

34. JUPITER KONFERENCIJA

sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE

with foreign participants

ZBORNIK RADOVA PROCEEDINGS



UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**

Beograd, jun 2008.

**34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem**

**ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS**



27. simpozijum
**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**

21. simpozijum
CAD/CAM

30. simpozijum
NU – ROBOTI –FTS

36. simpozijum
**UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

14. simpozijum
MENADŽMENT KVALITETOM

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Beograd, 4.-5. jun 2008. godine

**34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem**

ZBORNİK RADOVA / PROCEEDINGS

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

El. pošta: jupiter@mas.bg.ac.yu

Tehnički urednici:

Prof. dr Petar B. Petrović

Mr Mihajlo Popović

Mr Živana Jakovljević

Beograd, jun 2008.

Tiraž: 200 primeraka

Štampa: **Planeta print**,

11000 Beograd, Ruzveltova 10, tel.: 011 3088 129

ISBN 978-86-7083-628-0

34. JUPITER KONFERENCIJA sa međunarodnim učešćem

PROGRAMSKI I NAUČNI ODBOR

Predsednik: Prof. dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet Beograd

Članovi: Prof. dr Bojan Babić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd • mr Goran Vujačić, Viša politehnička škola Beograd • Prof. dr Miloš Glavonjić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragan Domazet, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Ljubomir Đorđević, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Milan Zeljković, FTN Novi Sad • Prof. dr Miodrag Lazić, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Vidosav Majstorović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Vladimir Milačić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragan Milutinović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragoje Milikić, FTN Novi Sad • Prof. dr Zoran Miljković, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miloš Nedeljković, dekan, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Petar B. Petrović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miroslav Pilipović, Mašinski fakultet Beograd • Doc. dr Radovan Puzović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Žarko Spasić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Ljubodrag Tanović, Mašinski fakultet Beograd, • Prof. dr Janko Hodolić, • Prof. dr Velimir Todić, FTN Novi Sad, FTN Novi Sad, • Dr Vladimir Kvrđić, LOLA Institut, • Prof. dr Ilija Ćosić, FTN Novi Sad • Prof. dr Emilia Assenova (Bugarska) • Prof. dr Vladimir I Averchenkov (Rusija) • Prof. dr Nikolai I. Bobir (Ukrajina) • Prof. dr Konstantin D. Bouzakis (Grčka) • Prof. dr Miodrag Bulatović (Crna Gora) • Prof. dr Alexander Janac (Slovačka) • Prof. dr Vid Jovišević (Bosna i Hercegovina) • Prof. dr Michael I Kheifetz (Belorusija) • Prof. dr Sergey A. Klimenko (Ukrajina) • Prof. dr Radovan Kovačević (SAD) • Prof. dr Andrey A. Kutin (Rusija) • Prof. dr Peter P. Melnichuk (Ukrajina) • Prof. dr Nicolae Negut (Rumunija) • Prof. dr Stanislaw Pytko (Poljska) • Prof. dr Sreten Savićević (Crna Gora) • Prof. dr Mirko Stojović (Slovenija) • Prof. dr Victor K. Starkov (Rusija) • Prof. dr Momir Šarenac (Bosna i Hercegovina) • Prof. dr Radomir Vukasojević (Crna Gora) • Prof. dr Milan Vukčević (Crna Gora)

ORGANIZACIONI ODBOR

Predsednik:

Prof. dr Petar B. Petrović, MF Beograd

Sekretar:

Asist. mr Mihajlo Popović, MF Beograd

Članovi:

Asist. mr Branko Kokotović, • Asist. mr Božica Bojović, MF Beograd • Asist. mr Saša Živanović, MF Beograd • Asist. mr Živana Jakovljević, MF Beograd.

ZAHVALNICA

Organizacioni odbor **34. JUPITER KONFERENCIJE** se najsrdačnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su ličnim angažovanjem i konstruktivnim delovanjem pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo kompanijama koje su svojim aktivnim učešćem kroz prezentacije proizvodnih programa i tehničkim demonstracijama podržali inicijativu JUPITER asocijacije u uspostavljanju klastera domaćih tehnoloških platformi za razvoj novog tehnološkog jezgra proizvodnog inženjerstva Republike Srbije.

Kompanije partneri koje su aktivno podržale organizaciju 34. JUPITER konferencije:

ABS Holdings
ALUMIL
BEL Systems
CAD - CAM Data
CAD Professional
Electrocoil PHOENIX
Electronic Design
Gartner
HENKEL Loctite
IDES Consulting
IGUS
IMI International - NORGREN
INDAS
IZOTEH
LOLA Audio
MAGMASOFT
MD & PROFY
MICROSOFT
MIKROKONTROL
OSA Računarski inženjering
ROBOTAKT
SEW
SOLFINS
SPINNAKER Comtrade Group
Tehnomarket
TRIMO
VESIMPEKS
Water Jet

(navedeno po abecednom redosledu)

PREDGOVOR

JUPITER Asocijacija formirana je davne 1974. godine kao novi formalni okvir kojim su objedinjene aktivnosti koje je u to vreme sa velikom agilnošću pokrenula Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Te aktivnosti su bile usmerene u pravcu mobilisanja domaćih kompanija, prvenstveno za oblast industrije mašinogradnje i prerade metala, u cilju uvođenja i omasovljenja primene novih tehnologija, posebno tehnologija numeričkog upravljanja mašina alatki, robotizacije i gradnje nove generacije sistema za automatizaciju proizvodnih procesa, zatim uvođenja kibernetičkog pristupa u upravljanju proizvodnih i poslovnih sistema, i uvođenja kompjutera u inženjerske aktivnosti projektovanja proizvoda, procesa i planiranja proizvodnje. U mnogo čemu pionirske i aktuelne ne samo za domaće već i za šire razmere, te aktivnosti su se tada odvijale na jednom širokom prostoru koji je obuhvatao sve republike bivše Jugoslavije, sa respektivnim ljudskim i materijalnim potencijalima. Rezultati su bili respektivni: Projektovana je i uspešno realizovana prva numerički upravljana mašina alatka, koja bez prisustva čoveka sprovodi kompleksne procese rezanja materijala i autonomno stvara nove proizvode; Projektovan je i realizovan prvi industrijski robot koji je imao sposobnost da zameni čoveka u teškim i monotonim operacijama industrijske proizvodnje. Koncipiran je i realizovan prvi sistem kompjuterskog upravljanja poslovnim procesima jedne proizvodne kompanije korišćenjem mrežne tehnologije, u vreme kada Internet nije postojao ni kao ideja; Prvi crteži i tehnološki postupci stvoreni bez papira, isključivo primenom kompjutera koji postaje elektronska tabla na kojoj se crta i izvode inženjerski proizvodi; Prvi domaći industrijski računar za upravljanje proizvodnim procesima i mašinama alatkama.

JUPITER asocijacija traje i danas. Turbulencije devedesetih godina prošlog veka, uključujući i brutalna ratna dejstva 1998. godine, nisu bila prepreka da se aktivnosti JUPITER asocijacije zaustave. One su se odvijale istim intenzitetom, istim entuzijazmom i sa istim ciljevima, bez obzira na drastične promene u ambijentu u kome se delovalo.

Bez sumnje, ambijent se i danas menja. Te promene su svakodnevne i ubrzavaju se. Menjaju se i izazovi, ali ciljevi JUPITER asocijacije ostaju isti: uvođenje inovativnih tehnologija, agilnost i mobilnost industrije mašinogradnje i prerade metala Srbije.

Srpska ekonomija se danas nalazi u stanju intenzivne svojinske, programske i tehnološke transformacije. Privatizacijom proizvodnih kompanija nestaju elementi jedinstvenog upravljanja socijalno koncipirane ekonomije. Dimenzija jedinstva i potreba za njom ipak ostaje. Ona se danas sadrži u zajedničkim problemima, zajedničkim ciljevima i zajedničkim potrebama stvaranja jednog kreativnog i produktivnog ambijenta u srpskoj industriji prerade metala. Podjednako intenzivne su promene i u domenu programskog profila domaćih kompanija i potreba u domenu tehnologija. Privatizovane kompanije stare programe zamenjuju novim i imaju intenzivnu potrebu za primenom novih tehnologija, posebno onih koje u svojoj osnovi imaju informaciono-komunikacione tehnologije. Nove kompanije uvode nove sadržaje i

popunjavaju upražnjene prostore, nudeći nove proizvode u kontekstu globalnih potreba i trendova razvoja srpske ekonomije.

Posebno značajan izazov u procesu uspostavljanja nove srpske ekonomije je njena transformacija kroz transformaciju domaćih kompanija iz oblasti mašinogradnje i prerade metala, u kontekstu približavanja Srbije evropskim integracijama. Novi standardi tehničkih i ekoloških performansi proizvoda, kao i nova socijalna dimenzija, odnosno profil interakcije proizvodna kompanija - društvo, nameću nove potrebe. Najznačajnija potreba je znanje i sa tim povezan proces obrazovanja i kontinualnog osavremenjavanja znanja na čemu se gradi fleksibilnost i prilagodljivost kompanije da brzo reaguje na potrebe tržišta i stvara nove i inovativne proizvode.

JUPITER asocijacija treba da odgovori novim izazovima i da se prilagodi novom ambijentu u kome egzistira. Pored kolegijalnog druženja, razmene ideja ili informacija, kao i saopštavanja sopstvenih rezultata teorijskih istraživanja i industrijskih primena, rad 34. JUPITER konferencije će biti fokusiran u dva tematska prioriteta koja su organizovana u obliku tematskih foruma: Forum 1 - 'Nauka i industrija na putu evropskih integracija' i Forum 2 - 'Migracija i konvergencija tehnologija - Tehnologija INTELIGENTNIH ZGRADA'.

Posebno značajan sadržaj 34. JUPITER konferencije je aktivno učešće vodećih kompanija iz industrije kojima na raspolaganju stoji mogućnost izlaganja najaktuelnijih proizvoda i prezentacije svojih proizvodnih programa u okviru radionice pod nazivom: 'Tehnološke platforme za inovativne proizvode'. U ovom kontekstu biće promovisana inicijativa Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu za pokretanje projekta koji će za svoj primarni cilj imati definisanje Tehnološke platforme Republike Srbije za domen Proizvodnog inženjerstva.

Kao najznačajnija aktivnost JUPITER asocijacije, pored prethodno navedenog, 34. JUPITER konferencija ima i jedan poseban zadatak: pokretanje aktivnosti organizacionog i formalno-pravnog transformisanja JUPITER asocijacije, sa osnovnim ciljem unapredjenja efikasnosti u njenom delovanju u novom ambijentu koji je uspostavljen u srpskoj ekonomiji i društvu uopšte.

Na kraju, posle više godina JUPITER konferencija se ponovo održava u Centru za nove tehnologije Katedre za proizvodno mašinstvo, Mašinskog fakulteta u Beogradu. Bićete naši dragi gosti, dobro došli na 34. JUPITER Konferenciju.

U Beogradu, 04.06.2008. godine.

Predsednik organizacionog odbora

Prof. dr Petar B. Petrović

JUPITER SIMPOZIJUMI

Osnovni naučni sadržaj 34. JUPITER konferencije obuhvaćen je tradicionalnim simpozijumima koji su organizovani u okviru pet naučnoistraživačkih tematskih celina, koje se odnose na najznačajnije segmente savremenog inženjerstva za domen proizvodnih tehnologija.

27. simpozijum:

CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA

U okviru ovog simpozijuma obuhvaćen je širok spektar istraživačkih tema koje se odnose na kompjutersko-komunikacione tehnologije i njihovu primenu u oblasti proizvodnog inženjerstva. Gotovo tri decenije sistematski se mobiliše domaća nauka i industrija da istražuje različite aspekte integracije kompjuterom podržanih poslovnih funkcija u jednu jedinstvenu dinamičku celinu u kojoj se kroz dinamično preplitanje fizičkog i apstraktnog sveta obezbeđuje poslovna kompetitivnost kompanije. Pored čisto istraživačkih aspekata u okviru ovog simpozijuma obrađuju se industrijske aplikacije. Osnovni tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- Informaciona integracija preduzeća,
- CIM medjuveze (interface) i međunarodni standardi,
- Integracioni CASE alati i metodologije,
- Edukacija za CIM sisteme.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sednici 100.

21. simpozijum

CAD/CAM

Savremeno inženjersko projektovanje na može se zamisliti bez ekstenzivne primene kompjutera u svim fazama, počev od faze koncipiranja pa do završne faze formiranja radioničke dokumentacije. CAD / CAM simpozijum fokusiran je na istraživačko-razvojne i aplikativne aspekte primene kompjutera u projektovanju proizvoda i tehnologija. Osnovni tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- CAD/CAM sistemi,
- Kompjuterska grafika,
- Modeliranje i simulacija,
- Inženjerske analize.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sednici 200.

30. simpozijum:

NU – ROBOTI – FTS

U okviru ovog simpozijuma razmatraju se kroz jedan vrlo širok tematski okvir osnovni mehatronski entiteti savremenih proizvodnih tehnologija - numerički upravljanja mašina alatka i industrijski robot, kao i varijantni oblici njihove integracije u tehnološke sisteme različitog nivoa složenosti (obradni sistem, tehnološka, ćelija, proizvodne linije). Savremene tendencije u razvoju proizvodnih sistema koje su usmerene u pravcu razvoja inteligentnih proizvodnih procesa i tehnologija, razvoja novih koncepata mašina alatki i robota, kao i razvoja nekonvencionalnih tehnologija obrade materijala su tematski prioriteti. Širi tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- NUMA sistemi,
- Industrijski roboti,
- FTS i nove generacije tehnoloških sistema i fabrika,
- Novi proizvodi tehnologije i procesi,
- Edukacija za NU – ROBOTI - FTS

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sednici 300.

36. simpozijum:

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI PRERADE METALA

Tematski okviri ovog simpozijuma odnose se na jedan širok spektar tehnologija na kojima se bazira automatizacija proizvodnih procesa i informacionih sistema za upravljanje proizvodnjom. U tematskom smislu ovo je simpozijum koji ima najdužu tradiciju i iz koga je evoluirala JUPITER konferencija. Širi tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- Informacioni sistemi za upravljanje proizvodnjom,
- Baze podataka i baze znanja,
- Poslovno okruženje i upravljanje proizvodnjom,
- Modeli sistema za donošenje odluka.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sednici 400.

14. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Dimenziona metrologija, metrologija/karakterizacija površi i širok spektar pitanja koja se odnose na upravljanje kvalitetom proizvoda i tehnoloških procesa, obuhvaćen je ovim simpozijumom. Prateći savremene trendove razvoja nauke u domenu proizvodnog inženjerstva, ovi sadržaji su izdvojeni iz opšteg korpusa proizvodnog inženjerstva u posebnu celinu u trenutku kada upravljanje kvalitetom (TQM) postaje jedan od ključnih elemenata konkurentnosti i opšte poslovne uspešnosti kompanije. Širi tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- Menadžment sistemima kvaliteta (ISO 9000, ISO 14000),
- Poslovna izvrsnost,
- Integrisani menadžment sistemi,
- Inteligentna proizvodna metrologija.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sednici 500.

Svi radovi koji se saopštavaju na simpozijumima su recenzirani i samo oni radovi koji ispunjavaju zahtevane kriterijume o naučno-stručnom kvalitetu kao i formalno-tehničke standarde definisane odgovarajućom regulativom JUPITER asocijacije uključeni su u rad konferencije. Autori saopštavaju radove oralnim prezentacijama na paralelno organizovanim sednicama, korišćenjem savremene prezentacione tehnike. Moderatori simpozijuma, ugledni profesori i istraživači relevantni za tematsku oblast simpozijuma, odredjuju se od strane organizacionog i naučno-programskog odbora JUPITER konferencije i zadužuju za organizovanje i vođenje simpozijuma, kao i pisanje izveštaja o radu simpozijuma u kome se obavezno sadrži informacija o izloženim radovima i imena autora koji je izlagao rad. Izveštaj o radu simpozijuma se čuva kao zvanični dokument u arhivi JUPITER asocijacije.

Tematski forum 1:

NAUKA I INDUSTRIJA NA PUTU EVROPSKIH INTEGRACIJA

Ovaj tematski forum ima za cilj da analizira i prepozna ključne probleme i identifikuje moguće doprinose inženjerskih nauka kroz njihovu interakciju sa domaćom industrijom u mobilisanju raspoloživih resursa na putu Srbije u evropske integracije. Samo sa agilnom i inovativnom ekonomijom Srbija može da se ravnopravno pridruži Evropskoj zajednici i da kroz konkurentne proizvode i usluge obezbedi održivu budućnost.

Evropa svoju egzistenciju i budućnost na globalnom nivou vidi kroz koncept društva baziranog na znanju - *knowledge-based society*. Društvo bazirano na znanju je inovativno društvo sa ugrađenim mehanizmima kontinualnog obrazovanja, koje čini zajednica univerziteta, istraživača, inženjera, istraživačkih mreža i kompanija uključenih u istraživanje i proces stvaranja visokotehnoloških proizvoda i usluga.

Procesi svojinske transformacije srpske industrije ulaze u svoju finalnu fazu. Paralelno, sprovodi se i programska transformacija srpske industrije i transformacija sistema vrednosti i modela ponašanja. Neke od velikih kompanija iz prethodnog perioda više ne postoje, ili su ostale bez podrške državnih institucija, u potpunosti prepuštene tržištu. Novoformirane kompanije, posebno one iz domena srednjih i malih preduzeća imaju respektivni rast i svoj dalji razvoj prepoznaju u stvaranju inovativnih proizvoda ili usluga koje su kompatibilne sa svetskim standardima i konkurentne po osnovi kvaliteta i cena.

Može se konstatovati da je kompletna srpska industrija u traganju za svojim novim identitetom. Prva ključna reč u tom procesu je proizvodnja: proizvodnja proizvoda, usluga i proizvodnja znanja. Druga ključna reč je menadžment: menadžment proizvodnih procesa i menadžment znanja. Treća ključna reč odnosi se na informaciono-komunikacione tehnologije: informaciono i komunikaciono integrisana globalna ekonomija i integracija resursa na globalnom nivou, pre svega resursa tipa *know-how*, ekspertnosti, intelektualne svojine, čiji značaj počinje da se izjednačava ili dominira nad tradicionalnim prirodnim resursima i resursima fizičke radne snage.

Univerzitet ima zadatak da artikuliše ove potrebe i da svojim angažovanjem doprinese procesu transformacije domaće industrije. Ključna komponenta je znanje: znanje u primeni novih tehnologija, znanje u stvaranju i primeni novih modela rada, znanje o tehnologiji stvaranja novog znanja, njegove difuzije, upotrebe i zaštite. Forum 'Nauka i industrija na putu evropskih integracija' posvećen je pitanjima približavanja industrije i nauke na zajedničkom zadatku stvaranja nove ekonomije Srbije, ekonomije zasnovane na znanju, kompetitivne i kompatibilne sa ekonomijom EU.

Tematski forum 2:

MIGRACIJA I KONVERGENCIJA TEHNOLOGIJA

Tehnologija INTELIGENTNIH ZGRADA

Ovaj tematski forum je usmeren u istraživanje novih prostora i mogućnosti za dalji razvoj segmenta proizvodnih tehnologija i industrije prerade metala njihovom migracijom u druge industrije koje u postojećim lokalnim i globalnim okvirima imaju potencijal razvoja i ekonomskog rasta. Intenzivne promene koje su zahvatile oblast mašinogradnje i industriju prerade metala u celosti, postavljaju značajan zadatak pronalaženja novih mogućnosti za očuvanje pre svega respektivnog intelektualnog kapitala nacije, koji je sistematski razvijan decenijama pre dešavanja koja su zahvatila prostore bivše Jugoslavije.

Nove čovekove potrebe stvaraju nove modele ponašanja i nove načine življenja uopšte. Te promene nemoguće je realizovati bez proizvodnih tehnologija. Ključne su takozvane *enabling* tehnologije koje nose generički potencijal da ove potrebe pretvaraju u proizvode ili usluge. Klasterovanjem komplementarnih generičkih tehnologija i/ili tehnologija izvedenih iz njih, formiraju se sinergetske strukture u obliku tehnoloških platformi, koje imaju inherentno svojstvo da stvaraju široke palete proizvoda.

Prvi primer su inteligentne zgrade: osnova njihove tehnološke platforme ostvaruje se prostom migracijom proizvodnih tehnologija koje su decenijama razvijane za oblast numeričkog upravljanja, informacione integracije poslovnih funkcija proizvodnih kompanija primenom kompjutera i kompjuterskih mreža. Ovaj tehnološki klaster danas predstavlja osnovu tehnologije inteligentnih zgrada. Inteligentne zgrade su savremeni arhitektonski i tehnološki odgovor na nove potrebe čoveka u efikasnijem korišćenju vremena i očuvanja prirodnog okruženja.

Drugi primer je takođe vezan za građevinarstvo a odnosi se na *hi-tec* strukturne sisteme: napredne tehnologije kao što je tehnologija precizno vučenih aluminijumskih profila, tehnologija elektrohemijske i drugih oblika površinske zaštite, tehnologija visokoeфикаsnih termoizolacionih materijala i konstrukcija, tehnologija spajanja i zaptivanja adhezivima i tehnologija kompozitnih materijala, zbirno predstavljaju tehnološku platformu za radikalno novi pristup u modularnoj gradnji zgrada ili njihovih podsistema kao što su strukturne fasade ili zgrade sa različitim dinamičkim sadržajima, koji pored novih arhitektonskih vrednosti, donose i vrlo pragmatične koristi kao što su brza gradnja ili ekološki kompatibilna gradnja koja čuva naše prirodno okruženje.

Treći primer je tehnologija automatizovane i robotizovane gradnje: gotovo kompletni kompleks tehnologija koje su koncipirane i razvijene za potrebe proizvodnih tehnologija i njihovu primenu u industriji prerade metala jednostavno migriraju u domen građevinarstva i tamo radikalno menjaju tradicionalne metode i pristupe; robotizovani sistemi za zidanje i malterisanje, sistemi za abrazivno sečenje vodenim mlazom ekstremno visokog pritiska, ili potpuno autonomni robotizovani sistemi za formiranje čeličnih armirajućih elemenata direktnim preuzimanjem geometrijskih opisa generisanih u nekom 2d CAD sistemu, su samo neki od brojnih primera.

Sve prethodno navedene platforme dobijene su direktnom migracijom proizvodnih tehnologija u domen građevinarstva, dobijajući tako novi impuls razvoja kroz ponudu tržištu širokog spektra novih, visokotehnoloških proizvoda. Ovakvi konvergentni procesi nove industrijske valorizacije postojećih znanja i veština, koje zajedno čine intelektualni kapital Srbije u domenu proizvodnih tehnologija, zahtevaju sistemski pristup i studiozno izučavanje, jer nose veliki potencijal i predstavljaju šansu koja se ne sme propustiti. Drugi potencijalno značajan segment je poljoprivreda, gde se tehnologija proizvodnih linija ili ICT tehnologija mogu procesima migracije i konvergenције iskoristiti za generisanje značajnih podsticaja razvoja ekonomije Srbije kroz različite koevolutivne procese i stvaranje novih tehnoloških platformi, relevantnih za ovaj privredni domen.

TP radionica:

TEHNOLOŠKE PLATFORME ZA INOVATIVNE PROIZVODE

sa tehničkim prezentacijama

TP radionica je plenarni skup koji ima složenu formu koju čini kombinacija foruma i tehničkih prezentacija vodećih kompanija iz domaće industrije za izabrane klastere tehnologija koje čine napredne tehnološke platforme (TP) za građenje inovativnih proizvoda i usluga za domen proizvodnog inženjerstva. Ovaj događaj je prva institucionalizovana inicijativa na nacionalnom nivou za stvaranje *klastera Tehnoloških platformi Srbije za domen Proizvodnog inženjerstva*® - TPRS_PI.

Znanje, koje je sistematski formalizovano i organizovano, osnovni je sadržaj tehnoloških platformi. Evropska unija u okviru svog programa ETP prepoznaje tehnološke platforme kao ekskluzivni formalni okvir inženjerske ekselentnosti u istraživanju za realizaciju sledećih globalnih ciljeva ekonomskog razvoja:

- Obezbeđenje koevolutivne komplementarnosti nauke i istraživanja, sa jedne strane, i potreba industrije sa druge strane, na ukupnom evropskom prostoru (ERA);
- Uspostavljanje opšteg sistema ekonomskih vrednosti - lanac vrednosti od univerziteta do industrijskih kompanija;
- Mobilizacija državnih institucija i regulacionih tela.

Ključni pokretač za njihovo nastajanje je praktična operacionalizacija jednog fundamentalnog koncepta na kome se planira budućnost evropskih ekonomija - *društvo bazirano na znanju*, ili prevedeno u domen privrede - *ekonomija bazirana na znanju*. U tom kontekstu koncept tehnoloških platformi sadržan je u FP6 i aktuelnom FP7 programu EU.

Koncept tehnološke platforme kao formalni okvir za generisanje široke klase proizvoda, proizvodnih programa i novih industrijskih segmenata savremene ekonomije bazirane na znanju, biće razmatran u formi uvodnog predavanja u kome se izlaže jedan pogled na temu stvaranja opštih metodoloških osnova za projektovanje tehnoloških platformi. Učesnicima se nudi pionirska publikacija 'Metodologija projektovanja tehnoloških platformi' u kojoj se na jedan kolokvijalni način izlažu određeni pogledi na ovu tematiku. Ova knjiga pripada serijalu stručnih publikacija: KGI Kompetitivnost i globalizacija industrije, koji je iniciran pre dugog niza godina u sklopu izdavačkih aktivnosti JUPITER asocijacije, a sada se ponovo aktuelizuje.

Paralelno, zahvaljujući angažmanu kompanija iz domaće industrije i njihovom konstruktivnom delovanju, po prvi put na JUPITER konferenciji biće praktično demonstrirane 3 tehnološke platforme koje su izvedene iz 3 pažljivo komponovana klastera komplementarnih tehnologija. Osnovna odlika ovih platformi je njihov generički potencijal za proizvodnju vrlo široke klase inovativnih industrijskih proizvoda i usluga, koje se mogu prepoznati u regionalnom i evropskom ekonomskom prostoru kao konkurentni sadržaj sa jasnim potencijalom tržišne valorizacije i srpskim brendom u njegovoj osnovi. Ove platforme su deo jednog šireg tehnološkog korpusa izvedenog iz generičkih tehnologija proizvodnog inženjerstva, koji se može iskoristiti kao koherentan formalni okvir za formiranje opšte platforme sistematske transformacije srpske ekonomije na njenom putu evropskih integracija.

Pored naučno-tehničkih i poslovnih aspekata, koncept tehnoloških platformi ima i svoju širu društvenu dimenziju. U ovom kontekstu, kao jedan od primarnih sadržaja, biće posebno razmatrana tematika obezbeđivanja ljudskih resursa, komplementarnih sa klasterom tehnologija koje čine neku tehnološku platformu. Obrazovanje mladih inženjera i naučnog podmlatka, odnosno produkcija ljudskih resursa koji poseduju neophodna znanja, veštine i inovativni duh, su kritičan elemenat praktične izvodljivosti koncepta tehnoloških platformi. Negativni trend krive performansi u domenu školovanja inženjera, treba promeniti i prevesti u zonu rasta. Neophodno je stvoriti takav ambijent da samo najbolji studiraju inženjerske nauke i da istovremeno, inženjerstvo bude privlačno za najbolje. Univerzitet i industrija imaju zajednički interes da sarađuju i koordinisano rade na ovom zadatku, a koncept tehnoloških platformi može da bude formalni okvir za sistematsko delovanje.

Sledeće tehnološke platforme za domen proizvodnog inženjerstva prezentiraju se na 34. JUPITER konferenciji kroz tehničke demonstracije, štampani materijal i plenarne prikaze vodećih kompanija:

TP #1: CAx tehnološka platforma za inženjersko projektovanje

Ovaj klaster tehnologija donosi ekskluzivne i najnovije sadržaje za domen inženjerskog projektovanja primenom kompjutera, a kompanije koje će aktivno učestvovati prikazaće sve relevantne softverske pakete koji danas zajedno čine vodeću ekstenzivnu platformu CAx tehnologija u domenu proizvodnog inženjerstva za oblast:

- Projektovanje proizvoda,
- Projektovanje tehnoloških procesa,
- Inženjerske simulacije,
- Menadžment tehničke dokumentacije.

TP #2: Tehnološka platforma mehatronskih sistema

Ova tehnološka platforma odnosi se na klaster *hi-tec enabling* tehnologija izvedenih iz koncepta mehatronskih sistema koje su implementirane u domen gradnje proizvodne opreme za automatizaciju proizvodnih procesa - inteligentni uređaji, inteligentni procesi:

- Programabilni upravljački i servo-regulacioni sistemi,
- Električni i pneumatski akcionni sistemi,
- Industrijska ICT tehnologija i industrijske bežične komunikacije,
- Senzorski i akvizicioni sistemi,
- Tehnologija adheziva i nove tehnologije spajanja i zaptivanja,
- Sistemi uležištenja i mehanički prenosnici snage.

TP #3: Tehnološka platforma sistem integracije

Ovaj klaster odnosi se na tehnologije za sistem integraciju i gradnju kompleksnih proizvodnih sistema vrhunskih performansi za domen proizvodnih tehnologija:

- Numerički i programabilni obradni sistemi za konvencionalne i nekonvencionalne metode obrade,
- Industrijski roboti i tehnologije robotizovane, hibridne i automatizovane montaže proizvoda,
- Fleksibilne proizvodne ćelije, robotizovane ćelije i složeni proizvodni sistemi.

Kompanije iz industrije ili istraživačko-razvojne institucije, koje uzimaju učešće u ovom kontekstu, u svom nastupu koriste sledeće mogućnosti:

1. Izlaganje i/ili demonstracija eksponata, maketa, softverskih paketa i prospektnog materijala u namenski određenom prostoru Centra za nove tehnologije.
2. Prezentacija portfolia kompanije i/ili novih sadržaja koji su u marketinškom fokusu, u trajanju od 10 do 20 minuta.
3. Specijalne sesije ili radionice koje kompanije iz industrije ili istraživačko razvojna institucija organizuju kao prezentaciju za ciljnu grupu svojih potencijalnih korisnika. Za ove potrebe obezbeđen je poseban prostor, opremljen svim prezentacionim i komunikacionim resursima.
4. Publikacija Profila kompanije u štampanom zborniku radova i CD zborniku radova u obimu od 1 strane A4 formata.

Pored ekskluzivnog prostora, na raspolaganju su savremeni prezentacioni sistemi i pristup brzim Internet komunikacijama, što stvara uslove kompanijama koje su aktivni učesnik u ovom događaju za ostvarivanje vrhunskih prezentacija, a učesnicima za efikasno upoznavanje sa najnovijom ponudom na domaćem tržištu znanja i tehnologija.

Plenarna sednica:

NOVI ORGANIZACIONI I FORMALNO-PRAVNI OKVIRI JUPITER ASOCIJACIJE

JUPITER asocijacija za 21. vek

Od davne 1974. godine kada je na inicijativu Katedre za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, kroz jedan široki kompleks aktivnosti mobilisan kompletan segment industrije prerade metala ekonomije tadašnje Jugoslavije, pa do danas, 34 godina kasnije, mnogo toga se promenilo.

JUPITER asocijacija postoji i aktivno deluje zadržavajući svoje izvorne ciljeve i zadatke. Ipak, novi ambijent, posebno procesi transformacije ekonomije Srbije na putu evropskih integracija, nameću potrebu sistematske analize postojećih organizacionih okvira i pronalaženja novih organizacionih i programskih okvira, usklađenih sa postojećim stanjem stvari i procenama budućeg razvoja društvenog ambijenta na lokalnom i globalnom planu. Imperativ aktivnijeg i dinamičnijeg delovanja je osnovni pokretač ove potrebe.

Kroz širu diskusiju koja je u prethodnom periodu pokrenuta po ovom osnovu prepoznata su tri klastera zadataka, koji su ključni za dalje delovanje i razvoj JUPITER asocijacije u decenijama pred nama:

Prvi klaster zadataka:

- Znavljanje članstva (institucije i pojedinci) i formalizacija članstva;
- Uspostavljanje novog mehanizma za efikasnu i ažurnu razmenu informacija i međusobnu (dvosmernu) komunikaciju;
- Pokretanje institucije zajedničkih projekata koje realizuju radne grupe sa ciljevima utvrđenim i delegiranim od strane regulatornih organa JUPITER asocijacije, kao novog mehanizma kolektivnog delovanja po aktuelnim tematskim prioritetima.

Drugi klaster zadataka:

- Podizanje efektivnosti u radu, sa realnim ciljevima i upotrebljivim izlazima, kroz uspostavljanje novog modela delovanja i organizacionih formi;
- Internacionalna dimenzija, u kontekstu ciljeva, rezultata i kriterijuma koji su merljivi i uporedivi u međunarodnim okvirima.

Treći klaster zadataka:

- Formiranje jasnog identiteta i novog imidža, prepoznatljivog od industrije, naučnih institucija i univerziteta - JUPITER kao asocijacija nacionalnog karaktera, regionalno referentna i globalno prepoznatljiva za domen proizvodnog inženjerstva.
- Formiranje autoriteta prepoznatljivog od strane državnih institucija i drugih regulatornih tela, posebno Vlade Republike Srbije i njenih ministarstava za nauku, industriju i socijalna pitanja.

U kontekstu prethodnog, na posebnoj tematskoj sednici plenarnog tipa, koja će biti otvorena za javnost, na 34. JUPITER konferenciji biće predloženi i diskutovani sledeći sadržaji:

- Novi organizacioni model JUPITER asocijacije
 - Upravni odbor JUPITER asocijacije i druga regulatorna tela,
 - Oblici članstva, kriterijumi i obaveze,
 - Uspostavljanje Naučno-tehničkih komiteta i definicija njihove organizacione i programske strukture,
 - Određivanje oblasti i modela delovanja.
- Formalno pravni aspekti - registracija JUPITER asocijacije kao pravnog subjekta u kontekstu nove pravne regulative; definisanje sedišta i ostalih zakonom propisanih obaveza pravnog lica.
- Registrovanje Internet domena Jupiter asocijacije JUPITER.ORG.RS kod Nacionalnog registra za Internet domen Republike Srbije.

Usaglašavanjem stavova i vizija po ovim pitanjima biće definisani osnovni okviri budućeg organizacionog i formalno-pravnog određenja JUPITER asocijacije, kojima će biti omogućeno njeno efikasnije delovanje i razvoj u budućnosti. Pored toga, postoji zadatak i konstituisanja Radne grupe koja će delovati u skladu sa usvojenim okvirima i u operativnom smislu sprovesti sve neophodne radnje koje će kao svoj finalni rezultat imati Radnu verziju konstitutivnog dokumenta nove, u organizacionom i programskom smislu redefinisane JUPITER asocijacije - JUPITER asocijacije za 21. vek.

Izaberite simpozijum JUPITER Konferencije

Tematski forum 1:

NAUKA I INDUSTRIJA NA PUTU EVROPSKIH INTEGRACIJA
Uvodni radovi i radovi po pozivu

Tematski forum 2:

MIGRACIJA I KONVERGENCIJA TEHNOLOGIJA
Tehnologija INTELIGENTNIH ZGRADA

TP radionica:

TEHNOLOŠKE PLATFORME ZA INOVATIVNE PROIZVODE

CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
INDUSTRIJE PRERADE METALA
CIM IN THE STRATEGY OF TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT OF METALWORKING INDUSTRY

CAD/CAM

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI
PRERADE METALA
PRODUCTION CONTROL IN METALWORKING INDUSTRY

MENADŽMENT KVALITETOM
QUALITY

POKROVITELJI

Spisak svih radova na JUPITER Konferenciji

Antić, A., Petrović, P., Zeljković, M., Hodolić, J. PREPOZNAVANJE STANJA POHABANOSTI ALATA ANALIZOM VISOKOFREKVENTNOG DELA SPEKTRA VIBRACIJA.....	3.52
Bojanić, P. MODEL BAZIRAN NA VOKSELIMA I NJEGOVA PRIMENA U NOVIM TEHNOLOGIJAMA ...	2.14
Bojović, B., Stamenković, D., Babić, B. MIKROTEHNOLOGIJA BIOMEDICINSKIH POVRŠINA	3.40
Borojević, S., Jovišević, V. PRILOG RAZVOJU MODULARNOG PROJEKTOVANJA PROBORA NA BAZI KLASIFIKACIJE KOMPONENTI A ZA BAZIRANJE	5.12
Brzaković, R., Marjanović, Z., Radulović, Ž. UPRAVLJANJE RIZIKOM I KVANTITATIVNE METODE PROCENE RIZIKA	5.18
Ćosić, I. TRANSFORMACIJA VISOKOŠKOLSKOG SISTEMA U FUNKCIJI OBRAZOVANJA, ISTRAŽIVANJA I PRIVREDNOG PROSPERITETA	TF.6
Ćurčić, S., Nikolić, R., Šebeković, A., Milunović, S. EVIDENTIRANJE BIOMASE I OTPADNOG DRVETA I NJIHOV ENERGETSKI POTENCIJAL NA PODRUČJU OPŠTINA VRNJAČKA BANJA I NOVI PAZAR.....	5.66
Davidović, N., Miloš, P. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE OPTIMALNIH REŽIMA PRIMARNE ZONE KOMORE SAGOREVANJA TURBOMLAZNOG MOTORA	5.23
Dimić, Z., Živanović, S., Kvirgić, V. KONCEPT RAZVOJA CNC UPRAVLJANJA ZA MAŠINE ALATKE SPECIFIČNE KONFIGURACIJE NA BAZI EMC SOFTVERA	3.19
Drndarević, D., Milivojević, M., Petrović, S., Panić, S. PONAŠANJE NEURONSKIH MREŽA PRI VELIKOM BROJU CIKLUSA	4.24
Đukić, R., Jovanović, J., Stefanović, M. UTVRĐIVANJE TEHNOLOŠKE DUŽINE PROIZVODNOG CIKLUSA	4.6
Đukić, R., Jovanović, J., Stefanović, M. ANALIZA I PROJEKTOVANJE PROIZVODNOG CIKLUSA SLOŽENOG PROIZVODA.....	4.18
Đurić, S., Đorđević, L., Veselinović, S. SERVISNI CENTRI ZA METALE	4.1
Gerasimović, M., Jakovljević, J. ISPITIVANJE POTREBA RADA U OBLASTI MEHATRONIKE NA SREDNJOŠKOLSKOM NIVOU	1.81
Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Dimić, Z. EDUKACIONA TROOSNA MAŠINA SA PARALELNOM KINEMATIKOM.....	3.27
Janković, N., Milićev, A., Bojanić, P. NEKA ISKUSTVA U PRIMENI CAD/CAM SISTEMA PRI PROJEKTOVANJU MAŠINSKOG SISTEMA - DOZERA	2.44
Joka, M., LAZAREVIĆ, M. PRIMENA ALGORITAMA UPRAVLJANJA BAZIRANIH NA FUZZY LOGICI U UPRAVLJANJU ROBOTOM SA TRI STEOENA SLOBODE.....	3.35
Jokanović, S. NOVI METOD PROJEKTOVANJA ALATA ZA OBRADU LIMA (ŠTANCI)	2.8
Kalajdžić, M., Babić, B., Miljković, Z., Kokotović, B., Popović, M., Lukić, L., Đapić, M., Radiša, R., Uzunović, S., Slavković, R. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА АУТОМАТИЗОВАНОГ ПРОЈЕКТОВАЊА ОБРАДНИХ СИСТЕМА И ПРОЦЕСА У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА - РЕКАПИТУЛАЦИЈА УКУПНИХ РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ TP-6319Б	3.148
Kokotović, B. ALGORITAM ZA OTKRIVANJE ULASKA LINEARNOG DINAMIČKOG SISTEMA U NESTABILNO PODRUČJE.....	3.118

Kreculj, D. ANALIZA NAPONA U KOMPOZITNOM UNIDIREKCIONOM MATERIJALU T300/976 CARBON/EPOXY PRI NAPREZANJU NA ZATEZANJE U PROGRAMIMA PATRAN I NASTRAN	2.61
Lapčević, N., Spasić, Ž. PRIMERI INFORMACIONE INTEGRACIJE U PREDUZEĆU INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA	1.46
Lečić, M., Kokotović, B., Čantrak, Đ. UREĐAJI ZA POZICIONIRANJE I REPARACIJU SONDI SA ZAGREJANIM VLAKNIMA ZA IZUČAVANJE TURBUKLENTNOG VIHORNOG STRUJANJA U CEVIMA	3.7
Lozanović, J., Sedmak, A., Gubeljak, N., Rakin, M. PROGRAMSKI PAKET ZA ANALIZU DEFORMACIJA I PROCENU INTEGRITETA KONSTRUKCIJE	5.28
Lukić, L., Đapić, M., Radosavljević, Z. PROJEKTOVANJE FORM ALATA ZA IZRADU AMBALAŽE MC DONALD'S RESTORANA....	2.32
Lukić, D., Todić, V., Milošević, M. NEKE KARAKTERISTIKE RAZVOJA I PRIMENE CAPP SISTEMA	4.49
Majstorović, V. NIVOI IZVRSNOSTI	5.1
Makragić, S., Živković, P. ANALIZA DINAMIČKOG PONAŠANJA KONSTRUKCIJA PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA	2.38
Mandić, Đ. TRANSFER TEHNOLOGIJA INDUSTRIJSKE AUTOMATIZACIJE U DOMEN GRAĐEVINARSTVA - Domaća platforma za građenje inteligentnih zgrada	TF.28
Marjanović, Z., Brzaković, R. RIZICI PRIMENE ASINHRONOG MOTORA KOD VOZILA SA TEHNIČKOG, EKONOMSKOG I EKOLOŠKOG ASPEKTA	5.34
Markov, B. POVEĆANJE EFEKTIVNOSTI PRIMENE NAUČNIH DOSTIGNUĆA UVOĐENJEM PETOG VIDA U NI DELATNOST	1.75
Marković, S. KONSTRUKTIVNI RAZLOZI NASTANKA OŠTEĆENJA MAŠINSKIH ELEMENATA	2.55
Mićić, D., SPASIĆ, Ž. POSLOVNE PERFORMANSE I UPRAVLJANJE TROŠKOVIMA PREDUZEĆA INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA	1.70
Milanov, M. KLJUČNI ELEMENTI RAZVOJA I RASTA PRIVATNIH KOMANIJA U OBLASTI MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA.....	TF.26
Milanović, D., Tadić, D., Misita, M. IZBOR MAŠINE ZA OBRADU MAŠINSKOG DELA PRIMENOM SOFTVERA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU	1.58
Miloš, P., Prole, V., Davidović, N. RAZVOJ POVRŠI SAGOREVANJA POGONSKIH PUNJENJA ČVRSTIH RAKETNIH MOTORA.....	5.40
Mitrović, A., Nikšić, P., Milošević, D., Božović, M. KREIRANJE TUTORIJALA ZA IZRADU MODELA VRATILA U PROGRAMU CATIA PRIMENOM ALATA ADOBE CAPTIVATE	2.50
Nedić, B., Baralić, J. UTICAJ PARAMETARA OBRADNE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM NA KVALITET OBRADENE POVRŠINE.....	3.69
Nešić, N., Babić, B. MODEL GENERATIVNOG CAPP SISTEMA NOVE GENERACIJE	4.55
Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z. RAZVIJENI SISTEM ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA.....	4.65

Ostojić, R., Bricman, B., Spasić, Ž. KOPA ERP U INFORMACIONOJ INTEGRACIJI PROIZVODNOG PREDUZEĆA	1.41
Papić, S., SARVAN, M. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE UGAONOG POMERANJA PRI SUČEONOM ZAVARIVANJU LIMOVA	3.112
Paunović, D., Čolović, G., Savanović, G., Radojević, Z. CIM KONCEPT KAO PREDUSLOV ZA VIRTUALNO PROJEKTOVANJE ODEVNIH PROIZVODA	1.53
Pavićević, Ž., Kvirgić, V., Vuković, Đ., Mićunović, J. UNAPREĐENJE IZVOZA INDUSTRIJE ALATNIH MAŠINA	3.105
Pejčić, N., Grubor, N., Kovinić, D. RAZVOJ NOVE GENERACIJE TRANSFORMATORA C'C KLASA SA POVEĆANIM STEPENOM ISKORIŠĆENJA ENERGIJE	3.99
Petrović, P., Petrov, P., Ilić, B., Spasić, Ž., Pilipović, M., Jakovljević, Ž. REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEDJUNARODNOM TRŽIŠTU – REKAPITULACIJA UKUPNIH REZULTATA NA PROJEKTU	1.1
Petrović, Z., Stupar, S., Simonović, A., Peković, O. RAZVOJ KONCEPTA HELIKOPTERA POMOĆU SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA	2.26
Petrović, P., Jakovljević, Ž., Miković, V. DINAMIČKI 3-D VIRTUELNI MODEL PROIZVODNIH RESURSA ZA INTERAKTIVNO PRAĆENJE STANJA OPREME I UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA U REALNOM VREMENU	4.28
Petrović, P. MIGRACIJA I KONVERGENCIJA TEHNOLOGIJA KAO FORMALNI MEHANIZAM ZA STVARANJE NOVIH GENERIČKIH PLATFORMI PROIZVODNOG INŽENJERSTVA - Prilika koju treba iskoristiti	TF.27
Petrović, P. NAUKA, EKONOMIJA ZNANJA I NOVA INOVATIVNA VREDNOST INDUSTRIJE - TEHNOLOŠKE PLATFORME SRBIJE	TP.1
Pilipović, M. PROGRAMABILNA AUTOMATIZACIJA - NOVA GENERACIJA SISTEMA UPRAVLJANJA....	4.41
Popović, D. KONTROLA TEHNIČKIH SISTEMA U INTELIGENTNIM ZGRADAMA	TF.29
Prochaska, B., Gvero, P., Lekić, S. PRILOG RAZVOJU NOVOG PROIZVODA	5.46
Radić, V. TEHNOLOGIJA SEČENJA VODENIM MLAZOM	3.63
Radiša, R., Bućan, M., Dostanić, M., Marković, S. VIRTUELNA PROIZVODNJA ODLIVAKA PRIMENOM CAE TEHNIKA	2.1
Radojević, Z., Radojević, M., Avakumović, J. ZNAČAJ INTEGRACIJE CIM SISTEMA PROIZVODNJE	1.26
Radosavljević, Z. REINŽENJERING POSLOVNIH PROCESA PRIVATIZOVANIH FABRIKA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA - PRIMER ABS HOLDINGS	1.19
Radosavljević, Z. IZAZOVI PROGRAMSKE I TEHNOLOŠKE KONSOLIDACIJE VELIKIH KOMPANIJA U PROCESU SVOJINSKE TRANSFORMACIJE	TF.25
Rakonjac, M., Rakonjac, I. CIM - SISTEM MALIH PROIZVODNIH PREDUZEĆA	1.31
Rusu, G., Toth-Tascau, M., Bandur, G., Rusu, L. MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOME POLY(METHYL METHACRYLATE) BASED POLYMERS WITH BIODEGRADABLE POTENTIAL	3.87

Skoko, D., Crnojević, C., Ristivojević, M. ANALIZA IZBORA MERNE GLAVE DIFERENCIJALNOG PNEUMATSKOG KOMPARATORA	5.52
Spasić, Ž. UNIVERZITET I INDUSTRIJA NA PREDUGOM PUTU KA EVROPSKIM INTEGRACIJAMA - REALNE DILEME I NEPOTREBNE ZABLUDE	TF.7
Stojić, M. HIBRIDNI SISTEMI: SUMARNI UPRAVLJAČKI ALGORITAM PRAKTIČNOG PRAĆENJA SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI	4.35
Stupar, S., Simonović, A., Peković, O., Komarov, D. ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA DIMNJAKA ZA POTREBE SANACIJE KORENOG DELA ČELIČNOG DIMNJAKA	2.20
Tabaković, S., Zeljković, M., Gatalo, R. AUTOMATIZACIJA MODELIRANJA SKLOPOVA PRIMENJENA U PROCESU PROJEKTOVANJA MAŠINA ALATKI NA BAZI PARALELNIH MEHANIZAMA	3.1
Tanović, L., Puzović, R., Popović, M., Kovljenić, B., Vasić, Ž. RAZVOJ I PRIMENA NOVIH ALATA U TEHNOLOGIJI OBRADE KAMENA NA BAZI MERMERA I GRANITA - REKAPITULACIJA UKUPNIH REZULTATA NA PROJEKTU TR- 6338B	3.133
Tanović, L. ODRŽIVOST INDUSTRIJE REPUBLIKE SRBIJE	TF.1
Todorović, I., Jovanović, R., Savić, M., Kukobat, Z., Kuzmanović, S. RAZVOJ FAMILIJE DVOSTUBNIH RASTAVLJAČA ABS MINEL EOP, TIPA RS(ZZ)	3.93
Tomašević, I., Simeunović, B., Stojanović, D. IMPLEMENTACIJA RAČUNARSKI INTEGRISANE PROIZVODNJE U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA	1.64
Toth-Tascau, M., Dreucean, M., Vermesan, H., Stoia, D., Malita, D., Vermesan, D. A COMBINED BIOMECHANICAL-RADIOLOGICAL ANALYSIS OF A PATIENT NEEDING A HIP IMPLANT REVISION	3.81
Veljić, M., Požidajeva, V., Živković, D. KOEFIČIJENT GOTOVOSTI TRAKTORA KAO MERILO NJEGOVE EFEKTIVNOST	3.126
Veljković, Z., Radojević, S., Spasić, Ž. RISK MANAGEMENT AS INNOVATIVE LEARNING ACTIVITY FOR ALUMNI AMEB ASSOCIATION MEMBERS	1.36
Veselinović, S., Đurić, S., Đorđević, L. ISKUSTVA VEZANA ZA DOGRADNJU SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM	5.60
Vujačić, G., Lukić, L. IMPLEMENTACIJA EKSTERNOG PROGRAMA U MODULARNOJ ARHITEKTURI ZA PROVERU TRENUTNOG BROJA PRIJAVLJENIH KORISNIKA NA LINUX OS SYSTEM	4.75
Vukelić, Đ., Hodolić, J., Todić, V., Sovilj, B. MODEL INTEGRALNOG SISTEMA ZA PROJEKTOVANJE PRIBORA	3.46
Vukićević, M., Bjelić, M., Miodragović, G. ODREĐIVANJE DIMENZIJA RASTOPA PRIMENOM NUMETIČKIH METODA	3.58
Živković, A., Zeljković, M., Borojev, L. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE TOPLOTNO-ELASTIČNOG PONAŠANJA SKLOPA VISOKOBRZINSKOG GLAVNOG VRETENA	3.13
Корешков, В., Хейфец, М., Алексеева, Т. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЕ ОПЕРАЦИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТК	4.12
Хейфец, М., Грецкий, Н., Кожуро, Л. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ	3.75

SPISAK AUTORA LIST OF AUTHORS

ANTIĆ, A.
AVAKUMOVIĆ, J.

BABIĆ, B.
BANDUR, G.
BARALIĆ, J.
BJELIĆ, M.
BOJANIĆ, P.
BOJOVIĆ, B.
BOROJEV, L.
BOROJEVIĆ, S.
BOŽOVIĆ, M.
BRICMAN, B.
BRZAKOVIĆ, R.
BUĆAN, M.

CRNOJEVIĆ, C.

ČANTRAK, Đ.
ČOLOVIĆ, G.
ČOSIĆ, I.
ČURČIĆ, S.

DAVIDOVIĆ, N.
DIMIĆ, Z.
DOSTANIĆ, M.
DREUCEAN, M.
DRNDAREVIĆ, D.

ĐAPIĆ, M.
ĐORĐEVIĆ, L.
ĐUKIĆ, R.
ĐURIĆ, S.

GATALO, R.
GERASIMOVIĆ, M.
GLAVONJIĆ, M.
GRUBOR, N.
GUBELJAK, N.
GVERO, P.

HODOLIĆ, J.

ILIĆ, B.

JAKOVLJEVIĆ, J.
JAKOVLJEVIĆ, Ž.
JANKOVIĆ, N.
JOKA, M.
JOKANOVIĆ, S.
JOVANOVIĆ, J.
JOVANOVIĆ, R.
JOVIŠEVIĆ, V.

KALAJDŽIĆ, M.
KOKOTOVIĆ, B.
KOMAROV, D.
KOVINIĆ, D.
KOVljenić, B.
KRECULJ, D.
KUKOBAT, Z.
KUZMANOVIĆ, S.
KVRGIĆ, V.

LAPČEVIĆ, N.
LAZAREVIĆ, M.
LEČIĆ, M.
LEKIĆ, S.
LOZANOVIĆ, J.
LUKIĆ, D.
LUKIĆ, L.

MAJSTOROVIĆ, V.
MAKRAGIĆ, S.
MALITA, D.
MANDIĆ, Đ.
MARJANOVIĆ, Z.
MARKOV, B.
MARKOVIĆ, S.
MARKOVIĆ, S.
MIČIĆ, D.
MIĆUNOVIĆ, J.
MIKOVIĆ, V.
MILANOV, M.
MILANOVIĆ, D.
MILIĆEV, A.
MILIVOJEVIĆ, M.
MILJKOVIĆ, Z.
MILOŠ, P.
MILOŠEVIĆ, D.
MILOŠEVIĆ, M.
MILUNOVIĆ, S.
MILUTINOVIĆ, D.
MIODRAGOVIĆ, G.
MISITA, M.
MITROVIĆ, A.

NEDIĆ, B.
NEŠIĆ, N.
NIKOLIĆ, R.
NIKŠIĆ, P.

OSTOJIĆ, R.

PANIĆ, S.
PAPIĆ, S.
PAUNOVIĆ, D.
PAVIĆEVIĆ, Ž.
PEJČIĆ, N.
PEKOVIĆ, O.
PETROV, P.
PETROVIĆ, P.
PETROVIĆ, S.
PETROVIĆ, Z.
PILIPOVIĆ, M.
POPOVIĆ, D.
POPOVIĆ, M.
POPOVIĆ, M.
POŽIDAJEVA, V.
PROCHASKA, B.
PROLE, V.
PUZOVIĆ, R.

RADIĆ, V.
RADIŠA, R.
RADOJEVIĆ, M.
RADOJEVIĆ, S.

RADOJEVIĆ, Z.
RADOSAVLJEVIĆ, Z.
RADULOVIĆ, Ž.
RAKIN, M.
RAKONJAC, I.
RAKONJAC, M.
RISTIVOJEVIĆ, M.
RUSU, G.
RUSU, L.

SARVAN, M.
SAVANOVIĆ, G.
SAVIĆ, M.
ŠEBEKOVIĆ, A.
SEDMAK, A.
SIMEUNOVIĆ, B.
SIMONOVIĆ, A.
SKOKO, D.
SOVILJ, B.
SPASIĆ, Ž.
STAMENKOVIĆ, D.
STEFANOVIĆ, M.
STOIA, D.
STOJANOVIĆ, D.
STOJČIĆ, M.
STUPAR, S.

TABAKOVIĆ, S.
TADIĆ, D.
TANOVIĆ, L.
TODIĆ, V.
TODOROVIĆ, I.
TOMAŠEVIĆ, I.
TOTH-TASCAU, M.

VASIĆ, Ž.
VELJIĆ, M.
VELJKOVIĆ, Z.
VERMESAN, D.
VERMESAN, H.
VESELINOVIĆ, S.
VUJAČIĆ, G.
VUKELIĆ, Đ.
VUKIĆEVIĆ, M.
VUKOVIĆ, Đ.

ZELJKOVIĆ, M.
ZEMANIĆ, I.

ŽIVANOVIĆ, S.
ŽIVKOVIĆ, A.
ŽIVKOVIĆ, D.
ŽIVKOVIĆ, P.

АЛЕКСЕЕВА, Т.

ГРЕЦКИЙ, Н.

КОЖУРО, Л.
КОРЕШКОВ, В.

ХЕЙФЕЦ, М.

34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



UVODNI RADOVI

TEMATSKI FORUM

RADIONICE

Beograd, jun 2008.

Tematski forum 1:

NAUKA I INDUSTRIJA NA PUTU EVROPSKIH INTEGRACIJA **Uvodni radovi i radovi po pozivu**

Tanović, L. ODRŽIVOST INDUSTRIJE REPUBLIKE SRBIJE	TF.1
Ćosić, I. TRANSFORMACIJA VISOKOŠKOLSKOG SISTEMA U FUNKCIJI OBRAZOVANJA, ISTRAŽIVANJA I PRIVREDNOG PROSPERITETA	TF.6
Spasić, Ž. UNIVERZITET I INDUSTRIJA NA PREDUGOM PUTU KA EVROPSKIM INTEGRACIJAMA - REALNE DILEME I NEPOTREBNE ZABLUDE	TF.7
Radosavljević, Z. IZAZOVI PROGRAMSKE I TEHNOLOŠKE KONSOLIDACIJE VELIKIH KOMPANIJA U PROCESU SVOJINSKE TRANSFORMACIJE.....	TF.25
Milanov, M. KLJUČNI ELEMENTI RAZVOJA I RASTA PRIVATNIH KOMPANIJA U OBLASTI MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA.....	TF.26

Tematski forum 2:

MIGRACIJA I KONVERGENCIJA TEHNOLOGIJA **Tehnologija INTELIGENTNIH ZGRADA**

Petrović, P. MIGRACIJA I KONVERGENCIJA TEHNOLOGIJA KAO FORMALNI MEHANIZAM ZA STVARANJE NOVIH GENERIČKIH PLATFORMI PROIZVODNOG INŽENJERSTVA - Prilika koju treba iskoristiti	TF.27
Mandić, Đ. TRANSFER TEHNOLOGIJA INDUSTRIJSKE AUTOMATIZACIJE U DOMEN GRAĐEVINARSTVA - Domaća platforma za građenje inteligentnih zgrada	TF.28
Popović, D. KONTROLA TEHNIČKIH SISTEMA U INTELIGENTNIM ZGRADAMA.....	TF.29

TP radionica:

TEHNOLOŠKE PLATFORME ZA INOVATIVNE PROIZVODE

Petrović, P. NAUKA, EKONOMIJA ZNANJA I NOVA INOVATIVNA VREDNOST INDUSTRIJE - TEHNOLOŠKE PLATFORME SRBIJE	TP.1
---	------

← NAZAD

Љ. Тановић¹**ОДРЖИВОСТ ИНДУСТРИЈЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ***Резиме*

У раду је дат пресек спољнотрговинске размене индустрије Републике Србије у последње две године са узроцима који су довели до спољнотрговинског дефицита. Ради превазилажења постојећег индустријског тренда и бар донекле равноправног укључења у европске и светске токове неопходно је трансформисати привреду која ће функционисати на бази знања. При томе је указано на последице реформских процеса и на одређене неопходне структурне макроекономске промене.

Рад садржи велики број упоредних економских показатеља индустрија суседних земаља како оних које имају статус чланица Европске уније тако и оних које су потенцијални кандидати.

У контексту светске привреде и интеграција у њу, наша индустрија и компаније се морају припремити за то: постојеће компаније је потребно реструктурисати и покушати створити европске компаније путем интеграција или припајања, променити филозофију управљачке структуре компанија и спроводити континуалну едукацију свих запослених.

1. УВОД

Карактеристике досадашње светске и европске привреде могу се дефинисати кроз:

- (1) Глобализацију укупних робних и финансијских токова у свету уз концентрацију моћи глобалног одлучивања у неколико светских центара;
- (2) Либерализацију робних и капиталних токова на глобалној сцени под притисцима најмоћнијих светских економија, уз истовремено задржавање рестрикција за слободно кретање радне снаге;
- (3) Хармонизацију, координацију и регионализацију економских политика земаља чланица различитих економско-политичких групација као што су EU, ASEAN и сл.

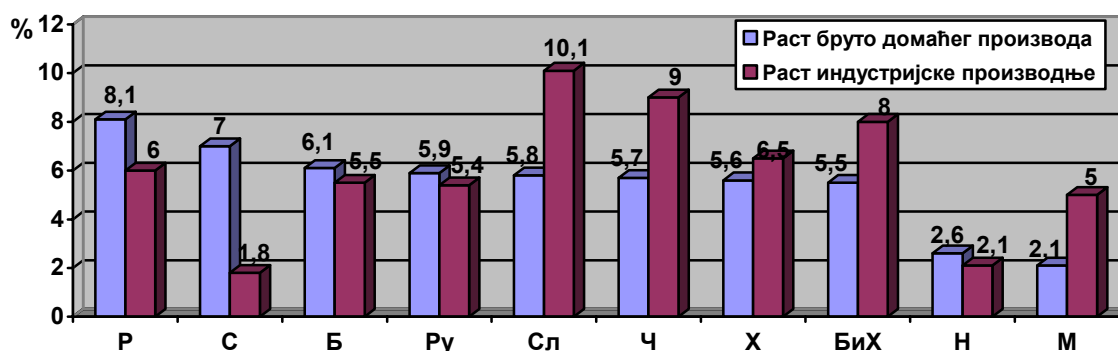
Свет данас покушава да различитим начинима дође до система одрживе производње и потрошње. Концепт се заснива на производњи што веће додатне вредности уз што мањи утрошак материјала, енергије и узроковање што мањих негативних еколошких последица.

Знање које стоји у основи економског система подразумева образовне људе који брзо уче и мењају сопствене способности у складу са технолошким развојем и глобалним трендовима развоја. Интелектуална својина је једна од кључних претпоставки развоја привреде засновање на знању.

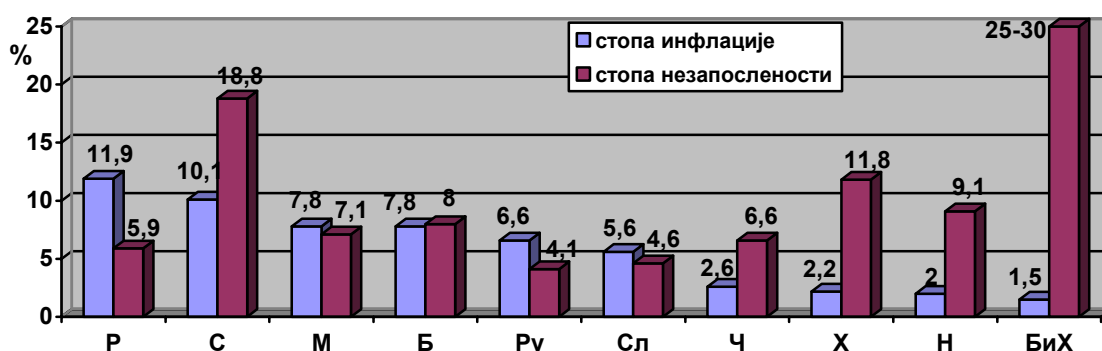
2. ЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ СРБИЈЕ И МЕЂУНАРОДНОГ ОКРУЖЕЊА У 2007. Г.

Анализирајући макроекономске показатеље активности Србије у 2007 години, мерене бруто домаћим производом (најважнији макроекономски агрегат) имају раст од 7% у односу на 2006 годину што је добар показатељ. Други показатељ је ниска стопа раста индустријске производње од 1.8% (сл. 1). Трећи показатељ је висока стопа инфлације која је у Србији 2007 години износи 10.1% и четврти показатељ је висока стопа незапослености на нивоу од 18.8% (сл. 2).

¹ Проф. др Љубодраг Тановић, Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16,
ltanovic@mas.bg.ac.yu



Слика 1. Раст БДП и индустријске производње у 2007 г.²



Слика 2. Показатељи стопе инфлације и незапослености у 2007 г.

Анализирајући стање привреде Републике Србије кроз економска кретања у протеклом периоду и сада, могуће је констатовати да је карактерише наглашена спорост у увођењу нових производа и технологија а као последица недовољне иновативне активности у предузећима и због ниског нивоа СДИ (страних директних инвестиција). Прилив СДИ има одлучујућу улогу у трансформацији производне структуре привреде и трансфера знања којима се повећава извозни потенцијал земље. Треба имати у виду да технолошки ниво већег дела извоза Србије није прилагођен конкуренцији на светском тржишту квалитетом производа, дизајном, ценом и роком испоруке.

Конкурентност наше привреде је ниска из више разлога. Као прво, последица веома мале домаће штедње, високог спољнотрговинског дефицита, високе стопе инфлације и високих каматних стопа. Као друго, степен развијености јавних институција је такав да лоше стојимо у погледу заштите својине и уговора и великој корупцији и као треће, конкурентност се базира на јефтиној радној снази.

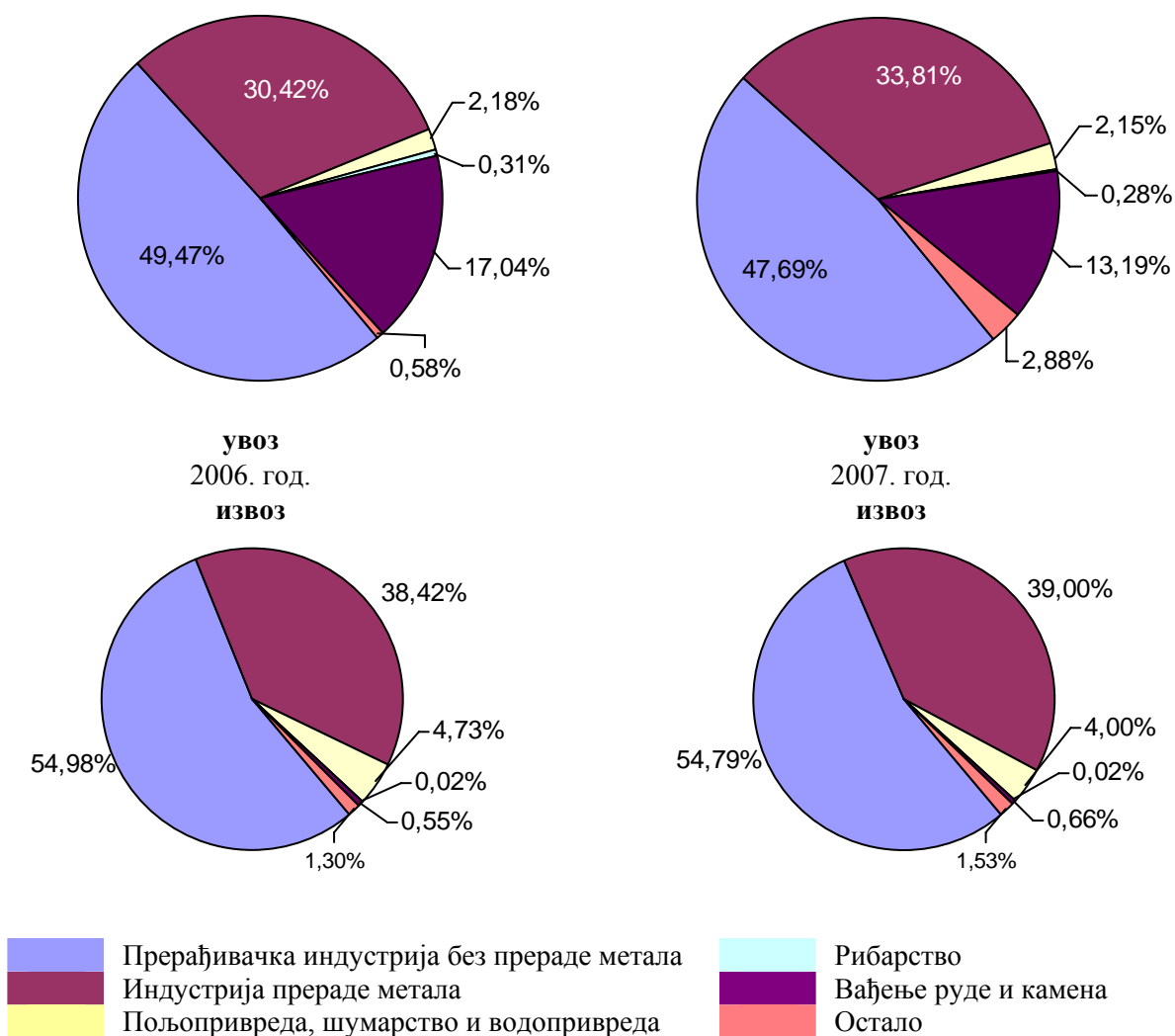
3. СПОЉНОТРГОВИНСКА РАЗМЕНА

Анализирајући биланс спољнотрговинске размене Републике Србије у последњих пет година (2003-2007) не можемо се њиме похвалити јер је присутан велики спољнотрговински дефицит који је у наведеном периоду достигао ниво од 33.9 милијарди \$.

Негативан тренд је настављен и у 2008. години са оствареним спољнотрговинским дефицитом на нивоу од 3 милијарде \$ у прва три месеца, што представља повећање од 40.2% у односу на исти период претходне године. Покривеност увоза извозом износи 46.2% што је нешто мање у односу на исти период претходне године.

На слици 3 је приказано учешће појединих привредних грана у увозу и извозу у 2006-2007. години.

² Б – Бугарске; БиХ – Босна и Херцеговина; М – Мађарска; Н – Немачка; Py – Румунија; Р – Русија; С – Србија; Сл – Словенија; Ч – Чешка; Х – Хрватска.



Слика 3. Учешће појединих привредних грана у извозу и увозу у периоду 2006 – 2007 године

4. ИНДУСТРИЈА ПЕРЕРАДЕ МЕТАЛА

Анализирајући прерађивачку индустрију Републике Србије која у извозу има учешће на нивоу 93.79% (2007.г), индустрија прераде метала (производња металних производа, производња машина и уређаја, производња саобраћајних средстава и остала прерађивачка индустрија) у њој учествује на нивоу од 39%. Када је реч о увозу, прерађивачка индустрија учествује на нивоу од 81.5% од чега индустрија прераде метала са 33.81%.

Сектор производње металних производа остварио је покривеност увоза са извозом уз констатацију да су највише извезени производи за репродукцију. Поред овог сектора уравнотеженост је остварила и остала прерађивачка индустрија. Сектор производње саобраћајних средстава остварио је спољнотрговински дефицит на нивоу од око 1.3 милијарде \$ као и сектор производње осталих машина и уређаја.

У табели 1 дат је приказ остварених резултата извоз/увоз појединих производа металопрерађивачке индустрије који осликава позицију домаће индустрије и њихову перспективу.

Таблица 1

Подаци у милионима \$

ПРОИЗВОДИ МЕТАЛОПРЕРАЂИВАЧКЕ ИНДУСТРИЈЕ	2003	2004	2005	2006	2007
Производња челика	106,8 111,8	271,1 166,2	380,2 227,3	577,1 333,0	712,4 571,7
Хладно обликовање профила	55,5 44,2	114,1 58,7	209,6 59,5	265,5 77,4	307,3 129,2

Производња алуминијума	49,9 43,0	69,1 69,7	115,7 82,6	164,9 119,7	245,1 167,9
Прерада бакра	42,6 21,0	92,8 24,0	149,0 30,1	288,1 76,0	313,6 170,2
Производња алата	8,4 31,6	12,0 36,8	11,5 45,5	18,0 64,5	27,8 95,1
Производња лежаја, зупчаника и сл.	10,8 21,9	13,8 31,7	35,6 36,7	26 47,0	38,0 61,6
Производња трактора за пољопривреду	6,8 15,7	10,9 27,0	16,9 25,5	11,8 35,6	10,6 46,4
Производња алатних машина	11,4 40,9	12,2 46,8	20,6 71,3	26,1 72,7	35,4 155,6
Производња мотора за моторна возила	15,7 23,6	15,2 26,8	15,8 31,6	19,5 28,5	17,8 34,8
Производња камиона и специјалних возила	7,2 329,5	11,5 403,5	16,1 277,6	20,7 405,3	38,8 627,3
Производња аутомобила	3,6 108,8	4,5 175,8	3,2 253,3	7,3 343,6	30,6 509,9
Производња делова за возила	29,3 50,5	35,0 63,4	37,5 74,2	44,7 85,3	69,1 120,8

5. ИНДУСТРИЈА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ У ЕВРОПСКИМ ОКВИРИМА

Основ конкурентности наше индустрије за инвестирање мора базирати на продуктивности, квалитету, дизајну и маркетингу а не на ниској висини надница наших радника..

Данас нема ниједне европски развијене земље света која нема своју политику или стратегију подстицања економије засноване на знању. Предузећа данас све више зависе од примењене науке, односно систематизованог знања и његовог повезаног деловања.

То подразумева неопходност изградње привреде засноване на знању:

- # Трансформација националне економије у правцу јачања места и улоге најуспешнијих сектора, тј доминацију сектора услуга и индустрије засноване на иновативној делатности предузетних појединаца;
- # Обезбеђивање високог учешћа инвестиција у расподели БДП-а, а пре свега пораста националне штедње;
- # Израда модерног и ефикасног образовног система који ће моћи да буде ослонац будуће ефикасне привреде засноване на знању;
- # Реализација програма подстицања иновативног и предузетничког понашања најширих слојева становништва.

При томе треба указати на последице реформских процеса који се огледају кроз:

- # Структуру буџетских прихода, односно чињеницу да је готово занемарљив износ greenfield инвестиција у односу на приватизацију постојећих предузећа;
- # Приходима од приватизације се назире крај;
- # Издаци за образовање су на нивоу 3.5% БДП а за заштиту животне средине 0.3% БДП, што је скоро дупло мање од европског просека;
- # Експанзија увоза и даље продубљава трговински и платни дефицит због високе домаће потрошње и недовољне конкурентности српске привреде.

Примена економије засновање на знању захтева неопходне промене које се огледају у процесима:

- # Раст тражње за висококвалификованим радницима који поседују спремност на промене, развој, увођење нових идеја и доживотно учење;
- # Већи ослонац на информационо-комуникационе технологије које омогућавају рад од куће;
- # Све веће отварање према светској привреди које доноси размену знања;
- # Промена структуре производње која подразумева све веће учешће терцијалног сектора –сектора образовања;
- # Повезивање са међународним економским и технолошким мрежама.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Deming W.E., Out of the Crisis, Deming Institute, Washington, 1986
- [2] Drucker P.F., Managing for the Future, Truman Talley Books, New York, 1992
- [3] Народна банка Србије, Македоније, БиХ, Словеније, Хрватске
- [4] Републички завод за статистику
- [5] Тановић Љ, Бојанић П., Индустрија прераде метала Републике Србије – неопходне промене, Трансфер технологије за европску Србију, Зборник радова, Машински факултет, Београд, 2005, 196-202
- [6] Тановић Љ., Привреда Републике Србије – стање и перспектива, 32. ЈУПИТЕР конференција, Златибор, 2006, ТФ1-ТФ6
- [7] www.odrzivi-razvoj.sr.gov.yu



34. JUPITER
konferencija

Beograd 2008

TEMATSKI FORUM

Ćosić, I., Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

**TRANSFORMACIJA VIŠOKOŠKOLSKOG SISTEMA U FUNKCIJI OBRAZOVANJA,
ISTRAŽIVANJA I PRIVREDNOG PROSPERITETA**

Rad po pozivu



Жарко Спасић¹

УНИВЕРЗИТЕТ И ИНДУСТРИЈА НА ПРЕДУГОМ ПУТУ КА ЕВРОПСКИМ ИНТЕГРАЦИЈАМА - Реалне дилеме и непотребне заблуде²

- Уводни рад -

Резиме

Већ дуго смо на путу ка европским интеграцијама, дезоријентисани и сами себи довољни да никада и не стигнемо тамо куда смо се упутили. Кренули смо на време а никако да достигнемо циљ, иако смо у односу на друге земље на старту имали велику временску и сваку другу предност. Други су нас стигли и престигли. Основно питање на том путу је како да не будемо црна рупа у Европи коју заобилазе пословни партнери, инвестиције, саобраћај, култура, стандард живота и сви догађаји? Чак ни Универзитет не зна одговоре на ова питања јер је успаван и чудно самозадовољан. Индустрија је такође у непотребним заблудама. Србија не зна и нема механизме да сагледа реалне дилеме и пронађе прави пут развоја! Активни дигитални универзитет и дигитално предузеће/фабрика у програмима европских ЕНЕА + ЕРА интеграција су једино могуће решење које више не можемо да избегавамо без последица.

Key Words: Европске интеграције, Образовање, Истраживање, Универзитет, Индустрија, Европски програми

1. ПУТЕВИ, ПУТНИЦИ И КЊИГЕ³

Већ од давнина путујемо на, за нас предугом и истом путу ка Европи на коме смо били пре санкција 1991. године и са којег нисмо требали ни да скрећемо. Као и сви други путници намерници и ми имамо саветнике. Никог другог до наших светских путника - Вука, Доситеја, Андрића [1-3] и других учених људи. Усуђујемо се да наслутимо шта би нам они пословицама, просветитељством, дипломатијом, знаковима поред пута, народним разумом и знањем, искуством и мудрошћу саветовали. Понели смо њихове књиге на пут, да гледамо у будућност, а знамо своју прошлост. Јер *ко је од почетка пошао кривим путем, мора се вратити назад и ухватити правилан почетак, то јест, корачити ногом на прави пут*, каже нам један од наших саветодаваца.

*Ко пита за пута, тај никад не залута. ... Ако се нешто не почне, не може се ни свршити. ... Пут широк, а врата отворена. ... Пут кола не вози. ... Ако кола на две стране вуку, не крећу се с места. ... Ко се на туђим колима вози, неће далеко отићи. ... Путу нема рока. ... Ако је кратак дан, дуга је година. ... Човек се до смрти учи. ... Или ако нам се више свиђа: **Боље икад него никад.** ... Држи се новог пута и старог пријатеља.*

¹ Професор др Жарко Спасић, Машински факултет Универзитета у Београду, Е-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu

² Рад је део пројекта **TR-6362A: Ревитализација и информациона интеграција производних ресурса у циљу постизања конкурентности корпорације на међународном тржишту**. Пројект финансира Министарство за науку и заштиту животне средине Србије уз партиципацију корисника истраживања.

³ Модификовани текст обраћања аутора поводом промоције Монографије [4] у Ректорату Универзитета у Београду (15.01.2004. године) и на Машинском факултету (27.01.2004. године) (слика 1-лево).

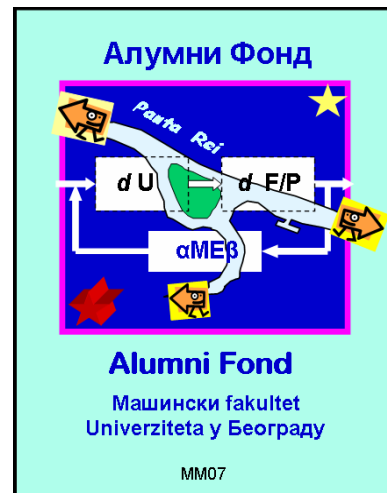
Путовати значи мењати брзо места, навике и људе са којима се дружиш, значи јаче се нагињати над понор времена. Од тога хвата човека смртоносна вртоглавица и због тога многи зазиру од путовања. ... А има и таквих који се искључиво и грчевито држе ироније, јер морају, јер су им сви други путеви затворени и сва остала подручја неприступачна. ... **Благо оном чији пут иде упоредо са путевима осталих људи на овој земљи. Теško оном чији пут кривуда, укршта се и сече са другим путевима. Тај неће никад нигде стићи. Напатиће се много и на крају ће скапати на раскришћу као просјак ... Боље би му било да никад није ни кренуо, да никад није ни сазнао шта је то људски корак ни земаљски пут.** ... Путовања нас спасавају од површних судова и јевтиних рефлексија ... Гледајући ширину и разноврсност света око себе, човек постаје обазрив у закључцима и избиљив у изразу. ... Посматрајући људе око себе, видим да је број оних који се на путовањима осећају изгубљени - врло велик, пише на једном знаку поред пута [3]. Па ипак, сви путујемо.

На нашем путу инатом помраченог видика и колебљивог правца ипак видимо неке звезде - монолитне и у облику бусоле иза нас, као и жуте на суђеној даљини (слика 1). **Нико не зна шта је добро, само онај који се зла напатио.** ... **Људи не могу да пођу правим путем не зато што немају путовође, него зато што их имају сувише.** ... Наш човек не уме да се лако и правовремено заустави ни при успону ни при паду.



На нашем путу и мостови - свачији и према сваком једнаки, корисни, подигнути увек смислено, на месту на ком се укрштава највећи број људских потреба, истрајнији су од других грађевина и не служе ничем што је тајно или зло. ... Показују место на коме је човек наишао на запреку и није застао пред њом, него је савладао и премостио. ... или ... вечиту и вечно незасићену људску жељу да се повеже, измири и споји све што искрсне пред нашим духом, очима и ногама, да не буде дељења, противности ни растанка. ... Напоследку, све чим се овај живот казује - мисли, напори, погледи, осмеси, речи, уздаси - све то тежи ка другој обали, којој се управља као циљу, и на којој тек добива свој прави смисао. Све то има нешто да савлада и премости: **неред, смрт или несмисао.**

Наши саветници не престају да говоре из књига, као да смо још увек без надежде. А можда се и боје да опет не погрешимо. Кажу: **Нико не путује због пута, него због некога или нечега што га очекује на крају тога пута.** ... **Људи који не могу видети свет у себи још мање могу видети себе у свету.**



Слика 1. Машински факултет и Алумни асоцијација α МЕФ на путу ка европским интеграцијама

Ми тренутно и немамо избор за тај предуги пут којим треба да се крећемо од давнина, иако се налазимо на највећој могућој светској раскрсници. То је пут ка европским интеграцијама (енгл: **The**

road will take us to the place we belong !). Ако на том путу *тражимо пријатеља без мане, остаћемо без њега*. Машински факултет и Универзитет у Београду треба да оставе академски траг да тим путем пођу индустрија, привреда и друштво: То је њихова мисија у јасној визији припадности и просперитета. Па зашто онда Универзитет спава и ћути! И не гледа знакове поред пута за Европу 2010 засновану на знању!

2. О ЕВРОПСКИМ ИНТЕГРАЦИЈАМА

О Европским интеграцијама још увек сви размишљамо, сви одлучујемо и "сви све знамо", а не само они који ипак нешто знају да би водили дезоријентисану и емотивну Србију у просперитетну будућност. Није нам јасно шта све губимо уласком у Европску унију: "снажну" индустрију, "компетентну" привреду, "реформисани" универзитет, "висок" стандард, "бројне" инвеститоре, "престижне" пословне партнере, митове, писмо, "брендирани" турбо фолк [5, 6]. И поред свести о националним посебностима већине новоинтегрисаних држава Европе, постоји њихова спремност за прихватање заједничких тековина у интегрисаној Европи.

Тренд Европе 2010 оријентисане знању је интеграција заједничког простора образовања (EHEA – *European Higher Education Area*) и заједничког простора истраживања (ERA – *European Research Area*), орочена до 2010. године. Реформа високог образовања Србије и промене на универзитетима се одвијају у контексту европских интеграција и принципа Болоњске декларације са наслеђеним и нерадно мењаним почетним тешкоћама и недовољном координацијом спорог, инертног и успаваног универзитета. Индустрија и привреда су у несигурним често неуспешним процедурама транзиције и власничке трансформације, вођених неспособним и заинтересованим политичарима и њиховим партијама. Индустрија је незаинтересована али и неспособна да сама дефинише предлоге пројеката истраживања за програме Европске уније. Сарадња универзитета и индустрије је излаз из ове ситуације, али треба да се добро осмисли и обострано прихвати.

2.1. Хронологија главних догађаја европске интеграције

Пут до пројектованог европског друштва заснованог на знању са високим квалитетом живота и компетитивном привредом на светском тржишту захтева дефинисање заједничких европских простора за поједине области. То су економски, правни, образовни, истраживачки и други простори који су такође у међусобној интеракцији. За разумевање овог процеса неопходан је приказ хронолошког редоследа главних догађаја европских интеграција [7] који се даје за период од 1946 – 2008. године.

- 1946: Винстон Черчил је у Цириху дефинисао визионарску идеју за интеграцију будућних сједињених држава Европе.
- 1949: У Лондону је основан Савет Европе са седиштем у Стразбуру.
- 1957: Шест земаља у Риму потписало је *Уговор* о стварању Европске економске заједнице (ЕЕЗ) и Европске заједнице за атомску енергију - *Еуроатом (Римски уговор)*.
- 1972: Одлуком председника држава и влада проширене ЕЗ у Паризу **Европска заједница** прераста у **Европску унију**.
- 1995: Шенгенски споразум ступа на снагу. Европски савет доноси одлуку да је европска монета "Евро".
- 1999: Пољска, Чешка Република и Мађарска постају чланице НАТО. Исте године је и војна интервенција НАТО на Србију. После Кумановског споразума, у Приштини почиње да ради међународна мировна мисија КФОР.
- 2000: Документ *Лисабонска стратегије* поставља индикаторе развоја појединих земаља до 2010. године.
- 2004: Велико проширење Европске уније. Нове земље чланице су Чешка Република, Естонија, Летонија, Литванија, Мађарска, Пољска, Словачка, Словенија, Малта и Кипар.
- (2006: **Раздруживање са Црном Гором.**)!
- 2007: Задње проширење Европске уније Румунијом и Бугарском.
- (2008: **Једнострано проглашење независности Косова.**)!

2.2. Политика у образовању, истраживању и индустрији

Деловање Европске уније огледа се у реализацији постављених стратешких политика за све релевантне области [7]. То су економска политика, политика људских права, политика азила,

имиграције и виза, индустријска политика, образовна политика, политика конкуренције, еколошка политика, одбрамбена и безбедносна политика, политика придруживања и сарадње, политика саобраћаја, политика у области енергетике, политика у области културе, политика у области медија и телекомуникација, политика у области здравства, политика у области истраживања и технологије, политика везана за омладину, политика запошљавања, политика заштите произвођача, политика у пољопривреди, као и друге политике. Посебне стратешке политике дефинисане су за поједине географске регионе и континенте као што су Медитеран, Африка, Азија и Латинска Америка. Детаљније се наводе циљеви политика у образовању, истраживању и индустрији.

Политика у образовању: Основни циљ ове политике је постизање највећег могућег нивоа знања у Европској унији путем сталног усавршавања ради остварења европске политике запошљавања и признавања диплома. Тиме би Европска унија постала најконкурентнији и најдинамичнији образовни, истраживачки и економски простор у свету који се заснива на знању.

Политика у истраживању: Основни циљ ове политике којој Европска комисија придаје велики значај је побољшање индустријско-технолошке конкурентне способности европске индустрије уз стимулисање привредног раста, конкурентне способности и запошљавања. Оквирни програми за истраживање и технолошки развој као и специфични истраживачки програми (TEMPUS, FP7 (Framework Programme), LEONARDO, SOCRATES, ESPRIT, ERASMUS, EUREKA, RACE, COST, SCIENCE и други).

Индустријска политика: Циљеви су побољшање амбијента за конкурентну способност иновативних предузећа (посебно малих и средњих предузећа) на међународном нивоу, унапређењем истраживања и развоја кооперацијама и олакшицама приликом организационог и структурног прилагођавања.

2.3. Фазе европске интеграције и статус Србије

На путу ка пуноправном чланству у Европској унији свака земља пролази кроз 7 добро дефинисаних фаза [7]. Са датумима који се односе на Србију то су:

- Фаза 1: Припремна фаза.
- Фаза 2: Позитивна *Студија изводљивости*. (Одлука од 25.04. 2005. године).
- Фаза 3: Преговори о закључивању *Споразума о стабилизацији и придруживању*. (Одлука Савета Министара Европске уније од 03.10. 2005. године). ***Преговори су прекидани и настављани !***
- Фаза 4: Потписивање и спровођење *Споразума о стабилизацији и придруживању*. ***Споразум је парафиран и потписан под примедбама и претњама да ће се поништити од стране новог сазива Скупштине !***
- Фаза 5: Кандидатура за чланство у Европској унији.
- Фаза 6: Преговори о пуноправном чланству.
- Фаза 7: Потписивање *Споразума о приступању Европској унији на позив Европског савета*.

Споразум о стабилизацији и придруживању садржи 10 поглавља. То су: *Општи принципи, Политички дијалог, Регионална сарадња, Слободно кретање робе, Кретање капитала и давање услуга, Усклађивање законодавства, Правосуђе и унутрашњи послови, Политика сарадње, Финансијска сарадња*, као и *Институционалне, опште и завршне одредбе*. Сматра се да је на почетку Фазе 3 Србија имала предност у односу на остале земље региона, у тренутку њиховог започињања те исте фазе, јер су нека усаглашавања Србије са стандардима Европе већ тада била остварена.

Када се потпише коначан *Споразум о приступању Европској унији*, потребна је његова ратификација од стране Скупштине Србије. Поједине партије и поједини политичари најављују поништавање *Споразума* у новом сазиву Скупштине, тумачећи текст *Споразума* као признавање независности Косова од стране потписника! Поред тога, потребна је ратификација *Споразума* од стране свих земаља које су већ примљене у Европску унију, као и коначно одобрење *Споразума* од стране *Савета министара* Европске уније.

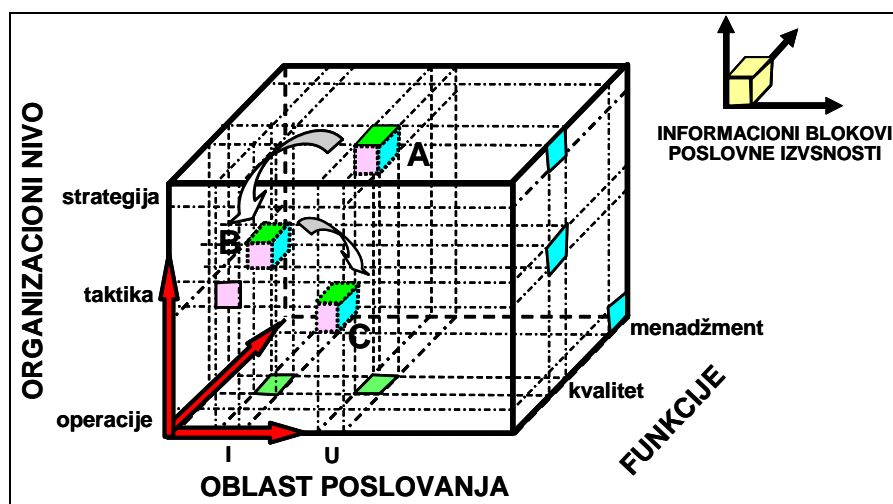
Ипак, очекује се превладавање здравог разума и подношење кандидатуре Србије за пуноправно чланство у Европску унију до краја ове 2008. године. То значи да састав Владе и Скупштине могу и не морају да услове даљи пут ка Европским интеграцијама ониме што је изречено у претходној изборној кампањи и спремности партија да то сада другачије тумаче. Зато је садашњи тренутак са тумачењем воље бирача и тумачењем простих збирова до 126 крајње деликатан и типичан за политичаре Србије.

3. ЕНЕА+ЕРА ИНТЕГРАЦИЈА

Потребно је да се дефинише неопходан и реалан начин сарадње између универзитета и индустрије, узимајући у обзир трендове у европској интеграцији за активности образовања, истраживања и развоја. Основу за разматрања чине програми истраживања Европске уније у настави и оквирни програм FP7 у истраживању.

3.1. Европски интеграциони процеси

Даљи изазови и приоритети у развоју европског образовног простора (ЕНЕА) и европског истраживачког простора (ЕРА) у оквиру европских интеграционих процеса подразумевају обједињавање ових академских активности ради остварења будућег друштва Европе заснованог на знању. Бергенски коминике као излазни документ са Министарског састанка Европе истиче [8] значај високог образовања у даљем унапређењу истраживања, као и значај истраживања у подржавању високог образовања за економски и културни развој европског друштва и његову социјалну кохезију. Такође је истакнуто да напори за извођење структурних промена и побољшање квалитета наставе не би требало да умање напоре да се интензивирају иновационе и истраживачке активности. Зато је истакнут посебан значај истраживања и тренинга за потребе истраживања ради одржавања квалитета и унапређења конкурентности и атрактивности образовног простора (ЕНЕА). Гледајући перспективу добијања бољих резултата, препозната је потреба за побољшање нивоа синергије између области високог образовања и других области истраживања у свим европским земљама, као и између образовног простора и истраживачког простора Европе.



Слика 2. Модел заједничке пословне изврсности У&И

Оквир политике ЕУА асоцијације универзитета Европе за изградњу европског друштва заснованог на знању кроз високо образовања и истраживање [9, 10] такође истиче важне циљеве. Универзитети треба да демонстрирају нераскидиву везу у примени *Болоњског процеса* и усаглашавању истраживачких и иновационих циљева *Лисабонског документа*. Препознавање заједништва садржаја истраживања и високог образовања треба да утиче на нова размишљања о улози и релацијама компетентних Влада (компетентних и за развој Србије заинтересованих ресорних министарстава) са реформисаним универзитетом у коме професори, асистенти и студенти разумеју његов значај и доприносе њему. Будуће компетентне Владе треба да истакну поверење и јачање, обезбеђујући подстицај ради подршке и управљања комплексним системом високог образовања тиме што ће се концентрисати радије на надгледање него на недовољно добру регулативну улогу.

3.2. Заједничка изврсност у партнерству Универзитет & Индустрија

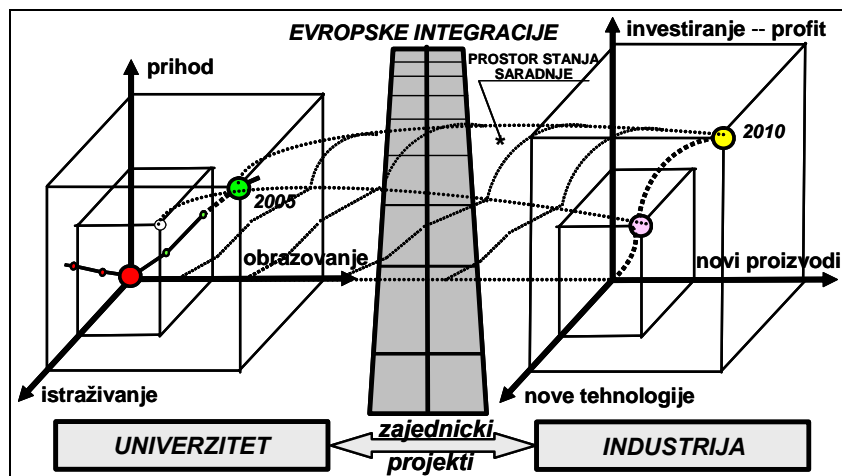
Универзитет и индустрија (У&И) представљају важно пословно окружење једно другом, али у међусобној сарадњи они имају и заједничко пословно окружење – светско тржиште производа, услуга и знања [11]. Производи универзитета су експерти свих могућих профила експертности који касније треба да преузму обавезе у развоју индустрије. То је дефинисано моделом (слика 2) чије су димензије {Област пословања -- Организациони ниво -- Функције}. Укупан простор стања заједничких

пословних активности универзитета и индустрије је изграђен од заједничких информационих блокова пословне изврности. Таква три информациона блока су дефинисана на истој слици, а повезани су другим међублоковима и информационим токовима ради трансфера знања:

Блок А: {Образовање – Стратегија - Квалитет}

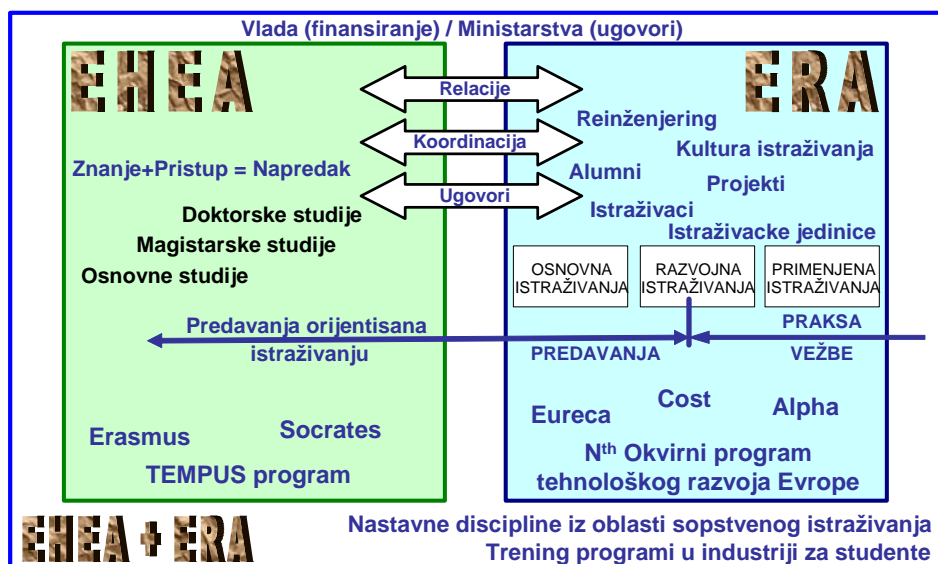
Блок В: {Индустрија – Тактика – Квалитет}

Блок С: {Индустрија – Пословне активности – Менаџмент}.



Слика 3. У&И заједно ка европским интеграцијама

Простор стања за унапређење укупних пословних активности у међусобној сарадњи универзитета и индустрије је приказан на слици 3. Пословне активности универзитета су приказане у координатном систему {образовање -- истраживање -- укупан приход} и кретањем од координатног почетка до тачке која симболички припада и дефинише дијаграм укупног пословања са индексом годишњег раста прихода. Пословне активности производних предузећа су приказане у координатном систему {нови производ -- нова технологија -- инвестирање и профит} у тренутку када главне проблеме у земљи представљају власничка трансформација и транзиција. За универзитет и индустрију ово кретање кроз дефинисани заједнички простор стања значи успешан пут према европским интеграцијама.



Слика 4. Модел интеграција образовања и истраживања

Модел ICT интеграције простора ЕНЕА+ЕРА је приказан на слици 4. Према приказаном моделу многе наставне дисциплине основних, а нарочито мастер и докторских студија, треба да проистекну из области сопственог истраживања наставника и институције високог образовања. То значи да су предавања оријентисана резултатима истраживања, а треба да постоје и пројектима оријентисани наставни модули и програми. Праксу студенти стичу у индустрији и привреди као

главним корисницима резултата истраживања (развојних, примењених и делимично основних). Посебни тренинзи за студенте и експерте из индустрије се организују на универзитету и у индустрији. Студенти у индустрији проверавају теоријске моделе и знања стечена на предавањима у реалним условима рада индустрије и привредних предузећа као и на основу реалне базе података/знања. У другом смеру едукације, експерти индустрије тренинзима на универзитету иновирају раније стечена знања новим технологијама и системима, припремајући се за нове радне садржаје ради конкурентности индустрије на тржишту сталних промена и нових захтева [12, 13].

4. РЕАЛНЕ ДИЛЕМЕ И НЕПОТРЕБНЕ ЗАБЛУДЕ

Као да су непотребне заблуде наша специфичност и наш брендирани производ. Мада их сви препознају одмах, и даље их производимо и упорно образлажемо. Било би боље да знамо да их преведемо у реалне дилеме које треба да отклонимо конкретним акционим плановима. Али за то нам је потребно друштво у коме су јасно дефинисане праве вредности у свим областима. Управо због тога се многи плаше европских интеграција и уређеног система вредности. Они су вербално за европске интеграције, али се понашају на сасвим други начин.

У даљем тексту се наводе само неке непотребне заблуде раздвојене на универзитет (посебно за наставнике и посебно за студенте), индустрију и Владу.

4.1. Универзитет – непотребне заблуде

Наставници:

3-1: Нису смеле да се игноришу примедбе Европске ректорске конференције у евалуационом поступку универзитета Србије 2002. године [14]. Ово се нарочито односи на правне статусе.

Одговорност: Ректори универзитета Србије; Министри просвете.

3-2: Реформа високог образовања не може да се спроведе без одговарајућих материјалних средстава. Средства су неопходна за наставну опрему, наставне материјале и напор наставника за увођење великог броја једносеместралних предмета.

Одговорност: Министри просвете; Председник владе; Ректорски и декански колегијуми.

3-3: Реформа високог образовања не може да се спроведе неорганизовано и без координације по хијерархији универзитет – факултети – катедре/департамани.

Одговорност: Ректорски колегијуми; Декански колегијуми.

3-4: Студијски програми нису довољно усклађени са потребама привреде и европским оквиром квалификација.

Одговорност: Ресорна министарства; Влада Србије; Ректорски и декански колегијуми.

3-5: Студијски програми и предмети нису међусобно усклађени. Има преклапања по предметима, катедрама и факултетима истих групација.

Одговорност: Декански колегијуми; Предметни наставници; Ректорски колегијуми.

3-6: До снижавања услова студирања смањењем обавезних 60 на 47 бодова није смело да дође, јер је то експлицитно признавање слабости нашег система високог образовања у односу на друге потписнике Болоњске декларације. Могли су да се уведу неки олакшавајући критеријуми са образложењем прелазног периода од класичног ка новом начину студирања.

Одговорност: Ректори универзитета; Министар просвете.

3-7: Закон о високом образовању је допринео да универзитет остане без асистената. Њихов развој у наставнике је отежан бројним одласцима са универзитета и великим бројем часова вежбања.

Одговорност: Ректори универзитета. Министар просвете. Сви који су учествовали у писању овог закона.

3-8: Не постоји континуитет у раду ректорских и деканских колегијума. Скоро сви почињу од почетка и негирају претходне резултате и претходнике. Угледали су се на политичаре. Изгледа да и они будући то исто намеравају?

Одговорност: Ректорски колегијуми; Декански колегијуми

3-9: Наставници треба да боље осмисле блокове од по 5 часова по једносеместралном предмету и да томе прилагоде наставне материјале. Уџбеници са упутствима и бројним примерима за инжењерска пројектовања су добра решења која захтевају посебне напоре наставника нових предмета. Нису сви наставници подједнако поднели напоре у некоординираној реформи!

Одговорност: Наставници; Декански колегијуми.

3-10: Акредитациона процедура није правилно схваћена. Не послују факултети и универзитети према упутствима *Акредитационе комисије* да би прошли и добили акредитацију. *Акредитациона комисија* треба да утврди минималан степен усаглашености са стандардима и прописима. Нико не забрањује факултетима и универзитетима да послују много боље од тог минимума. Успешност пословања ће одредити место факултета и универзитета на будућој ранг листи Европе, а толико ће вредети и одговарајуће дипломе. Одговорност ће се утврдити уназад на основу следљивости и то нико не може да избегне. Не постоје изјаве о визији развоја и мисији пословања факултета и универзитета.

Одговорност: Декани; Ректори; Акредитациона комисија. Савет за развој високог образовања.

Студенти:

3-1: Недовољна искоришћеност времена по блоковима од 5 школских часова по предмету, као и неразумевање оптерећења студената (енгл. *students workload*) за предиспитне активности. Неприхватање интерактивне наставе од стране студената.

Одговорност: Студенти; Наставници.

3-2: Студенти нису довољно упознати са свим принципима Болоњског процеса, а просто је невероватно да за то нису много ни заинтересовани!

Одговорност: Студенти; Студентски парламент; Студентске организације; Декански колегијуми; Наставници.

3-3: Студентски парламент не функционише успешно на већини факултета и универзитет. Студенти не знају своју улогу у управљању факултетом и универзитетом, па због тога и нису озбиљни партнери у реформи, како је то дефинисано Болоњским принципима.

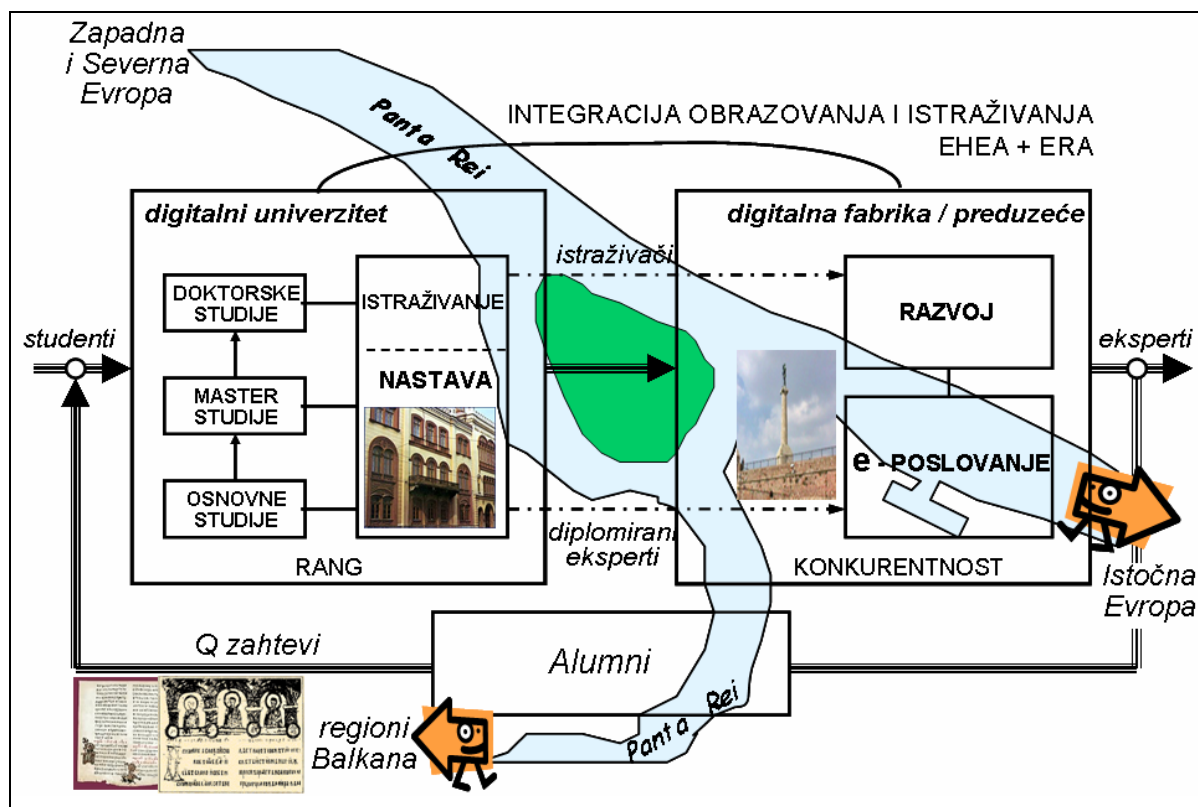
Одговорност: Студенти; Студентске организације; Студентски парламент.

3-4: Избори за Студентске парламенте на факултетима и универзитетима су скоро увек неуспешни због мале излазности студената. Последице су неадекватна заступљеност свих година студија, неповерење у студентске руководиоце и углавном неуспешни мандати студентских "лидера".

Одговорност: Студенти, Студенти продекани/проректори, Студентски парламенти и Студентске асоцијације.

3-5: Неслагања и нетолеранције између студентских асоцијација и лидерске амбиције студената руководиоца који најрадије пресликавају неповољну политичку сцену Србије.

Одговорност: Студенти, Студентске асоцијације.



Слика 5. Проточност студената кроз универзитет и развој осећања припадности факултету

3-6: Приликом избора предмета, модула и студијских програма студенти углавном немају праве критеријуме. Не узимају у обзир садржаје предмета, исходе (резултате) учења, знања и вештине које желе да стекну и квалификације са компетенцијама које треба да добију. Мало их интересује шта ће да пише у додатку дипломе и како ће будући послодавци да проверавају њихова знања и вештине. Бирају лакше предмете и смањене критеријуме, а не оно што ће им требати и више користити. Проточност студената кроз универзитет не значи да треба да стекну умањено осећање припадности академској институцији која им даје диплому. Та припадност се развија кроз Алумни асоцијацију αМЕВ и њеним усвојеним програмима и активностима [15].

Одговорност: Студенти; Студентски парламент.

3-7: Студенти не схватају довољно да су принципима Болоњске декларације ослобођени бубања и репродуковања за испите, а да су добили временски ресурс за инжењерски приступ у решавању проблема. И даље трпе негативне последице лоших навика стечених у основном и средњем образовању.

Одговорност: Студенти.

3-8: Студенти дуго нису путовали у свет. Мали проценат студената има пасоше. Своја мишљења студенти су формирали у затвореној средини. Сада се бирају у ограниченом броју да би неки од њих путовали од донација! Уместо да се слободно крећу као слободни грађани света.

Одговорност: Ректори универзитета. Министар просвете. Влада. Студенти.

4.2. Индустрија – непотребне заблуде

3-1: Не постоји довољна заинтересованост индустрије за сарадњу са универзитетом. У процесу власничке трансформације индустрија је заинтересована више за политичаре него за експерте са универзитета.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Наметљиви политичари.

3-2: У индустрији не схватају велику потенцијалну улогу универзитета у повећању вредности производа и повећању вредности индустрије у транзицији. Зато и постоје многи неуспешни тендери, транзиције и власничке трансформације.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Наметљиви политичари; Ресорна министарства; Влада.

3-3: Пословање индустрије мора да се заснива на економским и технолошким принципима, а никако на сталном тражењу новчаних помоћи од Владе. Пословање треба да буде независно од политике и странке на власти.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Наметљиви политичари; Ресорни министри; Влада.

3-4: Нови власници купљених предузећа и индустрија морају да се обавезу за даљи развој производног система који су купили. Не да секу и продају опрему, па да још и добијају помоћ од Владе! (На пример, Магнохром-Краљево)!

Одговорност: Руководиоци индустрије; Заинтересовани политичари.

3-5: Декомпозиција великих система на мала и средња предузећа је преспора.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Наметљиви политичари; Неангажовани универзитет.

3-6: Индустрија није упозната са интеграционим трендовима Европе и своје потенцијалне позиције у међународној подели рада. Упорно се ишчекује виртуелни спасилац и то предуго траје.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Наметљиви локални и републички политичари; Неангажовани универзитет.

3-7: Индустрија не схвата значај учешћа њених експерата на научно-стручним скуповима, ради размене идеја, решења и знања. Не негује се иновациона клима.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Пасивни експерти;

3-8: Индустрија нема капацитете да би дефинисала предлоге међународних пројеката које би финансирала Европска унија (на пример, FP7). У томе и у дефинисању конзорцијума пројеката мора да помогне универзитет. У случају прихватања пројекта та индустрија би решила све проблеме наступа на светско тржиште.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Ненаметљиви и успавани универзитет.

3-9: Потребе привреде за експертима по новом начину студирања и према европском оквиру квалификација нису исказане.

Одговорност: Руководиоци индустрије; Ресорна министарства; Локални ауторитети; Влада.

3-10: Сувише дуго траје агонија неких индустрија и предузећа.

Одговорност: Индустрија, Влада, Успавани, немотивисани и неприхваћени универзитет.

4.3. Влада Србије – непотребне заблуде

3-1: Поништавање *Споразума о стабилизацији и придруживању* Европске уније и Србије није могуће. То би техничка Влада морала да зна. Могуће варијанте оних који су противу *Споразума* су следеће:

- А. Нестављање процеса ратификације на дневни ред седнице Скупштине или бесциљно одлагање те тачке!
- Б. Одлука да се *Споразум* не ратификује!
- В. Одлука да се *Споразум* ратификује уз наша непотребна условљавања као изговор да не желимо европске интеграције. За очување Косова и Метохије и *Резолуцију 1244* смо ваљда сви!
- Г. Да се *Споразум* ратификује у Скупштини Србије.
Али ни то није довољно да Србија постане кандидат за чланство у Европску унију. Тај исти *Споразум о стабилизацији и придруживању* треба да ратификују и сви парламенти пуноправних чланица Европске уније. А то могу да буду и неке будуће чланице региона!

Одговорност: Техничка Влада неуспеле кохабитације; Будућа Влада. Парламент.

3-2: Политичке партије нису заинтересоване за ресурсе просвете и технолошког развоја, па ни културе. А тек нису заинтересоване за универзитет који мора да буде послушан да би заслужио за успаванку чекали на ред за дипломатска и друга почасна места. Интересантније су капиталне инвестиције и вишекратно асвалтирање улица и пада, нарочито пред изборе.

Одговорност: Заинтересоване партије и појединци; Успавани универзитет (наставници и студенти).

3-3: Влада треба да да већу подршку програму технолошког развоја Србије како би се у индустрији покренула производња уз помоћ универзитета.

Одговорност: Влада, Руководиоци индустрије; Успавани универзитет;

3-4: Политизација фабрика треба да престане. Нека фабрике и предузећа раде према економским и технолошким критеријумима ако производе за домаће, европско или светско тржиште. У противном не треба да постоје.

Одговорност: Политичке партије; Политичари; Руководиоци индустрија.

3-5: Влада мора да обезбеди одговарајућа материјална средства за реформу високог образовања. Пракса студената у индустрији треба да се организује са тројним уговорима између универзитета, индустрије и Владе.

Одговорност: Влада. Ректори универзитета.

4.4. Опште – непотребне заблуде

Није јасно зашто се у Србији јавља и ко намеће непотребну заблуду: "Или Европска унија или Русија"?! Та дилема уопште не постоји. Нама требају сви, и Европска унија и Русија и Кина и Америка и Индија и Канада и Аустралија и Либија и цео пословни свет. Сигурно да подршка Русије у решавању проблема Косова и Метохије свима нама импонује. Русија никада није условила Србију да не постане кандидат за чланство у Европској унији. Тренутну позицију Србије према Европској унији и Русији би пожелела свака земља на свету. То је наша предност и шанса.

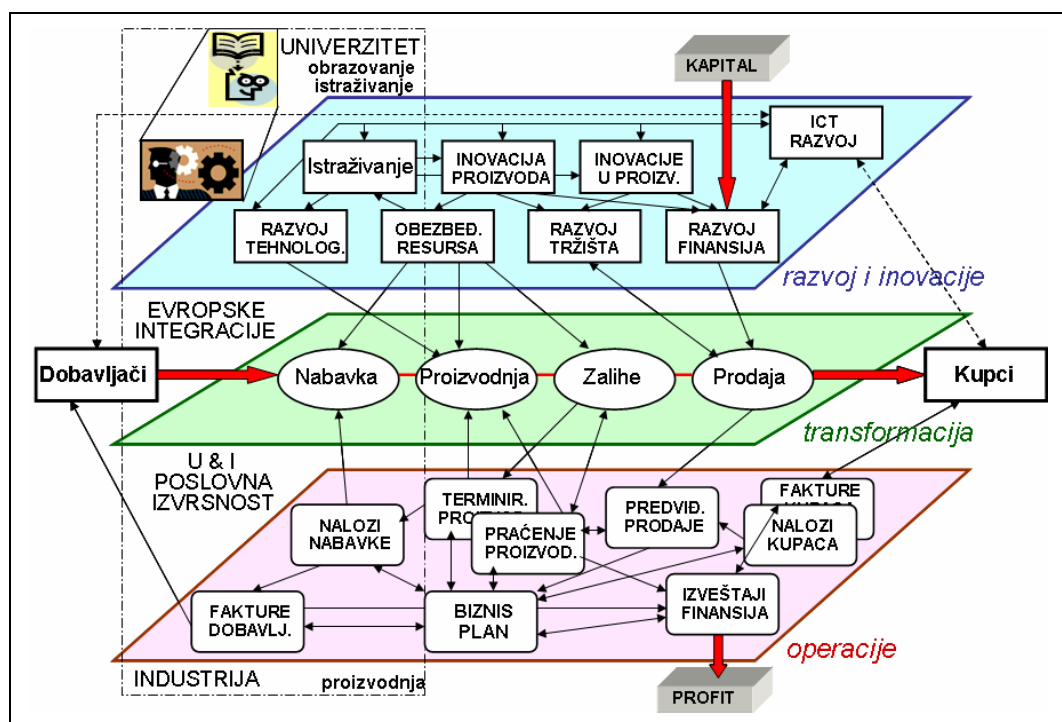
Ћутање успаваног универзитета (професори и студенти) по питању европских интеграција у садашњем тренутку је просто невероватно. То није више аутономни универзитет који мора да моделира друштво и да се изјасни у корист европских интеграција без страха од ауторитарних режима и ауторитета.

Али није дозвољено да се критикује било ко и било шта, а да се истовремено не предложи решење проблема. То исто учимо и студенте будуће инжењере. Па ево предлога:

5. ЛАНАЦ ПОВЕЋАЊА ВРЕДНОСТИ ПРОИЗВОДА ИНОВАЦИЈАМА

Трендови европских интеграција указују на неопходност сарадње универзитета и индустрије ради стварања нових вредности у Европи као друштва које квалитет живота заснива на знању [15]. Ово се нарочито односи на индустрије и предузећа која немају сопствене истраживачке јединице. Свака индустрија или предузеће има свој животни циклус у коме постоје фазе развоја, пословне

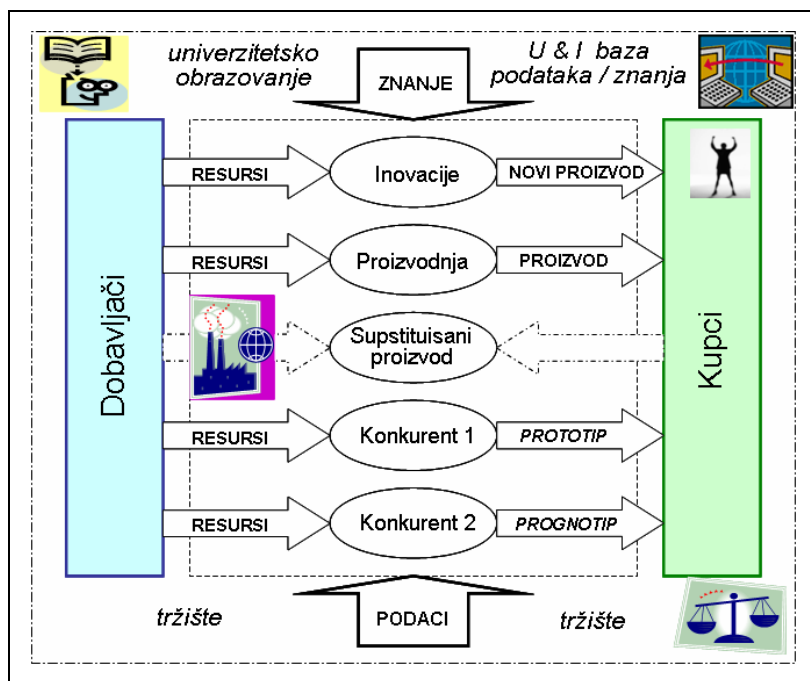
зрелости и тренутак када главне технологије постају застареле. Без континуалног образовања које индустрији обезбеђује иновацију знања запослених тешко је да се оствари конкурентност и технолошки прогрес. У индустријској производњи се користе основне технологије (директна трансформација у производ), технологије подршке (подржавају основне технологије) и стратешке технологије (за развој и брзе промене). Технологије образовања на универзитету захтевају подршку и резултате технологије истраживања како би се отварањем актуелних студијских програма добијале тражене квалификације експерата. Центри квалитета треба да управљају и прате иновације у образовању и истраживању, док *Алумни* асоцијације обезбеђују везу са бившим студентима који кроз стечена искуства, унапређују квалитет универзитетских активности [16-18].



Слика 6. Заједничке иновације производног предузећа и универзитета

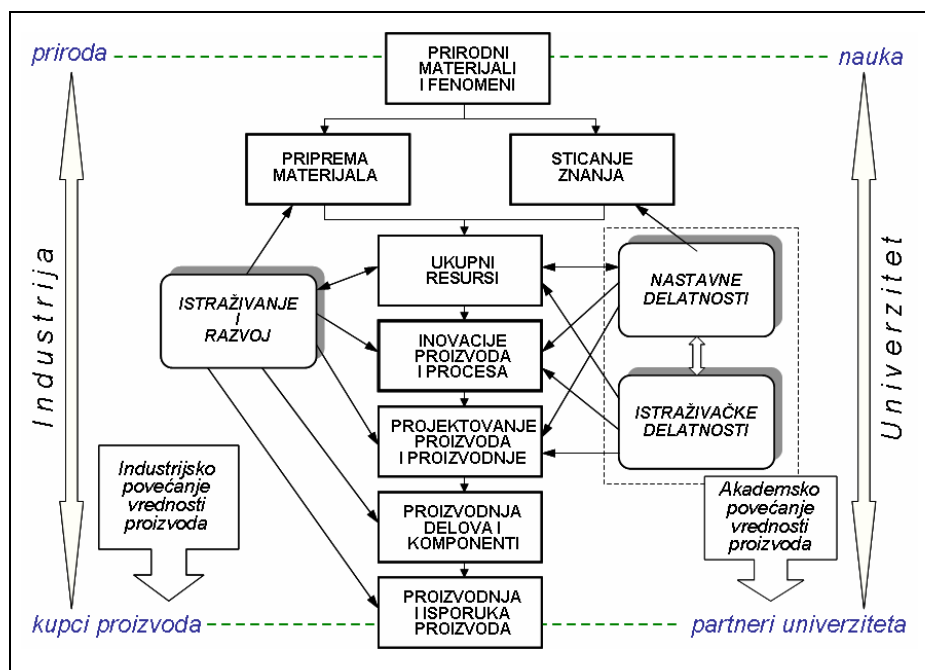
5.1. Синергија универзитета и индустрије

На слици 6 приказане су равни производних операција, равни трансформације ресурса у производ и равни иновативног развоја у спрези са универзитетским образовањем и истраживањем, чиме је детаљније дефинисана заједничка У&И пословна изврсност за европске интеграције. Динамика неопходних промена универзитета и индустрије подразумева пословање применом високих технологија да би се креирао нови дигитални универзитет и нове дигиталне фабрике. Нови производи високих технологија су нови материјали, компоненте, финални производи, процесна опрема, софтвер, програми (индустрија), али и студенти, дипломирани експерти, пројекти (универзитет). Конкурентност индустрије на строгом светском тржишту производа, услуга, капитала и знања је знатно повећана сарадњом са универзитетом (слика 7). Заједница за академско и индустријско знање користи јединствену базу података која се ствара кроз активности иновационих центара и *Алумни* асоцијације [17]. Између добављача и купаца производа иновативног предузећа налазе се активности иновација, производње тражених производа, производа које треба супституисати, израда прототипа и планирање прогнотипа. Нови производ креира ново тржиште а његова иновација захтева редослед активности до одрживости остварених предности на тржишту што одређује динамику пословног ризика. Прогнотип је виртуелни производ који има виртуелне перформансе на основу анализа тржишта и анализа производних програма конкурената на тржишту. Статус лидерства на тржишту захтева визију (правац организовања активности), ресурсе (основа за активности) и извршиоце активности (компетенције, одговорност и одлучивање).



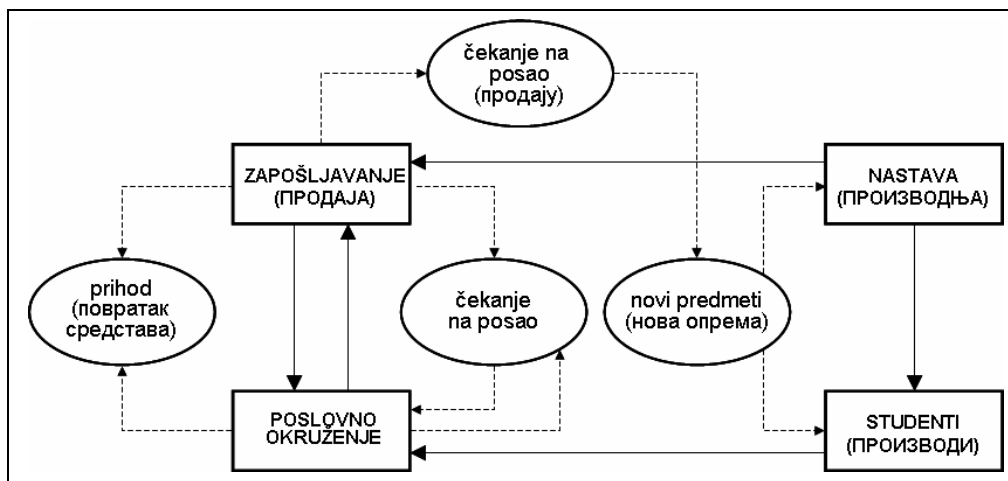
Слика 7. Конкурентност индустрије и сарадња са универзитетом

Ланац индустријског повећања вредности производа у процесу иновација треба да узме у обзир и утицај академских институција (слика 8). То је скуп логички повезаних активности које се посматрају у индустријском дијапазону "природа ↔ купци производа" и универзитетском дијапазону "наука ↔ корисници образовања". Активности се односе на процесе и операције које су пројектоване да би се расположиви ресурси (природни и други) трансформисали у финални производ или услугу за познатог купца или тржиште. Индустријска структура као део привреде у наведеној трансформацији повезује природу са купцем тако што сваким технолошким деловањем увећава полазне вредности ресурса до коначне вредности производа за тржиште [19]. У неком индустријском ланцу вредности, технички прогрес може да се оствари не само инкрементно у базним процесима, већ и као нови дисконтинуални процес у другим деловима ланца. За процес континуалног технолошког прогреса неопходни су центри за развој и пројектовање на универзитету и у оквиру водећих индустрија.



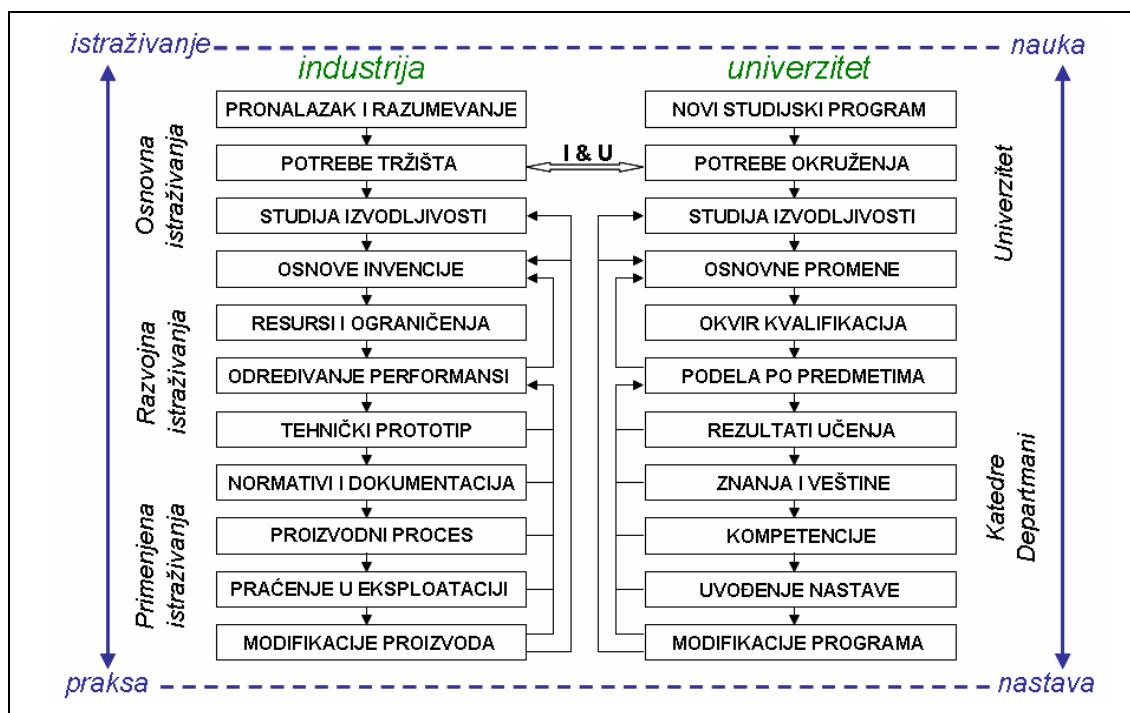
Слика 8. Ланац укупног повећања вредности производа

Утицај универзитета на индустријско повећање вредности производа је директно кроз сарадњу истраживачко развојних јединица индустрије и универзитета и индиректно кроз образовање експерата. Универзитет кроз наставу увећава академске и интелектуалне вредности студената до коначне вредности дипломираног експерта пратећи стално напредовање студената током студирања. У процесу учења студенти су будући производи високих технологија образовања и пратећих информационих и комуникационих технологија. Такви експерти свих профила стручности одлази на тржиште рада са такође одређеним увећаним вредностима.



Слика 9. Модел динамичког система заједничког ризика

На слици 9 је приказан динамички модел заједничког ризика у иновационим процесима универзитета и индустрије који илуструје осетљивост стратегије њиховог развоја као и менаџмента иновација у националним системима. Латиничним писмом су представљене активности универзитета, а ћиричним писмом активности индустрије. Кашњење промоције новог или побољшаног производа на тржиште је пословни промашај као и дуго студирање и чекање на запослење после дипломирања. Зато се захтева одређена универзитетска продуктивност актуелних квалификација уз утицај и регулацију образовно-пословног окружења.



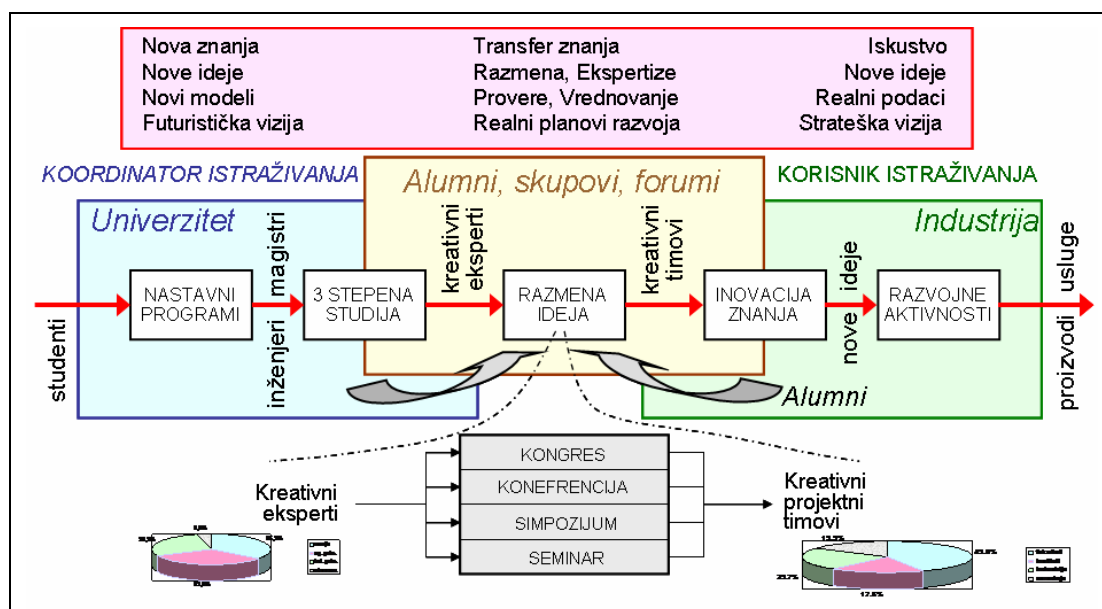
Слика 10. Трансформација знања у праксу у иновационим процесима

На слици 10 паралелно се посматрају иновациони процеси на универзитету и у индустрији. У посматраним аналогијама постоје комплементарна преклапања динамичких интерактивних процеса по вертикали. Производи универзитетског образовања су експерти који враћају уложена средства кроз развој индустрије. Наука даје општи приступ да се разуме природа кроз основна или фундаментална истраживања. Развојна и примењена истраживања обезбеђују технолошки развој кроз инжењерство система и разматрања алтернатива ради добијања технички оптималних решења. Технологија обезбеђује општи приступ за развој функционалних могућности производа и услуга. Менаџмент иновацијама обезбеђује кооперацију развојних потенцијала универзитета и индустрије у приказаним активностима.

5.2. Иновациона култура и мотивисаност за креативност

За успешне иновационе активности нису довољни прописи и разумевање потреба са тумачењима позитивне праксе развијених земаља већ пре свега, постојање иновационе пословне климе у којој су људи мотивисани за креативност [20]. Како се овде углавном посматра сарадња универзитета и индустрије посебно се разматрају ове две пословне целине.

Универзитет, поред технологија које се изучавају и истражују, у свом пословању директно примењује технологије образовања и истраживања које су повезане са пословном стратегијом развоја универзитета и факултета. Производи тих технологија су дипломирани експерти и истраживачки пројекти који се планирају према дефинисаним потребама и приоритетима за тржиште рада и друштво. Главни параметар вредности за дипломиране експерте је њихова креативност у стварању нових вредности за бржи економски развој и већи друштвени производ. То значи да на универзитету студенти морају да буду мотивисани да логички мисле и решавају проблеме, како би касније били способни да доносе квалитетне одлуке. На нашим универзитетима је неопходно да се повећа број студената на мастер и докторске студије како би били укључени у истраживачке процесе. За пројекте је важно да су резултати применљиви и да је обезбеђена њихова примена код корисника истраживања, као и ширење резултата у другим пословним срединама. Центри квалитета на факултетима треба да прате све релевантне параметре у наставним и истраживачким процесима на универзитету како би се остварила мисија на путу ка европским интеграцијама.



Слика 11. Модел образовног и иновационог процеса у креативном друштву [15]

Досадашње анализе резултата научно-стручних скупова у земљи указују да они већ дуги низ година не задовољавају критеријуме и циљеве њиховог постојања у функцији развоја индустрије и привреде. На примерима Јупитер конференције и садржаних симпозијума утврђена је њихова

трансфер функција [21-24] у технолошком развоју домаће индустрије и потребним прилагођавањима актуелним трендовима развоја. Модел образовног и иновационог процеса у креативном друштву (слика 11) интегрише активности универзитета и индустрије кроз научно-стручне скупове, форуме и *Алумни* асоцијацију. У приказаном моделу постоји узајамни и двосмерни међусобни допринос академских институција и индустрије. Стручњаци академских институција имају мотиве за своје креативне активности (истраживачки пројекти, развој наставе, сопствени научно-стручни развој, коефицијенти за рангирање пројеката и истраживача, унапређења и друго). Стручњаци индустрије имају мање мотива за своје учешће радовима на научно-стручним скуповима. На скуповима је недовољна размена идеја и успешних решења из индустрије која би се остварила у иновативној клими, неопходној за технолошки развој. Експерти из индустрије нису мотивисани у својим радним срединама да напишу рад за неки научно-стручни скуп, јер се то не вреднује на одговарајући начин. Вредновање научно-стручних скупова би требало да се изводи на основу њиховог циља и програма. На пример, ако је скуп посвећен технолошком развоју индустрије статистика објављених радова би могла да буде [21, 22]:

Врста радова: 24,4% - оригиналан научни рад, 9,0% - прегледни рад, 14,5% - претходно саопштење, 52,1% - стручни рад.

Област радова: 35,2% - теорија, 32,8% - општа примена, 28,2% - примена у индустрији, 3,8% - образовање.

Институције: 43,0% - факултети, 17,8% - институти, 23,7% - индустрија, 15,5% - сарадња.

Из анализа произилази да домаћа индустрија не може да конкурише за истраживачке програме које финансира Европска унија (на пример, FP7) без помоћи и заједничког дефинисања предлога пројеката са универзитетом. *Алумни* асоцијација треба да охрабри експерте из индустрије да учествују у иновативним процесима унапређења технолошког нивоа домаће индустрије за интегрисану Европу.

Зато је на Машинском факултету и уведен нови предмет *Квалитет инжењерског образовања* (КИО '06) како би се будући машински инжењери припремили за креативне послове у индустрији. Професионални тренинг студената у индустрији *Икарбус* је приказан на слици 12. *Монографија* [15] је основа за уџбеник са одговарајућим практикумом и примерима. Садржај *Монографије* је следећи:



Слика 12. Уџбеник и тренинг студената за предмет *Квалитет инжењерског образовања (Икарбус)*

Део I: *Увод и поставка проблема*

Уводна разматрања са поставком проблема. Европске интеграције – Од идеје до данашњих дана. Образовно-истраживачки простор Европе. Декларације и документа у развоју образовања. Универзитети Србије и интеграциони захтеви.

Део II: *Теоријске основе за пројектовање система*

Теорија за пројектовање интегралног система квалитета. Анализа са спецификацијом захтева за нови систем. Интегрисани систем квалитета дигиталног универзитета.

Део III: *Интегрисани систем квалитета*

Индикатори квалитета за дигитални универзитет. Стандарди квалитета за дигитални универзитет. Процедуре квалитета за дигитални универзитет. Систем упитника и анализе резултата. Квалитет универзитетске наставе. Квалитет истраживања на универзитету. Квалитет менаџмента пословним перформансама. Методе наставе, учења и оцењивања. Класификација елемената пословања универзитета. Евалуација институција високог образовања. Алумни асоцијација за интегрисани систем квалитета. Квалитет пословног окружења универзитета. Студентске активности у реформи универзитета.

Део IV: *Дигитални универзитет*

Центри квалитета и извршност пословања. База података/знања дигиталног универзитета. Интегрисани информационо-комуникациони систем. Иновациони процеси на универзитету. Дигитални универзитет.

Део V: *Реализација, увођење и примена система*

Акредитација институција високог образовања. Законска регулатива и систем квалитета. Акциони план са студијом изводљивости. Закључне напомене за даљи развој универзитета.

6. ПЕРСПЕКТИВА ЕВРОПСКОГ ИНТЕГРАЦИОНОГ ПРОЦЕСА

Интеграциони кораци до сада нису, нити могу да се спроводе истовремено са свим државама Европе. Флексибилност у припремању за чланство треба да спречи опадање темпа интеграције и да омогући државама које желе да брже напредују, да то и остваре. Степенаста интеграција подразумева процес уједињења који се одвија различитим брзинама или различитим интензитетом ("Европа различитих брзина интегрисања"). То значи да интеграција није условљена брзином најспорије државе чланице која се највише опире интензивнијем процесу интеграције. *Уговорима* из Амстердама и Нице ова флексибилност је могућа и неопходна.

Основна идеја је очување сопствених вредности и разноликости интегрисаних земаља, уз истовремено очување јединства и нових вредности Европске уније. Спутивање централистичких тенденција остварује се утврђивањем заједничких основних права и вредности и јасних подела надлежности са специфичним задацима и већим маневарским простором владама држава чланица. То би више одговарало концепту "Сједињених држава Европе" него концепту "европске супер државе".

Показатељи привредног напретка земаља чланица су: *Продуктивност рада по запосленом, Стопа запослености (укупно, за жене и за старије особе), Ниво образовања младих (20-24 године), Проценат БДП за истраживање и развој, Пословне инвестиције, Упоредни нивои цена, Стопа ризика од сиромаштва, Стопа дугорочне незапослености, Дисперзија регионалне стопе, Емисија гасова са ефектом стаклене баште, Енергетска интензивност, као и Обим транспорта.*

Неодложно прилагођавање и Србије европским стандардима је сигурно наш општи интерес. Не треба то да радимо зато "што нас присиљавају", "што нас мрзе" или "што су љубоморни на наше традиције и успех", већ зато што морамо да напредујемо у интегрисаној Европи. Нико нам при томе не забрањује да успешно сарађујемо са Русијом, Кином, Јапаном, Индијом, Америком, Канадом и другим ваневропским земљама. Зато и индустрија и универзитет треба да дефинишу своје интегрисане системе за обезбеђивање квалитета својих активности [25]. Све остало води неизвесном одлагању и застоју у развоју у односу на суседне земље региона. Зато је неопходна регионална сарадња свих земаља Балкана коју треба да дефинишу и координирају универзитети балканских земаља [26].

7. ЗАКЉУЧАК

Због сталног одлива мозгова (углавном тек дипломираних експерата) ка бољим условима рада и живота знатно се смањује креативни потенцијал земље. То доприноси неповољној иновационој клими у индустрији и на универзитету. У интеграционим процесима Европе каснимо у односу на суседне земље које уласком у ЕУ још више повећавају разлике. Реформа успаваног универзитета је

преспора и више формална него са неопходним иновацијама у методама наставе, учења и оцењивања. Национални иновациони систем је такође формалан и без мотива, а недостају и индикатори успеха који би се добили на основу статистичких обрада реалних података. Отварање иновационих центара на факултетима треба да промени иновациону климу у земљи али су, пре свега, потребна знатно већа материјална средства, вредновање иновационих пројеката и дистрибуција успешних резултата пројеката. Дефинисање приоритета и експертско предвиђање технолошког развоја индустрије и земље такође недостају.

У недостатку истраживачко-развојних јединица у индустрији и привреди неопходна је боља сарадња са универзитетом. Једино универзитет може да припреми индустрију за пројекте новог циклуса истраживања FP7 који ће остварити концепт Европе као друштва базираног на знању са заједничким образовно-истраживачким простором. Тада ће и наша индустрија и производна предузећа бити у могућности да апсорбују успешније високе технологије за производе намењене светском тржишту. На универзитету студентима недостају информације о интеграционим процесима Европе. У таквим околностима они не могу да буду будући иновативни и креативни експерти који ће допринети развоју Србије. Студијски програми и предмети су претрпели више формалне и стихијске измене без успешног координирања самог процеса реформе. Интегрисани систем квалитета дигиталног универзитета је остварљиво и извесно решење у интересу студената чија ће диплома тада више вредети. То је део предлога будућег пројекта за програм FP7 који ће укључити и домаћу индустрију.

За Србију је Европа неизбежна судбина и природна културна и пословна оријентација. У тој интеграцији неоспоравани национални идентитет се комбинује са ширим такође неоспораваним и добро образложеним европским идентитетом и европским вредностима. Поставља се питање каква је наша интеграција у Европу са губитком од више 400.000 образованих младих људи без којих је Србија остала из познатих разлога. Услови са перспективом и високим стандардом живота морају да се обезбеде без одлагања.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вук Стефанивић Караџић, Српске народне пословице и друге различне као оне у обичај узете ријечи, Нолит, Београд, 1975.
- [2] Доситеј Обрадовић, Етика или филозофија наравноучителна, Венеција, 1803.
- [3] Иво Андрић, Знакови поред пута, Сабрана дела, Књига шеснаеста, Удружени издавачи, Београд, 1985.
- [4] Спасић, Ж., Недељковић, М., Бошњак, С., Обрадовић, А., **Машински факултет Универзитета у Београду – Мисија на путу ка европској интеграцији**, Машински факултет, Београд, 2003, стр. 520.
- [5] Спасић, Ж., **Европске интеграције – Судбина дезинтегрисане Србије**, Уводни рад, Зборник радова 32. Јупитер конференције, Машински факултет, Златибор, 2006. CD: ТФ6 –ТФ17.
- [6] Спасић, Ж., Пилиповић, М., **Могућности индустрије и универзитета Србије у евро-атланским интеграцијама – Тренутне алтернативе су перспективност или бесперспективност**, Уводни рад, Зборник радова 33. Јупитер конференције, Машински факултет, Златибор, 2007. CD.
- [7] Weidenfeld, W., Wessels, W., **Europa von A bis Z, Taschenbuch der europäischen Integration**, Europa Union Verlag GmbH, Bon, 2002.
- [8] Bergen Communiqué 2005: **The European Higher Education Area – Achieving the Goals**, Bergen, 2005.
- [9] EUA: Glasgow Declaration 2005: **Strong Universities for a Strong Europe**, Brussels, 050415, 2005.
- [10] EUA: Trends IV: **European Universities Implementing Bologna**, Bergen, 050425, 2005.
- [11] Spasić, Ž., Stefanović, V., Quarrie, S., **Implementing Quality Assurance at Universities and their Faculties, Departments and Schools - Background and Description of the Project**, TEMPUS JEP-17040 - 1/03, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2003, Pp 56.
- [12] Spasić, Ž., Veljković, R., Ilić, B., Petrović, P., **Industry in Integrated Education and Research Space of Europe**, Leading paper, XII Conference on Industrial Systems – IS '05, FTN, Herceg Novi, 2005.
- [13] Spasić, Ž., Petrović, P., Pilipović, M., **Actual Trends of University Activities in European Integration Processes**, Invited paper, Transactions on Mechanics, Scientific Bulliten of the Politehnica University of Timisoara, Timisoara, 2005.
- [14] EUA: **Institutional Evaluation of Universities in Serbia 2001-2002**, EUA Evaluation report, Geneva, 2002.
- [15] Спасић, Ж., **Интегрисани систем квалитета дигиталног универзитета**, Монографија, Машински факултет, Београд, 2007, стр. 516.
- [16] **Alumni Fond Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu aMEБ**, Saopštenja I Kongresa "Savremeni zadaci mašinstva", Urednici: Spasić, Ž., Nedeljković, M., ISBN 86-7083-542-8, Mašinski fakultet, Beograd, 2005. Str. 152.
- [17] Spasić, Ž., **Projektovane aktivnosti Alumni Fonda aMEБ**, Uvodni rad, I Kongres Alumni Fonda Mašinskog fakulteta "Aktuelni zadaci mašinstva", Mašinski fakultet, Beograd, 2005. pp 15-22.

- [18] *Alumni Fond Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu aMEB*, Saopštenja II Kongresa "Integracija generacija mašinaca – INGEM '07", Urednici: Spasić, Ž., Nedeljković, M., Rosić, B., Mitrović, Č., ISBN 978-86-7083-612-9, Mašinski fakultet, Beograd, 2007. Str. 172.
- [19] Betz, F., *Managing Technological Innovation – Competitive Advantage from Change*, John Wiley & Sons Inc., Second edition, New Jersey, 2003.
- [20] Кутлача, Ђ., Семенченко, Д., *Концепт националног иновационог система*, Институт "Михајло Пупин", Београд, 2005.
- [21] Спасић, Ж., Пилиповић ет ал., *Јупитер асоцијација: Ретроспектива и перспектива деловања*, Уводни рад УРК01, 21. Јупитер конференција, Београд, 1995, стр. 1-12 (Прилог А (П-1-П-6), Прилог Б (П-7-П-11)).
- [22] Спасић, Ж., *СИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала, Трансфер функција за креативне активности*, XIII симпозијум "СИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала", Машински факултет, Београд, 1994, стр. 1-10.
- [23] Спасић, Ж., *Управљање производњом у индустрији прераде метала, Трансфер функција за креативне активности*, XXII симпозијум "Управљање производњом у индустрији прераде метала", Машински факултет, Београд, 1994, стр. 1-12.
- [24] Спасић, Ж., *Информациона интеграција СИМ-предузећа - Трансфер знања производног машинства ка другим гранама индустрије*, 27. Саветовање производног машинства Југославије, Ниш, 1998. стр. 144+CD.
- [25] Spasić, Ž., *Modelling of Quality Assurance System in the Relation "University--Industry"*, IFNA-ANS International Journal, Problems of Nonlinear Analysis in Engineering Systems, No. 2(26), vol. 12, 2006. pp. 117-127
- [26] Batt, J., *The EU's New Borderlands*, Centre for European Reform, London, 2003.



34. JUPITER
konferencija

Beograd 2008

TEMATSKI FORUM

Radosavljević, Z., ABS Holdings, Beograd

**IZAZOVI PROGRAMSKE I TEHNOLOŠKE KONSOLIDACIJE VELIKIH KOMPANIJA U
PROCESU SVOJINSKE TRANSFORMACIJE**

Rad po pozivu



34. JUPITER
konferencija

Beograd 2008

TEMATSKI FORUM

Milanov, M., Mikrokontrol, Beograd

**KLJUČNI ELEMENTI RAZVOJA I RASTA PRIVATNIH KOMPA NIJA U OBLASTI MALIH I
SREDNJIH PREDUZEĆA**

Rad po pozivu



P. B. Petrović¹

**MIGRACIJA I KONVERGENCIJA TEHNOLOGIJA KAO FORMALNI MEHANIZAM ZA
STVARANJE NOVIH GENERIČKIH PLATFORMI PROIZVODNOG INŽENJERSTVA - Prilika
koju treba iskoristiti**

Rezime

Klasterovanjem komplementarnih generičkih tehnologija i/ili tehnologija izvedenih iz njih, formiraju se sinergetske strukture, koje imaju inherentno svojstvo da stvaraju široke palete novih proizvoda. U radu se razmatra primer migracije proizvodnih tehnologija u domen građevinarstva, gde se simbiozom proizvodnih i građevinskih tehnologija stvara novi impuls privrednog razvoja kroz ponudu tržištu širokog spektra novih, visokotehnoloških proizvoda. Gledano iz ugla proizvodnog inženjerstva, ovakvi konvergentni procesi nose respektivni potencijal za novu tržišnu valorizaciju postojećih znanja i veština, koje zajedno čine intelektualni kapital Srbije u domenu proizvodnih tehnologija. Konvergencija tehnologija se u okviru ovog rada stavlja u kontekst emergentnih sistema, gde se kroz ovakav formalni okvir izlaže metodologija za razumevanje ovakvih procesa i njihovo sistematsko i studiozno izučavanje.

Ključne reči: Tehnologija, Konvergencija, Nove generičke platforme

¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu,



34. JUPITER
konferencija

Beograd 2008

TEMATSKI FORUM

Mandić, Đ., Kompanija INDAS

**TRANSFER TEHNOLOGIJA INDUSTRIJSKE AUTOMATIZACIJE U DOMEN
GRAĐEVINARSTVA - Domaća platforma za građenje inteligentnih zgrada**

Rad po pozivu



34. JUPITER
konferencija

Beograd 2008

TEMATSKI FORUM

Popović, D., Kompanija Mikrokontrol

KONTROLA TEHNIČKIH SISTEMA U INTELIGENTNIM ZGRADAMA

Rad po pozivu



P. B. Petrović¹

NAUKA, EKONOMIJA ZNANJA I NOVA INOVATIVNA VREDNOST INDUSTRIJE - TEHNOLOŠKE PLATFORME SRBIJE

Rezime

U okviru ovog rada razmatra se problematika interakcije nauke i industrije kao ključnog mehanizma za stvaranje inovativnih procesa u industriji koji za svoj konačni ishod imaju transformaciju ekonomije bazirane na materijalnim resursima u ekonomiju znanja, gde je ključni resurs sposobnost za stvaranje proizvoda baziranih na inovaciji. Evropska unija je prepoznala koncept tehnoloških platformi kao formalni okvir za transformaciju postojeće ekonomije u ekonomiju znanja, što je ključni razvojni prioritet EU postavljen u kontekstu ostvarivanja ekonomskog rasta i globalne kompetitivnosti. ETP (Evropske tehnološke platforme) su klaster tehnoloških platformi koji je panevropskih praktični izlaz ove inicijative. Nacionalne ekonomije participiraju u ovom procesu tako što svoje nacionalne tehnološke platforme povezuju sa ETP klasterom. U okviru ovog rada razmatraju se mogućnosti uspostavljanja Tehnološke platforme Republike Srbije za domen Proizvodnog inženjerstva (TPRS_PI), koja bi prvo imala za cilj integraciju domaćih resursa po pojedinim tehnološkim segmentima proizvodnog inženjerstva, a zatim njihovo pridruživanje ETP. Pristup baziran na tehnološkim platformama može da bude sistemski okvir koji će imati generalniju upotrebnu vrednost, merenu na nivou nacionalne ekonomije Srbije.

Ključne reči: *Evropske integracije, Ekonomija znanja, Tehnološke platforme*

¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu,

34. JUPITER KONFERENCIJA

sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE

with foreign participants

ZBORNIK RADOVA PROCEEDINGS



27. simpozijum

**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**

Beograd, jun 2008.

**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
INDUSTRIJE PRERADE METALA**
CIM IN THE STRATEGY OF TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT OF METALWORKING INDUSTRY

Petrović, P., Petrov, P., Ilić, B., Spasić, Ž., Pilipović, M., Jakovljević, Ž. REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEDJUNARODNOM TRŽIŠTU – REKAPITULACIJA UKUPNIH REZULTATA NA PROJEKTU TR-6362A	1.1
Radosavljević, Z. REINŽENJERING POSLOVNIH PROCESA PRIVATIZOVANIH FABRIKA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA - PRIMER ABS HOLDINGS	1.19
Radojević, Z., Radojević, M., Avakumović, J. ZNAČAJ INTEGRACIJE CIM SISTEMA PROIZVODNJE	1.26
Rakonjac, M., Rakonjac, I. CIM - SISTEM MALIH PROIZVODNIH PREDUZEĆA	1.31
Veljković, Z., Radojević, S., Spasić, Ž. RISK MANAGEMENT AS INNOVATIVE LEARNING ACTIVITY FOR ALUMNI AMEB ASSOCIATION MEMBERS	1.36
Ostojić, R., Bricman, B., Spasić, Ž. KOPA ERP U INFORMACIONOJ INTEGRACIJI PROIZVODNOG PREDUZEĆA	1.41
Lapčević, N., Spasić, Ž. PRIMERI INFORMACIONE INTEGRACIJE U PREDUZEĆU INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA	1.46
Paunović, D., Čolović, G., Savanović, G., Radojević, Z. CIM KONCEPT KAO PREDUSLOV ZA VIRTUALNO PROJEKTOVANJE ODEVNIH PROIZVODA	1.53
Milanović, D., Tadić, D., Misita, M. IZBOR MAŠINE ZA OBRADU MAŠINSKOG DELA PRIMENOM SOFTVERA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU	1.58
Tomašević, I., Simeunović, B., Stojanović, D. IMPLEMENTACIJA RAČUNARSKI INTEGRISANE PROIZVODNJE U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA	1.64
Mičić, D., SPASIĆ, Ž. POSLOVNE PERFORMANSE I UPRAVLJANJE TROŠKOVIMA PREDUZEĆA INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA	1.70
Markov, B. POVEĆANJE EFEKTIVNOSTI PRIMENE NAUČNIH DOSTIGNUĆA UVOĐENJEM PETOG VIDA U NI DELATNOST	1.75
Gerasimović, M., Jakovljević, J. ISPITIVANJE POTREBA RADA U OBLASTI MEHATRONIKE NA SREDNJOŠKOLSKOM NIVOU	1.81

[**← NAZAD**](#)

P.B. Petrović¹, P. H. Petrov², B. Ilić³, Ž. Spasić¹, M. Pilipović¹,
Ž. Jakovljević¹ i K. Kostadinov²

REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEDJUNARODNOM TRŽIŠTU – REKAPITULACIJA UKUPNIH REZULTATA NA PROJEKTU TR-6362A

Rezime

U uvodnom delu ovog rada izloženi su organizacija, osnovni sadržaj planiranih istraživanja i ciljevi na projektu TR-6362A koji su zajednički realizovali Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Trayal Korporacija iz Kruševca i Informatika A.D. iz Beograda. Dalje se detaljno navode ključni rezultati projekta ostvareni u trogodišnjem istraživačkom periodu koji su realizovani sa globalnim ciljem sistematskog unapređenja stanja izabranih proizvodnih resursa Trayal korporacije za domen mehaničke prerade elastomera, upravljanja proizvodnjom i praćenja kvaliteta proizvoda. Pored toga u radu se navode i neka opšta zapažanja vezana za stanje Trayal korporacije i faze kroz koje je prolazila u procesu svojinske transformacije. Na kraju, navode se dalje perspektive praktične primene ostvarenih rezultata i mogućnosti nastavka saradnje po ovom osnovu u narednom periodu.

1. UVOD

Projekat TR-6362A⁴ je trogodišnji projekat koji je u sklopu projekata tehnološkog razvoja Republike Srbije finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije za period 2005-2007. godina. Na ovom projektu su učestvovali Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, u svojstvu nosioca istraživačko-razvojnih aktivnosti i koordinatora projekta, Trayal Korporacija iz Kruševca, Fabrika teretne i industrijske pneumatike, kao korisnik istraživanja i Informatika AD iz Beograda, u svojstvu korisnika istraživanja i tehnološke podrške u delu informacionih tehnologija za oblast automatizacije proizvodnih procesa i poslovanja. Projekat je tako komponovan da u minimalnom obimu sadrži sve ključne elemente modela jednog savremenog istraživačkog projekta, kakav se primenjuje u Evropskoj uniji, a posebno u okviru FP6 i dolazećeg FP7 programa. Konzorcijum sadrži jednu istraživačko-razvojnu instituciju koja je locirana u edukacionom segmentu, jednu veliku korporaciju koja poseduje potrebne kvantitativne resurse za značajna tehnološka istraživanja i implementaciju, i jednu kompaniju iz domena malih i srednjih preduzeća, koja je po pravilu pokretač inovacionih aktivnosti u domenu novih tehnologija. Projekat pored konzorcijuma, poseduje i Poslovnu interesnu grupu, koju čini klaster kompanija iz oblasti koje direktno ili indirektno gravitiraju tematskim ciljevima projekta i koje su u poslovnom smislu

¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Prof. dr Žarko Spasić, Prof. dr Miroslav Pilipović, Mr. Živana Jakovljević, Kosta Herman, dipl. ing., Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu

² Petar Petrov, generalni direktor, Trayal korporacija, Kruševac, Miloša Obilića bb.

³ Biserka Ilić, dipl. ing., Informatika AD, Beograd, Jevrejska 32, beca@infopl.net.

⁴ U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja koja se sprovode na projektu TR-6362A: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju podizanja konkurentnosti Trayal korporacije na međunarodnom tržištu, koji finansijski podržava Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

zainteresovane za rezultate projekta kao budući korisnici, ili kao tehnološka baza za praktičnu realizaciju istraživačkih i demonstracionih aktivnosti.

U cilju postizanja efikasne komunikacije između članica konzorcijuma, i u cilju obaveštavanja stručne javnosti o rezultatima i aktivnostima projekta, kao i različitim oblicima diseminacije rezultata projekta, koristi se Internet kao tehnička platforma, na kojoj je izgrađen sajt sa širokim spektrom servisa i modula za razmenu informacija (www.master.mas.bg.ac.yu/tr6362).

2. SADRŽAJ PROJEKTA, CILJEVI I PLANIRANI REZULTATI

2.1 Sadržaj projekta

U skladu sa usvojenim planom realizacije, projektom su obuhvaćeni sledeći sadržaji koji su grupisani u tri međusobno spregnute celine [1]:

1. Razvoj metodologije za identifikaciju stanja i operativne raspoloživosti proizvodnih resursa TRAYAL Korporacije:

Razvijena metodologija omogućava sagledavanje stanja proizvodnih resursa na lokalnom nivou - nivo pojedinačnih mašina ili proizvodne linije, i sistemskom nivou - nivo proizvodnog pogona kao celine koja kao svoj izlaz ima konačni proizvod koji se plasira na tržište. U okviru ove metodologije sadržana je i "GAP" analiza, pomoću koje je identifikovana razlika između postojećeg stanja proizvodnih resursa i tehnoloških potreba uslovljenih marketinškom politikom TRAYAL Korporacije u delu poboljšanja konkurentnosti na međunarodnom tržištu. Razvijena metodologija je implementirana u okviru fabrike teretne i industrijske pneumatike. Ova fabrika je od posebnog značaja za poslovni sistem TRAYAL Korporacije zato što se deo proizvodne opreme koja njoj pripada (postrojenje za proizvodnju gumenih smeša i linija za kalandriranje) koristi i za potrebe drugih fabrika za proizvodnju pneumatika (radi se o kritičnoj opremi za ukupnu gumarsku proizvodnju TRAYAL Korporacije).

2. Identifikacija informacionih sadržaja i informacionih tokova na nivou proizvodnog pogona i njihova sprema ka višim poslovnim nivoima, sa posebnim fokusom na operativnu raspoloživost opreme i zastoje:

Izgradnja integralnog informacionog modela za praćenje stanja proizvodne opreme i procesa u realnom vremenu i off-line modela za dugoročnu analizu podataka i stvaranje pouzdanog informacionog sadržaja za donošenje strateških rukovodnih odluka u vođenju poslovnog sistema. U cilju praktične implementacije razvijenog sistema za informacionu integraciju proizvodnih resursa sprovedena su istraživanja u delu koncipiranja i razvoja specifičnih MMI interfejs modula, koji su instalirani na ključnim lokacijama u pogonu i preko kojih je ostvarena funkcija unosa podataka. Geografska razduženost opreme zahteva velike troškove u delu postavljanja komunikacionih linija. Taj problem je planirano da bude rešen primenom najnovijih tehnologija bežičnih komunikacija i umrežavanja računara. U cilju postizanja brzog i efikasnog uvida u trenutno stanje proizvodnih resursa, izgrađeni d-base modul je povezan sa razvijenim i implementiranom modulom za 3-d grafičku vizuelizaciju.

3. Revitalizacija kritičnih proizvodnih celina, tehnologije i mašina:

U skladu sa sprovedenom GAP analizom i identifikovanim prioritetima i potrebama participanata, a posebno TRAYAL korporacije sprovedene su obimne istraživačko razvojne aktivnosti po kritičnim tehnološkim celinama mehaničke prerade elastomera. Posebno se izdvajaju: 1) tehnologija ekstrudiranja i to u delu unapređenja linije za izradu protektora u okviru fabrike TRAYAL FTIP, koja je uključila modernizaciju ekstrudera ekstremno velikog kapaciteta (prečnik pužnog vretena D250) i unapređenje sistema za praćenje geometrije proizvedenog protektora, gde je postojeća tehnologija manuelne periodične kontrole projektovana da bude zamenjena najmodernijom tehnologijom visokorezolutnog kontinualnog skeniranja primenom laserskih senzora sa optičkom triangulacijom, 2) tehnologija kalandriranja, odnosno oslojavanja tekstilnih armirajućih vlakana (kord) elastomerom i upravljanje procesom kalandriranja primenom laserske trinagulacije, posebno za potrebe kompanije Informatika i njenog programa plasiranja ove tehnologije na tržište Ruske federacije; 3) tehnologija vulkanizacije, gde su sprovedena opsežna istraživanja u delu upravljanja vulkanizacionim presama sa aspekta automatskog vođenja procesa vulkanizacije i redukcije utroška energenata, što je jedan od kritičnih problema ove tehnologije, koja je u svojoj osnovi veliki potrošač

energije; U završnoj godini realizacije projekta preduzete su opsežne aktivnosti praktične implementacije razvijenog pristupa kroz izgradnju referentne instalacije modernizovane vulkanizacije prese u okviru fabrike putničkih pneumatika TRAYAL FAG; U delu informacione integracije sadržaj istraživanja je obuhvatio rešavanje problema prikupljanja podataka o stanju svake pojedinačne prese u realnom vremenu (operativno stanje i funkcionalno stanje) primenom posebno razvijenog mikroprocesorskog modula koji je sadržao dodatnu funkciju bežičnog umrežavanja u jedinstveni sistem lokalne računarske mreže proizvodnog pogona vulkanizacije. 4) Sledeći zahteve novog rukovodstva kompanije TRAYAL, u završnoj godini istraživanja sproveden je širok kompleks aktivnosti modernizacije tehnologije završne kontrole pneumatika koji se odnosi na ispitivanje uniformnosti, mehaničke i geometrijske, primenom nove generacije senzora za registrovanje kontaktne sile i laserskog beskontaktnog skeniranja gazeće i bočne površine pneumatika, direktno na liniji za proizvodnju (100% kontrola proizvoda, kao jedan od ultimativnih zahteva za plasman pneumatika na međunarodnom tržištu za potrebe prve ugradnje).

4. Edukacija:

Industrija i univerzitet su u aktivnoj interakciji u komunikacijama povezanom svetu kako bi zadovoljili svoje i obostrane potrebe u budućem proširenju granica obrazovanja novim modelima. Univerzitet ima potrebu da testira postavljene teorijske modele realnim i ažurnim informacijama dobijenim iz realnog proizvodnog okruženja, kao što je i industriji neophodna kvalitetna inovacija znanja kroz trening za nove radne sadržaje i metode u integraciji proizvodnih, informacionih i komunikacionih tehnologija kompanije. Sadržaj istraživanja koja su sprovedena na ovom projektu je inoviranje procesa obrazovanja zaposlenih u TRAYAL Korporaciji kroz niz periodičnih jednodневnih seminara po pažljivo izabranim temama koje slede realne potrebe TRAYAL-a i postavljene ciljeve tehnološkog unapređenja proizvodnih resursa TRAYAL korporacije, kroz multimedijске laboratorije i uspostavljene nove komunikacione veze između industrijskih pogona i fakulteta.

2.2 Cilj projekta

Osnovni cilj projekta je razvoj metodologije za sistematsko praćenje, revitalizaciju i informacionu integraciju proizvodnih resursa jedne velike kompanije u cilju podizanja njene tehnološke spremnosti za nastup na međunarodnom tržištu.

Istovremeno, cilj projekta je i korektivno reagovanje po kritičnim proizvodnim celinama u cilju direktnog uklanjanja smetnji za ostvarivanje konkurentskog nastupa kompanije TRAYAL i kompanije Informatika na međunarodnom tržištu. Ovim ciljem uključena je revitalizacija kritičnih proizvodnih celina, tehnologija i mašina.

Pored prethodno navedenih ciljeva, izdvaja se i cilj koji se odnosi na izgradnju mehanizama kojim se unapređuje sposobnost sredine da se menja, da usvaja nova znanja i da kroz tehnološke inovacije stvara i održava svoj prostor na tržištu. U tehnološkom smislu, ovakav mehanizam se može realizovati samo kroz tesnu spregu između naučno-istraživačkih institucija, a posebno Univerziteta kao nosioca funkcije edukacije i proizvodne kompanije. Ova komunikacija je dvosmerna i koevolutivna, tako da njen značaj prevazilazi potrebe konkretne kompanije i dolazi na nivo opšteg interesa ekonomije, istraživanja i obrazovanja.

2.3 Planirani rezultati

U kontekstu naučno-istraživačkih aktivnosti planirani rezultati su grupisani u sledeće celine:

1. Izgradnja opšte metodologije za sistematsku identifikaciju stanja proizvodnih resursa,
2. Postavka konceptualnog modela integracije proizvodnih informacionih tokova proizvodnih pogona u domenu industrije prerade elastomera,
3. Istraživanje specifičnih aspekata interakcije univerziteta i industrije (nove granice i modeli obrazovanja)

U delu istraživačko razvojnih aktivnosti planirani rezultati obuhvataju sprovođenje operativnih aktivnosti podizanja tehnološkog nivoa i raspoloživosti proizvodnih resursa, kroz unapređenje kritičnih tehnoloških celina i proizvodne opreme:

1. Modernizacija linije za izradu protektora Francish Shaw D250.

2. Razvoj i realizacija metrološkog i softverskog sistema za identifikaciju prostorne geometrije pužnog vretena primenom trodimenzionalnog kontaktnog skenera.
3. Razvoj analitičkog modela hidrodinamičkog tečenja pseudoviskoznog elastomera u zavojnom kanalu pužnog vretena ekstrudera za ekstrudiranje elastomera.
4. Reinženjering toplo hranjenog ekstrudera Francish Shaw D250 i njegovo prevođenje u multifunkcionalnu rekonfigurabilnu mašinu za ekstruziju smeša elastomera različitih reoloških svojstava.
5. Razvoj i realizacija laserskog sistema za skeniranje poprečnog preseka gumiranog tekstilnog korda.
6. Modernizacije podsistema vulkanizacione prese, posebno izgradnja sistema za merenje i upravljanje silom zatvaranja segmentnih alata.
7. Identifikacija stanja opreme za ispitivanje uniformnosti putničkih pneumatika i koncipiranje i razvoj
 - 1) novog senzorskog sistema za preciznu identifikaciju kontaktne sile u radijalnom i lateralnom pravcu i
 - 2) novog sistema za beskontaktno merenje geometrije gazeće i bočnih površina pneumatika u realnom vremenu, u završnoj sekvenci proizvodne linije za izradu putničkih pneumatika u okviru fabrike Traylor FAG.
8. Projektovanje i realizacija lasersko-induktivne merne stanice za kompaniju Informatika, novog proizvoda za plasman na inostranom tržištu.

Navedeni naučnoistraživački rezultati su međusobno povezani i u funkcionalnom smislu čine jednu integrisanu celinu sa jasno definisanim izlazima i praktičnom upotrebljivošću u proizvodnim pogonima TRAYAL-a i kompanije Informatika.

3. ORGANIZACIJA ISTRAŽIVAČKIH AKTIVNOSTI

Osnovni organizacioni okviri za realizaciju projekta su postavljeni tako da obezbede optimalnu efikasnost, komunikativnosti i desiminaciju rezultata. Sve istraživačko razvojne aktivnosti su grupisane u okviru modula, koji su međusobno spregnuti. Dalje se navodi pregled ovih modula, pri čemu se navode osnovni sadržaji i osnovni izlazi.

3.1 Deskripcija istraživačkih modula

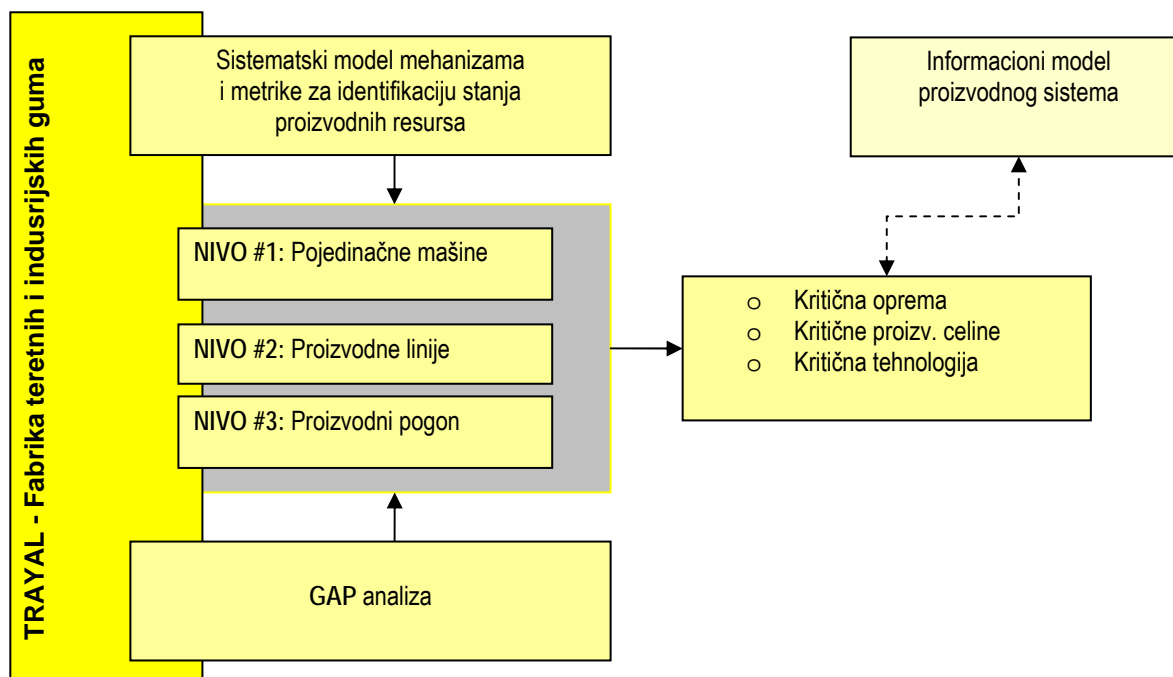
Modul 1: Posle dugogodišnje izolacije, srpske kompanije imaju velike probleme sa tehnološkom zastarelošću i vrlo često, nefunkcionalnošću i nepovezanošću postojećih proizvodnih resursa. Ekstenzivne razmere tehnološkog zaostajanja i ograničena sposobnost investiranja, nameću potrebu sistematskog sagledavanja stanja, kvantitativnu identifikaciju razlike između postojeće i potrebne tehnologije ('GAP' analiza) i identifikaciju kritičnih tehnoloških celina u kojima su neophodne intervencije u cilju podizanja ukupnog tehnološkog nivoa postojećih resursa i njihove raspoloživosti. Upravo je ovo problematika koja se na sistematski način obrađuje u Modulu 1 projekta TR-6362A. Slika 1 prikazuje osnovnu strukturu Modula 1. Izlaz ovog modula je sistematska metodologija za identifikaciju stanja i raspoloživosti proizvodne opreme. Implementacijom ovog modula prepoznate su dve kritične proizvodne celine u pogonu TRAYAL FTIP: linija protektora i pogon vulkanizacije; prepoznat je kao kritična oprema ekstruder Francis Shaw D250 koji ima takve tehničke probleme da se oni projektuju na celokupnu tehnologiju FTIP i stvaraju nedopustivo velike troškove po proizvodnju jedinične količine proizvoda. Generalno, tehnologija ekstruzije i tehnologija vulkanizacije su dve tehnologije koje se kao prioriteti moraju rešavati u TRAYAL korporaciji.

U skladu sa prethodim, u istraživačkoj 2005. godini preduzete su intenzivne aktivnosti na modernizaciji ekstrudera Francis Shaw D250 i linije za izradu protektora kojoj on pripada. Takođe u sklopu ovih aktivnosti razmatrani su i aspekti pripreme gumene smeše koja se dovodi na liniju ekstrudera u cilju ukupnog sagledavanja tehnologije izrade protektora kao jedne od kritičnih tehnoloških celina.

Tokom 2007. godine istraživanja su fokusirana na tehnologiju identifikacije kvaliteta pneumatika u okviru fabrike putničkih pneumatika TRAYAL FAG.

Modul 1 je u istraživačkom smislu povezan sa Modulom 2 u kome se razmatraju aspekti informacione integracije proizvodnih resursa TRAYAL FTIP.

Rezultati sprovedenih aktivnosti u okviru ovog modula su ekstenzivno pokriveni internim tehničkim izveštajima, procedurama i razvijenim specifičnim softverskim paketima za optimizaciju ekstrudera i identifikaciju stanja opreme primenom tehnike inverznog inženjerstva.



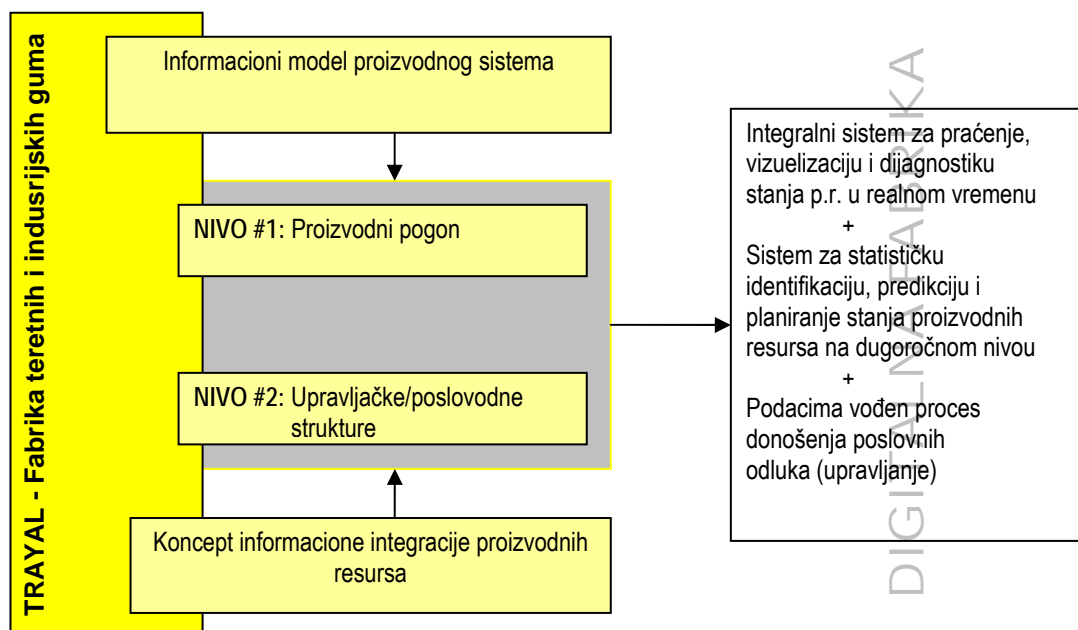
Slika 1: Modul 1 – struktura i ciljevi.

Modul 2: Ovaj modul je povezan sa izgradnjom kompleksnog informacionog sistema za praćenje stanja i sistematsku obradu informacija o proizvodnim resursima TRAYAL FTIP. Istraživačko razvojne aktivnosti se ovde protežu na nivo proizvodnog pogona i upravljačke/poslovne strukture FTIP i TRAYAL Korporacije u celini, povezujući funkciju proizvodnje i upravljanja na informacionom nivou. Ovaj modul poseduje kompleksne istraživačko razvojne ciljeve koji uključuju: 1) razvoj i implementaciju integralnog sistema za praćenje, vizuelizaciju i dijagnostiku proizvodne opreme u realnom vremenu (ovde se zahteva razvoj specifične hardverske opreme za prikupljanje podataka sa mašina i viših proizvodnih celina u realnom vremenu), 2) razvoj sistema za statističku identifikaciju, predikciju i planiranje stanja proizvodnih resursa FTIP na dugoročnom nivou i 3) podacima vođen proces donošenja poslovnih odluka. Realizacija ovog modula odnosi se na pogon vulkanizacije koji je kritičan sa aspekta operativnosti opreme i implikacija neažurnosti u reagovanju na promene stanja koje se drastično odražavaju na proizvodne kapacitete, konačni kvalitet proizvoda i utrošak energenata. U okviru 2005. godine započet je razvoj informacionog modela pogona FTIP. Tokom 2006. godine pokrenute su razvojne aktivnosti na izradi specijalnog 3-d grafičkog interfejsa i izradi namenskog hardvera za prikupljanje informacija o stanju i operativnim aktivnostima vulkanizacionih presa u realnom vremenu, koji po konceptu i tehničkim atributima gravitiraju konceptu 'digitalne fabrike'.

Modul 3: Ovaj modul je u organizacionom smislu direktno povezan sa modulima 1 i 2 i njegov sadržaj su neposredne korektivne akcije na kritičnoj opremi, koje su određene u skladu sa objektivnim tehnološkim stanjem i poslovnom politikom tehnološkog razvoja TRAYAL korporacije. U okviru ovog modula sprovedene su obimne istraživačko razvojne aktivnosti koje se obrazlažu u okviru poglavlja 2.1 a neke od njih detaljno opisuju u okviru poglavlja 3. Karakteristično je da je ovaj kompleks aktivnosti imao konkretne praktične realizacije i verifikaciju ostvarenih istraživačko razvojnih rezultata u realnom svetu proizvodnog pogona za segment industrije prerade elastomera. Posebno se naglašava da je jedan od ostvarenih rezultata u okviru modula 3 imao i svoju verifikaciju u okviru projekta kompanije Informatika sa jednom inostranom kompanijom iz domena industrije prerade elastomera, što se detaljno opisuje u narednim poglavljima.

Modul 4: U razvoju savremenog sistema obrazovanja, interakcija univerziteta i industrije kao važnih faktora razvoja društva je od posebnog značaja. Industrija i univerzitet su u aktivnoj interakciji u komunikacijama povezanom svetu kako bi zadovoljili svoje i obostrane potrebe u budućem proširenju granica obrazovanja novim modelima. Univerzitet ima potrebu da testira postavljene teorijske modele realnim i ažurnim

informacijama dobijenim iz realnog proizvodnog okruženja, kao što je i industriji neophodna kvalitetna inovacija znanja kroz trening za nove radne sadržaje i metode u integraciji proizvodnih, informacionih i komunikacionih tehnologija kompanije. U ovom kontekstu, predmet istraživanja u Modulu 4 su: 1) razvoj metodologije za identifikaciju raspoloživih znanja proizvodnih i rukovodnih struktura, 2) izgradnja mehanizama za njegovo kontinualno osavremenjavanje, posebno u kontekstu sticanja znanja za nove radne sadržaje, 3) definisanje integrisanog sistema obezbeđenja kvaliteta u proizvodnji i obrazovanju, 4) širenje rezultata Projekta na druge industrije i 5) sagledavanje uloge obrazovnih i istraživačkih institucija u jednom ovakvom procesu i veza sa Bolonjskom deklaracijom, Tempus projektom i Šestim okvirnim programom Evropske unije.



Slika 2: Modul 2 – struktura i ciljevi.

3.2 Pregled planiranih rezultata koji su ostvareni

Detaljnim planom razvojnih aktivnosti predviđeni su i realizovani sledeći istraživačko razvojni rezultati, koji se ovde grupišu u sledeće celine:

1. Revitalizacija tehnologije ekstruzije elastomera - aktivnosti sprovedene u okviru Fabrike teretne i industrijske pneumatike, uz ambiciju proširenja ovih aktivnosti na čitavu TRAYAL korporaciju posle okončanja projekta.
 - a. Matematički i simulacioni modeli međuzavisnosti procesnih parametara, kvaliteta proizvoda, produktivnosti i energetske efikasnosti u kontekstu izbora jedne od dva konkurentna tehnološka pristupa – tehnologija toplog i tehnologija hladnog hranjenja, koji paralelno egzistiraju u oblasti gumarstva, uz činjenicu da među vodećim svetskim proizvođačima pneumatika nema jasnog opredeljenja po ovom pitanju. Konačna odluka po ovom pitanju je prepuštena TRAYAL korporaciji.
 - b. Revitalizacija i sistemsko rešavanje problema na kritičnim proizvodnim linijama koje su prepoznate kroz sprovedenu sistematsku analizu. U kontekstu prethodnog sproveden je reinženjering ekstrudera Francis Shaw D250 kao ključne mašine za izradu protektorskih profila najvećeg preseka u okviru TRAYAL korporacije.
 - c. Koncipiranje i eksperimentalna verifikacija tehnologije laserskog skeniranja poprečnog preseka protektora u toku procesa njegove proizvodnje i stvaranje metrološke platforme za modernizaciju kompletne linije uvođenjem sistema automatskog upravljanja režimom ekstrudiranja i radom transportnog sistema na bazi ovih senzorskih informacija.

2. Izgradnja integrisanog sistema za dijagnostiku i kontinualno praćenje stanja proizvodne opreme pogona vulkanizacije u okviru Fabrike teretne i industrijske pneumatike TRAYAL FTIP.
 - a. Modernizacija sistema automatskog upravljanja procesom vulkanizacije na tipičnom reprezentu vulkanizacione prese u okviru FTIP.
 - b. Razvoj namenskog mikroprocesorskog sistema umrežavanja i akvizicije u okviru kompletnog pogona vulkanizacije FTIP za potrebe izgradnje SCADA sistema.
 - c. Razvoj 3-d digitalnog grafičkog modela pogona kao MMI podsistema za potrebe izgradnje SCADA sistema pogona vulkanizacije
 - d. Projektno rešenje modula informacionog sistema pogona vulkanizacije za praćenje stanja ukupne proizvodne opreme pogona vulkanizacije.
3. Razvoj i realizacija laserskog mernog sistema za merenje poprečnog preseka gumiranog tekstilnog koda na liniji za kalandriranje.

Ovaj sistem je u razvojnoj fazi testiran u laboratorijskim uslovima u okviru TRAYAL korporacije a zatim je projektovan i realizovan laserski merni sistem, koji je Informatika a.d. kao participant projekta instalirala u kompaniji AMTEL Volgograd, Ruska federacija tokom 2007. godine. On se trenutno nalazi u operativnom stanju - redovna proizvodnja koja se odvija u 3 smene. Laserskom tehnologijom zamenjena je klasična tehnologija bazirana na radioaktivnim senzorima, najčešće na bazi Stroncijuma ili veštačkih izvora X-zraka. U kontekstu ovog projekta Mašinski fakultet je dao značajan doprinos i u metodološkom smislu. Koncipirana je i razvijena originalna metoda za obradu signala koje generiše laserski senzor primenom karakterizacije površi skeniranog objekta i multirezolucijske analize za prepoznavanje procesnih parametara sadržanih u identifikovanoj spektralnoj strukturi.

4. Identifikacija stanja postojeće opreme za ispitivanje uniformnosti putničkih pneumatika u fabrici TRAYAL FAG i koncipiranje novog metrološkog sistema baziranog na novoj generaciji senzora sile i skeniranja geometrije primenom brzih laserskih profilometara.

Mehanička i geometrijska uniformnost pneumatika je kritičan parametar kvaliteta i savrmeni standardi u automobilskoj industriji zahtevaju 100% kontrolu proizvodnje po ovom parametru. Primenom nove generacije senzora sile baziranih na piezokeramičkim pretvaračima povećava osetljivost ukupnog mernog sistema na male varijacije signala kontaktne sile u radijalnom i posebno u lateralnom pravcu. Klasični pristup merenja geometrijske uniformnosti primenom kontaktnih senzora zamenjuje se laserskim profilometrima velike rezolucije i brzine merenja, izvedene iz nove CMOS tehnologije pretvaračkih elemenata i DSP tehnologije obrade merenih signala. Paralelno sa postavkom konceptualnih okvira izvršena su praktična merenja u cilju verifikacije postavljene tehnologije, koja su sprovedena na postojećoj opremi uz primenu novih softverskih rešenja za obradu merenih signala razvijenih u Matlab okruženju.

5. Kontinualna edukacija kroz jačanje sprege Univerzitet – Fabrika
 - a. Serija stalnih seminara posvećenih osavremenjavanju specifičnih znanja iz oblasti tehnologije prerade elastomera.
 - b. Primena savremenih multimedijalnih tehnologija i Internet tehnologija u edukaciji i osavremenjavanju znanja.
 - c. Razrada koncepta kontinualnog obrazovanja kao pokretača inovacione spremnosti kompanije .

3.3 Pregled rezultata koji nisu realizovani

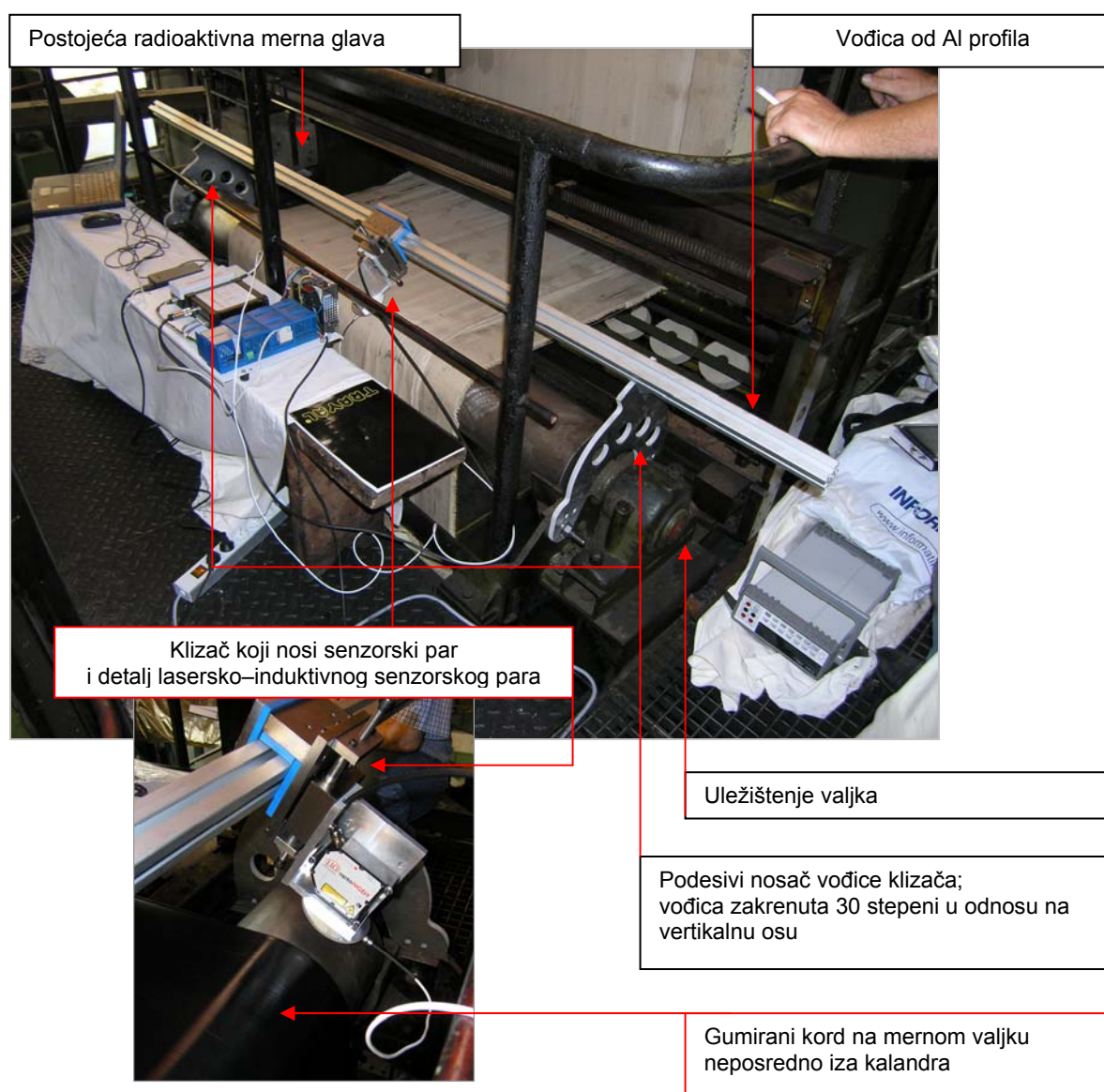
Generalno, može se konstatovati da su sve planirane aktivnosti na projektu u potpunosti realizovane.

Mada se realizacija projekta odvijala paralelno sa svojinskom transformacijom, nije došlo do odustajanja ključnog participanta od realizacije postavljenih zadataka. Dugogodišnja uspešna saradnja TRAYAL korporacije i Mašinskog fakulteta iz Beograda na velikom broju projekata koji su kao svoj konačni ishod imali praktične realizacije kojima je unapređivana tehnologija TRAYAL-a ili kojima su unapređivani postojeći ili stvarani novi proizvodi, doprinela je da se i u ovako delikatnim uslovima za jednu veliku kompaniju, realizacija projekta nesmetano odvija.

Razumevanje za realizaciju projekta istraživačkog tipa pokazalo je i novo rukovodstvo, posle okončanja privatizacije kompanije. Fleksibilnim odnosom, projektni tim Mašinskog fakulteta prilagodio je svoje aktivnosti novim prioritetima, koji su u svojoj suštini ostali identični inicijalnim. Novo rukovodstvo je svoju poslovnu politiku i intenzivna ulaganja u unapređenje tehnologije fokusiralo na segment putničke pneumatike, dok je proizvodnja teretne i industrijske pneumatike u okviru fabrike FTIP odložena za narednu fazu. Svi rezultati istraživanja postignuti u okviru konteksta koji je postojao u fabrici TRAYAL FTIP jednostavno je preveden u kontekst fabrike putničkih pneumatika TRAYAL FAG. Za projektni tim Mašinskog fakulteta posebno je bilo značajno da su se sa okončanjem svojinske transformacije povećala ulaganja, što je bila prilika za širu implementaciju istraživačkih rezultata postignutih na projektu TR6362. U ovom trenutku su u fazi ugovaranja ili pregovaranja nekoliko projekata koji će faktički nastaviti saradnju TRAYAL korporacije i Mašinskog fakulteta i u periodu posle formalnog okončanja projekta TR6362.

4. PRIMENA REZULTATA PROJEKTA

Rezultate projekta primenili su participanti Trayal korporacija i Informatika. Trayal korporacija je rezultate projekta implemtirala u svojim pogonima za podizanje tehnoloških nivoa i operativne spremnosti i ostvarivanje konkurentnosti na tržištu a Informatika a.d. za razvoj novog proizvoda i nastup na domaćem i inostranom tržištu. Ovde se detaljno prikazuju samo rezultati koji po svojim konačnim efektima imaju najveći značaj i koji su imali svoju praktičnu realizaciju i verifikaciju u realnim proizvodnim uslovima.



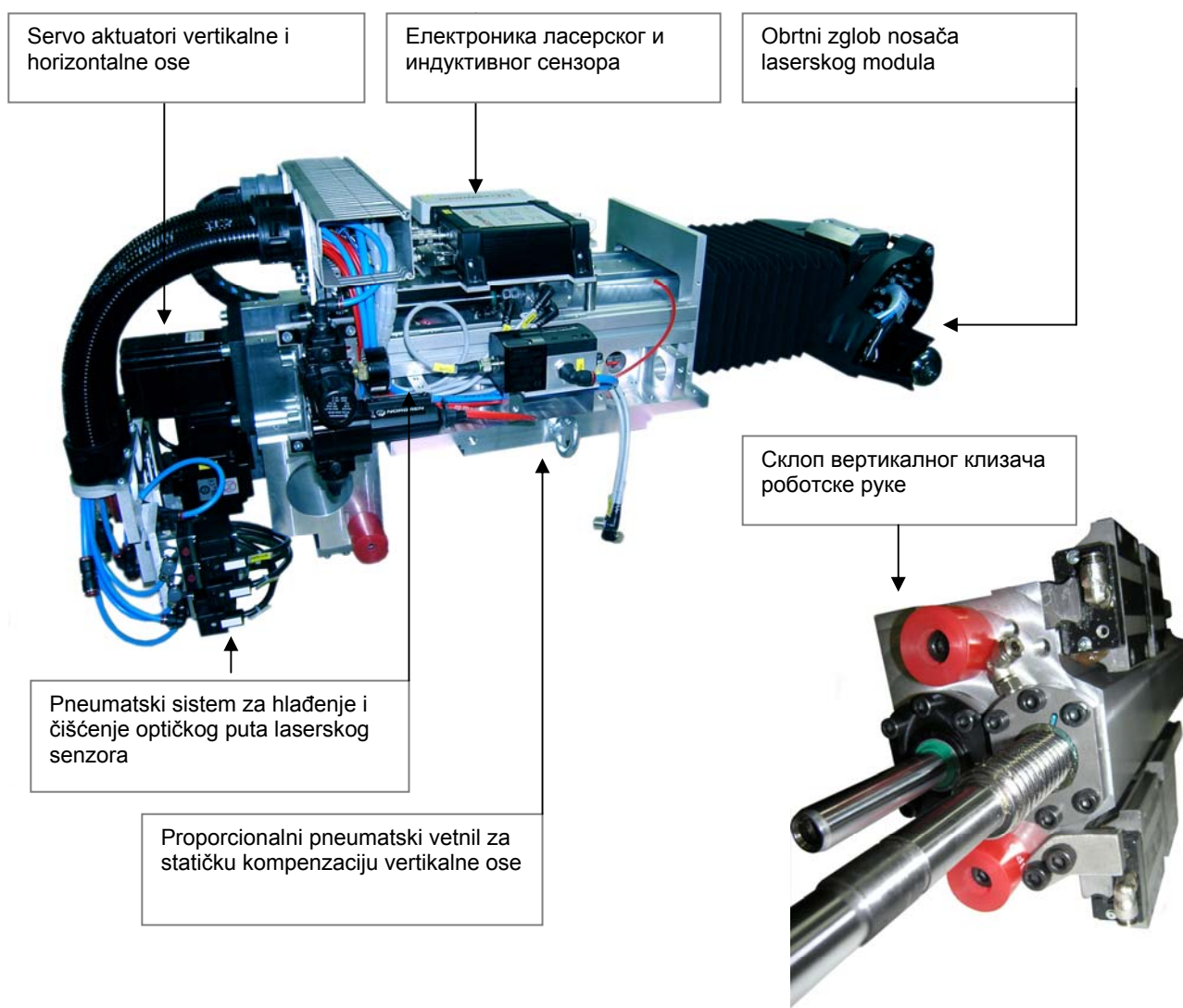
Slika 3: Test instalacija za eksperimentalna ispitivanja nove generacije lasersko-induktivnih mernih modula razvijenih za projekat AMTEL – Voltair, realizovano u okviru TRAYAL FTIP.

4.1 Laserska merna stanica za skeniranje geometrije profila poprečnog preseka kalandriranog tekstilnog korda

Posebno značajan rezultat projekta je laserska merna stanica [2] koja je u svetskim razmerama vrhunsko dostignuće jer zamenjuje danas preovlađujuću tehnologiju baziranu na pretvaračima sa radioaktivnim izvorom zračenja. Ovaj rezultat je implementiran na prestižnom tržištu Ruske federacije u konkurenciji vodećih svetskih kompanija kao što su Berstorf i Honeywell. Nosilac projekta implementacije ovog rezultata je participant kompanija Informatika a.d.

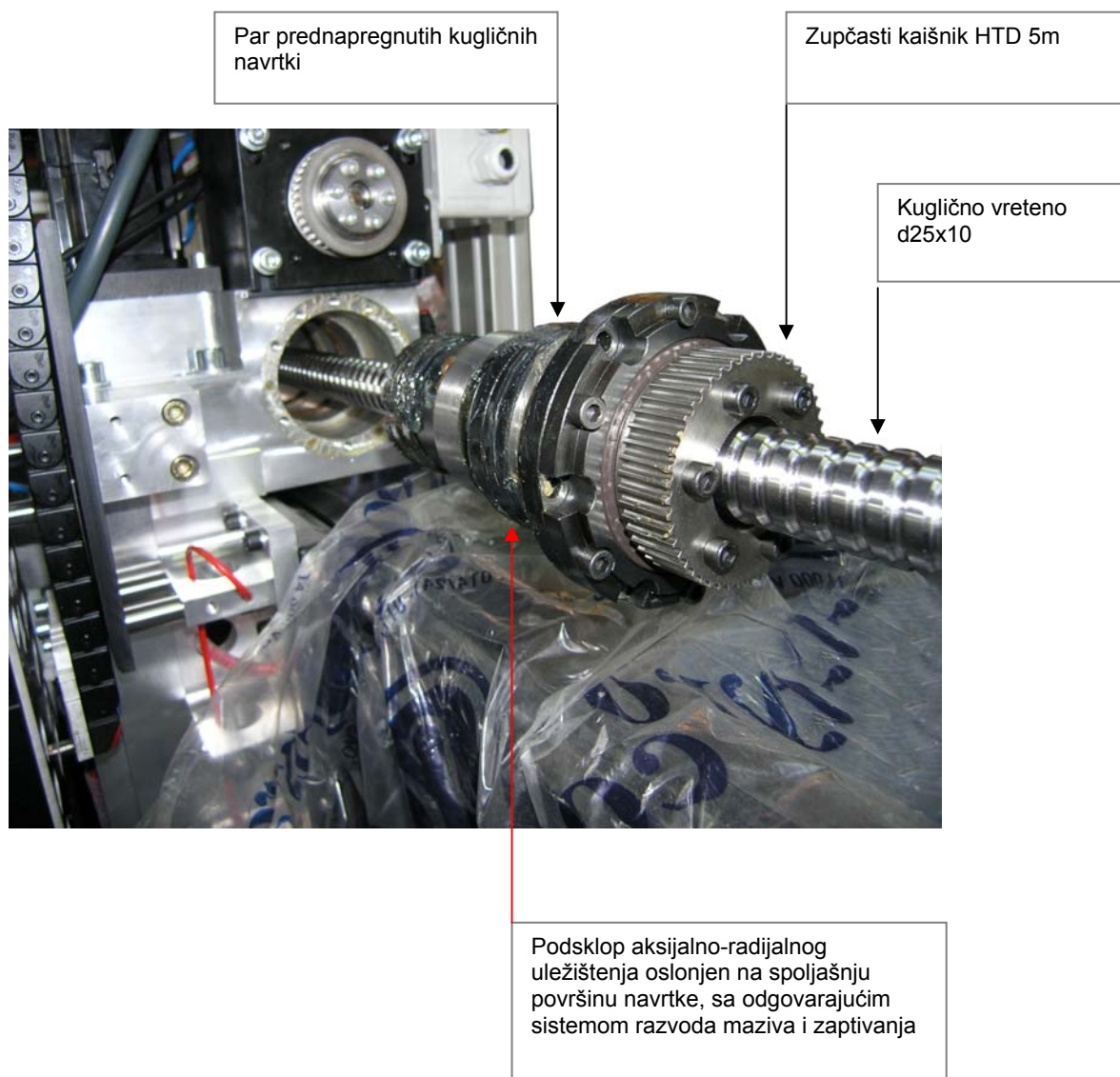
Na slici 3 je prikazana test instalacija lasersko-induktivnog mernog sistema razvijenog i instalisanog za potrebe eksperimentisanja na kalandru francuskog proizvođača Repiquet u TRAYAL korporaciji.

U drugoj polovini 2006. godine pokrenute su intenzivne razvojne aktivnosti koje su za svoj konačni rezultat imale proizvod – lasersku mernu stanicu, koja je isporučena partneru u Rusiji decembra 2006. godine. Na Mašinskom fakultetu su sprovedena kritična ispitivanja funkcije pretvaračkog sistema, koncipiranje ukupnog sistema merne stanice, projektovanje mehaničkog, a u Zavodu za mašine alatke izrađene su kritične komponente robotske ruke, montaža i provera njene funkcije. Na slici 4 su prikazane fotografije delova podsklopa robotske ruke i robotska ruka u celini. Robotska ruka poseduje dve servo ose, precizno vođene prednapregnutim sistemom linearnih ležajeva. Merni modul se hladi i štiti od kontaminacije komprimovanim vazduhom. Takođe, pneumatika je preko odgovarajućeg servo-ventila iskorišćena za kompenzaciju statičke komponente opterećenja vertikalne ose.



Slika 4: Fotografije robotske ruke razvijene i proizvedene na Mašinskom fakultetu za potrebe laserske merne stanice koja je ugrađena na liniji za gumiranje tekstilnog korda AMTEL Voltair, Volgograd, Rusija. Korisnik rezultata kompanija Informatika a.d. Beograd.

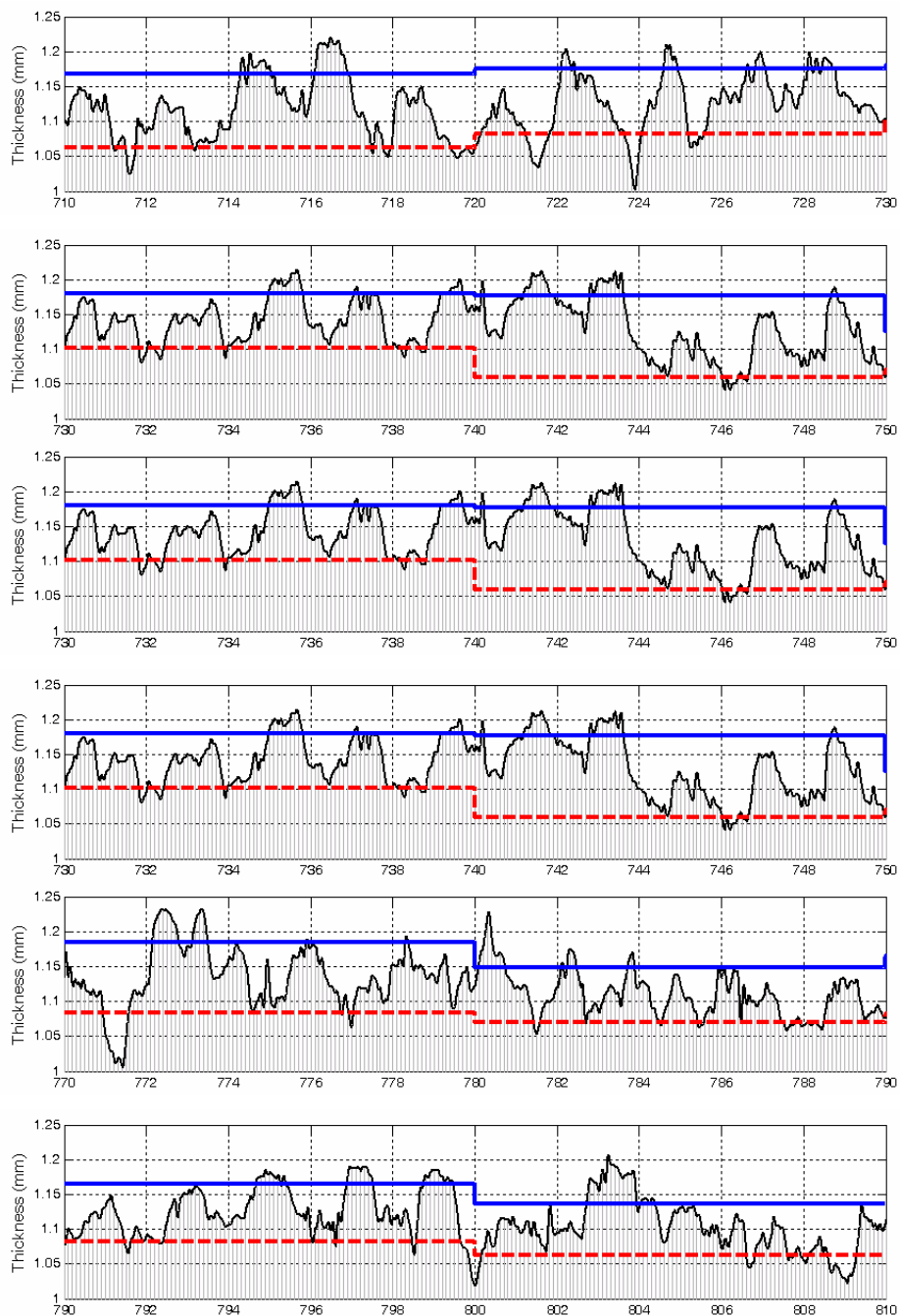
Za potrebe ove merne stanice, razvijeno je vreteno sa obrtnom i aksijalno uležištenom kugličnom navrtkom. Ovakvim rešenjem omogućena je primena vretena malog prečnika, do 32 mm, u uslovima dugog radnog hoda horizontalne ose, ukupna dužina vretena 2550mm, i nominalnim brojem obrtaja pogonskog motora $n = 3000 \text{ min}^{-1}$. Ovo vreteno vrhunskih tehničkih performansi je proizvedeno u pogonima domaće industrije FRA Čačak po dokumentaciji Mašinskog fakulteta.



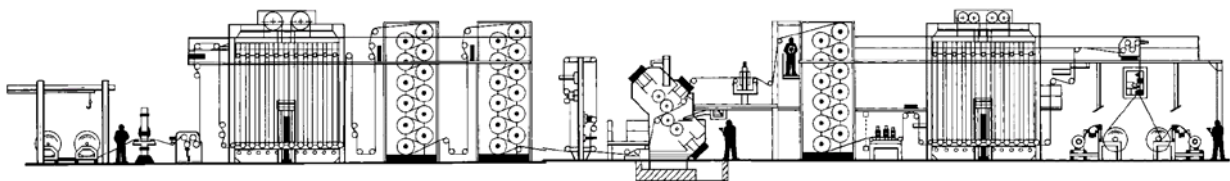
Slika 5: Detalj ugradnje specijalnog rešenja kugličnog vretena za pogon horizontalne ose robotske ruke (proizvedeno u FRA Čačak po dokumentaciji Mašinskog fakulteta).

Konačni rezultat je kontinualno skenirani profil gumiranog tekstilnog korda dobijen na realnom postrojenju u realnom vremenu (u toku procesa kalandriranja). Za razliku od konvencionalnih rešenja koja su bazirana na primeni senzora sa detekcijom apsorbiranog radioaktivnog zračenja, u ovom slučaju se pored izračunate debljine dobija informacija i o teksturi proizvoda visoke rezolucije. Posebne metode bazirane na statističkoj karakterizaciji površi proizvoda razvijene su za potrebe identifikacije ključnih procesnih parametara rada kalandarske linije. Primer skenirane površine gumiranog korda dobijene novim mernim sistemom baziranim na laserskoj tehnologiji prikazan je na slici 6.

Konfiguracija linije za kalandriranje tekstilnog korda na kojoj je instalirana merna stanica prikazana je na slici 7.



Slika 6: Primer skenirane površine gumiranog tekstilnog korda dobijenog na laserskom mernom sistemu instaliranom na liniji za kalandriranje gumiranog korda u kompaniji AMTEL Voltair Volgograd, Ruska federacija (mart 2007. godine). Visokorezolutni senzor skenira teksturu gumiranog korda sa 10.000 uzoraka u sekundi.



Slika 7: Konfiguracija linije za kalandriranje na kojoj je instalirana merna stanica.

4.2 Modernizacija tehnološke linije za ekstrudiranje protektora Francis Shaw D250

U kontekstu kompleksa aktivnosti na unapređenju tehnologije izrade protektora sprovedena su ekstenzivna teorijska istraživanja procesa ekstrudiranja i iz toga je dalje ishodovala modernizacija tehnologije ekstrudiranja koja je izvedena na ekstruderu Francis Shaw D250 [3].

Na slici 8 i 9 prikazan je ekstruder u demontiranom stanju, detalji oštećenja radnih površina pužnog vretena i radnog cilindra, kao i postupak snimanja geometrije pužnog vretena 3-d skenerom. Uočljiva su intenzivna razaranja vrhova rebara zavojnica, koja su nastala kao posledica neposrednog metalnog kontakta između radnog cilindra, ili posrednog kontakta, kada su u zazor zahvaćeni manji komadi metalnih delova kojima se često kontaminira nevulkanizovana smesa elastomera (plastične deformacije i krti lom). Takođe, u korenoj zoni kanala, uočljivi su tragovi pitting erozije, koja je nastala u kombinaciji dejstva visokog pritiska i abrazivnih aditiva (čad i slično), koji se normalno dodaju smesi za izradu protektora.

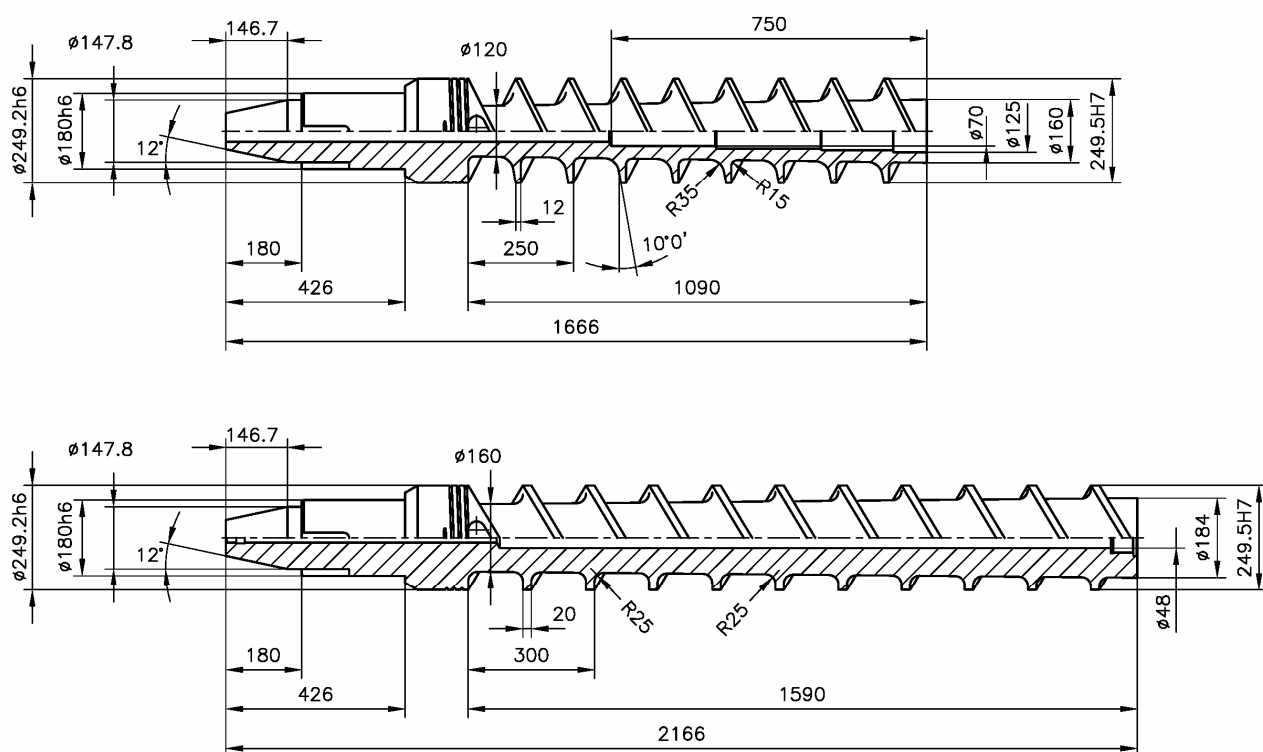
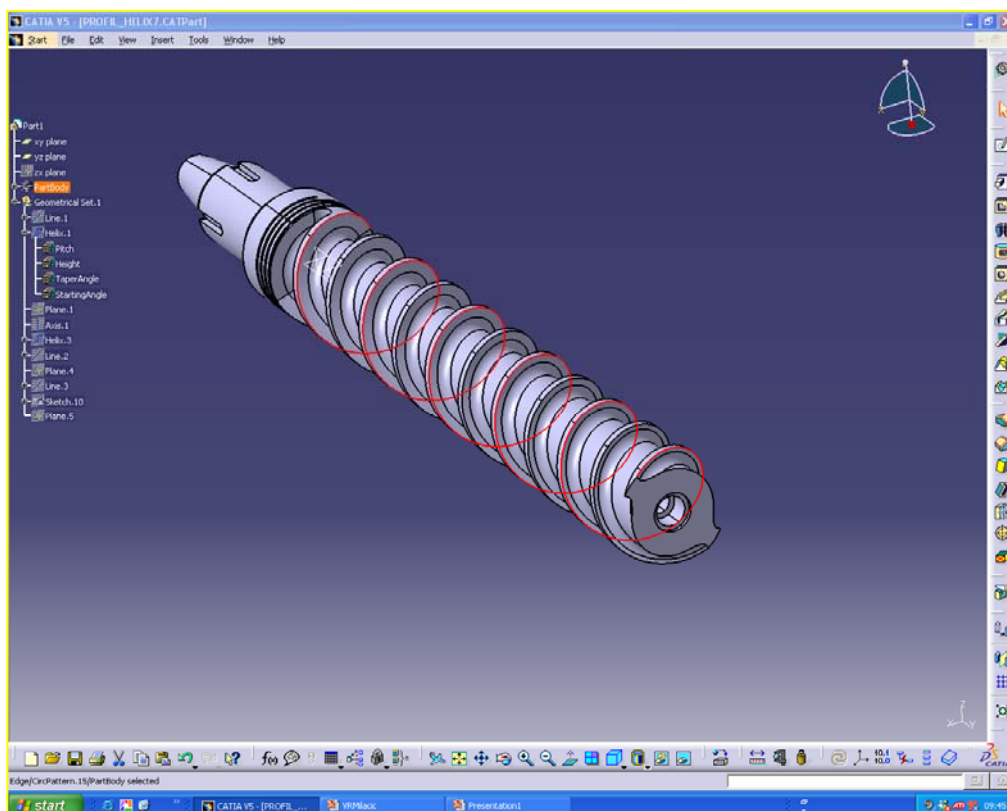


Slika 8: Detalji iz faze identifikacije stanja ekstrudera Francis Shaw D250. U pitanju je ekstruder ekstremno velikog kapaciteta, koji predstavlja jednu od ključnih mašina u okviru TRAYAL korporacije za segment tehnologije esktruzije elastomera. Ekstremni režimi rada i naprezanja materijala doveli su do drastičnog degradiranja radne geometrije, što je za dalju posledicu imalo prekomerno povećanje radne temperature i značajnu degradaciju kvaliteta proizvoda.



Slika 9: Detalji iz faze identifikacije geometrije pužnog vretena gde je razvijena i primenjena nova metoda bazirana na trodimenzionalnom skeniranju. Vreteno ekstremnih dimenzija, mase oko 1000 kg i kompleksne prostorne geometrije skenira se primenom digitalnog prostornog kontaktnog skenera sa tačnošću na nivou stotog dela milimetra uz odgovarajuću obradu merenih podataka specijalno razvijenim softverom sa statističkom geometrijskom kompenzacijom greške.

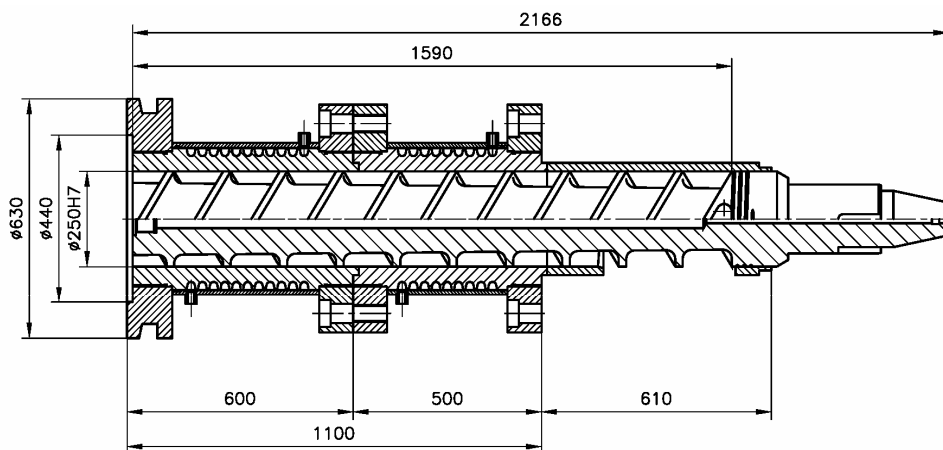
Primenom razvijenog sistema za modeliranje i simulaciju toka elastomera u zavojnom kanalu pužnog vretena razvijano je novo pužno vreteno sa geometrijom koja obezbeđuje minimalnu temperaturnu disipaciju. Rešenje novog pužnog vretena je prikazano na slici 10. Novo pužno vreteno je značajno kraće, kanal je izveden sa značajno većom dubinom, korak je sa 300mm redukovan na 250mm, širina rebara zavojnice je na vrhu redukovana sa 20 na 12mm, u cilju obezbeđenja nosivosti na savijanje pasivna strana rebara je zakošena pod uglom od 10° . Da bi se obezbedila povećana potisna komponenta i manji otpori kretanja elastomera u pasivnoj zoni zavojnog kanala, modifikovani su koreni radijusi. Povećanje korenih radijusa ima uticaj i na ukupno poboljšanje uslova prelaza toplote sa elastomera na pužno vreteno. Da bi se prenos toplote učinio što efikasnijim (idealni ekstruder ima 'hladno' vreteno i 'topao' radni cilindar), otvor za hlađenje je izveden sa maksimalnim prečnikom, posebno u zoni doziranja.



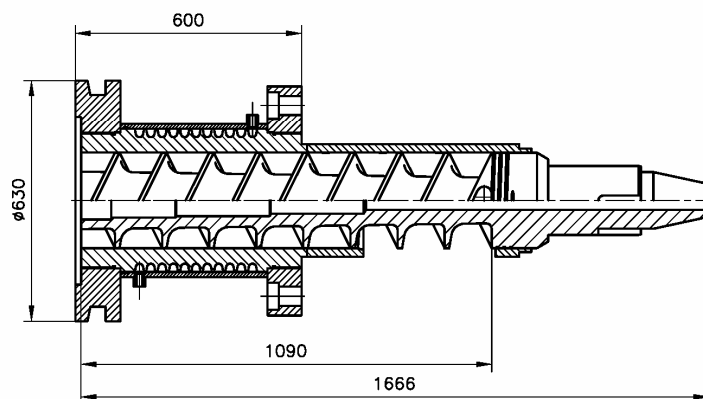
Slika 10: Rekonstrukcija pužnog vretena i razvoj novog visokoproduktivnog vretena sa redukovanom termičkom disipacijom. Trodimenzionalni model (gore), novo vreteno (sredina) i postojeće vreteno (dole).

Daljim razvojem koncipirano je i razrađeno novo rešenje rekonfigurabilnog ekstrudera koji kroz izmenljivost pužnog vretena i radnog cilindra obezbeđuje tehnološku fleksibilnost mašine sa aspekta varijantnih reoloških svojstava smeše elastomera koja se ekstrudira na liniji za proizvodnju protektora. Ovo rešenje prikazano je na slici 11.

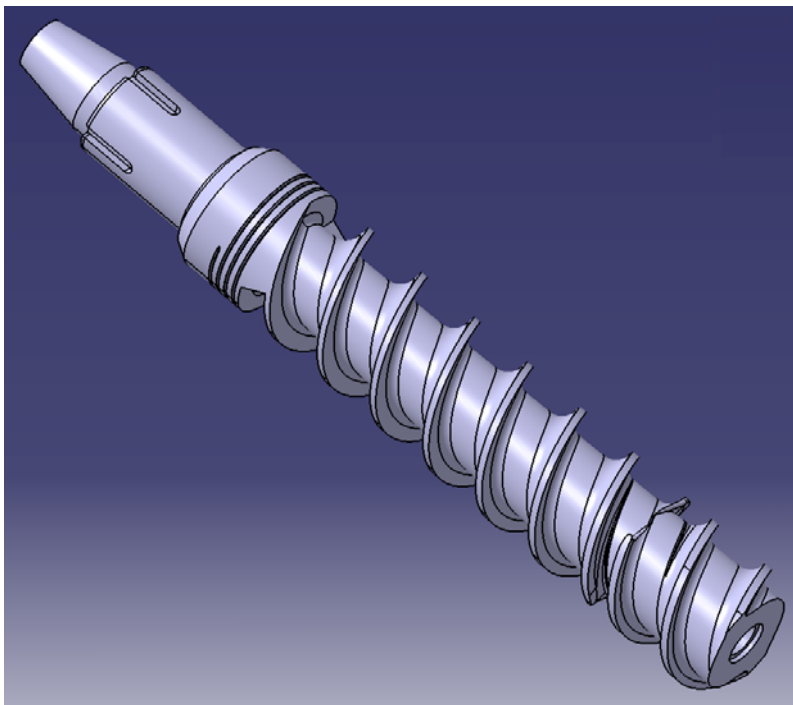
Konfiguracija 1
mašina za smeše
male viskoznosti i
velikog otpora glave
za istiskivanje



Konfiguracija 2
mašina za smeše
velike viskoznosti i
umerenog otpora
glave za istiskivanje

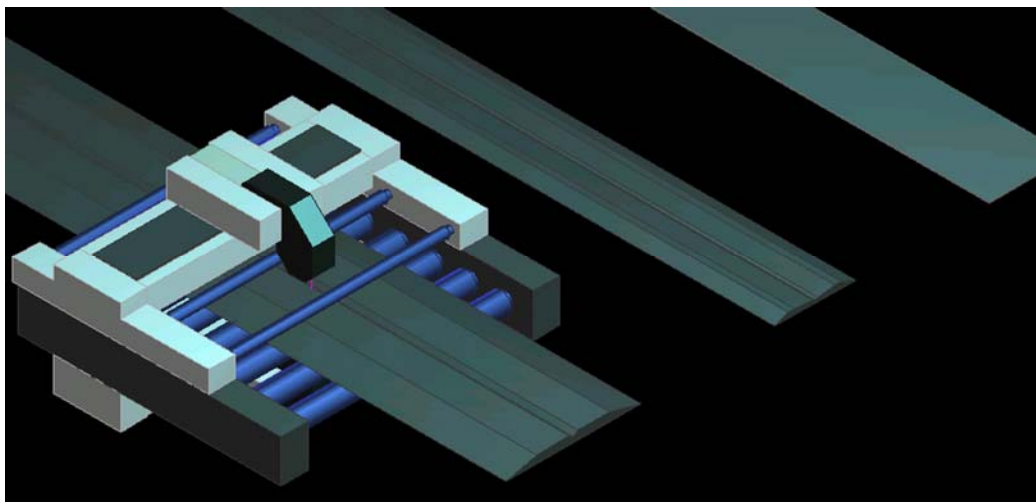


Slika 11: Koncept rekonfigurabilnog ekstrudera razvijenog u okviru projekta TR 6362 sa brzoizmenljivim sklopom pužnog vretena i radnog cilindra - originalan koncept koji je spreman za primenu u TRAYAL korporaciji.



Slika 12: Novi koncept geometrije pužnog vretena sa pretokom između dva zavojna kanala u završnoj zoni generisanja visokog pritiska koji je uveden u cilju destrukcije pasivnog jezgra elastomera zarobljenog laminarnim slojem prilepljenim za zidove zavojnog kanala. Formiranje turbulentne zone na izlazu drastično unapređuje temperaturnu i strukturnu homogenost smeše i njenu plastičnost, što ima drastičan efekat na obradljivost tečnog elastomera i samim tim i na tačnost ostvarene geometrije proizvedenog protektora. Tehnologija spremna za primenu.

U cilju praćenja geometrije poprečnog preseka proizvedenog protektora, što je jedna od ključnih karakteristika kvaliteta, koncipirana je laserska merna stanica za skeniranje geometrije profila protektora primenom dva visokorezolutna laserska senzora sa optičkom triangulacijom, konfigurisanih u formi diferencijalnog mernog para. Ovakva tehnologija je u skladu sa najsavremenijom tehnologijom koja se u ovom trenutku uvodi kod najvećih svetskih proizvođača pneumatika i kod nas predstavlja potpunu novost. Ona zamenjuje tradicionalne metode manuelne kontrole širine proizvedenog protektora. Koncept ovog mernog sistema je verifikovan u laboratorijskim uslovima i nudi se participantima, TRAYAL korporaciji i Informatici a.d. kao tehničko rešenje i nova tehnologija za primenu u okviru njihovog poslovno/proizvodnog sistema. Ovaj sistem je prikazan na slici 13.



Slika 13: Koncept laserske merne stanice za merenje geometrije poprečnog preseka protektora prilagođen za ugradnju na liniji Francis Shaw D250 u okviru TRAYAL korporacije. Dva visokorezolutna laserska proksimetra u diferencijalnom paru skeniraju geometriju profila sa mikronskom rezolucijom. Drastični tehnološki skok u odnosu na postojeće stanje manuelne provere geometrije [4].

4.3 Integrirani sistem za praćenje stanja i dijagnostiku proizvodne opreme u pogonu vulkanizacije TRAYAL FTIP

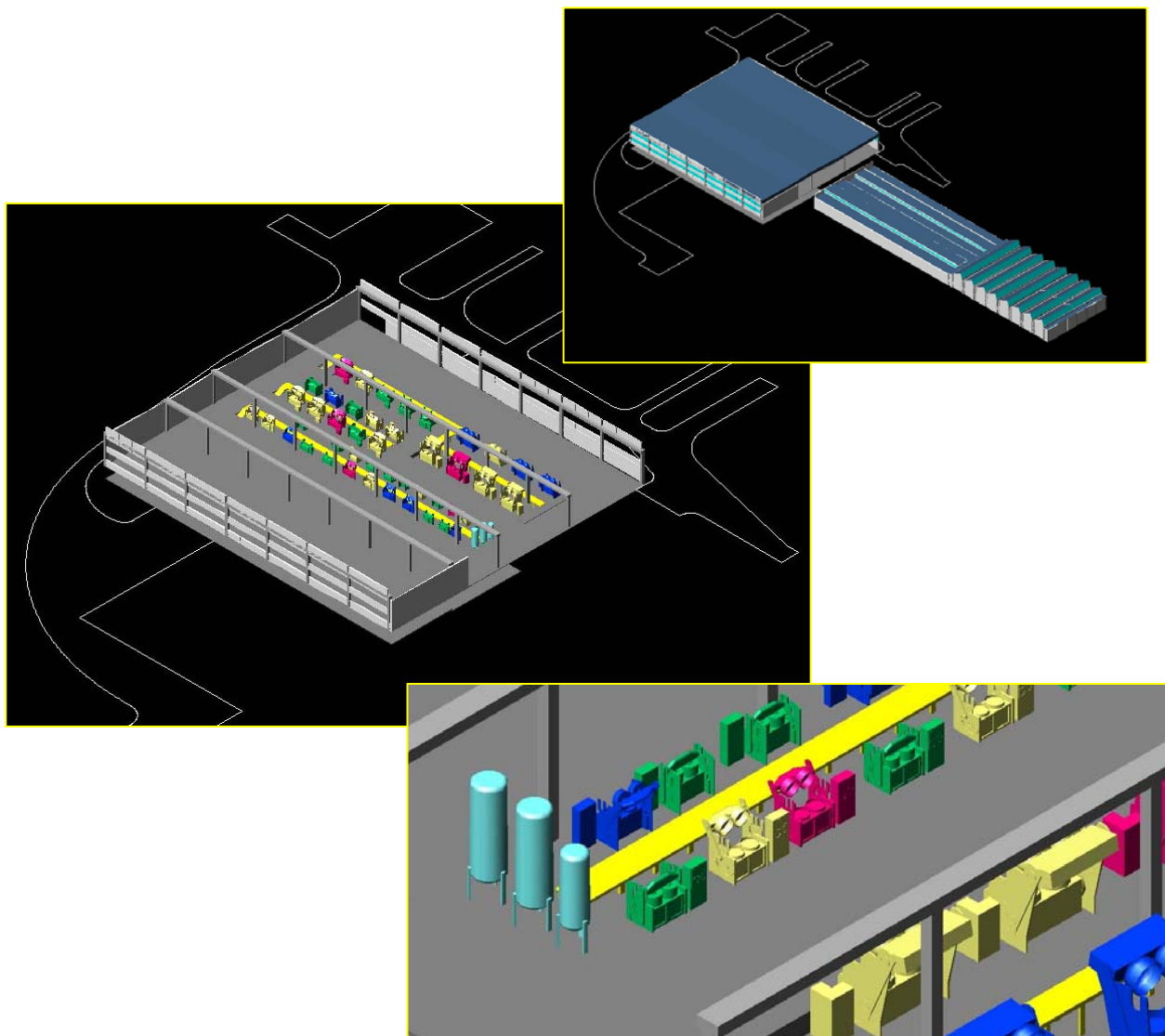
U domenu tehnologija vulkanizacije, kao jedne od ključnih tehnologija prerade elastomera, sprovedena su opsežna istraživanja u delu upravljanja vulkanizacionim presama sa aspekta automatskog vođenja procesa vulkanizacije i redukcije utroška energenata, što je jedan od kritičnih problema ove tehnologije, koja je u svojoj osnovi veliki potrošač energije.

Ključni rezultat je digitalizacija kompletnog pogona vulkanizacije koja je obuhvatila digitalizaciju opreme (vulkanizacione prese, sistem transporta i sistem razvoda energenata) i digitalizaciju fizičkog prostora u kome je smeštena prethodno navedena proizvodna oprema.

Digitalni model proizvodnog pogona je realizovan u okviru AutoCAD razvojnog okruženja korišćenjem standardnih grafičkih funkcija i specijalno razvijenih modula korišćenjem AutoLISP programskog jezika [5]. Posebno bitna odlika ovog originalnog pristupa je suštinska dinamička priroda razvijenog grafičkog interfejsa. Sva proizvodna oprema i prostor u kome je ona smeštena su modelirani kao trodimenzionalni objekti. Ovi trodimenzionalni objekti su parametrizovani što dalje omogućava njihovu promenu prema potrebama nekog hijerarhijski nadređenog sistema. Uspostavljanjem sprege sa bazom podataka u kojoj se nalaze podaci prikupljeni u realnom vremenu, prema tekućem stanju proizvodne opreme, moguće je dinamičko prikazivanje kompletnog proizvodnog pogona, uključujući i funkcije uklanjanja pojedinih sadržaja ili ulazak u detalje, do proizvoljno izabranog nivoa. Razvijeni digitalni interfejs omogućava korisniku da se 'šeta' kroz proizvodni pogon u virtuelnom prostoru računara i da po želji pristupa određenoj proizvodnoj opremi. Izgled razvijenog MMI interfejsa naveden je na slici 14.

U delu informacione integracije sadržaj istraživanja je obuhvatio rešavanje problema prikupljanja podataka o stanju svake pojedinačne prese u realnom vremenu (operativno stanje i funkcionalno stanje mašina) primenom posebno razvijenog mikroprocesorskog modula koji je sadržao dodatnu funkciju bežičnog umrežavanja u jedinstveni sistem lokalne računarske mreže proizvodnog pogona vulkanizacije. Dinamičkom spregom informacionog sistema koji sadrži podatke o tekućem stanju proizvodne opreme i razvijenog 3-d MMI interfejsa omogućen je jednostavan prikaz trenutnog stanja proizvodne opreme. U cilju ostvarivanja

jednostavne komunikacije sa korisnikom iskorišćen je sistem signalizacije stanja opreme baziran na kolor kodu karakterističnih situacija.



Slika 14: Primer korisničkog ekrana razvijenog trodimenzionalnog MMI interfejsa za praćenje stanja proizvodne opreme u okviru pogona za vulkanizaciju teretne i industrijske pneumatike TRAYAL FTIP.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izložen je koncept, sadržaj i ciljevi istraživačkih aktivnosti na projektu TR-6362A koji zajednički realizovali Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Trayal korporacija i Inforamtika A.D. Projekat je realizovan u vrlo delikatnom trenutku svojinske transformacije Trayal korporacije. Ova transformacija je obeležena zastojeom svih investicionih aktivnosti u godini neposredno pre finalizacije tendera o privatizaciji. Posle polugodišnjeg perioda organizacione transformacije, period posle svojinske transformacije, efektivno od sredine 2007. godine, aktivirane su razvojne aktivnosti, posebno u delu konsolidacije tehnologije u okviru Fabrike putničkih pneumatika TRAYAL FAG. U tom kontekstu aktivnosti na projektu su intenzivirane, čime je omogućeno da se postavljeni ciljevi u potpunosti realizuju. Novi vlasnik TRAYAL korporacije pokazao je posebnu zainteresovanost za nastavak saradnje, sa prioritetima koji su uskladjeni sa novom poslovnom politikom, uključujući i saradnju u delu izgradnje novog proizvodnog pogona za udvostručenje proizvodnih kapaciteta u domenu proizvodnje putničkih pneumatika.

Reference:

- [1] Plan i program istraživanja na projektu TR-6362A, Interna projektna dokumentacija za 2005., 2006. 2007. godinu.

- [2] Tehnička dokumentacija laserske merne stanice za skeniranje gumiranog tekstilnog korda realizovana za potrebe automatizacije kalandarske linije u kompaniji AMTEL Voltair, Volgograd, Rusija, 2006.
- [3] Revitalizacija linije protektora Francis Shaw D250 – elaborat, Interna projektna dokumentacija za 2005. godinu.
- [4] Koncept laserske merne stanice za merenje geometrije poprečnog preseka protektora prilagođen za ugradnju na liniji Francis Shaw D250 u okviru TRAYAL korporacije, Interna tehnička dokumentacija, 2006.
- [5] Tehnička dokumentacije trodimenzionalnog MMI interfejsa za praćenje stanja proizvodne opreme u okviru pogona za vulkanizaciju teretne i industrijske pneumatike TRAYAL FTIP, 2005.

**REVITALISATION AND INFORMATION INTEGRATION OF PRODUCTION
RECOURSES AIMING THE UPGRADE OF THE COMPETENCE OF TRAYAL
CORPORATION ON INTERNATIONAL LEVEL – RECAPITULATION OF RESULTS
ON PROJECT TR-6362A**

Abstract

The introduction of this paper gives the organization, basic contents of the planned research and the goals of the TR 6362A project which is mutually carried out by Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade, Trayal Corporation, Krusevac and Informatika AD, Belgrade. Afterwards, the key results of the three year project are given in detail. These results have the global aim of systematic improvement of the state of the chosen production resources in Trayal corporation in the domain of mechanical production of elastomers and production and product quality control. Besides, this paper gives some general observations regarding the Trayal Corporation and the phases it was involved in during the process of ownership transformation. At the end, the further prospects of practical implementation of obtained results and the possibilities of the continued cooperation based on this results are given.

Z. Radosavljević¹**REINŽENJERING POSLOVNIH PROCESA PRIVATIZOVANIH FABRIKA
ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA - PRIMER ABS HOLDINGS****Rezime**

ABS Holdings je međunarodna kompanija koja objedinjuje više fabrika u oblasti metaloprerađivačke industrije, elektronike, elektroenergetskih sistema, postrojenja i opreme. Fabrike u okviru ABS Holdings-a razvijaju, projektuju i proizvode elektroenergetsku distributivnu opremu za blokove termo i hidrocentrala, realizuju projekte u oblasti industrijske automatizacije i elektroenergetskih procesa. Fabrike se nalaze u Rusiji i Srbiji, a kompanija ima svoje poslovne jedinice i u drugim zemljama Evrope, zemljama bivšim republikama Sovjetskog Saveza, Kini i na Bliskom istoku. U poslednje tri godine ABS Holdings je kupio Minel-ove fabrike u Srbiji koje se bave proizvodnjom elektroenergetskih postrojenja i sproveo programske i organizacione promene, reinženjering poslovnih procesa, na bazi prethodnih iskustava stečenih u tranzicionim procesima ruskih fabrika. U radu se iznose ostvareni rezultati i iskustva, koji su doveli do višestrukog povećanja obima proizvodnje, poboljšanja kvaliteta proizvoda i ostvarenog prihoda od 70 miliona USD u 2007.godini, sa izvozom 40% sopstvene proizvodnje.

Ključne reči: Reinženjering, poslovni procesi, revitalizacija proizvodnog sistema

1. UVOD

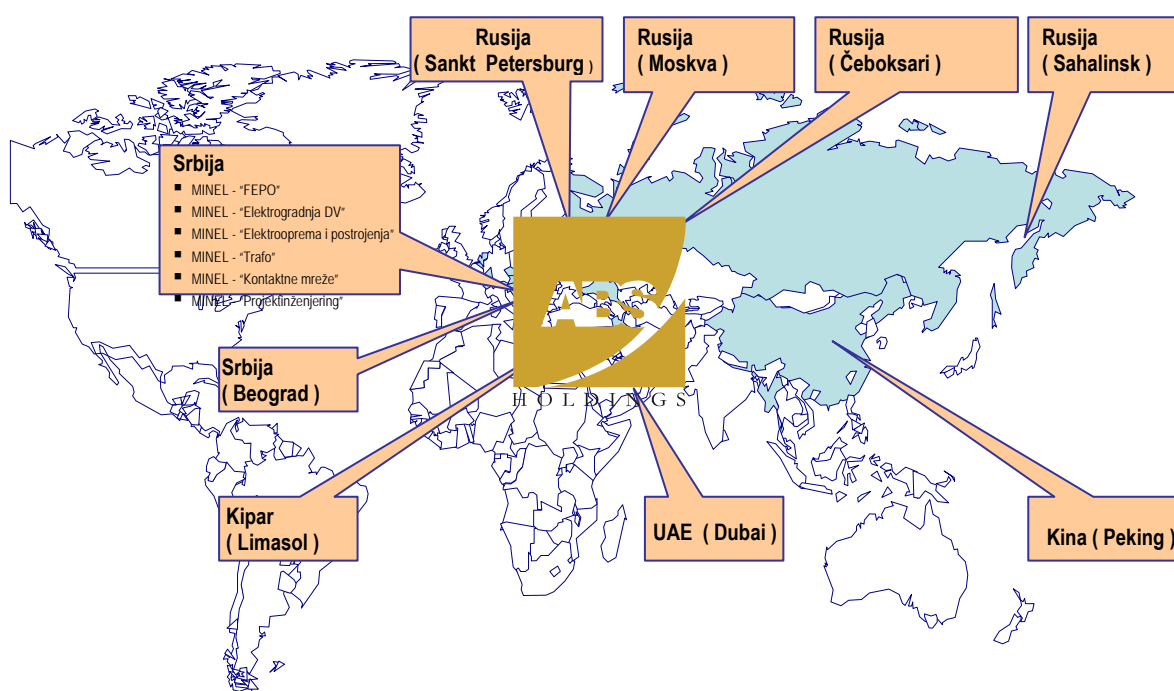
ABS Holdings je kupio grupu fabrika sa pedesetogodišnjom tradicijom i iskustvom u oblasti elektroenergetskih postrojenja i opreme i koje su ranije poslovale u sastavu Minel-a i bile orijentisane tržištu na prostorima bivše Jugoslavije. Od 2005.godine do danas ABS Holdings-a u svom sastavu ima sledeće fabrike i preduzeća (slika 1):

- ABS Minel Trafo - Mladenovac, fabrika uljnih i suvih distributivnih transformatora srednjih snaga,
- ABS Minel EOP - Ripanj, fabrika raznih vrsta rastavljača (diskonektora), kondenzatora i automatizovanih rasklopnih aparata (čelija) za trafostanice različitih naponskih nivoa,
- ABS Minel Fepo - Zrenjanin, fabrika šinskog razvoda, niskonaponskih postrojenja za trafostanice, izolatora, mernih i strujnih transformatora,
- ABS Minel Elektrogradnja i dalekovodi - Beograd, preduzeće za projektovanje i izgradnju dalekovoda i infrastrukturnih elektroenergetskih objekata,

¹ Mr Zoran Radosavljević, dipl.inž.maš., generalni direktor ABS Holdings, 11070 Beograd, Bulevar Zorana Djindjića 8a, tel. tel. +381 11 2016 370, e-mail: zradosavljevic@abs-beograd.co.yu.

- ABS Minel Kontaktne mreže - Beograd, preduzeće za projektovanje i izgradnju kontaktnih mreža na železnici i gradskim saobraćajnim električnim trasama,
- ABS Minel Projektinženjering - Beograd, preduzeće za projektovanje postrojenja elektrodistributivnih sistema i investicionih elektroenergetskih industrijskih objekata.

Privatizacijom ovih fabrika, bilo je neophodno izvršiti reinženjering poslovnih procesa (BPR - Business Process Reengineering) pojedinačno u svakoj od ovih fabrika a istovremeno izvršiti i integraciju proizvodnih procesa u jedinstven poslovni sistem. S obzirom na stanje u našem privrednom ambijentu periodu pred privatizaciju, sva ova preduzeća u Minelu su bila u veoma zapuštenoj situaciji po svim pitanjima poslovnog procesa. Zbog toga je većinu poslovnih procesa trebalo "započeti iz ponovnog početka" i učiniti pokušaj da se kompletne poslovne aktivnosti odvijaju na neki drugačiji i efikasniji način nego što se radilo do tada.



Slika 1. ABS Holdings - najveća srpska globalna kompanija u oblasti energetike

Reinženjering poslovnih procesa je obuhvatio temeljan i radikalan redizajn poslovnih procesa radi ostvarenja boljih rezultata rada, smanjenja troškova, visokih performansi kvaliteta proizvoda, efikasnosti i produktivnosti u proizvodnji i uslugama, kao i izlaska na ino tržišta i konkurentnosti sa vodećim svetskim proizvođačima (Siemens, ABB, Schneider Electric, Areva, itd.).

Reinženjering je proces koji je sproveden da bi se promenila organizacijska kultura, kreirali novi procesi, formirale nove strukture i ostvario veći opšti uspeh ABS Holdings-a, koja ima cilj da postane vodeća kompanija u regionu u svojoj delatnosti. Osnovne aktivnosti koje su sprovedene, odnose se na orijentaciju prema procesima, promena pristupa i uvođenje kreativnosti i inventivnosti u rešavanju problema, drastične promene u načinu realizacije određenih poslovnih aktivnosti, reorganizacija i redizajn poslovnih procesa i poslovna koncepcija na centralizaciji poslovnih funkcija (Core Business).

2. OPŠTE KARAKTERISTIKE INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA U USLOVIMA PRE PRIVATIZACIJE

Industrijska proizvodnja opreme i postrojenja se oslanja na investicioni program razvoja elektroprivrednog i elektrodistributivnog sistema kao najvažnijeg infrastrukturnog resursa privrede svake zemlje. U proteklih dve decenije cena električne energije je bila socijalna kategorija, privreda pod sankcijama a geopolitički odnosi su uticali ne samo na nedostatak investicionih projekata izgradnje i modernizacije u oblasti proizvodnje i distribucije električne energije, već i na nedostatak minimalno potrebnih sredstava za tekuće održavanje. U takvim uslovima obim proizvodnje u Minelovim fabrikama je bio sveden na minimum, sa velikim brojem radnika na privremenim odmorima, smanjenim radnim angažovanjem i potpunim zaostajanjem u oblasti razvoja novih proizvoda i osvajanja proizvodnih tehnologija u odnosu na konkurentne kompanije iz okruženja.

Industrijska proizvodnja elektroenergetskih sistema u našim uslovima privredjivanja poslednjih dvadesetak godina ima neke opšte karakteristike:

- Svi proizvodi su posle 2000.godine bili na kraju svog životnog ciklusa, iako je njihov vek u odnosu na druge industrijske proizvode veoma dug (od 30 do 50 godina eksploatacije).
- Početak proizvodnje bio je pre pola veka na osnovu inicijalnih partnerskih dnosa sa tada poznatim svetskim proizvodjačima (Sprecher, Magrini, Schneider, Siemens itd.), ali nije organizovan sopstveni razvoj sposoban da preuzme vodeću ulogu u daljoj modernizaciji i razvoju proizvoda sa visokim karakteristikama kvaliteta.
- Organizacija proizvodnje i fabrička infrastruktura projektovana za veliki broj radnika i proizvodni kapacitet, koji podrazumeva velike fiksne troškove i koji nema fleksibilnost u uslovima smanjenog obima proizvodnje, smanjenog domaćeg tržišta i promenjenih ekonomskih uslova privredjivanja.
- Potpuna nesposobnost izlaska na inostrana tržišta zbog nekonkurentnosti, nemogućnosti ponude kompletnih rešenja i nepostojanja potrebnih sertifikata i atesta za opremu sa dokazima za ispunjenje uslova koje zahtevaju standardi i propisi određenih zemalja.
- Opšte stanje kadrova na granici kompetentnosti (većina pri kraju radnog veka, bez radne kondicije i bez potrebnih znanja o savremenim metodama rada i primeni savremenih informacionih tehnologija u upravljanju poslovanjem, razvoju proizvoda i tehnologija).
- Radni ambijent u jako lošem stanju, bez višegodišnjeg ulaganja i adekvatnog održavanja.

Pored tehničko tehnološkog i finansijsko stanje u fabrikama elektroenergetskih sistema je poslednjih godina bilo jako loše. Velika zaduženost, dugovanja dobavljačima, neizmirene zakonske obaveze, nelikvidnost su postavljali težak konsolidacioni zadatak pred budućeg vlasnika.

3. FAZE REINŽENJERINGA POSLOVNIH PROCESA U ABS HOLDINGS-U

Reinžinjeri poslovnih procesa u prethodnom trogodišnjem periodu odvijao se u svim oblastima poslovanja, ali su težišne aktivnosti bile usmerene u nekoliko najvažnijih poslovnih funkcija:

- Uredjivanje pravne regulative, normativnih akata, postavljanje organa upravljanja, top menadžmenta i srednjeg nivoa rukovodilaca,

- Optimizacija kadrovskih resursa i stvaranje osećaja kod zaposlenih da se u potpunosti menja ambijent, radna atmosfera, radna disciplina, postavljanjem novih obeležja kompanije, uredjenjem internog i eksternog radnog prostora, postavljanjem nezavisne službe bezbednosti i organizacionim promenama,
- Reinženjering i radikalno jačanje tržišne funkcije,
- Reinženjering u oblasti razvoja proizvoda i tehnologija,
- Reinženjering tehnoloških procesa u oblasti proizvodnje transformatora, rastavljača, rasklopnih aparata, elektroenergetske opreme, montaže dalekovoda i kontaktnih mreža.

Uspešno poslovanje se danas zasniva na dobro organizovanom tržišnom nastupu, usmeravanju sopstvenog razvoja zahtevima kupaca, kompletiranju ponude sistemskog tehničkog rešenja, praćenju aktivnosti konkurencije i stalnom otvaranju razvojnih projekata u skladu savremenih svetskih trendova, aktuelnih naučnih i tehničkih dostignuća (slika 2). U tom cilju ABS Holdings je usmerio svoje aktivnosti u sledećim pravcima:

- Centralizacija tržišne funkcije u obliku formiranja sektora sistemske prodaje, od iskusnih inženjera koji dobro poznaju tržišne potrebe, zahteve korisnika, funkcionalne karakteristike proizvoda i sistemska projektna rešenja.
- Orijentisanje sektora sistemske prodaje u tri grupe inženjera sa pravcima delovanja: kontakti i rad sa kupcima, rad na pripremi ponuda - tendering grupa i grupa projekt menadžera koja se bavi rukovodjenjem i organizacijom realizacije ugovorenih poslova.
- Razvijanje saradnje sa najpoznatijim svetskim proizvođačima komplementarne opreme, kao što su Siemens, ABB, Schneider Electric i drugim.
- Izlazak na Rusko tržište i tržište zemalja bivšeg Sovjetskog Saveza u saradnji sa fabrikama, institutima i poslovnim jedinicama ABS Holdings-a u Rusiji.
- Izlazak sa ponudom elektroenergetske opreme na evropsko tržište, tržište Bliskog istoka i afričkih zemalja.
- Formiranje mreže predstavništava i ovlašćenih agenata u zemljama i regionima koji mogu postati potencijalno tržište za plasman proizvoda i usluga ABS Holdings-a, sa nastupima na sajamskim manifestacijama u tim regionima.



Slika 2. Strateški proizvodi fabrika ABS Holdings -a

Minelove fabrike koje se sada nalaze u sastavu ABS Holdingsa su imale ukupni godišnji prihod na nivou 5 miliona USD 2005. godine, kao poslednje poslovne godine pre procesa

privatizacije. Centralizacijom, jačanjem i savremenim organizovanjem tržišne funkcije ostvaren je plasman sopstvenih proizvoda i usluga tokom 2007.godine u obimu preko 65 miliona USD, sa realnim planom da se u narednim godinama uprkos svim teškoćama dostigne godišnji prihod od 100 miliona USD.

Liberalizacijom, plasman elektroenergetske opreme i na domaćem tržištu je izložen jakoj konkurenciji najpoznatijih svetskih proizvođača, pa je bilo neophodno uspostaviti ponovne aktivnosti na razvoju proizvoda i tehnologija u skladu sa zahtevima tržišta i sopstvenim tehnološkim mogućnostima. Reinženjering u oblasti razvoja obuhvatao je sledeće aktivnosti:

- Formiranje liste strateških proizvoda fabrika kompanije i formiranje posebnog koordinacionog radnog tela za strategiju i razvoj proizvoda, koja proučava tržišne potrebe za određenim proizvodima, njihove karakteristike i funkcionalne zahteve, stanje konkurencije, cene, zakonske propise u oblasti ekologije, bezbednosti i druga pitanja od značaja za opredeljenje u razvoju određenih proizvoda.
- Formiranje projektnih timova za svaki strateški proizvod, koji se bavi razvojem, izradom projektno konstrukcione dokumentacije, projektovanjem tehnologije, ispitivanjem proizvoda i njihovom sertifikacijom u laboratorijama akreditovanim od strane evropskih akreditacionih tela.
- Uvodjenje jedinstvenih CAD/CAM metoda integrisanog projektovanja proizvoda i tehnologija korišćenjem softverskog paketa u oblasti elektro projektovanja EPlan Pro8, u oblasti mašinskog projektovanja SolidWorks-a i drugih softverskih paketa u oblasti građevinskog projektovanja, projektovanja metalnih konstrukcija i dalekovoda.
- Izrada procedura ispitivanja kvaliteta proizvoda i njihova sertifikacija u akreditovanoj laboratoriji u Krajovi (Rumunija) na ispunjenje svih funkcionalnih zahteva prema serijama standarda IEC, GOST i drugih.
- Razvoj novih proizvoda konkurentnih svetskim brendovima: transformatori sa smanjenim gubicima, transformatori sa namotajima zalivenim epoksidnim materijalima, rastavljači savremene konstrukcije sa polimernim izolatorima, rasklopni aparati - ćelije sa strukturnim delovima razvijenim na bazi metoda modularnog projektovanja, prilagodjeni za proizvodnju korišćenjem programabilnih laserskih sistema ili automatizovanih "panč" presa, inovirani dizajn mernih i strujnih transformatora, provodnih izolatora, šinskog razvoda i drugih proizvoda.
- Osvajanje specijalizovanih ugradbenih komponenti rasklopnih uređaja, koje se sada nabavljaju od konkurentnih kompanija (Siemens, ABB, ...) - prekidački sistemi i sistemi mikroprocesorske relejne zaštite, kao sopstvenih razvojnih rešenja, koja će omogućiti tehnološku nezavisnost i mogućnost ponude sopstvenih rešenja i kompletnih proizvoda.
- Formiranje specijalizovanog sektora za projektovanje elektroenergetskih sistema, postrojenja i opreme kao kompletnih investicionih infrastrukturnih objekata, kao podrške sektoru sistemske prodaje i kao inženjering projektna funkcija fabrikama u sastavu ABS Holdings-a.

Visok kvalitet opreme ABS Holdingsa u velikoj meri je ostvaren zahvaljujući formiranju i revitalizaciji sopstvenih laboratorija za visokonaponska i druga ispitivanja, radi verifikacije prototipskih rešenja i prethodnih provera karakteristika kvaliteta proizvoda pred sistematskim ispitivanjima u akreditovanim laboratorijama (slika 3).

Tri fabrike u sastavu ABS Holdings-a proizvode potpuno različite proizvode (transformatori, rastavljači i rasklopni uređaji - ćelije), ali imaju skoro identične mašine alatke u procesima obrade metala deformacijom i skidanjem strugotine. Fabrike nemaju potpun stepen

uposlenosti ovih kapaciteta, pa je uradjena optimizacija tehnoloških operacija kako bi se povećala ekonomičnost proizvodnje:



Slika 3. Laboratorija za visokonaponska ispitivanja

- Proizvodnja je specijalizovana u domenu prerade trafo lima u fabrici Minel Trafo u Mladenovcu, livenja epoksidnih materijala u fabrici Minel Fepo u Zrenjaninu, a prerada lima u fabrici Minel EOP u Ripnju.
- Centralizovan je sistem nabavke repromaterijala za sve fabrike, kako bi se objedinile količine i izvršile narudžbe direktno od proizvođača u cilju smanjenja troškova materijala.
- Uveden je jedinstveni sistem označavanja i klasifikacije materijala, komponenti i proizvoda za sve fabrike, da bi se stvorili uslovi za optimalno planiranje i upravljanje proizvodnjom, smanjile nepotrebne zalihe i optimiziralo magacinsko poslovanje.
- Primenjen je jedinstven metod izrade proizvodne dokumentacije i normiranja tehnoloških operacija sa "full-cost" sistemom praćenja troškova proizvodnje.

Uradjeni su projekti modernizacije proizvodno tehnološkog sistema za automatizovanu izradu magnetnih jezgara, namotaja i delova kućišta pri proizvodnji transformatora, za automatizovanu izradu rasklopne opreme i prekidača, sa instalisanjem savremenih mašina sa mikroprocesorskim upravljanjem. Ovim investicionim projektom se smanjuju troškovi proizvodnje u značajnoj meri, ostvaruje visok kvalitet proizvoda i povećava sveukupni proizvodni kapacitet fabrika transformatora i elektroopreme.

4. ZAKLJUČAK

Reinženjering poslovnih procesa je bio neophodan u privatizovanim fabrikama Minel-a u oblasti proizvodnje transformatora i elektroenergetskih postrojenja zbog potrebe brzih promena, da bi se ispunili zahtevi kupaca, sa sve većim prisustvom konkurencije, kako na

domaćem tako i na inostranim tržištima. Uvedena je procesna i timska organizacijska inovativna i fleksibilna struktura, sa multifunkcijskim timovima (pri čemu se koriste isti ljudi na više različitih projekata). Svaka sadašnja članica ABS Holdings-a se morala menjati, restrukturirati, reorganizovati i redizajnirati. Reinženjeringom poslovnih procesa je ostvarena veća konkurentnost kompanije, sa prvenstvenom orijentacijom prema potrebama kupaca.

Stvoreni su uslovi za širenje kompanije u oblasti komplementarnih proizvodnih programa, uslovi za saradnju sa fakultetima, naučno istraživačkim organizacijama i najpoznatijim svetskim firmama iz oblasti energetike. Otvoreni su istraživačko razvojni projekti u oblasti mikrokontrolera i mikroprocesorske relejne zaštite za sopstvene potrebe, sa tendencijom da se formira i naučno-istraživački institut u sastavu ABS Holdings-a.

LITERATURA

- [1] Z. Radosavljević i grupa saradnika: Investicioni elaborat o modernizaciji tehnološke linije za proizvodnju transformatora u fabrici ABS Minel Trafo Mladenovac, ABS Holdings Beograd, 2008.
- [2] Z. Radosavljević: Metodologija CAD projektovanja familije obrtnih stolova, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.
- [3] Z. Radosavljević, R. Albijanić, S. Stojković: Primena MKE u definisanju numeričkih upravljanih obrtnih stolova, XXVI Savetovanje proizvodnog mašinstva, Budva, 1996.
- [4] Z. Radosavljević, M. Gemaljević, T. Danojlić, R. Radiša: Razvoj familije NCT obrtnih stolova, XXII Jupiter konferencija, Beograd, 1996.
- [6] M. Gemaljević, Z. Radosavljević: PENGs/400-podrška računarskom projektovanju mašinskih sistema, Naučni skup transport u industriji, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [7] Z. Radosavljević: Model unapredjenja industrijske opreme prema zahtevima automatizovanih sistema, doktorska disertacija u izradi, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.

Z. Radosavljević

REENGINEERING OF BUSINESS PROCESSES OF PRIVATIZED FACTORIES OF ELECTRICAL POWER SUBSTATIONS – BY EXAMPLE ABS HOLDINGS

Abstract

ABS Holdings is an international holdings company, which is composed of many factories working in the area of metal processing, electronics, electrical power systems, facilities and equipment. The factories within ABS Holdings develop, design and manufacture electrical power distributive equipment, parts of thermo and hydroelectric plants, realization of projects in the area of industrial automatization and electrical power processes. The factories are located in Russia and Serbia, and the company also has offices in other countries within Europe, in countries that are part of the CIS, China and the Middle East. During the past three years ABS Holdings purchased Minel factories in Serbia working in the area of electrical power systems, and made program and organizational changes as well as reengineering of business processes, on the basis of past experiences obtained when privatizing Russian factories in the transitional process. Accomplished results and experiences are observable in the work of ABS Holdings, which had multiple-access increase in the volume of productions, improvement of the quality of products and an achievement of 70 million USD in the year of 2007, with 40% exports.

Keywords: Reengineering, business processes, re-vitalization of production systems



Radojević, Z., Radojević, M., Avakumović, L.,¹

ZNAČAJ INTEGRACIJE CIM SISTEMA PROIZVODNJE¹

Sadržaj: *Današnji proizvodni sistemi se često integrišu, kako zbog tržišta, tako i zbog sličnih tehnologija. Integracija dva ili više proizvodnih sistema, najčešće unapređuje i kvalitetnije privređuje CIM sistem, te na taj način smanjuje troškove poslovanja i unapređuje marketing funkciju za pouzdaniju i kvalitetniju prodaju, kako postojećih tako i novoformiranih proizvoda. Ako kažemo da je danas lako proizvesti, a teško prodati proizvod onda je napred iskazana rečenica značajna u domenu poslovanja zajedničkog proizvodnog sistema. Analiza CIM sistema će pokazati koje su prednosti, a koji nedostaci da bi se unapredio i novoformirao novi proizvodni sistem.*

Novopredloženi informacioni sistem utiče na razvoj nove tehnologije, unapređenje inovacija i stvara ideju za „novi“ proizvod. Sadašnje analize pokazuju da negde oko 70 000 novih proizvoda nedostaje, pa se čine velika ulaganja u formiranje istih.

Iz ovoga proizilazi da integracija proizvodnih sistema je opravdana i zbog toga neizbežna u današnjem privređivanju.

Ključne reči: *CIM sistem, integracija, proizvodni sistem, unapređenje, kvalitet*

1. UVOD

Sadašnja proizvodnja kod nas u Srbiji je u tranziciji, pri čemu se pojavljuju nova preduzeća, sa postojećim ili novim proizvodnim programima, a čija veličina se zasniva na malim i srednjim preduzećima, dok su se postojeća velika preduzeća transformisala u više različitih preduzeća sa definisanim proizvodnim programom. Najčešća likvidacija postojećih velikih i srednjih preduzeća je uslovlila stvaranje novih proizvodnih preduzeća sa različitim proizvodnim programima, dok se veliki broj novih preduzeća otvorio najčešće kao mala preduzeća koja se bave retko proizvodnjom, a više uslugama. Danas je ekspanzija uslužnih preduzeća koja se bave: trgovinom, ugostiteljstvom, hotelijerstvom, zanatstvom, uslugama proizvodnje, jer se preduzeća kao mala najčešće sastoje od nekoliko mašina i bave se uslugama mašinske obrade, automehaničarske radionice za održavanje luksuznih i teretnih vozila, usluge pranja i čišćenja vozila, zamene ulja i dr., usluge generalne popravke motora, usluge kompletnog održavanja vozila, usluge specijalizovanih radnji za održavanje pojedinih sistema automobila – auspuh, sistema za grejanje i hlađenje, usluga guma na vozilima i dr. Sem nabrojanih postoje različite vrste preduzeća – biroa za trgovinu nekretnina, izdavanje stanova, izrada biznis plana, različite projektantske kuće za projektovanje i konstruisanje željenih proizvoda, objekata kako stambene tako i sve prateće radnje i svega ostalog što kupac želi. Sem nabrojanog javlja se ostvarenje raznih stomatoloških ambulanta, lekarskih ambulanta i veterinarskih ambulanta, bolnice za prevenciju i lečenje raznih vrsta bolesti, razne zanatske radionice za izradu suvenira i specijalizovanih proizvoda, elektrotehničke radionice koje se bave proizvodnjom elektro proizvoda, montaže električne opreme kao i održavanje iste, radionice za termotehniku, instalacije, prenos, sopstvene kotlarnice, održavanje nabrojane opreme, razna zastupstva inostranih firmi, njihovo montiranje, održavanje i garantni period i još različitih vrsta i veličine preduzeća koja se bave različitim delatnostima što čini jednu savremenu privredu koja se unapređuje i prati i zadovoljava sve zahteve kupca.

¹ Dr Zoran Radojević, Fakultet organizacionih nauka, 011-3950-889, tisma@fon.bg.ac.yu
Dr Miroslav Radojević, Visoka inženjerska škola „Tehnikum Taurunum“, 011-2144-795, tisma@fon.bg.ac.yu
Dr Julija Avakumović, Visoka inženjerska škola „Tehnikum Taurunum“, 011-2144-795, tisma@fon.bg.ac.yu

2. CIM SISTEM PROIZVODNJE I USLUGA

CIM sistem kao prateći deo proizvodnje i usluga je neminovnost današnjice i kao informacijski sistem neophodan da bi proizvodni i uslužni proces tekao kontinualno.

Danas se ne može zamisliti novoformirano proizvodno i uslužno preduzeće da ne poseduje CIM sistem, jer nije u mogućnosti da isprati proizvod od ugovaranja, pripreme, upravljanja proizvodnjom, kontrola i isporuka, do kupca ili skladištenje do isporuke. Današnji CIM sistem obuhvata sve aktivnosti koje prate proizvod od razvoja do isporuke. Dalje ćemo objasniti koje sve sektore obuhvata i šta znači uloga računara u pripremi, praćenju do realizacije proizvodnje i isporuke.

Priprema proizvodnje se sastoji od razvoja, projektovanja, konstrukcije, tehnološke razrade, operativne pripreme koja se sastoji od operativnog planiranja, terminiranja, lansiranja proizvodno – tehničke dokumentacije, dispečiranja i praćenje i usklađivanje svih aktivnosti za realizaciju proizvodnog i uslužnog procesa.

Realizacija proizvodnje se ostvaruje na klasičnim i CNC mašinama, čija realizacija je brža i kvalitetnija u odnosu na klasične mašine. Najveći nedostatak proizvodnje je put kretanja radnog predmeta kao elementa, podsklopa i sklopa pa i samog proizvoda. Ukoliko je savremena fabrika onda se mašine postavljaju tako postavljaju tako da je transportni put minimalan. Pošto je savremena proizvodnja fleksibilna, jer preduzeće radi grupu sličnih proizvoda, to je traženi zahtev minimalnog kretanja radnog predmeta još više usložen i iskomplikovan. Sem kretanja reprodukcijom materijala, kao i radnog predmeta transportnim sredstvom, isti se često rešava kretanjem konvejskim transportom te se na taj način vrši ogromna ušteda. Često današnja proizvodnja ne poseduje odgovarajući reprodukcijom materijal, pa se često vrši zamena što omogućuje da traženi proizvod poskupljuje, što ne zadovoljava kupca, jer traži original zamenu koja ne dopušta da se cena proizvoda toliko uvećava.

Kontrola procesa proizvodnje se obavlja uz pomoć računara i vrši se najčešće duž trajanja procesa. To nam govori da je uvek primenjena totalna kontrola kvaliteta. Takva kontrola je najskuplja i najefikasnija. „Kontrola“ je podproces upravljanja kojim se vrši merenje, poređenje, provera i ocena tekućeg stanja i događanja. Kao standard za obavljanje merenja, upoređivanja i ocene, služe planirani rezultati i planirana stanja. Uopšteno gledano, kontrola se zasniva na kibernetičkom principu povratne veze, po kome je izlazne rezultate potrebno meriti i uporediti sa ulaznim, odnosno planiranim rezultatima, i sa unapred utvrđenim kriterijumima. Ukoliko se utvrdi da između izlaznih i ulaznih rezultata postoji odstupanje, , preduzimaju se odgovarajuće mere i akcije da se ova odstupanja otklone. Pošto otklanja odstupanja od planiranog cilja, kontrola deluje kao regulator procesa upravljanja. Bez kontrole nije moguće ostvariti planirane ciljeve i rezultate, a to znači da nije moguće upravljanje.“ [1]

Skladištenje je određeni prostor u kome se smešta reprodukcijom materijal za potrebe proizvodnje, ili materijal za prodaju gotovih proizvoda, elemenata iz kooperacije ili drugo. To je najčešće prostor na kome se nalaze noseći regali, pregrade, ormani ili neka druga vrsta opreme gde se odlažu materijali ili gotovi proizvodi. Sva skladišta se dele na otvorena i zatvorena.

Otvorena skladišta su najčešće ograđena a nisu nadkrivena tj. nalaze se pod „vedrim nebom“ i kao takva se koriste, dok odloženim materijalima ne smetaju atmosferske padavine.

Zatvorena skladišta su pod krovom, tj. zaštićena su od atmosferskih padavina.

U malim zemljama gde snabdevenost tržišta zavisi od materijala koji se samo u određenom periodu godine pojavljuje, neophodno je posedovati skladište. To nam govori da je skladište neminovnost svake proizvodnje, bez obzira na veličinu i količinu proizvedenih proizvoda.

Bogatije zemlje u kojima se uvek nalaze sve tražene količine i asortimani materijala ne moraju posedovati skladište, već se tamo sačinjavaju ugovori sa dobavljačima da se svakodnevno snabdevaju sa materijalom koji služi za jednodnevnu proizvodnju. U našim uslovima neophodno je skladište kako za reprodukcijom materijal, tako i za gotovu robu ako se sezonski prodaje (poljoprivredne mašine, traktori, odeća i dr.)

Uloga skladišta je da se očuva donešeni materijal, koji služi za tehnološko oblikovanje delova – elemenata, podsklopova i sklopova, koji formiraju jedan ili više proizvoda. Znači bez obzira što skladištimo određeni repromaterijal, a samim tim mu povećavamo vrednost za cenu skladištenja, isti se koristi za kontinuirani proces proizvodnje bez obzira na cenu koštanja. Nepovoljnost skladištenja je jedino, ako se materijal nalazi na tržištu cele godine sa istom cenom. Tada se materijal ne skladišti, već se kupuje kad počne proizvodni proces.

3. INTEGRACIJA CIM SISTEMA

Integracija CIM sistema se ostvaruje najmanje sa dva proizvodna sistema, a najviše sa n preduzeća koji se bave srodnom ili istorodnom proizvodnjom.

Kod razvojne funkcije se povećava broj zaposlenih, što znači da se više radnih zadataka ostvari, a samim tim i unapredi proizvodnja, kako kroz skraćanje trajanja dužine tehnološkog procesa tako kroz unapređenje sredstava rada i nabavkom nove, produktivnije opreme a koja najčešće troši manje energije u odnosu na prethodnu opremu. Kako se vrši unapređenje proizvoda isto se vrši unapređenje i opreme, uređaja i mašina sa kojima se oblikuje i formira proizvod. Znači delovi CIM sistema, koji se bave razvojem proizvoda i opreme omogućuju da se postojeća proizvodnja unapredi kroz sistematizovan i dobro odmeren rad, a to nam govori da se proizvede jeftin i kvalitetan nov ili unapređen postojeći proizvod.

Projektovanje i konstruisanje uz pomoć dizajna omogućuje nam da unapredimo ili konstruišemo nov proizvod.

Dizajn je naučna disciplina jer naučno istražuje i dokazuje pojave, zakonitosti, metode i procese u stvaranju i razvoju proizvoda. Ovakav pristup dizajnu proističe iz definicije koja nalaže da se on posmatra i izučava sa različitih aspekata. Jedan od aspekata dizajna je i naučni, jer je on kao nauka priznat u celom svetu. Naučni smisao dizajna proističe iz njegovog stalnog istraživanja i prodiranja u novo – nepoznato. Iz ovoga su nastale zakonitosti u oblasti proizvoda i proizvodnje, što je dizajnu obezbedilo status naučne discipline. Inače, dizajn je u svom razvoju koristio dostignuća raznih nauka, utičući povratno i na njihov razvoj. Karakteristično je da dizajn nije homogena naučna disciplina, nego je interdisciplinaran. To stoga što u sebe uključuje više drugih naučnih i umetničkih disciplina, kao što su: tehnika, tehnologija, sociologija, arhitektura, likovna i primenjena umetnost, informatika, organizacija i dr. Upravo ta naučna interdisciplinarnost dizajna omogućava da istraživanju i razvoju proizvoda prilazi sa raznih aspekata, što dovodi do naučnih rezultata koji uslovljavaju razvoj svih svojstava proizvoda. Zahvaljujući naučnim rezultatima dizajna, proizvodi svakim danom postaju sve savršeniji. Ljudi uvek reaguju na kvalitet proizvoda. Kvalitet je materijalno svojstvo i posledica strukture proizvoda. Zapravo, kvalitet u suštini predstavlja sposobnost da proizvod služi svrsi, pomogne čoveku u radu i život, i ulepša mu sam život.

Iz napred napisanog proizilazi da je poznavanje dizajna, jedna od dispozicija za uspešno i kvalitetno projektovanje i konstruisanje. Znači dva ili više udružena preduzeća neophodno je oformiti savremeni dizajn centar kako bi proizvod po obliku, osobinama, značaju, funkciji bio privlačan za kupca na prvi pogled.

Priprema računara u tehnološkom pripremanju proizvodnje je od posebnog značaja počev od sastavljanja *sastavnice, tehnološke liste, instrukcionog lista* i sačinjavanje postupka realizacije svake tehnološke operacije na radnom predmetu sa potrebnim univerzalnim alatima, specijalnim alatima, pomoćnim priborima, kao i mašine, uređaja ili opreme na kojoj će se obaviti predviđena aktivnost su od izuzetnog značaja. Povezanost tehnologije i opreme na kojoj se obavlja obrada radnog predmeta se obavlja preko centra za upravljanje proizvodnjom. Usklađenost dužine trajanja tehnološkog procesa – vremena i operativnog plana, mora biti ista i ukoliko dođe do poremećaja postoji opasnost da se ne izvrši operativni plan, čime ne bi ostvarili proizvodni plan, ili bi se poremetio predviđeni proizvodni plan, jer bi se produžio, što znači da bi se isti vremenski produžio. Postupak tehnologije se sastoji od tehnoloških operacija, koje imaju svoju tehničku zastupljenost, vreme trajanja i svog potrebnog alata i pomoćnog pribora, kao i zauzetost proizvodne opreme, uređaja ili mašine. Najsloženiji zadaci su u formiranju tehnološke liste koja tehnički iskazuje formiranje proizvodne operacije. Ovde treba napomenuti da je znanje tipske i grupne tehnologije osnov ostvarenja današnje fleksibilne tehnologije, jer se ovako ostvaruje savremena proizvodnja, čiji su zahtevi danas neophodni, da bi se zadovoljili zahtevi kupca.

Integracija konstrukcije i tehnologije se ostvaruje komunikacionom mrežom. Današnji tehnički progres stvorio je mogućnosti za kompjutersku integraciju planiranja, pripremanje i realizaciju proizvodnje u proizvodni inženjering. U tom kontekstu dolazi do boljeg iskorišćenja mašina, alata i vremena izrade, do tesnog povezivanja razvoja i konstrukcije pa sve do poboljšanja kvaliteta proizvoda. Danas postoje sredstva i metode kojima se utiče na povećanje automatizacije, a time i na ostvarenje postavljenih zahteva. Integrisanost i fleksibilnost raspoloživih sistema automatizacije još uvek nisu na zadovoljavajućem nivou.

Integracijom CAD i CAM sistema je da se na osnovu modela predmeta koji se stvara u računaru, automatski dobije tehnologija obrade, NC programi za mašine i robote. Iz ovoga se vidi da je proces integracije dosta složen, koji se rešava u zavisnosti od tehnološkog procesa proizvodnje.

Operativna priprema kao deo CAD-CAM podsistema CIM takođe igra značajnu ulogu u kontinuiranoj realizaciji kompletnog proizvodnog toka.

Ako ovde dodamo računarsko upravljanje proizvodnjom onda možemo kompletirati proizvodni proces, koji na kraju mora imati kompletnu kontrolu kvaliteta koja je uspostavljena, sem u tehničkom još i u organizacionom pogledu, kroz podsistem CAQ. Sada smo opisali kompletnan proces proizvodnje uz pomoć informacionih tehnologija, a to je kompletnan CIM – sistem.

Znači ako bi imali integraciju dva ili više CIM sistema stvorili bi novi CIM sistem koji bi vršio usluge za više srodnih ili istorodnih preduzeća. Svakako da novi sistem ima svoje prednosti i nedostatke koje smo dužni da iskažemo.

Prednosti su:

- stvaranje većeg i kvalitetnijeg CIM-sistema koji će zadovoljiti sve tražene zahteve,
- stvaranjem novog i većeg CIM sistema, smanjiće se broj zaposlenih,
- stvoriće se stručniji i kvalitetniji kadar, koji će uneti dosta inovativnosti u zadati posao,
- očekuje se povećanje profita, jer će se ekonomičnije i organizovanje raditi, kako svaka tehnološka operacija tako i ukupan proizvodni proces,
- predstavlja se brži razvoj kako proizvoda tako proizvodne opreme, a samim tim i povećanje profita,
- kvalitetnije i brže praćenje razvoja koji omogućava veliki broj kvalitetnog kadra sa dosta teorijskog i praktičnog znanja,
- kvalitetan kadar je u mogućnosti da brzo i kvalitetno izvede reinženjering ukoliko se za to ukaže zahtev.

Sigurno ovde su prikazane prednosti, koje dopuštaju i omogućuju da se kvalitetnije, brže i racionalnije radi, čija je zajednička karakteristika uvećanje dobiti (profita) što je cilj svake proizvodnje i usluge.

Nedostaci integracije CIM sistema su sledeći:

- ne može se baratati sa nekim specifičnostima koje je proizvođač imao, jer je bio samostalan,
- samostalnost usporava razvoj i napredak zbog nedostatka kvalitetnog kadra, koji poseduje manje inovativnosti,
- nemogućnost praćenja razvoja, koji je granovit i zahteva veoma veliki broj stručnog kadra,
- usporavanjem razvoja smanjuje se dobit, a samim tim i nestvaranje veće količine novca za razvoj,
- zbog usporenog razvoja nemogućnost praćenja konkurencije što još više usporava razvoj kako proizvoda, tako sredstava i tehnologije.

Sagledavajući prednosti i nedostatke udruživanja CIM sistema možemo dati prednost udruživanju tj. integraciji. Daleko se više postiže udruživanjem nego samostalnim razvojem, a samim tim se stvara veći profit, od čije veličine može se uzeti deo za brži i kvalitetniji razvoj i stvoriti proizvodni ili uslužni sistem, koji će se pre približiti evropskom i svetskom tržištu.

4. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je prikazao ulogu i značaj integracije CIM sistema, koji omogućuje stvaranje novog, kvalitetnijeg i pouzdanog CIM sistema koji ima veće mogućnosti i kvalitetan kadar. Danas stvaranjem takvog novog CIM

sistema ubrzava se razvoj koji omogućuje stvaranje većeg profita, što je cilj svake proizvodnje. Znači treba se zalagati za integraciju CIM sistema i stvarati savremeni proizvodni sistem.

5. LITERATURA

- [1] Dr Jovanović Petar, red. prof., redaktor, "Leksikon menadžmenta", FON, Beograd, 2003.
- [2] Dr Milačić Vladimir, dr Spasić Žarko, "Kompjuterski integrisani tehnološki sistemi CIM-sistemi", Mašinski fakultet u Beogradu, JUPITER zajednica, Beograd, 1990.
- [3] Dr Radojević Zoran, "Planiranje i priprema savremene proizvodnje", Službeni list S.R.J., Beograd, 1997.
- [4] Dr Radojević Zoran, "Operativni menadžment", Grafoslog, Beograd, 2002.

THE IMPORTANCE OF INTEGRATION OF CIM SYSTEMS

Abstract: *Today's production systems are often integrated, whether because of the needs of the market, or because they are using similar technologies.*

Integration of two or more production systems will, most likely, improve the quality of CIM system's operation, and thus will decrease operating costs and improve marketing function which will guarantee better sales of existing as well as new products. If we say that it is not difficult to produce but to sell product, then this sentence is significant for functioning of integrated production systems.

Analysis will show benefits and shortcomings of CIM systems in order to improve existing products or create new ones.

Proposed information system will affect the development of new technologies, it will improve innovations and create ideas for new products. Today's analysis shows absence of 70000 products and great investments are being made in order to design those products.

This proves integrations of production systems to be justified and therefore inevitable in today's business.

Key words: *CIM – system, Integration, Production system, Improvement, Quality*



CIM – SISTEM MALIH PROIZVODNIH PREDUZEĆA

dr Milorad Rakonjac, prof., direktor
Ivan Rakonjac, dipl. inž. maš.

Visoka škola za projektni menadžment u Beogradu

Rezime: Mnoga mala preduzeća današnjice tragaju za načinima koji bi im osigurali konkurentnost na tržištu. Jedan od načina je i primena računarski integrisane proizvodnje, tzv. CIM sistema, koja je sve prisutnija kod proizvodno orijentisanih preduzeća, kao moćno oružje borbe u konkuretnoj poslovnoj okolini. Veliki broj modela, tehnologija i alata razvijen je i primenjuje se u pomenute svrhe. Rad će predstaviti model primene ovakvog sistema u malom preduzeću. Pomenuti model biće predstavljen kroz faze i prikazaće odrđene procedure i aktivnosti koje prate primenu CIM sistema u malom preduzeću.

Ključne reči: proizvodnja, mala preduzeća, priprema, upravljanje, kvalitet, CIM sistemi

1. UVOD

Sadašnja proizvodnja ne može se zamisliti bez pomoći računara, kako u pripremi, tako i u realizaciji i u kontroli proizvodnje. Priprema proizvodnje se obavlja uz pomoć računara počev od razvoja, projektovanja, konstruisanja, tehničko-tehnološkog pripremanja, operativne pripreme kao i kompletnog lansiranja. Sem ovoga, upravljanje proizvodnjom kao i kontrolisanje se vrši uz pomoć računara. Iz ovoga proizilazi da je računar, neminovnost savremene proizvodnje koja mora biti efikasna, fleksibilna i kvalitetna, da bi zadovoljila današnjeg kupca. Napred nabrojani razlozi važe za sve veličine proizvodnih pogona, a specijalno za mala preduzeća koja moraju da se uklope u red većih proizvođača, ako nastupaju najčešće kao kooperanti. Ukoliko su mala preduzeća proizvođači finalnog proizvoda, onda tek je potrebno da poštuju zahteve kupca, jer kupac može da ode kod drugih proizvođača koji će zadovoljiti sve tražene uslove. Znači, mala preduzeća su pred problemom zahteva kupca, sem ako jedinstveno ne proizvode specifičan proizvod i ne poseduju konkurenciju, pa se njihov proizvod „mora“ čekati. Obzirom da je danas mali broj specijalizovanih preduzeća ovaj problem se neće posmatrati.

2. PRIPREMA PROIZVODNJE

Ukoliko se posmatra priprema proizvodnje uočava se da bez obzira na veličinu preduzeća, ista je tehnologija rada. Znači ako se posmatra CAD-CAM podsistem, koji je deo CIM sistema, sledstveno se može krenuti od razvoja. Razvoj malih preduzeća se odvija vrlo retko samostalno, već se definiše projektni zadatak, koji se realizuje najčešće kroz neki uslužni biro koji se bavi problematikom, koju naruče kupci određene oblasti. Može se zaključiti da je razvoj u malim preduzećima najčešće poručeni posao sa tačno definisanim projektnim zadatkom, a koji se može realizovati u specifičnim proizvodnim pogonima. Pojam “RAZVOJ PREDUZEĆA” predstavlja proces prelaska preduzeća iz postojećeg u novo, efikasnije stanje, kroz neprekidno prilagođavanje u promenljivoj okolini, koji se manifestuje kroz mnogobrojne promene koje se vrše na području proizvoda i proizvodnog programa, tehnike i tehnologije, organizacije i kadrova.¹ Praktično, ovde se govori samo o razvoju proizvoda koji se unapređuje kroz inovacije, kako kroz tehnologiju tako i kroz dizajn. Znači i ovako malo unapređenje, odnosno razvoj se teško postiže u sopstvenom aranžmanu, jer za ostvarenje iskazane aktivnosti neophodan je visoko stručan kadar, za koje malo preduzeće ne poseduje potrebna sredstva.

„Razvoj proizvoda ima zadatak i cilj da postojeći proizvod unapredi po obliku, kvalitetu materijala, funkciji, težini, dizajnu i tehnologiji izrade, što će doneti nižu cenu koštanja proizvoda od postojeće. Ovaj razvoj može se odnositi na delove ili elemente proizvoda, što u krajnjoj liniji ostvaruje postavljeni cilj, jer smanjuje cenu koštanja proizvoda. Ovo se ostvaruje uz određeno znanje grupe inženjera različitih proizvoda, koji koriste model integrisane fleksibilne proizvodnje (CIM-sistem), a koji se odnosi na razvoj proizvoda pomoću kompjutera – CAE- „Computer Aided Engineering“³.

PROJEKTOVANJE je zamisao – ideja nekog proizvoda, koji zadovoljava eksploatacione zahteve kupca. Projektovanje ima za cilj izradu projekta neke mašine, proizvoda ili neke druge funkcionalne celine i obuhvata određivanje glavnih karakteristika proizvoda, određivanje broja glavnih delova – sklopova, podsklopova, njihovih osnovnih karakteristika, funkcija, uslova i međusobnih odnosa i rasporeda. Projektovanje se, prema tome, svodi na određivanje i propisivanje osnovnih, polaznih uslova za dalju konstrukcionu razradu proizvoda. Retko koje malo preduzeće se bavi projektovanjem i konstruisanjem, sem u pojedinačnoj proizvodnji, jer taj zahtev podrazumeva stručnog i kvalitetnog inženjera sa položenim stručnim ispitom. Postoje mali projektni birovi koji se bave isključivo projektovanjem i konstruisanjem najčešće investicione opreme, objekata i sl., a vrlo retko projektovanjem nekog univerzalnog proizvoda.

KONSTRUISANJE razrešava pitanja oblika i dimenzija proizvoda, tj. njihovih sopstvenih delova – sklopova, podsklopova i detalja koji se moraju ukomponovati u proizvod. Crteži sklopa i podsklopa su pozicionirani, gde svaka pozicija ima svoj detaljan – radionički crtež, ako deo nije standardizovan onda se unose karakteristične dimenzije i broj standarda i ne crta se detaljan radionički crtež. Konstruktor vrši proračun konstrukcije elemenata kod kojih se pojavljuje naprezanje, deformacije i naponi.

„Sastavnica proizvoda je dokument koji pokazuje iz koliko sklopova, podsklopova i detaljnih crteža se sastoji dokumentacija koja definiše proizvod. Sastavnica proizvoda nam pokazuje količinu, kvalitet i vrstu materijala od koje se sastoji jedan proizvod.“³ Ako se proizvod izrađuje serijski ili masivno, onda se ta količina množi sa brojem komada, pa dobijemo količinu za celu seriju.

Način pakovanja i skladištenja proizvoda može biti u okviru sastavnice proizvoda ili kao poseban tehnički dokument. Način pakovanja proizvoda je sastavni deo tehničke dokumentacije.

Uputstvo za upotrebu je dokument koji sadrži detaljan opis kako se koristi proizvod.

U principu, svaki proizvod podleže servisiranju koje se vrši posle određenog vremenskog perioda.

Po zahtevima standarda JUS ISO 9000/9001 pod tačkom 4. definišu se zahtevi za sistem kvaliteta.

TEHNOLOŠKO PRIPREMANJE PROIZVODNJE ima za cilj da obezbedi iznalaženje optimalnog tehnološkog procesa, pri datim uslovima proizvodnje, eventualnu promenu uslova, sa ciljem da se unapredi proizvodnja. Pod tehnološkim procesom podrazumeva se redosled i način vršenja radnih operacija koje su neophodne za dobijanje proizvoda određenih osobina. Za izradu istog proizvoda mogu se koristiti razni tehnološki postupci ali je najpovoljniji onaj postupak pri kome se troši najmanja količina živog i opredmećenog rada.

Savremena proizvodnja je fleksibilna, što znači da se zahteva mala serija (mala količina proizvoda), sa velikim asortimanom, što iziskuje velike troškove tehnološkog pripremanja proizvodnje. Da bi se pomenuti troškovi smanjili potrebno je proizvodnju prilagoditi nekoj zadovoljavajućoj količini elemenata proizvoda (ista je tehnološka priprema za 100 i 1000 komada elemenata). Ukoliko bi elemente za obradu klasifikovali po istorodnim tehnološkim operacijama, onda bi dobili veći broj elemenata za obradu, a samim tim bi povećali broj elemenata. Ovakav način razmišljanja dovodi do korišćenja grupne i tipske tehnologije.

Tehnološko pripremanje proizvodnje ima svoju strukturu koja zavisi od vrste tehnološkog procesa, a obuhvata:

- izrada tehnološkog procesa proizvodnje od elemenata do proizvoda,
- normativ materijala,
- definisanje mašina, uređaja i opreme na kojima će se obaviti kompletan proizvodni proces,
- vreme obavljanja od tehnološke operacije do kompletnog proizvodnog procesa.

Izrada tehnološkog procesa obuhvata kompletni tehnološki proces koji obuhvata sve aktivnosti koje se ostvaruju pri razradi svake tehnološke operacije kako elemenata koji su prikazani radioničkim crtežima, sa montažom podsklopova, sklopova i gotovog proizvoda.

Pre izrade i pri izradi tehnološke operacije sačinjava se kompletan normativ materijala koji sadrži količinu, kvalitet i dimenzije materijala od koga je sastavljen proizvod, a količina zavisi od veličine serije koja se lansira u proizvodnju. To je t.z. specifikacija sa normativom reprodukcionog i pomoćnog materijala, elemenata iz kooperacije i gotove robe. Sem nabrojanog daje se kompletna specifikacija alata i pomoćnog pribora, koji su neophodni u realizaciji proizvodnje. Na samom tehnološkom listu definisana je mašina, uređaj, oprema na kojima će se obaviti tehnološki postupak obrade i montaže podsklopova, sklopova i proizvoda. Sem opreme na tehnološkom listu je definisano vreme za izvođenje tehnološkog postupka obrade i montaže kakao pojedinačnog tako i ukupnog serijskog proizvoda.

Sve se obavlja na odgovarajućoj dokumentaciji, koja se kompletira sa tehničkom dokumentacijom i šalje u operativnu pripremu gde se vrši lansiranje proizvodnje.

Za sve napred opisane aktivnosti postoje normativi, koji se tokom vremena unapređuju, kroz inoviranje znanja i skraćenje vremena obrade, zbog kvalitetnijih operacija i ubacivanja „novih“ alata i pomoćnih pribora, a sve u cilju smanjenja proizvodne cene koštanja.

Operativna priprema je jedan segment pripreme proizvodnje čiji je osnovni cilj da omogući nesmetani - kontinuirani proizvodni proces. U operativnoj pripremi se obavlja skup aktivnosti da bi se realizovalo: operativno planiranje, terminiranje, lansiranje proizvodno-tehničke dokumentacije, dispečiranje, praćenje i usklađivanje svih aktivnosti za realizaciju proizvodnog procesa.

Operativno planiranje je deo godišnjeg planiranja koji obuhvata kraći vremenski period. Period planiranja može da bude najduži mesec dana, a fini terminski plan se realizuje 3 -5 dana unapred.

Terminiranje predstavlja vremensko usklađivanje tokova tehnoloških procesa, pri čemu se polazi od rokova završetka proizvoda i teži se racionalnijem korišćenju mašina i opreme.

Lansiranje u proizvodnju podrazumeva obezbeđenje materijala, alata, specijalnog alata, pomoćnog pribora i dokumentacije za nesmetani proizvodni proces pri svim vrstama proizvodnje.

Dispečiranje proizvodnje odnosi se na otklanjanje smetnji u izvršenju operativnog plana proizvodnje koje mogu dovesti do zastoja, čekanja ili nekorisnog rada u procesu.

Praćenje izvršenja operativnih planova proizvodnje ima za cilj da registruje njihovu realizaciju i da reaguje ukoliko nije došlo do željene realizacije. Vode se tri evidencije o realizaciji operativnih planova proizvodnje: operativna, statistička i knjigovodstvena.

Operativna evidencija ,vodi se po radionicama, a odnosi se na terminski plan, kako tehnoloških operacija tako i pri izradi elemenata proizvoda.

Statistička evidencija obrađuje izvršenje osnovnih planova izvodnje i to u vremenskim pokazateljima (pojedinačna i maloserijska) i to u količinskim pokazateljima (serijska i masovna).

3. UPRAVLJANJE PROIZVODNjom

Upravljanje proizvodnjom uz pomoć računara se vrši najčešće iz jednog centra sa kojim su priključene sve mašine alatke koje su najčešće CNC mašine. Takve mašine su umrežene sa centralom i svakog momenta dostupno je stanje njihove produktivnosti i praćenje izvršenja operativnog plana, te se na taj način vrši upravljanje proizvodnjom. Ukoliko nastupi neka greška, postoji mogućnost brze i efikasne intervencije, otklanjanja kvara ili ukoliko je neophodno, angažovanje druge mašine kako bi se realizovao zadati plan proizvodnje. Znači, kvalitet ovakvog upravljanja omogućuje potpunu kontrolu realizacije proizvodnih zahteva. Svakako ne treba zaboraviti unutrašnji transport koji je kvalitetniji uz upotrebu konvejera (nego autokorpe) koji se kreće po definisanim transportnim putevima između mašine, opreme i uređaja. Sve napred iskazano mora biti sa takvim rasporedom CNC mašine, da transport kretanje između njih bude minimalno, jer takvo unutrašnje kretanje proizvodnih elemenata, podsklopova, sklopova i kompletnog proizvoda znatno utiče na troškove. Sa centralnog mesta odakle se upravlja proizvodnjom vrlo brzo se vidi kada dođe do nekog zastoja proizvodnog toka bilo kog elementa u proizvodnji.

Zamena alata , specijalnog alata ili pomoćnog pribora mora da bude unapred pripremljena i da se minimalnim utroškom vremena ista kvalitetno i efikasno izvede. Jano je da ovako funkcionisanje proizvodnje mora da prati potpuna i sveobuhvatna logistika koja vrši praćenje proizvodnog toka.

4. KONTROLA KVALITETA

Kontrola je potproces upravljanja kojim se vrši merenje, poređenje, provera i ocena tekućeg stanja i događanja. Kao standard za obavljanje merenja, upoređivanja i ocene služe planirani rezultati i planirana stanja. Uopšteno gledano, kontrola se zasniva na principu povratne sprege, po kome je izlazne veličine potrebno meriti i porediti sa ulaznim, odnosno planiranim rezultatima, ili sa unapred utvrđenim kriterijumima. Ukoliko se utvrdi da između ulaznih i izlaznih rezultata postoji odstupanje, preduzimaju se odgovarajuće mere i akcije da se ova odstupanja otklone. Pošto otklanja odstupanja od planiranog cilja, kontrola deluje kao regulator procesa upravljanja. Bez kontrole nije moguće ostvariti planirane rezultate i ciljeve, a to znači da bez nje nije moguće upravljanje.

Kontrola kvaliteta predstavlja skup aktivnosti i akcija usmerenih na: planiranje potreba i načina sprovođenja kontrole kvaliteta, utvrđivanje nivoa kvaliteta nekog entiteta u odnosu na planirane zahteve, učestvovanje u preduzimanju mera u slučaju odstupanja, izveštavanje o ovim rezultatima i učestvovanje u analizi ovih rezultata.

Proces sprovođenja kontrole kvaliteta naziva se kontrolisanje. U odnosu na tehnološki proces, kontrola kvaliteta može se podeliti na: ulaznu (prijemnu), procesnu (međuooperacijsku) i završnu kontrolu kvaliteta. „Kontrola kvaliteta nekad predstavlja i organizacionu celinu unutar poslovnog sistema“.³ Znači od izuzetnog je značaja kontrola kvaliteta kod malih preduzeća, jer ista stvara nova tržišta ukoliko je proizvod kvalitetan kako po izradi tako i po funkciji. Znači, nepisano pravilo je da svaki proizvod koji se stvara kod malih preduzeća mora da bude kvalitetan kako bi obezbedio i proširio tržište. Najznačajnija je međufazna kontrola koja obezbeđuje besprekornu završnu kontrolu.

Svaka proizvodnja zbog svoje specifičnosti ima svoje karakteristične kontrolne sisteme. Zbog toga, biće pomenuti samo neki koji se najčešće pojavljuju u praksi, a to su: KONTROLA KVALITETA PROIZVODA, KONTROLA PROIZVODNJE, KONTROLA ZALIHA, KONTROLA TEHNOLOŠKIH PROCESA, KONTROLA FINANSIJSKIH SREDSTAVA, KONTROLA TROŠKOVA, KONTROLA IZVOĐENJA PROJEKTA i dr.

Kontrola kvaliteta proizvoda obuhvata sledeće faze: ispravnost, funkcionalnost, estetski izgled, način pakovanja i rukovanja proizvodom koji je spreman za tržište, odnosno zadovoljava sve zahteve kupca. Ispravnost proizvoda znači da je proizvod sačinjen od elemenata – delova koji su odgovarajućeg kvaliteta, što je definisano tehničkom dokumentacijom. Funkcionalnost proizvoda podrazumeva nesmetan rad svih mehanizama ili pokretnih elemenata, pri čemu se teži da takav rad bude tih, miran i nečujan. Estetski izgled čini proizvod lepim, što privlači kupca i podstiče ga da razmišlja o kupovini. Lak i brz način rukovanja proizvodnjom znači da je isti kvalitetno proizveden. Kako postoje različiti proizvodi po konstrukciji i gabaritnim dimenzijama, to je način ocenjivanja njihovog kvaliteta različit i specifičan. Pakovanje je takođe jedna od karakteristika, koja privlači kupca.

Kontrola kvaliteta proizvoda je završna kontrola, dok kontrola proizvodnje predstavlja tzv. međukontrolu, koja ima za cilj ostvarenje postavljenog kvaliteta proizvoda.

5. ZAKLJUČAK

Iz napred iznetog može se videti da bez obzira na veličinu preduzeća, neophodno je odraditi sve aktivnosti. Znači kompletan CIM sistem je neophodan da bi preduzeće kvalitetno funkcionisalo, a samo se menja broj izvršilaca kod malih, srednjih i velikih preduzeća. Dok kod malih preduzeća jedan do dva izvršilaca opslužuju kompletnu proizvodnju, dotle kod drugih oblika preduzeća prisutan je daleko veći broj izvršilaca. Iz ovoga proizlazi da je obim posla pripremanja, upravljanja proizvodnjom i kontrole za sve proizvodne sisteme isti ili jednak. To govori da je CIM sistem neophodan za sve vrste proizvodnje.

LITERATURA

- [1] dr Petar Jovanović, redovni profesor, urednik „LEKSIKON MENADŽMENTA“, FON, Beograd, 2003. god.
- [2] dr Vladimir Milačić i dr Žarko Spasić: „KOMPJUTERSKI INTEGRISANI TEHNOLOŠKI SISTEMI , CIM SISTEMI“. Mašinski fakultet, JUPITER, Beograd, 1990 god
- [3] dr. Zoran Radojević, red.prof., „PLANIRANJE I PRIPREMA SAVREMENE PROIZVODNJE“ Službeni list SRJ, Beograd, 1997. god.
- [4] dr Zoran Radojević, red.prof. „OPERATIVNI MENADŽMENT“, Grafoslog, Beograd, 2002. god.
- [5].dr Zoran Radojević, red.prof. „KONTROLA KVALITETA“, VSTŠ, Beograd, 2007. god.

CIM – SYSTEMS SMALL MANUFACTURING ENTERPRISES

Abstract: *Many Small Enterprise today are looking for means which could secure their market competitiveness. One of them is implementation of Computer Integrated Manufacturing (CIM) systems, which are increasingly being used as weapon by manufacturing enterprises in competitive business environment. This paper shall present the CIM systems implementation model in a small enterprise. The model, presented thought phases shall demonstrate certain procedures and activities which follow the implementation of CIM system in small enterprises.*

Key words: *Manufacturing, Small Enterprises, Preparation, Management, Quality, CIM Systems*



**RISK MANAGEMENT AS
INNOVATIVE LEARNING ACTIVITY FOR ALUMNI α ME β ASSOCIATION MEMBERS**

Veljković, Z¹, Radojević, S², Spasić Ž³

Summary:

In recent years, risk management received growing interest in many other areas than economy and insurance, especially in industrial sectors. Serbian economy had rapid grow rates over last few years, but after severe drawback in 1990s, GDP is still at lower level than before. Serbian companies need to increase quality level of products and effectiveness of manufacturing and service to achieve potential of quick reaction on market changes and demands. Consequently, there is strong demand for management of industrial risk.

This paper describes basics of risk management. This is associated with need for development of lifelong learning and graduate conversion courses for unemployed or inappropriately employed university graduates by association and collaboration with industries and individuals through Alumni Fund of Mechanical Engineering. Basic knowledge and course outlines for those problems are established.

INTRODUCTION

Risk analysis and risk management is usually connected with insurance since 1970s. Since 1980s risk entered, finance through banking risks, so today is one of the mayor economic categories. Apart from economy and insurance, in recent years, risk management received growing interest in many other areas especially in industrial sectors and applied science [1].

Today, in modern society, risk management have wide application in special industrial sectors such as energy supply, manufacturing and service industries, in control of industrial systems, especially from aspect of quality control, production, design, technology, industrial engineering, data management in IT, education etc. Therefore, risk assessment and management must be an integral part of the decision making process.

In Serbia, there is a rapid economical growth in the last few years. However, after severe drawbacks in 1990s, GDP is still smaller than in 1990, with mayor problem of high export deficit. To be competitive in foreign market Serbian companies need to increase the level of quality of their product and services, as well as an effectiveness of manufacturing. It is necessary to develop potential to quickly react on changes in market and demand conditions. Consequently, there is a strong demand for analysis, management and control risk in industry, engineering and industrial systems. This places a demand for adequate risk training for engineers [1].

¹ Zorica Veljković, Mašinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za Industrijsko inženjerstvo, e-mail: zveljkovic@mas.bg.ac.yu

² Slobodan Radojević, Mašinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za Matematiku, sradojevic@mas.bg.ac.yu

³ Žarko Spasić, Mašinski fakultet Univerziteta u beogradu, Katedra za Proizvodno mašinstvo, zspasic@mas.bg.ac.yu

1. RISK MANAGEMENT IN INDUSTRY

1.1. Definition of Risk and Risk Management

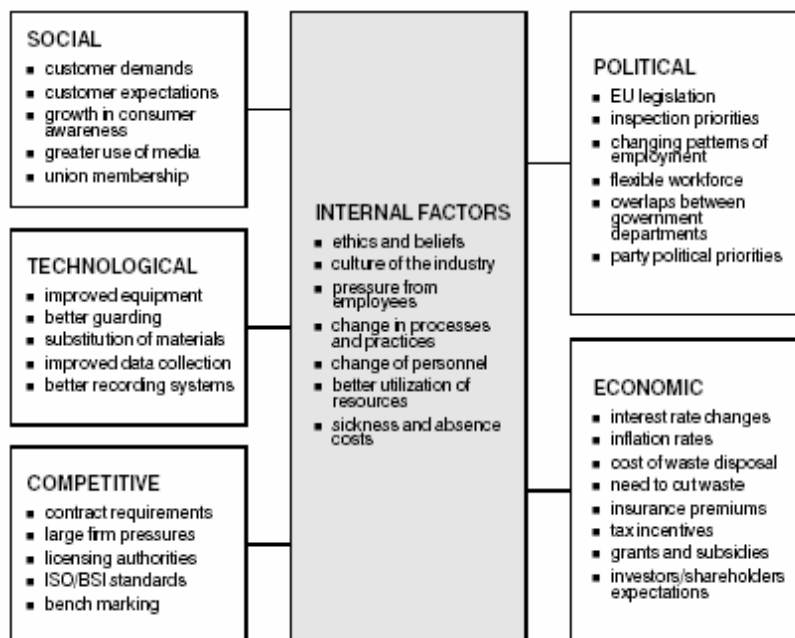
Production/project risk is an uncertain event or condition that, if it occurs, has a positive or negative effect on at least one production/project objective. Risk management refers to identification, assessment, and response to risk in production/projects thought production/project circle [2].

Risk management involves:

- identification of risks
- risk quantification
- development of responses (measures) on risk
- control of risk responses.

1.2. Basic risk factors in manufacturing and enterprises

Main pressures influencing any business, therefore and manufacturing are presented at picture 1 [3].



Picture 1. Main pressures on business [3]

In this environment, basic risk factors (10 P's) influencing business or manufacturing are [3]:

- premises - location of the factory, factory layout, nearest of the customers or distribution centers etc.
- product or service - type of industry, flexibility, raw materials, quality, environmental issues
- Purchasing - access to supplies, storages and warehousing, inventory management, payment terms, cost of inventory etc.
- people - type of workers in organization from top management, through middle management to workers, their organization, skills, commitment
- procedures - procedures of production, production documentation, record keeping, system of reporting, system of analysis of documentation, use of standards, emergency procedures..
- protection - personal protection of workers and outside environmental protections, insurances, security
- process - production procedures, waste and scrap management, technology, use of new materials, flexibility of processes
- performance - level and improvement of performance, targeting right goals, monitoring, measurement tools, consistency, validity of data

- planning - planning, scheduling, access to relevant data, management skills, external factor, levels of control, investment options
- policy - range of policies that support strategic plans of the enterprise.

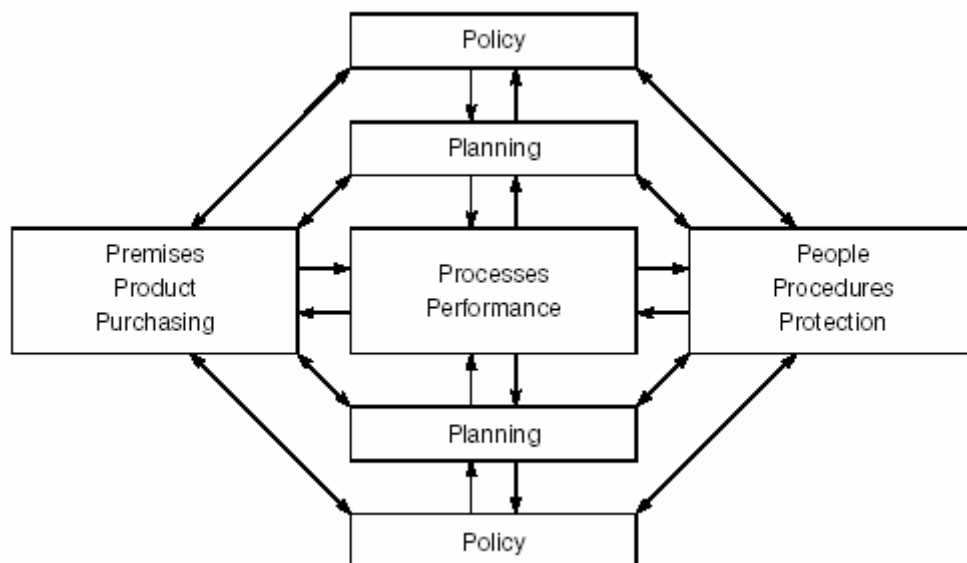
1.3. Impact of basic risk factors on manufacturing and enterprise

Each of those elements represents different type of risk, which could have impact at each other or independently (positive or negative impact). No one can eliminate all risks in all areas. Important thing is to identify main risks that can occur or can have greatest impact on enterprise. Evaluations of those factors include [3]:

- extend of potential harm or damage on production, process, and enterprise overall;
- possibility (probability) of occurrence
- potential impact on long term strategy of business
- short term effects on individual risk factors
- influence of internal strength and weaknesses of enterprise
- ability to recover if risk occurs
- impact on owners, shareholders, employees, image of the enterprise
- litigation.

Impact of basic risk categories could be divided in 4 major groups, which could have impact on processes in enterprise (Picture 2). Those groups are:

1. Physical properties - premises/product/purchasing from suppliers
2. People impacts - people/procedures they follow/work protection
3. Functioning of processes - processes/performance regarding the quality, cost and time targets
4. Management - policy and strategy of planning and organizational issues.



Picture 2. Impact of basic risk factors on performance [3]

2. METHODS FOR RISK ANALYSIS

Risk management demands quantification of risk thought two basic elements - uncertainty of outcomes and consequences of each outcome [4]. Shifting management decision toward data driven decision making, increases number of professionals and managers in industry, government and academic circles who apply risk management as an empirical quantitative scientific activity [5].

Methods for risk analysis include wide specter of probabilistic and statistical methods such as basic probability and statistical methods [4], [5], [6], [7]:

- Basic probability principles,
- Distribution and random variables,
- Conditional distribution and their application
- Parametric and non-parametric hypothesis testing,
- Poisson models,

in addition, even more advanced statistical methods such as:

- Bayesian interference,
- Bayesian networking interference diagram,
- Non parametric Bayesian methods,
- Markov chains and Monte Carlo simulation,
- Decision trees and influence diagrams,
- Fault tree analysis,
- Event tree diagrams and analysis,
- Multiobjective tree diagrams,
- Multiobjective risk impact analysis,
- Data mining methods etc.

Application of those statistical methods demands also and knowledge and application of adequate statistical program packages, such as STATISTICA, RISK, SPSS, MATLAB etc.

3. EDUCATION IN RISK MANAGEMENT VIA α ME β

However, quantitative and stochastic activities in risk analysis, modeling, and management are insufficiently integrated in engineering academic learning, as independent areas of research and practice [1]. There are no, and never have been adequate courses that independently cover problems of risk management in industry and manufacturing. That results in inadequate and insufficient knowledge of this subject in graduated mechanical engineers.

In recent years, there is constant need for improvement in knowledge of graduate mechanical engineers, or as a form of long life learning, or as a form of graduate conversion knowledge targeting unemployed or unappropriately employed graduated mechanical engineers [1].

Those goals could be achieved by organizing appropriate 7-10 day courses via Alumni Fund of Mechanical Engineering Faculty, University of Belgrade. Those courses will straighten connections of graduate students and industry partnerst with Faculty of Mechanical Engineering even after their graduation.

Courses regarding risk management would be consist of introduction of basic knowledges on risk management, training for adequate statistical program packages, training in application of statistics case studies with practitioners. Those courses will include participation of several experts from different fields, divided in modules, as it is shown at Table 1 [1], [8].

Thematic	Teacher
General risk knowledge, organizational aspect of risk	Professor of management
Statistical methods	Professor from IT or mathematical department
Application of statistical softer	
Specific thematic defined below, one or more, could be defined in modules for different interesting groups	Professor/s from specific field of interest
Application of specific statistical and softer	Professor from IT or mathematical department
Industrial experiences	Guest from industrial practice
Economic aspects of risk analysis	Professor of economy or management

Picture 1. Structure of Risk Management Course [1],[8]

CONCLUSION

Risk management in industry and manufacturing field is one of the major actual and important subjects in modern manufacturing and industrial systems. Therefore, it should be included in undergraduate sibilys at Faculty of Mechanical Engineering. In addition, graduate students should be improve and modernize their knowledge in recent developments in the field of management of industrial and manufacturing systems. That could be achieved via courses organized through **αMEß** and with constant cooperation between engineers, Faculty of Mechanical Engineering, and industrial partners.

REFERENCES

- [1] ETF-JP-00356-2008 TEMPUS proposal European Risk Management Training Framework (2008)
- [2] (*PMBOK® Guide*) 3rd. ed. ANSI/PMI 99-001-2004 (2004)
- [3] Jeynes, J. *Risk Management: 10 Principles*, BH, (2002)
- [4] Haimes, YY *Risk Modeling, Assessment and Management*, 2nd ed., Wiley, (2002)
- [5] Bertsch, V *Uncertainty Handling in Multi-Attribute Decision support for Industrial Risk Management*, universitätsverlag karlsruhe (2008)
- [6] Rychlik, I, Ryden, J *Probability and Risk Analysis (An Introduction for Engineers)*, Springer (2006)
- [7] Condamin, L. et.al. *Risk Qualification*, Wiley, (2006)
- [8] Spasic, Z *Integrisani Sistem Kvaliteta digitalnog Univerziteta*, Mašinski fakultet u Beogradu (2007)

Apstrakt

Poslednjih godina, upravljanje rizicima je postalo interesantno u mnogim oblastima pored ekonomije i osiguranja, naročito u industrijskom sektoru. Srpska ekonomija je imala brzu stopu rasta tokom proteklih nekoliko godina, ali posle ozbiljne recesije tokom 1990tih godina, godišnja stopa rasta još nije dostigla nivo 1990.g. Srpska preduzeća moraju da povećaju nivo kvaliteta svojih proizvoda kao i efikasnost svoje proizvodnje i usluga da bi povećala mogućnost brzog odgovora na tržišne promene i njegove zahteve. Shodno tome, postoje jasni zahtevi za upravljanjem industrijskim rizicima.

Ovaj rad daje osnovne pojmove upravljanja rizicima. To je povezano sa potrebom razvoja stalnog usavršavanja inženjera celog njihovog radnog veka, kao i postavljanja kurseva preobuke za nezaposlene i neadekvatno zaposlene inženjere preko povezivanja i saradnje industrije i pojedinaca preko Alumni Fonda Mašinskog fakulteta u Beogradu. Postavljena su osnovna znanja koja treba dobiti na ovim kursevima.

R. Ostojić¹, B. Bricman², Ž. Spasić³**KOPA.ERP U INFORMACIONOJ INTEGRACIJI PROIZVODNIH PREDUZEĆA***Rezime*

Proces proizvodnje je srce poslovnog sistema proizvodnih preduzeća, a odgovarajući informacioni podsistem koji ga pokriva je jezgro informacione podrške koja objedinjuje i dokumentuje sve njegove resurse. U ovom radu detaljnije se opisuju informacioni tokovi osnovnih resursa proizvodnje koje čini radna snaga, sredstva i predmeti rada. S obzirom da je sam proces proizvodnje nezamisliv bez procesa planiranja, razvoja i projektovanja proizvodnih procesa i samih proizvoda, obuhvatiće se i podsistemi koji pokrivaju ove poslove kako bismo dobili jasnu sliku funkcionisanja sistema. Model koji opisujemo je opšti model modernog ERP sistema, koji treba da pokriva različite tipove proizvodnje kao što su serijska, komadna, procesna.

PODSISTEMI KOPA.ERP

KOPA.ERP je integralno i sveobuhvatno rešenje razbijeno u module i to:



¹ Dipl.ing.maš. Radovan Ostojić, Key IT d.o.o., Beograd, Srbija, rade.ostojic@keyit.co.yu

² Dipl.ing. maš. Branko Bricman, KOPA d.d., Slovenj Gradec, Slovenija,

³ Drof. dr Žarko Spasić, Mašinski Fakultet, Beograd, zspasic@mas.bg.ac.yu

Zajednička Područja

- Standardizacija
- Vodjenje procesa
- Autorizacija
- Generator (podlog) postavke izveštavanje
- Generator analiza

Prodaja i marketing

- Planiranje prodaje
- Ugovori
- Odnosi sa kupcima
- Katalozi
- Narudžbine prodaje
- Automatski prenosi
- Fleksibilne promene organizacije
- Vodjenje prodaje po poslovnim jedinicama
- Vodjenje prodaje po pridruženim preduzećima
- Prodaja za sva preduzeća u vlasništvu
- Analize prodaje
- Višejezično korišćenje
- Vodjenje poreza u različitim državama
- Različiti ispisi za različite kupce
- Vođenje prodajnih programa
- Preferencijalno traženje ugovora
- Broj cenovnika po želji
- Vrste perioda

Skladišna logistika

- Sve vrste prometa
- Različite metode poslovanja
- SVS skladištenje
- Izveštaji i analize
- Sve vrste količina
- Vođenje kooperacije
- Ulazne i izlazne kontrole
- Potpuna sledljivost

Nabavka

- Planiranje nabavke
- Ugovori
- Odnosi sa dobavljačima
- Praćenje nabavke
- Katalozi
- Narudžbine nabavke
- Analize nabavke
- Poželjni koraci kod knjiženja
- Automatsko zatvaranje narudžbina
- Različite vrste narudžbenica
- Opozivi
- Automatski prenos signalnih zaliha
- Uređivanje otvorenih narudžbina

Kadrovski izvori

- Stručna sprema
- Školovanje
- Znanja
- Zaštita na radu
- Zdravje
- Generator rešenja

Troškovi rada

- Veza sa osiguravajućim društvima
- Elektronske uplatnice
- Parametrizacija obračuna
- Rad po ugovoru
- Autorski honorari, ...
- Registracija RČ
- Generator poruka
- Krediti
- Članarine
- m1..m4...
- Analitika

Strateško praćenje sredstava

- Održavanje uređaja,mašina...
- Optimiranje zaliha rezervnih delova
- Raspoloživost izvora
- Nadzor i pregled troškova
- Prioriteti izvršavanja remonta
- Planiranje i raspoređivanje rada

Finansije sa računovodstvom

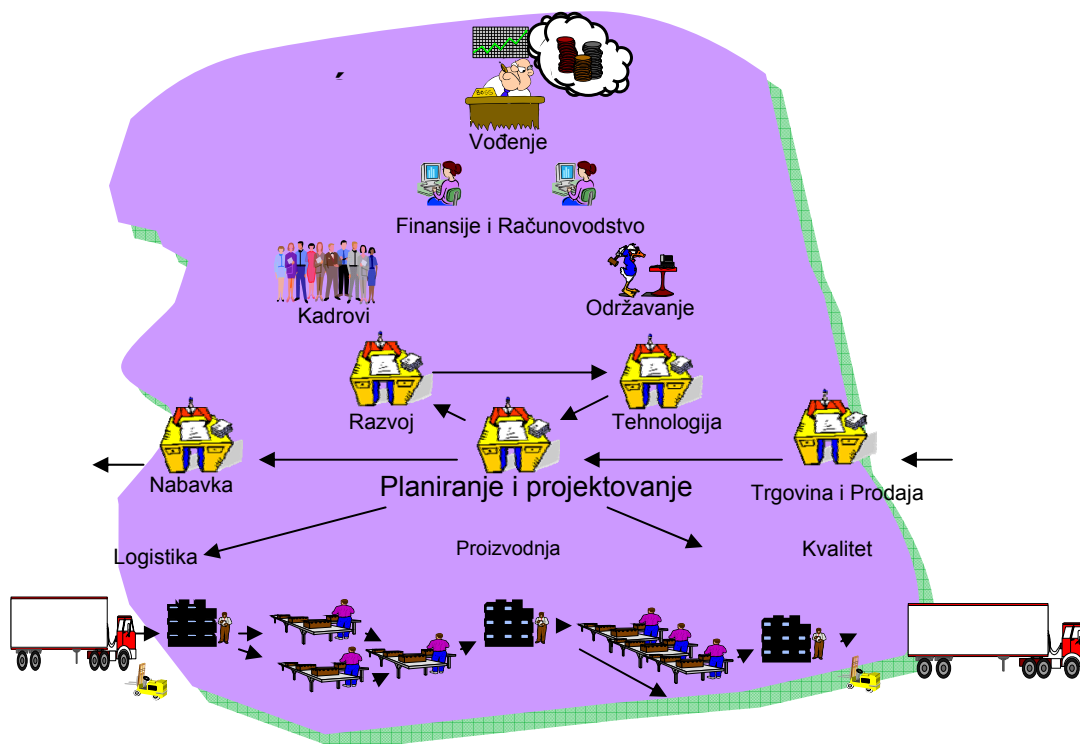
- Izveštaji i analize
- Praćenje faktura
- Poreske evidencije
- Materijalne evidencije
- Blagajničko poslovanje
- Barkodovi u osnovnim sredstvima
- Praćenje sitnog inventara
- Potraživanja i obaveze
- Izveštavanje poslovnom okruženju
- Konsolidacija
- Elektronsko plaćanje
- Glavna knjiga
- Knjiga ulaznih faktura
- Sitan inventar
- Osnovna sredstva
- Potraživanja i obaveze
- Materijalno knjigovodstvo
- Gotovi proizvodi
- Finansijska operativa
- Obračun PDV
- Obračun proizvodnje
-

Proizvodnja

- Diskretna
- Procesna
- Na zalihu
- Narudžbena
- Varijante (+/-)
- Simulacije
- Vrednovanje
- Kvalitet
- Sledljivost
- Obračun proizvodnje

Moduli i podsistemi koji su tesno vezani sa proizvodnjom i održavanjem i bez čije potpune implementacije nije moguće ostvariti potpunu informacionu integraciju proizvodnih preduzeća:

- ☐ Prodaja
- ☐ Sastavnice
- ☐ Radni postupci
- ☐ Kapaciteti
- ☐ Pred kalkulacije
- ☐ Planiranje proizvodnje
- ☐ Lansiranje proizvodnje
- ☐ Praćenje proizvodnje
- ☐ Pokalkulacije
- ☐ Obračun proizvodnje
- ☐ Nabavka
- ☐ Skladištenje



ZAKLJUČAK

Uspešnom informacionom integracijom preduzeća između ostalog dobijamo:

- Podaci se unose jedanput na jednom mestu.
- Podaci su odmah na raspolaganju u svim potrebnim aplikacijama.
- Dokumenti se unose jedanput.
- Dokumenti se jednostavno pretvaraju iz jednog oblika u drugi.
- Svako potvrđeno knjiženje je odmah na raspolaganju svakom autorizovanom korisniku.

KOPA.ERP IN INFORMATION INTEGRATION OF MANUFACTURING ENTERPRISE

Abstract. *Production process is the heart of business systems of production companies, whereas an adequate information subsystem covering it is the core of the information back-up, which incorporates and documents all its resources. This article shall describe in greater detail information trends of basic production resources, comprised of workforce, tools, and the task object. The very production process would be hard to imagine without process planning, development, design of production processes, as well as products themselves. Thus in order to get a clear picture of how the system functions, we shall also cover the subsystems that involve these tasks. The model we are describing is a general model of advanced ERP, which ought to cover different types of production- such as serial, command, and process production.*



N. Lapčević, Ž. Spasić¹

PRIMERI INFORMACIONE INTEGRACIJE POSLOVNIH FUNKCIJA U PREDUZEĆU INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA²

Rezime

Proizvodno preduzeće integrisanih tehnologija Ikarbus je započelo internu i eksternu informacionu i funkcionalnu integraciju poslovnih funkcija primenom ERP MAX sistema koji povezuje aktivnosti projektovanja, planirana i dodeljivana resursa, proizvodnje, lanca snabdevanja, ekonomsko-finansijske i sve druge aktivnosti. Obrazovanje je takođe važan CIM podsistem za uspešnu saradnju univerziteta i industrije koji podrazumeva profesionalne treninge studenata i treninge za inovaciju znanja zaposlenih.

1. UVOD

Ikarbus je osnovan pod prvobitnim imenom Ikarus 1923. godine kao prva fabrika aviona na Balkanu. Prvi avion "Brandenburg" je proizveden 1924. godine, dok je avionom Š-451MM postavljen 1957. godine svetski rekord u brzini. Prvi autobus je proizveden 1954. godine po licenci "Saurer" [1]. Danas je Ikarbus akcionarsko društvo sa oko 720 zaposlenih. Lider je u proizvodnji autobusa u Jugoistočnoj Evropi i predstavlja značajan potencijal privrede Srbije. Proizvodi kompletnu gamu gradskih, međugradskih i turističkih autobusa, kao i autobuse na prirodni gas. Svojim modelima modernog dizajna, sa tehnološko-tehničkim rešenjima po najvišim svetskim standardima i normama, Ikarbus ravnopravno konkuriše najvećim evropskim proizvođačima. Iz proizvodnih pogona kapaciteta 1.000 vozila godišnje izlaze moderna vozila visokog kvaliteta i pouzdanost koji su potvrđeni u najtežim uslovima rada, od polarnih oblasti Rusije, do pustinjskih oblasti Afrike.

Ikarbus trenutno saraduje sa većim brojem fakulteta i univerziteta. Posebno mesto u saradnji zauzima Univerzitet u Beogradu i Mašinski fakultet istog univerziteta. Ambicije Ikarbusa su da, kao proizvodno preduzeće integrisanih tehnologija, bude aktivan učesnik u integracionim trendovima Evrope. U ovom radu se prikazuju napor da se digitalizuje poslovanje fabrike modifikacijom i proširenjem ERP MAX izveštaja u saradnji sa Mašinskim fakultetom, a u okviru novog projekta Ministarstva za nauku i tehnologiju Srbije i kao priprema za učešće u FP7 programu Evropske unije.

2. PREDUZEĆE INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA

Integracija opštih, inženjerskih, proizvodnih, poslovnih, finansijskih i drugih funkcija CIM-preduzeća je kompleksan zadatak koji se realizuje uspešno ako su postavljene teorijske osnove integracije u sistemskom pristupu rešavanja problema [2]. Usvojen je model informacione integracije [3] i koncept integracije CIM-podsistema i CIM-modula koji podrazumeva razvoj referentnog CIM modela u parcijalne i partikularne modele prema CIMOSA standardima ESPRIT programa Evropske unije [4].

Sve kompjuterizovane aktivnosti proizvodnog preduzeća integrisanih tehnologija kroz globalni koncept CIM-preduzeća (CIM – *Computer Integrated Manufacturing*) integriše sve druge koncepte (CAD/CAM, TQM, STEP, ERP, SAP, SCM, CRM, BPR i slično). Referentni model CIM-preduzeća prema

¹ Nebojša Lapčević, dipl. inž. maš., Ikarbus, Zemun, e-mail: nlapcevic@sezampro.yu

Profesor dr Žarko Spasić, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu

² Rad je deo saradnje industrije Ikarbus i Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na postavljanju stručnih treninga i laboratorijskih vežbi za studente prema novim nastavnim programima i principima Bolonjske deklaracije po evropskim standardima u nastavi. To je i novi projekt Ministarstva za nauku Republike Srbije.

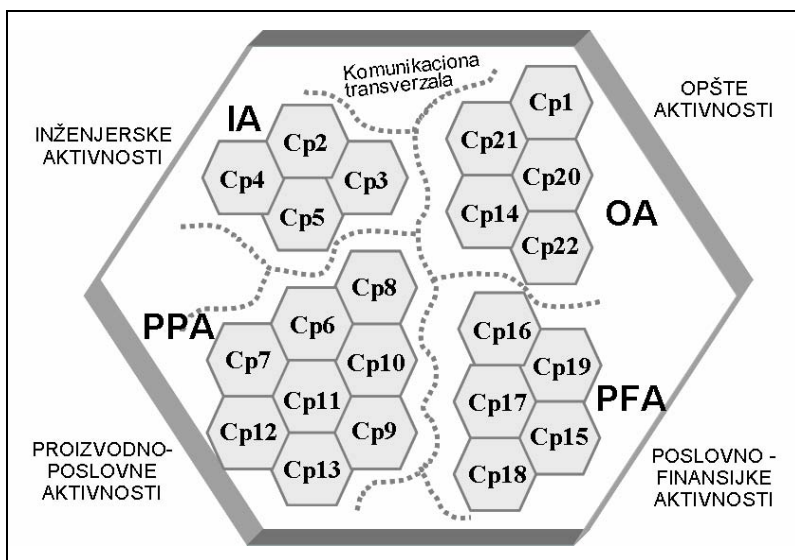
[2] sadrži 22 CIM-podsistema (Cp_i, i = 1-22) grupisanih u četiri glavne oblasti proizvodno-poslovnog sistema i poslovnog okruženja digitalnog preduzeća (slika 1). To su:

Opšte aktivnosti (OA): Cp1 - Klasifikacija elemenata poslovanja, Cp14 - Integrisano upravljanje kvalitetom (CIM/QA), Cp21 - Simulacije i statistika performansi poslovanja, Cp20 - Zaposleni i novi radni sadržaji, Cp22 - Obrazovanje.

Inženjerske aktivnosti (IA): Cp2 - Projektovanje proizvoda (CAD), Cp3 - Projektovanje tehnologije (CAM, CAD/CAM), Cp4 - Metode inženjerskih proračuna (CAE), Cp5 - Sastavnice, pregledi ugradnje i normativi materijala i vremena.

Proizvodno-poslovne aktivnosti (PPA): Cp6 - Planiranje i priprema proizvodnje, Cp7 - Terminiranje i praćenje proizvodnje, Cp8 - Upravljanje zalihama, Cp9 - Transport i skladištenje, Cp10 - Priprema i distribucija alata i pribora, Cp11 - Upravljanje mašinama, robotima i uređajima, Cp12 - Održavanje i dijagnostika, Cp13 - Praćenje proizvoda u eksploataciji.

Poslovno-finansijske aktivnosti (PFA): Cp15 - Marketing, Cp16 - Nabavka, Cp17 - Prodaja, Cp18 - Ekonomija i finansije, Cp19 - Pravna regulativa i ugovori.



Slika 1. Referentni CIM-sistem preduzeća integriranih tehnologija

Definisani CIM-podsistemi integrišu CIM-module i međusobno razmenjuju informacije koristeći komunikacione transversale realizovanih komunikacionih mreža CIM-preduzeća i poslovnog okruženja (kupci, dobavljači, kooperanti, univerzitet, banke i drugi). Razumevanje integracionih trendova, kao i poznavanje proizvodnih i poslovnih procesa i aktivnosti CIM-preduzeća su preduslovi za funkcionalnu i informacionu integraciju. Teorijske osnove predstavljaju preduslov za uspešnu realizaciju postavljenog zadatka. Naredni korak je primena u usvojenom proizvodno-poslovno-obrazovnom okruženju, pri čemu se projektuju CIM-podsistemi sa odgovarajućim CIM-modulima i CIM-interfejsima. Referentni CIM model predstavlja polaznu osnovu za integraciju proizvodnih, informacionih i komunikacionih tehnologija proizvodnog preduzeća. To su modeli CIM-sistema koje uglavnom definišu akademske institucije ili vodeće industrije sveta kao rezultate istraživačkih projekata većeg broja eksperata. Usvojeni referentni model se dalje razvija u parcijalne modele za pojedine grupacije industrija sličnih proizvodno-poslovnih parametrima. Partikularni modeli CIM-sistema odnose se na konkretna preduzeća ili kompanije. Vodeće industrije sveta i neke domaće industrije postavile su svoje CIM-koncepte radi vođenja strategije dugoročnog razvoja. Okvirni model informacione integracije je prezentiran na ESPRIT konferenciji [3] na kojoj su definisani prioriteti za FP5 program (5th Framework Programme) istraživanja Evropske unije, posle čega su uvedene sankcije.

3. INTEGRACIJA I PROŠIRENJE MOGUĆNOSTI ERP SISTEMA

EPR (*Enterprise Resource Planning*) je paket programa za planiranje i dodelu resursa CIM-preduzeća koje integriše sve njegove poslovne funkcije koje se ostvaruju u svim poslovnim jedinicama koje međusobno komuniciraju na optimalan način, preuzimajući poslovne procese redosledno ili paralelno. Prema [5], osnovni delovi ERP sistema su *Menadžment poslovnima u pogonu*, *Menadžment materijalom*, *Menadžment*

relacijama sa kupcima i prodaja i Menadžment finansijama. Na prošlogodišnjoj JUPITER konferenciji je prikazan životnog ciklusa ERP sistema [6-8], zajedno sa izlaznim izveštajima koji su se odnosili na poslovanje sastavnicama i proizvodnim nalogima u redovnom poslovanju Ikarbusa. U fazi primene dolazi do modifikacije i integracije pojedinih ERP rešenja uz prilagođavanja specifičnostima CIM-preduzeća na primerima normativa materijala i vremena na osnovu informacionih sadržaja sastavnica i tehnološkog postupka. Vrednovanje uspešnosti primenjenih rešenja izvodi se na osnovu upoređivanja performansi poslovanja za određene vremenske periode.

Na slikama 3-7 su delimično prikazani formati dokumenata sa realnim podacima koji se u proizvodno-poslovnom sistemu Ikarbus dobijaju primenom ERP MAX sistema i koriste u odeljenju za *Pripremu i planiranje proizvodnje*. To su: *Tehnološki postupak*, *Ukupno vreme izrade* i *Nabavne stavke u nalogima*. Izveštaj *Tehnološki postupak* je izdiferenciran po operacijama do nivoa materijala u strukturnoj sastavnici. Ovaj izveštaj daje informaciju o mestu izrade dela (ili na kom radnom centru), o količini elemenata koji se ugrađuju u podsklop, kao i o pripremnom vremenu i vremenu izrade za svaki element. Izveštaj *Ukupno vreme izrade* daje podatke o vremenu pripreme i vremenu izrade po operacijama. Na kraju se daje ukupno vreme. Oba ova vremena imaju značajnu ulogu u određivanju kalkulativne cene vozila, uz podatke o vrednostima materijala koji se dobija iz izveštaja *Nabavne stavke u nalogima* ove dve stavke čine najznačajniji deo u određivanju ukupne cene vozila. Postavljeni cilj je da se definiše informacioni tok za definisanje ponude potencijalnim kupcima finalnih proizvoda.

4. UNIVERZITETSKA NASTAVA I STRUČNI TRENING STUDENATA U INDUSTRIJI

Stručni treninzi u industrijskim i akademskim centrima koriste se za sticanje znanja i veština studenata Mašinskog fakulteta, kao i inovaciju znanja zaposlenih eksperata industrije. Studenti proveravaju teorijske modele pojedinih predmeta realnim podacima i u proizvodnim uslovima industrija. Eksperti industrija usvajaju nova znanja uvodeći nove metode i tehnologije u procesima projektovanja i proizvodnje.



Slika 2. Studenti u Ikarbusu (Kvalitet inženjerskog obrazovanja)

Elementi za sračunavanje ukupnog vremena angažovanja (opterećenja) studenata u nastavnim aktivnostima su konsultantski časovi za nastavne predmete i module, priprema pre zaključenja konačne ocene posle lekcija i seminara i nezavistan rad za uspešan završetak kursa. Nezavistan rad obuhvata izbor i prikupljanje relevantnih materijala, čitanje i studiranje radnog materijala, izrada seminarskih radova, priprema za pismeni deo ispita, pisanje izveštaja, završnih radova i nezavistan rad u laboratorijama. Posebna pažnju zaslužuju stručni treninzi studenata u industriji (*slika 2*) u okviru novih predmeta. Opis nastavnih predmeta i modela se daje prema standardima Komisije za akreditaciju koje usvajaju fakulteti i univerziteti. Uz pomoć industrija Ikarbus – Zemun i FAP – Priboj postavljena su tri nova predmeta i to:

Kvalitet inženjerskog obrazovanja,
 Informaciona integracija poslovnih funkcija,
 Računarski integrisani sistemi i tehnologije,

III semestar;
 V semestar;
 VIII semestar.

Sastavnice - [Vizualna sastavnica]

Akcija Izveštaj Masovne obrade Opcije Prozor Alati Pomoć

1 + 4/24/2007 Svi datumi Nulta kol.

Identifika: IK103036

IK103036 1 KO
VOZILO IK-103 VAR 036

7/25/2005 521103023 1 KO
SASIJU VOZILA IK.103

7/25/2005 522103024 1 KO
KAROSERIJA VOZILA IK.103

7/25/2005 523103011 1 KO
OPREMA VOZILA IK.103

7/25/2005 524103017 1 KO
ELEKTROOPREMA IK.103

IK103036 VOZILO IK-103 VAR 036
 IK103037 VOZILO IK-103 VAR 037
 IK103038 VOZILO IK-103 VAR 038
 IK103042 VOZILO IK-103P VAR 042
 IK103043 VOZILO IK-103P VAR 043
 IK103044 VOZILO IK-103P VAR 044
 IK103045 VOZILO IK-103P VAR 045
 IK103046 VOZILO IK-103P VAR 046
 IK103047 VOZILO IK-103P VAR 046
 IK103048 VOZILO IK-103P VAR 048
 IK103061 VOZILO IK-103 VAR 061
 IK103062 VOZILO IK-103 VAR 062
 IK103063 VOZILO IK-103 VAR 063
 IK104000 VOZILO IK-104 VAR 000
 IK104001 VOZILO IK-104 VAR 001
 IK104002 VOZILO IK-104 VAR 002
 IK104003 VOZILO IK-104CNG VAR 003
 IK104004 VOZILO IK-104 VAR 004
 IK104005 VOZILO IK-104 VAR 005

1 + Ugradnja Svi datumi Nulta kol. Opis Detalji

Za pomoć, pritisni F1 CAP NUM NESAL

Slika 3. Vizuelna sastavnica proizvoda

IKARBUS
ZEMUN

24/04/2007 14:34:04

LISTA MATERIJALA ZA VOZILO

SIFRA	NAZIV		KOLICINA	SJM	IJM
3268015	PROGRAM +INTERFEJS - KO	5925 00.41 - Voith	1,0000	KO	KO
4164019	ULJE GALAKS EKSTRA	HPD 5W 30	100,0000	LT	KG
4165010	MAST FOR NT - 0,8 Kg	ZA TEMP. DO -60°C	1,0000	KG	KO
4165012	FORNAL 00 EP	SPECIJAL 0,8 Kg	1,0000	KG	KO
4221035	LIM 4x100x2000	JUS C.B4.111 C.0462	7,6400	KG	KG
4221036	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	17,4400	KG	KG
4221081	LIM 10x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	269,3100	KG	KG
4221093	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0452	12,0200	KG	KG
4221167	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	192,6700	KG	KG
4221678	LIM 8x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	60,6800	KG	KG
4221693	LIM 15x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	88,8000	KG	KG
4223716	SIPKA O JUS C.B3.021	50x4000 C.0562.5	11,4000	KG	KG

Slika 4. Lista materijala za vozilo



IKARBUS
ZEMUN

5/16/2008

11:05:09AM

UKUPNO VREME IZRADE

ŠIFRA	NAZIV	IZRADA	PRIPREMA
00			
8.103.00.060	PLOCA #5x50x70	0,0060	0,5000
8.103.00.104	LIM #1x95x140	0,0034	0,5000
8.103.00.118	L-PROFIL	0,0079	0,8333
8.103.00.124	NOSAC ZAULJIVACA	0,0201	0,6667
8.103.00.145	L-PROFIL	0,0069	0,8333
8.103.00.146	L-PROFIL	0,0079	0,8333
8.103.00.147	L-PROFIL	0,0079	0,8333
8.103.00.150	UGAO PROZORA	0,0410	1,3330
8.103.00.220	PLOCA	0,0210	1,4170
8.103.00.225	PODESNI LIM IZNAD PR.TOCK	0,0582	1,0000
8.103.00.226	PODESNI LIM IZNAD ZADNJ.T	0,0556	1,0000
8.103.00.227	PODESNI LIM 810300235	0,0081	0,8333
8.103.00.228	PODESNI LIM 810300235	0,0165	0,8333
8.103.00.230	PODESNI LIM 810300235	0,0075	0,8333
8.103.00.231	PODESNI LIM 810300235	0,0165	0,8333
8.103.00.232	PODESNI LIM 810300235	0,0139	0,8333
8.103.00.233	PODESNI LIM 810300235	0,0111	0,8333
8.103.00.234	PODESNI LIM 810300235	0,0069	0,8333
8.103.00.236	PODESNI LIM	0,0075	0,8333
8.103.00.237	PODESNI LIM IZNAD ZADNJ.T	0,0556	1,0000
8.103.00.238	PODESNI LIM IZNAD PR.TOCK	0,0582	1,0000
8.103.00.239	PODESNI LIM IZNAD Z TOCKA	0,0331	1,0000
8.103.00.240	PODESNI LIM IZNAD Z TOCKA	0,0331	1,0000
8.103.00.296	LIM #1x155x1000	DIN EN10142 DX53D+ZF140 0,0054	0,5000
8.103.00.297	LIM #1x135x1000	DIN EN10142 DX53D+ZF140 0,0054	0,5000
8.103.00.298	LIM	0,0137	0,7500

UKUPNO VREME IZRADE

ŠIFRA	NAZIV	IZRADA	PRIPREMA
8.103.61.008	L-PROFIL 20x20x1.25x1036	C.0146 JUS C.B5.250 0,0079	0,8333
8.103.61.012	Z-PROFIL	0,0212	1,0000
8.103.61.014	LIM-DESNI	0,1084	1,2334
8.103.61.015	Z-PROFIL	0,0209	1,0000
8.103.61.016	Z-PROFIL	0,0250	0,8334
8.103.61.017	L-PROFIL LEVI	0,1304	1,1668
8.103.61.024	DISTANTA	0,0667	0,5667
8.103.61.033	KAPOTAZA DESNA SKLOP	0,1733	0,3334
8.103.61.036	L-PROFIL	0,0059	0,8333
8.103.61.037	L-PROFIL	0,0059	0,8333
8.103.61.045	L-PROFIL 20x20x1.25x1036	0,0079	0,8333
8.103.61.050	CEV	0,0060	0,2500
8.103.61.055	L-PROFIL #1x20x20x2000	C.0146 0,0079	0,8333
8.103.61.101	KAPOTAZA LEVA SKLOP	0,4917	0,3334
8.103.61.103	LIM-LEVI	0,0908	1,9167
8.103.61.104	PROFIL	0,0652	1,0000
8.103.61.110	KAPOTAZA PREDNJA SKLOP	0,8251	0,3334
8.103.61.111	LIM	0,0250	0,8333
8.103.61.112	TRAKA	0,0059	0,7500
8.103.61.113	TRAKA	0,0059	0,7500
8.103.61.114	NOSAC	0,0167	1,0000
8.103.61.115	CEV 40x20x145 - M22	0,0075	0,1667
8.103.61.130	SKLOP KAPOTAZA CENTRALNA	0,4666	0,3334
8.103.61.132	Z-PROFIL	0,0266	1,0000
8.103.61.133	LEVI L PROFIL	0,0670	1,2500
8.103.61.134	L-PROFIL DESNI	0,0670	1,2500
8.103.61.135	L-PROFIL	0,0109	1,0833
8.103.61.140	CENTRALNI LIM	0,1108	1,6667
8.103.61.151	NOSAC KAPOTAZE	0,0444	1,5000
		3,0466	28,3005
UKUPNO VREME IZRADE:		218,9770	4.773,0107

Slika 5. Ukupno vreme izrade i pripreme

IDENT 810300150

Tip A

NAZIV IDENTA UGAO PROZORA

Broj operacije	Naziv operacije	Radni centar	Jedinjena količina	Sati izrade	Sati pripreme	Tip operacije	Tip pripreme
0010	SECENJE	03101	1.00	0.00	0.25	Jedinjena	Za nalog
0020	POMOC PRI SECENJU	03101	1.00	0.00	0.25	Jedinjena	Za nalog
0030	IZVLACENJE	03110	1.00	0.01	0.33	Jedinjena	Za nalog
0040	ODSECANJE	03108	1.00	0.01	0.50	Jedinjena	Za nalog
0050	PRIPREMA POVRŠINE - FOSIN	D16	1.00	0.01	0.00	Jedinjena	Za nalog
0060	OSNOVNO BOJENJE - DUGAKOR	D01	1.00	0.01	0.00	Jedinjena	Za nalog

Slika 6. Tehnološki postupak

NABAVNE STAVKE U NALOZIMA							5/17/2008		
NO	STAVKA	OPIS	POSREDOVATEL	POSREDOVATEL	POSREDOVATEL	POSREDOVATEL	KOLICINA	CENA	VREDNOST
801735103	35	ODBOJNIK GUMENI				KO B	1.00	365.21	365.21
801738510	38	ZASUN 1 1/4				KO B	1.00	300.00	300.00
810339043	39	KOLENO GUMENO (6)150				KO B	1.00	0.00	0.00
4164019	4-164	ULJE GALAKS EKSTRA	HPD 5W 30			LT B	33.00	292.73	9,660.06
4164059	4-164	ULJE SAE-90 - HIPOL				LT B	21.18	112.72	2,387.51
4164002	4-164	ULJE MOTORNO - 1,1 Lit	SAE-15W40			LT B	0.00	134.53	0.54
4166057	4-166	MESAVINA M 12; JUS EN 439	97,5 proc.Ar+2,5 proc.CO2			KG B	1.50	230.00	345.00
4167120	4-167	ANTIFRIZ 100;	CORSANT 100; FAMFRIZ 100			LT B	99.99	150.93	15,092.10
4221682	4-221	LIM 1.5x1155x2080				KG B	2.97	27.74	82.39
4221678	4-221	LIM 8x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	119.58	21.27	2,543.49
4221678	4-221	LIM 8x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	390.84	21.27	8,313.17
4221501	4-221	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0562			KG B	0.08	22.13	1.77
4221167	4-221	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	89.51	21.91	1,961.19
4221167	4-221	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	2.50	21.91	54.78
4221036	4-221	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	243.73	22.13	5,393.81
4221036	4-221	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	195.80	22.13	4,333.05
4221035	4-221	LIM 4x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0462			KG B	87.27	22.36	1,951.27
4221035	4-221	LIM 4x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0462			KG B	76.80	22.36	1,717.25
4221699	4-221	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0461			KG B	1.44	22.13	31.87
4221679	4-221	LIM 10x1000x2000				KG B	2.78	21.27	59.13
4221669	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B4.112 C.0462			KG B	103.03	26.39	2,718.96
4221669	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B4.112 C.0462			KG B	1.40	26.39	36.95
4221091	4-221	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0452			KG B	103.68	58.04	6,017.82
4221091	4-221	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0452			KG B	13.08	58.04	758.96
4221700	4-221	LIM 4x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0461			KG B	1.07	22.36	23.86
4221648	4-221	LIM 1,25x1000x2000	JUS C.B4.112 C.0146			KG B	7.25	31.33	227.06
4221693	4-221	LIM 15x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	14.39	20.85	299.99
4221673	4-221	LIM 2x1000x2000	JUS C.B4.113 C.0462			KG B	16.88	27.08	457.03
4221032	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B0.501 C.0462			KG B	85.33	26.39	2,251.78
4221032	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B0.501 C.0462			KG B	50.16	26.39	1,323.72
4221706	4-221	LIM 1,5x1000x2000	JUS C.B4.113 C.0462			KG B	1.52	27.74	42.16
4221666	4-221	LIM 2x1000x2000	JUS C.B4.112 C.0146			KG B	16.27	27.08	440.59
4221665	4-221	LIM 1x1000x2000	JUS C.B4.112 C.0146			KG B	6.99	27.87	194.87
4221716	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0360			KG B	5.21	26.39	137.49
4221715	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B4.111 UST.37-2			KG B	0.98	26.39	25.86
4221670	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0146			KG B	2.15	33.40	71.81
4221195	4-221	LIM C 1x1000x2000	Dr 53D+ZF DIN EN 10142			KG B	181.41	65.97	11,966.84
4221093	4-221	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0452			KG B	320.00	44.00	14,080.00
4221081	4-221	LIM 10x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	87.73	0.00	0.00
4221081	4-221	LIM 10x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462			KG B	711.54	0.00	0.00
4221049	4-221	LIM 3x1000x2000	JUS C.B4.113 C.0146			KG B	34.52	55.44	1,913.77
4221664	4-221	OTPADNI MATERIJAL #6	C.0462			KG B	0.12	0.00	0.00

Slika 7. Nabavne stavke u nalogima

Primer opisa novih predmeta [9] sadrži spisak teorijskih i praktičnih disciplina i rezultate (ishode) učenja koji se navode u dodacima novih diploma. Predmetni nastavnik u svakoj školskoj godini može da promeni sadržaj laboratorijskih vežbanja, studentskih projekata i seminarskih radova, kao i industriju u kojoj studenti imaju stručni trening. Težinski faktori za sračunavanje konačne ocene su takođe podložni promenama prema značaju koji se daje pojedinim predispozitivnim aktivnostima. Osnivanje industrijskih centara za stručne treninge treba da bude projektno rešenje za Ikarbus i FAP, u okviru novog projekta tehnološkog razvoja.

5. ZAKLJUČAK

Poslovne funkcije proizvodnog preduzeća integrisanih tehnologija treba da se integrišu kroz CIM/Ikarbus koncept i CIM/FAP koncept korisnika istraživanja. Primena ERP sistema zahteva

prilagođavanja i modifikacije kroz informacionu i funkcionalnu integraciju pomenutih industrija i njihovih poslovnih okruženja.

Univerzitet prolazi kroz probleme reforme visokog obrazovanja, dok industrija prolazi kroz probleme tranzicije i promene vlasničke transformacije. Edukacija je važan CIM podsistem koji partnerski povezuje univerzitet i industriju. Važna misija univerziteta je i podizanje tehnološkog nivoa industrije u saradnji koja treba da pripremi zajedničke projekte za integrisani prostor obrazovanja i istraživanja Evrope 2010.

LITERATURA

- [1] <http://www.ikarbus.co.yu/kompanija.htm>
- [2] Spasić, Ž., **Obrazovanje za informacionu integraciju u interakciji univerziteta, industrije i poslovnog okruženja - Modeli za menadžment znanja univerziteta i industrije**, Uvodni rad, 27. JUPITER konferencija, Beograd, 2001.
- [3] Spasić, Ž., Mladenović, I., Vujić, I., **A Framework for Information Integration in Extended Manufacturing CIM-Enterprise**, In the Book "Changing the Way We Work – Shaping the ICT-solutions for the Next Century", Ed., N. Martensson et al., ICS Press, Göteborg, 1998.
- [4] Kosanke, K. et al., **Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus**, Esprit Research Report 21859, CIMOSA Association, European Commission, Springer, Berlin, 1991.
- [5] <http://www.globalshopsolutions.com/erp-software/erp-international.asp>
- [6] Mitrović, D., **Collaborative Planning Forecasting and Replenishment**, Seminararbeit aus Informationswirtschaft, Wirtschaftsuniversität, Wien, 2006.
- [7] Bernroider, E.N., Leseure, M.J., **Enterprise resource planning (ERP) diffusion and characteristics according to the system's lifecycle: A comparative view of small-to-medium sized and large enterprises**, Information Processing and Information Management, No. 01/2005, Vienna, 2005.
- [8] Lapčević, N., Spasić, Ž., **Informaciona integracija poslovnih funkcija na primeru planiranja i alokacije resursa (ERP - sistem)**, 33 Jupiter konferencija, Zlatibor, 2007.
- [9] Spasić, Ž., **Integrisani sistem kvaliteta digitalnog univerziteta**, Monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 2007.

N. Lapčević, Ž. Spasić:

EXAMPLES FOR INFORMATION INTEGRATION OF BUSINESS FUNCTIONS IN CIM ENTERPRISE

Abstract. Manufacturing enterprise of integrated technologies Ikarbus starts with the ERP MAX system in the internal and external information and functional integration of business function, connecting design, planning and allocation of resources, manufacturing, supplying chain, economy-financial and other activities. Education is very important CIM-subsystem in the successful collaboration between University and Industry, comprising the establishing of new industrial centres for professional trainings.



CIM KONCEPT KAO PREDUSLOV ZA VIRTUALNO PROJEKTOVANJE ODEVNIH PROIZVODA

Danijela Paunović¹, Gordana Čolović², Goran Savanović³, Zoran Radojević⁴

Rezime: Sve veća globalizacija modne industrije znači da preduzimanje pravih poteza nikad nije bilo važnije za uspeh. Danas konkurentna prednost proizilazi iz sposobnosti brze identifikacije i korišćenja novih trendova. Cilj ovog rada je da ponudi najnovije informacije u vezi sa proizvodnjom odeće po meri i novu generaciju načina kupovine odeće putem interneta baziranu na CIM konceptu.

1. UVOD

Velikoserijska masovna proizvodnja se neminovno pretvara u fleksibilnu, prilagodljivu proizvodnju koja ima za cilj da prati dinamične modne promene. Savremeni poslovni proizvodni sistem (PPS) treba da ima pristup brzog dizajniranja, sposobnost za brze promene radi proizvodnje novih modela odevnih proizvoda, sposobnost za brzo podešavanje proizvodnih kapaciteta i sposobnost za tehnologiju integracije i proizvodnju sa povećanim varijantama odevnih proizvoda u traženim količinama. CIM koncepcija se uvodi u odevnu industriju poslednjih desetak godina i do danas u potpunosti objedinjuje konstrukcionu pripremu i tehnološki proces krojenja odeće. Formiranje integrisanih CAD/CAM sistema u sklopu CIM koncepcije postiže povećanje kvaliteta proizvodnje, pouzdanost proizvodnih operacija, smanjenje troškova i povećanje sposobnosti inženjera u pripremi i analizi procesa više puta. Tradicionalna organizaciona struktura nije adekvatna za CIM koncept pa se paralelno sa razvojem CIM strategije mora menjati način rada u industriji odeće u cilju dostizanja fleksibilnosti proizvodnje.

Fleksibilnost proizvodnih sistema u odevnoj industriji pored mogućnosti izrade mnogobrojnih varijanti odevnih proizvoda po pitanju promene oblika, vrste materijala i načina proizvodnje na istim CAD/CAM sistemima suočava se i sa problemima. Cena uvođenja CAD/CAM sistema je previsoka, a dostupni softveri i hardverska oprema zastarevaju usled napretka tehnologije. Na primer brzina napretka u razmeni informacija, procesima izrade, optici, upravljanju na šivaćim automatima i agregatima, linearnim pogonima i materijalima pojavljuje se u ciklusima kraćim od šest meseci, pa trenutno najmoderniji PPS sa najsavremenijom opremom u kratkom vremenskom periodu ne uspeva da odgovori na promene u predviđenom vremenskom periodu i prati brze adaptacije i integracije nove tehnologije, a samim tim i novog atraktivnog odevnog proizvoda. Pojava virtualnog načina projektovanja odevnih proizvoda u konstrukcionoj pripremi odeće donosi promene u načinu poimanja proizvodnje, načinu izrade prototipa i pojavu virtualne kupovine i prodaje odeće.

2. CIM U ODEVNOJ INDUSTRIJI

Uvođenjem CIM koncepcije dolazi do povezivanja u zajednički proizvodni sistem sa zajedničkim ciljevima u okviru jednog PPS-a:

- smanjenje troškova proizvodnje,
- povećanje fleksibilnosti proizvodnje i
- povećanje kvaliteta.

Jedan od glavnih razloga i ciljeva uvođenja CIM koncepcije je očekivanje da oprema i kapaciteti budu maksimalno iskorišćeni. Krajnji cilj CIM-a je potpuna informaciono tehnička kontrola i logistička integracija svih aktivnosti u industrijskom sistemu od trenutka porudžbine do isporuke gotovog proizvoda.

¹Dr Danijela Paunović, Visoka strukovna tekstilna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment, Beograd, 011/3234-002, S. Novaka 24, vtts@eunet.yu

²Dr Gordana Čolović, Visoka strukovna tekstilna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment, Beograd, 011/3234-002, S. Novaka 24, vtts@eunet.yu

³Dr Goran Savanović, Visoka strukovna tekstilna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment, Beograd, 011/3234-002, S. Novaka 24, vtts@eunet.yu

⁴Prof. Dr Zoran Radojević, FON, Beograd, 011/3950-819, Jove Ilića 154.

Geometrijsko oblikovanje je složen postupak sa mnogobrojnim ponavljanjima i interdisciplinarnim znanjima čija se prednost ogleda u:

- fleksibilnosti dimenzionisanja,
- povećanju preciznosti,
- povećanju produktivnosti,
- mogućnosti realne vizuelizacije,
- optimizacije konstrukcije,
- optimizacije rokova pripreme proizvodnje,
- osiguranja i upravljanja kvalitetom,
- planiranja, praćenja i efikasnosti pri izradi proizvoda.

Odevna industrija u celom svetu ima zajednički problem, a to su velike zalihe gotovih odevnih predmeta koje na tržištu ne nalaze svoje potrošače, kao i npr. nemogućnost velikog broja ljudi da nađu odgovarajuću odeću. Najveći deo antropometrijskih podataka na kome se temelji sistem veličina u većini zemalja je zastareo. Vrednosti prosečnih telesnih dimenzija drastično su se promenile najviše zbog načina ishrane, a populacija starijeg životnog doba (najveći kupci odeće u razvijenim zemljama) ima česte telesne deformacije. U Japanu, Engleskoj i Nemačkoj se povećao interes za merenjem individualnih telesnih mera i njihov transfer putem računara do fabrike odeće. Tu se vrši prilagođavanje standardnih krojeva i šije odevni predmet po meri koji se isporučuje kupcu u roku od 24 h. Zato se koristi beskontaktno merenje telesnih mera i prilagođavanje tih mera simuliranom ljudskom telu u pokretu. Pogodne su laserske tehnike, video snimci i kompjuterske grafičke obrade podataka s povezivanjem trodimenzionalnih telesnih podataka s dvodimenzionalnim oblicima krojeva odeće. [1]

Takav procesni krug počinje od kupca koji bira model prema svom ukusu, zatim se kompjuterski oblikuje i proizvodi, te se šalje kupcu. Najvažniji element u procesnom krugu je razvoj kompjuterskog modela čoveka i sistem za bezkontaktno registrovanje telesnih mera. 3D model čoveka RAMSIS (antropološko - matematički sistem za simulaciju čovekovog tela) ima 2 nivoa:

- unutrašnji model ispunjava kao čovekov kostur funkciju konstrukcije i istovremeno je nosilac kinematike modela i
- spoljašnji model koji služi za simulaciju površine tela koja se postiže upravljanjem mreže kontrolnih tačaka (na standardnom modelu oko 1700 tačaka).

Razvoj CAD metodologije podržava proces oblikovanja i proizvodnje odevnih predmeta i dovodi do značajnog povećanja ekonomičnosti, produktivnosti i kvaliteta rada. CAD/CAM sistemi u odevnoj industriji sadrže veliki broj softverskih modula koji podržavaju celokupni proizvodni ciklus u okviru CIM koncepcije, od dizajna, upravljanja proizvodnim podacima, konstrukcije krojnih delova i gradiranja, preko manualnog ili automatskog obeležavanja iscrtanih krojnih delova do pripreme podataka za krojenje, praćenja i upravljanja celokupnog proizvodnog procesa uz konstantnu kontrolu kvaliteta. Moguće je razmotriti sve varijante budućeg odevnog proizvoda. Simuliraju se njihova ponašanja, analizira se njihov uticaj na okruženje, koristi se simultano projektovanje sa ciljem da se dobije najbolje rešenje u datim uslovima, koje svodi naknadne promene (korekcije modela projektovanja, korekcije uklapanja u krojne slike za osnovni i pomoćni materijal), na minimum. Stvaranje prototipa modela za industrijsku proizvodnju u okviru formiranja proizvoda u industriji odeće podrazumeva razvijanje CAD metoda za više segmenata konstrukcione pripreme. Broj mogućih varijanti u pogledu boje, dizajna i oblika, modelovanja i premodelovanja odevnog predmeta je skoro neograničen.

Simulacioni proces konstrukcione pripreme omogućava virtualni razvoj proizvoda sa: razmenom elektronskih podataka o materijalu, modelu, veličini i personalizaciji virtualnog modela proizvoda i korisnika, kontroli kvaliteta, prenos podataka na CAD sisteme, mogućnost ostvarenja CIM koncepcije i fleksibilnog načina proizvodnje i optimizaciju procesa. Računarska podrška maloserijske proizvodnje simulacijom na CAD računarskom sistemu omogućava odgovore na dinamiku promene modnih trendova, optimizaciju razvoja proizvoda i procesa i direktno uključuje kupaca u proces kreiranja finalnog proizvoda.

3. PROJEKTOVANJE ODEVNIH PROIZVODA

Na savremenim CAD sistemima omogućeno je da se uz pomoć softverskih paketa PDS (pattern design system) dizajnira i simulira projektovanje odevnog predmeta kao odziv na zahteve potrošača. Vremenski period stvaranja, modifikacija 2D površine u 3D formu odeće na virtuelnom čovekovom antropometrijskom

obliku kao i projektovanje novog odevnog predmeta, daje izbor u dizajnu tkanine i modela, izbor osnovnog i pomoćnog materijala, antropoloških, konstrukcionih parametara i standarda po kojem će se konstruisati veličine odevnog predmeta. Tako je moguće unapred projektovati i oblikovati novi odevni predmet koji je ekonomski, ergonomski i funkcionalno opravdan.

U odeвноj industriji pomoću CAD sistema, ubrzava se razvoj, analiza, redizajniranje modela i donošenje odluka o rešenjima za odeвне proizvode. Prava rešenja predstavljaju optimalna rešenja koja zadovoljavaju zahtev da se za minimalnu cenu dobija maksimalni kvalitet. Projektovanje proizvoda predstavlja kritičnu aktivnost proizvodnog procesa jer se procenjuje da je njen udeo 70% do 80% od cene razvoja i proizvodnje.

U okviru računarske tehnologije javlja se pojam inteligencije kao potpuno nov atribut proizvodnih procesa. Od inteligentnih proizvodnih procesa se zahteva:

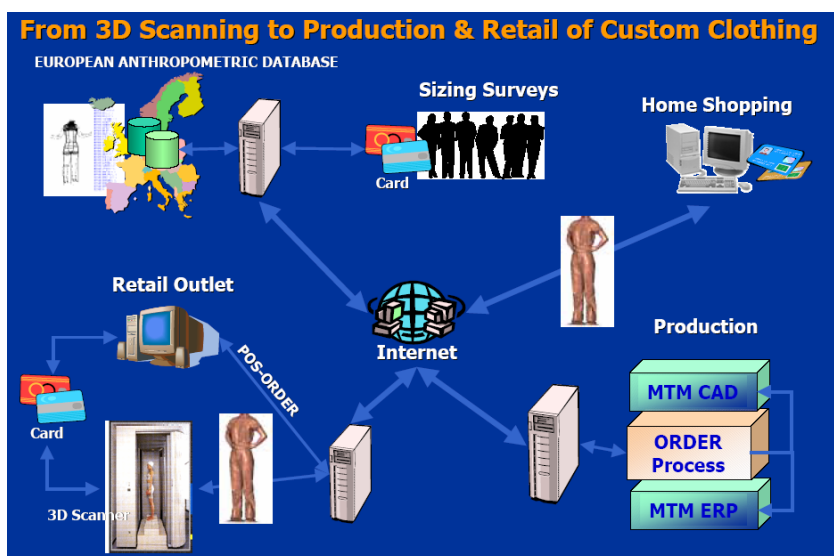
- sposobnost brzog, produktivnog i jeftinog prilagođavanja novim zahtevima i situacijama,
- sposobnost učenja i brzog iskorišćenja tuđih i vlastitih iskustava,
- sposobnost rasuđivanja i razumevanja uzročnih odnosa i
- otkrivanje i registrovanje proizvodnih parametara i njihovo sjedinjavanje u prilagođeno ponašanje.

Koncepciju inteligentne proizvodnje i prodaje odeće su postavili G.K.Stylios i J.O.Sotomi [2] i zasnovana je na sledećim specifičnostima:

1. **Automatizovana maloprodaja** podrazumeva računarsko prodajno mesto ili tzv. EPOS radno mesto (Electronic Point Of Sale).

2. **Globalna prodaja** podrazumeva računarsku, organizacijsku, logističku i finansijsku povezanost kupca, globalnog prodavca, proizvođača tekstila i proizvođača odeće. Takva povezanost omogućava izbor odevnog predmeta iz kuće kupca, isporuku gotovog predmeta za 24 sata, plaćanje kupca i raspodelu dobiti pojedinim činiocima iz lanca globalne prodaje.

3. **Kupovina iz kuće** podrazumeva visok standard kupca, posedovanje savremene komunikacijske opreme i posedovanje kreditne kartice tj.bankovnog računa. Kupac iz kuće bira odevni predmet, tekstilni materijal od koga se izrađuje, boju i teksturu materijala, a zatim posmatra računarsku simulaciju virtualne modne revije, u kojoj mu se prezentuju izgled i svojstva odevnog predmeta, slika 1.



Slika 1. Kupovina iz kuće

Računarsko simulirana odeća je verno projektovan tekstilni materija preoblikovan iz dvodimenzionalne u trodimenzionalnu formu. Napredak istraživanja o ponašanju tekstilnih površinskih proizvoda pod delovanjem raznih sila tokom nošenja, omogućio je računarsku simulaciju pada i nabiranja tkanina, tzv. drapiranje i vizualizaciju izgleda gotovih odevnih predmeta. Poznavajući vrstu materijala od koje je napravljen odevni predmet i konstrukciju njegovog kroja može se, napraviti prilično realna slika odevnog predmeta u njegovu grafičku prezentaciju na virtualnom modelu čoveka. Simulacijom pada tkanine i njenim dinamičkim promenama mogu se uočiti i korigovati eventualni nedostaci pre krojenja i šivenja. U okviru simulacije potrebno je definisati:

a.) **Računarsko simulirani ljudski lik** u tri koraka:

- razvoj modela ljudskog kostura s ravnim elementima povezanim zglobovima i sa mogućnošću pokretanja,
- razvoj modela ljudskog tela sa animiranom kožom ispod koje se nalazi model kostura,
- razvoj metode relokacije oblika površine tela modela čoveka u pokretu.

Za sada je moguće simulirati šetnju čoveka, ubrzani hod i trčanje. Moguće je i model ljudskog tela prilagoditi telesnim merama kupca, na koga se kasnije može «obučiti» odevni predmet.

b.) Virtualno okruženje - računarsko virtualno okruženje i simulacija prostora zajedno sa simulacijom prototipa tela kupca u pokretu, kao i postupak spajanja simuliranog odevnog predmeta sa istovremenom simulacijom pada tkanina i okruženje u kojem se izvodi animacija (modna pista, poslovno okruženje, priroda). Sve to se može ostvariti i na ličnom računaru kupca i okruženju njegovog doma.

4. Globalna proizvodnja – uslov za ostvarivanje globalne proizvodnje je povezanost proizvođača tekstila (predionice, tkačnice, pletačnice i oplemenjivanja). Ta povezanost se sastoji u materijalnoj, komunikacijskoj i terminskoj povezanosti.

5. Virtualne fabrike - globalna proizvodnja je moguća jedino uz organizaciju tzv. satelitskih fabrika. Izrada tkanine, prevoz tkanine do proizvođača odeće, izrada odevnog predmeta od nje i prevoz gotovog odevnog predmeta do kupca za 24 sata. Zato je potrebno da su satelitske fabrike locirane u blizini globalnog prodavca. Takva koncepcija unapred eliminiše udaljene i nerazvijene zemlje.

6. Inteligentne tkačke i pletaće mašine su važne za ovu koncepciju zbog veoma kratkog vremena podešavanja i zbog izrazite fleksibilnosti. One moraju imati veliku brzinu rada, mogućnost brzih izmena artikala i mogućnost prikaza uzoraka na ekranu monitora.

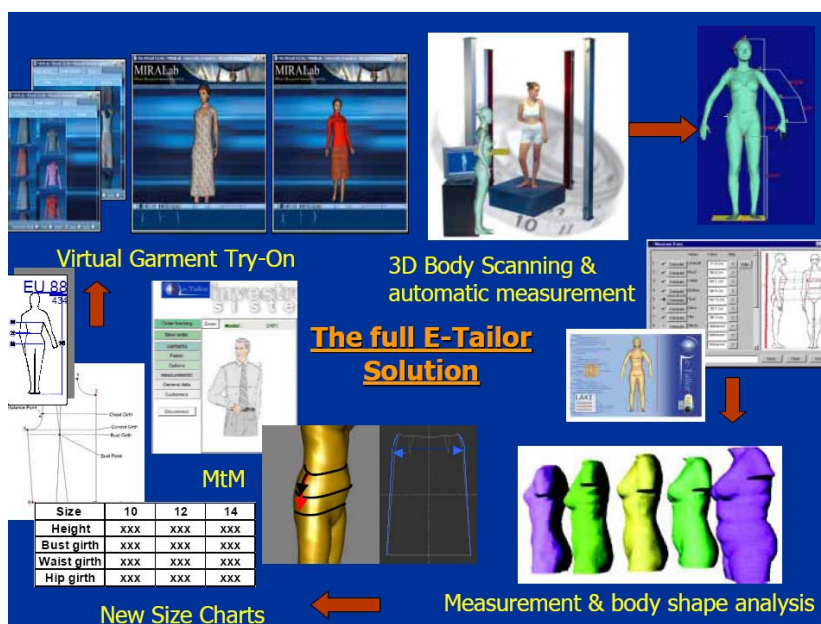
7. Inteligentne šivaće mašine imaju mogućnost brzog prilagođavanja, jer postoji velika verovatnoća da će se proizvoditi unikatni odevni predmeti od unikatnog materijala, tako da će svaki odevni predmet biti drugačiji i za svaki će se odvojeno podešavati svi parametri šivenja.

8. Objektivno vrednovanje tekstilnih površinskih proizvoda nalaze svoj puni smisao u ovoj koncepciji.

9. Genetski inženjering u tekstilu je danas pod nadzorom ljudi, a rezultat su otporna vlakna, boljih osobina i ekološki povoljniji procesi njihovog dobijanja.

10. Estetsko oblikovanje tekstilnih proizvoda je takvo da savremeni računari omogućavaju vizuelni dizajn površina tekstilnih proizvoda, a pored toga moguće je, na osnovu likovnog uzorka tkanine ili pletenine, pripremiti sve procesne podatke za tkačke ili pletaće mašine.

11. Odeća proizvedena po meri, kao unikatni odevni predmeti, su svrha globalne proizvodnje i prodaje odeće. Iz ovoga proizilazi činjenica da se proizvođači velikoserijske i sredneserijske proizvodnje preorijentišu na maloserijsku, unikatnu proizvodnju. Iz toga proizilazi činjenica da će odeća po meri biti skuplja od serijske, ali njena cena će moći da pokrije troškove modernizacije i pretvaranja konvencionalnih procesa u inteligentne procese. Postupak počinje narudžbinom kupca, registrovanjem telesnih mera, izrade pojedinačnih krojeva i naravno proizvodnje željenog modela. Kako je ovaj proces veoma skup potrebno je izvršiti njegovu optimizaciju. Na slici 2. je prikazan proces inteligentne proizvodnje i prodaje odeće gde se koristi bezkontaktno uzimanje mera i porudžbina odeće po meri kupca.



Slika 2. Proces inteligentne proizvodnje i prodaje odeće

Savremena industrijska proizvodnja odeće neprekidno zahteva inoviranje i unapređivanje proizvodnih procesa, tehnologije i kvaliteta rada. Uvođenjem informatičke tehnologije, korišćenja znanja ekspertnih sistema, veštačke inteligencije i simulacije parcijalnih ili celokupnih tehnoloških procesa, planiranja i

praćenja proizvodnje, došlo je do novih načina projektovanja i tehnika izrade odeće. Iako računarski integrisana proizvodnja odeće koja obuhvata CAD, CAM, CAPP i CAQ povezuje sve vitalne funkcije tehničko-proizvodnih sistema, od skladištenja sirovina preko tehničke pripreme pa do skladišta gotove robe, potrebno je stvoriti pripremu za:

- nepredvidiva tržišna kretanja,
- ekspanziju nanotehnologije,
- konstrukciju novih tekstilnih materijala sa primenom u svim životnim aspektima (medicinski tekstil, geotekstil, ambijentalni tekstil...),
- povećanja učestalosti uvođenja novih proizvoda,
- promene delova postojećih proizvoda,
- velike i česte promene modnih trendova odevnih proizvoda i njihovih kombinacija,
- promene u primeni propisa (standardi, bezbednost na radu, očuvanje okoline, primena o-eko tekstila...) i
- promene u samom tehnološkom procesu.

4. ZAKLJUČAK

Fizički opipljivo industrijsko doba sa unapred poznatim promenama će uskoro postati prošlost. Neminovno dolazi informaciono doba sa novim načinom poslovanja i novim prioritetima. Globalne ekonomske promene, upotreba novih tehnologija i globalna tržišna dinamika ubrzava konkurenciju, a glavni resursi novog ekonomskog sveta postaju informacija, znanje i intelektualni kapital. Stare organizacije ne mogu da prate inovacijski i tehnološki tempo i osećaju veliki jaz između svog poslovnog koncepta i koncepta postindustrijskog doba.

CIM koncept u odevnoj industriji bi bio platforma za globalno povezivanje proizvođača tekstilnih materijala, sa proizvođačima odeće, kao i krajnjim korisnicima. Virtualna proizvodnja, elektronski katalozi odevnih proizvoda, individualna proizvodnja po meri korisnika je neminovna budućnost u odevnoj industriji, a našoj odevnoj industriji mogućnost da se plasira i opstane na svetskom modnom tržištu jer:

1. Vreme potrebno za dizajniranje i projektovanje odevnog predmeta smanjuje se korišćenjem podataka iz standardizovane baze podataka u kojoj se nalaze varijacije boja, modela, oblika i formi odevnih predmeta.
2. Izbor veličinskih brojeva određuje se metodom Made-to-Measure a postupci JIT i FMS, omogućavaju proizvodnju odeće za atipične veličinske brojeve.
3. Vreme virtualnog projektovanja novog odevnog predmeta u okviru konstruisanja, modelovanja, kompletiranja, gradiranja i uklapanja krojnih delova u krojnu sliku se ubrzava u odnosu na konvencionalne metode više puta.

Pravci daljih istraživanja su usmereni ka postizanju stvaranja baza podataka dostupnih za fleksibilnu proizvodnju, robotske efektore i ekspertne sisteme koji bi u cilju optimizacije projektovanja odevnih proizvoda razvijale sledeće baze: podataka o svojstvima trodimenzionalnih tekstilnih struktura, za dizajniranje trodimenzionalnih tekstilnih struktura, odevnih predmeta i detalja, za primenu tehničkih propisa (standardi), za korišćenje bezkontaktnog uzimanja mera, za softversku podršku CAQ modulima, za razvoj sistema obrazovanja za TQM i ZDM i za optimalno projektovanje odevnih proizvoda.

5. LITERATURA

- [1] Kartsounis, N. Magnenant-Thalman, C., RodrianE-TAILOR: Integration of 3D Scanners, CAD and Virtual-Try-on Technologies for Online Retailing of Made-to-Measure Garment, 2005.
- [2] Stylios, G.K., Sotomi, J.O., The principles of intelligent textile and garment manufacturing systems, Assembly Automation, Volume 16, MCB University Press, 2006.
- [3] Virine, L., McVean, J., Visual modeling of business problems: workflow and patterns, Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004.
- [4] www.gerbertechnology.com

Abstract: *The increasingly global nature of the fashion industry means that making all the right moves has never been more important for success. Today competitive advantage springs from the ability to quickly identify and exploit new trends. The aim of this paper is to provide the latest information on the concepts of made-to-measure garment manufacturing and the new generation of online apparel shopping based on the CIM concept.*



IZBOR MAŠINE ZA OBRADU MAŠINSKOG DELA PRIMENOM SOFTVERA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Dragan D. Milanović,¹ Danijela Tadić², Mirjana Misita³

Rezime

Primena sistema za podršku odlučivanju može pružiti značajnu pomoć menadžerima pri rešavanju složenih problema koji zahtevaju primenu višekriterijumskih modela odlučivanja. U radu biće prikazana primena softvera Criterium Decision Plus 3.0 pri izboru odgovarajuće mašine za obradu mašinskog dela u jednom preduzeću. Izbor se vrši između pet mašina po definisanim kriterijumima i realnim vrednostima.

Ključne reči: višekriterijumsko odlučivanje, sistem za podršku odlučivanju

1. UVOD

Donošenje složenih odluka je proces koji sadrži mnoštvo međusobno povezanih i uzajamno zavisnih faktora. Brojni autori u naučnim radovima, a sve više i praktičari – stvarni donosioci odluka, ukazuju da je donošenje odluka samo na osnovu ličnog promišljanja ili intuicije čoveka gotovo nemoguće. Zato se sve više koristi računarska podrška pri odlučivanju u vidu specijalnih softvera koji se zajedničkim imenom zovu Sistemi za podršku odlučivanju (SPO). U svetu se oni referenciraju kao Decision Support Systems, ili skraćeno kao DSS. U radu je istražena primena softverskog paketa Criterium Decision Plus 3.0 (CDP 3.0) pri izboru odgovarajuće mašine za obradu mašinskog dela za preduzeće ISICO d.o.o Beograd.

Preduzeće ISICO d.o.o Beograd postoji od 1997. godine. Trenutno zapošljava petnaest radnika različitih profila. Osnovne delatnosti preduzeća su:

- Projektovanje mašina i oprema u oblasti procesne opreme, industrije građevinskog materijala, rudarske opreme i mašinogradnje.
- Rekonstrukcija postojećih mašina i oprema u skladu sa zahtevima kupca u oblasti rudarske opreme (rekonstrukcija mlinova, drobilinih postrojenja i dr.).
- Usluge mašinske obrade prema zahtevu kupaca i njihovoj tehničkoj dokumentaciji kako na konvencionalnim alatnim mašinama tako i na CNC alatnim mašinama.

U ovom današnjem vremenu kada je tržište suočeno sa ekspanzijom proizvođača koji direktno konkurišu jedni drugima, cena, rok isporuke i kvalitet su presudni faktori za opstanak na tržištu. Proizvodnja je kompleksan proces koji zavisi od niza parametara i uz poštovanje svih tih parametara dolazi se do mogućnosti da se plasira kvalitetan proizvod.

2. IZBOR MAŠINE ZA OBRADU MAŠINSKOG DELA

U ovom primeru izložen je problem odabira odgovarajuće mašine za predobradu mašinskog dela pod nazivom „čaura glavne osovine“. Pregled izbora ponuđenih mašina odnosno alternativa i njihovih karakteristika, na osnovu zadatih kriterijuma prikazan je u tabeli 1.

¹ Dragan D. Milanović, Mašinski fakultet u Beogradu, 3370-312, ddmilanovic@mas.bg.ac.yu

² Danijela Tadić, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 034 335-990, galovic@kg.ac.yu

³ Mirjana Misita, Mašinski fakultet u Beogradu, 3370-302, mmisita@mas.bg.ac.yu

Tabela 1. Kriterijumi, podkriterijumi, alternative, skale i ocene

Kriterijum	Pod-kriterijum	Skala	Ocena
Cilj – izbor odgovarajuće mašine	Tip mašine Godina proizvodnje mašine Tehnološke mogućnosti mašine Radno polje mašine Kvalitet obrađenih mašinskih delova Tačnost mašine Mašinsko vreme izrade Cena mašinskog sata Mogućnost samokontrole	Stepen važnosti	Najbitnije Bitno Najbitnije Najbitnije Bitno Bitno Najbitnije Najbitnije Bitno
Tip mašine	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Stepen tehnološke složenosti	Bitan Bitan Bitan Bitan Bitan
Godina proizvodnje mašine	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Numerička	1982 1975 1984 2007 2007
Tehnološke mogućnosti mašine	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Tražene operacije – struganje spolja i iznutra	Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava
Radno polje mašine	Univerzalni strug AP3 – ADA Ø 450 x 1700 Univerzalni strug „Oerlikon“ Ø 1000 / Ø 600 x 3700 Univerzalni strug „Colet“ Ø 400 x 1500 CNC strug HAAS TL2 Ø 350 x 1200 CNC strug HAAS TM3 Ø 520 x 1200	Dimenzije predobrađenog materijala Ø319 x 125 Polazni materijal Ø 340 x 140	Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Nezadovoljava Zadovoljava
Kvalitet obrađenih mašinskih delova	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Traženi kvalitet – grubi	Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava
Tačnost mašine	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Tačnost mašinske obrade	Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Zadovoljava Visoko zadovoljava Visoko zadovoljava
Mašinsko vreme izrade	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Numerička	90 min. 60 min. 75 min. 35 min. 60 min.
Cena mašinskog sata	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Numerička din/ normativan čas	800 din. 160 din. 900 din. 2000 din. 2500 din.
Mogućnost samokontrole	Univerzalni strug AP3 – ADA Univerzalni strug „Oerlikon“ Univerzalni strug „Colet“ CNC strug HAAS TL2 CNC strug HAAS TM3	Verbalna	Potrebna Potrebna Potrebna Ne potrebna Ne potrebna

2.1. Rešavanje problema

Za rešavanje postavljenog problema korišćen je sistem za podršku odlučivanju zato što je potrebno napraviti rangiranje alternativnih rešenja, prema postavljenim kriterijumima. U te svrhe korišćena je akademska verzija softvera Criterium Decision Plus, ver 3.04.

Criterium Decision Plus 3.0 (CDP 3.0) je softver razvijen od strane kompanije Info Harvest (www.infoharvest.com). On pomaže menadžerima da donesu ispravne, precizne i kompletne odluke, čak i za složene probleme koji uključuju veliki broj kriterijuma i alternativa.

Criterium Decision Plus 3.0 nam pomaže da vizuelno struktuiramo naše odluke, kako bismo izbegli skupe greške. Takođe, Criterium Decision Plus 3.0 koristi analitički hijerarhijski model - AHP i SMART analizu, koji nam pomažu da ocenimo relativnu važnost kriterijuma. Rezultati su dati u obliku dijagramskog udela pojedinih kriterijum u ukupnom rezultatu, a senzitivna analiza omogućava da pratimo rezultate rangiranja alternativa u odnosu na promene relativne važnosti pojedinih kriterijuma na prvom i drugom nivou.

2.2. Rešenje problema pomoću Criterium Decision Plus-a

Proces donošenja odluka koristeći ovaj alat odvija se kroz sledećih šest faza: Brainstorming – generisanje ideja, formiranje hijerarhije, ocenjivanje hijerarhije, izbor najboljeg rešenja - alternative, pregled rezultata i analiza rezultata.

Pre svega, potrebno je jasno definisati cilj, alternative i sve kriterijume koji utiču na konačan izbor. Što više kriterijuma korisnik definiše i ubaci u obradu, krajnji izveštaj biće kvalitetniji, a sam tim i odluka će se lakše doneti.

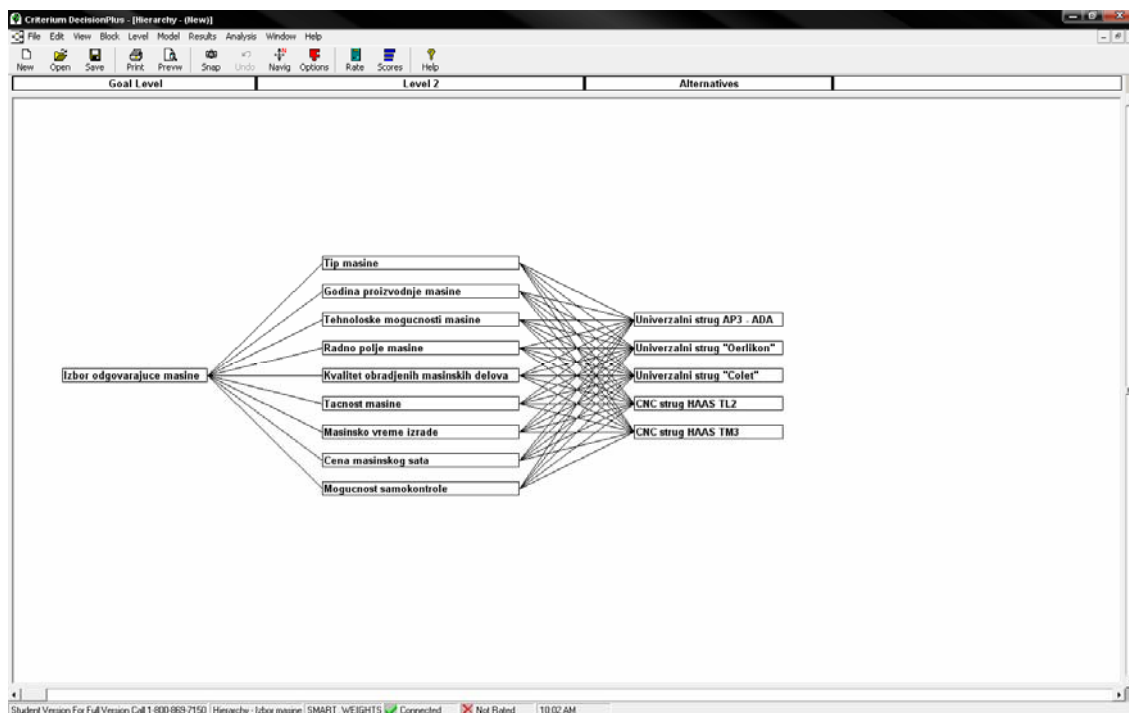
Pri startovanju programa opredeljujemo se za jednu od ponudjenih opcija – „New brainstorm model“, „New hierarchy model“ ili možemo da pokrenemo neki postojeći fajl. Za izbor odgovarajuće mašine, korišćen je „New brainstorm model“. Tu opciju startujemo na ikonicu „New BST“ u gornjem levom uglu ekrana.

Tada će se tražiti da snimimo taj BST fajl i tada ćemo dobiti sledeći ekran tzv. „platno“ na kom se definišu cilj, kriterijumi i alternative. Umesto reči „Goal“ unosimo ime za cilj odluke, u ovom slučaju to će da bude „Izbor odgovarajuće mašine“. Klikom na tekst „Goal“ aktiviraće se editor teksta i treba samo da ukucamo ime cilja.

U desnom uglu ispod Alternatives“ unećemo alternative, u ovom slučaju unosimo 5 mašina:

1. Univerzalni strug AP3 – ADA
2. Univerzalni strug „Oerlikon“
3. Univerzalni strug „Colet“
4. CNC strug HAAS TL2
5. CNC strug HAAS TM3

Dalje formiramo i upisujemo kriterijume i podkriterijume. Kriterijume i podkriterijume formiramo duplim klikom na prazan prostor na platno i upišemo odgovarajuće ime. Zatim sledi povezivanje kriterijuma sa ciljem, prevlačenjem kriterijuma na cilj. Sada smo spremni za formiranje hijerarhije. To se radi pritiskom na dugme „To CDP“ u gornjem tabularu, slika 1.



Slika 1. Formirana hijerarhija

2.3. Ocenjivanje hijerarhije

Criterium Decision Plus pruža mogućnost biranja jednu od dve tehnike ocenjivanja, AHP (Analytical Hierarchy Proces) ili SMART (Simple MultiAttribute Rating Technique). Mi ćemo se opredeliti, za SMART tehniku. Izabraćemo je otvaranjem Model padajućeg menija i čekiranjem S.M.A.R.T.-a u meniju Tehnique – Alternatives (1). Klikom na taster „Next” prelazimo na ocenjivanje sledećeg kriterijuma, kao i podkriterijuma. Dalje idemo sa ocenjivanjem ostalih kriterijuma i podkriterijuma i na kraju sa ocenjivanjem alternativa i dodeljivanjem vrednosti za određene kriterijume i potkriterijume, sto se vidi na slikama 2 i 3.

Alternative	Rating
Univerzalni strug AP3 - ADA	5
Univerzalni strug "Oetikon"	2
Univerzalni strug "Colet"	4
CNC strug HAAS TL2	1
CNC strug HAAS TM3	2

Slika 2. Dodeljivanje težinske ocene kriterijumu mašinsko vreme izrade

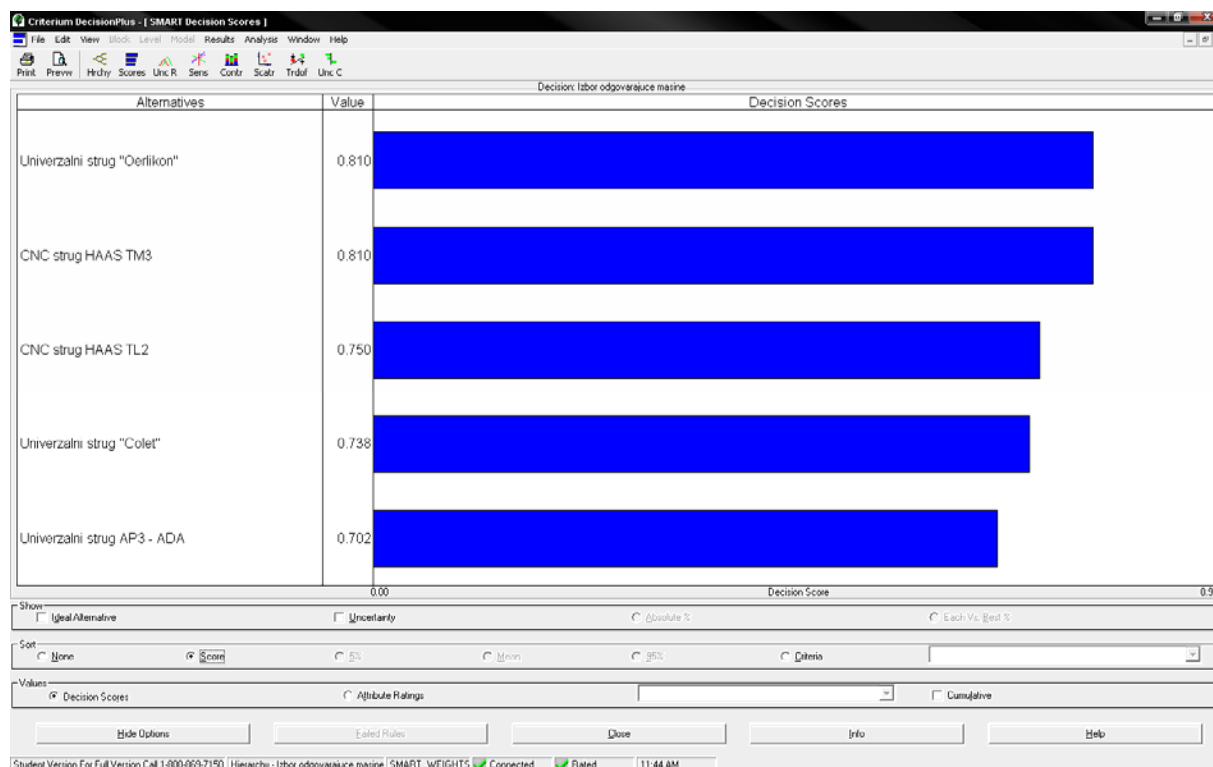
Alternative	Rating
Univerzalni strug AP3 - ADA	100
Univerzalni strug "Oetikon"	100
Univerzalni strug "Colet"	100
CNC strug HAAS TL2	0
CNC strug HAAS TM3	100

Slika 3. Dodeljivanje težinske ocene kriterijumu radno polje mašine prema alternativama

Ukoliko ne postoje neke skale koje su nam potrebne možemo ih sami dodati ako u prozoru za odabir skala pritisnemo „Add Scale“. Zatim dobijamo prozor u koji upisujemo potrebne numeričke i verbalne skale. Po unosu podataka zadnjeg atributa i klikom na taster „Next“, pojaviće se obaveštenje da ne postoji više neocenjenih kriterijuma. U prozoru za ocenjivanje treba kliknuti „OK“ kako bi ocene ostale zapamćene, a program se vratio na model hijerarhije.

2.4. Pregled i analiza rezultata

Pošto smo završili ocenjivanje i unos atributa, sada prelazimo na pregled i analizu rezultata. Pritiskom na dugme Score sortiramo rezultate po opadajućim vrednostima, slika 4.



Slika 4. Rezultati u odnosu na cilj – izbor odgovarajuće mašine sortirani po opadajućim vrednostima

Dijagram na slici 4 pokazuje da imamo dva podjednako moguća rešenja za izbor mašine a to su „Univerzalni strug Oerlikon“ i „Strug HAAS TM3“. Nije uobičajeno da se dobiju kao rešenje dve podjednako moguće alternative. U cilju objektivnog istraživanja nećemo u sledećoj iteraciji menjati ulazne podatke za posmatrane alternative, već ćemo ovo rešenje prihvatiti kao konačno. Menadžer proizvodnje doneće konačnu odluku dajući prednost nekom kriterijumu kako bi doneo odluku između dve alternative koje su se izdvojile primenom sistema za podršku odlučivanju.

Dalje možemo birati po kojim kriterijumima ćemo prikazivati rezultate, pritiskom na dugme „Criteria“ u donjem desnom uglu prozora i biranjem kriterijuma po kom želimo da nam se prikazu rezultati. Detaljan grafički pregled pojedinačnog doprinosa svakog kriterijuma i podkriterijuma je moguć klikom na taster „Contr“ na toolbar-u ili ako iz menija mišem izaberemo opciju „Analysis“ a onda opciju „Contributions by Criteria“.

Criterium Decision Plus 3.0 pruža razne vidove analize dobijenih rezultata. Najkorisniji i najzanimljiviji od njih je definitivno je pregled osetljivosti rezultata na ocene. Klik na „Sens“ taster na toolbar-u prozora Score ili iz menija „Analysis Sensitivity by Weights“ otvara prozor za pregled osetljivosti.

Na osnovu dobijenih rezultata vidimo da imamo dva najbolja izbora kome se ukupne ocene poklapaju, a to su „Univerzalni strug Oerlikon“ i „Strug HAAS TM3“. Ove dve mašine najviše zadovoljavaju postavljene kriterijume koje se odnose na alternative.

Vertikalna linija na grafikonu senzitivnosti ili osetljivosti označava stepen značajnosti u odnosu na ostale kriterijume na istom nivou. Ovaj grafikon donosiocu odluka omogućava da analizira da li u blizini zadate procene (vertikalne linije), postoje moguća preklapanja alternativa.

Dalje, možemo uvesti dodatne kriterijume ili eliminisati postojeće ili koji ne mogu bitnije uticati na rezultat. Takodje možemo promeniti stepen značajnosti već postojećih kriterijuma (what-if analiza).

Izbor između ove dve mašine zavisiće od menadžera, tako da će on presuditi koja će mašina obraditi ovaj polufabrikat, tako što će platiti skuplje mašinsku obradu kao što je to slučaj kod „Struga HAAS TM3“, ili će to biti mašina „Univerzalni strug Oerlikon“ koja će obraditi za isto vreme, ali strug „Oerlikon“ nema mogućnost samokontrole kao „HAAS TM3“, već na ovaj mašini kontrolu vrši radnik, tako da to oduzima vreme, ali znatno jeftinije će platiti mašinsku obradu.

3. ZAKLJUČAK

Donošenje odluka je složen i kompleksan proces. Da bi se došlo do pravog rešenja menadžer mora da prouči sve bitne kriterijume koji određuju izbor najbolje alternative. Visekriterijumska optimizacija bez računarske podrške je veoma komplikovana i zahteva puno vremena. Dalje on mora da prikupiti tačne podatke, uz pomoć kojih će oceniti svoje kriterijume. Rezultat se javlja kao rang lista u kojoj se nalaze naše alternative.

Zahvaljujući ovom programu rešenje problema je mnogo preciznije i objektivnije, menadžer uz pomoć ovog programa lakše donosi odluku. U našem slučaju kada imamo dva rešenja koja imaju identičnu konačnu ocenu, tako da krajnju odluku mora doneti sam menadžer.

CHOOSING OF MACHINE TOOL FOR PARTS MACHINING BY APPLYING SOFTWARE FOR DECISION SUPPORT

Abstract

The application of decision support systems could significantly help managers in complex problem solving which demand the application of multicriterion decision models. This paper will present the application of Criterium Decision Plus 3.0 software in choosing the appropriate processing machine to process some mechanical parts. The choice is made between five machines according to the defined criteria and practical values.

Key words: multicriteria decision making, decision support system.

LITERATURA

1. Prof. dr Dragan D. Milanović, Doc. Dr Danijela Tadić, Mr Mirjana Misita, „Informacioni sistemi menadžmenta sa primerima“, Megatrend univerzitet primenjenih nauka, Beograd, 2005.
2. <http://www.cet.co.yu>
3. <http://www.infoharvest.com>



Tomašević, I., Simeunović, B., Stojanović, B.¹

IMPLEMENTACIJA RAČUNARSKI INTEGRISANE PROIZVODNJE U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA¹

Sadržaj: *Revolucija u informacionim tehnologijama i promene u političkom i društvenom okruženju u poslednje dve dekade su stvorile veoma konkurentno globalno tržište. Mala i srednja preduzeća (MSP) moraju da rade više od velikih korporacija da bi opstala u situaciji povećane konkurencije, jer raspolažu ograničenim resursima. Razmatrajući značaj elemenata računarski integrisane proizvodnje (CIM), okvir za uvođenje CIM u MSP je razvijen uz pomoć istraživanja koje je vođeno u slučajno izabranoj grupi od 24 MSP. Takođe, ističe se problem ljudskih resursa u implementaciji CIM u MSP. Konačno, prezentuju se budući pravci istraživanja.*

Ključne reči: *Računarski integrisana proizvodnja, Mala i srednja preduzeća, Empirijska studija*

1. UVOD

Mala i srednja preduzeća (MSP) moraju biti efikasnija i konkurentnija kroz čitav opseg poslovnih funkcija, kao što su marketing, kreiranje proizvoda, proizvodnja i prodaja. MSP su izabrala, i biraju različite sisteme naprednih proizvodnih tehnologija (AMT) i računarski integrisane proizvodnje (CIM) kao efikasne alate. MSP igraju značajnu ulogu u nacionalnoj ekonomiji i u obezbeđenju mogućnosti zapošljavanja.

CIM je skup tehnika koje predstavljaju podršku uvođenju fundamentalnih promena u proizvodnim industrijama. Prema [7], CIM se odnosi na obezbeđenje računarske pomoći, kontrole i visokog nivoa integrisane automatizacije na svim nivoima proizvodnih (i drugih) industrija povezivanjem «ostrva» automatizacije u distributivni procesni sistem. Skorije istraživanje ukazuje da skoro 87% MSP u USA je aktivno u angažovanju CIM. Većina MSP koja trenutno koriste CIM je prijavilo poboljšanja svojih performansi [6].

Naredno poglavlje predstavlja okvir za implementaciju CIM. Poglavlje 3. predstavlja empirijsku studiju vršenu u MSP, a zasnovanu na okviru razvijenom u poglavlju 2. Konačno, rezime pronalazaka i zaključak je predstavljen u poglavlju 4.

2. OKVIR ZA IMPLEMENTACIJU CIM u MSP

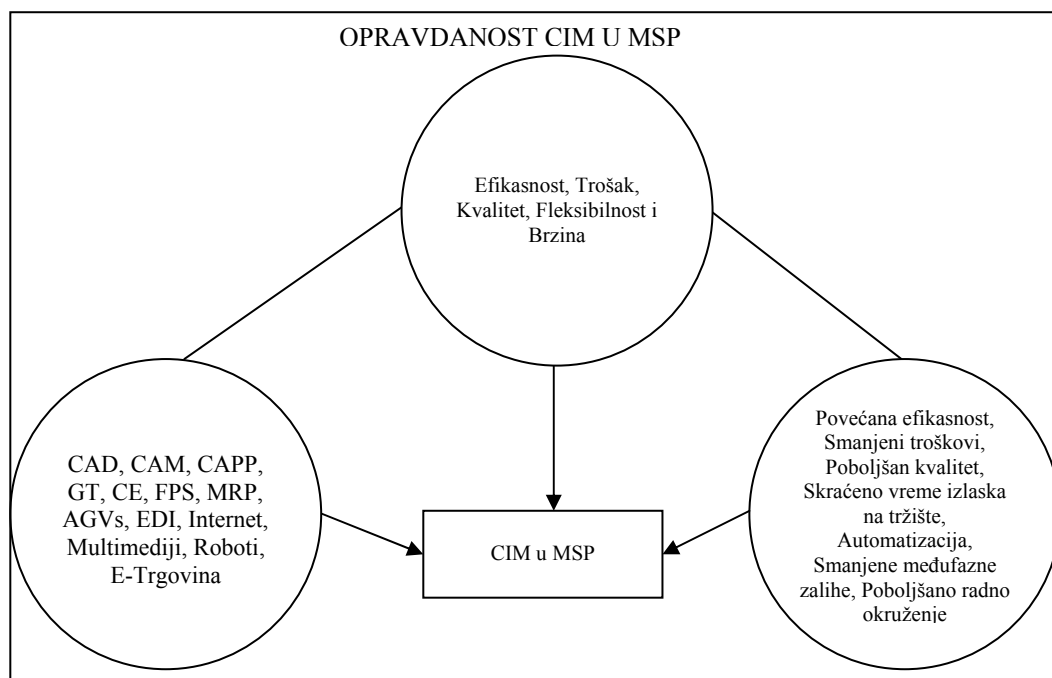
Elementi CIM su generalno definisani kao sistemi koji određuju fleksibilnost kao i računarsku integraciju podataka za proizvodnu organizaciju. Elemente CIM široko koriste proizvodne kompanije, da bi postigle vođstvo u tehnologiji i opstale na visoko konkurentnim tržištima. Okvir za implementaciju CIM u MSP je predstavljen na slici 1

MSP se mogu razlikovati od većih kompanija po brojnim ključnim karakteristikama, koje se generalno opisuju kao:

- personalizovano upravljanje uz malo prenošenje autoriteta;
- ograničenja u resursima u smislu upravljanja i ovlašćenja, kao i finansija;

¹ Ivan Tomašević, Fakultet organizacionih nauka, 011-3950-860, tomesevici@fon.bg.ac.yu
Barbara Simeunović, Fakultet organizacionih nauka, 011-3950-860, tisma@fon.bg.ac.yu
Dragana Stojanović, Fakultet organizacionih nauka, 011-3950-860, stojanovicd@fon.bg.ac.yu

- oslanjanje na mali broj klijenata i delovanje na ograničenim tržištima;
- ravne, fleksibilne strukture;
- visok inovacioni potencijal;
- reaktivan, borbeni mentalitet;
- neformalne, dinamičke strategije [4].



Slika 1. Okvir za implementaciju CIM u MSP

2.1 Opravdanost CIM u MSP

Kompanije implementiraju različite tehnologije koje uključuju CIM kao podršku za dostizanje strateških i operativnih prednosti. Neke od operacionih prednosti uključuju poboljšanje efikasnosti, smanjenje troškova, poboljšanje kvaliteta, smanjenje vremena do izlaska proizvoda na tržište, automatizaciju, smanjenje nedovršene proizvodnje i poboljšanje radnog okruženja. Opravdanje uvođenja CIM u MSP treba da se zasniva na troškovima i prednostima. Mnogim MSP nedostaje kapital za investiranje u takve tehnologije. Takođe, oni kasne u shvatanju posledica strateškog investiranja u tehnologije kao što je CIM. MSP treba da se fokusiraju na dugoročne prednosti kao što su strateške prednosti i neopredmećene prednosti poput tehnološkog napretka, dobrog imidža i fleksibilnosti. Implikacije CIM sa aspekta ljudskih resursa u smislu prednosti i nedostataka (finansijskih, nefinansijskih, opredmećenih i neopredmećenih) treba da budu uzete u obzir pri opravdanju primene CIM u MSP.

2.2. Elementi CIM

Elementi CIM, kao što su Dizajniranje pomoću računara (CAD), Planiranje procesa pomoću računara (CAPP), Grupna tehnologija (GT), Konkurentno inženjerstvo (CE), Fleksibilni proizvodni sistemi (FPS), Planiranje potreba za materijalom (MRP), Sistemi automatski vođenih vozila (AGVs), Planiranje resursa preduzeća (ERP), Elektronsko poslovanje (e-commerce), Internet, Multimediji (MM) i Elektronska razmena podataka (EDI), igraju ključnu ulogu u efikasnom crpljenju prednosti postignutih implementacijom CIM i u velikim i u malim kompanijama. CIM je oznaka za skup tehnika koje prave fundamentalne promene u proizvodnim industrijama. CAD uključuje grafičko predstavljanje, modeliranje i upotrebu olakšanog procesiranja podataka za generisanje podataka potrebnih za numerički kontrolisane (NC) mašine, robote i kontrolu procesa. CAPP je proces donošenja odluke koji ima za cilj određivanje skupa instrukcija i mašinskih parametara potrebnih za proizvodnju delova [3]. GT je zasnovana na grupisanju delova i mašina i može da obezbedi mnoge prednosti kao što su kraće vreme podešavanja, manja nedovršena proizvodnja, smanjeno rukovanje materijalom, skraćeno vreme ciklusa, i povećanje mogućnosti za automatizaciju. FPS je automatizovani proizvodni sistem koji se brzo prilagođava promenama u proizvodnom programu i ima mogućnost istovremene proizvodnje različitih proizvoda. MRP je računarski zasnovan informacioni sistem

koji obezbeđuje informacije o komponentama ili delovima i o redosledu njihove proizvodnje. MRP II, varijanta MRP, je sistem koji predviđa potrebe za materijalom na osnovu porudžbina, i razvija plan proizvodnje u skladu sa ovim potrebama [8]. AGV je mali, kamion bez vozača, koji, uz pomoć baterije, pomera materijale između operacija. EDI je razmena podataka (od računara do računara) bez ljudske intervencije. EDI omogućava MSP da razmene radne naloge, plaćanja ili čak inženjerske crteže elektronskim putem, preko direktne komunikacione mreže bez ljudske intervencije, u preciznom formatu. Elektronsko poslovanje (EC) je koncept koji opisuje proces kupovine i prodaje ili razmene proizvoda, usluga i informacija preko računarske mreže. Elementi CIM treba da uključe ulogu ljudskih resursa da bi implementacija CIM i funkcionisanje takvog sistema bili uspešni. Mnoge kompanije zanemaruju tako važnu stvar kao što je faktor ljudskih resursa; npr. obuka i edukacija imaju veoma jak uticaj na odluku o primeni CIM u MSP.

2.3. Prednosti CIM u MSP

MSP treba da procene potencijalne troškove i prednosti uvođenja CIM u svoje organizacije. Većina kompanija gleda kratkoročne finansijske koristi, a ne dugoročne stratezijske prednosti. Stvarni izazov za MSP je da dovoljno razumeju tehnologiju CIM da bi ostvarila najbolje prednosti od njega bez nepotrebnog ulaganja vremena ili novca. Razlog za proučavanje i uvođenje CIM je da se poveća produktivnost MSP, koja će zauzvrat doprineti blagostanju društva i poboljšati kvalitet života.

CIM je izraz koji se koristi da se opiše savremeni pristup u proizvodnji. Glavna karakteristika CIM je integracija svih proizvodnih funkcija, uključujući dizajn, inženjering, planiranje, kontrolu, proizvodnju, i montažu kroz upotrebu računarski podržane tehnologije. Tehnološke promene, potrebne za uvođenje CIM u MSP su dalekosežne i neizbežne. Postoji nekoliko dostupnih izveštaja o rezultatima primene nekoliko delova iz grupe CIM. Toyota je izjavila da je smanjila vreme dizajniranja za više od 50% korišćenjem CAD/CAM. Lockheed je izvestio da je 81% smanjeno vreme dizajniranja [2]. Prema [1], korišćenjem CIM-a, vreme i troškovi novog proizvoda su smanjeni za 50%, a pripremna vremena proizvoda su pala sa 52 nedelje na 18 nedelja. Uz pomoć CIM, vreme proizvodnje značajno opada, kao i vremena podešavanja i obrade, a količina škarta je smanjena za 93% [5].

U ovom radu, fleksibilnost se smatra najvećom operacionom prednošću CIM u MSP. Razlog ovome je da fleksibilnost utiče na sva područja poslovanja. Fleksibilnost ima 2 komponente: fleksibilnost opreme i fleksibilnost proizvoda. Fleksibilnost opreme ukazuje na lakoću kojom se nova tehnologija može primeniti na postojeću opremu da bi se povećao ili promenio proizvodni kapacitet. Fleksibilnost proizvoda ukazuje na kapacitet postojeće opreme za proizvodnju proizvoda drugačijih od onih koji se sada proizvode.

3. CIM U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA (MSP): EMPIRIJSKA ANALIZA

U prethodnom delu je razmotrena opravdanost glavnih elemenata i prednosti CIM, a da pri tom nije uzeto u obzir da li su svi ti delovi jednako potrebni u velikim i malim kompanijama. Ipak struktura velikih i malih kompanija zavisi od veličine, ciljeva, kapitala i veština koje su na raspolaganju tako naprednoj tehnologiji i njenim zahtevima. Empirijska analiza jednog broja MSP koje su locirane u UK je sprovedena kako bi se identifikovali faktori koji su kritični za uspeh CIM u MSP. Empirijska studija je sprovedena, među slučajno izabranim MSP sa radnom snagom od 10 do 500 zaposlenih, pomoću upitnika.

MSP su pitana da objasne njihova gledišta na CIM u njihovim kompanijama, naročito na sledeće: koristi koje još nisu dokazane, novine kako za fabriku tako i za kompaniju, novine za fabriku ali ne i za kompaniju, rizični projekti, modifikacije rasporeda u fabrici kao i uticaj na organizaciju proizvodnje. Odgovori kompanije su rangirani na skali od 1 do 7 gde je 1 predstavljalo jako slaganje, a 7 jako ne slaganje, kao što je prikazano u tabeli 1. Brojevi u tabeli 1 predstavljaju procenat kompanija na svakom nivou slaganja za svako gledište.

Analiza gledišta kompanija pokazuje da se 34% kompanija donekle ne slaže sa potencijalnim koristima CIM. Oko 24% kompanija se u neku ruku slaže sa stanovištem da je uvođenje novih tehnologija imalo uticaja na organizaciju proizvodnje u smislu veće međufunkcionalne integracije, povećanog broja MSP, povećane kompleksnosti planiranja proizvodnje i slično. Oko 63% kompanija se slaže da je uvođenje novih tehnologija imalo uticaja na promenu tokova roba, i da je modifikacija rasporeda u fabrici bila neophodna. Slično tome,

55% kompanija je bilo neodlučno po pitanju rizičnih projekata, u smislu velike neizvesnosti koja se tiče izlaza tih projekata. Pored toga, 51% kompanija je iskazalo jako neslaganje sa stanovištem da je tehnologija nova za fabriku, ali ne i za kompaniju. Dalja analiza podataka je predstavljena sa ciljem operacionalizacije okvira za implementaciju CIM u MSP i predstavljena je na slici 1.

Nivo slaganja	GLEDIŠTA					Veliki uticaj na organizaciju proizvodnje
	Još ne dokazane koristi	Novo i za fabriku i za kompaniju	Novo za fabriku ali ne i za kompaniju	Rizični projekti	Modifikacija lejaute fabrike	
1	0	17	0	4	4	0
2	21	4	4	0	34	21
3	0	21	0	0	0	34
4	16	0	33	55	21	21
5	34	46	12	0	0	0
6	12	12	0	17	29	0
7	17	0	51	24	12	24

Tabela 1: Procenat kompanija na svakom nivou slaganja (od potpunog slaganja (1) do potpunog neslaganja (7)) za svako gledište koje se tiče implementacije CIM

3.1 Opravdanost CIM

Većina MSP je stanovišta da primena CIM donosi pozitivne rezultate, kao što su poboljšanje efikasnosti i sveukupne produktivnosti. Rezultati empirijske analize pokazuju da postoje 4 glavna razloga za implementaciju CIM u MSP: poboljšanje efikasnosti (96%), smanjenje troškova (92%), poboljšanje kvaliteta (71%) i smanjenje nedovršene proizvodnje (WIP) (67%). Bolji uslovi rada imaju najnižu ocenu (28%) među navedenim razlozima (tabela 2).

Opravdanost	% kompanija
Poboljšanje efikasnosti	96
Smanjenje troškova	92
Poboljšanje kvaliteta	71
Vreme do izlaska proizvoda na tržište	53
Automatizacija	33
Smanjenje proizvodnje u toku	67
Bolje radno okruženje	28

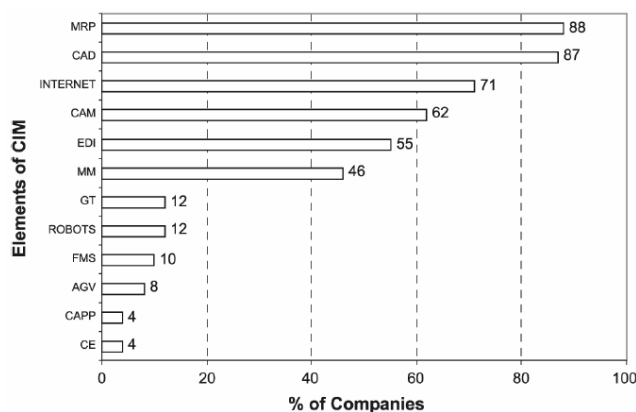
Tabela 2: Opravdanost CIM u SME

Opravdanost uvođenja CIM u MSP ima mnogo aspekata. Većina MSP veruje da će implementacija CIM u njihovim kompanijama voditi poboljšanju efikasnosti i smanjenju troškova. Kompanije veruju da poboljšanje kvaliteta, odgovori na zahteve tržišta, automatizacija, itd., igraju značajnu ulogu, ali na drugačiji način, u opravdanosti uvođenja CIM u MSP. Na primer, poboljšanja u domenu kvaliteta, vremena i radnog okruženja će na kraju voditi do poboljšanja efikasnosti i smanjenja troškova.

3.2 Elementi CIM koji se koriste u MSP

Slika 2 predstavlja upotrebu različitih tehnologija i alata kod implementacije CIM u MSP. Rezultati pokazuju da 87% kompanija koje su učestvovala u istraživanju koriste CAD, a 88% kompanija u svom poslovanju koristi MRP. Oko 71% kompanija koristi Internet, a 62% kompanija su implementirale CAM sisteme. Pored toga, 55% kompanija je usvojilo EDI a 46% kompanija koristi multimedijalne alate. Samo mali broj kompanija koristi GT, robote, AGV, CAPP i CE.

Pošto je jedna od glavnih aktivnosti CIM dizajn proizvoda, CAD/CAM tehnologija je tehnologija koja je najprikladnija za usvajanje. Uspešna implementacija odgovarajuće CAD/CAM tehnologije treba da pozitivno utiče na proizvodne parametre, i na kraju da uspostavi željene kompetitivne prednosti MSP kako bi se osigurala pozicija na tržištu.



Slika 2: Elementi CIM koje koriste kompanije

Generalno gledano, skoro svi elementi CIM su postigli prosečne uspehe kroz ove sisteme/tehnologije. Razlog lošeg učinka se možda može naći u samo parcijalnoj primeni kod posmatranih MSP. Primetan je nedostatak sistema efektivne podrške u MSP, koji može pomoći da se poboljša učinak tih firmi na globalnom tržištu. Učinak elemenata CIM se može poboljšati samo kroz punu implementaciju i podršku menadžmenta. Pored toga, posebnu pažnju treba posvetiti pitanjima koja su vezana za razvoj ljudskih resursa prilikom implementacije CIM.

3.3 Koristi od CIM u MSP

U empirijskom istraživanju koje je ovde prikazano, od kompanija je traženo da obrazlože postignutu fleksibilnost koja je dobijena implementacijom CIM. Analiza je pokazala da je oko 33% kompanija postiglo zadovoljavajući stepen fleksibilnosti posle implementacije CIM. Još 33% kompanija je reklo da je postiglo prosečan nivo fleksibilnosti. Odgovor 26% kompanija je da su postigli visok nivo fleksibilnosti uz pomoć CIM. Još 4% kompanija je odgovorilo da je postiglo fleksibilnost koja je ispod proseka. Na kraju, još 4% je dalo odgovor da im implementacija CIM nije donela ništa na polju fleksibilnosti. Sve ukupno, više od 50% kompanija koje su implementirale CIM je postiglo visok stepen fleksibilnosti kako proizvoda tako i opreme.

4. ZAKLJUČAK

Metod upravljanja, organizacija kompanije i obuka ljudskih resursa su vrlo važni za uspešnu implementaciju CIM. MSP prvo treba da analiziraju svoje poslovne procese i da odrede prioritete kod svojih poslovnih ciljeva pre nego što krenu sa izradom plana za implementaciju CIM. Dobrom strategijom, preduzeća će biti u mogućnosti da odgovore na bilo kakve promene u prioritetima.

Ovo istraživanje se može proširiti na veći broj kompanija u specifičnim oblastima, kao što su proizvodnja auto delova, elektronika, obrada hrane i slično. Ovakvo istraživanje (ili istraživanja) mogu pružiti značajnije rezultate o korišćenju CIM u MSP. Sledeći zaključci o implementaciji CIM u MSP se mogu izvući iz prethodne analize:

- MSP treba da unapred analizira posledice koje donosi CIM sa stanovišta opravdanosti CIM, glavnih tehnologija i tehnika CIM i koristima koje CIM donosi.
- MSP bi trebalo da razmatra dugoročne strateške prednosti pre nego kratkoročne finansijske koristi dok analizira opravdanost implementacije CIM u kompaniji.
- MSP bi trebalo da identifikuje najpogodnije tehnike i tehnologije CIM uzimajući u obzir karakteristike kompanije kao i zahteve tržišta. Na primer, najveći broj MSP smatra da su MRP, CAD/CAM i korišćenje interneta najpogodniji elementi CIM.
- Tehnike kao što su CE i CAPP nisu toliko važne sa stanovišta MSP kod implementacije CIM tehnologije. Ipak, ovo pokazuje usko gledanje MSP na implementaciju CIM i njegove prednosti.
- Većina MSP vidi fleksibilnost kao ključni rezultat implementacije CIM u njihovoj organizaciji. Očigledno, fleksibilnost ima uticaja na sve druge kompetitivne prednosti, kao što su smanjenje troškova, povećanje kvaliteta i brzine.
- Razvoj u oblasti ljudskih resursa, kao što je obuka, edukacija, poznavanje računara, motivacija, timski rad i komunikacija treba razmatrati kod implementacije CIM u MSP.

Ipak, prikazani rezultati empirijskog istraživanja imaju svoja ograničenja. Studija je rađena na malom uzorku MSP u UK, i istraživanje je koncentrisano samo na jedan vid uspešne implementacije CIM tehnologije u MSP.

5. LITERATURA

- [1] Burt, D.N. (1989), "Managing suppliers up to speed", Harvard Business Review, Vol. 7 No.8, pp.127-135
- [2] Gunn, T.G. (1987), Manufacturing for Competitive Advantages – Becoming a World-Class Manufacturer, Ballinger Publishing Company, Cambridge, MA.
- [3] Henderson, M.R. , Chang, G.J. (1988), "FRAPP: automated feature recognition and process palnning from solid model data", Proceedings of the International Conference on Computers in Engineering, ASME, Vol. 1, pp. 529-536
- [4] Hudson, M., Smart, A., Bourne, M. (2001), "Theory and practice in SME performance measurement systems", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21 No. 6, pp.1096 – 1115.
- [5] Kaplan, R.S. (1986), "Must CIM be justified by faith alone? ", Harvard Business Review, Vol. 34, pp. 87-95
- [6] LeBlanc, L.J., Nash, R., Gallagher, D., Gonda, K., Kaqkizaki, F. (1997), "A comparision of US and Japanese technology management and innovation", International Journal of Technology Management, Vol. 13 No. 5/6, pp.601-614
- [7] Lefebvre, L.A., Lefebvre, E. , Harvey, J. (1996), "Intangible assets as determinants of advanced manufacturing technology adoption in SMEs; toward an evolutionary model", International Journal of IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 43 No.3, pp.307-322.
- [8] Stevenson, W. (2002), Operations Management, 7th ed., McGraw-Hill Irwin, New York, NY.

IMPLEMENTATION OF COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES

Abstract: *The revolution in information technology and the changes in political and social environments during the last two decades have created a very competitive global market. Owing to limited resources, small and medium enterprises (SMEs) need to work harder than large corporations in order to survive in a situation of everincreasing competition. Considering the importance of elements of computer-integrated manufacturing (CIM), a framework for the implementation of CIM in SMEs has been developed with the help of a survey conducted in a randomly selected group of 24 SMEs. Also highlights the issues of human resource in the implementation of CIM in SMEs. Finally, presents future research directions.*

- [9] **Key words:** *Computer-integrated manufacturing, Small to medium-sized enterprises, Empirical study*



Д. Мићинћ, Ж. Спасић¹

ПОСЛОВНЕ ПЕРФОРМАНСЕ И УПРАВЉАЊЕ ТРОШКОВИМА ПРЕДУЗЕЋА ИНТЕГРИСАНИХ ТЕХНОЛОГИЈА²

Резиме

Управљање трошковима производно-пословног предузећа интегрисаних технологија захтева нове приступе, европске стандарде и примену високих информационо-комуникационих технологија. Полази се од анализе свих категорија трошкова да би се дефинисале променљиве (варијабле) и параметри које дефинишу пословне перформансе у интелигентном пословању предузећа. Рад предвиђа теоријску поставку проблема са потребним експерименталним проверама ради практичне примене у пословању домаће индустрије.

Key Words: Дигитално предузеће, Технолошки развој индустрије, Управљање трошковима, Перформансе пословања

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Управљање трошковима је основа за одређивање пословних перформанси дигиталног предузећа које се припрема да успешно послује у условима интегрисаних истраживачких и образовних простора Европе базиране на знању [1]. Класичан начин израчунавања трошкова [2, 3] више не задовољава савремено пословање производно-пословног предузећа, али зато представља основу за пројектовање система са *on-line* управљањем пословним перформансама дигиталног предузећа које се дефинишу на основу утврђених и измерених променљивих (варијабли) и параметара свих категорија трошкова.

У дефинисању пословних перформанси дигиталног предузећа морају да се уграде европски процеси и стандарди. Како се предвиђа интерна (између пословних јединица) и екстерна (са пословним партнерима) функционална и информациона интеграција, ради се о типичном предузећу интегрисаних технологија или CIM предузећу (CIM – *Computer Integrated Manufacturing*).

2. ПОСЛОВНЕ ПЕРФОРМАНСЕ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО ПОСЛОВАЊЕ ПРЕДУЗЕЋА

У успешном интерактивном пословању дигиталног предузећа и успешном менаџменту пословним перформансама постоје два важна циља. То су иновација и оптимизација или:

1. Висок квалитет извршења свих активности кроз критеријуме компетитивног развоја иновираних процеса и примењених резултата истраживања.
2. Оптимизација вредности пословних перформанси кроз перманентно праћење тренутних вредности које се упоређују са претходним вредностима перформанси (показатељ унапређења пословања) и задатим коначним вредностима перформанси.

Проактивни менаџмент пословним перформансама предузећа треба да обезбеди мерење вредности дефинисаних пословних перформанси на основу дигиталних описа класификованих елемената пословања. Период мерења вредности перформанси треба да буде што краћи како би се утицало на излазне резултате и обезбедило интелигентно пословање (енгл: *business intelligence*) дигиталног предузећа.

Менаџмент пословним перформансама је управљање скупом пословних процеса којима се планирају, управљају и прате активности користећи дефинисане вредности главних индикатора перформанси за остварење стратешких циљева у укупном пословању [1]. Све финансијске, оперативне и аналитичке активности у пословним процесима су компјутеризоване и користе високе информационе и комуникационе технологије.

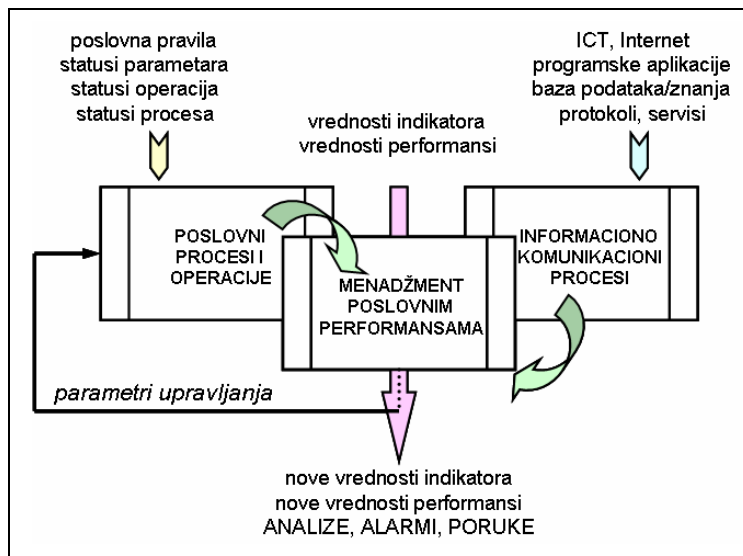
Пословне перформансе се континуално побољшавају хоризонтално (на истом нивоу управљања) и вертикално (на више нивоа управљања) и захтевају проактивне и усмерене акције у реалном времену са тачно дефинисаном метриком вредности варијабли, индикатора и перформанси. Информациона интеграција

¹ Професор др **Жарко Спасић**, Машински факултет Универзитета у Београду, E-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu
Магистар техничких наука **Драгиша Мићинћ**, Виша пословно-техничка школа – Ужице.

² Рад садржи део поставке проблема за докторску дисертацију.

предузећа је основни предуслов за дигитално пословање које интегрише интерне и екстерне активности, примењене комерцијалне пакете програма и интерну и екстерну размену информација. Информациони токови повезују пословне (организационе) јединице предузећа у процесима доношења компетентних одлука на свим нивоима менаџмента, при чему пословне активности повезују стратешке и оперативне циљеве.

На слици 1 је приказан оквирни модел менаџмента пословним перформансама предузећа који интегрише три комплементарна процеса. То су основни процес менаџмента пословним перформансама на свим нивоима пословања, пословни процеси и операције и информационо-комуникациони процеси и процедуре.



Слика 1. Модел менаџмента пословним перформансама

Модел представља основу за интелигентно пословање са динамичким праћењем стања свих пословних процеса и операција и континуалним током обраде информација јединствене базе података/знања која обезбеђује поруке упозорења (енгл. *alerts*) на основу вредности статуса управљаних параметара. Холистички приступ (енгл. *holistic approach*) у решавању проблема подразумева да су циљеви пословања заједнички за све нивое менаџмента. На основу постављених циљева и приоритета предузимају се одговарајуће акције које обезбеђује повратна спрега за управљање пословним операцијама и процесима.

3. ПРОБЛЕМИ У ИСТРАЖИВАЊУ И ПРИМЕНИ ПОСТАВЉЕНОГ МОДЕЛА

Сви успешни пословни субјекти у све турбулентнијем окружењу морају да уважавају чињеницу да је пословна успешност основна детерминанта која обезбеђује опстанак на тржишту, уз одговарајући развој и раст. Због тога оцена стања пословне успешности и постављених циљева *"Максималан квалитет – минимални трошкови"* мора да се одреди прецизном метриком, како у процесу пројектовања нових или усавршавању постојећих производа, процеса и услуга, тако и код пројектовања производно-пословних система или дигиталних предузећа интегрисаних технологија. Акценат се ставља на континуално обезбеђивање и унапређења квалитета производа и услуга, што омогућава пословним субјектима да сагледају своју пословну позицију на тржишту и да на бази учења у интелигентном пословању прате пословне перформансе у реалном времену како би управљали трошковима и изашли на тржиште са прихватљивим ценама и највишим квалитетом производа.

Наиме, поред општих тржишних показатеља и информација које се односе на захтеве купаца производа или корисника услуга и степена њиховог задовољења, посебну пажњу треба посветити анализи трошкова, што директно утиче на степен информационе интеграције између произвођача, добављача и купаца у ланцу снабдевања.

У наредним годинама пословања требало би да се потисну конвенционалне технологије и да се замене интегрисаним високим производним, информационим, комуникационим и образовним технологијама, користећи јединствени информациони ресурс – базу података/знања. Такав приступ је још увек недовољно проучен и истражен на нашим просторима, па им тиме треба посветити пуну пажњу.

Индустрија и привреда Србије се већ дужи период налазе у процесима транзиције и власничке трансформације који нису увек довољно успешни. Процес реформе високог образовања Европе одвија се према принципима опште прихваћеног документа *Болоњске декларације* још од 1999. године, а у Србији од 2001. године. Интеграциони трендови у Европи воде ка стварању заједничког образовног простора (EHEA – European Higher Education Area) и заједничког истраживачког простора (ERA – European Research Area) како би до 2010. године Европа постала *"Друштво базирано на знању"*. Резултати истраживања у предложеној докторској тези

треба да допринесу превазилажењу ограничења у сарадњи индустрије и универзитета Србије, у складу са трендовима европских интеграција. Синергија индустрије и универзитета треба да обезбеди учешће домаће индустрије у програму истраживања FP7 (Framework Programme) које финансира Европска унија према приоритетима развоја друштва заснованог на знању.

4. ПОЛАЗНА АНАЛИЗА ТРОШКОВА

Предмет истраживања треба да буде и полазна анализа утицаја свих кључних компоненти или параметара трошкова. У широј структури трошкова садржане су две кључне компоненте трошкова: трошкови елемената производње и трошкови непосредне производње. Трошкови се односе на низ других издатака и активности, које су повезане са непосредном производњом, као што су: трошкови пројектовања, конструисања, испитивања, развоја, планирања, припреме производње, организовања, набавке, продаје, финансијског пословања и других услуга. На основу свих ових компонената (параметара) формира се цена коштања и цена продаје производа. Сам процес управљања трошковима је јако комплексан и зависи од мноштва параметара. Да би се оптимално управљало трошковима, потребно је да се претходно изврши рашчлањивање (класификација) трошкова на поједине групе (категорије). У економској теорији и пракси пословања постоји више критеријума за поделу трошкова. Најчешће се као основни критеријуми користе:

- A. Порекло или природа трошкова;
- B. Место настанка трошкова или фаза процеса производње;
- C. Метод обрачуна трошкова;
- D. Динамика промена вредности трошкова **или** степен искоришћења капацитета;
- E. Критеријум укупности трошкова;
- F. Учесталост трошкова;
- G. Метод утврђивања трошкова.

У зависности од наведених критеријума поделе трошкова, разликујемо следеће категорије трошкова:

A. Подела трошкова према пореклу:

- 1. Трошкови материјала и енергије;
- 2. Трошкови средстава за рад;
- 3. Трошкови људског рада (лични дохоци са доприносима);
- 4. Трошкови услуга;
- 5. Трошкови за заједничке и опште друштвене потребе.

B. Подела трошкова према месту настанка или према фазама производње:

- 1. Трошкови набавке материјала и средстава за рад;
- 2. Трошкови припреме производње;
- 3. Трошкови процеса производње;
- 4. Трошкови завршне фазе производње;
- 5. Укупни трошкови реализације производа.

Ц. Подела трошкова према методу обрачуна:

- 1. Непосредни трошкови;
- 2. Општи трошкови.

Д. Подела трошкова према степену искоришћења капацитета

- 1. Фиксни (стални) трошкови;
- 2. Варијабилни (променљиви) трошкови.

Е. Подела трошкова према укупности:

- 1. Трошкови по јединици производа;
- 2. Укупни трошкови производње.

Ф. Подела трошкова према учестаности:

- 1. Једнократни трошкови (куповина машинина, изградња зграде и слично);
- 2. Текући трошкови (трошкови одржавања машина, зграде и слично).

Г. Подела трошкова према методи утврђивања:

- 1. Стварни трошкови;
- 2. Плански трошкови;
- 3. Стандардни трошкови.

Сви наведени трошкови могу да се и даље рашчлане на простије чиниоце, што је задатак даљег рада на дефинисању варијабли у управљању трошковима и дефинисању перформанси интелигентног пословања дигиталног предузећа.

5. НАУЧНИ И ПРАКТИЧНИ ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања је потпуно сагледавање проблема управљања трошковима у интелигентном пословању дигиталног предузећа, оптимизацијом свих параметара (променљиве или варијабле) који учествују у формирању појединих категорија трошкова и пословних перформанси. Научни и практични циљеви истраживања су:

- Теоријска поставка проблема управљања трошковима и пословним перформансама;
- Детаљна анализа утицајних параметара ради оптимизације пословних функција;
- Развој теоријског модела за апликативне вредности параметара трошкова за предузеће интегрисаних високих технологија;
- Идентификација процедура и поступка за одређивање апликативних вредности трошкова за оптималне вредности пословних перформанси у функцији трошкова;
- Начин мерења вредности параметара и варијабли, са упоређивањем са задатим вредностима;

6. ХИПОТЕЗЕ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Хипотезе истраживања су засноване на интелигентном електронском пословању, односно дигиталном предузећу интегрисаних технологија. Електронско пословање је уведено у неким областима пословања у земљи и у свету. Домаћа индустрија касни у овоме, као уосталом и у декомпозицији комплексних система на мала и средња предузећа, али и у проблемима често неуспешних транзиција и власничких трансформација. Многобројни захтеви светског тржишта робе, услуга, знања и капитала утичу да производно-пословни системи заснивају своје пословање на високим информационо-комуникационим технологијама, па се, у том контексту, наводе следеће хипотезе:

- Дигитално предузеће је комплексан систем интегрисаних технологија у коме се одвијају инжењерске, производне, пословне и опште активности са функцијама планирања, управљања и информисања;
- Економија пословања савременог дигиталног предузећа је заснована на Интернет – технологијама;
- Одређивање пословних перформанси предузећа подразумева логичку пословну комбинацију променљивих (варијабли) и осталих параметара система управљања трошковима;
- Праћење пословних перформанси у пословању дигиталног предузећа је *он-лине* активност са утврђеним процедурама квалитета и акцијама које проистичу из утврђених вредности перформанси;
- Повратне информације пословног окружења дигиталног предузећа (купци, добављачи, кооперанти, Алумни асоцијација) су део система управљања система са повратном спрегом;
- Увођењем електронског пословања треба да се укључи реинжењеринг свих процеса у предузећу.

У току рада на предложеној тези користиће се дијалектичке, синтетичке, компаративне и верификационе методе. Такође ће бити коришћене и методе симулације основних функција пословања, уз примену развијених математичких, рачунарских и експерименталних модела. Применом наведених метода и модела, одредиће се парцијални утицаји појединих параметара (компоненти) на све категорије трошкова, на све дефинисане перформансе пословања производно-пословног предузећа, као и на њихове корелационе зависности. Експериментални модел ће послужити за верификацију резултата добијених на основу теоријских модела.

7. УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

У предложеној докторској дисертације извршиће се детаљно пројектовање система управљања трошковима и пословним перформансама у дигиталном предузећу интегрисаних технологија. Детаљном теоретском анализом и користећи актуелне податке из пословања предузећа "Први партизан" – Ужице, ФАП – Прибој и других, одредиће се одговарајуће зависности варијабли и параметара као компоненти свих категорија трошкова, ради оптималног извршење функција пословања. Ако се узме у обзир да је наведена методологија релативно нова за домаћу индустрију, онда се очекује адекватан научни допринос и практична примена у будућем електронском пословању домаћих производно-пословних предузећа.

Познато је да је развој производа непрекидан и трајан иновативни процес у његовом животном циклусу, док је управљање трошковима теоријска и практична анализа и примена утицаја оптималног односа параметара

и варијабли у пословању. У фази развоја домаће индустрије и друштва у пројектовани систем треба да се уграде сви економски и технички стандарди и европске вредности.

Очекивани допринос је у оптимизацији главних променљивих (варијабли), параметара и пословних перформанси дигиталног предузећа, као и унапређење релевантних пословних функција система. Апликативни значај истраживања огледа се у тестирању спремности домаће индустрије ад прихвати изазов европских интеграција како би припадала заједничком истраживачко-образовном простору Европе 2010.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Спасић, Ж., *Интегрисани систем квалитета дигиталног универзитета*, Монографија, Машински факултет, Београд, 2007, str. 516.
- [2] Станић, Ј., *Управљање квалитетом производа*, Методи 1, ИРО "Грађевинска књига", Београд, 1985.
- [3] Мићић, Д., *Методологија израчунавање основног машинског времена код електроерозионе обраде*, *Часопис Техника*, Број, Београд, 1992.
- [4] Спасић, Ж., *Европске интеграције – Судбина дезинтегрисане Србије*, Уводни рад, Зборник радова 32. Јупитер конференције, Машински факултет, Златибор, 2006. ЦД: ТФ6 –ТФ17.
- [5] Spasić, Ž., *Projektovane aktivnosti Alumni Fonda aMEB*, Uvodni rad, I Kongres Alumni Fonda Mašinskog fakulteta "Aktuelni zadaci mašinstva", Mašinski fakultet, Beograd, 2005. pp 15-22.
- [6] *Alumni Fond Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu aMEB*, Saopštenja I Kongresa "Savremeni zadaci mašinstva", Urednici: Spasić, Ž., Nedeljković, M., ISBN 86-7083-542-8, Mašinski fakultet, Beograd, 2005. Str. 152.
- [7] Спасић, Ж., Недељковић, М., Вошњак, С., Обрадовић, А., *Машински факултет Универзитета у Београду – Мисија на путу ка европској интеграцији*, Машински факултет, Београд, 2003, str. 520.



Borivoj Markov**

POVEĆAVANJE EFEKTIVNOSTI PRIMENE NAUČNIH DOSTIGNUĆA UVOĐENJEM PETOG VIDA U NI DELATNOST

Rezime: Polazeći od preovlađujuće podele NI delatnosti na četiri vida istraživanja: slobodna osnovna – SOI, usmerena osnovna – UOI, primenjena – PRII i razvojna – RAI, u radu se navode brojni razlozi za uvođenje prelaznih istraživanja – PREI kao središnjeg i petog vida. Najvažniji zadaci PREI su: optimiranje, ubrzavanje, širenje i smanjivanje zaostajanja primene NI znanja. Cilj je da se prenošenje znanja iz SOI i UOI u PRII i RAI preko linije koja više razdvaja nego spaja, pretvori u kreativan prostor – vid PREI, u kome će se sagledavati i razrešavati značajne slabosti i smetnje čitave NI delatnosti. Neophodan je i sistem utvrđivanja i praćenja udela ostvarenih efekata NI delatnosti u dva oblika: naučno-istraživački – NIE, i tehnološki, tehnički i ekonomski – TTEE, koji će se zasnivati na ekspertskim ocenama, u skladu sa originalnim modelom prikazanim na slici 1.

Ključne reči: Uvođenje PREI, pet vidova NI delatnosti, produktivna NI znanja, efekti NI delatnosti, PREI – karika koja nedostaje.

1. UVOD

Naučno-istraživačka znanja i dostignuća predstavljaju potreban uslov da se, zavisno od razvijenosti date sredine, sile prirode privode u službu čoveka i ukupnog razvoja proizvodnih snaga društva. I sama nauka prerasta u prvorazrednu proizvodnu snagu, uz iznalaženje i omogućavanje novih potreba društva, dajući pokretački smisao i ciljeve daljem tehnološkom i ekonomskom razvoju. Naučni, tehnološki i tehnički razvoj deluje i kao oruđe razrešavanja protivrečnosti između razmaha potreba društva i ukupnih mogućnosti kao i prioriteta njihovog zadovoljavanja. To je složen proces u kome čovek sve potpunije, ali ne i razumnije, koristi sile prirode i resurse kako bi njima sve efikasnije i efektivnije ovladao. Osnovu čine procesi materijalizacije: proizvodnih iskustava, inovacija, naučnih, tehnoloških, tehničkih i praktičnih znanja o prirodi, njenim dobrima i oblicima njihove primene u reprodukciji. Nauka ima suštinski uticaj na razvoj tehnologije, tehnike i proizvodnje, jer im svojim otkrićima stvara pretpostavke, znanja i pogodan prostor za svestrano unapređivanje. Proizvodnja, tehnika i tehnologija imaju veliki – povratni uticaj na nauku, jer iz njih izviru i iskazuju se potrebe prakse i društva, koje se podesno ostvaruju tokom naučno-istraživačke i razvojne saradnje, [3], [4], [5], [8].

Ubrzavanje društvenog razvoja i povećavanje efekata zavisi od neprekidnog i neometanog odvijanja ciklusa: nauka – tehnologija – tehnika – proizvodnja – korišćenje – održavanje – rashodovanje – reciklaža. Dobrim povratnim spregama dobija se organska povezanost i delotvornost ovog složenog sistema. Od najvećeg značaja je saznanje da je blagovremena i obimnija primena naučnih znanja jednako važna njihovom iznalaženju, jer se samo tako dostiže i dovoljan uslov za potpuni uspeh. Uočava se činjenica da ukupan broj naučnih znanja sve više nadmašuje broj onih koja su našla praktičnu primenu, odnosno da opada stepen iskorisćenosti rezultata NI rada. Poznato je da proces prenošenja naučnih znanja, kao tehnološka, tehnička, ekonomska i proizvodna primena tih dostignuća, nema dovoljno izvestan i postojan karakter. Povezan je sa mnogim i raznorodnih smetnjama: naučno-istraživačkog, organizacionog, birokratskog, tehnološko-tehničkog, ekonomsko-društvenog i psihološkog karaktera, [4], [5]. Opravdano je izvesno vremensko prethođenje naučnih znanja njihovom uvođenju i primeni, problem je što se ono povećava. Zbog toga sa veoma ozbiljno moraju sagledati i rešavati negativne posledice tog raskoraka. Neosporno je da značajan deo vrhunskog stvaralačkog rada, uložen u ta znanja, koji nije našao svoju korisnu primenu, predstavlja mrtav kapital. On je boljim planiranjem i usmeravanjem mogao biti uložen i efektuiran na nekom drugom području, ostvarujući svoju reprodukciju i višestruki povraćaj uložених resursa, [2], [7], [9].

Na osnovu izvršenih istraživanja, sagledavanja i analiza, u ovom radu se uvodi vid Prelazna istraživanja – PREI, između usmerenih osnovnih – UOI i primenjenih istraživanja – PRII; sa brojčanim izražavanjem naučno-istraživačkih, tehnoloških, tehničkih i ekonomskih efekata koji se u njima ostvaruju, kao dovoljno tačne osnove za njihovo razvrstavanje. Središnji položaj PREI određen je zbog toga što se u tom prostoru razvijaju i već na izvoru mogu smišljeno sagledavati i otklanjati praktično svi uzroci koji ometaju uspešniju i blagovremenu primenu postojećih naučnih znanja. Ti veoma neugodni ometajući uticaji i njihovo delovanje već imaju fundamentalan karakter pa je za razrešavanje ove najveće slabosti ukupnog NI delovanja neophodno udružiti najbolje snage usmerenog osnovnog, prelaznog i primenjenog istraživanja, [1], [3], [4].

* Borivoj Markov, dipl.inž.org., istraživač-konsultant, Beograd, Kraljice Natalije 66/VII, 011/2642-210, 063/888-5206; borivoj_markov@hotmail.com

2. GLAVNE OSOBENOSTI, DELOVANJA I VIDOVI NAUČNO-ISTRAŽIVAČKE DELATNOSTI

Nauka, tehnologija i tehnika, kao osnovne poluge razmaha proizvodnih snaga obezbeđuju čovečanstvu, sada i u budućnosti, ogromne mogućnosti društvenog, materijalnog i kulturnog blagostanja, zavisno od stepena razvoja date sredine. Ocenjuje se da je oko 30% prirasta proizvodnosti rada i oko 40% prirasta obima proizvodnje rezultat primene NI znanja i rešenja. Izvesno je da broj i kvalitet rešenja na sazajnom području sve više premašuje broj onih koja su našla dobru primenu. Proizilazi da nova rešenja stalno potiskuju postojeća, mnoga neće ni biti ostvarena u svojim oblastima. U nekim delatnostima zamena tehnologije i opreme je neprekidan proces koji se ubrzava. Vreme između postojećih i novih modela u računarskoj tehnologiji kreće se oko 12 meseci što već obesmišljava razuman razvoj tendencijom koju nameću i šire mnogi proizvođači. Novo rešenje ima potpuni smisao ako je u njega ugrađen i postupak za korisnu primenu, uz svrsishodno prethođenje kreacije aplikaciji. Ovakvo približavanje sazajnog i primenjenog stvaralaštva ne zahteva prosto ograničavanje brzine rađanja i broja novih znanja, nego njihovom optimiranju da bi se značajan deo istraživačkih napora usmerio ka ubrzanju i proširivanju njihove primene. Kriza sirovina, energije i zagađenosti okoline, surova su opomena da se više ne može ići putem zadovoljavanja veštački stvorenih potreba jer ni najveća efikasnost nauke, tehnologije, tehnike i proizvodnje ne može zasititi nezajažljive apetite potrošačkih društava, [1], [4].

Naučno-istraživačka delatnost je organizovana po vidovima, od korišćenih preovlađuje svrstavanje u četiri vida, [3],[7]:

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Slobodna osnovna istraživanja – SOI; | 3. Primenjena istraživanja – PRII; |
| 2. Usmerena osnovna istraživanja – UOI; | 4. Razvojna istraživanja – RAI. |

U ovom radu su izloženi argumenti da se uvedu, kao peti i središnji vid: Prelazna istraživanja – PREI, između UOI i PRII, o čemu će se potrebni podaci izneti u 3. odeljku.

Svojim otkrićima nauka stvara znanja, pretpostavke i prostor za svestrani razvoj kako tehnologije, tehnike i proizvodnje tako i društva u celini. Iz suštine nauke proizilaze tri njena osnovna delovanja, u odnosu na ukupan život i kretanje društva. To su: sazajno delovanje kao izvorna naučna vrednost izražena ostvarenim znanjima; delovanje na prenošenju i primeni ostvarenih znanja kod zainteresovanih korisnika; i istraživačko-podržavajuće delovanje na razvoju i pripremi inovacionih predloga i patenata za efikasnu primenu u datim područjima.

Sazajno delovanje nauke oslanja se na obezbeđivanje svih uslova za dalji razvoj same nauke, u svestranoj sprezi kako sa već ostvarenim znanjima tako i sa rešenjima nastalim primenom raspoloživih znanja. Uporedo sa tim mora se upornije raditi na poboljšavanju: teorije nauke i njene organizacije; teorije optimizacije i stimulisanja naučnog i stvaralačkog rada; teorije za vrednovanje i razvrstavanje kriterijuma za ocenu ostvarenih naučno-istraživačkih, tehnoloških, tehničkih i ekonomskih efekata u NI delatnosti, u najužoj vezi sa kvalitetom kao vrhovnim ciljem i sudijom svih dostignuća; povećavanju i stalnosti izvora sredstava za NI delatnost; ostvarenju najefikasnijih veza sa izvođenjem strateških, inovacionih i međunarodnih istraživanja; racionalnog povezivanja istraživačkih institucija sa Univerzitetima i odeljenjima Akademija. Sazajnom delovanju nauke sve više pripada priprema i ostvarivanje niza mera za optimizaciju kako osvajanja samih znanja tako – i sve više, poboljšavanja ukupne efektivnosti NI delatnosti uz skraćivanje vremena i troškova u ciklusu nauka – korišćenje znanja. Možda je sazajno delovanje nauke prevazišlo objektivne potrebe jer dolazi do pomeranja težišta NI delatnosti na dodire između UOI i PRII, gde se gomilaju uticaji koji ometaju primenu raspoloživih znanja. Ako ona izostane dobija se skoro nekorisno povećavanje naučnih informacija jer nije izvršena oplodnja znanja u praksi. Iz toga proističe zahtev da se u sazajnom području bitno usavršava sistem naučnih informacija, [2], [9], kao vredne osnove za logiku nauke, prognoziranje i upravljanje njenim delovanjem. Sve ovo neće biti dovoljno ako se ne ostvaruju, naravno u različitoj ali i određenoj meri kao i udelu u ukupnom delovanju svih vidova NI rada, odgovarajući i sve viši tehnološki, tehnički i ekonomski efekti. Oni će u rastućoj meri, počev od SOI i UOI, preko PREI kao novog vida, PRII i RAI, ne samo morati da podmire sva ulaganja u čitavu NI delatnost nego i ostvariti zamašna nova sredstva za njeno samofinansiranje. U tom procesu je uvođenje PREI kao novog vida NI delatnosti, karika koja je nedostajala a služila kao prostor za kreativnu simbiozu SOI, UOI i PREI sa PRII i RAI i stvaranje potrebnih i dovoljnih uslova za kvalitetno i uspešno prenošenje znanja između osnovnih i primenjenih istraživanja i njihovo ubrzano efektuiranje.

Delovanje na prenošenju i primeni naučnih znanja dovodi do njihovog pretvaranja u najkvalitetniju pokretačku snagu razvoja i zadovoljavanje svih objektivnih potreba društva, prvenstveno preko podesnih tehnologija i tehnika, uz obavezno ostvarivanje ekonomske efektivnosti. Ona se oslanja na potrebe prakse, života i standarda, uz napomenu da je i rast obima, znanja prvorazredna društvena potreba. Naučni i tehnološki progres i njegova rastuća složenost, opseg i nivo, kako eksperimentalnih i prototipnih radova tako i korišćene opreme, zahtevaju tesne veze nauke sa proizvodnjom i organsku saradnju istraživača sa industrijskim inženjerima, [8]. Bilo bi prirodno da se rastom naučnih znanja i rešenja ostvaruje jednako brza i obimna primena u proizvodnji i društvu, ali to nije slučaj. Ne ostvaruje se prihvatljivo vremensko prethođenje naučnih znanja njihovoj primeni na određenim područjima, neretko se takvo zaostajanje i u razvijenim zemljama povećava, te obara ukupne kvalitete NI delatnosti. Sasvim je izvesno da je to zaostajanje zadobilo fundamentalni karakter te se mora rešavati uključivanjem snaga iz UOI, PREI i PRII.

Znatno racionalnije razrešavanje odnosa masa raspoloživih i primenjenih tj pravovremeno iskorišćenih naučnih znanja i rešenja, ima izuzetan značaj za ubrzanje tehnološkog i ukupnog razvoja društva. Ovo se u mnogo većoj meri odnosi na države u tranziciji, kao što je naša, koje raspolazu veoma ograničenim svim a posebno NI resursima. Na prvom mestu je nužno svrsishodno optimiranje NI delatnosti kako bi se skromne snage i resursi usmerile ka razrešavanju

neodložnih i najvažnijih društvenih, tehnoloških, tehničkih, ekonomskih i socijalnih pitanja u cilju nadvladavanja brojnih tranzicionih zahteva i zamki, [6], [7].

Istraživačko-podržavajuće delovanje nauke na razvoju i pripremi inovacija i патената za efikasnu primenu na datim područjima, čini jedan od stubova vodećeg položaja razvijenih zemalja u svetu. U našoj i uopšte malo razvijenim zemljama ovo stvaralačko delovanje je veoma zapostavljeno i pored toga što je takvo neprihvatljivo stanje najvećim delom i dovelo te zemlje u potpuno podređeni položaj. Neshvatljiva je stalna odbojnost sve do gotovo neprijateljskog stava prema stvaralocima, posebno onim van NI delatnosti, koji imaju veoma dragocene inovacione predloge i rešenja koji neretko zahtevaju i brzu patentnu zaštitu. U tom pogledu postoji i nedovoljna spremnost NI organizacija da pruže blagovremenu i potpunu istraživačku podršku oko razvoja i primene inovacija. Tome sigurno doprinosi i neugodna činjenica o dosta skromnom doprinosu NI delatnosti u stvaranju, razvoju i primeni inovacionih i patentnih rešenja. Inovacioni procesi imaju kapitalan uticaj na svestrani razvoj preduzeća, u nekim industrijama i do 80% velikih tehnoloških i tehničkih unapređenja nastalo je u okviru ili uz neposredne uticaje preduzeća kao korisnika, u kojima rade njihovi autori, [5]. Prirodna posledica je da su se inovacioni procesi izdvojili kao suverena delatnost, koja saznavno i stvaralački ne zavisi mnogo od NI delatnosti. Ovo ne sme značiti da u njoj NI delatnost nema važnu ulogu, ali pretežno kao davalac NI podrške da se inovacione ideje i patenti brzo efektuiraju u praksi, često i uz proširivanje područja njihove primene. U svakom slučaju treba uložiti mnogo više napora da se poveća uloga NI delatnosti u iznalaženju i primeni inovacija i патената uz svestranu saradnju, koja će doprineti i inovacionoj delatnosti kao najkvalitetnijoj polugi u ubrzanom razvoju zemalja u tranziciji, [7].

Kvalitet, značaj i širina prostora koji pokriva NI delatnost svojim vidovima i oblicima delovanja, zahteva uspostavljanje guste informacione i uticajne mreže između njih, kako bi se kumulirala naučno-istraživačka znanja i tehnološki, tehnički i ekonomski efekti. Otklanjanje brojnih ometajućih uticaja na području uspešnije primene naučnih znanja ima suštinski značaj, stim da će rastuće učešće u inovacionoj delatnosti doneti nove kvalitete i povećavanje ukupnog stepena iskorišćenja svih ostvarenja čitave NI delatnosti, [4], [5].

Javlja se i neodložan zahtev, da se preispita nametnuta i sve brža zamena proizvedenih dobara, koja je na mnogim područjima već prešla optimalne granice. Pod rastućim pritiskom marketinga i reklama proizvođača na korisnike i potrošače dobara, stalno se izmišljaju objektivno nepostojeće ili preuranjene potrebe, kako privredi tako i građanima. U svakom slučaju ovaj trend ima nepovoljan uticaj zbog neosnovanog trošenja u te svrhe nekada i preovlađujućeg dela NI resursa, koji su potrebni i društveno korisni na drugim mestima, [2], [8].

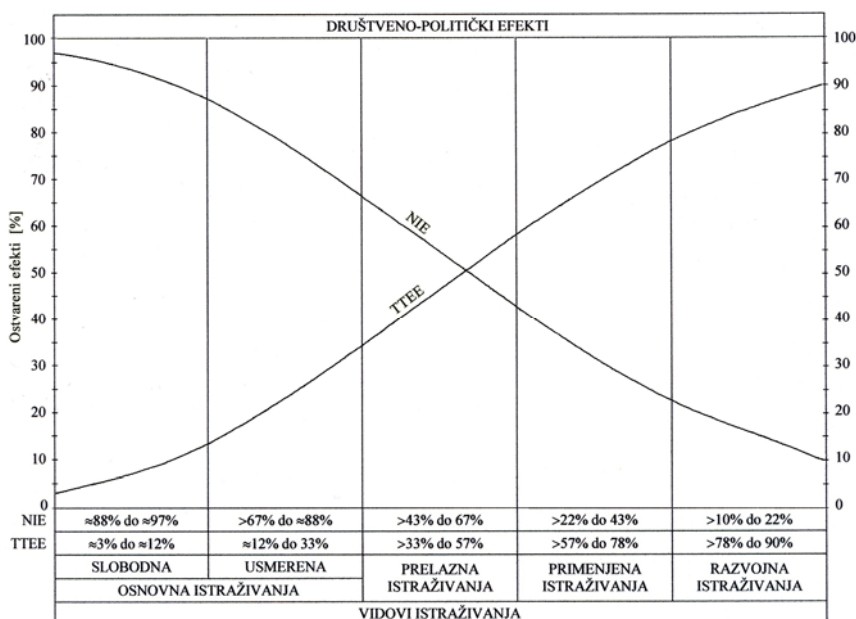
3. PRELAZNA ISTRAŽIVANJA SU NOVI I SREDIŠNJI VID NI DELATNOSTI U KOME SE REŠAVAJU PROBLEMI POVEĆAVANJA EFEKTIVNOSTI PRENOSA I PRIMENE NI DOSTIGNUĆA

Već i sam naziv Prelazna istraživanja podvlači činjenicu da se u tom novom vidu NI delatnosti odvija takav osmišljeni prelaz NI znanja iz osnovnih u primenjena istraživanja, kojim se u najvećoj meri aktiviraju podržavajući a otklanjaju ometajuć činioci. Rastuće smetnje oko blagovremene i mnogo potpunije primene NI dostignuća moraju se svestrano i uporno sagledavati i rešavati na mestima gde se one i javljaju. Neosporno je da se ona nalaze na dodiru vidova UOI i PRII, jer se upravo na njemu započinje sa često mukotrpnim i nezadovoljavajućim prenosom i primenom tih dostignuća kod krajnjih korisnika. Brojni činioci i razlozi potvrđuju neophodnost da se između UOI i PRII postavi novi – središnji vid NI delatnosti – PREI, u kome će se ostvarivati sve pretpostavke za svestrano efektuiranje njenih dostignuća, preko novih tehnoloških, tehničkih, ekonomskih i drugih društveno korisnih rešenja, Slika 1:

1. Grubi i neobećavajući prelaz sa UOI na PRII preko linije koja više deli nego spaja, pretvora se u veoma kreativan, kvalitetan i višeznačan prostor – PREI, u kome će se analizirati i otklanjati brojne slabosti i smetnje čitave NI delatnosti.

2. Uvažavanje činjenice da je zaostajanje i smanjivanje efektivnosti primene NI dostignuća već zadobilo fundamentalni karakter. To obavezuje da se u njegovo razrešavanje uključe UOI sa višim oblicima PRII.

3. Suštinsko poboljšavanje tehnološke, tehničke i ekonomske efektivnosti ukupne NI delatnosti, ostvarivanjem visoke profitabilnosti i tržišnosti. Tako će se dostići i uslovi za njenu privatizaciju i znatno širu međunarodnu saradnju.



Slika 1. – Prikaz vidova i efekata NI delatnosti u originalnom modelu autora
© B. Markov, 2005.

4. U PREI će se izvoditi i složena istraživanja čiji programi sadrže delove UOI i viših oblika PRII, uz pouzdano povećavanje primene NI znanja.

5. Uspostavljanje stalnog marketinškog i tržišnog delovanja preko pripreme i plasiranja kvalitetnih programa za PRII i RAI. Ovim će se, na osnovu zajedničkih interesa i ulaganja, animirati i nalaziti pouzdani partneri iz privrede i drugih oblasti.

6. Obezbeđivanje kvalitetne kadrovske i informacione osnove, sredstava i referenci, za učestvovanje u strateškim, inovacionim i međunarodnim projektima; i drugo.

Središnji položaj PREI, u kome se seku krivulje naučno-istraživačkih i tehnoloških, tehničkih i ekonomskih efekata, prelamaju brojni zadaci, dostignuća i problemi čitave NI delatnosti, predstavlja neizbežan i inventivan prostor za njen sveobuhvatan preobražaj. NI delatnost kao vodeća proizvodna snaga društva ima obavezu da u najkraćem roku skрати vreme između stvaranja i primene novih znanja, uz bitno poboljšavanje odnosa između broja raspoloživih i uspešno primenjenih, [1], [3], [4], [5].

4. ORIGINALNI MODEL NI DELATNOSTI SA PRELAZNIM ISTRAŽIVANJIMA KAO PETIM VIDOM

Na osnovu izloženog pristupa i podataka, sačinjen je originalan prošireni model NI delatnosti u koga su uvedena Prelazna istraživanja kao novi, peti i središnji vid, prikazan na Slici 1. Očigledan je i potpuno prirodan taj središnji položaj novouvedenog vida NI delatnosti, između UOI i PRII, jer se baš tu na nepripremljenom prelazu između iznalaženja naučnih znanja i njihove široke primene, javlja najveći broj ometajućih uticaja. Poznato je da se na dodiru dva sistema javlja nova energija, koja može biti pozitivna i negativna. Ta energija raste kada se dodir prevede u presek dva sistema, te je u tako osmišljenom preseku UOI i PRII postavljen vid PREI, u kome se aktiviraju pozitivne a eliminišu negativne energije, bitne za uspešan prenos i primenu NI dostignuća. Na taj način se razvijaju nove plodotvorne sile kojima se suštinski povećava snaga i delotvornost udruženog uticaja osnovnih i primenjenih istraživanja na efikasno i efektivno uvođenje i primenu dostignuća i povećavanje ukupnih rezultata NI delatnosti. Daće se potrebna objašnjenja pristupa i zasnovanosti usvojenih pet vidova NI delatnosti i kretanja glavnih efekata, [3], [4], [7], [8]:

1. Osnovu IR delatnosti čine odnosi izvršenih ulaganja i ostvarenih efekata, grupisane u: društveno-političke, naučno-istraživačke, tehnološke, tehničke i ekonomske, [3], [8]. Visina ulaganja u najvećoj meri zavisi od stepena razvijenosti date države i njene sposobnosti da ulaže i SOI i UOI, i pored toga što su ona velika i na duže staze mogu neposredno povratiti manji deo ulaganja. Ostvarena znanja, međutim, tokom primene obezbeđuju posredan višestruki povraćaj sredstava.
2. Društveno-politički efekti NI delatnosti iskazani su prvenstveno stepenom razvoja, životnim i društvenim standardom kao i ukupnom snagom i položajem države na svetskoj pozornici.
3. Naučno-istraživački efekti (NIE) izražavaju udeo novih znanja u rezultatima NI delatnosti, u datim a neretko i drugim područjima. Oni su najveći u SOI opadajući preko UOI, PREI i PRII do RAI – u kojima su najmanji.
4. Tehnološki, tehnički i ekonomski efekti (TTEE) izražavaju stepen i kvalitet primene raspoloživih NI znanja u datim, dodirnim i drugim oblastima. Najveći su u RAI odakle opadaju preko PRII, PREI i UOI do SOI gde su najmanji.

Krive, na Slici 1, kojima je uspostavljen približan kvantitativan odnos i kretanje NIE i TTEE efekata u pet usvojenih vidova NI delatnosti, pokazuju da oni iznose:

1. Slobodna osnovna istraživanja: NIE od $\approx 88\%$ do $\approx 97\%$ i više, uz značajan stav da se SOI ne mogu završiti bez ikakvih TTEE, čiji udeo iznosi od $\approx 3\%$ do $\approx 12\%$ i manje.
2. Usmerena osnovna istraživanja: NIE preko 67% do $\approx 88\%$, TTEE od $\approx 12\%$ do 33% .
3. Prelazna istraživanja: NIE preko 43% do 67% , TTEE preko 33% do 57% . U ovom vidu seku se krivulje efekata u desnom delu polja, imajući jednake vrednosti od po 50% kako NIE tako i TTEE efekata. Potvrđuje se i na taj način opravdanost uvođenja ovog vida kao i njegovog položaja.
4. Primenjena istraživanja: NIE preko 22% do 43% , TTEE preko 57% do 78% .
5. Razvojna istraživanja: NIE preko 10% do 22% , TTEE preko 78% do 90% . Kod njih je obavezna data donja visina NIE efekata, kao uslov pripadnosti ovog vida NI delatnostima.

Pretežno već prihvaćena podela osnovnih istraživanja na slobodna i usmerena, racionalan je prvi korak da se u jednom njihovom vidu – UOI, ostvare već značajniji oblici primene osvojenih NI znanja. UOI su usmerena na dostizanje oko 12 do 33% utilitarnih TTEE efekata, koji su kao cilj sadržani u programu radova datog istraživanja. Takva usmerenost i udeo TTEE efekata se još više povećava u vidu PREI, uz stalnu proveru ostvarivosti predviđene utilizacije, putem povratnih sprega i iz PRII, kako bi se blagovremeno izvršile neophodne izmene i dopune programa istraživanja.

Udeo NIE i TTEE efekata kojim se određuje pripadnost datog projekta određenom vidu NI delatnosti, postavljen je u cilju približnog ali u praksi optimalnog postupka primene. Imajući u vidu da se takva pripadnost određuje prilikom usvajanja programa radova nekog NI projekta, neophodno je da se pažljivo izaberu kvalitetni pokazatelji na kojima će

se zasnivati veoma savesno date ekspertske ocene [1], [3], [5]. Podrazumeva se da prilikom izvođenja projekta dolazi do izvesnog odstupanja ostvarenih efekata od onih koji su bili predviđeni. Tu će pomoći činjenica da je udeo efekata dat u prikazanom rasponu u koji će se gotovo uvek uklopiti nastala odstupanja. Neophodno je da se kod usvajanja programa radova i određivanja pripadnosti datog projekta nekom od vidova, dobije dovoljno čvrsta zasnovanost da će se po završetku projekta ostvareni efekti naći u rasponu usvojenom za dati vid, [9]. Pošto je kvalitet osnovno obeležje NI delatnosti, korisno je da se efekti ostvareni kao rezultat NI projekta dopunski vrednuju uvođenjem po tri klase kvaliteta projekta, unutar raspona predviđenog za svaki usvojeni vid, polazeći od ostvarenosti za njega prioritetnih efekata.

Uporedo sa udelom ostvarenih NIE i TTEE efekata kao rezultata izvedenog NI projekta, potrebno je izvršiti i ocenu njegove uspešnosti na osnovu nivoa ostvarenja predviđenih faza i aktivnosti usvojenih u programu radova i potvrđenih ugovorom između izvođača i korisnika projekta. U tom pravcu su u [8] razmatrane i date osnove ocena uspešnosti projekta, izražene u procentima ostvarenosti ukupno postavljenih ciljeva kao rezultat izvedenog projekta:

- | | | |
|--|----------------------------------|--------------------|
| 1. Neuspešni, do oko 40%; | 4. Vrlo dobri, preko 67% do 80%; | |
| 2. Uslovno prihvatljivi, preko 45% do 55%; | 5. Odlični, preko 80% do 90%; | © B. Markov, 2005. |
| 3. Dobri, preko 55% do 67%; | 6. Izuzetni, preko 90%. | |

Pri ocenjivanju mora se u potpunoj meri sagledati kvalitet rada i angažovanja radnog tima projekatana i učesnika iz preduzeća. Ne možemo biti zadovoljni ukupnim kvalitetima kod nas izvedenih NI projekata, najčešće iz vidova PRII i RAI. Najveći deo pripada dobrim, uslovno prihvatljivim i neuspešnim, malo je onih uspešnijih. Uzroci su brojni, u znatno većoj meri na strani projekatana, ali i preduzeća koja izdvajaju teško stečena sredstva za NI projekte ne mogu izbeći svoju veliku odgovornost. Ne poklanja se dovoljna pažnja primeni projektnih rešenja zasnovanih na produktivnim znanjima. Uspešniji NI projekti prepoznaju se po jednostavnosti i osmišljenosti, kao osnovnom uslovu da se nova znanja primene i zažive u preduzećima i drugde kao produktivna znanja najvišeg kvaliteta, [5], [8].

U praksi su mogući različiti slučajevi kao ishod ostvarenih efekata u rezultatima NI projekata:

1. Da se projekat započet kao PRII, zbog neostvarenog udela NIE prebaci u RAI.
2. Da se projekat započet kao PREI, iz istih razloga prebaci u PRII.
3. Da projekat započet kao PRII tokom izvođenja ostvari takve prodore i znanja koja omogućavaju da se prebaci u PREI.
4. Da projekat započet kao RAI izgubi pripadnost tom vidu zbog neostvarenog udela NIE, te postaje razvojni.
5. Da se u programu radova NI projekta i ugovoru između naručioca i izvođača ne postavlja, kao uslov, ostvarivanje određenog odnosa i nivoa NIE i TTEE efekata. Ovu pojavu treba postepeno ukidati u sklopu svestranih napora da se uredi čitava NI delatnost, i obezbedi davanje pune pažnje ne samo ostvarivanju ciljeva iz programa radova, nego i dostignutim NIE i TTEE efektima u sklopu poboljšavanja primene njenih znanja u praksi.

U savremeno organizovanim NI institucijama treba bitno povećati značaj i ulogu vrhunskog kvaliteta izvedenih projekata i dostizanja visine i udela ostvarenih efekata. Isto se odnosi i na nadležno Ministarstvo, posebno kada se vrednuju NI organizacije i vrši pažljiva raspodela sredstava iz budžeta na projekte od opšteg značaja. Uvođenjem stalnog i aktivnog tržišnog ponašanja u NI organizacije povećać se proizvodna snaga NI delatnosti i jačanje veza i uticaja između nauke i privrede uz obostrani uspešan i efikasan razvoj. Veliki doprinos daće uvođenje vida PREI u NI delatnost, u kome se prelamaju i uspešno razrešavaju mogućnosti, efekti, interesi, ciljevi i problemi, ne samo nauke nego i društva u celini.

U prikazanom modelu, pored uvođenja PREI, postoji i snažno zalaganje za zadržavanja RAI kao značajnog vida NI delatnosti bez koga ona ne može biti potpuna ni zaokružena. U tom cilju se ukazuje na štetnost nekih pokušaja da sa RAI isključe iz NI delatnosti, podvlačenjem doprinosa tog vida:

1. RAI su najčešća, praktična i neizbežna spona između: osvajanja i primene NI znanja; NI institucija i razvojnih službi preduzeća; projekatana i korisnika NI projekata; značajan pokretač pristupa višim vidovima istraživanja, i dr.
2. U okviru RAI osposobljavaju sa mladi istraživači spajanjem teorije i prakse i nalazi neiscrpan izvor tema za magistarske studije, sticanje doktorata i napredovanje u NI radu – pristupu PRII i višim vidovima NI rada.
3. Mnoga nova znanja i rešenja kojima se unapređuje proizvodnja i poslovanje, kao uslov za veće i velike razvojne prodore, uvode se u okviru RAI.
4. U RAI se ulaganjem nevelikih sredstava i vremena, sa velikom verovatnoćom ostvaruju višestruko veći efekti i kapital, čiji se značajan deo može i mora ulagati u više vidove istraživanja, uz značajnu profitabilnost.
5. Preko RAI se ostvaruje najšira veza sa inovacionom delatnošću, koja je takođe pretežno zasnovana na manjim ulaganjima i brzom efektuiranju ideja, [5], [7].

Kao rezultat kvalitetnog, širokog i svestranog izvođenja RAI, povećać se ukupan obim, brzina i efekti uvođenja NI dostignuća a samim tim i efektivnost čitave NI delatnosti, [4], [7].

5. ZAKLJUČAK

Postoji dobra zasnovanost uverenja da će se primenom novog modela NI delatnosti, proširenog Prelaznim istraživanjima – kao petim vidom, ostvariti suštinski pomak u otklanjanju brojnih smetnji efikasnijoj i efektivnijoj primeni raspoloživih NI znanja. On je uslovljen optimiranjem angažovanja raspoloživih NI resursa, tako što će se njihov neplodotvorni deo iz SOI i UOI pretvoriti u plodotvorni, prebacivanjem u PREI, kao vida gde se sagledavaju i otklanjaju sada još uvek rastuće smetnje primeni NI znanja. Uvođenjem dela UOI u PREI omogućiće se dovoljna naučna podrška razrešavanju tog fundamentalnog problema NI delatnosti, u saradnji sa višim oblicima PRII.

Kapitalni značaj efikasne primene NI znanja može se videti na primeru opšteg zaostajanja i rastakanja SSSR-a. Odlučujuća slabost Sovjetskog društva bila je sve veća nesposobnost da veoma visoka znanja iz SOI i UOI pretvore u produktivno primenjeno znanje, kao pokretačku snagu tehnološkog i tehničkog razvoja, povećane efikasnosti i ekonomičnosti privrede i rasta ličnog standarda. Nasuprot tome, Japan i SAD su ubedljivo prednjačile u PRII, bržim prenosom i primenom NI znanja i ostvarenja inovacione i patentne delatnosti. Tržišni pristup je obezbedio kvalitetnu oplodnju sredstava uloženi u NI delatnost i inovacije, dajući profit i do 20 dolara na uloženi dolar, povećavajući kapital za sve brži razvoj.

U našoj i drugim zemljama u tranziciji, veliko je zaostajanje bruto proizvoda, koji je desetak puta manji od onog u razvijenim zemljama. To znači da 1% naših ulaganja u NI delatnost, stvarno vredi kao 0,1%, a u cilju smanjivanja stepena zaostajanja prema srednje razvijenim zemljama treba da ta ulaganja iznose bar 2%. U tom pravcu veliki značaj imaju sredstva koja će se povećano ulagati iz privatizovanih preduzeća u NI delatnost, posebno u PRII i RAI, uz davanje najveće podrške inovacionoj delatnosti. Kod nas se prelazna rešenja mogu naći kroz sveobuhvatnu racionalizaciju proizvodnje i poslovanja i ostvarivanja velikih ušteda kao početnog kapitala za NI delatnost. Cilj je da se primenjuju i razvijaju produktivna znanja, visprenost i inovativnost naših ljudi, uz podršku mnogo uspešnijih NI projekata. Težište je na intelektualnom resursu kojim će se nadoknađivati nedostajući i smanjivati stvarno potreban kapital, [2], [5], [6], [8]. Paradoks je da se naše prednosti nalaze o otklanjanju brojnih slabosti koje sadrže veliki razvoji potencijal. Pri tome se naglasak daje na povećavanje efikasnosti i efektivnosti izvedenih NI projekata kako bi se savremena NI znanja u kratkom roku primenila u proizvodnji i društvu, [3], [4], [5]. Da bi se povećala podrška nadležnih ministarstava i otklonile birokratske prepreke razmahu tržišnog poslovanja, sve institucije takođe moraju da razvijaju i primenjuju produktivna znanja u svim svojim delovanjima koja stvaraju zdrav ambijent i olakšavaju oporavak i razvoj privrede, [5], [8]. U svemu tome izuzetan značaj ima opšte poboljšavanje odnosa i odgovornosti prema radu i njegovim rezultatima, čemu će doprineti visoko nagrađivanje pregaoca i stvaraoaca, [4], [7], [8].

6. LITERATURA

- [1] J. G. Wirt, A. J. Liberman, R. E. Levien, *R&D Management*, Lexington Books, 1975.
- [2] B. Markov, *Neka pitanja međuzavisnosti IR rada i korišćenja NI informacija*, Direktor, 4, 1976., Beograd.
- [3] V. A. Trapeznikov, *Upravljenie issledovanijami i razrabotkami i vnedreniem novoj tehniki*, Ekonomika, Moskva, 1978.
- [4] B. Markov, *Analiza i poboljšavanje prenošenja rezultata istraživanja u proizvodnju*, XII Konferencija SKUPS, Vrnjačka Banja, 1980.
- [5] S. Pokrajac, *Produktivnost kao merilo i sublimat znanja*, Monografija Znanje i produktivnost rada, Beograd, 1987.
- [6] B. Markov, *Ostvarivanje isplative proizvodnje manjih serija dizel motora srednje snage*, XV Naučno-stručni skup Nauka i motorna vozila, Beograd, 1995.
- [7] L. K. Jovanović, *Upravljanje tehnološkim razvojem – izazovi III Milenijuma*, Privredni Pregled, Beograd, 2001.
- [8] B. Markov, *Podloge i ostvarenja IR projekata kao suštine reinženjeringa u preduzećima*, III Međunarodni simpozijum industrijsko inženjerstvo, Mašinski Fakultet – Katedra za Industrijsko inženjerstvo, Beograd, 2001.
- [9] M.N. Đapić, *Evidencioni sistemi u razvoju proizvoda i procesa*, Inteligentni tehnološki sistemi – Knjiga 9., LOLA Institut, Beograd, 2005.

STIMULATING OF EFFECTNESS OF APPLIANCE SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS BY INTRODUCING THE FIFTH ASPECT INTO SR ACTIVITY

Summary: *Starting from Prevailing Division of SR Activity grouped in four aspects: free basic one – FBR, free direct – FDR, applied – AR and developing – DR, the work contains numerous reasons for introducing transferring researches – TR, as a central and the fifth aspect. The most important aims of TR are making optimum, acceleration, spreading and decreasing of back warding of SR knowledge application. The target is that knowledge transfer from FBR and FDR into AR and DR through a line, more dividing than uniting, be turned it into TR, where all significant lacks and obstruction of the whole SR would be considered and overtaken. A system of defining and controlling contribution of realized effects of SR activity is necessary and that in two forms: scientific research – NIE, and technological, technical and economic – TTEE, based on expert evaluations – in accordance with the original model shown at Picture 1.*

Key words: *Introducing of TR, five aspects of SR activity, productive SR knowledge, effects of SR activity, TR – missing link.*



ISPITIVANJE POTREBA RADA U OBLASTI MEHATRONIKE NA SREDNJOŠKOLSKOM NIVOU

Milica Gerasimović, dipl. maš. ing.¹
Jelena Jakovljević, dipl. andragog²

Rezime: Ispitivanje potreba rada u oblasti mehatronike izvršeno je u cilju razvoja programa obrazovanja na srednjoškolskom nivou. U ovom radu prikazan je proces primene jedne od metoda ispitivanja potreba, odnosno analize rada, DACUM metod. Proces obuhvata sve faze kojima se došlo do rezultata- mape analize posla mehatroničara. Ova mapa analize posla može doprineti razvoju standarda zanimanja mehatroničara na svim nivoima.

Cljučne reči: Analiza rada, standardi zanimanja, DACUM metod, mehatronika

UVOD

Analiza rada kao prvi korak u fazi ispitivanja potreba u obrazovnom ciklusu je polazna osnova kako za razvoj standarda zanimanja tako i za razvoj programa obrazovanja posebno programa stručnog obrazovanja.

U sistem stručnog obrazovanja se implementiraju principi koji se odražavaju na definisanje i razvoj standarda stručnog obrazovanja na nacionalnom nivou, a to su:

- 1) orijentacija stručnog obrazovanja prema potrebama privrede i tržišta rada;
- 2) strukturisanje sistema stručnog obrazovanja koji zadovoljava potrebe kako za ličnim razvojem tako i za razvojem zanimanja;
- 3) integrisanje praktičnih iskustava u programe stručnog obrazovanja;
- 4) saradnja države sa socijalnim partnerima u planiranju i implementaciji stručnog obrazovanja.

STANDARDI ZANIMANJA

Reformska intencija od 2003. godine u stručnom obrazovanju u Srbiji je, pored ostalih, povezivanje stručnog obrazovanja sa tržištem rada. Osposobljavanje ljudi da uspešno odgovore na zahteve posla odnosno radnog mesta i da rade dobro i efikasno, podrazumeva identifikovanje pokazatelja pomoću kojih njihov učinak može biti procenjivan i vrednovan. To znači da svaka profesija odnosno zanimanje, kao generalizovani opis srodnih i povezanih grupa poslova, mora da ima jasan i javan iskaz o tome šta kvalifikovani stručnjaci iz datog zanimanja znaju i mogu da urade. Ta vrsta iskaza, odnosno deskripcije naziva se standard zanimanja.

Standardi zanimanja omogućuju:

- selekciju i razvoj ljudi za potrebe određenog zanimanja,
- identifikovanje znanja, veština i stavova neophodnih za rad u određenom zanimanju,
- identifikovanje potreba za obrazovanjem i učenjem,
- oblikovanje programa obrazovanja, nastave i učenja,
- evaluaciju programa i procesa obrazovanja,
- savetovanje i vođenje u stručnom obrazovanju i obrazovanju odraslih,
- proces akreditacije i sertifikacije.

¹ Milica Gerasimović, dipl. maš. ing., Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd, mgerasimovic@zuov.sr.gov.yu

² Jelena Jakovljević, dipl. andragog, Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd, jjakovljevic@zuov.sr.gov.yu

Standardi zanimanja su:

- razvijeni za potrebe nacionalne privrede,
- proizvod opšteg dogovora o sadržaju,
- prihvaćeni i adekvatno vrednovani na tržištu rada u čitavoj zemlji.

Razvoj nacionalnih standarda zanimanja se vrši na osnovu nacionalne klasifikacije zanimanja (nomenklature), a razvijaju ih socijalni partneri (država, poslodavci i zaposleni, odnosno sindikati). Odgovarajuće nacionalno telo propisuje proceduru za razvoj standarda zanimanja, metodologiju koja se u tom procesu koristi i odgovarajuću strukturu aktera koji u tom procesu učestvuju.

Postoji veliki broj metoda za definisanje standarda zanimanja, ali tri najbolje odražavaju evoluciju od početne na zadatku zasnovane do sadašnje na kompetencijama zasnovane analize zanimanja, a to su: analiza posla/zadatka, DACUM i funkcionalna analiza.

Sve metode imaju svoje dobre osobine zato ne treba diskvalifikovati nijedan pristup pre nego što se izvrši evaluacija željenih ishoda, ograničenja resursa i situacije u kojoj će se vršiti analiza. Nijedna od metoda neproizvodi potpuno pouzdane (konzistentne) rezultate.

DACUM METOD

Metodologija

DACUM koncept je nastao u kasnim 1960-im godinama u Ajovi (SAD) čiji je tvorac Robert E. Adams i još uvek se usavršava a koristi se u velikom broju zemalja sveta. Dacum pristup analizi zanimanja je prilično drugačiji od analize posla (Norton 1997). DACUM je akronim za Developing A CurriculUM, ali ustvari obuhvata samo prvi korak u procesu razvoja celokupnog programa stručnog obrazovanja. Umesto posmatranja posla, DACUM koristi vođenje grupne diskusije. Obučen voditelj vodi grupu stručnih radnika tzv. fokus grupu (6-12) u diskusiji na temu “*šta radite*” u toku radnog dana. Tipična analiza traje dva dana. Radnici opisuju svoje aktivnosti u terminima zadataka izraženih aktivnim glagolom i objektom. Svaki član grupe opisuje sve aktivnosti u koje su uključeni i ova grupna “oluja ideja” pruža osnovu za identifikovanje dužnosti kojih je istraživanjem dokazano 6-12 u svakom zanimanju. Zatim se specifikuju zadaci koji sačinjavaju dužnosti. Kad je svaka radna aktivnost predložena, grupa diskutuje i dolazi do konzenusa o tome kako zadatak treba da bude formulisan odnosno iskazan. Za sve definisane zadatke voditelj traži od grupe da ih sredi po sledu toka rada po kome se obično izvode. Sam proces obuhvata, pored specifičnih zadataka u okviru jednog zanimanja, i posebno identifikovanje svega što omogućuje rad: opšta znanja i veštine, ponašanje radnika (lične i socijalne osobine), potreban alat i opremu, mogućnost napredovanja, neophodne kvalifikacije, buduća kretanja u tom zanimanju. Definisane zadatke (50-300) na dvodnevnoj radionici proveravaju stručni radnici izvan fokus grupe što predstavlja proces verifikacije DACUM mape.

DACUM je metod koji je najpodesniji za programiranje i planiranje obrazovanja zasnovanog na kompetencijama i ishodima. On je jedinstven, inovativan, efikasan metod za analizu zanimanja, a zasniva se na tri logičke **premise**:

- stručni radnici mogu opisati i definisati svoj posao/zanimanje preciznije od bilo koga drugog;
- najefikasniji način za definisanje posla/zanimanja je precizno opisivanje zadataka koje stručni radnici obavljaju;
- svi zadaci, da bi uspešno bili obavljeni zahtevaju primenu određenih znanja, veština, stavova, alata i opreme.

Ovaj metod se koristi se za razvoj novih programa obrazovanja, pregled postojećih programa, procene potreba obrazovanja, razvoj testova sposobnosti, procene ishoda radnika odnosno ocenjivanje.

Nedostatak DACUM metode je što kvalitet rezultata može zavisiti od veštine voditelja i kvaliteta stručnih radnika.

Pojmovi DACUM metode

DACUM mapa je grafički prikaz ili matrica dužnosti i sa njima povezanih zadataka koji se zahtevaju od radnika u datom zanimanju.

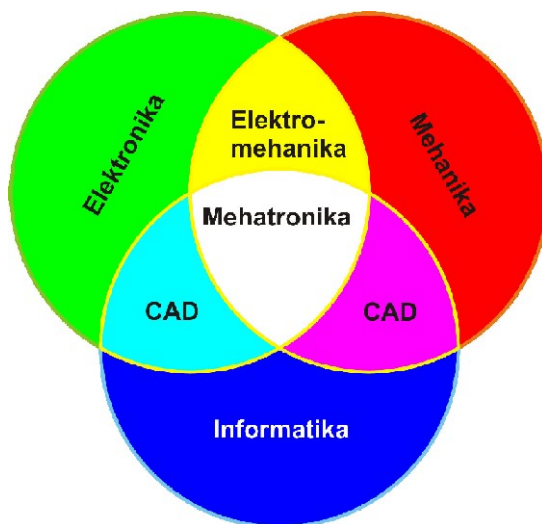
Dužnost je veća oblast rada odnosno grupa od 6 do 20 srodnih zadataka. Ispunjavanje svih zadataka u okviru dužnosti daje kompetenciju.

Zadatak je specifična i kompletna jedinica rada koja se može videti odnosno pratiti, jer se izvodi u ograničenom vremenskom periodu. To znači da ima definisanu tačku početka i kraja izvršenja. Svaki zadatak se može raščlaniti u dva ili više koraka. Rezultat izvršenog zadatka predstavlja proizvod, uslugu ili odluku.

Korak je specifična, mala aktivnost u okviru zadatka. Nema merljiv i smislen rezultat, već je sekvenca u izvršavanju zadatka. Korak je u najvećoj meri od značaja za nastavnike u procesu praktične obuke i provere veština jer je definisan kao kriterijum izvršenja.

MEHATRONIKA

Tokom osamdesetih godina ovog veka izdvojila se nova oblast inženjerskog angažovanja poznata pod nazivom *mehatronika*. Klasična definicija mehatronike koja je prihvaćena u Japanu i Evropi jasno tvrdi: *“Mehatronika je sinergetična kombinacija mašinstva visoke tačnosti, elektronskog upravljanja i informacionih sistema pri projektovanju proizvoda i procesa.”* Integracijom funkcionalnih podсистема mašinstva, elektronike i informacionih tehnologija, u pojednostavljenom tumačenju *mehatronike*, moguće je dati opštu strukturu mehatronskog sistema, što je prikazano na slici 1.



Sl. 1

Danas živimo u svetu brzih tehnoloških promena. Savremeni proizvodni sistemi podrazumevaju veliku fleksibilnost pri projektovanju proizvodnih tehnologija, u fazi planiranja i projektovanja tehnoloških procesa, kao i prilikom upravljanja tehnološkim procesima. Teško je precizno definisati sve karakteristike i potrebe savremene privrede, ali sigurno je da je jedan od prvih zahteva moderne privrede proizvod i usluga najboljeg kvaliteta. Dolaskom novih tehnologija u proizvodnju dolazi do izraženije potrebe za povezivanjem tehnologije, obrazovanja i sticanja iskustva u praksi. Obrazovanjem u mehatronici dobijamo novu stručnu radnu snagu svih nivoa kvalifikacija, koja će podržavati razvoj proizvodnje i ekonomski napredak. Mehatronika predstavlja novu generaciju inteligentnih mašina i uređaja za kojima zahtev savremenih tržišta neprestano raste. Mehatronika predstavlja i kvalifikovanu i fleksibilnu radnu snagu koja odgovara na promeljive zahteve posla i zapošljavanja.

DACUM ZA MEHATRONIKU

Faze ispitivanja potreba rada u oblasti mehatronike na srednjoškolskom nivou

U okviru reforme stručnog obrazovanja 2006. godine je izvršeno ispitivanje potreba rada u oblasti mehatronike koje se sastojalo iz šest faza.

- 1) Istraživanje literature
- 2) Istraživanje potreba privrede i tržišta rada
- 3) Formiranje DACUM odbora odnosno fokus grupe
- 4) Realizacija dvodnevne radionice odnosno analiza zanimanja
- 5) Verifikacija DACUM mape odnosno provera dužnosti i zadataka
- 6) Analiza zadataka odnosno definisanje koraka/kriterijuma izvršenja

Može se videti da je proces započeo istraživanjem literature koja je obuhvatila kako oblast mehatronike tako i analize zanimanja u toj oblasti. Dalje se prešlo na istraživanje potreba privrede i tržišta rada. Snimljeno stanje kod nas je jasno pokazalo da postoji potreba za razvojem i uvođenjem programa obrazovanja za ovo zanimanje na četvrtom stepenu stručnosti. Tokom celokupnog procesa ispitivanja potreba su korišćena iskustva stranih zemalja kao što su Nemačka, Slovenija i Velika Britanija.

U sledećoj fazi je formiran DACUM odbor koji je sačinjavala grupa od 12 stručnjaka iz: velikih preduzeća (procesna industrija, proizvodnja), instituta, srednjih i malih preduzeća (održavanje složene opreme i sistema u medicinskoj tehnici, mernoj i biro opremi). Ovako formiran DACUM odbor u potpunosti je reprezentovao i privatni i državni sektor u ovoj oblasti.

DACUM mapa tehničara za mehatroniku

Nakon formiranja DACUM odbora usledila je realizacija dvodnevne radionice, a njen rezultat je bio DACUM mapa tehničara za mehatroniku. DACUM mapa je sadržala listu dužnosti i zadataka, kao i listu potrebnih znanja, veština, stavova (osobina), alata i opreme. Na slici 2 je prikazana lista od šest dužnosti, od kojih svaka ima pet do deset zadataka.

DUŽNOSTI
A Dijagnostifikuje kvarove
B Popravlja kvarove
C Održava opremu
D Obavlja administrativne poslove
E Učestvuje u izradi tehnološke dokumentacije
F Montira komponente mehatroničkih uređaja/sistema

Sl. 2

Na slici 3 je predstavljena lista zadataka dužnosti C.

C Održava opremu	
C1	Vrši preventivni/periodični pregled mašine/uređaja
C2	Demontira mašinu/uređaj
C3	Vrši čišćenje, pregled i podmazivanje demontiranih delova
C4	Vrši zamenu dotrajalih delova
C5	Montira mašinu/uređaj
C6	Proverava i podešava električne i mehaničke parametre
C7	Proverava i podešava funkcionalne karakteristike (software)
C8	Vrši finalna testiranja i proveru ispravnosti
C9	Proverava parametre sistema
C10	Prati proces proizvodnje ostvaren primenom PLC-a

Sl. 3

Verifikacija DACUM mape

Naredna faza u analizi rada ovom metodom je verifikacija DACUM mape. U procesu verifikacije učestvovalo je deset preduzeća od čega pet velikih preduzeća i pet srednjih odnosno malih, iz privatnog i državnog sektora, ali onih koji nisu učestvovali u gore pomenutoj dvodnevnoj radionici. Proces verifikacije

DACUM mape obuhvata kvalitativnu analizu svih dužnosti i zadataka odnosno analizu po stepenu važnosti, težini savladavanja i nivou složenosti zadatka.

U trenutku verifikacije DACUM mape profil mehatroničar na četvrtom stepenu stručnosti nije postojao u obrazovnom sistemu. Proces verifikacije ukazao je na to da su zadaci u okviru određenih dužnosti kompleksni, višeg nivoa složenosti, i da prevazilaze u pojedinim segmentima četvrti stepen stručne spreme. Analiza je takođe ukazala da pojedini zadaci zahtevaju visok nivo znanja iz opštih premeta kao i specijalizovano radno iskustvo. Verifikacijom je dopunjena i korigovana lista potrebnih alata i opreme. Na osnovu rezultata verifikacije urađena je korekcija DACUM mape. Ovako dobijena DACUM mapa predstavlja osnovu za izradu nastavnog plana i programa za ovaj obrazovni profil.

Analiza zadataka

Svaki pojedinačni zadatak je u sledećoj fazi detaljnije razložen na korake odnosno kriterijume izvršenja, a navedena su i potrebna znanja, alati (oprema), stavovi (osobine), odluke koje se donose, greške kao posledice pogrešnih odluka, kao i bezbednost kod svakog zadatka posebno.

ZAKLJUČAK

Na osnovu ovako urađene analize pristupilo se razvoju programa obrazovanja tehničara za mehatroniku koji je trenutno u fazi implementacije u pet srednjih stručnih škola u Srbiji kao ogledni program. Paralelno se vrši praćenje implementacije programa, a nakon završetka najmanje tri generacije sledi proces evaluacije. Na ovaj način se zatvara krug razvoja programa odnosno se vraća na početnu tačku tačku analize.



LITERATURA

- [1] Paustović, N., Obrazovni ciklus, Andragoški centar, Zagreb, 1978.
- [2] Norton, Robert E., DACUM Handbook, Publications, Center on Education and Training for Employment, Columbus, Ohio, 1997.
- [3] Radosavljević, M., Rajković, M., Smilevski, C., Bosnić, S., Jedinstvena metodologija za izradu nomenklature zanimanja, Republička samoupravna interesna zajednica zapošljavanja, Beograd, 1982.
- [4] Miljković, Z., Sistemi veštačkih neuronskih mreža u proizvodnim tehnologijama, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003.

34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



21. simpozijum

CAD/CAM

Beograd, jun 2008.

CAD/CAM

Radiša, R., Bućan, M., Dostanić, M., Marković, S. VIRTUELNA PROIZVODNJA ODLIVAKA PRIMENOM CAE TEHNIKA	2.1
Jokanović, S. NOVI METOD PROJEKTOVANJA ALATA ZA OBRADU LIMA (ŠTANCI)	2.8
Bojanić, P. MODEL BAZIRAN NA VOKSELIMA I NJEGOVA PRIMENA U NOVIM TEHNOLOGIJAMA ...	2.14
Stupar, S., Simonović, A., Peković, O., Komarov, D. ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA DIMNJAKA ZA POTREBE SANACIJE KORENOG DELA ČELIČNOG DIMNJAKA	2.20
Petrović, Z., Stupar, S., Simonović, A., Peković, O. RAZVOJ KONCEPTA HELIKOPTERA POMOĆU SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA	2.26
Lukić, L., Đapić, M., Radosavljević, Z. PROJEKTOVANJE FORM ALATA ZA IZRADU AMBALAŽE MC DONALD'S RESTORANA	2.32
Makragić, S., Živković, P. ANALIZA DINAMIČKOG PONAŠANJA KONSTRUKCIJA PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA	2.38
Janković, N., Milićev, A., Bojanić, P. NEKA ISKUSTVA U PRIMENI CAD/CAM SISTEMA PRI PROJEKTOVANJU MAŠINSKOG SISTEMA - DOZERA	2.44
Mitrović, A., Nikšić, P., Milošević, D., Božović, M. KREIRANJE TUTORIJALA ZA IZRADU MODELA VRATILA U PROGRAMU CATIA PRIMENOM ALATA ADOBE CAPTIVATE	2.50
Marković, S. KONSTRUKTIVNI RAZLOZI NASTANKA OŠTEĆENJA MAŠINSKIH ELEMENATA	2.55
Kreculj, D. ANALIZA NAPONA U KOMPOZITNOM UNIDIREKCIONOM MATERIJALU T300/976 CARBON/EPOXY PRI NAPREZANJU NA ZATEZANJE U PROGRAMIMA PATRAN I NASTRAN	2.61

[← NAZAD](#)

R. Radiša¹, M. Bućan¹, M. Dostanić¹, S. Marković²**VIRTUELNA PROIZVODNJA ODLIVAKA PRIMENOM CAE TEHNIKA****Rezime**

Primena informacionih tehnologija i virtuelne izrade odlivaka pored skraćivanja vremena osvajanja proizvoda i smanjenja troškova proizvodnje omogućuje i proizvodnju kvalitetnijih odlivaka u prvom pokušaju, što može značajno doprineti povećanju tehničke kompetentnosti i privredne konkurentnosti livnica u Republici Srbiji. Prilagođavanje zahtevima globalnog tržišta, povećanje tehničkih sposobnosti i ekonomske efikasnosti zahteva od livnica u Srbiji racionalizaciju i optimizaciju proizvodnje odlivaka. S obzirom na produktivnost, količinu škarta, utrošak energije po kilogramu odlivka, primenom virtualne proizvodnje odlivaka bitno se utiče na poboljšanje poslovanja livnica u Srbiji. U ovom trenutku pojedinačno livnice, u Republici Srbiji pri razvoju novih proizvoda i optimizaciji tehnologije livenja metala ne mogu primeniti najnovije kompjuterske tehnologije, bilo da je to povezano s nabavkom skupih softvera ili edukacijom i zapošljavanjem stručnjaka specifičnog profila.

Ključne reči: virtualna proizvodnja, simulacija, livenje metala, uštede.

1. INDUSTRIJA LIVENJA DANAS U SVETU

Ova vitalna industrija se danas suočava sa mnogim izazovima. S jedne strane, livci moraju da zadovolje rastuća očekivanja kupaca u pogledu obezbeđenja kvaliteta, kraćeg vremena realizacije proizvoda, manjih serija, nižih i konkurentnijih cena. S druge strane, livnice gube korak u odnosu na brze tehnološke i menadžmentske promene koje se odvijaju u proizvodnim sektorima. Jedan od primera je sve veća upotreba NC mašina za završnu obradu koje zahtevaju dimenziono stabilne odlivke sa uniformnom tvrdoćom površine radi sprečavanja oštećenja reznog alata. Poredeći sadanašnje stanje sa onim od pre deset godina.. vidi se da većina zemalja smanjuje broj livnica, što je međutim kompenzovano odgovarajućim povećanjem obima proizvodnje. S druge strane usvajanje filozofije isporuke proizvoda određenog datuma (Just-In-Time) kod montaže, kako bi se smanjili troškovi skladištenja/zaliha zahteva od livnica da isporučuju odlivke tačno na vreme (često tačno određenog datuma, vremena, i lokacije). Stalni pritisak je od regulacionih tela u smislu konzervacije energije, zaštite životne sredine, a zaštita na radu je dodatni problem. Mnogi najznačajniji kupci, posebno u automobilske industriji, se zbog toga orijentišu ka dugoročnom strateškom partnerstvu sa malim brojem renomiranih livnica, umesto kratkoročnih nabavnih dogovora zasnovanih na ceni sa većim brojem livnica kao što je bilo u prošlosti [1]. To znači da kako bi opstale, livnice moraju da nude dimenziono stabilne i ispravne odlivke, i da osiguraju pouzdanu isporuku u rokovima, a naročito u slučaju narudžbi iz inostranstva. Kako bi postigli zadovoljstvo kupaca bez žrtvovanja profitabilnosti, inženjeri u livnici moraju precizno da modeliraju i da upravljaju procesom livenja kako bi postigli željeni kvalitet, kao i da optimizuju obim proizvodnje bez repetitivnih i dugotrajnih proba u pogonu. Jedan od razloga ovakvog stanja je što je u industriju livenja uloženo mnogo manje istraživanja i razvoja u poređenju sa proizvodnim sektorima. Tako, uprkos tome što je proces star 5000 godina, livenje nastavlja da bude više umetnost nego nauka. Na slici 1 pokazana je kompleksnost problema koje treba rešiti u procesu dobijanja zdravog odlivka.

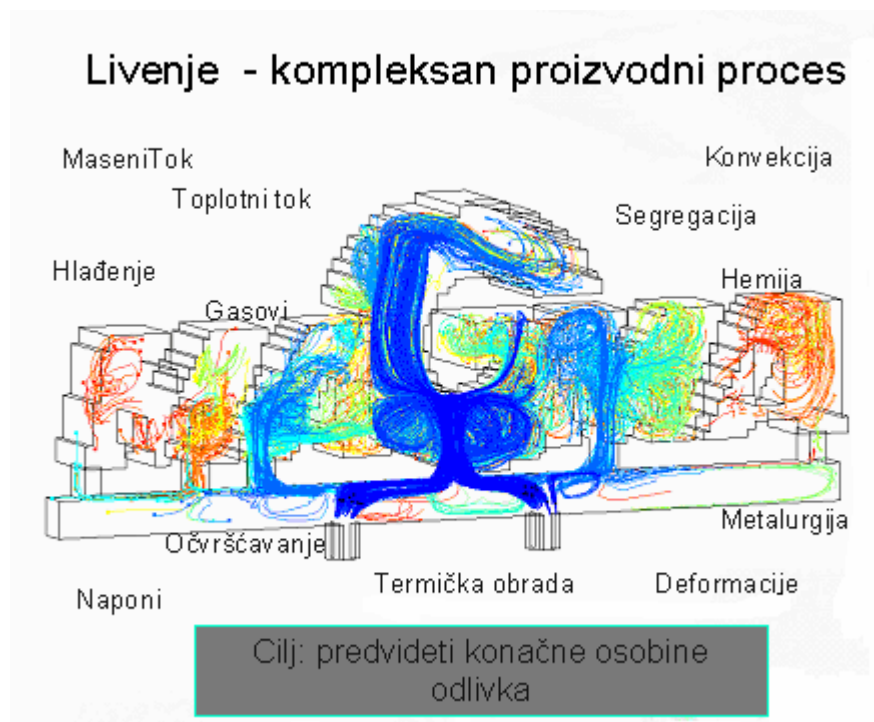
¹ Radomir Radiša, dipl. maš. inž., LOLA institut, Beograd, tel. 011/2547604, e-mail: rradisa@lola-ins.co.yu

¹ Dr Mirko Bućana, dipl. maš. inž., LOLA institut, Beograd, tel. 011/2541303, e-mail: mbucan@lola-ins.co.yu

¹ Milica Dostanić, dipl. inž. teh., LOLA institut, Beograd, tel. 011/2546506, e-mail: milicad@lola-ins.co.yu

² Prof. dr Srđan Marković, dipl. inž. teh., Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, e-mail: srdjan@tmf.bg.ac.yu

* Rad je nastao iz predloga projekta u oblasti tehnološkog razvoja za period 2008-2010, kod Ministarstva nauke, oblast materijali i hemijske tehnologije, evidencioni broj projekta 19041.



Slika 1. Kompleksnost procesa livenja metala

2. INDUSTRIJA LIVENJA DANAS, STANJE U SRBIJI SA STANOVIŠTA MOGUĆNOSTI PRIMENE CAE TEHNIKA

Livarstvo je jedna od najstarijih industrijskih delatnosti u Srbiji. Posljednjih godina delovala je ova industrijska grana u teškim uslovima poslovanja u proizvodnom, finansijskom i kadrovskom smislu. Promene političkih i privrednih okolnosti u Srbiji, prestanak opstrukcije tržišta i porast međunarodnog povezivanja preduzeća zahtevaju značajne promene u livnicama i prilagođavanje zahtevima globalnog tržišta. Na žalost veliki broj livnica nije se uspeo prilagoditi novim okolnostima i prestale su s radom. U Srbiji je danas aktivno oko 300 livnica, od čega je sve više zanatskih livnica sa manje od 50 zaposlenih i one proizvode sve veći deo ukupne količine odlivaka [2].

Povećanje kvaliteta, produktivnosti, profitabilnosti i zadovoljenje ekoloških kriterijuma zahteva dalju racionalizaciju i optimizaciju proizvodnje odlivaka kroz primenu savremenih tehnologija. Svaka livnica koja želi da opstane na tržištu, u nameri da proizvede kvalitetan i cenom konkurentan odlivak mora koristiti moderne metode razvoja proizvoda i moderne metode tehnologije izrade proizvoda. Ove metode moraju se koristiti u svim fazama razvoja proizvoda, počevši od konstrukcije odlivka, pripreme livačke tehnologije, brze izrade prototipova do krajnje obrade komada na CNC mašinama. Na ovaj način omogućuje se primena segmenata konkurentnog inženjerstva u livnicama i alatnicama Srbije. Primenom tehnika konkurentnog inženjerstva u svim fazama proizvodnje odlivka ostavljaju se uštede. Livnice kao proizvođači osnovnih modula mašina i postrojenja mogu da imaju ulogu presudnog elementa konkurentnosti, koji će omogućiti proizvođaču mašine prednost koja donosi posao. Kako? Kapitalni delovi mašina, bez obzira na argumente da postoje alternativna rešenja još uvek su dobijeni livenjem. Primena novih metoda livenja bazirana na kompjuterskoj simulaciji livenja metala i integraciji sa procesom projektovanja mašina treba da predstavlja prednost koja će postojeće stanje tehnologije livenja pretvoriti u novi kavalitet. Zato livnice uz pesak, metal i dobre majstore treba da dodaju i malo kompjuterskih tehnologija. Konkurentska prednost primene CAE tehnika izražena je time što se primenjuje znanje i iskustvo iz fundamentalnih osnova livenja metala. Iskustvo i znanje pretočeno je u novi kvalitet primenom tehnika konkurentnog inženjerstva [3]. Ono što je nekada u tradicionalnoj tehnologiji livenja bilo bazirano na neformalnoj veštini i intuiciji livaca, danas je predmet egzaktnih proračuna koji sa visokom verovatnoćom predikuju konačni rezultat. Za svaki predlog tehnologije, eksperimentalno ili probno livenje se prethodno sprovodi u virtualnom svetu kompjutera. Tu se bez utroška energije za topljenje metala, bez utroška metala i bez utroška vremena za probe čine vidljivim sve greške. Projektant može da preseče digitalni odlivak u bilo kojoj ravni i da utvrdi da li u nekom njegovom delu postoji poroznost ili šupljina; može da prati proces punjenja kalupa, proces očvršćavanja, zaostale napone, metaluršku strukturu odlivka i još mnogo toga. Primenom ovih metoda projektovanja proizvoda i tehnologije livenja odlivaka eliminiše se potreba za eksperimentalnim livenjem, skraćuje se

vreme dobijanja novog proizvoda i nema neizvesnosti u pogledu kvaliteta proizvoda-odlivka. Svaki novi odlivak traži novu tehnologiju, koja sa softverom za simulacije livenja metala unapred biva proverena i optimizovana. Za svaki novi odlivak se vrši provera definisane tehnologije livenja metala, a nakon toga simulacijom se proverava kvalitet definisane tehnologije, menjaju se uočene greške i ponovo vrši simulacija. Primena je opravdana zdravim odlivkom dobijenim u najkraćem mogućem vremenu. Implementacija je u funkciji kompleksnosti odlivka, da li je prethodno urađen 3d dizajn odlivka, da li je urađen 3d dizajn ostalih elemenata sistema livenja, da li su definisani parametri tehnologije livenja i sl. Implementacijom projekta tržište će se pokrivati iz jednog centra u Srbiji. Podaci o zahtevima dobijaće se ili na licu mesta od livnica ili putem e-maila. Rezultati primene CAE tehnika bili bi dostupni svakoj livnici uz prikaz rezultata u samoj livnici. Formirao bi se WEB sajt sa ciljem da prikaže delatnost i obavesti ciljne grupe o seminarima/prezentacijama, prikupi zahteve za pružanje usluga, bude mesto stalnog elektronskog foruma o problemima i potrebama ciljnih grupa (livnica i alatnica). [4]

3. INTELIGENTNO PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE LIVENJA, KONSTRUKCIJE ODLIVAKA, ALATA I MODELA.

Pošto su CAD programi iz 1980-tih omogućili naglo povećanje produktivnosti, a simulacioni programi iz 1990-tih znatno povećali kvalitet, fokus se sada premešta na globalnu konkurentnost. Sve veća frekvencija uvođenja novih proizvoda vrši pritisak na dobavljače komponenti da smanje vreme od narudžbe do isporuke proizvoda. To se najbolje vidi kod delova za automobile.

Početak 1980-tih, novi modeli automobila su se pojavljivali svake 3-4 godine, što je danas smanjeno na 12-18 meseci. Moderna preduzeća postigla su smanjenje vremena razvoja kao i troškova proizvodnje jačajući svoju internu bazu znanja kao i saradnjom sa ekspertima van preduzeća. Nekada je karakteristike proizvoda definisalo odeljenje marketinga, zatim je odeljenje istraživanja i razvoja razvijalo konceptualni projekat, projektovanje bi generisalo detaljni projekat, inženjering bi konstruisao i testirao prototip, a zatim bi proizvod odlazio u proizvodnju. Tokom ovog procesa dolazilo je do nekoliko izmena projekta, gubitka vremena i konfuzije. Danas je opštepoznato da se utroškom više vremena i rada u fazi projektovanja može dobiti mnogo više koristi nego sličnim naporima u fazi proizvodnje. Mnoga preduzeća zato formiraju ad hoc timove u koje ulaze inženjeri iz svih sektora, a njihovo iskustvo se koristi da bi se unapred identifikovali potencijalni problemi i da bi se oni sprečili odgovarajućim izmenama projekta proizvoda. pošto ceo tim radi zajednički i planira unapred, ovakav pristup se naziva *konkurentno inženjerstvo*[5].

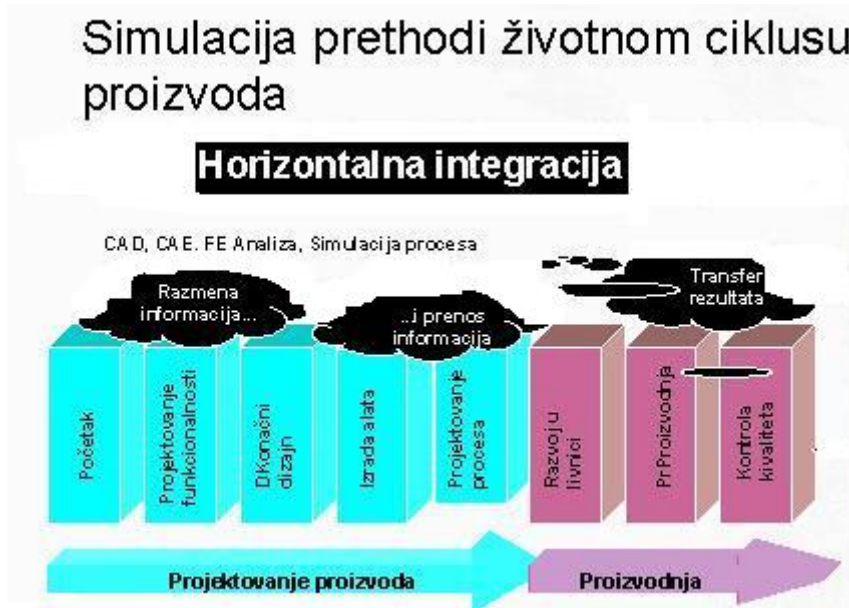
Jedan od problema sa timovima konkurentnog inženjeringa je da članovi moraju da budu fizički prisutni na istoj lokaciji radi čestih sastanaka zbog revizije projekta, što je teško izvesti pošto su eksperti uglavnom veoma zauzeti. Jedan od načina da se prevaziđe ovaj problem je da članovi tima razmenjuju informacije i podatke o projektu preko elektronske mreže. Virtuelna realnost i virtuelno poslovanje su takođe opcije kako bi se prevazišla prostorno-vremenska ograničenja. Ovo je moguće kombinovanjem dve nove tehnologije koje olakšavaju računarom podržano konkurentno inženjerstvo: *inteligentni CAD alati i softverski agenti*. *Inteligentni CAD programi* razlikuju se od konvencionalnih CAD programa mogućnošću da obavljaju zadatke koji zahtevaju specifično znanje i geometrijsku analizu. (Ekspertni sistemi, koji takođe sadrže specifična znanja i interfejs program ne mogu raditi direktno sa geometrijom.) Geometrijska analiza je potrebna radi automatskog prepoznavanja osobina odlivka, kao što su otvori za jezgra, prema 3-dimenzionom modelu komada. Specifično znanje je potrebno da bi se odredilo da li karakteristiku treba realizovati pomoću jezgra, projektovanjem otiska jezgra u smislu jačine, ventilacije, hlađenja i drugih kriterijuma. Inteligentni CAD softver dakle deluje kao ekspert u proizvodnji, dostupan u svakom momentu, radi pružanja podrške inženjerima projektantima kod generisanja projekta za proizvodnju. Takođe ga mogu koristiti inženjeri kod projektovanja alata i proizvodnje radi verifikacije odluka i obezbeđenja da nije propuštena nijedna moguća projektna alternativa. *Softverski agenti*, jedno od najaktualnijih područja istraživanja danas nagoveštavaju da će preuzeti zadatak traženja prave informacije. Ovo je značajno, imajući u vidu da inženjeri provode većinu vremena stvarajući, razmenjujući i tražeći kao i čekajući na informacije. Većinu ovih zadataka mogu preuzeti agenti. Na taj način kombinacija inteligentnog kompjuterski podržanog projektovanja i softverskih agenata obećava revoluciju u projektovanju proizvoda. Nekoliko takvih sistema primenljivih na brzo evoluirajuće proizvodne procese, kao što je brzo projektovanje prototipova su u razvoju. Sastoje se od softverskih alata koji povezuju inženjere projektante preko mreže, putem informacione magistrale i automatski startuju simulacione modele zasnovane na heuristici kako bi pomogli inženjerima da optimizuju projekte u smislu proizvodnosti. Nedavni pregled 11 programa za simulaciju livenja koji se koriste u 154 livnice u SAD koje je sproveo Univerzitet Ajova daje profil njihovog korišćenja i njihove

karakteristike. Oko 25% korisnika poještovali su i verifikovali do 45% svojih odlivaka korišćenjem softvera. Vreme projektovanja livenja/alata smanjeno je za više od 40%, cena rada i dorade je smanjena za 30%, a prosečno povećanje obima proizvedenih odlivaka je bilo 25% [6].

Najopštija smernica, koju možemo zamisliti u razvoju neke komponente, je informacija o dozvoljenom prostoru za ugradnju i dozvoljenom ponašanju pod opterećenjem. Ali već ti krajnji uslovi dovoljni su programima za optimizaciju oblika za preliminarnu skicu odlivka. U principu odvija se to tako, da se najpre u prostoru za ugradnju koji je potpuno ispunjen odlivkom, opterećenim ispitnim opterećenjem, izvrši proračun naprezanja. Program za automatsku optimizaciju ispituje nastupajuće deformacije, nalazi područja s najmanjim opterećenjem i redukuje ih na odlivku. Ovaj postupak se ponavlja, sve dok deformacije ne dostignu maksimalne dozvoljene vrednosti [6].

Kad je jednom CAD zapis podataka prihvaćen, tokom celog veka trajanja neke komponente, predstavlja središte za upravljanje informacijama o geometriji. Tako se promene konstrukcije komponente, u slučaju potrebe, mogu provesti brzo i za sve CAE-alate koji prate razvoj proizvoda stajati konzistentno na raspolaganju. Korisno je odmah po izradi CAD-konstrukcije ispitati njeno ponašanje pri opterećenju i utvrditi da li se deformacije kreću unutar dozvoljenih granica.

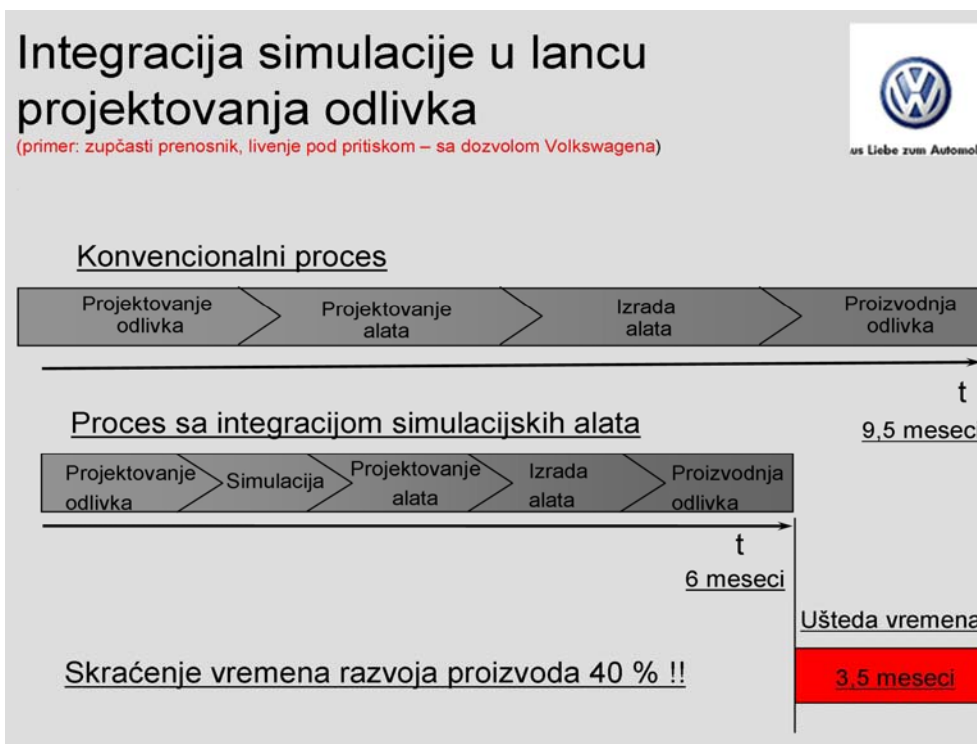
Primena CAE-tehnologija, uključujući optimizaciju konstrukcije, simulaciju procesa livenja i očvršćavanja, simulaciju termičke obrade, te analizu naprezanja mora se upotrebiti simultano i integrisati u lanac konstrukcije i izrade. Time smo osigurali da uslovi procesa livenja budu rano integrisani u proces dizajniranja i konstrukcije odlivka i da se potpuno iskoristi stvarni potencijal postupka livenja. Na osnovu dobijenih CAE rezultata u ovoj fazi se mogu izraditi alati i modeli za odabrane odlivke. Na slici 2. pokazana je integracija CAE alata u proces razvoja, projektovanja i proizvodnje odlivka [7].



Slika 2. Integracija CAE alata u procesu razvoja proizvoda

4. VIRTUELNA IZRADA ODLIVAKA-SIMULACIJA LIVENJA, PRORAČUNI NAPREZANJA I SIMULACIJA TERMIČKE OBRADJE.

Svet konstrukcije odlivaka suočen je s nekim od najrevolucionarnijih promena od uvođenja CAD tehnologija tokom 1980-tih. Novo dostupne kompjuterske tehnologije kao što su simulacije procesa livenja, računarska optimizacija konstrukcije odlivka i optimizacija procesa livenja promenile su značajno livarsko okruženje. Stalno pojačavajući zahtevi kupaca odlivaka za smanjenjem cene uz povećanje kvaliteta i performansi zahtevaju da se livene komponente optimalno konstruišu. Primer na slici 3. pokazuje da je ušteda vremena pri proizvodnji odlivka primenom CAE tehnika i simulacijskih alata 40% u odnosu na konvencionalni način, prema podacima dobijenim sa dozvolom Volkswagena.



Slika3. Primer uštede vremena primenom CAE tehnika

Primena CAE tehnika je primarno usmerena na pružanje usluga livnicama pri usvajanju novih kvaliteta materijala, te povećanju pouzdanosti i kvaliteta proizvoda putem izbora odgovarajućeg hemijskog sastava, odgovarajućih osobina materijala. Osvajanjem novih kvaliteta materijala obezbeđujemo proširenje baze podataka materijala i mogućnost korišćenja novog kvaliteta materijala u drugim projektima. Takođe ovim aktivnostima stvarale bi se baze znanja i virtuelni centri izvrsnosti za primenu procesa simulacije u procesu livenja, kako bi bili ispunjeni preduslovi za poređenje rezultata simulacije i rezultata proizvodnje odlivka u livnici.

U posljednjoj dekadi upotreba simulacije punjenja kalupa i očvršćavanja radi ispitivanja načina i brzine punjenja kalupa, raspodele temperature i toplotnih naprežanja u odlivku i alatu (ako se radi o livenju u trajne kalupe) predstavlja stvar tehnike. Uz pomoć toplotno-tehničkih proračuna, s kojima se određuje prenos toplote iz odlivka u kalup, dobije se grafički prikaz toplotnog polja i naprežanja. Računarska simulacija omogućuje takođe analizu makrosegregacija, toplih pukotina i termičke obrade itd. Potrebno je istaći da se danas za simulaciju ulivanja i hranjenja odlivaka primenjuju alati druge generacije. Oni pored softvera za računarsku simulaciju uključuju i softver za optimizaciju, pri čemu se dobijaju programski paketi za računarsku optimizaciju koji automatski menjaju odgovarajuće varijable shodno zadatoj funkciji cilja optimizacije [7].

5. BRZA IZRADA PROTOTIPA ODLIVAKA I DALJI RAZVOJ NA OSNOVU DOBIJENIH REZULTATA, RAZVOJ BAZA ZNANJA I EDUKACIJA KADROVA ZA POTREBE LIVNICA, KONSULTACIJE.

Neophodno je uspostaviti partnerske odnose sa kupcima odlivaka kako pri razvoju novih odlivaka tako i pri optimizaciji proizvodnje osvojenih odlivaka. Kupac zajedno sa proizvođačem mora biti prisutan i asistirati od faze razvoja, projektovanja, izrade do prodaje odlivka na tržištu. Tim eksperata pružao bi usluge livnicama u Srbiji, a prednost primene simulacije livenja metala dokazivala bi se na svakom konkretnom odlivku. Usluga simulacije livenja metala sa optimizacijom tehnologije livenja vršila bi se za svaki konkretan proizvod i direktno zainteresovanim livnicama sa mogućnošću brze izrade prototipa odlivka, kalupa, jezgra, delova ulivnog sistema. U tu svrhu danas je dostupna najnovija tehnologija 3D štampanja, za brzu izradu prototipa. Tehnologija 3D štampanja je brza, ekonomična i univerzalna. Originalno razvijena na Institutu za Tehnologiju Masačusets (MIT) 1993., trodimenziona tehnologija štampanja (3DP™) je osnova procesa izrade prototipova. 3DP tehnologija generiše trodimenzioni fizički prototip očvršćavanjem slojeva nanetog praha, koristeći tačno vezivno sredstvo. Po definiciji, 3DP je brz proces univerzalnih mogućnosti koji procesira objekte različite

geometrijske kompleksnosti u stotinama različitih aplikacija i podržava veliki broj tipova materijala. Korišćenjem 3DP tehnologije, višestruko se smanjuje vreme potrebno za izradu delova sistema livenja [8].

Proces vezivanja slobodnog praha kako bi očvrsnuo u gotov komad kompatibilan je sa mnogim tipovima materijala. Dok 3D štampač ostaje isti, korisnik može da menja građivni materijal da bi proizveo komade sa širokim spektrom karakteristika materijala koji zadovoljavaju različite zahteve aplikacije. Korisnik može da izabere najbolji materijal koji odgovara zahtevima specifične primene.

Materijal za direktno livenje koristi se za pravljenje kalupa za livenje u pesku obojenih metala. Ovaj materijal je mešavina livarskog peska, gipsa, i drugih aditiva koji u kombinaciji proizvode jake kalupe sa dobrom završnom obradom površina. Materijal može izdržati toplotu koja je neophodna da bi se izlili obojeni metali. Procesom se mogu kreirati prototipovi odlivaka bez troškova mašinske obrade i utrošenog vremena koje uzrokuje kašnjenje u realizaciji proizvoda.

Materijal za livenje u vosku generiše delove koje korisnik umače u vosak da bi proizveo modele za livenje u vosku bez kalupa i geometrijskih ograničenja. Materijal je mešavina celuloze, specijalnih vlakana i drugih aditiva koji kombinovani daju peecizan komad, maksimizujući apsorpciju voska i minimizirajući talog tokom procesa pečenja. Koristi se za livenje u vosku radi dobijanja odlivaka visokog kvaliteta sa izuzetnim završnom obradom površine u nekoliko industrijskih grana.

Ključne karakteristike ovog 3DP patenta sa MIT-a su univerzalnost i brzina. Stalno se usavršava proces putem mašinskih inovacija i inovacija materijala. Uvođenjem prvog 3D štampača u boji visoke definicije, prvog pristupačnog 3D monohromatskog štampača i brojnih poboljšanja softvera i materijala, livnice i alatnice u Srbiji mogu efikasno i brzo uz najmanji utrošak vremena, novca i materijala, s obzirom na tehnološke inovacije u oblasti brze izrade prototipova, doći do novog proizvoda. Primenom ove tehnologije livnice i alatnice će početi da unapređuju jezgro svoje tehnologije i ostvariti kompartivnu prednost u odnosu na druge tehnologije.,

6. ZAKLJUČAK

Cilj su uštede u livnicama i alatnicama Srbije, kroz transer znanja i tehnologija u livnice pri osvajanju novih proizvoda i optimizaciji tehnologija livenja postojećih proizvoda primenom CAE tehnika projektovanja proizvoda-odlivka i kompjuterske simulacije livenja metala. Primenom CAE tehnika obezbeđuje se prenos ekspertskih znanja transferom tehnologija, implementacijom novih tehnologija livenja, optimizacijom postojećih tehnologija livenja, primenom „novih“ livačkih materijala, edukacije itd. Polazi se od nekoliko ključnih ciljeva, koje moraju u budućnosti ispuniti livnice i alatnice u Srbiji:

- Proizvedeni odlivci moraju odgovarati zahtevima kupca, pre svega na području kvaliteta,
- Livnice moraju proći kriterijum troškova u odnosu na druge proizvodne tehnologije,
- Imidž odlivaka i livačke tehnologije mora biti pozitivan za kupca,
- Radni uslovi u livnicama i ekološka kompatibilnost moraju odgovarati svetskim standardima i propisima.

U pogledu navedenih opštih ciljeva lako je uočiti niz prepreka sa kojim će se suočiti srpske livnice pri integraciji u Evropsku uniju. Samo one livnice koje budu pravovremeno izvršile odgovarajuće promene mogu opstati na tržištu. Transer znanja iz razvojne sfere u proizvodne tehnologije do sada je bio neproduktivan, sa malim učešćem znanja u vrednosti proizvoda i ukupnom izvozu. Tranzicija taj deo proivrede gotovo da nije dodirnula. Zahtevi tržišta danas su takvi da je neophodno ubrzati primenu znanja i u gotovom proizvodu-odlivku.

Preduslov za primenu znanja i novih tehnologija nisu samo računarski programi, dobre mašine i simulacijski alati, već pre svega volja i spremnost na pravi timski rad. Neophodno je uspostaviti partnerske odnose sa kupcima odlivaka, kako pri razvoju novih odlivaka, tako i pri optimizaciji proizvodnje osvojenih odlivaka. Koncept virtuelne izrade odlivaka omogućuje livnici neposredniju kooperaciju s kupcem odlivaka u smislu optimizacije dizajna i funkcionalnosti odlivka. Predloženi koncept značajno smanjuje vreme i troškove razvoja novih vrsta odlivaka za serijsku i pojedinačnu proizvodnju, što svakako doprinosi povećanju konkurentnosti livnica.

Ovaj koncept u proizvodnji odlivaka se, za razliku od pokušaja i greške, temelji na primeni savremenih kompjuterskih tehnologija u livarstvu i eliminaciji mogućih grešaka. Konačno, ne smemo

zaboraviti i najvažniju kariku u lancu, a to je čovek. Bez dobro obrazovanih stručnjaka sva navedena oprema predstavlja mrtvo slovo na papiru. Impelmentacijom rezultata ovog projekta ostvariće se efekti u upravljanju, inženjerstvu, proizvodnji i prodaji kroz:

- *Smanjenje troškova;*
- *Povećanje kvaliteta;*
- *Pomeranje granica procesa livenja van naših iskustava;*
- *Omogućavanje livnicama proizvodnju većeg broja visokoprofitabilnih odlivka;*
- *Brže prisustvo na tržištu;*
- *Poboljšanje organizacije.*

LITERATURA

- [1] B. Ravi: *Computer-Aided Casting Design – Past, Present and Future*, Paper on WFO Technical Forum 2003 16 - 17 June 2003, www.worldfoundrymen.org
- [2] Radiša R., Gulišija Z., *Primena konkurentnog inženjerstva pri razvoju i optimizaciji tehnologija livenja metala*, Racionalno korišćenje energije u metalurgiji i procesnoj industriji, Monografija, str. 35-45, Srbija, Beograd, April 2006.
- [3] Radiša R., Gulišija Z., *Use of concurrent engineering by development and optimisation of technology of metal casting*, radu časopisu TEHNIKA No. 4, Srbija, Beograd, Septembar 2006.
- [4] M. Trbižan: *Perspective of foundry industry of new eu members*, Paper on 44th Foundry Conference in, Slovenia, Portorož, September 2004.
- [5] M. Škrbec: *Simultaneous engineering application during casting prototype and samples development*, Paper on 44th Foundry Conference, Slovenia, Portorož, September 2004.
- [6] C.D. Orogo, H.D. Callihan, G.K. Sigworth and H.A. Kuhn, "A Vision of Computer-Aided Casting in the Year 2000," *Modern Casting*, Vol.83, No.10, 1993, pp.20-24.
- [7] [www. magmasoft.de](http://www.magmasoft.de)
- [8] www.zcorp.com

R. Radiša¹, M. Bućan¹, M. Dostanić¹, S. Marković²

VIRTUAL MANUFACTURING OF CASTINGS USING CAE TECHNIQUES

Abstract

Information technology and virtual manufacturing of castings enabled shortening the time to develop a product, as well as high quality castings fabrication at first attempt, what can be the crucial contribution in achieving the increased engineering adequacy and economic competitiveness of foundries in Serbia. Matching the global market demands, increasing engineering abilities and economic efficiency will necessitate the rationalization and optimization of castings manufacturing. Concerning the productivity, the amount of waste and energy consumption per 1kg of casting, the usage of virtual manufacturing for castings fabrication have a great impact on foundries operating in Serbia. Currently, there are no possibilities for foundries in Serbia to apply new information technologies for new products development and casting technology optimization, whether it is related to expensive software acquiring, or education and employing of a specific profile of technician.

Key words: virtual manufacturing, simulation, metal casting, savings.

Jokanović S.¹

NOVI METOD PROJEKTOVANJA ALATA ZA OBRADU LIMA (ŠTANCI)

Sažetak: U radu se izlaže jedan metod projektovanja štanci razrađen na osobini CAD sistema da podržavaju modeliranje dijelova sa više tijela. Pri CAD projektovanju geometrija različitih dijelova sklopa može se povezivati i tako smanjiti greške i redundancija operacija. Međutim, takve veze nije lako održavati jer se svaki dio (*part*) i svaki sklop (*assembly*) u savremenim CAD sistemima čuva u posebnom fajlu pa pomenute veze predstavljaju relacije između slogova različitih, po disku rasutih, fajlova. Novi metod je razrađen na ideji da se preliminarno projektovanje štance izvede unutar jednog dijela sa više tijela koja odgovaraju pojedinim dijelovima štance, a po osnovnom projektu izvrši eksportovanje tijela u zasebne fajlove dijelova (i podsklopova) i tamo nastavi sa detaljnim projektovanjem.

Glavne riječi: CAD, Metod projektovanja, Proces projektovanja, Postupni alati, Štance.

1. UVOD (O ŠTANCAMA)

Pod štancama se u proizvodnom mašinstvu podrazumijeva grupa specijalnih alata za obradu metala i nemetala probijanjem, prosijecanjem i raznim oblikovanjem, ali bez skidanja strugotine. Osnovna podjela izvodi se na štance za rezanje i štance za oblikovanje, ali su česte u praksi i štance koje kombinuju oba postupka. Za veće serije izrađuju se redni (postupni ili progresivni) alati kod kojih se izrada dijela razbija na više faza ili koraka raspoređenih duž limene trake, odnosno alata. Za precizan i pravilan postupak oblikovanja potrebni su na tim alatima držači lima. Najsloženije su štance sa pritisknim pločama. Kod njih se jedna ploča naziva pritisknom iako ima trostruku ulogu: vođenja radnih elemenata (probojaca, noževa, formirača i sl.), pritiskivanja i skidanja lima

2. PROJEKTOVANJE DIJELOVA U PROSTORU SKLOPA (IN CONTEXT DESIGN)

Sklopovi se u CAD sistemima sastavljaju od pojedinačnih dijelova. Između dijelova se uspostavljaju geometrijske veze (engl. *mates*, *constraints*) koje ih dovode u potreban uzajamni položaj i orijentaciju. Te su veze *pozicione* prirode i nisu komplikovane za održavanje. Kompleksnije su i teže za održavanje *konstrukcione* veze koje nastaju ako u konstrukciji (modeliranju) jednog dijela učestvuje geometrija drugog dijela npr. linija skice tangenta na kružnu ivicu sasvim drugog dijela ili predstavlja projekciju ivice drugog dijela. Takve veze (*external references*) možemo razviti ako konstrukciju nekog dijela izvodimo u prostoru sklopa (*in-context design*). Kako su u savremenim CAD sistemima različiti dijelovi sklopa rasuti po disku u različitim fajlovima nije teško zaključiti kako sa većim brojem konstrukcionih veza održavanje integriteta sklopa postaje složenije. Konstrukcione veze između različitih dijelova predstavljaju, posmatrano u kontekstu baze podataka, relacije između slogova (*record*) različitih fajlova. Razumljivo je da sa većim brojem dijelova, a naročito sa povećanjem broja konstrukcionih veza dolazi do usporavanja rada te povećanja osjetljivosti i nestabilnosti sistema.

¹ Dr Simo Jokanović, vanr. prof., e-mail: simoj@urc.bl.ac.yu, Mašinski fakultet, Banja Luka, tel: +387 51 462 400

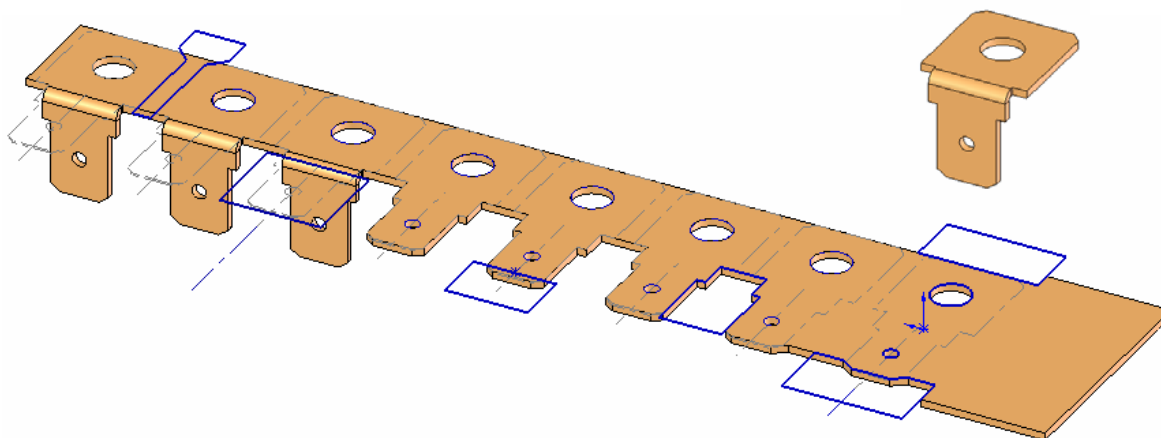
3. KONCEPT DIJELA SA VIŠE TIJELA (MULTIBODY PART)

U novije vrijeme, početkom ove decenije, CAD sistemi uvode koncept dijela sa većim brojem tijela. Tijela mogu biti i odvojena. Iako u stvarnosti nema mnogo opravdanja za ovakav pristup, on je dao neke rezultate, u prvom redu efikasnije modeliranje jer je mnoge operacije lakše i brže izvesti nad tijelom kao cjelinom umjesto nad pojedinačnim fičerima (npr. *move*, *mirror*, *pattern* ...), a onda i veću fleksibilnost jer se određene operacije mogu primijeniti na pojedino tijelo umjesto na cijeli dio (npr. *shell*, *scale*, ...). Ako bi pojedina tijela gledali kao različite dijelove, a pravo govoreći ona rijetko kad i mogu biti nešto drugo, digitalni model proizvoda bio bi mnogo jednostavniji. Geometrijske i dimenzione veze između pojedinih tijela istog dijela se lakše uspostavljaju i održavaju nego veze između dijelova sklopa jer su svi entiteti u istom fajlu – radi se o relacijama između različitih zapisa istog fajla. Novina u predloženoj metodi projektovanja štanci je razrađena na bazi upravo ove funkcionalnost savremenih CAD sistema, funkcionalnosti u vidu modeliranja dijela sa više tijela (*multibody part*). Ne treba, međutim, brzopleto zaključiti kako se želi dijelom sa više tijela potpuno zamijeniti sklop. Nije to, nego se pomoću dijela sa više tijela koristi samo u prvim dvjema fazama projektovanja, za razradu idejnog i preliminarnog rješenja štanice.

4. OPIS PREDLOŽENE METODE PROJEKTOVANJA ŠTANCE

4.1. Idejno rješenje (koncepcija)

Konceptija štanice je u velikoj mjeri data u samom izgledu trake (*strip layout*) tj. postupku prerade trake. Koristeći razne operacije CAD sistema, naročito one koje se odnose na modeliranje dijelova iz lima (*sheet metal design*) treba razraditi vjerodostojnu koncepciju postupne, više-pozicione prerade trake. Polazeći od definisanja mosta i koraka, pravi se niz skica razvijenog dijela duž trake, a onda potrebna probijanja, prosijecanja, savijanja i druga oblikovanja raspoređuju po pojedinim skicama odnosno koracima (sl. 1).



Sl. 1. Koncepcija: postupak izrade (*strip layout*)

4.2. Preliminarno rješenje (Embodiment Design)

Kako sam već naveo, preliminarno rješenje štanice razrađuje se u obliku dijela sa više tijela, koja se posmatraju kao dijelovi štanice: ploče, probojci, žigovi itd. Najbolje je da se razrada nastavi u okviru idejnog rješenja. Tako dobijamo u jednom dijelu integrisano idejno i preliminarno rješenja štanice. Za sada ćemo taj dio zvati *glavni model* mada se nadam da ćemo vremenom dobiti vjerniji naziv.

Treba prvo kreirati gabaritne mjere ploča. To je normalan, podrazumijevan korak u CAD sistemu, ali se ovdje preporučuje kreiranje gabarita svih ploča štanice odmah na početku zato što su otvori u pločama za prolaz noževa i žigova veoma slični, gotovo isti, pa se u narednom koraku mogu proizvesti u svim pločama istovremeno, u jednom potezu (vidi sl. 2). Kako neke ploče imaju iste gabarite, npr. donja, vodeća i gornja ploča, treba koristiti mogućnost upotrebe iste skice (*sharing*) za generisanje različitih ploča. Položaj ploča po visini alata se od paketa do paketa određuje na različite načine. Npr. SolidWorks omogućuje definisanje položaja ploče istovremeno sa definisanjem debljine, jer posjeduje opciju slobodnog izbora referentne ravni od koje se definiše prostiranje translacionog (*extrude*) fičera, dok CATIA te mogućnosti nema jer referentna ravan njenog translacionog (*pad*) fičera može biti samo ravan skice, a ne neka druga ravan, pa je tu potrebno tijelo (ploču) naknadno pomjeriti ili koristiti druge načine kreiranja fičera. Pokazuje se praktično da se rupe

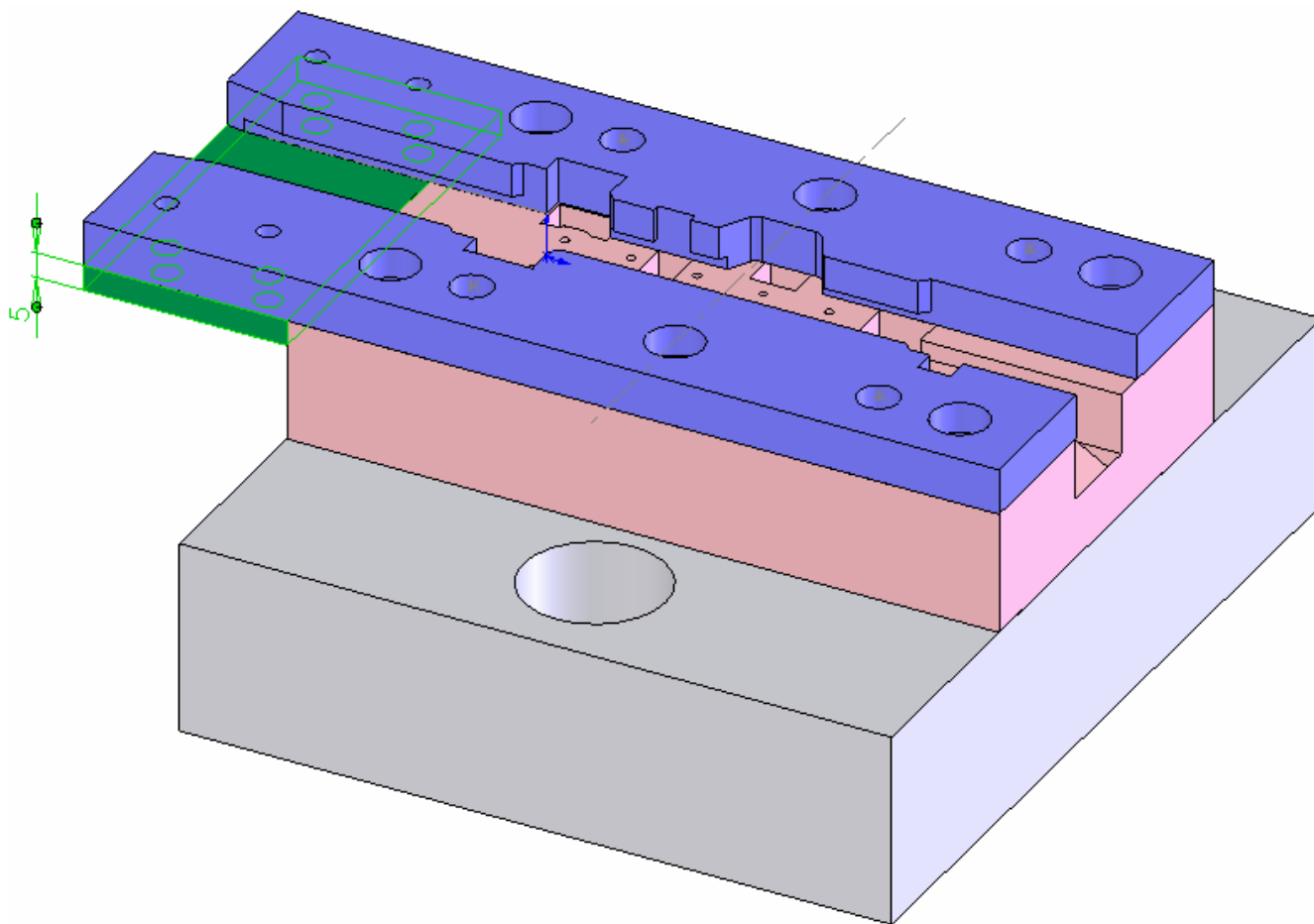


2.10

4.3. Detaljno projektovanje (konstrukciona razrada)

Kada dio sadrži više tijela moguće je od pojedinih tijela napraviti posebne fajlove dijelova (SolidWorks: *Save Body*, CATIA: *Copy -> Paste with link*) i to tako da se među njima održava trajna dinamička veza (*link*) u smislu da se izmjene na tijelima prenose na korespondente dijelove.

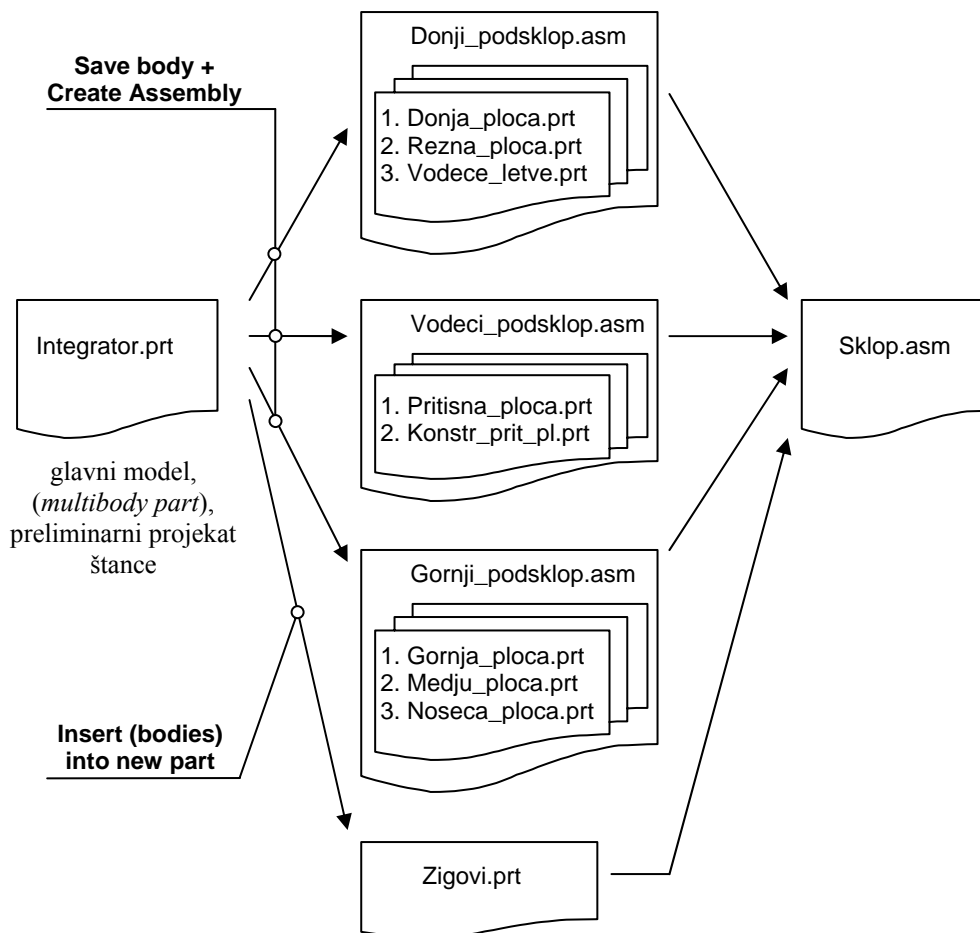
Vjerovatno najveće iskušenje pred kojim se u ovoj metodi projektovanja nalazi projektant je odluka o tome do kojeg će nivoa konstruktivnu razradu provoditi unutar glavnog modela, a koje će detalje ostaviti za razradu na zasebnim fajlovima dijelova. Čini se logično opredjeljenje da se unutar integralnog dijela razrađuju samo oni detalji čija se konstrukcija ne može izvesti bez pozivanja na geometriju drugih dijelova (tijela), a da se svi detalji koji ne zavise od drugih dijelova ostave za razradu unutar pojedinačnih dijelova. Primjenjujući ovaj pristup proizlazi da bi unutar integralnog dijela bilo još potrebno eventualno dotjerati visine žigova te kreirati eventualne umetke za savijanje, utiskivanje i sl. Rupe za vijke i čivije treba ostaviti za razradu u podsklopovima iz više razloga. Prvi je što su pojedini skupovi rupa svojstveni pojedinim podsklopovima pa je neracionalno opterećivati svu konstrukciju sa svim rupama; drugi što u sklopovima rupe možemo kreirati mnogo jednostavnije, naime u jednom potezu možemo kreirati rupu kroz više dijelova (*Hole Series* u SolidWorks-u), a da ona pri tome ima različite karakteristike u različitim dijelovima, u jednom da bude upuštena u drugom prolazna u posljednjem navojna i slično; treći što se pri pretvaranju tijela u dijelove ne prenose kozmetički fičeri poput navoja pa bi navoje morali ponovo kreirati itd.



Slika 3. Detaljno razrađen donji podsklop

Efikasnosti ovog metoda projektovanja uveliko podiže jedna funkcionalnost SolidWorks-a koja je toliko praktična da se pomisli da je razvijena upravo za projektovanje štanci. Naime pri pretvaranju tijela u dijelove moguće je istovremeno od odabranih skupova dijelova napraviti sklopove tj. podsklopove. Treba imati u vidu da dijelovi u tako dobijenim podsklopovima ostaju u međusobnom položaju koji su tijela imala u integralnom dijelu pa u pojedine podsklopove birati dijelove koji se međusobno ne pomjeraju jer bi u protivnom kreiranje sklopa cijele štanice bilo komplikovano. Dijelovi se mogu i osloboditi, ali nam onda ostaje posao na eksplicitnom definisanju njihovog međusobnog položaja, a to je novi nepotrební trošak.

Jednu preporuku grupisanja u podsklopove štanice dajemo na slici 4. Na slici je predloženo čuvanje svih žigova u jednom dijelu, kao tijela tog dijela. Razlog je ušteda u vidu manjeg broja fajlova, povećane preglednosti, izrade jednog crteža itd.



Slika. 4. Grupisanje dijelova u podsklopove pri eksportovanju tijela iz glavnog model (integratora) štanice

5. ZAKLJUČAK

Razvijeni metod projektovanja štanice koji u fazama idejnog i preliminarog projektovanja koristi CAD koncept dijela sa više tijela pokazuje znatne prednosti nad standardnim ‘dio-sklop’ pristupom. Prednosti se ogledaju u jednostavnijem i bržem projektovanju, većoj stabilnosti i bržoj regeneraciji (preračunavanju) modelima. Naravno, u predloženom postupku sasvim su mogući i nedostaci. Nije naime jasno kakvi problemi mogu nastati u pogledu timskog rada odnosno konkurentnog inženjerstva jer pri pretvaranju tijela u pojedine dijelove ne uspostavlja se dvosmjerna, već samo jednosmjerna asocijativnost pa se izmjene na dijelovima ne mogu vratiti nazad na tijela. Odgovor na pitanje da li je to mana ili nije traži dodatna istraživanja.

6. LITERATURA:

1. Kalajdžić, M., *Tehnologija mašinogradnje*, Mašinski fakultet Beograd, 1998.
2. Musafija, B., *Obrada metala plastičnom deformacijom*, Svjetlost Sarajevo, 1988.
3. Boljanovic, V., Paquin, J.R., *Die Design Fundamentals*, Industrial Press Inc., New York, 2006.
4. SolidWorks 2005, On Line User Guide
5. CATIA, Part Design User's Guide, Assembly Design User's Guide, ...

Resume: New method for progressive die design. *A method for die design based on multibody part CAD capability is developed in this paper. In CAD, geometrical relations between different parts of an assembly can be created in order to reduce redundancies and errors. But, such relations are not easy to maintain because each part and assembly in up to date CAD systems are saved separately which means the relations must be established between records of different files on the disk. In new method, two first phases of die design, conceptual and embodiment design are made in multibody part environment whose bodies are viewed as different parts of the die. When embodiment design is finished the bodies are exported to different parts and subassemblies where we continue with detailed design.*

Keywords: *CAD, Design method, Design process, Progressive Die*



P. Bojanić¹

MODEL BAZIRAN NA VOKSELIMA I NJEGOVA PRIMENA U NOVIM TEHNOLOGIJAMA

R e z i m e

Tradicionalno, 3D model, ili tkz. solid model, sadrži samo informacije o površini tela a unutrašnjost se podrazumeva da je homogena. U mnogim aplikacijama je potrebno predstaviti unutrašnju strukturu i atribute objekata, kao što je materijal, gustina, boja i sl. Površinski model nije u mogućnosti da ispuni ovakve zahteve. Vokselni model je superiorniji, u tom pogledu, i ako ima jos uvek svojih slabosti. Mnoštvo korisnih podataka koje sadrži ovaj model predstavlja prednost pri korišćenju dok u isto vreme zahteva veliki broj operacija što podrazumeva da je potreban znatno jači kompjuterski sistem nego što ga uobičajeno koristimo. U radu se daje pregled naprednih tehnologija koje se baziraju na vokselnom modelu. Takođe je se daje objašnjenje osnovnih operacija koje omogućavaju primenu ovog modela u novim tehnologijama.

Ključne reči: voksel, 3D model

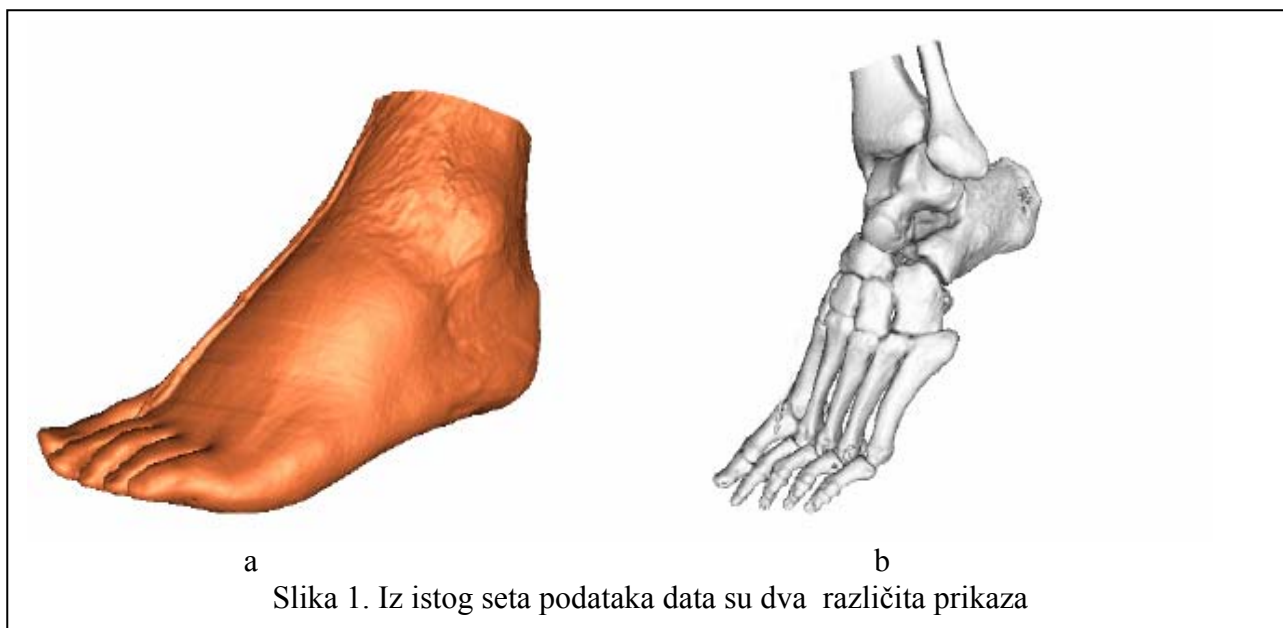
1. UVOD

Primena kompjutera u inženjerskim aktivnostima predstavlja danas imeprativ za opstanak u sve većoj konkurenciji na tržištu. Problemi geometrijskog modeliranja radnih predmeta, problemi proračuna metodom konačnih elemenata, problemi simulacije kinematike i problemi programiranja numerički upravljanih mašina alatki vrlo uspešno se rešava primenom komercijalnih CAD/CAM sistema. Svi ti sistemi počivaju na poligonalnom predstavljanju geometrije radnog predmeta što podrazumeva da su u internom, kompjuterskom modelu, predstavljeni atributi samo površina dok se unutrašnjost geometrijskog objekta smatra homogenom. Poligonalno predstavljanje internog modela je široko prihvaćen u mnogim aplikacijama i ako ne sadrži sve potrebne podatke za specifične primene. Ono je u širokoj upotrebi jer ne zahteva moćne procesore niti veliku memoriju. Poligonalno predstavljanje je nerealistično zbog svoje oštre regularnosti. Forme iz realnog sveta često imaju izvesnu nesavršenost i varijacije. Ovo je naročito vidljivo ako se poligoni koriste za predstavljanje formi koje nisu sastavljene od pravilnih oblika.

Nove metode izrade radnih predmeta, koje se baziraju na CAD modelu sa jedne strane i tehnici dodavanja materijala, sa druge strane, usloveli su potrebu adaptacije izlaza, iz postojećih CAD sistema, za potrebe novih tehnologija [1,2]. Skoro da nema komercijalnog CAD/CAM sistema koji nema mogućnost generisanja STL formata za potrebe novih, brzih tehnologija (Rapid prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing). Sa druge strane, uključivanje kompjuterizovane tomografije (CT) u industrijsku primenu za kontrolu dimenzija i oblika, kao nove tehnologije bezkontaktnog merenja, nameće potrebu preispitivanja oblika internog modela na kojima počivaju gore pomenute nove tehnologije [3]. Poznati su mogući oblici internog modela radnog predmeta, njihove prednosti i mane. Imajući u vidu zahteve pomenutih tehnologija najveći potencijal ima interni model zasnovan na vokselima. Korišćenje vokseli ima izvesnih prednosti nad korišćenjem poligonalnog predstavljanja u daleko većem nivou detalja [4-6]. Primer mogućih izlaza iz istog seta podataka prikazan je na slici 1.

Sa druge strane vokseli zahtevaju veću memoriju i neke nove tehnike pamćenja da bi se smanjila potreba za memorijom. Vreme procesiranja, jednom diskretizovanog modela i smeštenog u odgovarajući memorijski model, je u direktnoj linearnoj zavisnosti od kompleksnosti objekta, odnosno od broja vokseli korišćenih za predstavljanje objekta.

¹ Prof. dr Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd, pbojanic@mas.bg.ac.yu



2. NOVE TEHNOLOGIJE

Da bi opstali u uslovima sve veće konkurencije, proizvođači su primorani da se prilagode određenim principima i zakonitostima koje nameće razvoj savremene ekonomije i tržišta. Jedan od osnovnih principa je da se proizvod pojavi što pre na tržištu, a da mu cena bude niska. Pravač u kome se traže rešenja jeste izgradnja softverskih prototipova što podrazumeva celokupan razvoj jednog dela na računaru, uključujući i strukturnu, termalnu, akustičnu i ostale analize i optimizacije ponašanja dela u realnim, eksperimentalnim uslovima. Međutim u svakom složenijem projektovanju, izrada realnih, materijalnih prototipova projektovanog objekta predstavlja nezaobilazan korak. Imajući softverski prototip proizvoda tehnologijom brze izrade prototipa (Rapid prototyping) može se proizvesti realni, materijalni prototip, zatim kalupi za presovanje za izradu ograničene serije proizvoda (Rapid Tooling) kao beskontaktna kontrola oblika i dimenzija na bazi kompjuterizovane tomografije (CT – Computerized Tomography) što se sve zajedno može nazvati **Rapid Manufacturing**.

Metode obrade rezanjem, obrade plastičnim deformisanjem, nekonvencionalne metode obrade, metode obrade velikim brzinama deformisanja i posebne metode obrade, kako ih obično klasifikujemo, predstavljaju dobro poznate metode na kojima počiva proizvodno maštinstvo. Danas se susrećemo sa novim grupom proizvodnih tehnika u kojima se oblik proizvoda dobija dodavanjem materijala a ne odvajanjem i deformisanjem materijala. Prednosti metoda kod koji se oblik proizvoda dobija dodavanjem materijala ogledaju se u :

- neuporedivo veća kompleksnost geometrije dela koji se može izraditi,
- ušteda materijala, jer se neiskorišćeni materijal može naknadno upotrebiti,
- potrebno je znatno manje vreme za odvijanje celog procesa,
- maksimalna eliminacija ljudskog faktora iz procesa izrade,
- nema potrebe za crtežima,
- planiranje procesa i operacija svedeno je na minimum,
- proces se izvodi bez alata.
- smanjuju se troškovi proizvodnje, i td.

Sve navedeno se odnosi na prednosti principa na kojima se zasnivaju metode proizvodnje, dok u praksi postoje ograničenja koja su uslovljena pre svega :

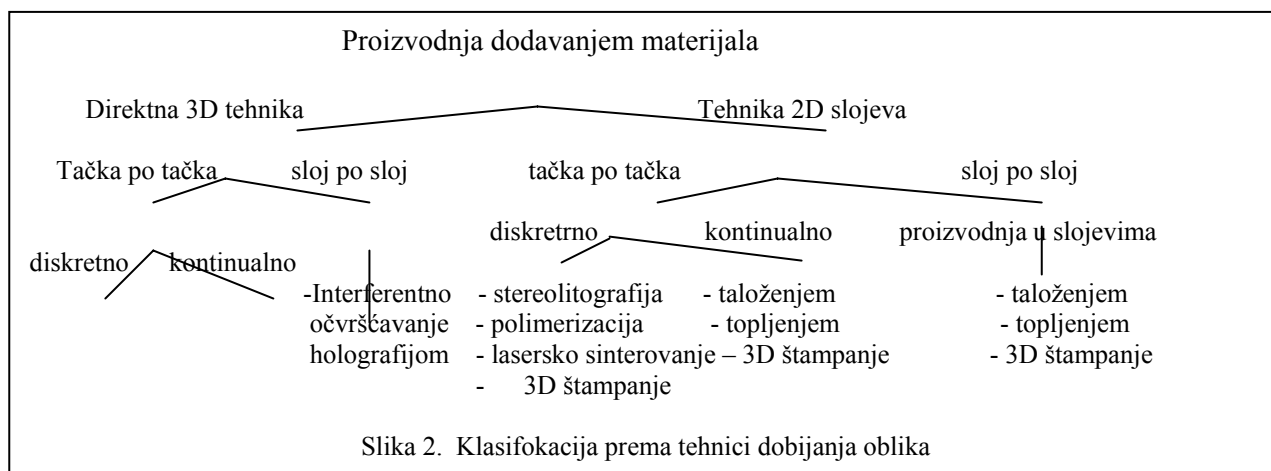
- vrstom materijala koji se mogu primeniti,
- stabilnost procesa i upravljivost,
- neki postupci zahtevaju postprocesiranje, pri čemu mogu nastati vitoperenja i slična odstupanja od željene geometrije i tačnosti.

Sve metode izrade postepenim dodavanjem materijala primenjuju neku vrstu selektivnog očvršćavanja ili vezivanja tečnosti ili čvrstih delića lepljenjem, sinterovanjem, polimerizacijom ili hemijskim reakcijama.

Moguće je izvršiti dvije klasifikacije tehnika sukcesivnog dodavanja materijala i to :

- prema materijalu koji se koristi,
- prema tehnici dobijanja oblika.

Imajući u vidu željeni cilj tj. da se ukaže na prednosti vokselkog modela radnih predmeta nad već tradicionalnim poligonalnim modelom, daje se samo klasifikacija prema tehnici dobijanja oblika.



Na osnovu prikazane sheme proizilazi da se oblik dela može biti urađen i u 3D prostoru. Međutim, većina tehnika pravi delove u više 2D slojeva kreiranih jedan preko drugog. CAD model radnog predmeta se seče na veliki broj horizontalnih slojeva. Pri proizvodnji slojevi se rade odozdo na gore (prvo se radi donji, pre nego što se uradi sloj preko njega). Samo jedan sloj se može raditi istovremeno.

Direktne 3D tehnike ne zahtevaju da se prvo kreira donji pre gornjeg sloja, što omogućava veću fleksibilnost u kreiranju oblika dela, ali zahteva veće umeće u programiranju proizvodne opreme. Zbog ovoga tehnike proizvodnje taloženjem i spajanjem kao i topljenjem koje se teoretski može raditi kao 3D tehnika, u praksi se radi pomoću 2D slojeva.

Većina dosad korišćenih tehnika kao što je stereolitografija (SL – Stereo Litography), listasta poroizvodnja (LOM - Laminated Object Manufacturing) modeliranje spajanjem deponovanog materijala (FDM - Fused Deposition Modeling), selektivno lasersko sinterovanje (SLS - Selective Laser Sintering), 3D štampanje (3D Printing), mogu proizvesti proizvode od voska, plastike, najlona, nekih vrsta metala, hartije i polikarbonata.

3. TEHNIKE MEMORISANJA VOKSELA

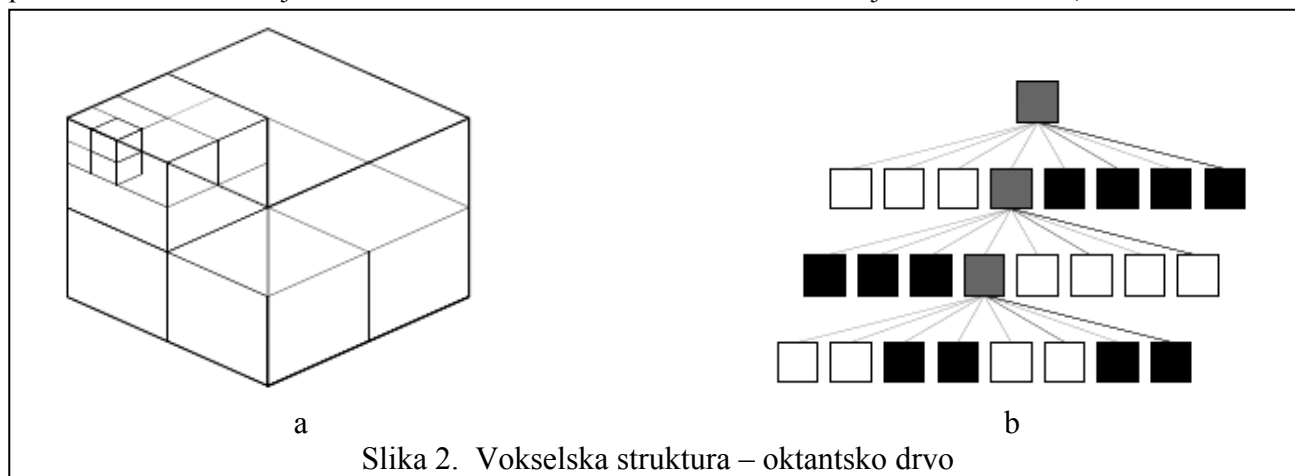
Kako izaberaemo način memorisanja voksel tako smo unapred odredili efikasnost korišćenja vokselkog modela objekta. Ovo je zbog toga što je zahtev za memorijom pojedinačno najveći kada koristimo voksel. Svaki telo je podeljen na jedinične kubove i tako memorisano. U želji da obuhvatimo što više detalja tela imamo enormno veliki broj kubova i zbog toga enormno veliku memoriju. Posmatraćemo tri moguće metode za predstavljanje vokselkog modela: zapreminski bafer, drvo oktanata i drvo binarnog deljenja prostora.

3.1 Zapreminski bafer

Najprostiji način da se memoriše zapreminski podaci je zapreminski bafer, koji je u suštini 3D zona jediničnih kubova od kojih neki imaju neku vrednost i pripadaju telu dok drugi pripadaju praznom prostoru i nemaju nikakvu vrednost. I ako ovaj način ima prednost u jednostavnosti, on zahteva znatno više memorije od predstavljanja u vidu drveta. Kubna rešetka veličine n zahteva n^3 elemeneta memorije za memorisanje i ovaj oblik ne poznaje formu kompresije podataka. Za male objekte ovaj metod ima prednost uprkos svojoj neefikasnosti u pogledu memorisanja.

3.2 Oktantsko stablo

Jedan lako razumljiv metod memorisanja podataka je i oktantsko stablo. Ovaj metod je proizišao iz 2D kvadrantskog stabla. Ovaj metod je dobro poznat za memorisanje 2D raster slika i omogućava dobru kompresiju za slike sa velikim blokovima kontinualnih i homogenih površina. Metod polazi od deljenja jedne površine slike na četiri jednaka kvadranta. Svaki od ovih kvadranta se dalje deli na 4 nova, slika 2a.



Slika 2. Vokselna struktura – oktantsko drvo

Ovaj proces se nastavlja sve dotle dok svaki kvadrant ne sadrži iste tipove ćelija ili je dostignut a maksimalna dubina stabla. Sve ćelije su istog tipa ako sadrže veksle iste boje, ili je ćelija prazna. Maksimalnu dubinu definiše korisnik postavljajući maksimalnu rezoluciju predstavljanja. Oktantsko predstavljanje je slično kvadrantskom, samo što se deljenje vrši u 3D prostoru i prostor se deli na oktante, slika 2b.

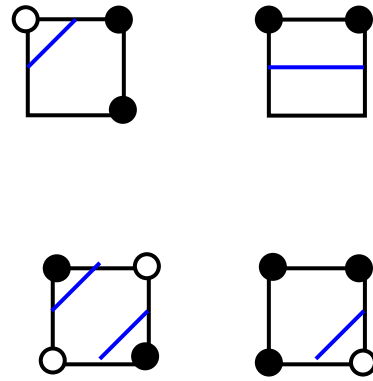
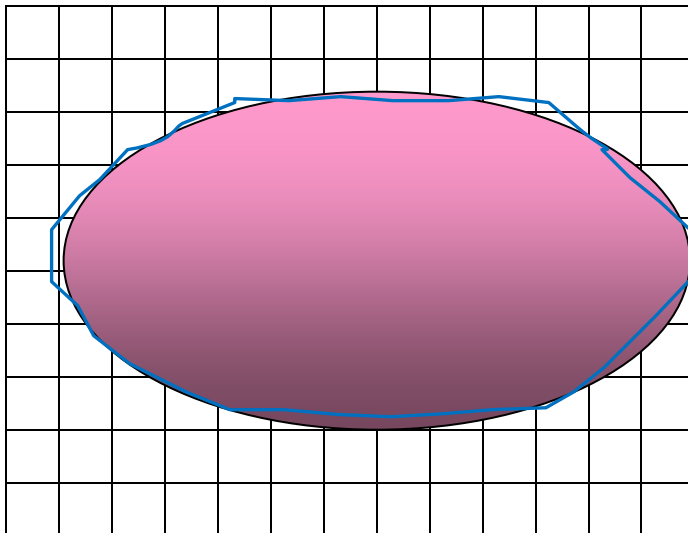
Oktanti imaju prednost nad zapreminskim baferom. I ako u najgorem slučaju (ako je svaka pozicija u setu podataka popunjena) oktantsko stablo će zahtevati mnogo memorije, u svim drugim slučajevima, obezbeđuje kompresiju podataka. Ovo zbog toga što veliki skupovi sadrže i prazan prostor. Ovaj metod predstavljanja vokseli je dobra ravnoteža između kompresije podataka i lake implementacije.

3.3 Drvo binarnog deljenja prostora

Ova tehnika memorisanja je poznata kod poligonalnog načina predstavljanja tela a može se proširiti na korišćenje vokseli. Trodimenzionalni prostor se deli sa jednom ravni na dva dela. Jedan se definiše da je „u” ravni a drugi da je „van” ravni, i „na” ravni unutar definisane vrednosti rastojanja. Prostor se deli dok se ne postigne maksimalna dubina stabla. Ovim stablom se može manipulirati i prikazivati kao da je u pitanju oktantsko drvo, sa prednošću bržeg algoritma sortiranja po dubini stabla. Ovaj metod zahteva više memorije nego oktantsko stablo, ali znatno manje nego zapreminski bafer

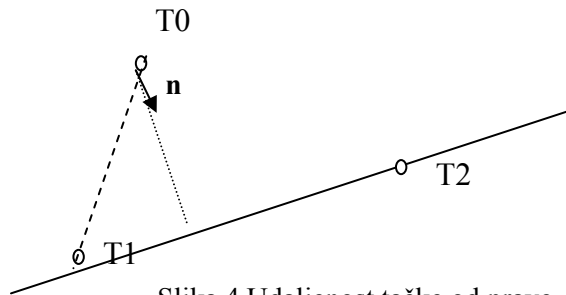
4. 2D PRESEK RADNOG PREDMETA

Bilo da se radi o preseku softverskog modela radnog predmeta za potrebe brze izrade (obično presek ravnima upravim na z osu), bilo da se radi o preseku dobijenom kompjuterizovanom tomografijom, ili o preseku dobijenom proizvoljnom ravni vokselnog modela, nezaobilazan je postupak utvrđivanja kontura preseka saglasno usvojenim pragovima vrednosti. Ravanski presek daje pikselnu strukturu slike i svaki piksel ima odgovarajuću vrednost datih atributa. Da bi se utvrdile granice oblasti koje zadovoljavaju konturne uslove mora se posmatrati svaki element slike, sl. 3. Analizom mreže susednih elemenata može se utvrditi da li je neki čvor mreže na konturi, van konture ili je unutar konture. Posmatrajući samo jedan element sa 4 čvora, moguće je analizom utvrditi različite slučajeve položaja svakog čvora u odnosu na konturu oblasti. Na slici 3 su prikazana samo 4 karakteristična slučaja kada se aproksimira kontura između susednih ivica. Ukupan broj slučajeva koji se razmatra je 2^4 . Imajući u vidu da je u nekim slučajevima klasifikacije vokseli ili elemenata mreže potrebno utvrditi udaljenost tačke od prave, neophodno je na osnovu raspoloživih podataka najbrže doći do rezultata.



Slika 3. Model otkrivanja ivica oblasti

Da bismo izračunali rastojanje između date tačke i prave, potrebno je da znamo normalu na pravu. Posmatrajmo pravu određenu dvema tačkama T1 i T2, sl 4 . na osnovu kojih možemo da odredimo i opšti oblik vektorske jednačine prave



Slika 4 Udaljenost tačke od prave

$$\mathbf{P}(m) = \mathbf{T1} + m (\mathbf{T2} - \mathbf{T1})$$

$$\mathbf{P}(m) = \mathbf{b} + m \mathbf{d}$$

Neka je tačka T0, definisana svojim vektorom položaja, tačka čiju udaljenost tražimo. Da bismo došli do tražene normale, uočimo da bi se vektorskim proizvodom $(\mathbf{T1} - \mathbf{T0}) \times \mathbf{d}$ dobio vektor koji je upravan na ravan koja prolazi kroz datu tačku u datu pravu. Znači da je rezultujući vektor upravan i na datu pravu. Ako sada rezultujući vektor vektorski pomnožimo sa vektorom pravca prave dobićemo vektor normale na pravu. Ako jediničnim vektorom normale skalarno pomnožimo vektor $(\mathbf{T1} - \mathbf{T0})$ dobićemo u stvari rastojanje tačke od prave

Jedinični vektor normale na pravu , dakle, možemo dobiti iz izraza

$$\mathbf{n} = \frac{((\mathbf{T1} - \mathbf{T0}) \times \mathbf{d}) \times \mathbf{d}}{|((\mathbf{T1} - \mathbf{T0}) \times \mathbf{d}) \times \mathbf{d}|}$$

a rastojanje tačke od prave saglasno datom opisu iznosi:

$$d = (\mathbf{T1} - \mathbf{T0}) \cdot \mathbf{n}$$

Na vrlo sličan način možemo utvrditi i voksele koji se nalaze iza ravni projiciranja, odnosno ravni preseka, kao i voksele koji pripadaju preseku. Ravan preseka se zadaje svojom normalom i jednom tačkom što je dovoljno da se posle analize modela može prikazati ravan preseka na ekranu kompjutera. S obzirom da se ravan preseka zadaje proizvoljno, a da se prikaz vrši na ravni $z=0$, ravan ekrana, neophodno je izvršiti potrebne rotacije da bi se normala ravni, ako se poklapa sa pravcem posmatranja, dovela do poklapanja sa z-osom.

5. ZAKLJUČAK

Interni , kompjuterski model radnog predmeta, je od suštinske važnosti za primenu novih tehnologija u proizvodnji kako samih radnih predmeta direktno ili za proizvodnju kalupa za presovanje koji će se koristiti za proizvodnju samih radnih predmeta. Vokselni model ima znatno veće potencijale nad poligonalnim modelom, ali centralna memorija računara i brzina odvijanja operacija su ograničenja za širu primenu CAD sistema sa vokselnom strukturom modela . Tehnologija analize geometrije bezkontaktnim merenjem, kao i analiza unutrašnjosti radnog predmeta nije moguća bez kompjuterizovane tomografije i vokselnog predstavljanja modela. Ova tehnologija pretpostavlja i integrisanost modela koji se koristi u procesu projektovanja radnog predmeta, najčešće je to poligonalni model, i vokselnog modela radi generisanja geometrijskog opisa elemenata iz dobijenog skupa tačaka i upoređivanja sa geometrijom definisanom u procesu dizajniranja oblika radnog predmeta.

6. LITERATURA

- [1] Yuhua Song, Yongnian Yan, Renji Zhang, Da Xu, Feng Wang , "Manufacture of the die of an automobile deck part based on rapid prototyping and rapid tooling technology," Journal of Materials Processing Technology, Number 120, 2002, pp 237-238.
- [2] Zeković S., BojanićP.: Problem generisanja ravanskih preseka CAD modela radnih predmeta za potrebe tehnologija brze izrade prototipova. 29 Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije sa međunarodnim učešćem, Beograd, 2002.
- [3] C. Reinhart, C. Poliwoda, T. Guenther, W. Roemer, S. Maass, C. Gosch: MODERN VOXEL BASED DATA AND GEOMETRY ANALYSIS SOFTWARE TOOLS FOR INDUSTRIAL CT, Volume Graphics GmbH, Heidelberg, Germany, 2002
- [4] N. A. Taranukha, Z. A. Izabekov: A Method for Voxel Visualisation of 3D Objects, Programming and Computer Software, 2007, Vol.33, No 6, pp. 336-342.
- [5] J. Mille, R. Boné, P. Makris, and H. Cardot: 3D Segmentation using Active Surface: A Survey and a New Model. Proceeding Visualization, Imaging, and Image Processing - 2005
- [6] P. Bojanić : Neki aspekti izgradnje vokselnog oblika 3D CAD modela, Zbornik radova 33. Jupiter Konferencije, Zlatibor, 2007.

VOXEL BASED MODEL AND ITS APPLICATION IN ADVANCED MANUFACTURING

Traditionally, 3D models, even so called solid ones, can only represent the object's surface information, and the interior is regarded as homogenous. In most applications, it is necessary to represent the interior structures and attributes of an object, such as materials, density and color, etc. Surface model is incapable of bearing this task. Voxel model is still superior, even though it still has its own weaknesses. Many useful data this model includes is an advantage in use while in the same time requires large number of operations which assumes far better computer system than usually used. This paper overviews advanced technologies based on voxel model. Also, it explains basic operations that enable application of this model in advanced technologies.

Key words: 3D Model, Voxel, Advanced Technology

Stupar S., Simonović A., Peković O., Komarov D.¹

ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA DIMNJAKA ZA POTREBE SANACIJE KORENOG DELA ČELIČNOG DIMNJAKA

U toku radnog veka čelični industrijski dimnjaci su izloženi štetnim mehaničko-hemijskim dejstvima. Složen spektar oporećenja može dovesti do pojave različitih vrsta oštećenja koja mogu da ugroze integritet čitave konstrukcije. U korenom delu dimnjaka javljaju se najveći naponi usled dejstva sile vetra. U ovom radu prikazana je analiza naponsko-deformacionog stanja čeličnog dimnjaka pomoćne kotlarnica TENT B na kome je došlo do pojave prskotina. Analiza je vršena metodom konačnih elemenata u softverskom paketu Catia V5. Rezultati analize iskorišćeni su za izradu programa sanacije.

1. UVOD

Čelični dimnjak, visine 60m i prečnika 3.3m, koji se nalazi u krugu TENT "B" i koji je priključen na pomoćnu kotlarnicu elektrane je u eksploataciji skoro 30 godina. U korenom delu dimnjaka postoje tri otvora za dimovodne kanale. Usled dugotrajnog korišćenja, neadekvatnog održavanja i lošeg konstruktivnog rešenja došlo je do pojave prskotina na plaštu dimnjaka u zonama otvora za dimovodne kanale. Vizuelnim pregledom ustanovljene su pojave tri prsline koje su inicirane u gornjim uglovima otvora za dimovodne kanale. Naknadnim vizuelnim pregledima ustanovljeno je širenje prsline po obodu plašta dimnjaka i konstatovana je neophodnost hitne sanacije. Nakon peskarenja plašta dimnjaka postale su vidljive i tek inicirane prsline na svim gornjim uglovima dimovodnih kanala.



Slika 1. Prsline na otvoru dimovodnog kanala sa leve strane u odnosu na penjalice (na desnoj strani otvora)

¹ prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3370-303, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
mr Aleksandar Simonović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
Ognjen Peković dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: opekovic@mas.bg.ac.yu
mr Dragan Komarov dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: dkomarov@mas.bg.ac.yu



Slika 2. Prslina na otvoru dimovodnog kanala sa desne strane u odnosu na penjalice (na levoj strani otvora)



Slika 3. Prslina na otvoru dimovodnog kanala sa leve strane u odnosu na penjalice (na levoj strani otvora)



Slika 4. Inicijalne prsline na otvorima dimovodnih kanala otkrivene nakon peskarenja plašta dimnjaka

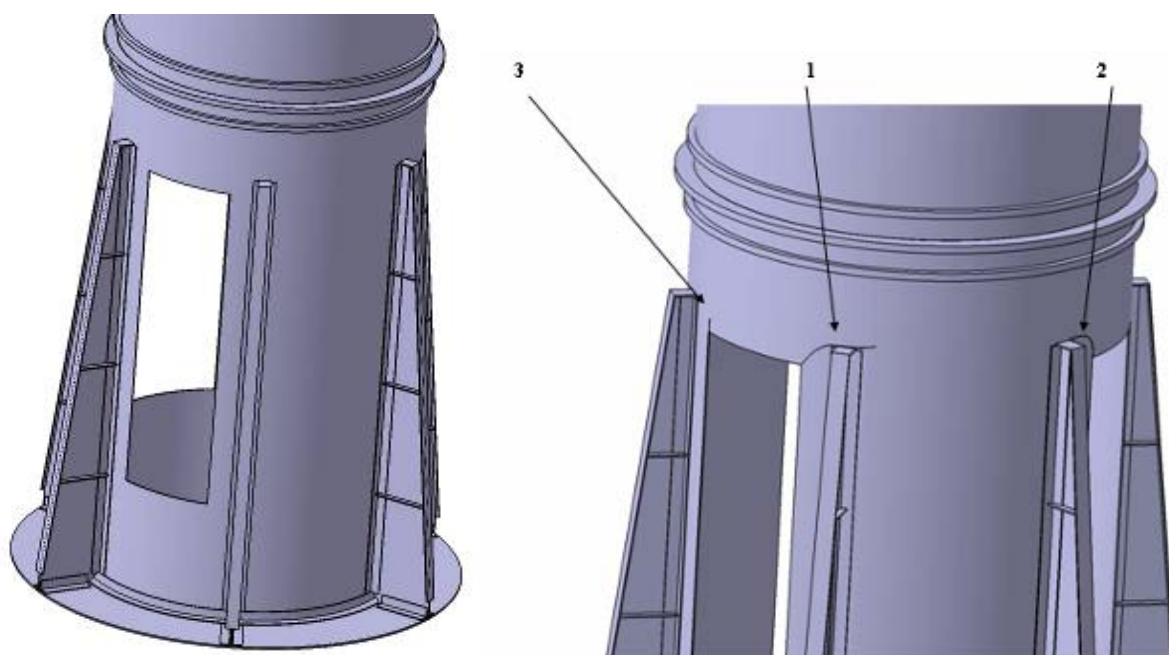
Najveća prslina bila je dužine preko 65 cm. Pojava prslina na svim gornjim uglovima otvora dimovodnih kanala jasno ukazuje na postojanje značajne koncentracije napona u zonama gde je došlo do pojave prslina odnosno na loše konstrukciono rešenje dimnjaka.

2. OPIS PROBLEMA

Projektom sanacije bila je predviđena izrada analize naponsko-deformacionog stanja postojeće konstrukcije metodom konačnih elemenata (MKE) kako bi se otkrile zone sa povećanom koncentracijom napona, a zatim izrada tehnologije sanacije i naponsko-deformaciona analiza sanirane konstrukcije.

Da bi se formirao konačnoelementni model noseće strukture potpuno realne (izvedene) geometrijske forme, bilo je neophodno da se na osnovu merenja (zbog nedostatka projektne dokumentacije) elemenata ojačanja i na osnovu ultrazvučnog merenja debljine limova spoljašnjeg plašta – modeliraju svi konstruktivni detalji nosećeg dela konstrukcije u trodimenzionoj formi.

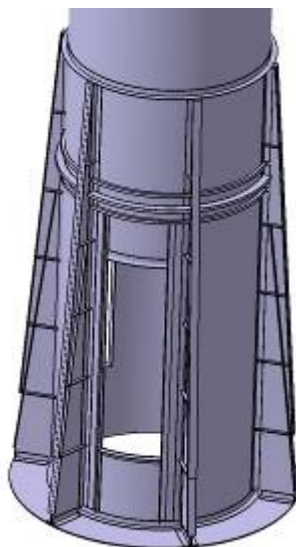
Modelirani trodimenzioni konstrukcioni detalji su uklopljeni u podstrukture čijom se sintezom dobija trodimenzioni model celokupne noseće strukture dimnjaka.



Slika 5. Model korenog dela postojeće noseće strukture dimnjaka bez prslina i model sa simuliranim prslinama

Za potrebe sanacije izrađena su tri „solid“ modela i to :

- postojeće konstrukcije bez prslina,
- postojeće konstrukcije sa prslinama,
- 3D model sanirane konstrukcije.



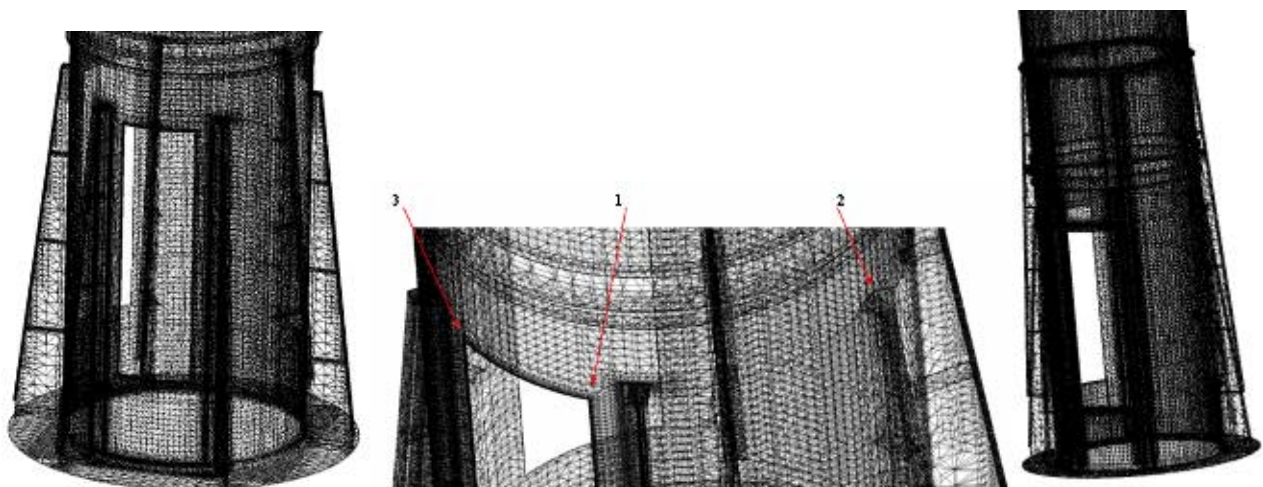
Slika 6. Model korenog dela sanirane noseće strukture dimnjaka

3. PRORAČUNSKI MODEL I ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA

Formirani trodimenzionalni modeli – CAD modeli noseće strukture dimnjaka predstavljaju kontinuum za formiranje konačnoelementnog modela. Celokupni kontinuum je diskretizovan konačnim elementima tipa tetraedra, različitih dimenzija. Konačnoelementni modeli sastoje se od:

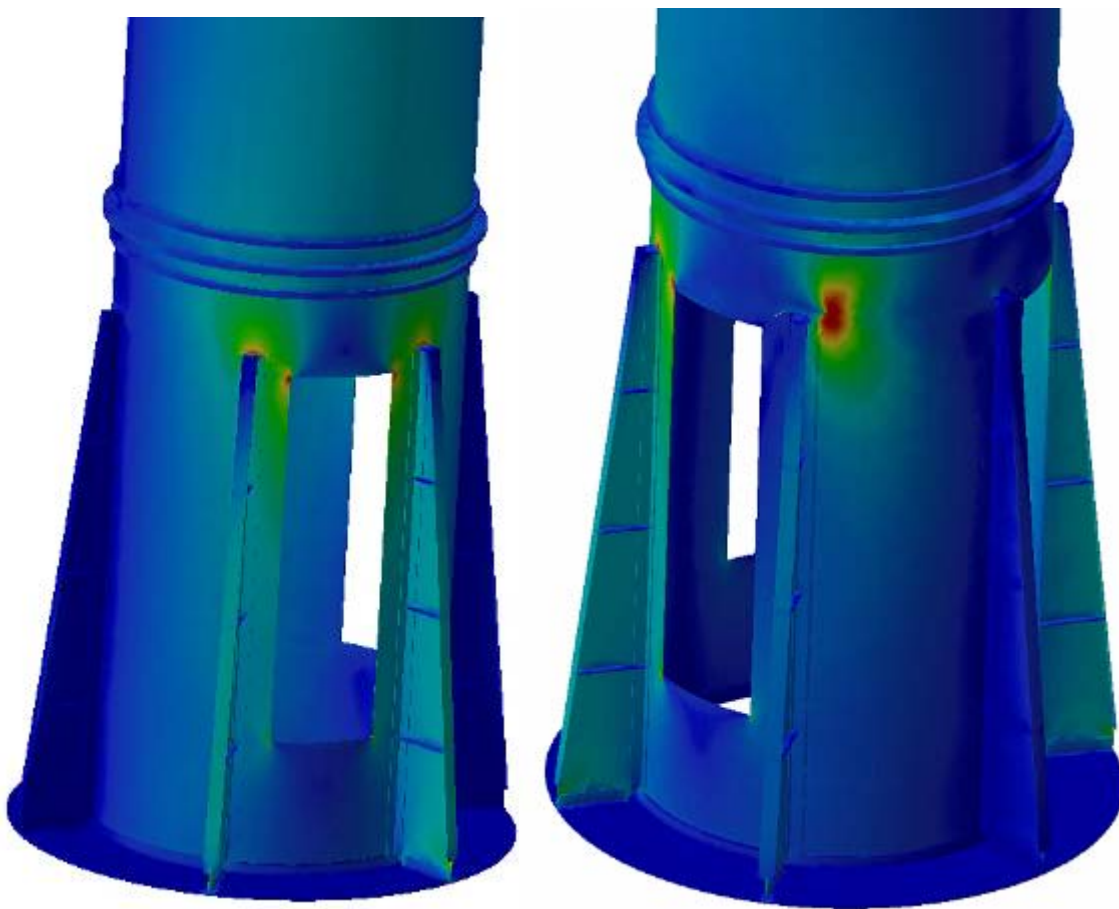
- 3D model postojeće konstrukcije bez prslina - 174948 čvorova
- 3D model postojeće konstrukcije sa prslinama - 176109 čvorova
- 3D model sanirane konstrukcije - 231584 čvorova

Svaki čvor ima 3 stepena slobode, redukovanjem sistema jednačina na mestu oslonca ukupan broj jednačina se smanjuje ali je on i dalje preveliki da bi se rešavao bez upotrebe računara. Određivanjem polja pomeranja modela iz matričnog oblika jednačina, sistem je statički identifikovan. Korišćenjem jednačina veza pomeranja i deformacija, kao i jednačina deformacija i napona, određuje se naponsko stanje modela oštećene konstrukcije.



Slika 7. Konačnoelementni modeli korenog dela noseće strukture dimnjaka

U okviru kontrolnog proračuna sračunati su rezultati napona, deformacija (pomeraja), sopstvene frekvencije i elastične stabilnosti konstrukcije za standardom propisane slučajeve opterećenja.

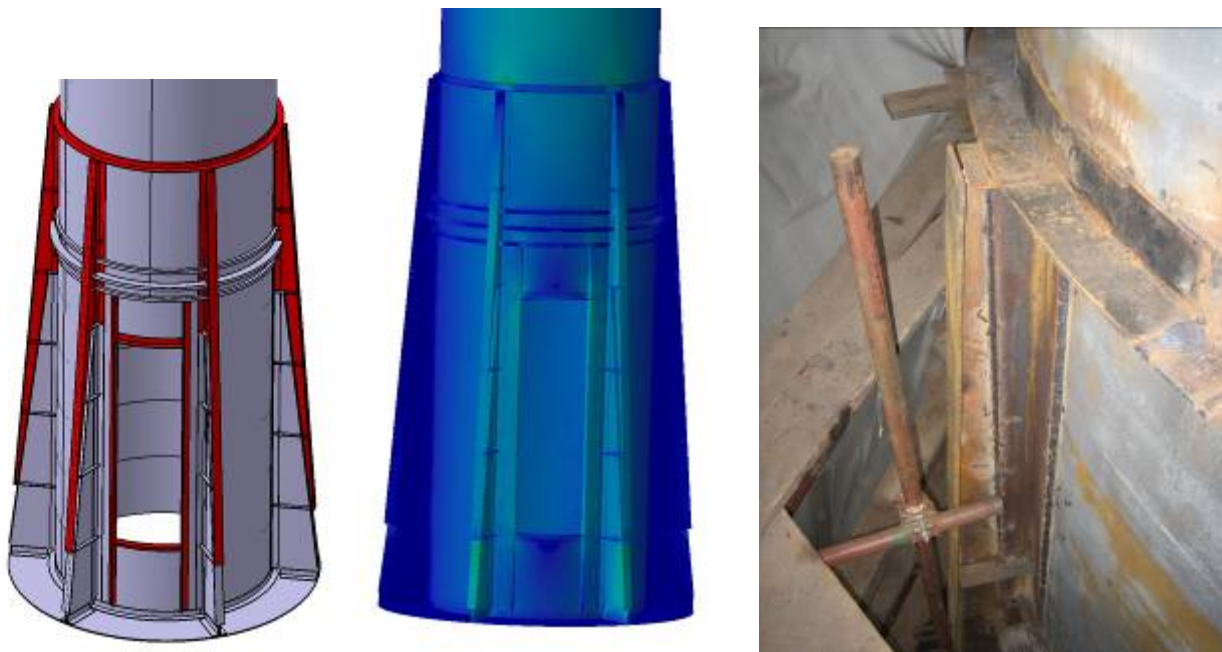


Slika 8. Rezultati MKE postojeće noseće strukture dimnjaka bez prslina i sa simuliranim prslinama

Rezultati proračuna ukazali su na veliki faktor koncentracije napona na uglovima otvora pri simuliranom opterećenju od sopstvene težine i sile vetra što se jasno vidi na slici 8. Na istoj slici je vidljiv uticaj prslina na naponsko stanje strukture. Velika koncentracija napona na vrhu prslina uzrokuje njeno ubrzano širenje.

Na osnovu ove analize izrađen je projekat sanacije korenog dela dimnjaka. Sanacijom je predviđeno ukrućenje ivica otvora po obodu otvora kao i izmeštanje zona koncentracije dalje od otvora dimovodnih kanala. Na slici 9. prikazan je trodimenzionalni model sanirane strukture, rezultati analize i realna sanirana struktura.

Sanacijom su maksimalni naponi u konstrukciji smanjeni 4 puta, dok je frekvencija prvog sopstvenog oblika oscilovanja neznatno povećana.



Slika 9. Sanirana struktura dimnjaka

4. ZAKLJUČAK

Ovaj rad ukazuje na prednosti korišćenja savremenih kompjuterski orijentisanih metoda projektovanja konstrukcija. Prednosti ovakvog vida projektovanja su višestruke, pre svega moguće je steći precizniji uvid u naponsko stanje strukture, proveriti predložena rešenja i usvojiti ona sa najboljim karakteristikama. Proces projektovanja i reprojekovanja traje znatno kraće zbog mogućnosti integrisanja softvera za analizu čvrstoće konstrukcije i izrade tehničke dokumentacije direktno iz istog trodimenzionalnog modela.

LITERATURA

1. Izveštaj o stanju dimnjaka TO Višnjička banja, MF, 2005, S.Stupar i dr.
2. Chemical Engineers Handbook, Perry, R.H., McGraw-Hill, New York, 1997
3. BS 4076 Specifications for steel chimneys
4. Applied Finite Element Analysis, Larry J. Segerlind, John Wiley and sons Inc, 1984

Abstract

STRESS-STRAIN ANALYSIS OF FLUE STACK FOR GROUND SECTION SANATION PURPOSES

Steel flue stacks are exposed to various harmful mechanical-chemical actions during operational period. Complex loads can cause various types of damage which can jeopardise the integrity of entire structure. In flue stack's root section maximum loads are present due to wind force action. In this paper, stress-strain analysis of steel flue stack with cracks which connected to additional boiler room in thermal power plant TENT "B" is presented. Numerical analysis was carried out using finite element method capabilities of Catia V5 software package.

Petrović Z., Stupar S., Simonović A., Peković O.¹

RAZVOJ KONCEPTA HELIKOPTERA POMOĆU SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA

Rezime

Projektovanje helikoptera složen je proces koji se ogleda u usvajanju konstruktivnih parametara, proračunu performansi, detaljnom projektovanju velikog broja delova i njihovom sklapanju u celovit dinamički sistem. Obavljanje posla ovakvog obima zahteva velike ljudske resurse i oduzima mnogo vremena te nameće upotrebu savremenih računara. U ovom radu prikazan je razvoj koncepta helikoptera težine do 650 kg prema projektu: TR-6373 Razvoj lakog helikoptera, finansiranog od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije a izrađenog u kooperaciji Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Vazduhoplovog zavoda "Moma Stanojlović".

1. UVOD

Prvi korak u projektovanju helikoptera, ali i bilo koje druge mašine, je definisanje projektnog zadatka. Ovaj helikopter bi trebalo da bude projektovan tako da ima cenu koja odgovara potrebama i mogućnostima kako domaćeg, tako i stranog tržišta ali i da zadovolji odgovarajuće međunarodne standarde. U skladu sa propisima plovidbenosti, pri projektovanju letelice vrlo lake kategorije, treba voditi računa o jednostavnom dizajnu, isključivanju mlaznih i turbinskih motora kao i operativnosti ograničenoj samo na dnevne aktivnosti. Na osnovu ovih zahteva definisani su sledeći ciljevi:

1. Razviti savremen laki helikopter, maksimalne mase pri poletanju 650 kg
2. Razviti metodologiju projektovanja i softverske alate potrebne za aerodinamičke i strukturalne proračune
3. Izraditi tehničku dokumentaciju svih delova, podsklopova i sklopova helikoptera
4. Definirati tehnologiju proizvodnje uz korišćenje savremenih kompozitnih materijala
5. Razviti planove i procedure za testiranje izrađenih delova i prototipa helikoptera



Slika 1.- Postojeće konstrukcije lakog helikoptera

¹ prof. dr Zlatko Petrović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3302-345, email: zpetrovic@mas.bg.ac.yu
prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3370-303, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
mr Aleksandar Simonović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
Peković Ognjen dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: opekovic@mas.bg.ac.yu

2. OPIS SISTEMA

Kao laki dvosed klasične konstrukcije (jedan glavni i jedan repni rotor) ovaj helikopter predstavlja odličan vid transporta, prilagođen potrebama poslovnih ljudi. Svojim jednostavnim dizajnom i rukovanjem omogućava dolazak do željenih destinacija u vrlo kratkim vremenskim intervalima.

Jednostavnost konstrukcije podrazumeva i lako i jeftino održavanje. Sve komponente i sistemi moraju biti lako dostupni i pouzdani. Popravke, zamene delova i remont se izvode na mestu gde je helikopter baziran. Srednje vreme otkaza za sve vitalne komponente iznosi 1500 č osim za ležajeve (1000 č).

Dolet od 600km omogućava relativno veliku autonomiju, što i čini ovaj helikopter vrlo efikasnim vidom transporta.

Usled projektovanja helikoptera sa ugrađenim klipnim Hirth 370 ES motorima (2 motora, mase po 54kg i snage 135KS), postignuta je konstrukcija letelice sa vrlo ekonomičnom potrošnjom goriva. Naime, zbog postojanja dva motora male potrošnje, uz korišćenje 95 oktanskog benzina, ne postoje problemi snabdevanja gorivom (praktično je moguće obezbediti gorivo na svakoj benzinskoj pumpi), a kapacitet gorivnih rezervoara iznosi ukupno 84kg (2 rezervoara sa po 60 litara).



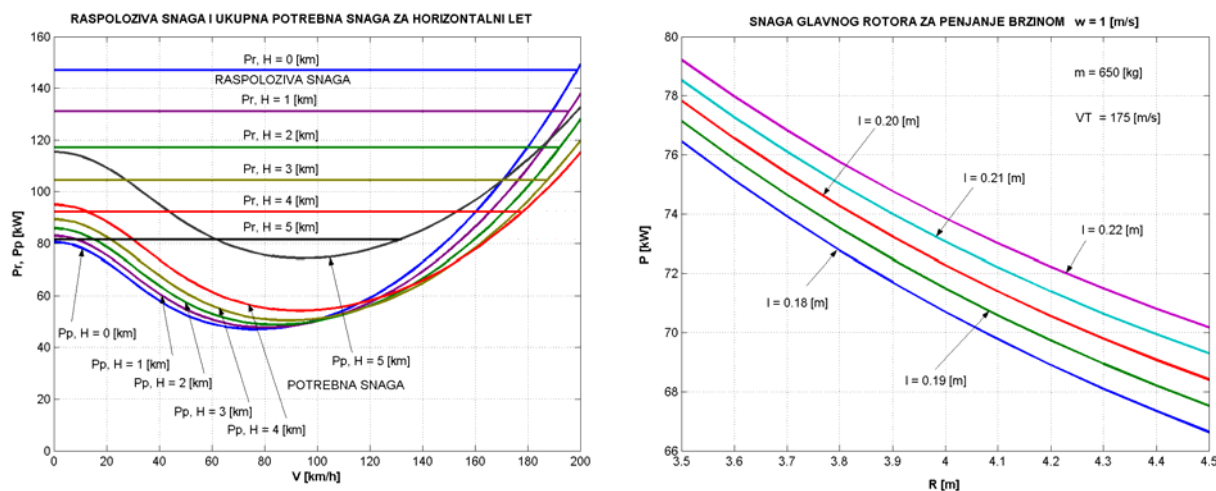
Slika 1.- 3D Model lakog helikoptera



Slika 2.- 3D Model lakog helikoptera

3. PRORAČUN PERFORMANSI, AERODINAMIČKI I STRUKTURALNI PRORAČUNI

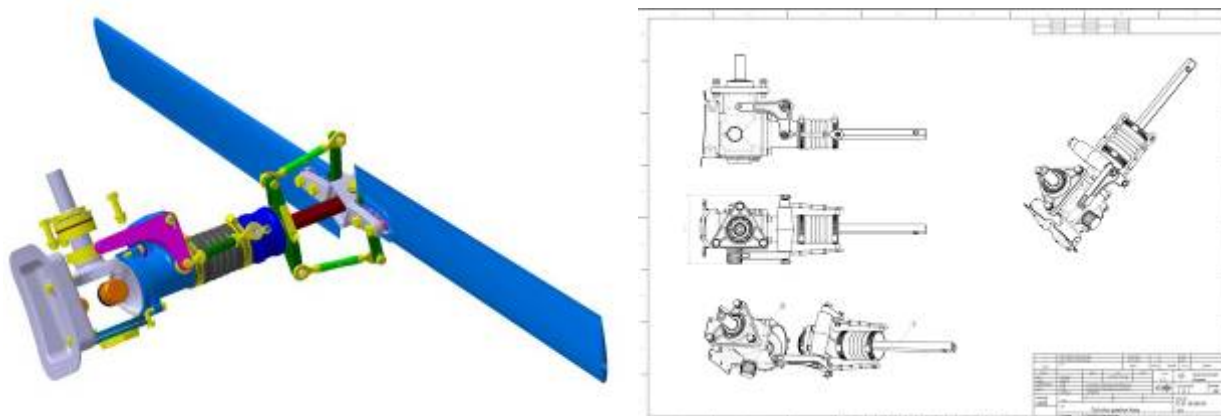
Jedan od najvažnijih ciljeva projekta je razvoj metodologije projektovanja lakog helikoptera, pri čemu je posebna pažnja posvećena razvoju savremenih kompjuterski orijentisanih metoda projektovanja letelice. Prilikom realizacije projekta razvijene su softverske alatke za proračun performansi kao i programi za aerodinamički proračun rotora i proračun strukture vitalnih delova. Razvijeni softverski alati bazirani su na programskom paketu MatLab.



Slike 3.-4. Rezultati proračuna performansi

4. 3D MODELI I IZRAĐENI DELOVI

Za projektovanje i modeliranje helikoptera korišćen je softverski paket CATIA v5. Unutar ovog softverskog paketa objedinjeni su alati za 3D modeliranje i generisanje potrebne tehničke dokumentacije za izradu i montažu delova, podsklopova i sklopova. 3D model moguće je sačuvati u različitim neutralnim CAD formatima. Na ovaj način moguće je koristiti trodimenzionalne modele izrađene u CATIA v5 programskom paketu na drugim sistemima. 3D modeli delova helikoptera su korišćenjem standardnih neutralnih CAD formata prosleđeni CNC postprocesoru i obradnom centru MIKRON VCE 800E Pro sa kontrolnom jedinicom Heidenhain iTNC 530 na kome se vrši izrada delova. Na slikama 6.-12. prikazani su trodimenzionalni modeli kao i odgovarajući izrađeni delovi najznačajnijih podsklopova helikoptera.

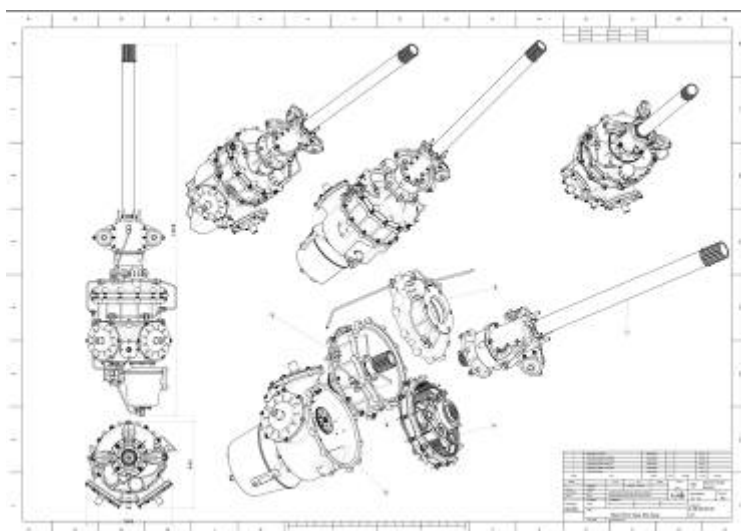
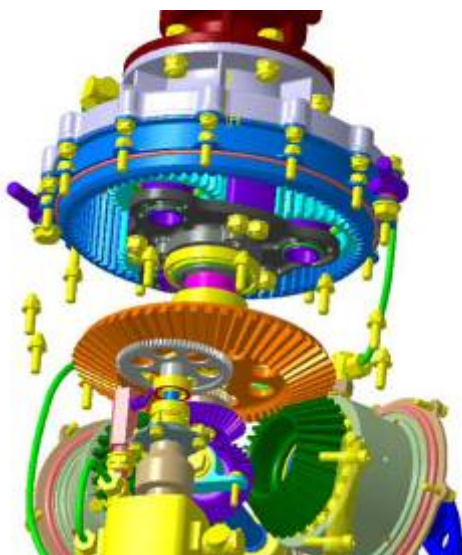


Slika 5.-6. 3D model i tehnička dokumentacija repnog reduktora helikoptera



Slika 7. Izrađeni delovi repnog reduktora helikoptera

Prilikom izrade 3D modela korišćeni su Sketcher, Part Design, Sheet Metal Design, Wireframe and Surface Design i Assembly design moduli softverskog paketa Catia V5. Pre same izrade modela bilo je neophodno prostorno definisati položaj i zapreminu svih glavnih sklopova a zatim se posvetiti detaljnijoj analizi i modelovanju svakog sklopa i njihovih međusobnih veza. Ovakav pristup konstruisanju bio je neminovan usled velikog broja delova i složenosti helikoptera. Neizbežne izmene i redizajniranje pojedinih delova moraju u što je moguće manjoj meri da utiču na ostale komponente kako bi se postigla veća efikasnost u izradi.

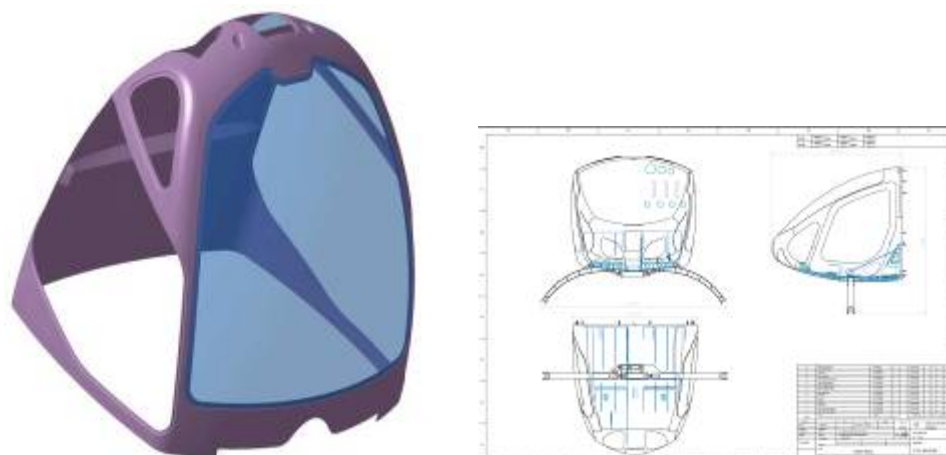


Slika 8.-9. 3D model i tehnička dokumentacija glavnog reduktora helikoptera



Slika 10. Izrađeni delovi glavnog reduktora helikoptera

Osim korišćenja savremenih načina proizvodnje za dobijanje konkurentnog proizvoda neophodno je koristiti odgovarajuće materijale. Pri izboru materijala mora se voditi računa o različitim ograničenjima pre svih strukturalnim i ekonomskim. Projektovanje mašine namenjene za vazdušni saobraćaj nameće i ograničenja vezana za težinu konstrukcije stoga je predviđeno da konstrukcija bude u celosti izrađena od duraluminijuma i savremenih kompozitnih materijala.



Slika 11-12. 3D model i tehnička dokumentacija kabinskog prostora



Slika 13. Izrađeni kalup za izradu oplata kabinskog prostora

5. ZAKLJUČAK

Trendovi razvoja vazdušnog saobraćaja pokazuju da helikopter kao prevozno sredstvo ostaje nezamenjiv u specifičnim okolnostima prevoza na kratkim i srednjim relacijama. Kako bi letenje postalo dostupnije najširem krugu korisnika u budućnosti će posebna pažnja biti posvećena razvoju lakih i vrlo lakih helikoptera. Da bi se odgovorilo uslovima tržišta neophodno je u proces projektovanja i proizvodnje uključiti najsavremenije projektantske i proizvodne alate. U ovom radu pokazane su mogućnosti savremenih CAD/CAM sistema ali je ukazano i na neophodnost njihove primene u savremenim proizvodnim procesima.

Projektovanje primenom računara i trodimenzionalno modeliranje svih delova helikoptera dovelo je do razvoja konkurentnog proizvoda, uz smanjenje troškova izrade, redizajniranja i ispitivanja letelice. Prikazani postupci pokazuju kako su projektovanje i izrada delova gotovo integrisani. Ovakvo zbližavanje različitih faza proizvodnje olakšava izmene i poboljšanje proizvoda te usled modularne konstrukcije helikoptera omogućava prilagođavanje svake pojedinačne letelice ličnim potrebama kupca. Predviđeni rok izrade prvog prototipa je kraj 2008. godine.

LITERATURA

1. CATIA V5 User's Documentation, Dassault Systemes, 2003.
2. Stupar S., Petrović Z., Dunjić M., Simonović A., Komarov D. - Razvoj koncepta glavnog i repnog reduktora, Mašinski fakultet, Beograd 2005.
3. Seddon J., Basic Helicopter Aerodynamics, BSP 1990.
4. W. Matek, D. Mulis, H. Wittel, M. Becker, D. Jannasch – Maschinenelemente, Vieweg 2001.

Abstract

HELICOPTER DESIGN USING MODERN SOFTWARE TOOLS

Helicopter design is a complex process which involves selection of construction parameters, performance calculations, detail design of vast number of parts and their assemblage into complete dynamic system. Completing such task requires a lot of human labor and takes much time therefore imposing usage of modern computers. In this paper conceptual design of a 650kg helicopter is presented according to the project: TR-6373 Light Helicopter Design, financed by the national Ministry of Science and done in cooperation between Faculty of Mechanical Engineering of Belgrade University and Aeronautical plant “Moma Stanojlović”

Lj. Lukić, M. Djapić, Z. Radosavljević¹

PROJEKTOVANJE FORM ALATA ZA IZRADU AMBALAŽE MC DONALD'S RESTORANA

Rezime

U restoranima McDonald's-a postoji poseban "McDrive" sistem posluživanja posetilaca u automobilima. Da bi bili adekvatno posluženi napitcima koji se konzumiraju iz čaša moraju se poslužiti sa specijalnom ambalažom - nosačima u koje se postavljaju čaše da bi bile u stabilnom položaju tokom vožnje. Nosači čaša se izrađuju po tehnologiji razgradive i ekološke form ambalaže. Alati za izradu form ambalaže se sastoje od forming i transfer dela, koji na sebi imaju prostorno složene površine analogne geometrijskom modelu obratka. Radni delovi alata se modeliraju primenom modernih metoda projektovanja, a NC kod se automatski generiše kao jedan od izlaza CAD/CAM sistema. U radu se prikazuje 3D geometrijsko modeliranje i metodologija projektovanja radnih elemenata alata sa generisanjem NC koda korišćenjem softverskog sistema Catia V5R14.

Ključne reči: Forming alati, CAD/CAM sistemi, 3D modeliranje, NC program

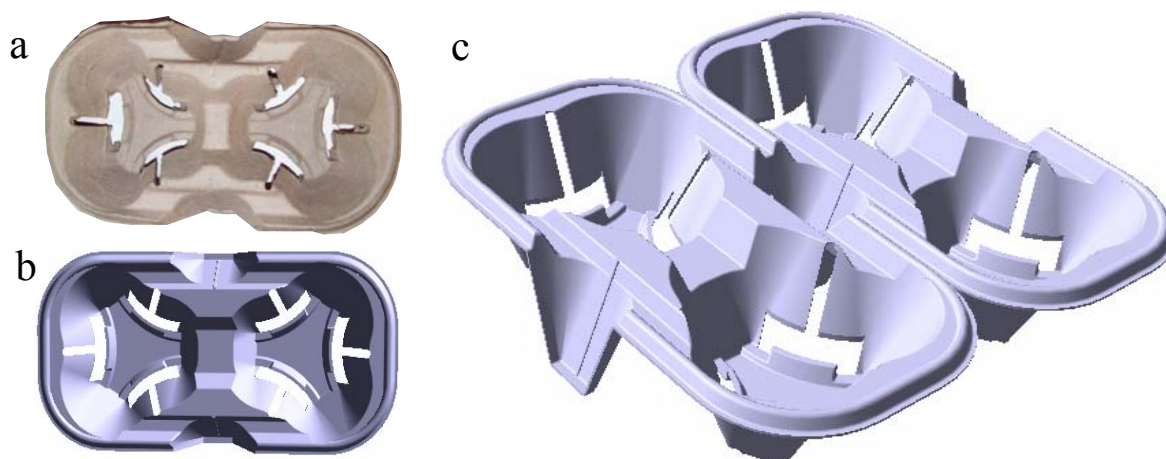
1. UVOD

Projektovanje NC tehnologije i generisanje NC koda za obradu delova sa prostorno složenim površinama visokog kvaliteta se zasniva na primeni koncepta integrisanog projektovanja proizvoda i tehnologija i bazira na primeni savremenih CAD/CAM sistema. Ovaj pristup podrazumeva da se uz istovremeni razvoj proizvoda projektuje i tehnologija njegove izrade sa projektovanjem potrebnih alata i pribora. U svim fazama projektovanja koriste se savremene internet tehnologije pri izboru reznih alata i definisanju karakterističnih elemenata režima obrade. Integrisano CAD/CAM projektovanje predstavlja jedan od najefektnijih načina razvoja proizvoda u oblasti konkurentnog – simultanog inženjerstva.

Da bi se ostvarila efikasna proizvodnja najčešće se koristi koncept distribuirane proizvodnje, gde radne elemente sa prostorno složenim površinama obrađuje specijalizovana radionica opremljena CNC mašinama, a ostali elementi se izrađuju primenom konvencionalnih tehnologija. U integrisanom projektovanju u uslovima distribuirane proizvodnje se vrši sinteza konstrukcione i tehnološke dokumentacije, tako da preduzeće koje realizuje određene tehnološke operacije dobija jasnu i potpunu projektno konstrukcionu, tehnološku, kontrolnu i montažnu dokumentaciju uz NC program, i time poseduje sve tehnološke ulaze za proizvodni proces. Ovakav metod projektovanja

¹ Prof. dr Ljubomir Lukić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet Kraljevo, 36000 Kraljevo, Dositeja Obradovića 19., tel. +381 36 383 380, e-mail: lukic.lj@mfkv.kg.ac.yu, Doc. dr Mirko Djapić, dipl.inž.maš., Lola institut Beograd, 11000 Beograd, Kneza Višeslava 70a, tel. +381 36 383 380, e-mail: djapic.m@mfkv.kg.ac.yu, Mr Zoran Radosavljević, dipl.inž.maš., ABS Holdings, 11070 Beograd, Bulevar Zorana Djindjića 8a, tel. +381 11 2016 370, e-mail: zradosavljevic@abs-beograd.co.yu.

može se veoma efikasno primenjivati u radu malih i srednjih preduzeća u oblasti proizvodnje složenih proizvoda visokih karakteristika kvaliteta. Kompletan metodologija integrisanog projektovanja proizvoda prikazana je korišćenjem softverskog paketa Catia V5R14, na primeru ambalaže restorana McDonald's za "McDrive" sistem posluživanja. Obuhvaćene su sve faze razvoja, od geometrijskog modelovanja proizvoda, projektovanja form i transfer alata za izradu nosača čaša na mašinama za "Pulp Moulds" tehnologiju i simulacija putanje alata pri izradi prostorno složenih površina form i transfer alata (slika 1).



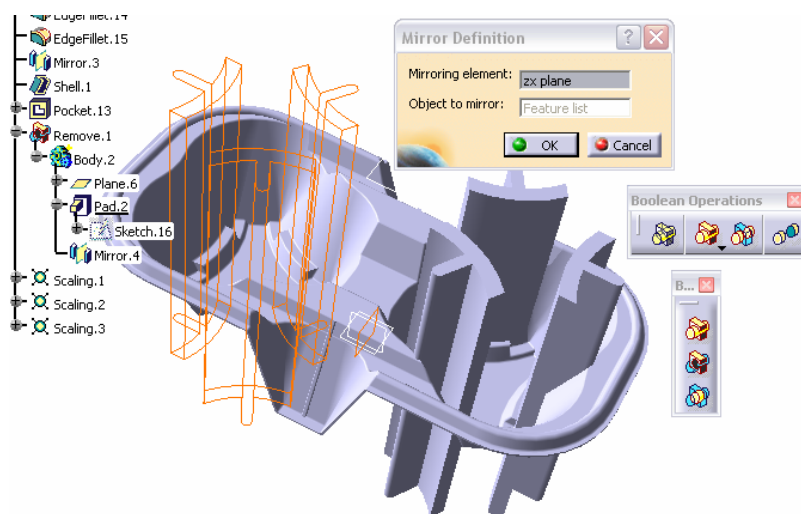
*Slika 1. Nosač čaša za "McDrive" sistem posluživanja
a) fotografija b) solid model nosača za dve čaše c) solid model nosača za četiri čaše*

Savremeni način pakovanja prehrambenih proizvoda zahteva apsolutnu zaštitu na liniji proizvođač - korisnik, adekvatan dizajn elemenata za pakovanje proizvoda, nisku cenu i malu težinu ambalaže, mali prostor za ambalažne elemente koji moraju biti od reciklirajućih i razgradivih materijala. Sve ove zahteve ispunjava tzv. form ambalaža koju koriste restorani McDonald's, a koja se izrađuje od otpadnog papira i predstavlja danas jedan od veoma važnih ekoloških i tehničko tehnoloških pravaca istraživanja i razvoja u svetu. Optimalan način pakovanja zahteva da svaki tip proizvoda ima specijalno oblikovano sopstveno "form" kućište, što podrazumeva intenzivnu primenu najnovije metodologije automatizovanog CAD/CAM projektovanja alata za svako kućište.

Da bi se proizveo nosač čaša potreban je komplet alata za mokru formu, koji se sastoji od donjeg "form" alata koji služi za formiranje mokre forme i gornjeg - transfer alata koji služi za preuzimanje mokre forme sa "form" alata i automatsko prenošenje na transportnu traku sušare.

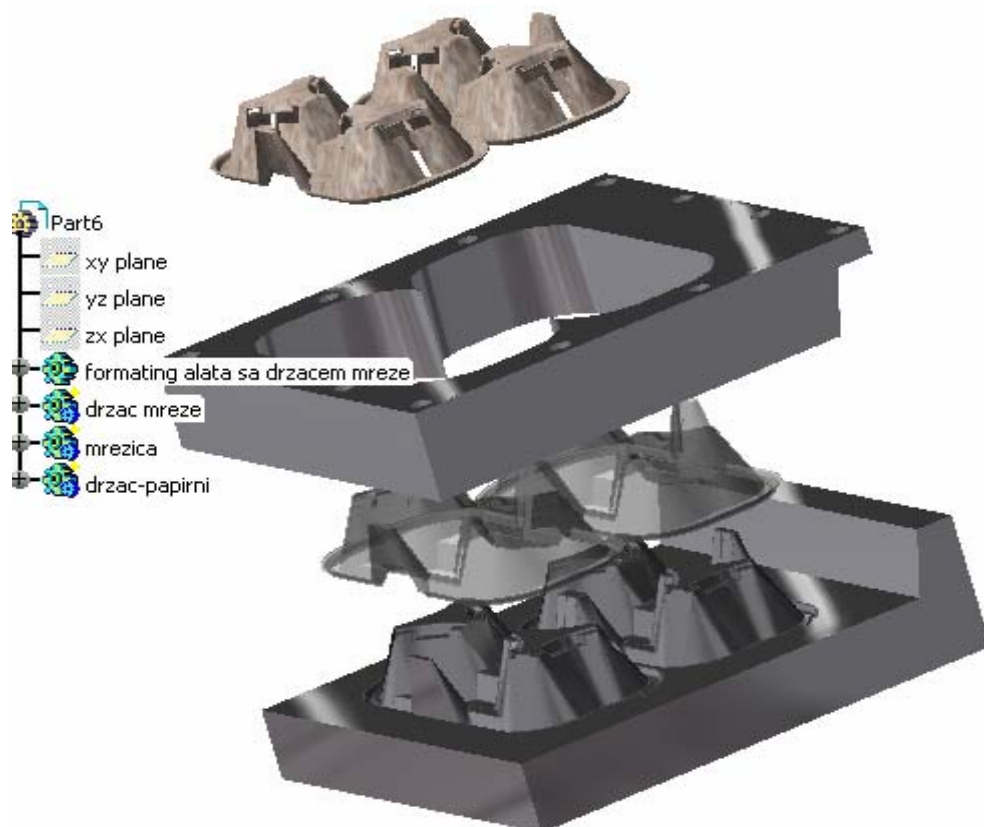
2. INTEGRISANO PROJEKTOVANJE FORMING ALATA

Složenost modeliranja radnih površina alata za "form" ambalažu se značajno pojednostavljuje primenom CAD/CAM sistema, gde funkcije preslikavanja omogućuju da se jedan 3D model koristi za sve radne površine na form i transfer alatima. Na primeru nosača čaša, čija se radna površina modelira po gnezdim, moguće je vrlo jednostavno dodavanjem i preslikavanjem, projektovati alate sa različitim brojem gnezda (dva ili četiri) i sa različitim dizajnom oslanjanja i pozicioniranja čaša u nosaču. Za geometrijsko modeliranje je korišćen softverski paket Catia V5R14, jer poseduje sve potrebne funkcije i za automatsko generisanje NC koda izrade prostorno složenih površina na alatu korišćenjem obradnih centara CNC upravljanjem.



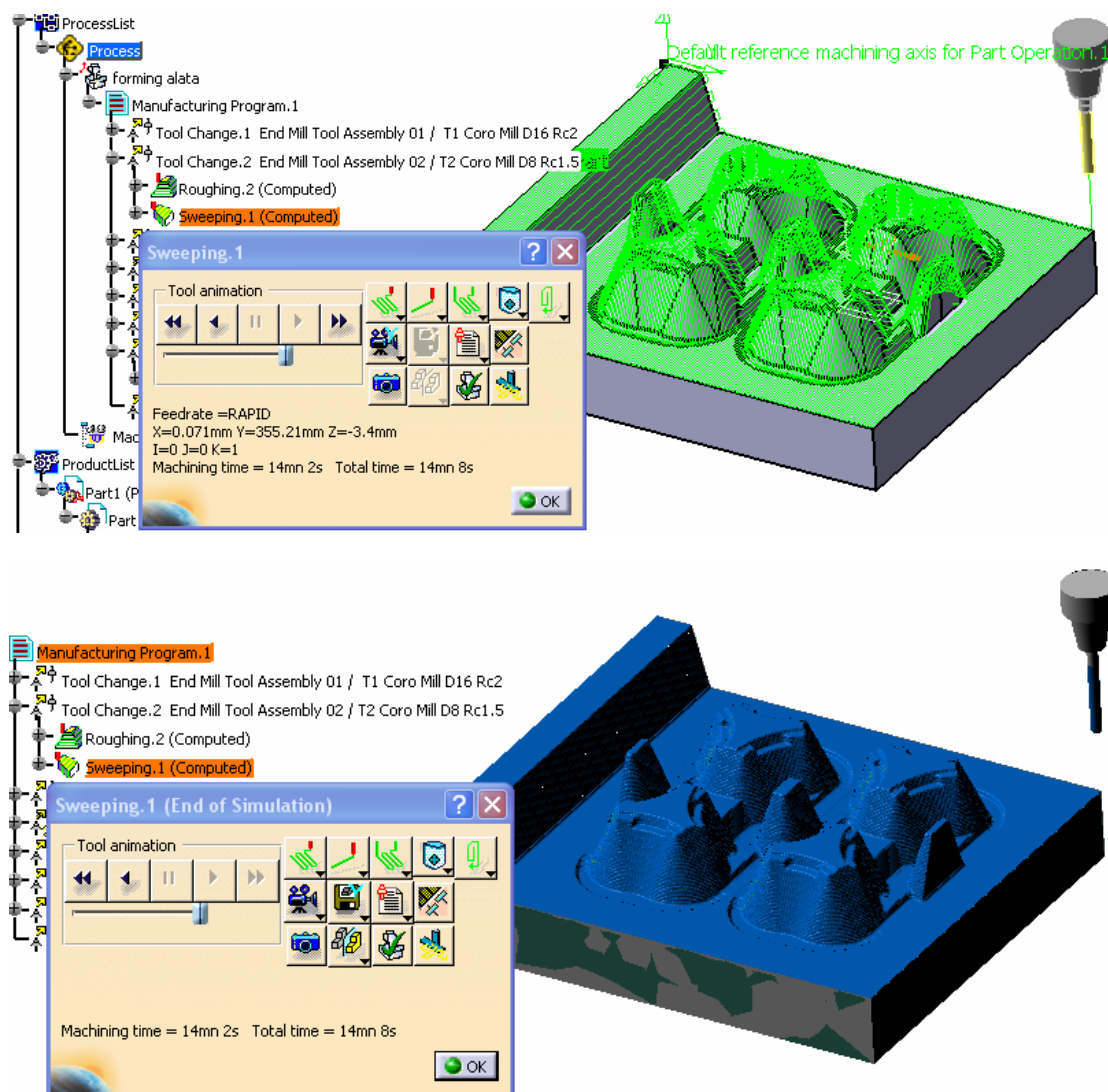
Slika 2. Modeliranje nosač čaša pomoću softverskog paketa Catia V5R14

Geometrijski 3D model radne površine form alata (slika 3) odgovara čeonj površini nosača čaša, dok se umanjnjem za veličinu debljine po vertikalnoj osi dobija radna površina transfer alata, da bi se obezbedio potreban prostor, jer se mokra forma kutije mora naći izmedju form i transfer alata kada su oni spojeni u momentu prenošenja forme sa donjeg na gornji alat.



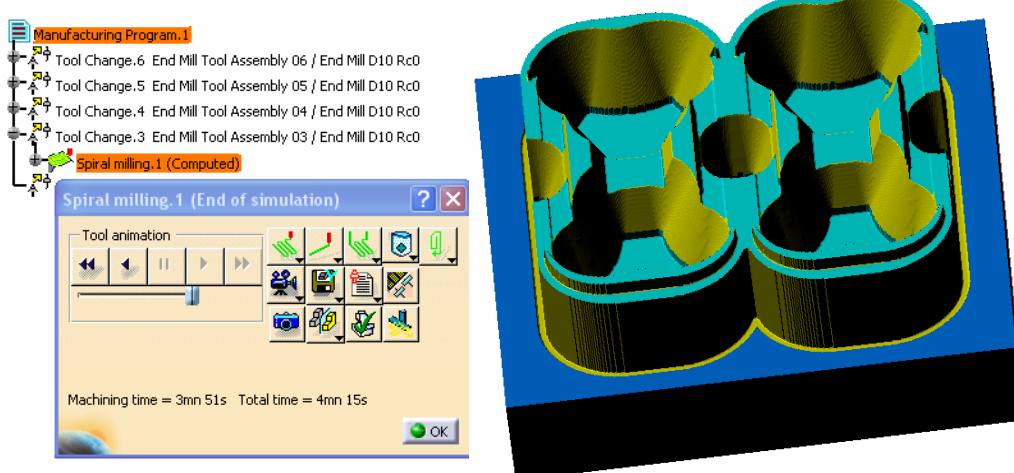
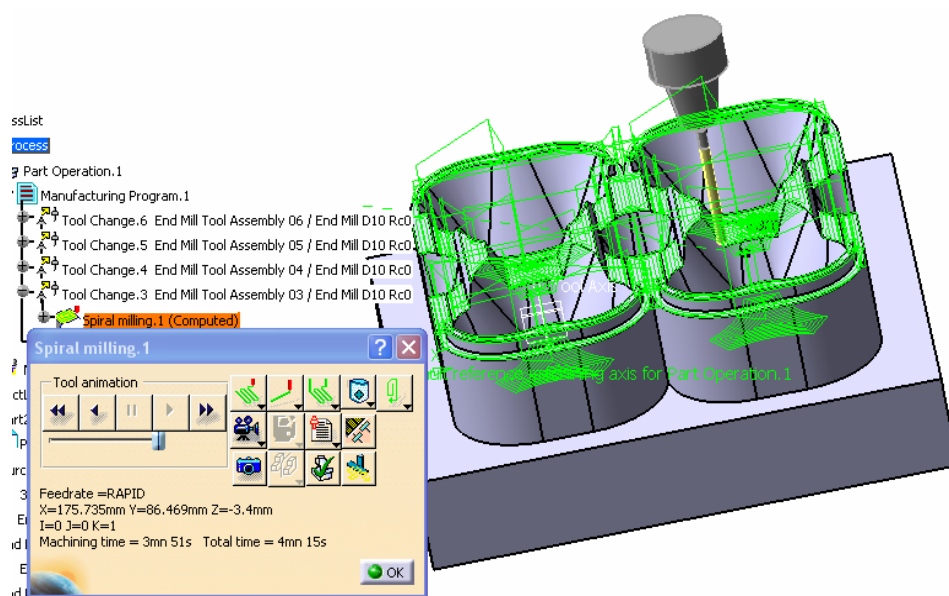
Slika 3. Koncept integrisanog projektovanja alata

Mogućnost automatskog generisanja NC koda iz 3D modela za obradu na mašinama sa CNC upravljanjem i simulacija putanje alata sa animacijom obradnog procesa (slika 4 i slika 5), omogućava konačnu proveru ispravnosti projektovanog tehnološkog postupka.



Slika 4. Simulacija putanje alata generisanog NC programa za izradu form alata

Primenjena metodologija CAD/CAM projektovanja obezbedjuje mogućnost integrisanog projektovanja proizvoda, kao i tehnologije njegove izrade. Preslikavanjem geometrijskog modela radne površine form alata dobija se radna površina transfer alata uz visoku pouzdanost i efikasnost samog procesa projektovanja. Ukoliko se zahteva visok kvalitet površine nosača koji zahteva tehnologiju termooblikovanja, vrlo jednostavno se postojeći model može iskoristiti za generisanje NC koda izrade donjeg i gornjeg dela termo alata. Dakle, za izradu jednog proizvoda može biti potrebno i do 4 različita elementa alata sa prostorno složenim površinama, što se u projektovanju postiže vrlo jednostavno korišćenjem CAD/CAM sistema. Imajući u vidu mogućnost veoma širokog spektra proizvoda za pakovanje na bazi primene tehnologije form ambalaže, metod integrisanog projektovanja proizvoda i tehnologija je veoma efikasan i ekonomičan koncept za uslove proizvodnje kako u velikim industrijskim sistemima, tako i u malim i srednjim preduzećima.



Slika 5. Simulacija putanje alata generisanog NC programa za izradu transfer alata

4. ZAKLJUČAK

NC program za izradu nosača čaša za posluživanje u restoranima McDonald's je veoma složen i obiman. Sastoji se od nekoliko hiljada programskih redova, a obrada radnih površina alata traje više časova, pa bi svaka greška u toku izrade alata uticala na veoma veliko povećanje troškova njegove proizvodnje. Eliminacija grešaka ostvarena je integrisanim projektovanjem, simulacijom i vizuelizacijom obradnog procesa u fazi projektovanja alata. Dodatni efekat je postignut korišćenjem istog geometrijskog modela pri tehnološkom dizajnu više različitih elemenata na alatu. To ukazuje na praktičnu nemogućnost izrade NC programa manuelnim programiranjem ili pisanjem NC programa u nekom simboličkom programskom jeziku. Efikasno generisanje NC programa za složene proizvode je jedino moguće primenom modernog koncepta integrisanog projektovanja proizvoda i tehnologija, korišćenjem nekog od savremenih CAD/CAM sistema.

Današnji ambijentalni uslovi razvoja proizvoda kod nas direktno utiču i na promenu pristupa u projektovanju i razvoju proizvoda u odnosu na tradicionalni način. Metodologija CAD/CAM

projektovanja treba jednim značajnim delom da bude orijentisana na korišćenju jeftinijih softverskih paketa koji su dostupni preduzetnicima i koji ne zahtevaju računarsko komunikacionu infrastrukturu visokih performansi, a da sam način modelovanja proizvoda i proizvodnih tehnologija bazira na distribuiranoj proizvodnji. Da je ovaj koncept opravdan ilustruje i prikazan primer razvoja alata za izradu nosača čaša, koji se proizvodi za potrebe McDonald's-a. Ovakav pristup stvara mogućnost da domaća mala i srednja preduzeća postanu konkurentna u proizvodnji komponenata visokih karakteristika kvaliteta za svetsko tržište, a istovremeno da mašinski inženjeri plasiraju sopstveno znanje u oblasti savremenih metoda projektovanja proizvoda i tehnologija u proizvodnu praksu.

LITERATURA

- [1] Lj. Lukić, M. Djapić, M. Kalajdžić: Integrisano projektovanje proizvoda i tehnologija, 33. JUPITER konferencija, 20. Simpozijum CAD/CAM, Zlatibor (2005), rad na CD medijumu.
- [2] Lj. Lukić, M. Kalajdžić, R. Rakanović: Razvoj i primena sistema CAD/CAM projektovanja složenih proizvoda u uslovima distribuirane proizvodnje, 31. JUPITER konferencija, 18. Simpozijum CAD/CAM, Zlatibor (2005), rad na CD medijumu.
- [3] Lj. Lukić, M. Kalajdžić, R. Rakanović: Razvoj i primena sistema CAD/CAM projektovanja složenih proizvoda u uslovima distribuirane proizvodnje, 31. JUPITER konferencija, 18. Simpozijum CAD/CAM, Zlatibor (2005), rad na CD medijumu.
- [4] Lj. Lukić, M. Kalajdžić: Automatizovano projektovanje proizvoda i tehnologija u uslovima distribuirane proizvodnje, Zbornik radova Simpozijuma "Infoteh" - Informacione tehnologije, Jahorina, 22.-24.mart 2006., ISBN-99938-624-2-8.
- [5] M. Djapić, Lj. Lukić: Unapredjenje konceptualnog projektovanja korišćenjem evidencionih sistema, Zbornik radova 32. JUPITER konferencije, 34.Simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala", Zlatibor (2006), rad na CD medijumu № 401, ISBN 86-7083-557-6.
- [6] Z. Radosavljević: Metodologija CAD projektovanja familije obrtnih stolova, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.

Lj. Lukić, M. Djapić, Z. Radosavljević

PROJECT DESIGN OF THE FORM TOOLS NEEDED FOR THE CONSTRUCTION OF THE PACKAGES IN MCDONALD'S RESTORAUNTS

Abstract

McDonald's restaurants have a unique "McDrive" system of servicing the customers using the drive thru. In order for the customers to be adequately served with the beverages that are consumed from the cups, special packaging is required – in this case the holders of the cups to make them stable when driving the vehicle. The holders of the cups are designed with the technology for degradable and ecological form packaging. The tools needed to make form packaging are composed of forming and transfer parts, which have on them complex surface areas analogous to the solid model of the work piece. The working parts of the tools are modeled using modern methods of project design, and the NC code is automatically generated as one of the exits of the CAD/CAM system. This paper contains a presentation of 3D geometric modeling and a project methodology of the tools' working elements with NC code generation using the software system Catia V5R14.

Keywords: *Forming tools, CAD/CAM systems, 3D modeling, NC program*

**ANALIZA DINAMIČKOG PONAŠANJA KONSTRUKCIJA
PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA**Slobodan Makragić¹, Predrag Živković²*Rezime*

U inženjerskoj praksi numeričke metode su našle svoje mesto za određivanje deformacija i glavnih oblika oscilovanja konstrukcija.

Jedna od numeričkih metoda koja modeliranjem omogućuje kvalitetno projektovanje i konstruisanje mašinskih sistema je metoda konačnih elemenata.

U radu je na osnovu modelirane geometrije konstrukcije radnog točka roto-bagera i formiranih opterećenja kao slučajno promenljivih veličina u vremenu, određeno dinamičko ponašanje njegove noseće strukture. Dati su dijagrami pomeranja određenih čvorova na kašikama koje su istovremeno u zahvatu.

Dat je proračun glavnih oblika oscilovanja radnog točka roto-bagera korišćenjem programskog paketa za dinamičku analizu PAK.

1. UVOD

U radu je na primeru radnog točka roto-bagera, koji radi u uslovima vremenski promenljivih opterećenja, izvršena analiza dinamičkog ponašanja njegove konstrukcije primenom metode konačnih elemenata.

Za rešenje ovako postavljenog problema potrebno je sprovesti sledeći redosled postupaka:

- modeliranje geometrijskog oblika konstrukcije;
- definisanje materijalnih osobina konstrukcije;
- definisanje graničnih uslova;
- definisanje dinamičkih uslova opterećenja;
- proračun deformacija i glavnih oblika oscilovanja.
- postprocesiranje.

2. FUNKCIJA I KONSTRUKCIJA RADNOG TOČKA

Pri iskopavanju uglja za potrebe elektrana glavni deo posla obavljaju rotorni bageri, pa zato oni pored niza drugih u sistemu, predstavljaju najznačajnije podsisteme. Jedan od najbitnijih elemenata podsistema kopanja kod roto-bagera je radni točak. Njegov konstrukcijski oblik i dimenzije definiše tehničko-tehnološki proces iskopavanja materijala i njegovo odvođenje do drugih elemenata sistema transporta. Isto tako oblik i dimenzije kašika i njihov broj direktno utiče na tehnoekonomske zahteve koji se pred njim postavljaju kao što je kapacitet, čvrstoća, i dr.

Kašike preko ravnomerno raspoređenih zuba na njima, pri obrtanju radnog točka i pomeranju radne strele zahvataju materijal koji se iskopava i usmeravaju ga preko radnog točka prema transportnoj traci, stvarajući rez određene geometrije. Dimenzije odreska zavise od trenutnog položaja kašike u rezu koja se prati određenim uglom. Nehomogenost materijala koji se iskopava i niz drugih faktora pri radu radnog točka prouzrokuje stvaranje udarnih opterećenja, koja se dalje prenose na bager kao celinu. Ovo je veoma bitno imajući u obzir pre svega njegov položaj sa ostalim pogonskim elementima na samom vrhu radne strele roto-bagera. Kao posledica obavljanja radnog

¹ Slobodan Makragić, FTN, Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7

² Predrag Živković, FTN, Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7, jomine@sbb.co.yu

procesa iskopavanja materijala, može biti pojava loših dinamičkih procesa pojedinih sastavnih delova podsistema kopanja. Takve pojave mogu izazvati zastoj procesa i niz nepoželjnih pojava. Zato izučavanje dinamičkog ponašanja sastavnih elemenata ovako složenih sistema ima veliki značaj.

3. OTPORI KOPANJA

U procesu kopanja radni točak roto-bagera na kome su pričvršćene kaiške sa zubima, koje se nalaze u neposrednom kontaktu sa materijalom koji se iskopava treba da savlada sledeće otpore: otpor rezanja, otpor podizanja otkopanog materijala, otpor punjenja kašike, otpor trenja materijala, otpor trenja o sektor zatvaranja.

Svi navedeni otpori predstavljaju spoljnja opterećenja koja se suprotstavljaju kretanju radnog točka u procesu kopanja. Na intenzitet i pravac navedenih otpora imaju uticaje: težina iskopanog materijala u kašikama, sopstvena težina radnog točka, kao i sile trenja u oslonim elementima i mehanizmima prenosnika. Isto tako pored iskopavanja materijal se podiže do određene visine radi transporta, pri čemu treba da se savladaju i takvi otpori.

Za izračunavanje otpora kopanja koristi se obrazac (1) u obliku:

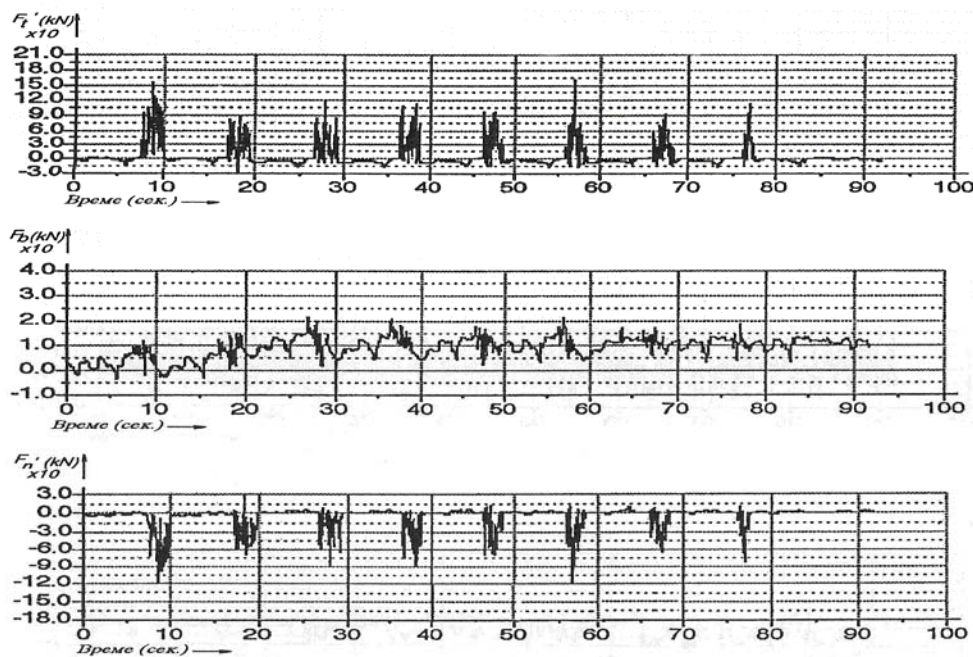
$$F_t = F_s + F_{pu} + F_{ve} = k_s \cdot a \cdot b + F_n \cdot \mu_{st} + \varepsilon \left(1 + \frac{V_p}{V_{ne}} \right) \cdot V_{ne} \cdot f_{pu} \quad (1)$$

gde su:

F_s -sila rezanja, F_{pu} -sila punjenja, F_{ve} -sila pomeranja prizme materijala ispred zuba, μ_{st} -koeficijent trenja čelik-tlo, ε -specifična sila pomeranja svedena na zapreminu, V_p, V_{ne} -zapremina prizme materijala ispred kašike i nominalna zapremina kašike, f_{pu} -faktor punjenja kašika.

4. OTPOR KOPANJA KAO SLUČAJNA VELIČINA

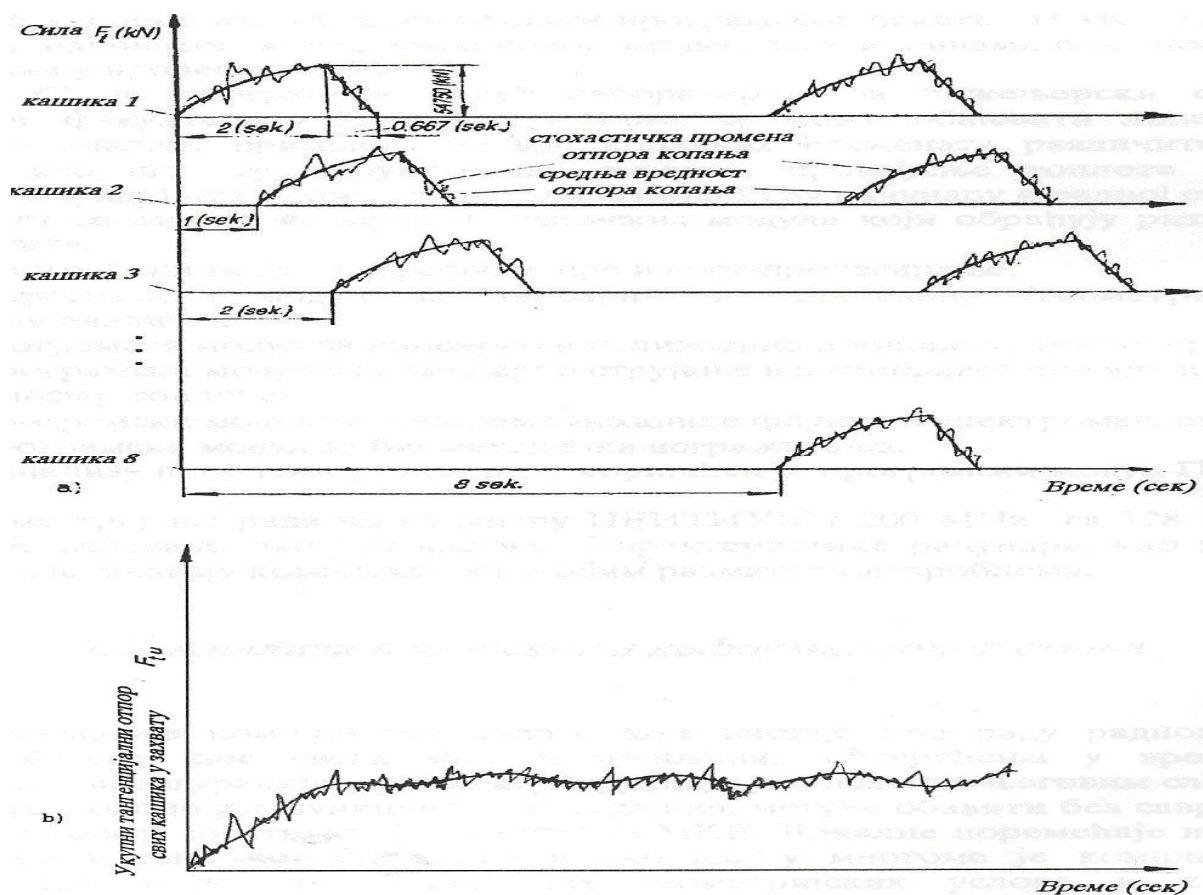
Za analizu dinamičkog ponašanja, u ovom slučaju radnog točka roto-bagera u procesu rada, često se funkcija opterećenja formira na osnovu analiziranih parametara mernih zapisa eksperimentalnih merenja. Jedan takav primer mernog zapisa je prikazan na sl.1. [6].



Sl.1. Merni zapisi tangencijalne, bočne i normalne komponente sile

Zbog nemogućnosti određivanja periodičnosti opterećenja na radnim elementima radnog točka, ono se ne može predstaviti modelom u kome se svaka promenljiva ili parametar menja tačno određeno u radnim uslovima. Pojava maksimalnih vrednosti otpora kopanja je slučajnog karaktera.

Na sl. 2b, prikazana je funkcija promene ukupne tangencijalne sile otpora kopanja koja deluje na radni točak. Ona se dobija sabiranjem svih pojedinačnih tangencijalnih sila na pojedinim kašikama koje su dobijene kao zbir tangencijalnih komponenti sila na pojedinim zubima odgovarajuće kašike u zahvatu sa materijalom koji se iskopava sl. 2a.



Sl. 2. Sila tangencijalnog otpora kopanja kao vremenska funkcija
a) na pojedinim kašikama u rezu, b) ukupna tangencijalna sila otpora kopanja svih kašika u rezu

U ovom radu analiza je izvršena na osnovu formirane zakonitosti promene tangencijalne sile kao vremenske funkcije, u opsegu definisanih intenziteta sile u granicama od minimalnih do maksimalnih vrednosti.

Komponente normalne i bočne sile su određivane [1] prema obrascu (2)

$$\begin{aligned} F_{ni} &= \psi_n \cdot F_{ti} \\ F_{bi} &= \psi_b \cdot F_{ti} \end{aligned} \quad (2)$$

gde su ψ_n i ψ_b -srednje vrednosti eksperimentalnih koeficijenata za normalnu i bočnu komponentu otpora kopanja.

4. MODELIRANJE GEOMETRIJE KONSTRUKCIJE

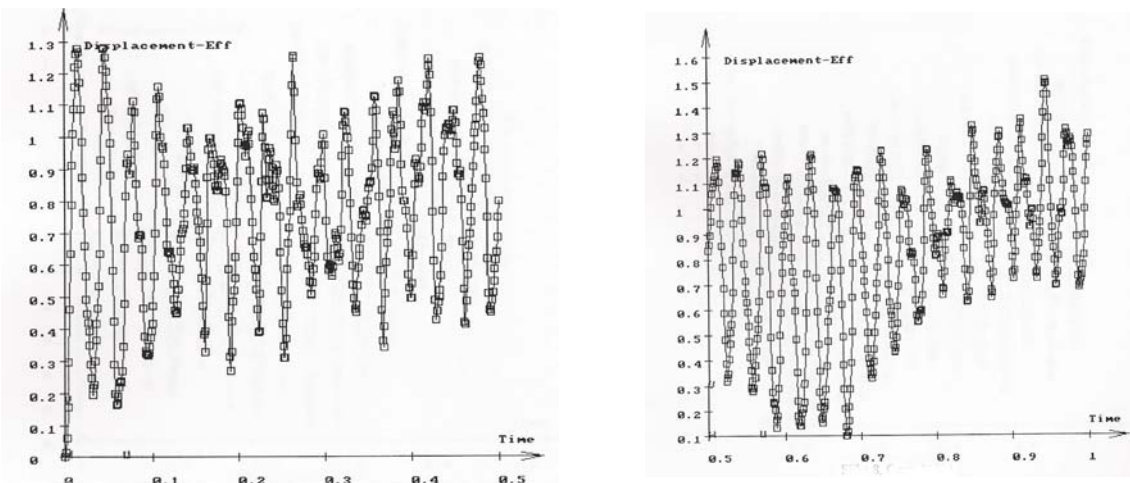
Za izradu modela za dinamičku analizu korišćena je izvedena konstrukcija radnog točka prikazana na sl.3.

[illegible]

Za noseću strukturu diskretizovanu konačnim elementima dinamička analiza [2], [4], svodi se na rešavanje poznate dinamičke jednačine (3) oblika:

su: M , B , K - matrice masa, prigušenja i krutosti sistema konačnih elemenata, $F(t)$ -vektor sila u čvorovima sistema konačnih elemenata.

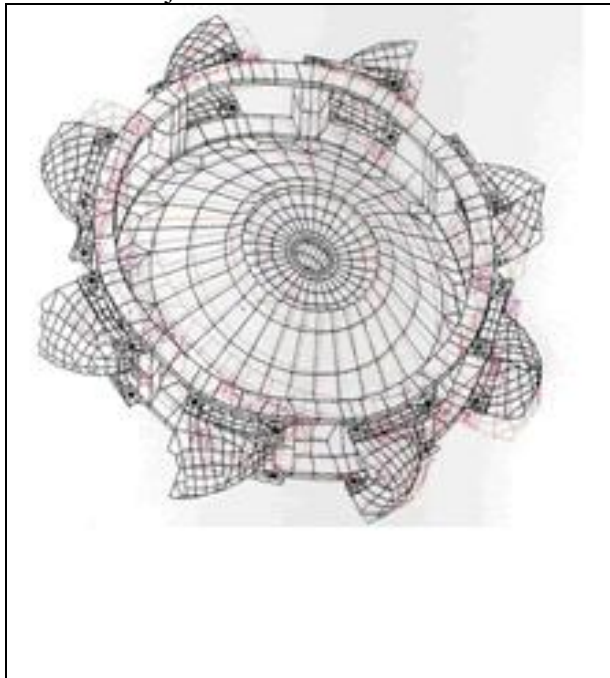
Unošenjem vremenske funkcije opterećenja u formirani model, korišćenjem izabranog programskog paketa izvršena je dinamička analiza [3], sa iterativnim korakom od 0,01 sec u praćenom vremenskom intervalu. Pri tome određeni su dijagrami pomeranja određenih čvorova konstrukcije u vremenu. Na sl. 4, prikazan je dijagram pomeranja jednog od čvorova konstrukcije u praćenom vremenskom intervalu.



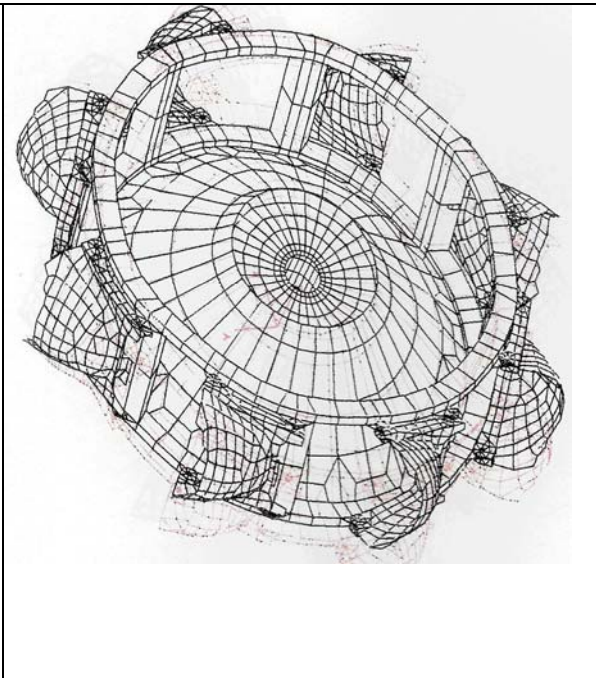
2.41

Iz dijagrama pomeranja na sl. 4, može se zaključiti da je odgovor ponanašanja konstrukcije u čvoru saglasan prirodi promene izazvane spoljim uticajem opterećenja. Na osnovu određenih deformacija mogu se primenom Hukovog zakona određivati intenziteti napona u odgovarajućim čvorovima konstrukcije.

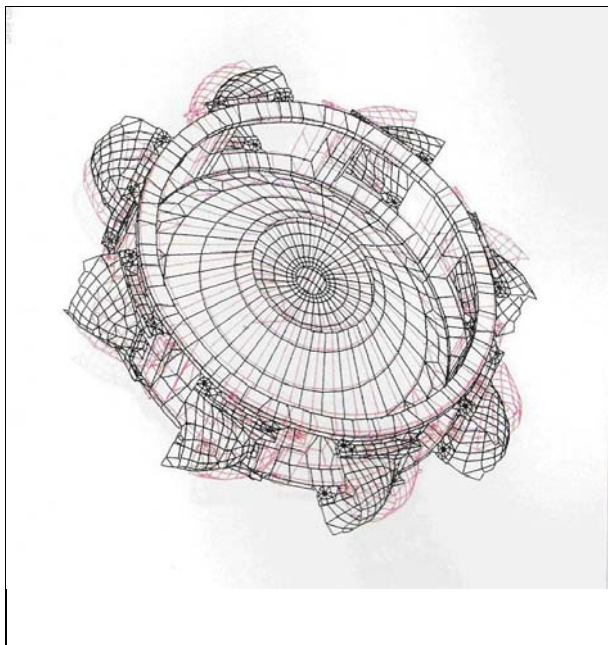
U radu je određen i izvestan broj glavnih oblika oscilovanja i učestanosti pri tome. Ovde su prikazana četiri glavna oblika oscilovanja na sl. 5-8, kao i brojne vrednosti njihovih učestanosti.



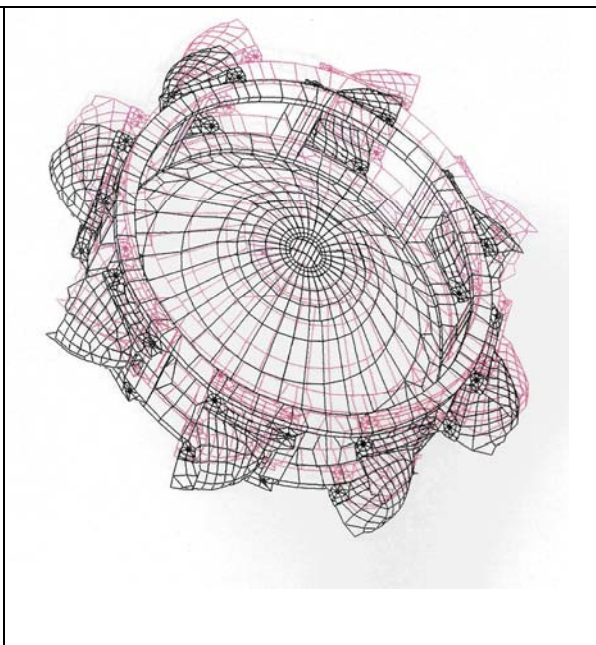
Sl. 5. Prvi glavni oblik oscilovanja
frekvencija 30,7941



Sl. 6. Drugi glavni oblik oscilovanja Kružna
frekvencija 30,7941



Sl. 7. Treći glavni oblik oscilovanja
Kružna frekvencija 32,4704



Sl. 8. Četvrti glavni oblik oscilovanja
Kružna frekvencija 35,5985

Na slikama pojedinih glavnih oblika oscilovanja dvema različitim bojama, predstavljeni su nedeformisani i deformisani oblik modela radnog točka pri odgovarajućim frekvencijama. Prikaz ovde datih glavnih oblika oscilovanja sa uvećanjem na sl. 5,6,7,8 potvrđuje realno stanje noseće strukture radnog točka u određenim

trenucima vremena. Prikaz je dat sa znatnim uvećanjima kako bi pojedini oblici oscilovanja i putanje pojedinih čvorova bile korektno predstavljene pod uticajem opterećenja. Isto tako mogu se uočiti priroda deformacije strukture u određenim slučajevima oscilovanja. Mogu se uočiti zone konstrukcije sa nižim i višim krutostima pojedinih elemenata pri deformaciji.

5. ZAKLJUČAK

Analiza dinamičkog ponašanja konstrukcija primenom analitičkih metoda je često puta teško izvodljiva zbog raznih problema koji se pri tome mogu pojaviti. Zato primenjena metoda u radu dobija sve veći značaj za analize dinamičkog ponašanja konstrukcija. Sve više nalazi primenu u inženjerskoj praksi.

Složenost oblika posmatrane konstrukcije opravdava primenjeni postupak analize. Analizom dobijenih rezultata može se ustanoviti niz korisnih činjenica, koje se mogu koristiti pri projektovanju optimalnih konstrukcija sličnih oblika i namene. Rezultati analize mogu da budu od koristi, kako bi se projektovanjem novih konstrukcija poboljšali efekti njihovog dinamičkog ponašanja u radnim uslovima.

6. LITERATURA

- [1] Hitzschke K., „Experimentelle Analyse der Belastung des Schaufelrades durch den Grabvorgang“, Hebezeuge u Fördermittel 1984, H.9.
- [2] Kalajdžić M., „Metod konačnih elemenata“, IAMA, Beograd, 1978.
- [3] Makragić S., „Naponsko stanje radnog točka roto-bagera u radnim uslovima“, Heavy machinery HM 2002, Kraljevo, 2002.
- [4] Sekulović M., „Metod konačnih elemenata“, IRO Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [5] Programski paket za analizu konstrukcija 'PAK', Mašinski fakultet u Kragujevcu.
- [6] Elaborat o istraživanju i ispitivanju eksploatacionih parametara kopanja na bageru C-700S, na kopu 'Tamnava Istočno polje', TRC, Novi Sad, 1992.

ON APPLICATION FINITE ELEMENTS METHOD IN ANALYSIS ABOUT DYNAMIC BEHAVIOUR CONSTRUCTINS

Abstract

In engineering practice numerical methods found their place for calculating of the mode shapes construction and displacing..

Many methods could be applied but one is the most appropriate. It is (FEM) Finite Elements Method.

In this written work, the determined treatment of this carrying structure is made according to a formed model of chosen construction working roto dredge's wheel and already formed loadings. Displacing diagrams of some knots on the spoons which are in a clutch at the same time, will be shown.

Paper presents of mode shapes analysis of the working's wheel dredge's by using programming packet for dynamic analysis PAK.

N. Janković¹, A. Milićev², P. Bojanić³

NEKA ISKUSTVA U PRIMENI CAD/CAM SISTEMA PRI PROJEKTOVANJU DELA MAŠINSKOG SISTEMA – DOZERA

Re z i m e

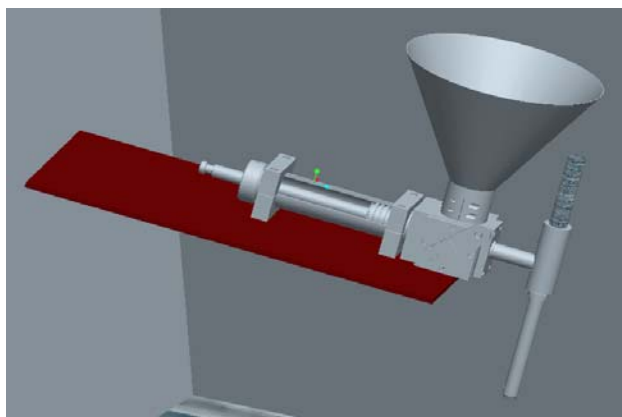
U radu je prikazana primena komercijalnog CAD/CAM sistema u projektovanju delova, sklopova i tehnologije izrade na NC mašini. Razmatran je deo sistema za punjenje ambalaže različitim tipovima tečnosti. Poseban akcenat je stavljen na modeliranje alata za rezanje i formiranje baze podataka sa altima sa stvarnom geometrijom.

Ključne reči: CAD, CAM, NC programiranje

1. UVOD

Studenti treće godine Mašinskog fakulteta u Beogradu, na smeru za proizvodno mašinstvo, pored ostalih znanja imaju u programu i osvajanje znanja u primeni savremenih CAD/CAM sistema u projektovanju proizvoda, projektovanju tehnologije izrade, simulacije putanje alata kao i samo dobijanje CL FILE-a na osnovu koga upravljačka jedinica upravlja mašinom. Ovo su neke od mogućnosti CAD/CAM paketa koje nam pružaju brzo i lako programiranje kao i rano uočavanje grešaka napravljenih u projektovanju pre početka proizvodnog procesa čime se može sprečiti greška ljudskog porekla, različiti tipovi havarija kao i zastoji u proizvodnji. Takođe, prednost ovih paketa se sadrži i u vizuelnom doživljaju procesa obrade.

U našem razmatranju pokazaćemo sve ove mogućnosti na primeru jednog dela mašinskog sistema tj na



sl.1 DOZER modeliran u Pro/ENGINEER-u

dozeru. Dozer (sl.1) je sklop koji nam omogućava punjenje različite ambalaže različitim tipom tečnosti tj fluidima različitih svojstava. Takođe nam omogućava automatizaciju proizvodnje kao i podešavanje zapremine fluida koja se ubrizga u jednom ciklusu. Dozeri su već poznati sistemi u farmaceutske industriji, proizvodnji alkoholnih i bezalkoholnih pića, u industrijama jestivih ulja i masti, ali takođe i u proizvodnji maziva za mašinsku industriju. Dozer radi na principu klipne pumpe koja uzima prethodno određenu količinu fluida iz rezervoara koju potom okretanjem slavine posredstvom poluge istiskuje kroz diznu u ambalažu.

¹ Janković Nenad, student 3.god. Mašinskog fakulteta Beograd, mcunique@eunet.yu tel.064/612-99-31

² Milićev Aleksandar, student 3.god. Mašinskog fakulteta Beograd, amilicev@sezampro.yu tel.063/85-25-412

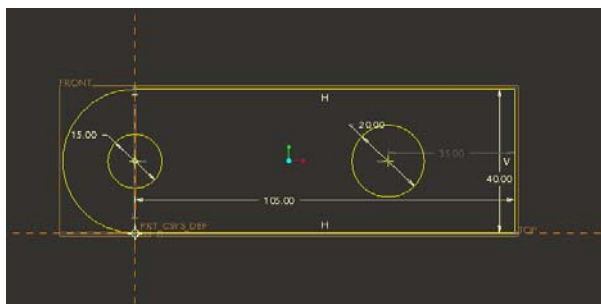
³ Prof.dr.Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd, pbojanic@mas.bg.ac.yu tel.011/3302-406

2. IZRADA MODELA POJEDINAČNOG DELA – CAD MODUL

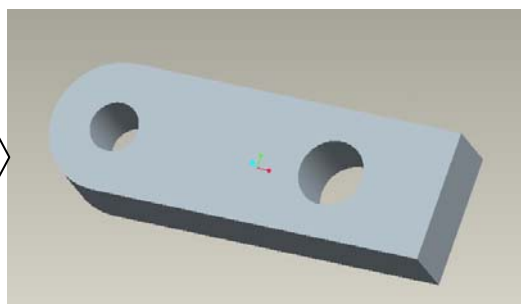
Problem programiranja same CNC mašine tj dobijanje CL FILE-a se sastoji iz više komponenata. Prva i osnovna je 2D crtanje modela (sl.2) određenog elementa koji se može iz ravanskog elementa izvlačenjem, okretanjem oko ose itd. pretvoriti u prostorni element koji se takođe naknadno može vrlo lako modifikovati različitim dodavanjem i/ili oduzimanjem materijala, obaranjem ivica, zaobljenjima itd.

Pokazaćemo slikovito na primeru jednog elementa dozera kako se od crteza izvlačenjem (sl.3) dobija osnovni oblik dela a onda oduzimanjem materijala (sl.4) i konačni oblik (sl.5). Modeliranje se vrši po unapred zadatim dimenzijama određenog dela. Ovaj postupak se ponavlja kod svakog narednog dela dozera.

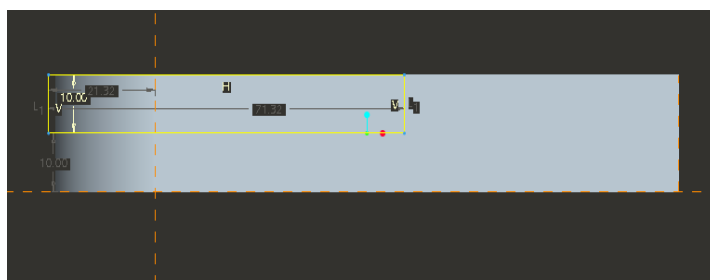
sl.2 Prethodno zadati oblik



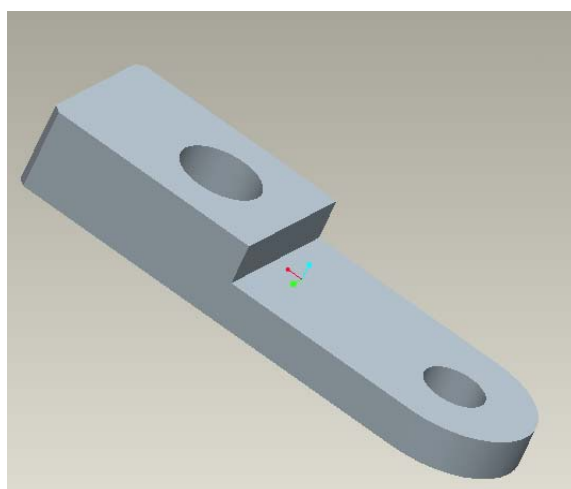
sl.3 Ekstrudiranje tj. dodavanje materijala



sl.4 Zadavanje oblika za oduzimanje od prethodnog modela

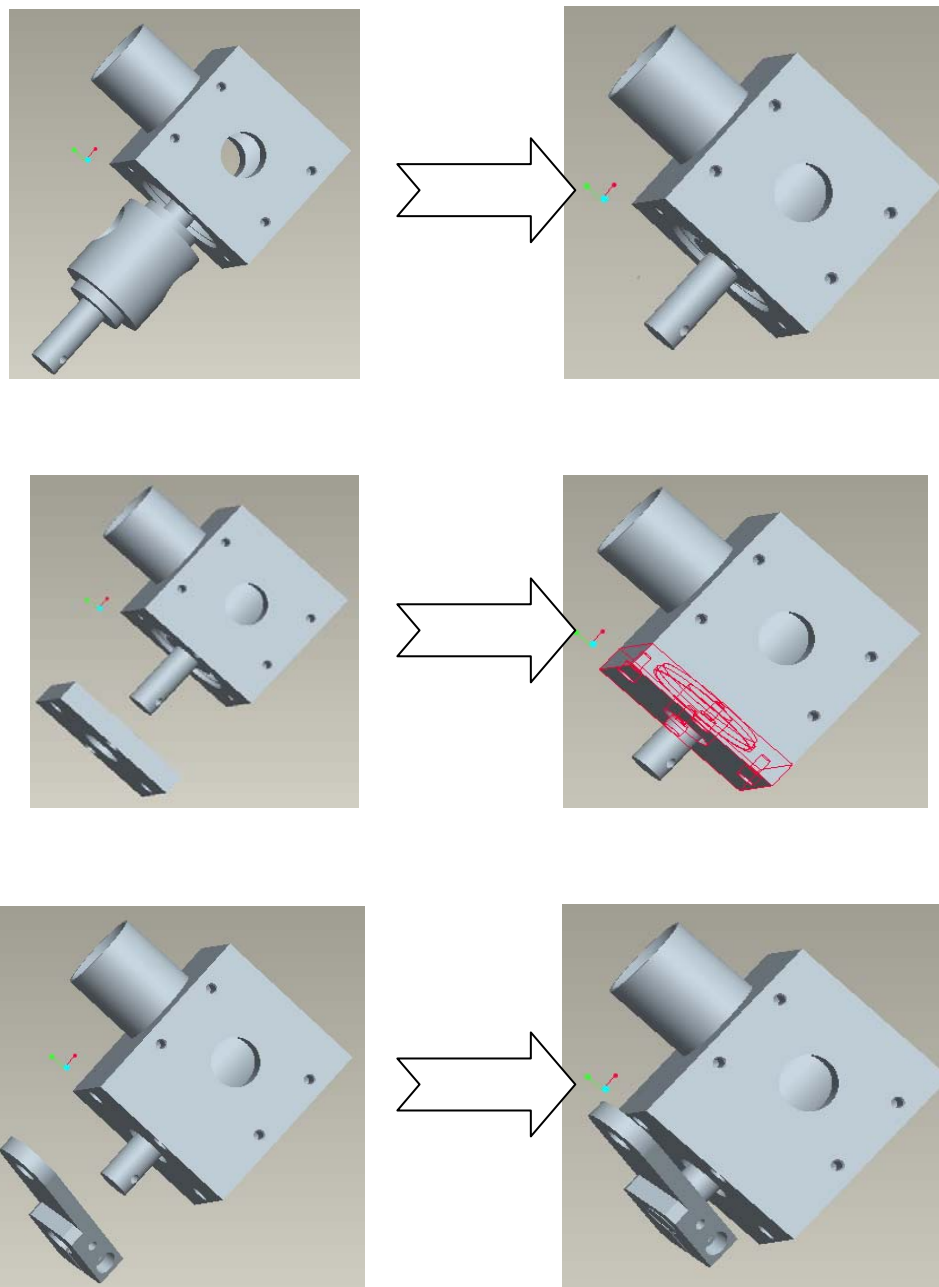


sl.5 Izgled modela



3. SKLAPANJE DELOVA MAŠINSKOG SISTEMA – ASSEMBLY MODUL

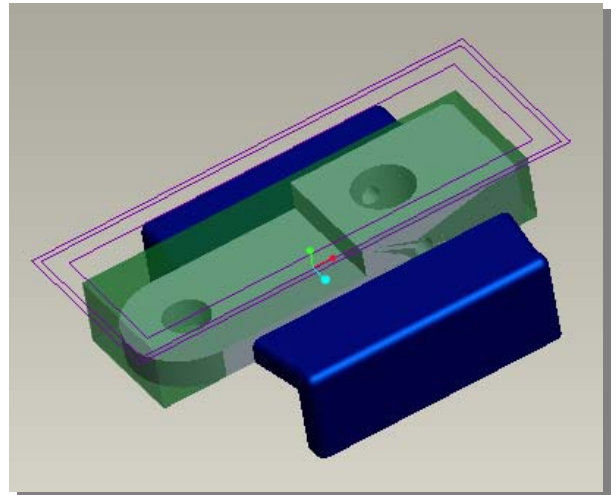
Pri sklapanju delova sistema se mora voditi računa o međusobnoj zavisnosti određenih delova i njihovih površina. Paket nam pruža različite mogućnosti pozicioniranja delova jednog u odnosu na drugi kao i kombinaciju pozicioniranja. Tako možemo površine dva dela dovesti u istu ravan, mogu da naležu jedna na drugu, da se tangiraju, da ulaze tj prodiru jedna kroz drugu ili da im se poklapaju koordinatni sistemi a može se i ne samo uz pomoć jednog nego i sa više ponuđenih pozicioniranja element dovesti u željeni položaj. Sve ove mogućnosti nam pružaju da ispunimo uslov zavisnosti međusobnog položaja površina. Ovde takođe i slikovno pokazujemo samo sklapanje nekoliko delova.



4. PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE IZRADE MODELA (MANUFACTURING) – CAM MODUL

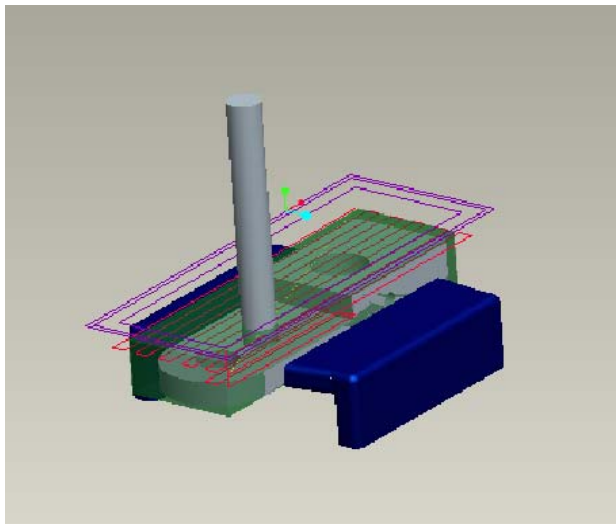
CAM modul nam služi da na osnovu prethodno definisanog modela generišemo CL FILE odnosno G CODE. Za naš dozer pretežno smo koristili glodalicu na čijem primeru ćemo i pokazati proceduru dobijanja CL FILE-a. Paket nam od mašina tj obrada nudi i strug, bušilicu, kao i glodalice sa 3, 4 ili 5 ose. Takođe je od strane proizvođača paketa ostavljena mogućnost uvoženja parametara za kreiranje potpuno nove mašine koja se može kasnije uvesti u program po želji korisnika.

Po podacima iz priručnika smo usvojili dodatke za obradu, mere pripremka, kao i parametre rezanja. Na osnovu tih podataka kreirali smo pripremak kao poseban model. Mora se definisati koordinatni početak mašine i dela koji moraju da se poklope da bi doslo do pravilne interpolacije alata. Takođe smo kreirali i referentnu ravan koja označava granice kretanja alata kao i koliko se odigne od pripremk pri brzom hodu. Takođe imamo mogućnost da izaberemo neki od ponuđenih alata kao i da definišemo njegov prečnik, dužinu reznog dela i dužinu drške alata. Kada smo sve definisali možemo prikazati i stezanje pri čemu proveravamo da neće doći do zadiranja alata u stezni pribor (sl.6). Pri podešavanju parametara obrade a pre generisanja CL FILE-a poželjno je uvek pogledati i simulaciju obrade

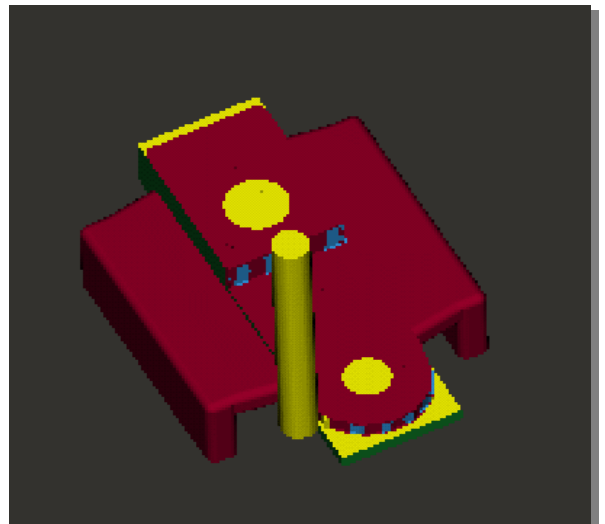


sl.6

odnosno kretanja alata radi uočavanja eventualnih problema (sl.7) kao i simulaciju skidanja materijala koja nam pokazuje zaostali materijal koji iz nekog određenog razloga nije skinut (sl.8). Ako utvrdimo da je sve kako treba zadajemo komandu za generisanje CL FILE-a. Pro/ENGINEER nam nudi i određen broj postprocesora za generisanje G CODE-a, a takođe postoji mogućnost nadograđivanja novih postprocesora.



sl.7



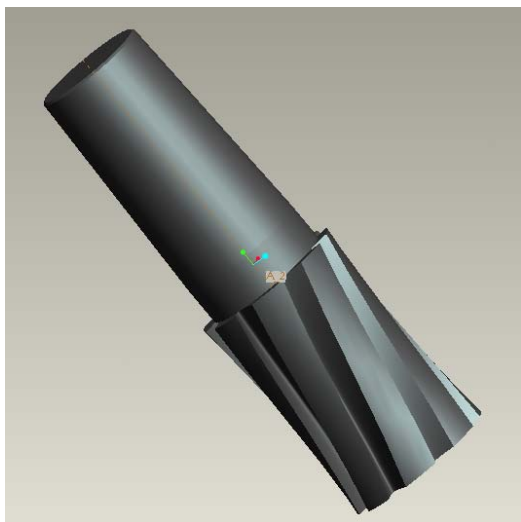
sl.8

5. ALATI ZA REZANJE – BAZA ALATA

Paket Pro/ENGINEER poseduje svoju bazu alata u kojoj se od glodala nalaze cilindrična glodala sa različitim oblicima reznog dela : sa zaobljenom glavom, sa loptastom glavom, sa proširenom glavom za izradu žlebova... Njihova geometrija je maksimalno pojednostavljena tako da je rezni deo prikazan samo kao cilindar različite boje u odnosu na dršku. S obzirom da nam ovaj programski paket pruža mogućnost da sami kreiramo željeni alat i da ga uvezemo u bazu alata smatrali smo da je to svakako potrebno. Pri definisanju alata možemo definisati i koje mesto zauzima u magacinu alata na mašini tako da je pored pozicije alata u magacinu vrlo lako izabrati alat na osnovu njegovog izgleda.

Samo kreiranje alata nije jednostavno zbog, kao što je poznato, komplikovane geometrije alata. Alati se modeliraju kao i ostali elementi, dodavanjem i oduzimanjem materijala, provlačenjem i rotiranjem različitih oblika kroz dve ili više ravni kao i uz pomoć zavojnice određenog profila tj profila zuba. Mogu se takođe modelirati i uz pomoć matematičke jednačine koja opisuje profil zuba. Takođe se na sličan način kao glodala mogu raditi i burgije, razvrtači proširivači itd. Mi smo kreirali neke alate pomoću kopiranja poprečnog preseka u dve ravni zaokrenutog pod određenim uglom i napravili bazu tih alata (sl.9-12).

Da bi alat svojom geometrijom u svakom trenutku zauzimao ispravan položaj morali smo da definišemo i tačan položaj i smer osa koordinatnog početka alata kao i njegovo ime. Alati se rade po principu tipizacije, odnosno prilikom modeliranja alata osnovnim geometrijskim veličinama (dužina reznog dela, dužina drške, prečnik reznog dela) se dodeljuje tačno određeno ime koje program prepoznaje i taj parametar se može menjati prilikom učitavanja alata tako da jednom kreiran jedan model alata se učitava iz baze za sve alate tog tipa a različitih dimenzija. Ova mogućnost nam takođe olakšava izbor alata i smanjuje mogućnost za greškom.



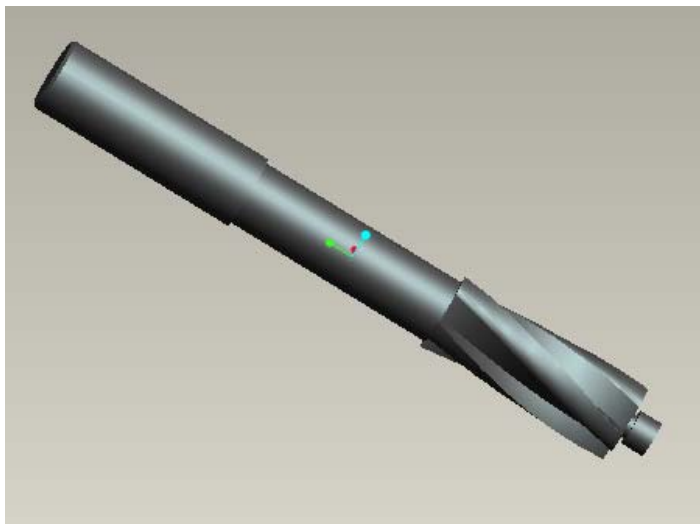
sl.9



sl.10



sl.11



sl.12

6. ZAKLJUČAK

Primena savremenih inženjerskih alata u projektovanju proizvoda i tehnologije izrade predstavlja osnovnu pretpostavku produktivnosti i efikasnosti inženjera projektanta. Osvojena znanja u toku prve tri godine studija kroz kurseve Kompjuterske grafika, CAD/CAM sistemi, kao i ostale kurseve opštih i opšte-stručnih predmeta, daju nam za pravo da tvrdimo da smo spremni da prihvatimo CA tehnologije. Svoj skromni doprinos i umeće pokazali smo kroz opcije dodatnog i samostalnog kreiranja alata i formiranje njihove baze. Kreirani alat verodostojnog izgleda doprinosi boljem vizuelnom poimanju interakcije alata i problema obrade, a estetski izgled je itekako značajan u prezentaciji samog alata kao i celog sistema obrade.

7. LITERATURA

- [1] M. Ogrizović: Upravljanje CNC mašinama iz Pro/ENGINEER-a Wildfire. Kompjuter biblioteka, 2007
- [2] R. Toogood: Osnove Pro/ENGINEER-a Wildfire 3.0. ProCAD books Ltd. ,2006
- [3] M. Kalajdžić, Lj. Tanović, B. Babić, M. Glavonjić, Z.Miljković, R.Puzović, B.Kokotović, M. Popović, S.Živanović, D. Tošić, I.Vasić: Tehnologija obrade rezanjem priručnik, Mašinski fakultet Beograd 2006
- [4] Materijali sa predavanja i vežbi iz predmeta CAD/CAM Sistemi 2007/2008

SOME EXPERIENCE IN APPLICATION OF CAD/CAM SYSTEM IN DESIGNING OF MECHANICAL SYSTEM FOR DOSING

Summary

This paper shows application of commercial CAD/CAM systems in parts construction and assemblies design as well as in design of manufacture technology for machining on NC machine tools. It discusses the part of system for container filling with different liquid substances. Special attention was dedicated to modeling cutting tools and creating data base of tools with real geometry.

Key words: CAD,CAM, NC programming

KREIRANJE TUTORIJALA ZA IZRADU MODELA VRATILA U PROGRAMU CATIA PRIMENOM ALATA ADOBE CAPTIVATE

Anđelija Mitrović¹, Petar Nikšić², Danijela Milošević³, Maja Božović⁴

Rezime: U radu je prikazan postupak izrade modela vratila u programu CATIA primenom screencasting alata Adobe Captivate. Obzirom da je vratilo veoma odgovoran i najčešći element u sklopovima smatramo da je dovoljno reprezentativan element za studente i inženjere koji u praksi počinju da primenjuju program CATIA dok se pomoću elektronskog priručnika (tutorijala) može veoma efektivno demonstrirati kako koristiti softverski program.

Ključne reči: CATIA, Vratilo, Adobe Captivate, Tutorijal, Screencast

1. UVOD

Screencast alati se koriste za kreiranje simulacija, demonstracija softvera i vežbanje na osnovu utvrđenog scenarija. *Screencast* predstavlja film koji "hvata" sve akcije koje se odvijaju na ekranu računara, zajedno sa objašnjenjem tih akcija. Ovaj prikaz može izgledati kao formalna Powerpoint prezentacija sa naracijom, softverski demo snimak ili određeni neformalni koncept u nekoliko osnovnih koraka. Iako *screencast* snimci često sadrže improvizovana otkrića od strane naratora, ili čak male greške, oni mogu biti pristupačniji, a time i efektniji, od bogato upakovanih video instrukcija. Dobri *screencast* proizvodi odaju sliku jasnosti, poverenja i autentičnosti. Dok krajnji proizvod može izgledati jednostavno, za njegovu izradu potrebno je utrošiti dosta vremena koje podrazumeva planiranje i grafičku organizaciju ilustracija za datu tematiku da bi ona mogla da se objasni na jasan ali i interesantan način [1]. Iscrpni tutorijali mogu biti veoma zahtevni za predstavljanje u vidu jednog *screencast* snimka, ali zato je moguće kreirati serije kratkih filmova na jednu temu a zatim ih postaviti zajedno za one korisnike koji žele da provedu više vremena za proučavanje date teme. Ako se publika sastoji od početnika, možda je neophodno da se u *screencast* film uvrste i detaljne korak po korak instrukcije ili dodatni resursi [2].

2. MOGUĆNOSTI ALATA ADOBE CAPTIVATE

Adobe Captivate kreira softver visokog kvaliteta koji štedi vreme profesorima prilikom kreiranja uputstava za rad (tutorijala) i prezentacija. Na sajtu <http://www.adobe.com/products/captivate/> postoji mogućnost izbora kupovine programa Adobe Captivate 3 za odgovarajući operativni sistem [3].

U okviru programa Adobe Captivate postoji veliki broj opcija koje se navode u daljem tekstu. Automatski snima sve akcije na ekranu u toku upotrebe aplikacije, uključujući kretanje miša i korišćenje tastature. Štedi vreme i proizvodi jasne softverske simulacije sa modulima za učenje u jednoj sesiji snimanja, uključujući demonstracije procedura, simulacije za vežbanje i zadatke. Takođe omogućuje izbor između modula za snimanje demo ili simulacija. Koristi *AutoText Captions* karakteristiku da automatski kreira naslove koji sadrže tekstualni opis akcija. Omogućuje podešavanje izgleda, veličine, orijentacije, pozicije i prikazuje brzinu pojavljivanja slova, uključujući font, veličinu, boju i formatiranje teksta. Pruža mogućnost snimanja audio komentara uporedo sa snimanjem ekrana ili naknadno. Lako sinhronizuje audio zapis sa slajdovima. Omogućuje ispravljanje greški i pauza, ili dodavanje eksternih audio zapisa prezentacijama pomoću audio editora. Adobe Captivate prevodi PowerPoint slajdove u SWF fajlove zadržavajući pri tome efekte animacija. Bira između prilagodljivih obrazaca za kvizove kao što su višestruki izbor, popunjavanje praznina, sparivanje i tako dalje. Poboljšava znanje korisnika tako što nasumice bira pitanja iz određenog

¹ Anđelija Mitrović, dipl.maš.ing i prof.teh.i inf., Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Svetog Save 65, Čačak, e-mail: andjelija@duga-net.com

² dr Petar Nikšić, profesor, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Svetog Save 65, Čačak, e-mail: niksapl@ptt.yu

³ dr Danijela Milošević, docent, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, e-mail: danijela@tfc.kg.ac.yu

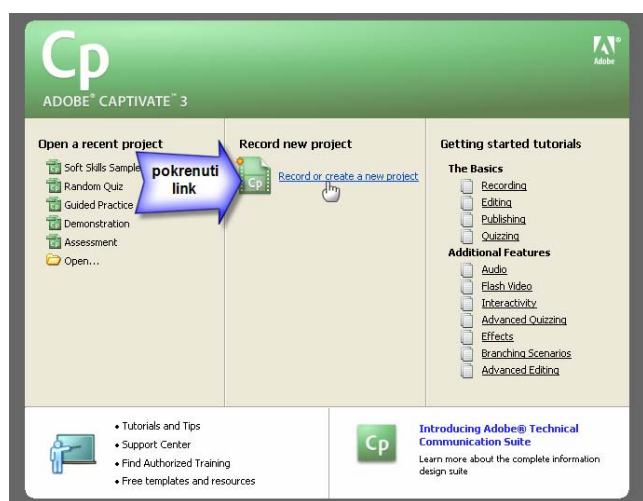
⁴ Maja Božović, prof. tehnike i inf., Tehnički fakultet, Svetog Save 65, e-mail: maja_boz@eunet.yu

seta pitanja. Menja redosled ponuđenih odgovora u okviru pitanja tako da se odgovori pojavljuju uvek u različitom redosledu.

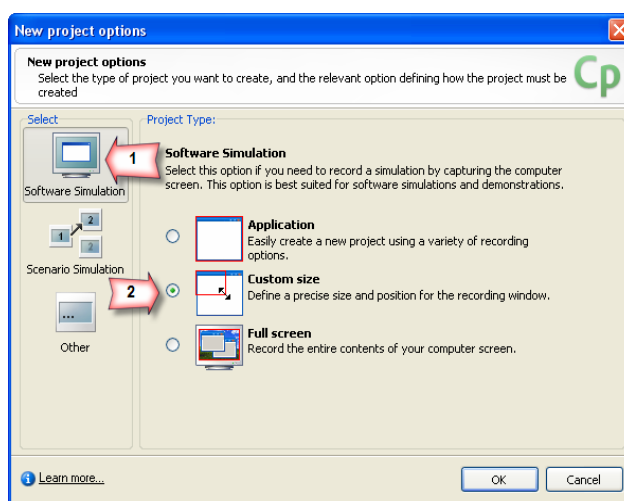
3. POSTUPAK KREIRANJA I UREĐIVANJA CATIA V5 TUTORIJALA

Postupak kreiranja tutorijala objašnjen je na primeru izrade modela vratila u programskom paketu CATIA V5. U okviru tutorijala objašnjen je postupak izrade skice, kreiranje profila definisanih dimenzija i izrada modela pojedinih segmenata vratila. Takođe je objašnjen način izrade mogućih složenih formi na vratilu (žljebovi, otvori, zaseci, zaobljenja itd). Modeliranje je izvršeno u modulu *Mechanical Design* uz korišćenje palete alata *Sketcher* i nekih standardnih funkcija *Part Design*-a, odnosno osnove 3D modelovanja [4].

Pre početka snimanja tutorijala pokreće se program CATIA V5 i izabere odgovarajući prozor. Zatim se pokreće alat Adobe Captivate i bira link *Record or create a new project* (slika 1). Na taj način se pokreće *New project options* prozor (slika 2) u okviru koga se bira tip projekta i bitne opcije kojima se definiše način kreiranja projekta.

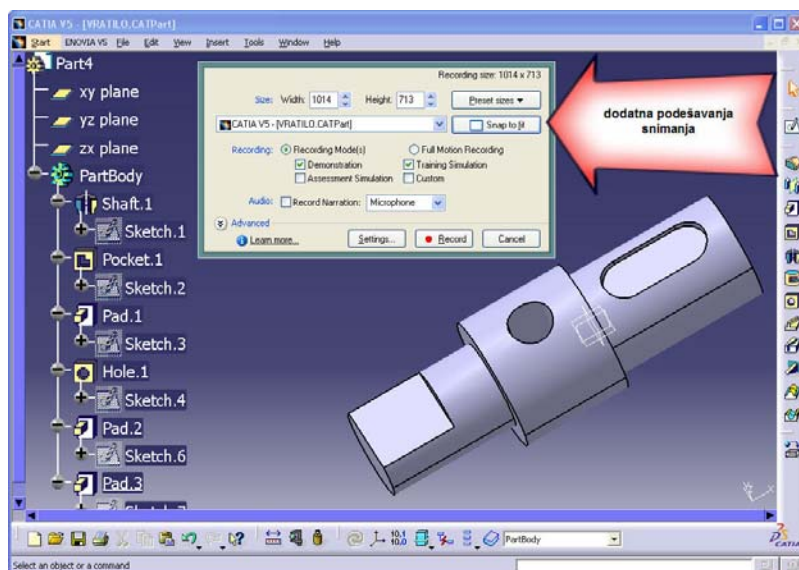


Slika 1: Pokretanje linka za snimanje



Slika 2: Prikaz prozora New project options

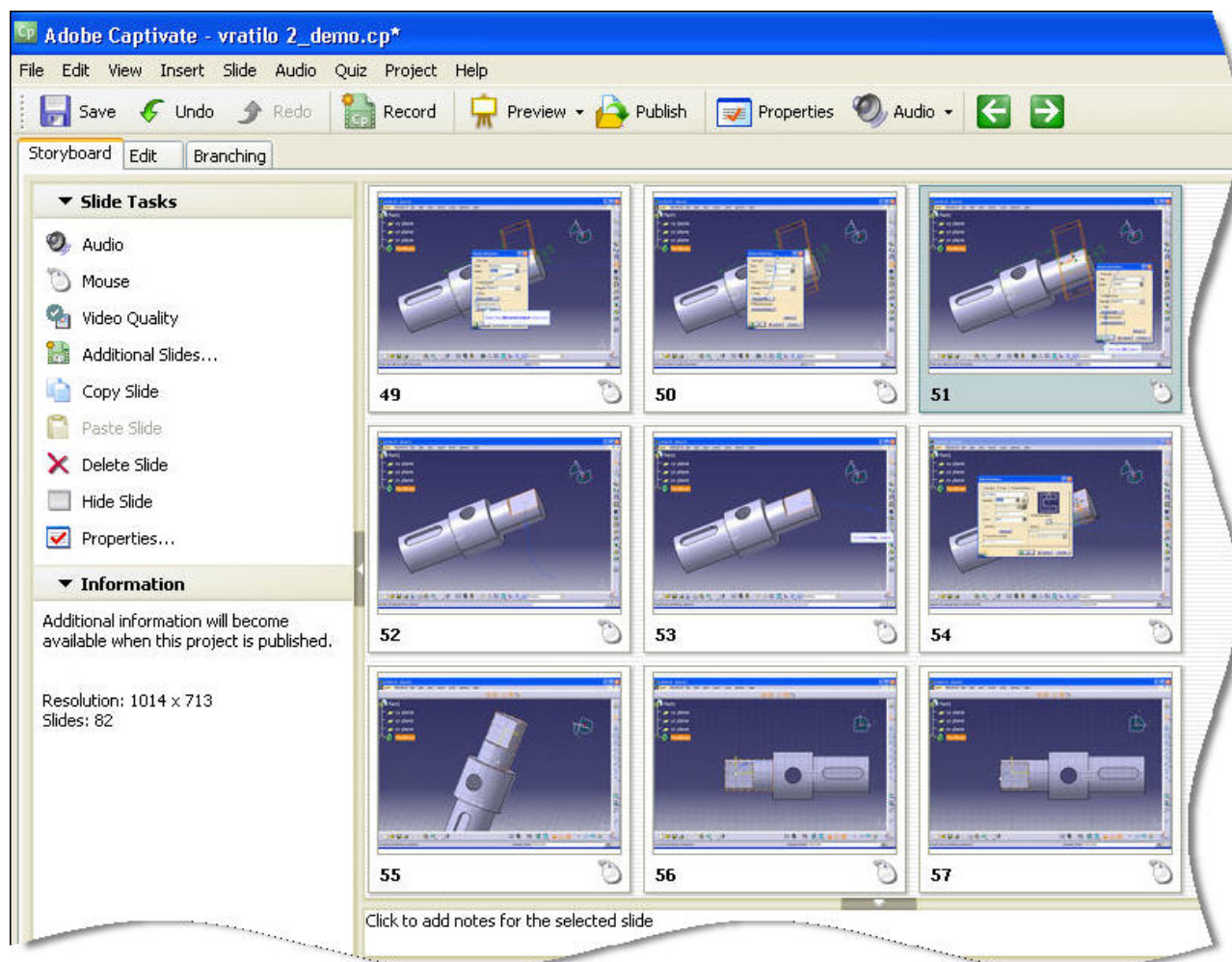
U ovom radu izabrana je opcija *Software Simulation*, a zatim je odabrana opcija *Custom size* kojom se vrši precizno podešavanje pozicije i veličine prozora. Klikom na dugme *OK* otvara se novi prozor (slika 3) u okviru koga se vrše dodatna podešavanja snimanja. Iz padajuće liste bira se aplikacija koju treba snimiti a zatim se u gornjem desnom uglu prozora od ponuđenih bira preporučena veličina prozora koji se snima. Kada je veličina prozora za snimanje zadovoljavajuća, klikom na dugme *Snap to fit* prozor CATIA programa se automatski „smešta“ u okviru granica crvenog pravougaonika. U *Recording* delu prozora bira se opcija *Recording mode(s)* i u okviru nje opcija *Demonstration* i *Training Simulation*.



Slika 3: Dodatna podešavanja snimanja

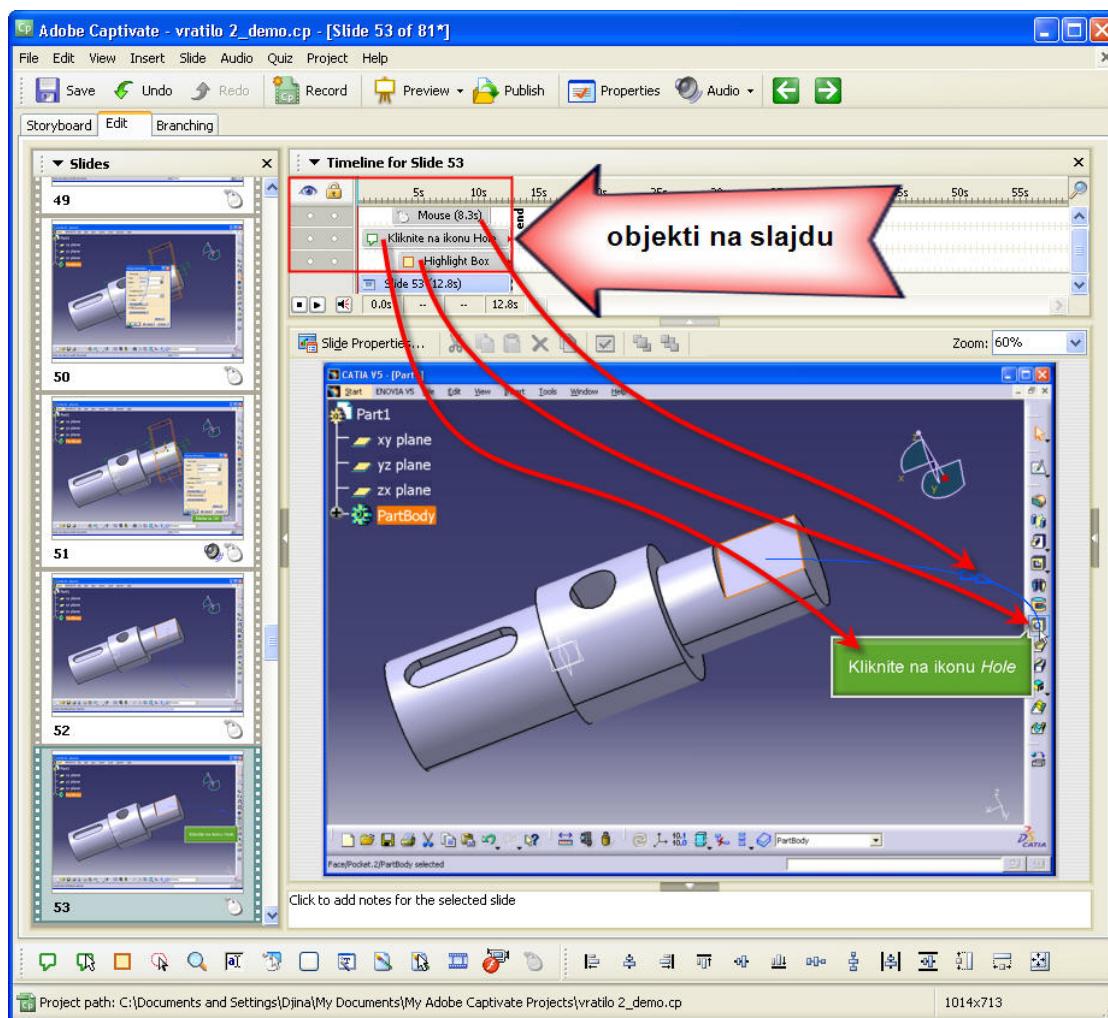
U okviru Audio dela prozora nije selektovana opcija *Record Narration* jer je u ovom radu audio komentar naknadno dodat. Kada su sve opcije podešene, klikom na dugme *Record* započinje snimanje. U toku snimanja izvršene su sve aktivnosti vezane za izradu modela vratila. Snimanje se prekida pritiskanjem *End* tastera na tastaturi. Po završetku snimanja Adobe Captivate otvara *Save Project Files* prozor u okviru koga se bira ime projekta i lokacija. Klikom na dugme *OK* projekat će biti sačuvan.

Postupak uređivanja podrazumeva uređivanje slajdova jer Adobe Captivate snimljen film automatski deli na slajdove (slika 4).



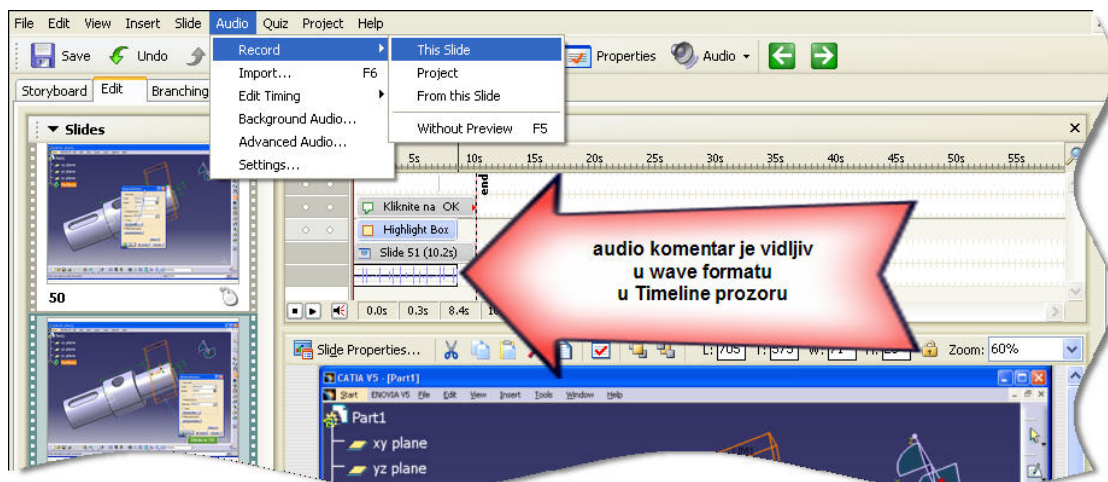
Slika 4: Prikaz početnog prozora za uređivanje slajdova

U levom delu prozora u *Slide Tasks toolbar*-u se nalaze opcije za uređivanje svakog od prikazanih slajdova (slika 5). Uređivanje započinje duplim klikom na željeni slajd čime se otvara prozor u čijem levom delu se nalazi lista slajdova u okviru snimljenog projekta a u centralnom delu prozora izabrani slajd. Iznad prikazanog slajda je *Timeline for Slide* prozor koji se sastoji iz zapisa, odnosno traka za svaki od objekata na slajdu. Prilikom snimanja projekta nije se vodilo računa o putanji miša, jer Adobe Captivate omogućuje njegovo naknadno uređivanje. Duplim klikom na traku za uređivanje miša otvara se *Mouse Properties* prozor. U okviru ovog prozora može se podesiti izgled pokazivača, zatim zvuk, vreme prikazivanja i druge opcije. Kartica *Options* između ostalog nudi i opciju kojom se postiže pravolinijska putanja miša. Duplim klikom na traku za uređivanje napomena otvara se *Text Caption* prozor. U okviru prozora izvršene su izmene izgleda i teksta napomene. Kartica *Options* omogućuje izmenu vremena prikaza napomene.



Slika 5: Prikaz uređivanja jednog slajda

U paleti sa alatkama *Audio* padajuća lista pruža mogućnost izbora dodavanja komentara za svaki slajd posebno, zatim za ceo projekat i za snimanje počevši od nekog određenog slajda. S obzirom da se audio komentar u ovom slučaju dodaje za svaki slajd posebno, bira se opcija *Audio/Record this Slide*. Otvara se novi prozor u čijem centralnom delu je blede prikazan slajd na koji se dodaje audio komentar a u donjem delu prozora kartice *Captions* i *Slide Notes*. U okviru kartice *Slide Notes* mogu se dodati napomene koje se odnose na dati slajd. Adobe Captivate automatski produžava vreme trajanja slajda, ukoliko je to potrebno, da bi ga prilagodio vremenu trajanja audio zapisa. Kada je zapis snimljen on se pojavljuje u okviru *Timeline* prozora (slika 6).



Slika 6: Deo Timeline prozora

Adobe Captivate ima ugrađen *Audio editor* pomoću koga se može slušati audio fajl, dodavati pauze u komentaru, podešavati jačina zvuka i brojne druge opcije. Duplim klikom na traku za uređivanje audio zapisa otvara se *Edit Audio* prozor u kome su prikazane pomenute opcija kao što je *Insert silence*, *Adjust volume* i druge.

Publikovanje predstavlja proces prevođenja projekta u krajnji proizvod u formatu koji odgovara korisnicima tutorijala. Da bi se projekat publikovao potrebno je na paleti sa alatima izabrati opciju *Publish* čime se otvara *Publish* prozor u okviru koga se bira Flash (SWF) format fajla. Klikom na *Publish* dugme započinje proces prevođenja projekta u krajnji proizvod i kada se proces završi izborom opcije *View Output* može se videti izgled projekta na HTML strani.

4. ZAKLJUČAK

Pomoću screencast filmova može se veoma efektno demonstrirati kako se koriste softverske aplikacije. Alat Adobe Captivate kreira softver visokog kvaliteta koji štedi vreme profesorima prilikom kreiranja uputstava za rad (tutorijala) i prezentacija. Prezentacije napravljene korišćenjem ovog programa pomažu u razumevanju materijala koji se ne može na najbolji način objasniti samo korišćenjem teksta i slika. U toku snimanja korišćene su različite funkcije Adobe Captivate alata i može se zaključiti da je ovaj alat pogodan za kreiranje CATIA V5 tutorijala i dovoljno reprezentativan za edukaciju.

5. LITERATURA

- [1] DonationCoder. Dostupno na: <http://www.donationcoder.com/Reviews/Archive/ScreenCasting/>
- [2] Directory of learning tools. Dostupno na: <http://www.c4lpt.co.uk/Directory/Tools/capture.html>
- [3] Adobe – Captivate: Features. Dostupno na: <http://www.adobe.com/products/captivate/productinfo/features/>
- [4] Nikšić, P., Mitrović, A., Zemanić, I., Ulemek, M.: Kompjuterska grafika, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Čačak (2008)
- [5] Marinković, B., Nikšić, P.: Tehničko crtanje i kompjuterska grafika, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Čačak (2006)
- [6] Karam, F., Kleismit, C.: CATIA V5, Kompjuter biblioteka, Čačak (2007)
- [7] Adobe® Captivate™ 3 User Guide for Windows®. Dostupno na: http://help.adobe.com/en_US/Captivate/3.0/captivate_3_help.pdf

CREATING OF THE TUTORIAL FOR SHAFT MODEL MANUFACTURING USING THE CATIA PROGRAMME BY APPLICATION OF ADOBE CAPTIVATE TOOL

Abstract: *This paper shows the procedure of the shaft manufacturing procedure using the CATIA programme by application of the Adobe Captivate tool. Concerning that shaft is a very reliable and the most frequent element in compositions, we consider that it is an element representative enough for the students and engineers who are beginning practical application of the programme CATIA while with the help of the electronic reference book (tutorial) it can be demonstrated very effectively how to use the software programme.*

Key words: CATIA, Shaft, Adobe Captivate, Tutorial, Screencast



KONSTRUKTIVNI RAZLOZI NASTANKA OŠTEĆENJA MAŠINSKIH ELEMENATA

Svetislav Lj. Marković¹

Rezime: *Savremeni zahtevi tržišta (trougao: kvalitet-cena-rok) u aktuelnim uslovima izrade i ostvarenja životnog veka proizvoda (znatno skraćen vek tehničkog dostignuća, sve kraći eksploatacijski vek proizvoda) implicirali su nova shvatanja i prilaze u razvoju proizvoda i procesa konstruisanja. Mogućnosti za preduzimanje mera koje bi smanjile intenzitet habanja i pojavu drugih oštećenja javljaju se, i najveće su, u fazi konstruisanja.*

1. UVOD

Radno sposobnim nazivamo stanje sistema pri kome vrednosti svih parametara koji karakterišu sposobnost sistema da izvrši zadatu funkciju odgovaraju zahtevima normativno-tehničke i (ili) konstrukcione dokumentacije. Istovremeno, to je sposobnost održavanja funkcije sistema pri promenljivim uslovima eksploatacije, te sposobnost povratka u funkciju nakon njenog prekida [6].

Konačni gubitak radne sposobnosti je neminovnost koja se može manje ili više odložiti, ali ne i sprečiti.

Stepen prilagođenosti nekog proizvoda za eksploataciju naziva se eksploatabilnost i može se smatrati kao kriterijum valorizacije proizvoda u veku njegove eksploatacije [2]. Eksploatabilnost sadrži neki osnovni eksploatacioni minimum u kojem je sadržana realizacija funkcija proizvoda, ali i neke posebne zahteve vezane za rukovanje (upravljanje) i sigurnost pogona.

2. OŠTEĆENJA MAŠINSKIH ELEMENATA

Oštećenje je promena stanja mašinskih sistema ili njegovih sastavnih delova, koja ne onemogućava funkcionisanje sistema, ali se može razviti u kvar.

Na mašinskim elemenatima demontiranim iz sklopova ili sistema, koji su bili u eksploataciji, može se uočiti veliki broj raznovrsnih vrsta oštećenja. Sva oštećenja izazvana su posve različitim uzrocima. Karakteristike oštećenja (položaj, veličina i oblik oštećenja, uzroci nastanka i mehanizmi razvoja, posledice njihove pojave na radne karakteristike sistema...) takođe su dosta raznovrsne. To je i razlog što je opšte prihvatljivu klasifikaciju oštećenja mašinskih elemenata teško sačiniti. Ipak, prema uzrocima koji ih izazivaju, oštećenja nastala na mašinskim elementima mogu se podeliti na [3]:

- ❑ prirodna,
- ❑ konstrukcijska,
- ❑ proizvodna,
- ❑ eksploatacijska i
- ❑ poremećajna.

Prirodna oštećenja su posledica veoma složenog fizičko-mehaničko-hemijskog procesa trenja i prirodnog habanja materijala koje se javlja na kontaktnim površinama mašinskih elemenata pri eksploataciji mašina i mehanizama.

Konstrukcijska oštećenja na mašinskim elementima nastaju kao rezultat njihove nepravilne konstrukcije (greške oblika, stvaranje konstruktivnih koncentrata napona, neadekvatno dimenzionisanje delova složenih oblika, nepravilan izbor zazora, materijala, termičke i završne obrade i slično).

¹ Dr **Svetislav Lj. Marković**, profesor, Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, Ulica Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija, E-mail: svetom@nadlanu.com.

Proizvodna oštećenja se javljaju usled grešaka i odstupanja od tehnološkog procesa izrade mašinskog elementa i pri sklapanju sklopova i sistema.

Eksploatacijska oštećenja nastaju kao posledica nepravilne eksploatacije mašinskog sistema i loše organizacije njegovog održavanja.

Poremećajna oštećenja su, u najvećem broju slučajeva, rezultat havarije pri upravljanju mašinskim sistemom, njegovog preopterećenja, nepažnje posluge i zamora materijala.

Sa aspekta dužine životnog ciklusa mašinskog sistema i njegovog održavanja svakako su najznačajnija ona oštećenja mašinskih elemenata, koja prerastaju u kvarove i izazivaju otkaze.

3. KONSTRUKCIJSKA OŠTEĆENJA MAŠINSKIH ELEMENATA

Uzrok loma mnogih mašinskih elemenata je upravo greška konstruktora pri proceni uticaja koncentracije napona na njihovu čvrstoću. Na primer, žleb za klin, oštar prelaz sa jednog prečnika na drugi ili zavareni spojevi su ozbiljni izvori koncentracije napona. Izuzetno dobro poznavanje materijala, načina izrade i završne obrade, termičkog ili hemijsko-termičkog ojačanja, eksploatacionih karakteristika mašinskog elementa, kao i precizan i sveobuhvatan proračun mogu smanjiti pojavu oštećenja izazvanih upravo ovim uzrocima.

U procesu razrade i projektovanja mašina potrebno je izabrati optimalne konstrukcije mašinskih elemenata i sklopova, koje će obezbediti zahtevane eksploatacione karakteristike. Rešenje ovog pitanja nalazi se u primeni progresivnih konstruktorskih mera, koje predviđaju postojanje pouzdane zaštite tribološkog para od spoljne abrazivne sredine i poboljšanje uzajamnog dejstva mašinskih elemenata. Ovo podrazumeva [5]:

- ❑ stvaranje konstrukcija optimalnih oblika i dimenzija, sa regulisanom brзом zamenom pohabanih elemenata zahtevane tvrdoće i deformabilnosti,
- ❑ primenu savremenih mašinskih i specijalnih materijala u konstrukcijama, koji obezbeđuju pouzdan rad mašine u zadatim eksploatacionim uslovima,
- ❑ obezbeđenje uslovne jednakosti čvrstoće elemenata i sklopova mašinskog sistema,
- ❑ povećanje ciklične čvrstoće osnovnih elemenata i celog mašinskog sistema,
- ❑ smanjenje dejstva dinamičkih opterećenja u mašini, uz primenu savremenih sredstava zaštite,
- ❑ kompenzaciju temperaturnih deformacija,
- ❑ primenu progresivnog sistema podmazivanja i savremenih sredstava za podmazivanje, koja odgovaraju režimima trenja kinematskog para,
- ❑ povećanje vremena rada mašinskih elemenata,
- ❑ osposobljavanje za eksploataciju u posebnim klimatskim uslovima (krajnji sever, tropski predeli),
- ❑ smanjenje teškoća izabranih metoda održavanja,
- ❑ obezbeđenje tehnologije remonta mašinskog sistema,
- ❑ očuvanje otpornosti mašine uzimajući u obzir koroziono dejstvo radne sredine u procesu čuvanja i eksploatacije.

4. KVAROVI I OTKAZI MAŠINSKIH ELEMENATA I SISTEMA

Dugogodišnja ispitivanja su pokazala da 80÷90% svih lomova mašinskih elemenata nastaju usled zamora materijala, a ispadanje iz pogona i prevremeni gubitak radne sposobnosti mašinskih sistema najčešće nastaju usled habanja njihovih elemenata. Na zamornu čvrstoću mašinskih elemenata, kao i na druge njihove eksploatacione karakteristike (otpornost na habanje, korozionu otpornost, izdržljivost pri radu sa visokim temperaturama i slično) utiču tri grupe faktora [3]:

1. *Konstruktivni*: šeme, oblici i dimenzije proizvoda i njegovih elemenata, izvori koncentracije napona, zazor, žarišta korozije, uticaj stepena sigurnosti i metodi proračuna na čvrstoću, karakter i brzina dovođenja opterećenja.
2. *Tehnološki*: faktori vezani za: metalurški proces dobijanja metala zahtevane čvrstoće, strukture, hemijskih i fizičko-mehaničkih karakteristika, a takođe i faktori vezani za davanje oblika polufabrikatima i dalju obradu mašinskih elemenata i sklapanje sa podešavanjem mašinskih sistema iz istih.

3. *Eksplotacioni*: uslovi eksploatacije, načini podmazivanja i hlađenja, kvalitet održavanja, servisiranja i remonta, pridržavanje tehničkim uputstvima eksploatacije u zavisnosti od opterećenja, brzina, pritiska i drugih faktora, koji su predviđeni u tehničkim uslovima za izradu i prijem mašinskog sistema.

Kvar je promena stanja mašinskih sistema ili njihovih sastavnih delova, koja onemogućava njihovo funkcionisanje ili je opasna po okolinu. Sa druge strane, otkaz se definiše kao prestanak radne sposobnosti nekog elementa, odnosno prestanak sposobnosti da izvršava zahtevanu funkciju.

Razlog za postojanje održavanja su kvarovi. Održavanje se sprovodi radi:

- ✓ sprečavanja pojave kvara (otkaza) ili
- ✓ otklanjanja kvarova (prelaska iz stanja “u otkazu” u stanje “u radu”).

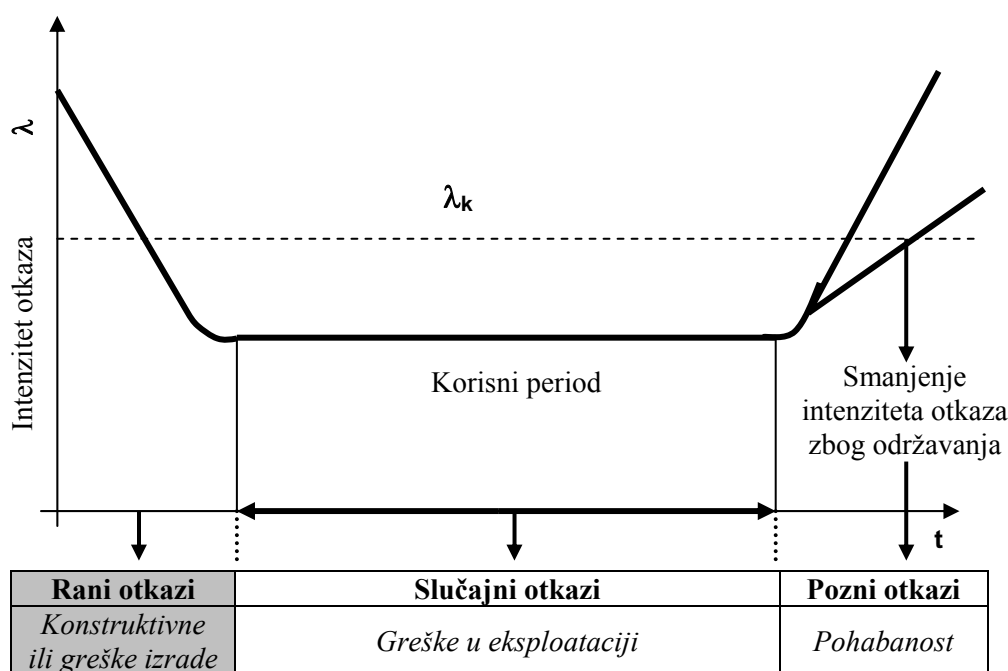
Kvarove delimo s obzirom na izvor nastanka na:

- početne, koji nastaju u početnom periodu rada usled greške pri proračunu, konstrukciji, izradi, montaži, u materijalu...
- slučajne,
- vremenske,
- prouzrokovane.

Najveći broj osnovnih uzročnika otkaza kod mašinskih sistema obuhvata:

- ❑ Greške konstruisanja, proračuna i materijala,
- ❑ Greške proizvodnje i montaže,
- ❑ Greške tokom eksploatacije (nepodešenost, prekomerna mehanička i termička opterećenja),
- ❑ Prisustvo kontaminanata (čvrstih i tečnih).

Greške konstruisanja, proizvodnje i montaže se iskazuju u početnom periodu rada mašinskih sistema i predstavljaju takozvane “rane otkaze” u skladu sa krivom zavisnosti verovatnoće otkaza od vremena (slika 1) [1]. Verovatnoća ovih otkaza opada relativno brzo sa vremenom. Kod dobro konstruisanih i pripremljenih mašinskih sistema uzročnici otkaza se mogu svesti na neadekvatnu eksploataciju i prisustvo kontaminanata.



Slika 1. Karakteristične faze pri eksploataciji mašinskih sistema

Kvarovi i otkazi uzrokuju pojavu zastoja. Zastoj je stanje mašinskog sistema (ili njegovog elementa) u kome on nije u mogućnosti da vrši zahtevanu funkciju.

5. KONSTRUKTIVNI FAKTORI KVALITETA ODRŽAVANJA

Uzajamna zavisnost kvaliteta konstruisanja i kvaliteta novog proizvoda referentno se ocenjuje pri eksploataciji. Eksploatacija je period životnog ciklusa svakog proizvoda u kome se ocenjuje kvalitet konstruisanja, izrade i montaže, a vezana je za fazu formiranja konstrukcije.

Neophodno je da se pri konstruisanju dobro analiziraju režimi rada u kojima će konstrukcija da egzistira. Analize su pokazale da više od 80% otkaza mašina proizilazi usled habanja njihovih elemenata i sistema.

Na dužinu životnog ciklusa mašinskog sistema izuzetan uticaj ima i izbor:

- ❑ podmazivanja,
- ❑ okruženja,
- ❑ zaptivanja...

Propisivanje režima eksploatacije i izbor maziva i okruženja vrše se u fazi konstruisanja. Na dužinu perioda eksploatacije i eksploabilnost mašinskih sistema značajno utiču subjektivne osobine operatora (radnika-izvršioca). Nivo profesionalne obučenosti, antropometrijske i psihofizičke osobine utiču na kvalitet ispravnog eksploatisanja, ali i na kvalitet tehničkog stanja mašinskih sistema. Pravovremeno i kvalitetno rukovanje sistemom je neophodni uslov održavanja njegove pouzdanosti, utemeljene još u procesu konstruisanja i proizvodnje.

Maziva se posmatraju kao elementi konstrukcije mašinskih sistema, a izbor maziva se vrši u fazi formiranja konstrukcije. Kao konstrukcioni element, mazivo treba da izvrši sledeće osnovne funkcije [4]:

- ❑ smanji trenje između spregnutih elemenata,
- ❑ smanji habanje triboparova,
- ❑ odvede toplotu sa kontaktnih površina,
- ❑ zaštititi kontaktne površine, ali i druge neizolovane delove od hemijskog delovanja okruženja,
- ❑ zaptije zatore između spregnutih elemenata,
- ❑ odvodi produkte habanja i čestice zagađenja iz zone kontakta.

Savremeni mašinski sistemi rade u različitim atmosferskim i klimatskim uslovima. Zato je pri formiranju konstrukcije dobro uzeti u obzir uticaj na vek trajanja: vlage, toplote, hladnoće, svetla, prašine, peska, povećanog i niskog atmosferskog pritiska, radijacije i drugih faktora.

Konstruktor najčešće nije u mogućnosti da sam bira karakteristike okruženja u kome će se eksploatisati njegova konstrukcija, niti mu uvek tehnički zadatak, formiran na osnovu zahteva, uslova, ograničenja i želja kupca, definiše detaljne karakteristike atmosferskog okruženja. U tom slučaju najbolje je prethodno analizirati atmosferske i klimatske uslove mogućeg lociranja mašinskog sistema, ili, još bolje, u fazi formiranja konstrukcije zaštititi konstrukciju od mogućeg delovanja agresivnih sredina. Okruženje značajno utiče na procese uzajamnog delovanja elemenata sistema, posebno na intenzitet i mehanizam korozionog i abrazivnog habanja. Dobar izbor materijala za izradu mašinskih elemenata u dobroj meri može minimizirati štetne uticaje okruženja.

Zaštita mašinskih sistema od nepovoljnog delovanja radne sredine (okruženja) se najčešće rešava tehnikom zaptivanja i zaptivnim sklopovima. Zaptivanje je način razdvajanja razolikih sredina, različitih po svojim prirodnim i fizičkim svojstvima. Najčešće je to razdvajanje elemenata i sklopova mašinskog sistema od sredine okruženja, sprečavanje i smanjenje do dopuštenih granica isticanja sredina kroz zatore elemenata sistema. Konačni cilj zaptivanja je hermetizacija elemenata, sklopova ili mašinskih sistema u celini, odnosno nepropustljivost za tečnosti, gasove ili tvrde faze disperzionih sistema. Zaptivanje je značajan eksploataciono-tribološki regulator rada mašinskog sistema, ali samo u uslovima dobrog izbora tehnike zaptivanja, zaptivnih sklopova, pravilne montaže i ispravnog održavanja. Pre konačnog izbora tehnike zaptivanja i vrste zaptivača uzimaju se u obzir [5]:

- ❑ predviđeni režimi rada mašinskog sistema (opterećenja, temperature, brzine klizanja),
- ❑ svojstva sredine okruženja (vlažnost, atmosferski pritisak, temperatura mržnjenja i kapanja, zagađenost, moguće radne temperature...),
- ❑ svojstva materijala spregnutih mašinskih elemenata (čvrstoća, zamorna i relaksaciona svojstva, toplofizičke karakteristike...),
- ❑ konstrukcione karakteristike sistema na mestima gde se predviđa zaptivanje (oblik, konfiguracija, toplofizička svojstva, uslovi hlađenja i podmazivanja, saosnost, topografija kontaktnih površina...),
- ❑ eksploatacija mašinskog sistema (monitoring, održavanje, zamena maziva...),
- ❑ fizičko-hemijski procesi u zoni kontakta (izmena strukture i svojstava materijala, izmena geometrije usled habanja, deformacije...).

Tehnologija održavanja zavisi od konstrukcijskih i drugih osobina sistema koji se održava i uslova u kojima se održavanje sprovodi. Na brzinu obavljanja postupka održavanja jak uticaj ispoljava i tehnološka prilagođenost, odnosno pristupačnost mestima na kojima je potrebno izvršiti podešavanje ili druge radove održavanja.

Provera stanja (dijagnosticiranje) se često može sprovesti bez većih rasklapanja mašinskih sistema uz pomoć odgovarajućih uređaja ili instrumenata. Ukoliko je to nemoguće pristupa se rasklapanju mašina i

opreme i detaljnom premeravanju i ispitivanju vitalnih sastavnih elemenata. Mogućnost pravovremenog i tačnog uočavanja nastalog otkaza, odnosno uočavanja stanja koje traži sprovođenje određenih postupaka održavanja ima veliki značaj sa aspekta brzine i kvaliteta održavanja mašinskih sistema.

Proklamovani ciljevi nauke o konstruisanju su razvoj metoda i postupaka, te razrada propisa koji omogućavaju kvalitetnije, ali i racionalnije konstruisanje.

U životnom ciklusu novog mašinskog sistema (tehnički uslovi, konstruisanje, izrada, montaža, eksploatacija, održavanje, remont, regeneracija) najznačajnije primene novih znanja postignute su u procesima konstruisanja i održavanja.

Kvalitet konstruisanja je jedan od bitnih faktora kvaliteta mašinskih sistema i jedan od najznačajnijih uslova u razvoju proizvoda (mašinskih sistema).

Tehnički problemi koje inženjer-konstruktor rešava pri stvaranju novog mašinskog sistema uvek su interdisciplinarnog i multidisciplinarnog karaktera. Kreativni duh konstruktora povezuje znanja većeg broja naučnih disciplina da bi odgovorio na sva pitanja koja se pojavljuju u procesu stvaranja novog proizvoda (mašinskog sistema).

Konstruisanje je u svim svojim oblicima prilagođeno realnosti. Od konstruktora-kreatora se zahteva da u svim svojim misaonim, stvaralačkim, kreativnim i ostalim operacijama neprestano vodi računa i ocenjuje spoljašnje uslove i okolnosti realnog sveta.

Za vrednovanje i konačno donošenje odluke koju konstrukciju odabrati koriste se dva kriterijuma: tehnički i ekonomski.

Tehnički kriterijumi svakog mašinskog sistema su mera tehničke prihvatljivosti i ocena tehničke pogodnosti konstrukcije. Osnova za definisanje tehničkog kriterijuma je lista zahteva postavljena pri utvrđivanju projektnog zadatka. To ne isključuje naknadno proširenje liste parametara tehničkog kriterijuma, posebno za originalne konstrukcije. Lista parametara koji sačinjavaju tehničke kriterijume je brojna, pa se uključeni parametri mogu svrstavati u sledeće grupe:

- Ispravnost i kvalitet izvršenja zadate funkcije (kapacitet, produktivnost, potrošnja energije, tačnost, brzina izvršenja funkcije...),
- Sigurnost ili pouzdanost. Održavanje manje pouzdanih sistema je složenije, skuplje, uz smanjenje efektivnog vremena korišćenja. Bezbednost okoline (ljudi i sredstava) je takođe značajan parametar pri izboru rešenja. Ekološki uticaj na okolinu postaje sve značajniji parametar tehničkog kriterijuma u okviru proklamovanog cilja održavanja i zaštite životne sredine.
- Održavanje i troškovi održavanja su interaktivno vezani sa pouzdanošću mašinskih sistema i važni su parametri vrednovanja. Pogodnost održavanja obuhvata stepen složenosti popravke, broj delova sa ograničenim vekom, dužinu vremena između intervencija, zadržavanje izvan pogona i drugo. U ovu grupu parametara mogu se uključiti i troškovi održavanja: pogonske energije, ulja, vode i drugih pogonskih materijala, ali i troškovi rezervnih delova, popravki...
- Ergonomičnost mašinskog sistema zasnovana je na principima opšte prilagođenosti psihičkim i fizičkim karakteristikama čoveka: mašinski sistem mora odgovarati anatomske građi čoveka, psiho-fizičkim osobinama čoveka i mora biti prilagođen antropometrijskim svojstvima čoveka.

Ekonomski kriterijumi obuhvataju parametre vezane za troškove proizvodnje, odnosno troškove izrade formirane konceptijske varijante.

Formiranje konstrukcije podrazumeva definisanje oblika i dimenzija delova konstrukcije, materijala, kvaliteta i tačnosti, ali i svih drugih neophodnih svojstava za početak proizvodnje. Još u fazi formiranja konstrukcije neophodno je izvršiti ocenu pouzdanosti elemenata, sklopova i celine, izbor najracionalnijih konstrukcionih šema, koje obezbeđuju najpovoljnije uslove trenja elemenata, izabrati materijale otporne na habanje, dinamička i udarna opterećenja, definisati makro i mikrogeometriju radnih površina, odrediti racionalne režime rada konstrukcije.

U fazi konstruisanja neophodno je definisati:

- ▣ oblik delova konstrukcije i konfiguraciju konstrukcije kao celine,
- ▣ dimenzije delova konstrukcije i gabaritne mere same konstrukcije,
- ▣ materijal za izradu delova konstrukcije, postupke njihovog ojačanja i zaštite,
- ▣ kvalitet i tačnost, tolerancije, hrapavost i druge karakteristike delova konstrukcije,
- ▣ način izrade, veličinu serije, cenu...

Osnovne smernice u fazi formiranja konstrukcije definisane su zahtevima sadržanim u tri osnovna pojma: jednoznačnost, jednostavnost, sigurnost. Jednostavnost je sinonim ekonomičnosti konstrukcionog rešenja u kome je sadržana težnja realizovanja konstrukcije sa što manjim brojem delova i jednostavnom strukturom sistema. Sigurnost je bitno svojstvo konstrukcije koje podrazumeva sigurnost delovanja

(nosivost), sigurnost funkcionisanja (pouzdanost), sigurnost rada (bezbednost) i sigurnost okoline (zaštitu okoline).

6. ZAKLJUČAK

Budući da je radna površina konstrukcionog dela pozornica na kojoj se odvija habanje, delovanjem na njene osobine direktno se utiče na intenzitet habanja. Još u fazi konstruisanja treba voditi računa o mogućnostima obezbeđenja lake zamene delova koji se intenzivno habaju, zatim o geometrijskom oblikovanju mašinskog dela tako da se smanji trenje, ili koncentriše, odnosno raspodeli, habanje. Takođe, izbor materijala i oblika treba da je takav da omogućava racionalno regenerisanje pohabanih delova. Borba protiv habanja treba da započne još u fazi konstruisanja.

LITERATURA

- [1] Jeremić B.: *Terotehnologija – tehnologija održavanja tehničkih sistema*, Kragujevac, 1992.
- [2] Marković S.: *Održavanje mašina i opreme*, Viša tehnička škola, Čačak, 2006.
- [3] Marković S., Tanasijević S., Jovičić S.: *Uticaj konstruisanja na pojavu oštećenja, kvarova i otkaza mašinskih elemenata i sistema*, Zbornik radova sa naučno-stručnog skupa “Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i sistema IRMES '06”, Banjaluka, 21÷22. septembar 2006.
- [4] Marković S., Tanasijević S., Jovičić S., Josifović D.: *Unapređenjem procesa konstruisanja do kvalitetnijeg održavanja*, 34. Nacionalna konferencija o kvalitetu “Festival kvaliteta 2007”, Zbornik radova, Kragujevac, 08÷11. maj 2007.
- [5] Tanasijević, S.: *Tribološki ispravno konstruisanje*, monografija, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2004.
- [6] Todorović J.: *Osnovi teorije održavanja*, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.

CONSTRUCTIVE REASONS FOR CREATION OF DAMAGE OF MACHINERY PARTS

Abstract: The modern market demands (the triangle: quality-price-deadline) under the current conditions of manufacturing and completion of the life-cycle of a product (considerably decreased life-cycle of a technical achievement, increasingly shorter exploitation period) have implied new theories and approaches to the development of the product and the process of its construction. The greatest possibilities for taking precautions in order to decrease the intensity of wear and occurrence of other damage appear in the phase of construction.

**АНАЛИЗА НАПОНА У КОМПОЗИТНОМ УНИДИРЕКЦИОНОМ МАТЕРИЈАЛУ
T300/976 CARBON/EPOXY ПРИ НАПРЕЗАЊУ НА ЗАТЕЗАЊЕ У ПРОГРАМИМА
PATRAN И NASTRAN**

мр Драган Д. Крецуљ, дипл.инж.маш.

Резиме

Композитни материјали имају велики удео у конструкцијама савремених ваздухоплова. Оштећења, која се формирају у композитним материјалима током производње или експлоатације, могу бити различита. Софтверски пакети, базирани на МКЕ (методи коначних елемената), могу се користити да би се предвидела могућа оштећења ваздухопловних конструкција. На тај начин одређују се карактеристична места са највећим напонима. Оштећења у структури и евентуално лом прво ће настати на тим локацијама. Извршено је испитивање напона на моделу од композитног унидирекционог материјала T300/976 Carbon/Epoxy при напрезању на затезање у софтверима Patran и Nastran.

1. УВОД

Увођење нових технологија прати развој и употреба савремених материјала. Композитни материјали се у данашње време интензивно развијају и користе. Они подразумевају чврсту везу два или више саставних елемената, који су сједињени у, без разарања, нераздвојиву везу, са циљем добијања знатно бољих механичких и других карактеристика, од оних које су поседовали њихови саставни елементи пре сједињавања.

Композите карактеришу особине, које их чине посебним и издвајају од других материјала: велика чврстоћа и крутост, мала густина и маса, отпорност на корозију и високе температуре, хемијска инертност, могућност израде сложених облика. Већина композита ствара се у циљу побољшања комбинације механичких карактеристика материјала, као што су крутост, жилавост и чврстоћа у условима деловања околине, односно при повишеној температури. Особине композитних материјала одређене су својствима присутних фаза, њиховим садржајем, геометријом ојачања (обликом, величином, расподелом и оријентацијом) [2]. За примену композитних материјала у ваздухопловству, најважнија особина је њихово понашање при динамичким оптерећењима и отпорност на замор [1].

Количина и степен оштећења у конструкцијама ваздухоплова могу бити различити. Таква оштећења могу имати занемарљив утицај, али могу бити и критична за интегритет и век конструкција. Механизми оштећења композитних материјала могу се поделити на интраламинарне и интерламинарне. Интраламинарни механизми изазивају лом влакна и прскање матрице, док интерламинарни механизми оштећења узрокују одвајање слојева (деламинацију).

Основна карактеристика пројектовања савремених ваздухоплова је употреба сложених софтверских пакета, како у фази пројектовања, тако и у фази испитивања. Већина ових софтвера заснива се на методи коначних елемената. Уз помоћ тих програма, могуће је одредити тачан број мерних места на структури, са повећаним напонским стањима. То омогућује оптимизацију потребне мерне опреме, која се интегрише на летелицу, чиме се директно утиче на скраћење времена испитивања и смањење цене пројекта. Исти такав поступак пружа могућност за праћење дефеката у структурама током периода њихове експлоатације.

2. СТРУКТУРНА АНАЛИЗА ВАЗДУХОПЛОВНИХ КОНСТРУКЦИЈА

2.1 Опште

Структурна анализа представља поступак којим се долази до релевантних података за моделовану структуру. Ти подаци могу бити: напони, померања, осциловања, итд. Методе структурне анализе деле се на: аналитичке, нумеричке и експерименталне. У савременим пројектовањима користи се читав низ програмских пакета, као што су: CATIA, Nastran, Patran, Ansys, PRO/Engineer и други, који омогућавају брз рад на различитим проблемима. Својом тачношћу ови програми пружају могућност да се још у раној фази пројектовања добију поуздане информације о ваљаности претпостављених димензија и исправности предвиђених конструктивних решења. Предности пројектовања применом ових програмских пакета су многоструке. Пре свега оне се огледају у лакоћи прављења модела и могућностима његових корекција. Уочене недостатке конструкције лако је одстранити и поново извршити прорачун. Уз то, време потребно за извршење неке анализе је доста смањено.

Већина софтверских пакета који имају могућност структурне анализе, заснива се на методи коначних елемената. Метода коначних елемената, МКЕ, (позната још и као FEM-Finite Element Method) представља нумеричку методу структурне анализе [3]. Основна идеја ове методе је физичка дискретизација континуума. То подразумева поделу разматраног домена (неке структуре) на коначан број елемената малих димензија, једноставног облика, који представљају основу за сва разматрања. Тако се добија такозвана мрежа коначних елемената.

Теоријски посматрано разматрани домен има бесконачно много степени слободе. Овом методом такав стварни систем се замењује моделом, који има коначан број степени слободе. Математички гледано, уместо система диференцијалних једначина, које дефинишу стање равнотеже целокупног модела, применом МКЕ добија се систем обичних алгебарских једначина. Преласком из математичког у физички домен, читав процес се своди на компликован (али решиви) систем једначина. При дискретизацији континуума може се користити један тип коначних елемената или комбинација више типова. Сви коначни елементи повезани су заједничким чворовима, тако да чине првобитну конструкцију. Прорачун зависности оптерећења и померања врши се само у појединим тачкама коначних елемената, које се називају чворовима. Због једноставних геометријских облика, могуће је поставити зависност спољашњег оптерећења и померања у чворовима, са померањима у унутрашњости коначног елемента, одређеним интерполационим функцијама или функцијама облика. Применом одговарајућих поступака, који разматрају стања померања свих коначних елемената у моделу структуре, може се добити стање померања у свим чворовима модела конструкције. На основу познатих померања у чворовима, врши се одређивање напона, како у чворовима, тако и у другим тачкама коначног елемента, чиме је омогућена анализа напонско-деформационог стања конструкције [5].

Пошто је број дискретних модела за један гранични проблем неограничено велики, основни задатак је да се изабере онај модел који најбоље апроксимира одговарајући гранични услов. У случају непостојања егзактних критеријума, што је у великој мери ствар инжењерске интуиције и квалитативног познавања природе разматраног проблема, теорија коначних елемената омогућава да се дође до одговора на ово веома важно питање.

МКЕ се користи да се предвиде: напони и деформације у комплексним и необично обликованим компонентама; услови струјања флуида око објеката; трансфер топлоте кроз гасове и материјале и у другим апликацијама. Комплетан модел узима у обзир геометрију компоненте, коришћени материјал, услове оптерећења, граничне услове и друге значајне факторе. Одговарајућа употреба МКЕ дозвољава да компонента буде тестирана пре него што је направљена. Узастопне итерације допуштају да део буде модификован, да би достигао минималну тежину уз обезбеђење адекватне чврстоће. За приказ основних једначина у МКЕ користе се варијационе методе [4]. У зависности од примењене варијационе методе разликују се три основна вида ове методе: метода померања, метода сила и мешовита метода.

Главну предност пројектовања помоћу рачунара представља могућност симулације. Некада је било неопходно физички направити модел да би се испитале његове особине, а данас се највећи део посла обавља у виртуелном окружењу.

2.2 Испитивања структура ваздухоплова

Пре неколико деценија, фаза испитивања ваздухоплова се готово искључиво састојала од испитивања у лету, током које су се на најдиректнији начин одређивале перформансе летелице.

Показало се да то тражи много времена, поскупљује пројекат, а понекад представља ризик за саму летелицу и посаду која управља њоме. Данас се фаза испитивања у великој мери обавља у земаљским условима, да би се неки резултати проверили у лету, али према знатно редукованом обиму одређеног програма испитивања [3].

Програм земаљских испитивања најчешће обухвата статичка испитивања, током којих се симулирају статичка оптерећења често до степена оштећења конструкције. Касније следе динамичка тестирања на замор појединих делова конструкције летелице (крило, труп, репне површине, стајни трап, итд.). Летна испитивања представљају коначну проверу поузданости рада свих система у комплексним радним условима летелице, уз безбедно летење и лаку управљивост унутар пројектоване анvelope лета. Испитивања у лету представљају област примењених истраживања, са употребом веома савремених мерних аквизиционих система, којима се омогућују објективна мерења великог броја параметара.

Савремени прототипови ваздухоплова представљају сложене системе које треба ефикасно и квалитетно испитати на земљи и у лету. Током века употребе ваздухоплов може бити модификован или модернизован, што такође захтева верификацију током испитивања. Захваљујући софтверским симулацијама могуће је велико смањење времена, потребног за обављање сложених прорачуна, а такође редукује се и могућност појаве грешака током пројектовања.

Подаци добијени у фази испитивања у стварним условима лета су од велике важности, јер обезбеђују повратну информацију тиму пројектаната о оправданости њихове процене, или дају простор за алтернативу у пројекту. Испитивања у лету веома су сложена и обимна, са огромним бројем података, које треба прикупити у тачно дефинисаном временском периоду. Употребом специфичних софтверских пакета могуће је дефинисати тачан број мерних места, а самим тим извршити оптимизацију потребне мерне опреме, која се интегрише на летелицу, чиме се директно утиче на скраћење времена испитивања и смањење цене пројекта [3].

Верификација оштећења представља најкрућу употребу структуралне (структурне) анализе. Корелација МКЕ података са постојећим условима захтева пажљиво испитивање граничних услова, особина материјала, геометрије, оперативног окружења и стварно оштећеног дела. Претпоставке и апроксимације морају бити сведене на минимум.

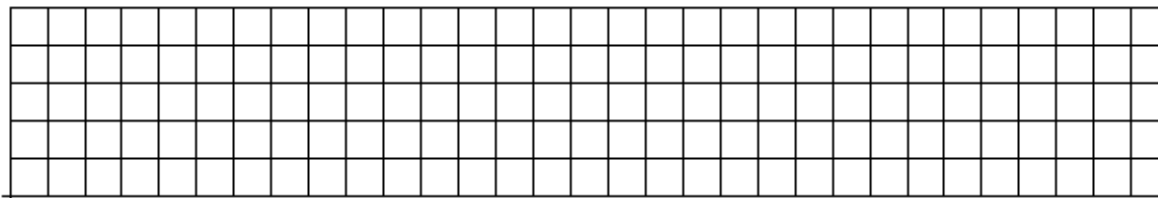
3. ОПИС ИСПИТИВАЊА

Извршено је симулационо испитивање напона при напрезању на затезање у композитном унидирекционалном материјалу T300/976 Carbon/Ероху. За анализу су коришћени софтверски пакети MSC Patran и Nastran. Програм Patran има улогу и претпроцесора и постпроцесора. У програму Patran (претпроцесору) се за испитивани модел дефинишу облик, мрежа елемената, услови ослањања, материјали и оптерећења. Затим, на основу тих података, софтвер Nastran извршава прорачун напона. На крају програм Patran (постпроцесор) приказује одговарајуће расподеле напона. Осим расподеле напона, приказаће се и дистрибуције индикатора отказа и маргина сигурности.

3.1 Формирање модела

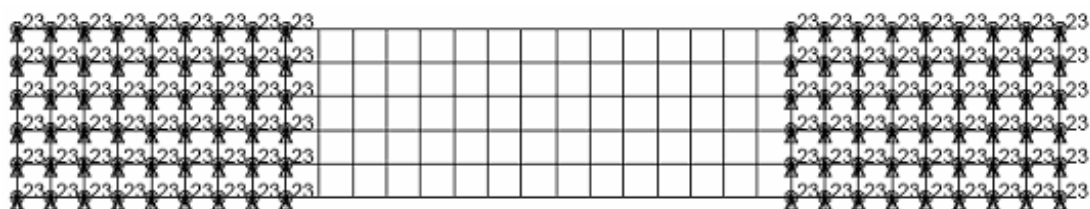
Тест узорак је типична плочаста епрувета правоугаоног попречног пресека препоручених димензија, односно дужине 155 mm, ширине 25 mm и дебљине 0.13 mm.

Димензије елемента су 5x5 mm. Мрежа елемената приказана је на слици 1.



Слика 1. Мрежа елемената

Ограничења померања представљена су на слици 8.2.

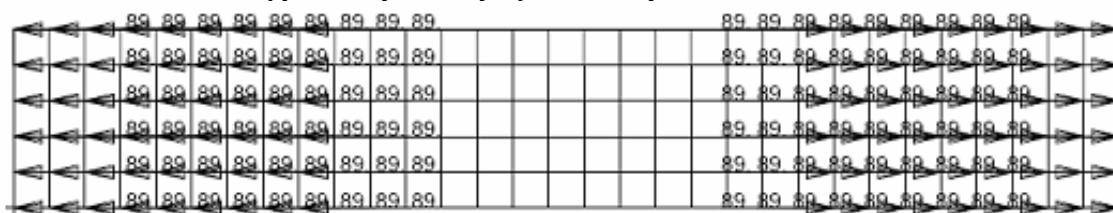


Слика 2. Ограничења померања

Затим су извршени унос карактеристика материјала, креирање композита слагањем ламината (само један слој ради упрошћавања анализе) и додељивање особина елементима модела.

3.2 Прорачун оптерећења

На основу Tsai Wu критеријума отказа, односно напона при којем долази до попуштања, вредност границе напона затезања је једнака 1475 МПа, може се закључити да ће материјал попустити при сили $F = 1475 \cdot (25 \cdot 0.13) = 4794 \text{ N}$. Када се сила од 4794 N распореди на 54 чвора (nodes) добија се $4794/54 = 89 \text{ N}$ -сила по чвору. Силе у моделу приказане су на слици 3.

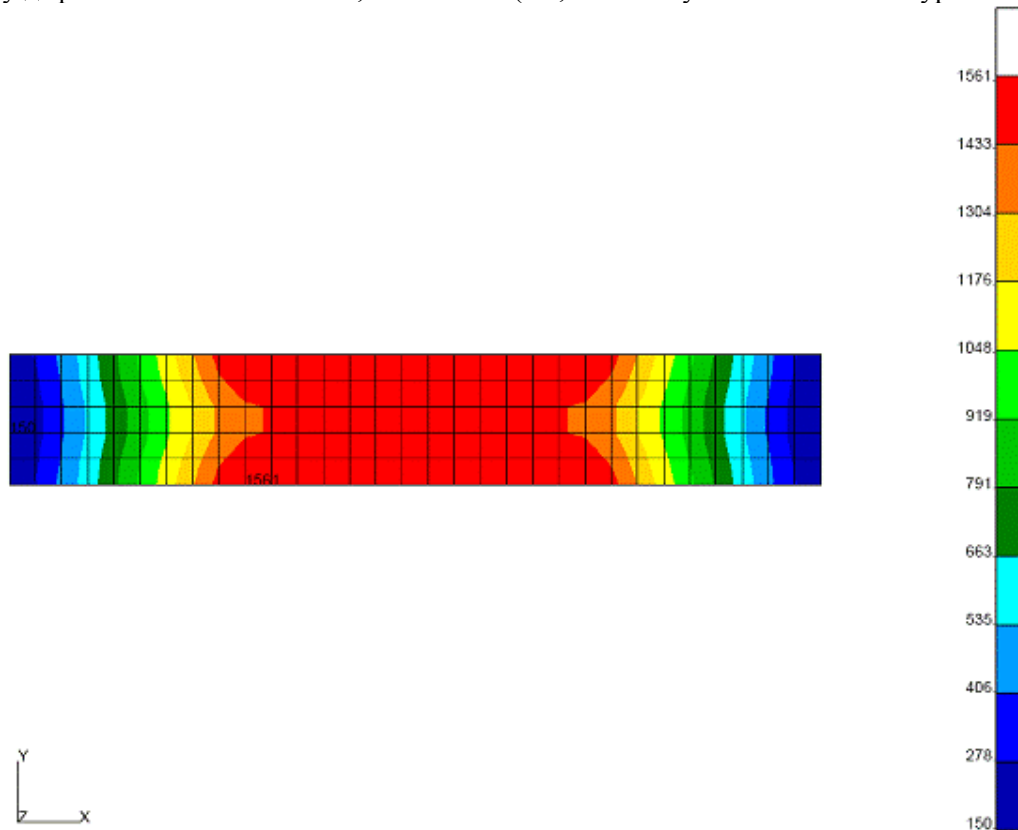


Слика 3. Силе у моделу

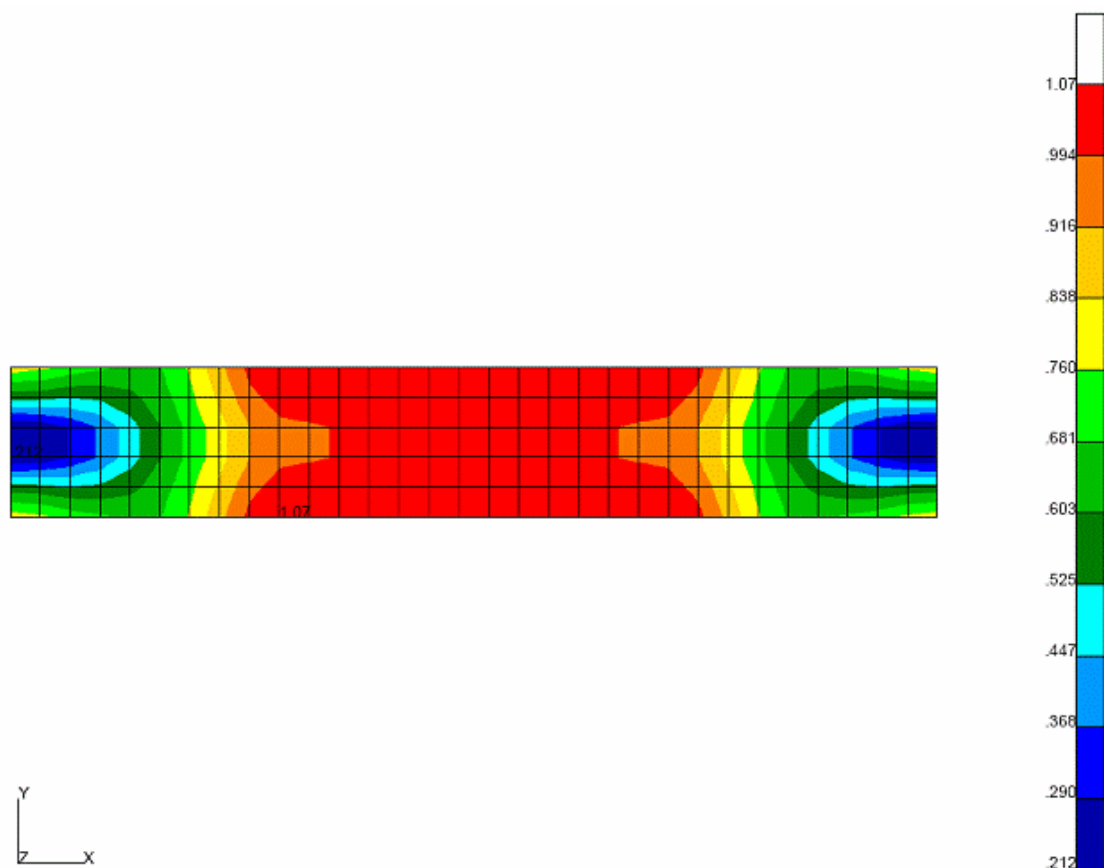
4. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА

Расподела напона по моделу приказана је на слици 4. Представљени су и индикатори отказа (Failure Indices, FI) и маргине сигурности (Margins of Safety, MS) на сликама 5 и 6.

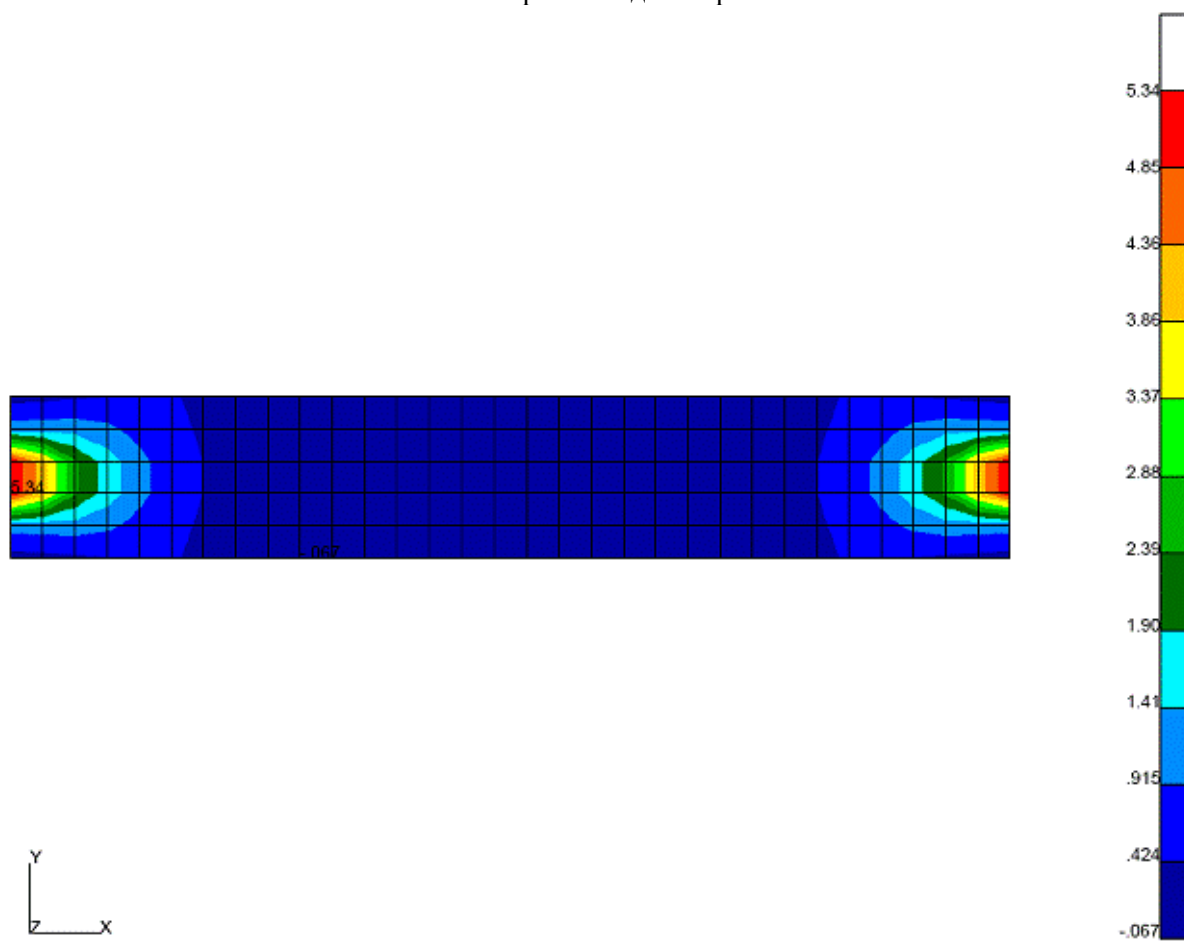
FI и MS су дефинисани као: $FI = 1/RF$, $MS = RF - 1$ (RF, Reliability Factor-степен сигурности).



Слика 4. Расподела напона



Слика 5. Приказ индикатора отказа



Слика 6. Приказ маргина сигурности

5. ЗАКЉУЧАК

Оштећења која настају у конструкцијама ваздухоплова од композитних материјала могу имати различите узроке. Она могу настати у процесу производње или експлоатације тих конструкција. У структурама се јављају различита оштећења, квантитативно и квалитативно. Таква оштећења могу имати занемарљив утицај, али могу бити и критична за интегритет и век конструкција од композитних материјала. Зато је изузетно важно проценити и одредити стање у конструкцији услед оштећења. Потребно је тачно предвидети где ће се појавити оштећења, како ће се она ширити и када ће евентуално настати лом и отказ структуре.

Развој модерних војних и цивилних ваздухоплова, у свету и у нашој земљи, захтева велика новчана средства. Због тога је присутна тенденција за развијањем софтверских пакета, којима би се могла предвидети карактеристична места на конструкцијама ваздухоплова. Ови програми за структурну анализу углавном се базирају на методи коначних елемената (МКЕ). У њима се, на формираном моделу, симулирају реални услови којима је конструкција изложена током радног века. Резултати симулације пружају могућност за праћење и анализу критичних места на конструкцијама у току процеса пројектовања, али и за време њихове експлоатације.

У циљу анализе напона у композитним материјалима употребљени су софтверски пакети Patran и Nastran. Изабран је одређени композитни материјал и формиран одговарајући модел, који је ради поједностављења састављен од само једног слоја. Извршено је симулационо испитивање тог модела на затезање. Коришћењем одговарајућих програма добијена је расподела напона по моделу. Поред тога приказана је и дистрибуција индикатора отказа и маргина сигурности на истом моделу.

На основу резултата испитивања из ових програма, одређују се потенцијално критична места у конструкцијама, с обзиром на постојање максималних напона и сходно томе могућу појаву оштећења и лома. Добијени подаци могу се даље користити за испитивање и анализу присутних оштећења на тим локацијама у реалним конструкцијама. Претпоставља се да се модел понаша готово исто као и стварна конструкција. То треба експериментално доказати и потврдити. Тако ће се добити тачан увид у стање конструкције услед оштећења, уз максималну оптимизацију у погледу времена и трошкова испитивања исте.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бошко Рашуо: Технологија производње летелица, Машински факултет Београд, 1995.
- [2] Љубинка Јоловић: Оптимизација процеса добијања композитних материјала применом математичког моделирања њихових карактеристика, докторска дисертација, Машински факултет Београд, 2003.
- [3] Мирослав Јовановић, Зоран Филиповић: Примена софтверског пакета CATIA у предвиђању могућих оштећења реалних ваздухопловних конструкција, Ваздухопловни опитни центар Београд, 2005.
- [4] Мирко Јосифовић: Основи структуралне анализе аеротехничких конструкција, Машински факултет Београд, 1979.
- [5] Аница Милошевић: Пројектовање и производња механизма подржани рачунаром, магистарски рад, Машински факултет Ниш, 2002.

STRESS ANALYSIS IN COMPOSITE UNIDIRECTIONAL MATERIALS T300/976 CARBON/EPOXY ON STRAIN TRACTION IN SOFTWARES PATRAN AND NASTRAN

Abstract

Composite materials have a large part of use in constructions of modern aircrafts. Damages in the composites, which are formed in composite materials during production and exploitation can be different. Software packages, based on FEM (Finite Element Method), can use in order to predict the possible damages of aircraft constructions. In that way characteristic places with maximal stresses are determined. Damages in structure and eventually fracture will be created at first in this locations. Stress probe in a model from composite unidirectional materials T300/976 Carbon/Epoxy on strain traction in softwares Patran and Nastran has done.

34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



30. simpozijum

NU * ROBOTI * FTS

Beograd, jun 2008.

NU – ROBOTI – FTS
NC - ROBOTS – FMS

Tabaković, S., Zeljković, M., Gatalo, R. AUTOMATIZACIJA MODELIRANJA SKLOPOVA PRIMENJENA U PROCESU PROJEKTOVANJA MAŠINA ALATKI NA BAZI PARALELNIH MEHANIZAMA	3.1
Lečić, M., Kokotović, B., Čantrak, Đ. UREĐAJI ZA POZICIONIRANJE I REPARACIJU SOND I SA ZAGREJANIM VLAKNIMA ZA IZUČAVANJE TURBUKLENTNOG VIHORNOG STRUJANJA U CEVIMA	3.7
Živković, A., Zeljković, M., Borojev, L. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE TOPLOTNO-ELASTIČNOG PONAŠANJA SKLOPA VISOKOBRZINSKOG GLAVNOG VRETENA	3.13
Dimić, Z., Živanović, S., Kvirgić, V. KONCEPT RAZVOJA CNC UPRAVLJANJA ZA MAŠINE ALATKE SPECIFIČNE KONFIGURACIJE NA BAZI EMC SOFTVERA	3.19
Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Dimić, Z. EDUKACIONA TROOSNA MAŠINA SA PARALELNOM KINEMATIKOM.....	3.27
Joka, M., Lazarević, M. PRIMENA ALGORITAMA UPRAVLJANJA BAZIRANIH NA FUZZY LOGICI U UPRAVLJANJU ROBOTOM SA TRI STEPENA SLOBODE	3.35
Bojović, B., Stamenković, D., Babić, B. MIKROTEHNOLOGIJA BIOMEDICINSKIH POVRŠINA	3.40
Vukelić, Đ., Hodolić, J., Todić, V., Sovilj, B. MODEL INTEGRALNOG SISTEMA ZA PROJEKTOVANJE PRIBORA	3.46
Antić, A., Petrović, P., Zeljković, M., Hodolić, J. PREPOZNAVANJE STANJA POHABANOSTI ALATA ANALIZOM VISOKOFREKVENTNOG DELA SPEKTRA VIBRACIJA.....	3.52
Vukićević, M., Bjelić, M., Miodragović, G. ODREĐIVANJE DIMENZIJA RASTOPA PRIMENOM NUMETIČKIH METODA	3.58
Radić, V. TEHNOLOGIJA SEČENJA VODENIM MLAZOM	3.63

NU – ROBOTI – FTS - 2. STRANA

← NAZAD

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

Nedić, B., Baralić, J. UTICAJ PARAMETARA OBRADJE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM NA KVALITET OBRADENE POVRŠINE.....	3.69
Хейфец, М., Грецкий, Н., Кожуро, Л. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ.....	3.75
Toth-Tascau, M., Dreucean, M., Vermesan, H., Stoia, D., Malita, D., Vermesan, D. A COMBINED BIOMECHANICAL-RADIOLOGICAL ANALYSIS OF A PATIENT NEEDING A HIP IMPLANT REVISION	3.81
Rusu, G., Toth-Tascau, M., Bandur, G., Rusu, L. MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOME POLY(METHYL METHACRYLATE) BASED POLYMERS WITH BIODEGRADABLE POTENTIAL.....	3.87
Todorović, I., Jovanović, R., Savić, M., Kukobat, Z., Kuzmanović, S. RAZVOJ FAMILIJE DVOSTUBNIH RASTAVLJAČA ABS MINEL EOP, TIPA RS(ZZ).....	3.93
Pejčić, N., Grubor, N., Kovinić, D. RAZVOJ NOVE GENERACIJE TRANSFORMATORA C'C KLASSE SA POVEĆANIM STEPENOM ISKORIŠĆENJA ENERGIJE.....	3.99
Pavićević, Ž., Kvirgić, V., Vuković, Đ., Mićunović, J. UNAPREĐENJE IZVOZA INDUSTRIJE ALATNIH MAŠINA	3.105
Papić, S., SARVAN, M. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE UGAONOG POMERANJA PRI SUČEONOM ZAVARIVANJU LIMOVA	3.112
Kokotović, B. ALGORITAM ZA OTKRIVANJE ULASKA LINEARNOG DINAMIČKOG SISTEMA U NESTABILNO PODRUČJE.....	3.118
Veljić, M., Požidajeva, V., Živković, D. KOEFIČIJENT GOTOVOSTI TRAKTORA KAO MERILO NJEGOVE EFEKTIVNOST.....	3.126
Tanović, L., Puzović, R., Popović, M., Kovljenić, B., Vasić, Ž. RAZVOJ I PRIMENA NOVIH ALATA U TEHNOLOGIJI OBRADJE KAMENA NA BAZI MERMERA I GRANITA - REKAPITULACIJA UKUPNIH REZULTATA NA PROJEKTU TR- 6338B	3.133
Kalajdžić, M., Babić, B., Miljković, Z., Kokotović, B., Popović, M., Lukić, L., Đapić, M., Radiša, R., Uzunović, S., Slavković, R. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА АУТОМАТИЗОВАНОГ ПРОЈЕКТОВАЊА ОБРАДНИХ СИСТЕМА И ПРОЦЕСА У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА - РЕКАПИТУЛАЦИЈА УКУПНИХ РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ TR-6319Б	3.148

Tabaković, S., Zeljković, M., Gatalo, R.¹

AUTOMATIZACIJA PROCESA MODELIRANJA KOMPLEKSNIH SKLOPOVA NA PRIMERU PROJEKTOVANJA MAŠINA ALATKI NA BAZI PARALELNIH MEHANIZAMA

Rezime:

Jedan od najznačajnijih pravaca istraživanja u oblasti projektovanja proizvoda poslednjih godina predstavlja automatizacija prostornog modeliranja kao osnova za uspešnu realizaciju celokupnog procesa projektovanja. U skladu sa tim je razvijen veći broj metoda za automatizaciju modeliranja različitog nivoa kompleksnosti. U radu su prikazane metode automatizacije procesa modeliranja sklopova koje su implementirane u danas najčešće primenjivane CAD/CAE/CAM programske sisteme opšte namene. Kao primer njihove kombinovane primene u pojedinim fazama automatizovanog modeliranja opisana je metodologija modeliranja sklopova u programskom sistemu za projektovanje konceptnog rešenja mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama „Paralelni mehanizam”.

Ključne reči: *Automatizacija modeliranja sklopova, programski sistemi opšte namene, mašine alatke na bazi paralelnih mehanizama,*

1.0 UVODNA RAZMATRANJA

Uporedo sa razvojem potrošačkog društva, poslednjih decenija, uočava se tendencija ka smanjenju životnog veka proizvoda, što inicira zahteve tržišta za razvojem novih. Samim tim se javlja potreba za usavršavanjem i ubrzavanjem procesa nastanka proizvoda. Ovakav razvoj tržišta je između ostalog omogućila i primena savremenih, računarskih, sredstava u procesu projektovanja i definisanja tehnologije izrade proizvoda.

Jedan od najznačajnijih ciljeva savremenih istraživanja u oblasti projektovanja proizvoda predstavlja usavršavanje procesa modeliranja proizvoda, kao osnove njihovog daljeg razvoja, u koje spadaju: računarske analize, optimizacija konstrukcije i projektovanje tehnologije izrade. Realizacijom ovih istraživanja su ostvareni preduslovi za unapređenje CAD/CAE/CAM programskih sistema opšte namene što je u velikoj meri i ostvareno uvođenjem novih metoda modeliranja u poslednje generacije ovih sistema.

U radu su prikazani savremeni prilazi automatizaciji procesa modeliranja sklopova, kroz opis odgovarajućih metoda koje su implementirane u, danas najčešće primenjivane, CAD/CAE/CAM programske sisteme opšte namene. U drugom delu je prikazan primer njihove kombinovane primene u procesu projektovanja mašina alatki. To se odnosi na opis strukture i prikaz rezultata dobijenih primenom programskog sistema „Paralelni mehanizam”, namenjenog za projektovanje konceptnog rešenja mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama.

2.0 AUTOMATIZACIJA MODELIRANJA SKLOPOVA PRIMENOM PROGRAMSKIH SISTEMA UNIVERZALNE NAMENE

Poslednjih godina, uporedo sa razvojem računarske tehnike i programskih sistema, razvijeno je više metoda za automatizaciju modeliranja, koje obuhvataju kako pojedinačne modele tako i sklopove. Savremeni CAD/CAE/CAM programski sistemi, koji su realizovani kao kompleksne programske strukture, najčešće imaju implementirane metode za automatizaciju modeliranja proizvoda. Ove metode se, prema kompleksnosti i mogućnosti primene, mogu podeliti u tri grupe i to metode zasnovane na:

¹ dr Slobodan Tabaković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tabak@uns.ns.ac.yu

Prof. dr Milan Zeljković, dipl. ing, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, milanz@uns.ns.ac.yu

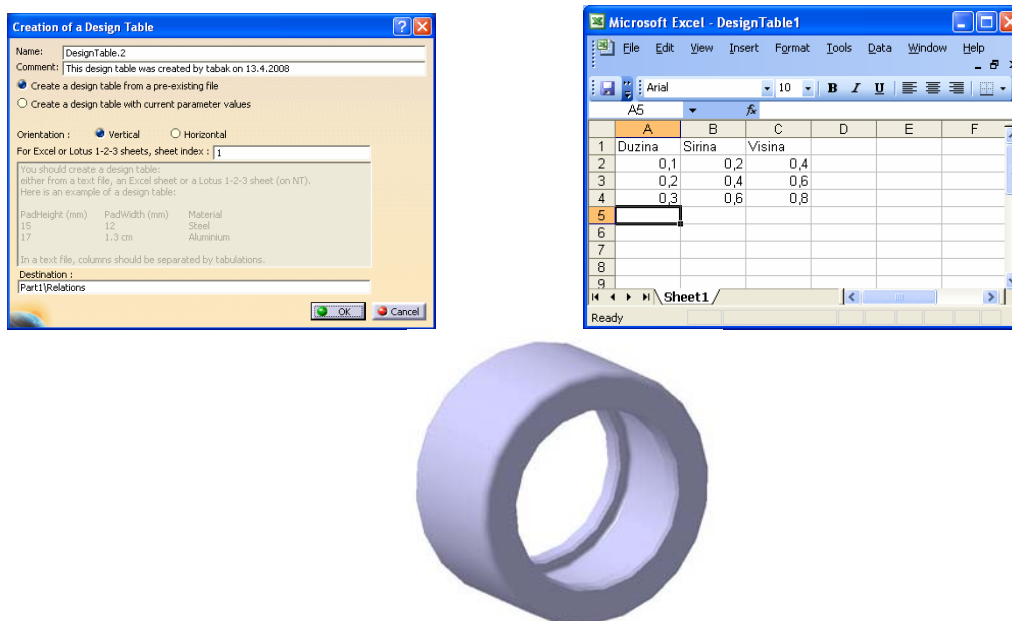
Prof. dr Ratko Gatalo, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, gatalora@uns.ns.ac.yu

- tabelarnoj interpretaciji parametara modela,
- tehnikama pojednostavljenog programiranja u formi „obučavanja”,
- nadogradnji sistema primenom programskih jezika opšte namene.

2.1 Metode zasnovane na tabelarnoj interpretaciji parametara modela

Metoda formiranja prostornih modela na parametarskim principima počev od svog nastanka, sredinom osamdesetih godina dvadesetog veka, predstavlja najčešće primenjivan metod računarske interpretacije proizvoda. Može se reći da je u današnje vreme ova metoda implementirana u većinu savremenih CAD/CAE/CAM programskih sistema. Bazu ove metode predstavljaju osnovni geometrijski oblici koji su opisani pomoću numeričkih promenljivih, a koji predstavljaju segmente kompleksnog modela proizvoda. Time se povećava univerzalnost programskih sistema i omogućava jednostavna naknadna modifikacija pojedinih segmenata modela. U novije vreme, ova metoda modeliranja je unapređena mogućnošću sinhronizacije sa odgovarajućim bazama podataka relacionog tipa, odnosno tabelama koje sadrže potrebne parametre modela. Na ovaj način je omogućen razvoj čitave familije proizvoda na osnovu unapred definisane forme kompleksnog dela i tabela relacija koje definišu dimenzije oblika, a samim tim i proizvoda. Ova metoda je, uz određene specifičnosti, implementirana u veći broj savremenih CAD/CAE/CAM programskih sistema i predstavlja najniži nivo automatizacije procesa modeliranja, kojim je moguće uticati samo na dimenzije pojedinih relacija na modelu, ali ne i na samu formu modela.

Programski sistem Catia omogućava primenu tabelarne interpretacije parametara modela u komunikaciji sa tabelarnim formama baza zasnovanih na Access, Excel ili Lotus specifikaciji. Njihova primena omogućava deponovanje velikog broja relacionih parametara koji obuhvataju numerički opis geometrijskih oblika, i na taj način formiranje odgovarajućih tipskih modela. Na slici 1. je prikazan dijalog prozor za formiranje relacionih tabela i izgled baze u Excel programskom sistemu.



Slika 1. Dijalog prozor za formiranje relacionih tabela i izgled baze u Excel programskom sistemu

Primena metode tabelarne interpretacije parametara modela omogućava da se parametrizacija celokupnog procesa nastanka proizvoda, počev od prostornog modela, manifestuje i na ravansku interpretaciju modela (radioničku dokumentaciju), tehnološke parametre kao i upravljačke programe za numerički upravljane mašine alatke.

Metoda bazirana na ovim principima ima primenu i u programskom sistemu Pro/ENGINEER, pri čemu se relacioni parametri deponuju u tzv. *Family Table* (Tabelu familije delova) formu, koja predstavlja sopstveni oblik tabelarnog deponovanja relacija modela, bez primene eksternih baza podataka kao u slučaju programskog sistema Catia.

2.2 Metode zasnovane na tehnikama pojednostavljenog programiranja u formi „obučavanja”

Jedna od najstarijih, i u praksi najčešće primenjivanih, metoda unapređenja programskih sistema opšte namene u koje se ubrajaju i CAD/CAE/CAM programski sistemi, predstavlja metoda formiranja namenskih programa (makroa) bazirana na „obučavanju”. Ova metoda podrazumeva upotrebu skript programskih jezika koji su često specijalizovani za primenu u određenom programskom sistemu. Ipak sintaksa ovih jezika je najčešće bazirana na programskim jezicima Visual Basic i Java, uz maksimalna pojednostavljenja koja se odnose na strukturu programa.

Najznačajnija prednost ove metode za automatizaciju programskih sistema, pa samim tim i modeliranja, predstavlja mogućnost jednostavnog definisanja rutina (komandi koje su sastavljene iz niza drugih komandi) putem „snimanja” aktivnosti korisnika u programu i njihovog pretvaranja u nove komande. Ovako formirane rutine se zapisuju u skript jeziku i moguće ih je koristiti kao osnovu za generisanje drugih komandi ili programa. Osnovni nedostatak metode predstavlja značajna ograničenost sintaksom i strukturom skript jezika, što onemogućava njenu primenu u složenijim aktivnostima u procesu automatizacije modeliranja.

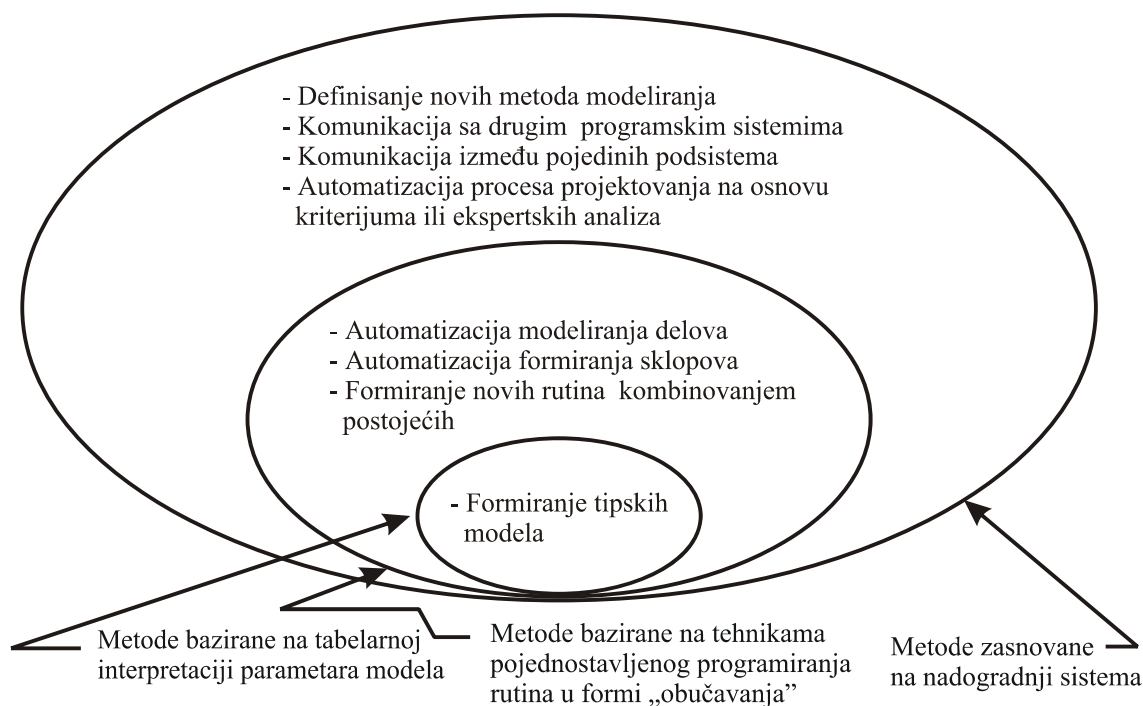
2.3 Metode zasnovane na nadogradnji sistema primenom programskih jezika opšte namene

Najnaprednije metode za unapređenje procesa modeliranja u savremenim programskim sistemima podrazumevaju njihovo prilagođavanje potrebama određenog korisnika u vidu nadogradnje. Ove metode najčešće podrazumevaju primenu programskih jezika opšte namene kao što su: VisualBasic, Java, C++ i sl. Savremeni CAD/CAE/CAM programski sistemi, u većini slučajeva, sadrže metode za nadogradnju koji su organizovane u vidu podsistema koji sadrže namenski formirane biblioteke klasa i odgovarajući interfejs za komunikaciju sa praktično svim gradivnim podsistemima programskog sistema.

Kao osnovni nedostatak primene ove metode u procesu automatizacije procesa modeliranja proizvoda se najčešće navode: dug period obučavanja korisnika za njihovu primenu, kompleksne procedure za povezivanje sa drugim programskim sistemima (bazama podataka, sistemima za matematičke proračune) i sl.

3.0 IZBOR I REALIZACIJA METODOLOGIJE MODELIRANJA KOMPLEKSNIH MODELA

Na osnovu izloženog može se zaključiti da primenjivost različitih metoda formiranja modela zavisi pre svega, od kompleksnosti samog problema. Na slici 2. se mogu uočiti aktivnosti u procesu modeliranja pojedinačnih modela i sklopova koje je moguće automatizovati primenom neke od opisanih metoda.



Slika 2. Primena pojedinih metoda automatizacije modeliranja

Kao što se sa slike može uočiti primena odgovarajućih metoda zavisi od potreba i mogućnosti korisnika programskog sistema univerzalne namene. U primerima primene ovih metoda za potrebe automatizacije kompleksnih sklopova najbolji rezultati se postižu kombinovanjem svih navedenih metoda automatizacije modeliranja.

3.1 Primena na primeru modeliranja mašina alatki

Već duži vremenski period, praktično od uvođenja modularne koncepcije u proces projektovanja i izrade mašina alatki, postoje naponi da se proces projektovanja mašina alatki automatizuje. Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu je u prethodnom periodu definisano više koncepcija i realizovano nekoliko programskih sistema sa ciljem da se proces projektovanja mašina alatki ubrza. Izlazne rezultate iz navedenih sistema predstavljaju prostorni modeli koncepcionih rešenja mašina alatki [2], [4] i [5]. U zavisnosti od karakteristika programskog sistema za modeliranje, realizovani sistemi omogućuju veći ili manji nivo automatizacije i kompleksnosti dobijenih rešenja, a samim tim i primenu u konkretnim uslovima.

Programski sistem „**Paralelni mehanizam**” predstavlja jedan od novijih, razvijenih, sistema ove vrste realizovanih na Fakultetu tehničkih nauka [5]. Ovaj sistem u fazi modeliranja mašina alatki koristi kombinaciju svih, do sada prezentovanih, metoda implementiranih u CAD/CAE/CAM programski sistem univerzalne namene Catia. Struktura programskog sistema je definisana kao kompleksna celina koju čine tri, nezavisna, podsistema:

- preprocesorski
- procesorski i
- postprocesorski

Osnovni zadaci ovih podsistema su:

- formiranje i obrada ulaznih informacija,
- definisanje karakteristika nove mašine alatke na osnovu kriterijuma projektovanja
- optimizacija dobijenog rešenja uz primenu kriterijuma optimizacije i poređenje dobijenog rešenja sa već postojećim i
- formiranje izlaznih rezultata u vidu prostornog modela mašine alatke.

Ispunjenje pojedinih zadataka koji su postavljeni pred programski sistem se realizuje kroz odgovarajuće programske module koji su razvijeni u vidu nezavisnih celina. Pri tome, svaka od tih celina može da egzistira i kao samostalna aplikacija.

Osnovu programskog sistema predstavlja aplikacija razvijena primenom KBE² specifikacije, koja omogućava primenu programskog jezika *Visual Basic* u procesu nadogradnje programskog sistema Catia. Pored toga, veći deo pripadajućih modula koji ostvaruju prijem ulaznih informacija, komunikaciju sa bazama podataka, sam proces projektovanja i optimizacije dobijenog rešenja je takođe razvijen primenom KBE specifikacije. Može se reći da su njenom primenom, realizovani kompletni preprocesorski i procesorski podsistemi programskog sistema „**Paralelni mehanizam**”. Za potrebe realizacije postprocesorskog podsistema su primenjene i druge metode automatizacije modeliranja, i to:

- primena metode zasnovane na tabelarnoj interpretaciji parametara modela za potrebe modeliranja pojedinačnih komponenata mašina alatki
- primena skript jezika, odnosno metode obučavanja u procesu formiranja sklopova, objedinjavanjem pojedinih već realizovanih komponenata

U prvom slučaju, za definisanje modela pojedinih komponenata mašina alatki je primenjena metoda tabelarne interpretacije parametara tipskih modela. Pri tome se informacije o parametrima nalaze deponovane u kompleksnoj bazi podataka, a komunikaciju između nje i programa obezbeđuju nezavisni moduli realizovani u programskom jeziku *Visual Basic*.

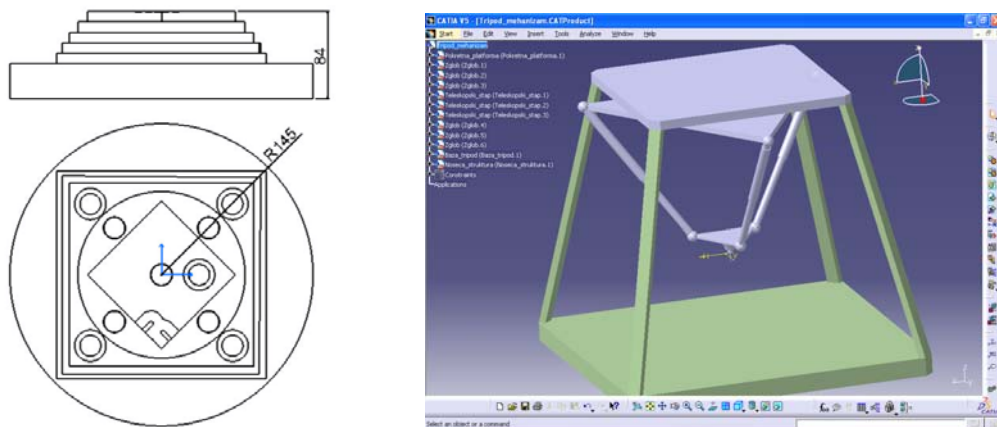
Zbog jednostavnosti sintakse skript jezik je u strukturi programskog sistema „**Paralelni mehanizam**” primenjen za operacije formiranja sklopova uvodeći pojedinačne komponente i ograničenja čime se

² KBE (Knowledge based Engineering) – Podsystem za unapređenje procesa projektovanja nadogradnjom osnovnog sistema

obezbeđuje formiranje idejnog rešenja mašine alatke u vidu prostornog modela. Na ovaj način se, pored alfanumeričkog izveštaja, dobija i grafička interpretacija izlaznih rezultata.

4.0 NEKI OD REZULTATA

Razvoj i realizacija programskog sistema „*Paralelni mehanizam*” podrazumeva pored automatizacije procesa modeliranja sklopova realizaciju čitavog niza drugih programski definisanih aktivnosti neophodnih za proces projektovanja mašina alatki. Upravo zbog toga je u procesu verifikacije neophodno izvršiti analizu rezultata dobijenih za različite ulazne informacije. Ovakve analize obuhvataju proveru kvaliteta funkcionisanja pojedinih modula programskog sistema, ali i čitavog sistema kao celine. Na slici 3 je prikazan jedan od primera ulaznih informacija u proces projektovanja sa dobijenim konceptionim rešenjem u obliku 3D modela mašne alatke na bazi paralelnih mehanizama, kao izlaznim rezultatom.



Slika 3. Test radni predmet primenjen u verifikaciji procesa projektovanja mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama i model noseće strukture mašine alatke kao izlazni rezultat

Na osnovu rezultata u toku verifikacije programskog sistema „*Paralelni mehanizam*” se može zaključiti da u pogledu prostornog modeliranja noseće strukture mašina alatki kao izlaznog rešenja kombinovanje opisanih metoda omogućava pouzdano generisanje modela za različite ulazne informacije.

5.0 ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Kao što se iz prethodno izloženog može zaključiti, proces automatizacije modeliranja proizvoda predstavlja značajno polje istraživanja koje je jedan od važnih pravaca usavršavanja postojećih CAD/CAE/CAM programskih sistema. Sa sadašnje tačke gledišta moguće je zaključiti da se automatizacijom modeliranja komponenata i sklopova proizvoda postiže značajna ušteda u procesu projektovanja proizvoda čime se u velikoj meri utiče i na konkurentnost proizvoda na tržištu.

Na kraju se mora napomenuti da su u radu opisane samo neke od metoda automatizacije procesa modeliranja koje su u ovom momentu implementirane u široko rasprostranjene CAD/CAE/CAM programske sisteme univerzalne namene. Pored toga, u novije vreme, određena istraživanja se realizuju na polju automatizacije procesa formiranja modela na osnovu ravanske skice. Smatra se da će komercijalizacija ovih metoda omogućiti skraćivanje vremena potrebnog za razvoj preliminarog, prostornog, modela proizvoda na osnovu dizajnerskih skica. Samim tim se olakšava komunikacija između dizajnera sa jedne i inženjera projektanta i proizvodnih inženjera sa druge strane.

6.0 LITERATURA

- [1] Adolfsson, J., Amos Ng, Olofsg, P., Moore, P., Pu, J., Wong, Chi-Biu.: Design and simulation of component-based manufacturing machine systems, Mechatronics, Vol. 12, pp: 1239–1258, Pergamon, 2002., ISSN: 0957-4158
- [2] Milojević, Z.: Prilog razvoju sistema za automatizovano projektovanje sistema strugova primenom AutoCAD i ObjectARX programskih sistema, seminarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2000.

- [3] Mujber, T., Szecsi, T., Hashmi, M.: Virtual reality applications in manufacturing process simulation, Journal of Materials Processing Technology, Vol.: 155–156, pp.: 1834–1838, Elsevier, 2004, ISSN: 0924-0136
- [4] Požar, A.: Razvoj sistema za automatizovano modularno projektovanje koncepcionih rešenja brusilica, magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2001
- [5] Tabaković, S.: Razvoj programskog sistema za automatizovano projektovanje mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama i optimalni izbor njihovih komponenti, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.

AUTOMATION OF ASSEMBLY MODELING APPLYING IN PROCESS DESIGNING OF MACHINE TOOLS BASED ON PARALLEL MECHANISM

Abstract:

One of more important course of research in field of industrial design is automation of product modeling. That is base for successful realization of process designing of a product. Up to date are developed major numbers of methods with various complexities for modeling automation. The paper present some of method for modeling automation with is implemented in CAD/CAE/CAM programming systems for universal purpose. Example for his applying in some phases of automated modeling is presented methodology of assembly modeling in programming system „Paralelni mehanizam” for projecting conception of machine tools based on parallel mechanism.

Keywords: *Automation of assembly modeling, programming system for universal purpose, machine tools based on parallel mechanism*

NAPOMENA:

Rad predstavlja deo rezultata istraživanja na projektu "Unapređenje sistema tehničke pripreme u uslovima maloserijske proizvodnje primenom savremenih programskih paketa univerzalne namene " evidencioni broj TR 6330A, koji finansira Ministarstvo nauke Republike Srbije i AD "FKL" – Temerin.

УРЕЂАЈИ ЗА ПОЗИЦИОНИРАЊЕ И РЕПАРЦИЈУ СОНДИ СА ЗАГРЕЈНИМ ВЛАКНИМА ЗА ИЗУЧАВАЊЕ ТУРБУЛЕНТНОГ ВИХОРНОГ СТРУЈАЊА У ЦЕВИМА

Милан Лечић, Бранко Кокотовић, Ђорђе Чантрак

Резиме:

Експериментално истраживање турбулентног вихорног струјања у цевима захтева прецизно позиционирање сонди са загрејаним влакнима. Приказана је варијанта механизма за мерење са две V сонде са загрејаним влакнима. Механизмом се остварује дужинско и угловно позиционирање сонди. Неопходно је остварити и одговарајуће аксијално растојање између сонди због мерења корелација брзина. Један од главних проблема анемометрије са сондама са загрејаним влакнима је и постављање сензора на носаче у просторним оквирима микроскопских размера. За ту сврху је пројектован и направљен уређај високе тачности, приказан у овом раду, који служи за репарацију сонди.

Кључне речи: сонда са загрејаним влакнима, позиционер, репарација сонди

1. УВОД

Експериментална истраживања вихорних струјања се изводе на постојећој инсталацији у Лабораторији Центра за хидрауличне машине и енергетске системе Машинског факултета у Београду. Ова инсталација је изграђена у оквиру радова [1,2]. Фундаментална истраживања овог феномена су спроведена и у оквиру докторских дисертација [2,3,4], као и магистарских радова [5,6] и бројних објављених научних [8]. Богати опус споменутих аутора, као и њихових сарадника, сведочи о постојању врло активне школе вихорног струјања на Машинском факултету у Београду.

У оквиру овог рада је дат приказ израђених уређаја за позиционирање сонди са загрејаним влакнима у цеви у којој се испитује турбулентно вихорно струјање. Одговарајућим механизмом је остварено дужинско и угловно позиционирање сонди. Посебним механизмом је остварено и одговарајуће аксијално растојање између две сонде приликом мерења просторних корелација брзине.

У одељку 4. приказан је уређај за репарацију сонди са загрејаним влакнима, који има велику манипулативност и прецизност. Овај универзални уникатни уређај је пројектован и направљен на Машинском факултету у Београду.

2. АНЕМОМЕТАРСКЕ СОНДЕ VP-2VS

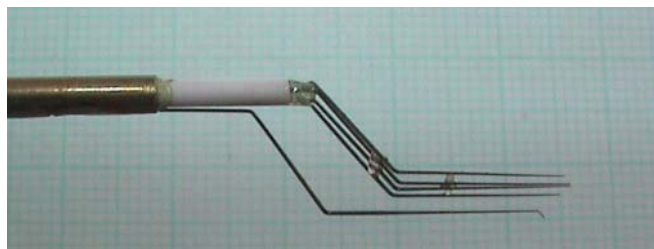
Сва турбулентна струјања су тродимензијска и нестационарна, па тако и вихорно турбулентно струјање у правој цеви. Да би мерили све три компоненте вектора брзине у мерној тачки, требало би користити сонду са три загрејана влакна. За мерење брзина са већим просторним углом у односу на главну осу сонде, уместо сонде са три, требало би користити сонду са четири сензора [7]. Сви истраживачи су показали, бавећи се истраживањем вихорног тока у правој цеви, да је радијална компонента временски осредњене брзине занемарљиво мала у односу на аксијалну и обимску компоненту брзине. Ова чињеница даје могућност да се мери и са сондом са два сензора, овде V типа.

За потребе мерења у оквиру рада [4], у Лабораторији за механику флуида, Машинског факултета у Подгорици, направљене су две специјалне V сонде са ознаком VP-2vs, које имају бољу просторну и временску резолуцију у односу на сличне сонде других произвођача.

др Милан Лечић, доцент, Машински факултет, Београд, mlecic@mas.bg.ac.yu

мр Бранко Кокотовић, асистент, Машински факултет, Београд, [bkotovic@mas.bg.ac.yu](mailto:bkokotovic@mas.bg.ac.yu)

Ђорђе Чантрак, асистент, Машински факултет, Београд, djcantrak@mas.bg.ac.yu



Слика 1. Анеометарска сонда са загрејаним влакнима VP-2vs.

Носачи сензора, код обе сонде, су таквих димензија и облика да се сензорима може безбедно прићи веома близу зида цеви при било ком углу сонди према оси цеви (слика 1.). На слици 1. се јасно уочавају четири челична носача сензора и одвојени пети носач за прецизно позиционирање сонде у близини зида. Носачи су пречника 0.4mm, а на врху су специјалним брусним папиром фино обрušени на 75 μ m. На врховима носача заварене су невидљиве нити у форми слова V. Ове сензорске нити су пречника 2.5 μ m и дужине 0.7mm. Тело сонде је од тврде пластике.

3. УРЕЂАЈ ЗА ПОСТАВЉАЊЕ СОНДИ У МЕРНЕ ПОЛОЖАЈЕ

За потребе мерења са две V сонде, постављене истовремено у вихорни ток, требало је да се постојећа пратећа опрема замени новом [4]. Нови уређај за вертикално позиционирање сонде је линеарна вођица (слика 2.), корисног хода 430mm. Колица вођице су везана за покретну специјалну навртку и покрећу се окретањем навојног вретена. Корак навоја вретена је 5mm са грешком позиционирања од $\pm 0,01$ mm.

На слици 2. су приказани само неки елементи механизма за позиционирање сонди. У првом плану је пластични докрајак са угломером, казаљком и точкићем. У левом углу доле су угломер за угловно позиционирање сонди и пластични механизам за закретање месинганих цеви.

Вретено вођице се окреће ручно помоћу точкића причвршћеног за наставак обрађене осовине вретена.

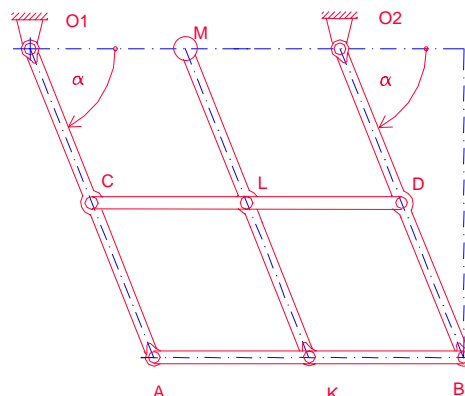


Сл. 2. Линеарна вођица Isel и елементи управљачког механизма за позиционирање сонди.

Дужинска позиција колица, а тиме и сонде, одређује се помоћу кружног угломера причвршћеног за пластични докрајак вођице. На угломеру је нареџкана скала од сто подеока на пуном кругу, што значи да алуминијумска казаљка фиксирана за точкић показује дужинску позицију сонде, са резолуцијом од 0.05 mm.

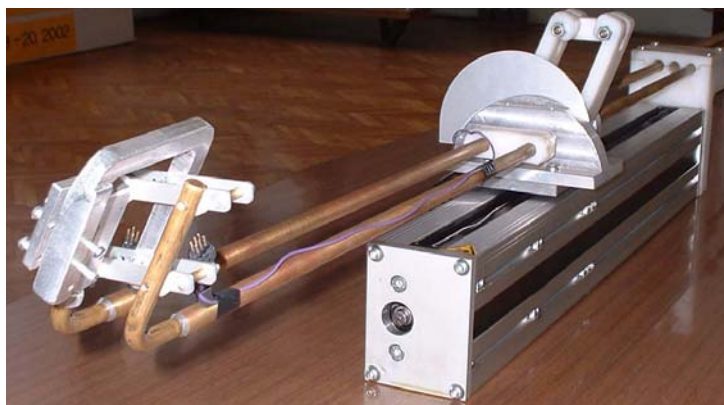
Код мерења аксијалних корелација брзина, поред позиционирања сонди, неопходно је да се оствари одговарајуће аксијално растојање између сонди. Мерне запремине су у равни која је паралелна оси цеви кроз коју се остварује вихорно струјање. Неопходна је реализација механизма у склопу кога су два одвојена држача сонди. Основна функција тог механизма је садржана у зглобном паралелограму приказаном на слици 3.

Криваја O_1A може да се окреће око непокретног зглоба O_1 , а криваја O_2B око непокретног зглоба O_2 . Ове две криваје су истих дужина и зглобно су повезане спојном летвом AB . Приликом кретања механизма, криваје се обрћу око одговарајућих непокретних зглобова закрећући се за исте апсолутне углове α , док летва AB врши кружну транслацију. Све тачке на летви AB , током кретања, описују кружне путање са центрима на дужи O_1O_2 . Ако за криваје зглобно вежемо још једну летву, летву CD , а потом за летву вежемо штап KLM , паралелан кривајама и исте дужине као оне, добијамо механизам приказан на слици 3. Замислимо да је криваја O_1A држач прве сонде, а штап KLM држач друге сонде. Ако је средиште мерне запремине прве сонде тачка O_1 онда је средиште мерне запремине друге сонде тачка M . Дужина O_1M , током закретања криваја за разне углове α , остаје иста. То значи да закретањем држача у нулти угао према вектору средње брзине, мерне запремине сонди остају на истом растојању.



Слика 3. Скица раванског зглобног паралелограма, који је послужио као основа за конструисање просторног механизма за позиционирање сонди приликом мерења аксијалних корелација брзина

Приликом реализације механизма су настајала различита варијантна решења, која су поред осталог морала да задовоље услов што мањег ремећења вихорног тока у целини, а нарочито вихорног тока у зони сензора. Резултат је просторни механизам приказан на слици 4. Овај систем, којим се две V-сонде доводе у мерну позицију, омогућује мерење аксијалних корелација брзина у две тачке на растојањима од 3mm до 25mm.



Слика 4. Уређај за позиционирање сонди код мерења просторних корелација брзина у тачкама на аксијалном правцу мерне инсталације.

Са слике 4. се види да се цео овај механизам качи на две месингане шипке, које се даље везују на две месингане цеви, спољашњег пречника од 8mm. Ове две цеви, међусобног растојања од 35mm се простиру паралелно вретену вођице, а приликом подужног кретања слободно клизе дуж отвора у докрајку вођице. И у овом случају се ове цеви подужно померају заједно са носачем, везаним вијцима за покретна колица вођице.

На делу између покретног носача и непокретног докрајка, за цеви су причвршћене плочасте ручице од тврде пластике. Ове ручице су међусобно спојене помоћу зглобно везане спојне летве,

чиме је на цевима материјализован још један зглобни паралелограм, који омогућује закретање месинганих цеви за исти угао, али без закошавања главног механизма са држачима сонди.

Угловна позиција сонди, код обе варијанте мерења, се мери угломерима од елоксираниог алуминијумског лима, који имају нарецкану скалу са угловном ширином од 0.5° између подеока.

4. УРЕЂАЈ ЗА РЕПАРАЦИЈУ СОНДИ

Током извођења експеримента танане сензорске нити се кидају. То је један од проблема са којим се срећу сви истраживачи који користе термалну анемометрију. Репарацију оштећене сонде треба извршити прецизно и релативно брзо. Вlakна сонде су од легуре платине и иридијума а за носаче се заварују кондензаторским уређајем за микрозаваривање. Позиционирање шиљка носача сензора у односу на шиљак катодe обавља се помоћу специјалног уређаја, под стерео микроскопом.

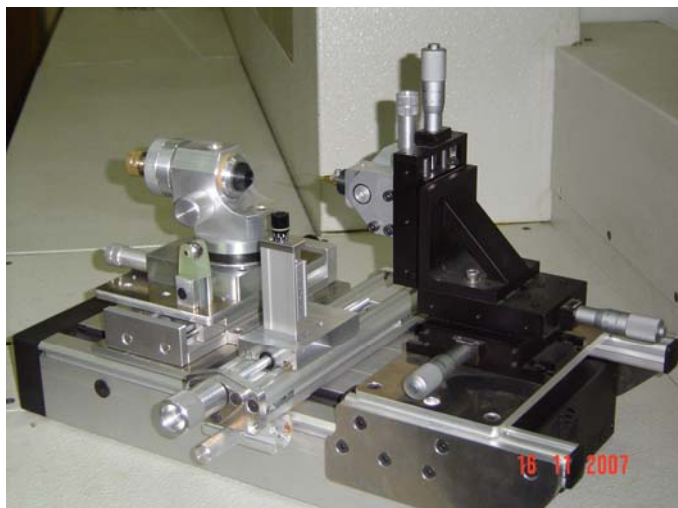
У овом раду се приказује универзални уређај којим се позиционирају сонде приликом микрозаваривања сензора.

Уређај за позиционирање сонде са загрејаним влакнима приликом њене репарације

Функционални захтеви, који су постављени у фази пројектовања овог уређаја су:

- прихват електроде;
- прихват сонди са телом држача квадратног пресека од $6 \times 6\text{ mm}$ до $16 \times 16\text{ mm}$;
- прихват влакна, претходно очишћеног и стегнутог у алуминијумску фолију;
- електрична изолација свих елемената који су под напоном у фази заваривања влакна;
- могућност позиционирања држача влакна, влакна и електроде по више линијских праваца и око довољног броја оса, сагласно захтевима различитих конструкција мерних сонди;
- конфигурација која допушта једноставно постављање под објектив стерео микроскопа;
- допуштен мањи број кретања којима се остварује грубо позиционирање (без континуално остваривог померања у фази заваривања).

У складу са овим захтевима пројектован је и направљен уређај за позиционирање, показан на слици 5. При конципирању је прихваћена логика да се један део подсклопова набави од специјализованих произвођача ових модула, а да се преостали модули реализују у сопственој режији.



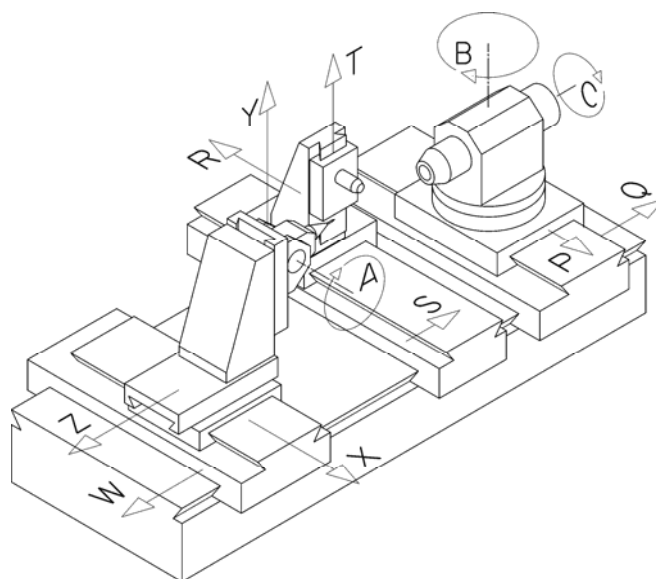
Слика 5. Уређај за позиционирање за репарацију мерних сонди

Као основа је послужио базни модул стоних CNC глодалица за гравирање (ISEL), са вођицама, и погоном преко завојног вретена и навртке. Од готових модула коришћен је и троосни сто за позиционирање (MITUTOYO) и два клизача са вођицама и завојним вretenом (HAHN+KOLB). Остали модули су тако пројектовани да се њима прилагоде.

Изведено решење уређаја за позиционирање допушта померање сонде, електроде и влакна по укупно петнаест степени слободе, од којих су шест обртна кретања а преосталих девет транслаторна. Од свих степена слободе за њих осам је могуће континуално померање при раду, а преосталих седам

се претходно позиционира и осигурава у жељеном положају. Сва померања се остварују ручним погоном.

На слици 6. су поједностављено показане основне функционалне целине уређаја, са усвојеним ознакама за поједина кретања. На скици нису показане ротације сферног зглоба хватаљке влакна.



Слика 6. Основни модули и степени слободе уређаја за позиционирање

Сонда се поставља у пинолу држача сонде. Прихват сонде се врши двојако. Један начин је да се користи подсклоп са опругом и еластичном конусном чауром са уздужним прорезима слично прихвату мањих глодала код машина алатки. Други начин је да се тело дршке сонде ставља у два полуцилиндра, који се увлаче у шупљину пиноле и радијално причвршћују вијцима. Оба начина подразумевају електрично изоловање, јер су и чауре и полуцилиндри израђени од полиамида. Отвор пиноле допушта прихват без ограничења у погледу дужине дршке сонде.

Електрода се поставља у отвор месингане чауре, а радијално се за њу причвршћује помоћу два наспрамно постављена вијка. Један од вијака истовремено служи за причвршћивање стопице кабла којим се доводи струја на електроду. Чаура са електродом се преко једне пластичне чауре поставља у отвор модула који изводи обртно кретање око хоризонталне осе.

Кратки комад влакна се, заједно са пресавијеном алуминијумском фолијом, која је коришћена за његово придржавање у фази чишћења, стеже у штисаљку носача влакна. Задњи крај штисаљке се завршава сферним зглобом. Ради избегавања уношења већих сила у ову нежну конструкцију отварање штисаљке се остварује челичним ужетом са оклопом и опругом. Електрична изолација је остварена ламелама од витропласта, које држе челичну куглу сферног зглоба.

5. ЗАКЉУЧАК

Позиционирање сонди са загрејаним влакнима је веома важан сегмент експерименталног истраживања турбулентних струјања. Од тачности позиционирања зависи и тачност мерених величина. На механизму за мерење аксијалних корелација брзина код турбулентног вихорног поља у цеви, остварена је задовољавајућа прецизност и функционалност. Треба истаћи да у литератури не постоје примери мерења аксијалних корелација брзина у овом струјном току. Прва реализација овог захтевног задатка била је у раду [4].

Скоро сви уређаји за позиционирање сонди приликом микрoзаваривања тананих нити сензора прихватају само сонде одређеног облика и димензија. На Машинском факултету у Београду је пројектован и направљен универзални уређај. Наиме, овај уређај прихвата како сонде различитих светских произвођача тако и специјалне појединачно произведене сонде. Прва употреба је открила његове веома добре карактеристике. Треба истаћи и чињеницу да је овај универзални уређај и знатно јефтинији од постојећих на светском тржишту.

ЗАХВАЛНИЦА

Аутори се захваљују проф. др Петру Вукославчевићу, академику ЦАНУ, на изради анемометарских сонди са загрејаним влакнима, као и на значајној помоћи приликом пројектовања и израде уређаја за репарацију сонди. Рад је подржан од стране Министарства науке Републике Србије кроз пројекат под називом „Развој и реализација опреме, уређаја и сонди за мерење турбулентног брзинског поља флуида”, бр. ТР-6381Б.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] М. Бенишек, *Истраживање хидродинамичке стабилности вихорних струјања у осно-симетричким ротацијским просторима*, Магистарски рад, Машински факултет, Београд, 1976.
- [2] М. Бенишек, *Истраживање вихорног струјања у правим цевима кружног пресека*, Докторска дисертација, Машински факултет, Београд, 1979.
- [3] S. Čantrak, *Experimentelle Untersuchungen statistischer Eigenschaften turbulenter drallbehafteter Rohr- und Diffusorströmungen*, докторска дисертација, Karlsruhe, 1981.
- [4] М. Лечић, *Теоријска и експериментална истраживања турбулентних вихорних струјања*, Докторска дисертација, Београд, 2003.
- [5] Б. Вукашиновић, *Турбулентни пренос и проблеми његовог моделирања у вихорном струјању*, Магистарска теза, Машински факултет, Београд, 1996.
- [6] А. Тоћић, *Истраживање структуре нехомогене турбуленције применом инваријантне теорије*, Магистарски рад, Београд, 2007.
- [7] П. Вукославчевић, *Утицај четвртог сензора на тачност мјерења карактеристика струјног поља*, Конгрес примењене и теоријске механике, Крагујевац, 1994.
- [8] S. Čantrak, M. Benisek, M. Nedeljković, *Über die Strukturparameter turbulenter Drallströmung*, ZAMM, Vol.79, Suppl.3, S. 671-672, Wiley-VCH, Berlin, 1999.

POSITIONING AND REPAIRING MECHANISMS OF THE HOTWIRE PROBES FOR INVESTIGATION OF THE PIPE TURBULENT SWIRL FLOW

Milan Lečić, Branko Kokotović, Đorđe Čantrak

Abstract:

Experimental investigation of the swirl turbulent pipe flow demand precise hotwire probe positioning. In the paper are presented mechanisms for measuring with two V-type hotwire probes. Llinear and angular precise probe positioning should be accomplished. Defined axial probe distances for correlation measurements have to be realized. One of the main problem in hotwire anemometry is probe repairing, as it should be done with high precision in micron scale. In this paper is also presented unique high class universal mechanism for probe repairing.

Keywords: hotwire probe, positioner, probe repairing

Živković, A., Zeljković, M., Borojev, Lj.¹

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE TOPLOTNO-ELASTIČNOG PONAŠANJA SKLOPA VISOKOBRZINSKOG GLAVNOG VRETENA

Rezime: U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih istraživanja četiri konstrukciona rešenja sklopa glavnog vretena uležištenog jednorodnim kugličnim ležištima sa kosim dodirom. Prikazana su konstrukciona rešenja i eksperimentalni štand za identifikaciju elastičnog i toplotnog ponašanja razmatranih konstrukcionih rešenja. Za prikupljanje i obradu podataka korišćena je savremena računarska oprema i odgovarajuća programska podrška. Pri eksperimentalnoj identifikaciji statičkog ponašanja, posmatrane su deformacije vrha vretena samo usled toplotnog opterećenja, bez dejstva sile usled spoljašnjeg opterećenja. Ispitivanje toplotnog ponašanja eksperimentalnih modela je obuhvatilo određivanje stacionarnog temperaturnog stanja. Navedena ispitivanja su izvedena za različite vrednosti brojeve obrtaja u rasponu od 2800-6300 [o/min].

Ključne reči: sklop glavnog vretena, konvencionalna i hibridna ležišta, toplotno i elastično ponašanje, eksperimentalna ispitivanja

1.0 UVOD

Sklop glavnog vretena predstavlja jedan od najznačajnijih sklopova u mehaničkoj strukturi mašine alatke, čije ponašanje ima limitirajući uticaj na tačnost i proizvodnost. Ponašanje ovog sklopa u eksploataciji je uslovljeno velikim brojem parametara koji se mogu grupisati u tri grupe [4]: a) konstrukcioni, b) geometrijski i c) ostali značajni parametri. U okviru konstrukcionih i geometrijskih parametara moguće je razmatrati uticaj samog vretena, pogonskog elementa i uležištenja. Ostale značajne parametre čine krutost i prigušenje ležišta, temperatura i maksimalni broj obrtaja. O uticaju temperature na statičko i dinamičko ponašanje sklopa glavnog vretena još uvek nema dovoljno podataka za sve tipove kotrljajnih ležišta i do pred kraj prošlog veka su uglavnom razmatrana konično-valjčasta i cilindrično-valjčasta ležišta. U okviru ovog rada se analizira, eksperimentalnim ispitivanjem, toplotno-elastično ponašanje sklopa visokobrzinskog glavnog vretena uležištenog kugličnim ležištima sa kosim dodirom. Eksperimentalnim ispitivanjem su obuhvaćena dva tipa ležišta: sa keramičkim kuglicama (hibridna) i sa čeličnim kuglicama (konvencionalna) pri čemu je variran raspored ležišta u prednjem osloncu.

2.0 KONSTRUKCIONO REŠENJE SKLOPA GLAVNOG VRETENA

Razvijeni eksperimentalni model sklopa glavnog vretena treba da zadovolji zahteve koji se postavljaju pred savremene mašine alatke. U tom cilju su za uležištenje glavnog vretena izabrana dva tipa kugličnih ležišta (sa čeličnim i keramičkim kuglicama) sa kosim dodirom sa uglom kontakta 15 [°]. Sklop glavnog vretena (sl. 1) sačinjavaju sledeći elementi: (1) glavno vreteno, (2) prednje uležištenje, (3) zadnje uležištenje, (4) čaura, (5) navrtka za fiksiranje, (6) V-prsten za zaptivanje, (7) poklopac, (8) spoljnu čauru (pinolu), (9) noseća čaura.

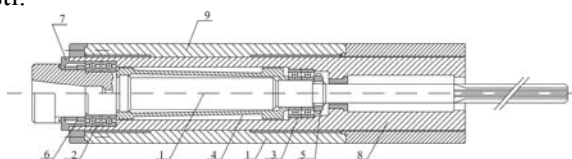
¹ Mr Aleksandar Živković, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, acoz@uns.ns.ac.yu
Prof. dr Milan Zeljković, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, milanz@uns.ns.ac.yu
Prof. dr Ljubomir Borojev, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, borojevlj@uns.ns.yu

Eksperimentalni štand (sl.2), pored sklopa glavnog vretena (1), čine pogonski elektromotor (2) frekventivni regulator (7) prenosioca (3), pribor (4) bezkontaktni induktivni davača pomeraja u horizontalnom i vertikalnom pravcu (5), termoparovi (6). Termoparovi su povezani sa priključnim panelom

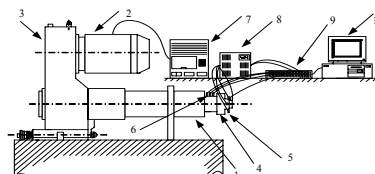
ED1770-AP (9) a on sa A/D pretvaračem ED 300 u PC računaru (10). Bezkontaktni induktivni davači pomeraja su povezani sa šestokanalnim pojačivačem "Hottinger Baldwin Messtechnik" (8) povezanim, takođe, sa priključnim panelom ED1770-AP. Priključni panel ED1770-AP je povezan A/D pretvaračem ED 300 ugrađenim u PC računaru. Broj obrtaja glavnog vretena meren je digitalnim čitačem broja obrtaja.

Prednji oslonac sklopa glavnog vretena sačinjavaju u osnovnom izvođenju dva ležišta u rasporedu "0 na rastojanju" (SKF 7011 CDGA. P4.), i zadnji dva ležišta u rasporedu "0" (SKF 7008 CDGA. P4.). Variranje parametara eksperimentalnog modela je, u konkretnom slučaju, urađeno variranjem rasporeda ležišta u prednjem osloncu. Na taj način je pored osnovne varijante dobijena varijanta "X na rastojanju", sa po dva ležišta u prednjem osloncu. Varijante "O na rastojanju" i "X na rastojanju" su dobijene postavljanjem dve čaure iste širine iza prvog ležišta i dve čaure iste širine iza drugog ležišta

Podmazivanje ležišta vršeno je mašću LGLT 2 i to svaki ležaj Ø55 sa 3,4 [gr] masti, a Ø40 sa po 2,1 [gr] masti.



Sl.1 Konstrukciono rešenje sklopa glavnog vretena



Sl.2 Eksperimentalni štand

3.0 IDENTIFIKACIJA TOPLOTNO-ELASTIČNOG PONAŠANA

Ispitivanje toplotno-elastičnog ponašanja sklopa glavnog vretena (ispitivanje temperatura i temperaturnih deformacija) obuhvata određivanje priraštaja temperatura na karakterističnim mestima sklopa glavnog vretena (ležištima glavnog vretena) i relativnih pomeraja elemenata koji imaju najveći uticaja na tačnost obrade (vrh glavnog vretena – spoljašnje površine vrha glavnog vretena).

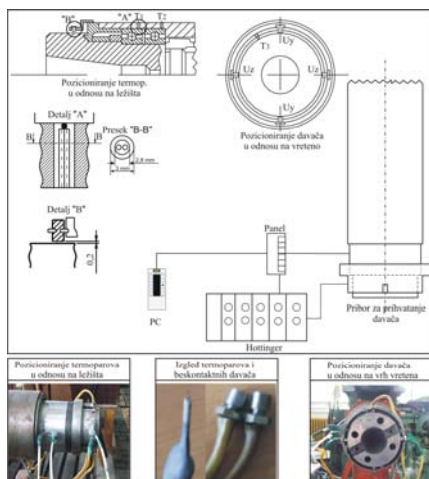
Za identifikaciju toplotnog ponašanja korišćena je metoda veštačkog termopara ugrađenog u kućište ležišta (pinolu) (sl. 3). Ugradnjom minijturnih veštačkih termoparova u pinolu se praktično ne narušavaju stvarni uslovi rada sklopa glavnog vretena, čime se postiže visoka tačnost merenja temperature na spoljašnjoj površini spoljašnjeg prstena. Osim toga, primena veštačkog termopara je jednostavna, pouzdana i ekonomična, pri čemu nema potrebe za posebnim baždarenjem. Ugrađeni termoparovi NiCr-Ni imaju široko temperaturno područje merenja, malo vreme odziva, praktično linearnu zavisnost temperature i termonapona.

Identifikacija elastičnog ponašanja sklopa visokobrzinskog glavnog vretena, u ovom radu, podrazumeva određivanje pomeraja usled toplotnog opterećenja (sl.3). Ispitivanje je vršeno pri obrtanju glavnog vretena induktivnim bezkontaktnim davačima u vertikalnom i horizontalnom pravcu.

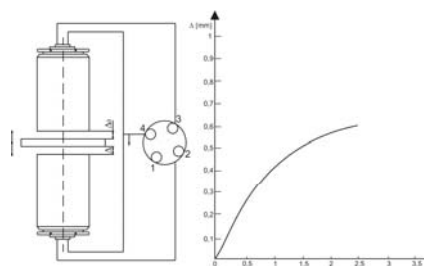
Promenom rastojanja između davača i objekta koji se ispituje menja se induktivnost u kalemu (sl. 4). Merenje se obično ostvaruje sa jednim aktivnim i drugim pasivnim davačem. Veća osetljivost i linearnost se ostvaruje primenom dva aktivna davača, postavljena sa obe strane objekta koji se ispituje. U ravnotežnom stanju su davači na rastojanju Δ_0 , dok se pri pomeranju objekta rastojanje menja za Δ .

Pre početka merenja izvršeno je baždarenje merne instrumentacije, odnosno induktivnih davača. Za baždarenje instrumentacije (pretvaranje napona u pomeraj) je korišćena metoda višestruko ponovljenog opterećenja pri poznatoj vrednosti statičke sile opterećenja i rasterećenja. Osnovne karakteristike ove metode su mogućnost analize pojave histerezisa (sl. 5) i određivanje veličina neophodnih za sastavljanje bilansa pomeraja. Baždarenje je izvršeno u vertikalnom i horizontalnom pravcu i to u oba smera dejstva opterećenja.

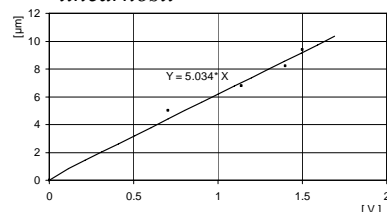
Pri baždarenju instrumentacije (pretvaranje napona u pomeraj), pri poznatoj vrednosti statičke sile opterećenja i rasterećenja, na eksperimentalnom modelu je postavljen komparator sa vlaknom koji je fiksiran za nepokretne elemente sklopa glavnog vretena. U konus glavnog vretena postavljen je trn sa konusom preko kojeg je vršeno opterećenje i rasterećenje za slučaj opterećenja u vertikalnom pravcu, dok je pri baždarenju u horizontalnom pravcu na trn učvršćena nerastegljiva traka koja je prebačena preko kotura (trenje u koturu je zanemareno). Zazori između induktivnih bezkontaktnih davača pomeraja i vrha glavnog vretena su isti i podešeni primenom listića za kontrolu zazora (špijuna). Pre početka baždarenja u vertikalnom i horizontalnom pravcu komparator i pojačivač na kome su prikazane električne veličine, su podešene na nultu vrednost. Metoda se sastoji u tome da se vreteno optereti određenom poznatom statičkom silom naniže (tegom Q). Opterećenje vretena se vrši sa više različitih statičkih sila (sa tegovima različitih masa) i za svaku vrednost statičke sile očitavaju se i zapisuju podaci sa komparatora i A/D pretvarača (sl.5).



Sl.3 Postavljanje termoparova i beskontaktnih davača na vrhu vretena



Sl.4 Induktivni bezkontaktni davači i karakteristika linearnosti

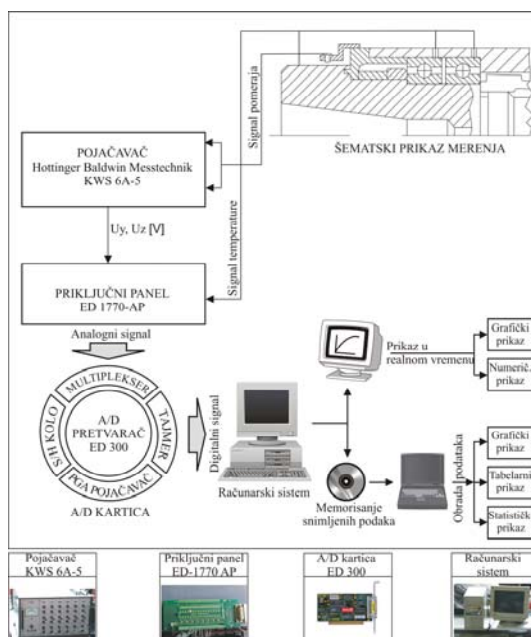


Sl.5 Zavisnost pomeraja od napona u vertikalnom pravcu

Na slici 6 prikazan je model računom podržanog sistema za merenje, prikupljanje i obradu podataka kod ispitivanog sklopa visokobrzinskog glavnog vretena. Sistem čine sledeći elementi: sklop glavnog vretena (eksperimentalni štand); senzori (davači); hardverski deo za prihvatanje podataka (A/D pretvarač); računarski sistem; programska podrška; periferne jedinice za praćenje, prikupljanje, obradu i memorisanje podataka.

Kako je tačnost sistema za merenje u direktnoj zavisnosti od kvaliteta signala, vrši se pripremanje mernog signala tj. skaliranje, pojačavanje, linearizacija, filtriranje, prigušivanje itd. Najvažnija funkcija u pripremanju signala je njegovo pojačavanje, čime se omogućava A/D konverzija sa mnogo snažnijim signalom. U konkretnom slučaju, pri merenju temperature se dobijene vrednosti termoparova, mada veoma malih vrednosti od 0 do 50 [mV], direktno uvode u A/D pretvarača, obzirom da isti raspolaže sa programskim pojačanjem. Kod merenja pomeraja, primenom bezkontaktnih davača i pojačavača "Hottinger Baldwin Messtechnik" tipa KWS 6A-5, vrši se pretvaranje, pojačavanje i skaliranje izlaznih vrednosti.

Hardver za prihvatanje podataka čine priključni panel i A/D pretvarač. Priključni panel služi za prihvatanje mernih vodova. Panel raspolaže sa mogućnošću priključenja 16 nesimetričnih i 8 diferencijalnih analognih ulaznih signala. Svaki kanal je uzemljen preko otpornika od 100 kΩ, koji ima ulogu povratnog voda za struju predpolarizacije multipleksera. Na priključnom panelu ugrađen je temperaturski senzor za slučaj da se pri merenju temperature primenom termopara koristi kompenzacija "hladnog" spoja termopara. Veza između priključnog panela i A/D pretvarača, koji je ugrađen u slot PC računara ostvaruje se pomoću kabela ED350-K.



Sl. 6 Prikaz sistema za merenje, obradu i prikupljanje podataka

4.0 ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG ISPITIVANJA

Primenom prikazane metodologije izvršeno je istovremeno merenje temperature na prednjim ležištima, vrhu vretena i pomeraja na vrhu glavnog vretena. Kako je merenje temperature i pomeraja izvedeno računarom podržanim sistemom za merenje i prikupljanje podataka, to je koristeći njegove mogućnosti izvršen niz merenja sa velikim brojem izmerenih podataka. U radu se, zbog ograničenog prostora pri analizi toplotnog ponašanja, prikazuju samo rezultati za minimalni i maksimalni broj obrtaja za razmatrane tipove ležišta i "X na rastojanju" varijantu uležištenja.

Zbog neizbežne greške merenja i pojave šumova, a u cilju što tačnije interpretacije rezultata, izvršena je interpolacija srednjih vrednosti merenja odgovarajućim matematičkim funkcijama.

4.1 Analiza rezultata toplotnog ponašanja

Rezultati toplotnog ponašanja obuhvataju srednje interpolirane vrednosti temperatura na mestu prednjeg uležištenja i vrha vretena. Vrednosti temperatura se mogu interpolirati eksponencijalnom funkcijom oblika:

$$y = A_1 e^{\left(\frac{-x}{t_1}\right)} + y_0 \quad (1)$$

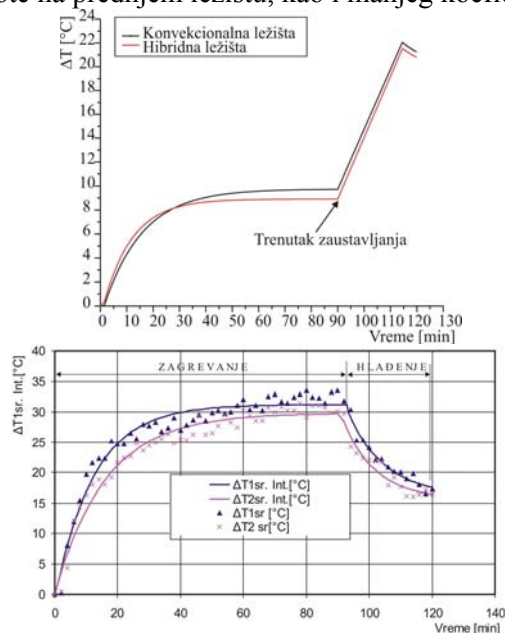
Radi boljeg sagledavanja rezultata u nastavku se daje grafički prikaz porasta temperature u zavisnosti od vremena za različite brojeve obrtaja, tipove ležišta i varijante uležištenja.

Merenjem temperature na pinoli na mestu prednjeg ležišta i analizom rezultata merenja temperature na vrhu glavnog vretena (sl.7), može se zaključiti, da većina razvijene toplote na prednjem ležištu u trenutku zaustavljanja vretena odlazi preko vrha glavnog vretena, jer nakon isključivanja vretena temperatura na pinoli opada zajedno sa temperaturom na ležištu dok temperatura na vrhu vretena raste do određenog trenutka nakon čega nastaje blagi pad temperature.

Poredeći veličine temperatura na vrhu vretena (sl.7) u trenutku dostizanja stacionarnog temperaturnog stanja za razmatrane varijante uležištenja, tipove ležišta i brojeve obrtaja, može se zaključiti da raspored i tip ležišta u prednjem osloncu malo utiče na porast temperature na vrhu vretena. Promenom broja obrtaja temperatura na vrhu vretena se veoma malo menja u toku rada (obrtanja) vretena, usled odvođenja toplote putem prinudne konvekcije sa vrha vretena, tek u trenutku zaustavljanja glavnog vretena dolazi do znatnog porasta temperature na vrhu vretena.

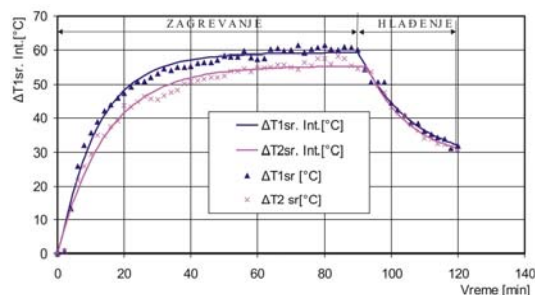
Poredeći rezultate porasta temperature na ležištima u prednjem osloncu može se konstatovati da prvo ležište u prednjem osloncu (gledano od vrha vretena) ima veću temperaturu nego drugo ležište u prednjem osloncu od 4 do 6 [%] u zavisnosti od broja obrtaja (sl. 8-11).

Analizirajući porast temperature prednjeg ležišta (sl. 8-11) može se zaključiti da hibridna ležišta imaju manji porast temperature do 20 [%] u zavisnosti od broja obrtaja. Ovo je posledica manje količine razvijene toplote na prednjem ležištu, kao i manjeg koeficijenta toplotnog širenja hibridnih ležišta.

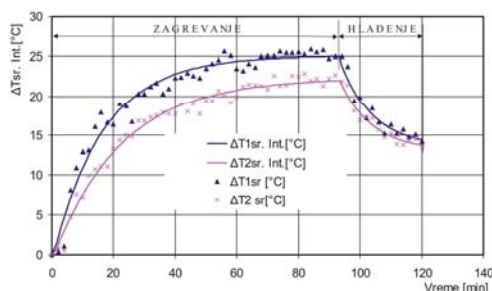


Sl. 8 Porast temperature tokom vremena za konvekcionalna ležišta za varijantu uležištenja "X na rastojanju" pri $n=2800$ [o/min]

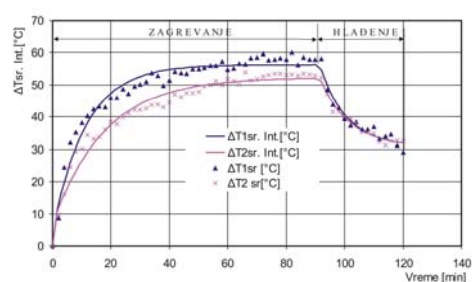
Sl. 7 Porast temperature na vrhu glavnog vretena tokom vremena za konvekcionalna i hibridna ležišta za varijantu uležištenja "X na rastojanju" pri $n = 5600$ [o/min]



Sl. 9 Porast temperature tokom vremena za konvekcionalna ležišta za varijantu uležištenja "X na rastojanju" pri $n=5600$ [o/min]



Sl. 10 Porast temperature tokom vremena za hibridna ležišta za varijantu uležištenja "X na rastojanju" pri $n=2800$ [o/min]

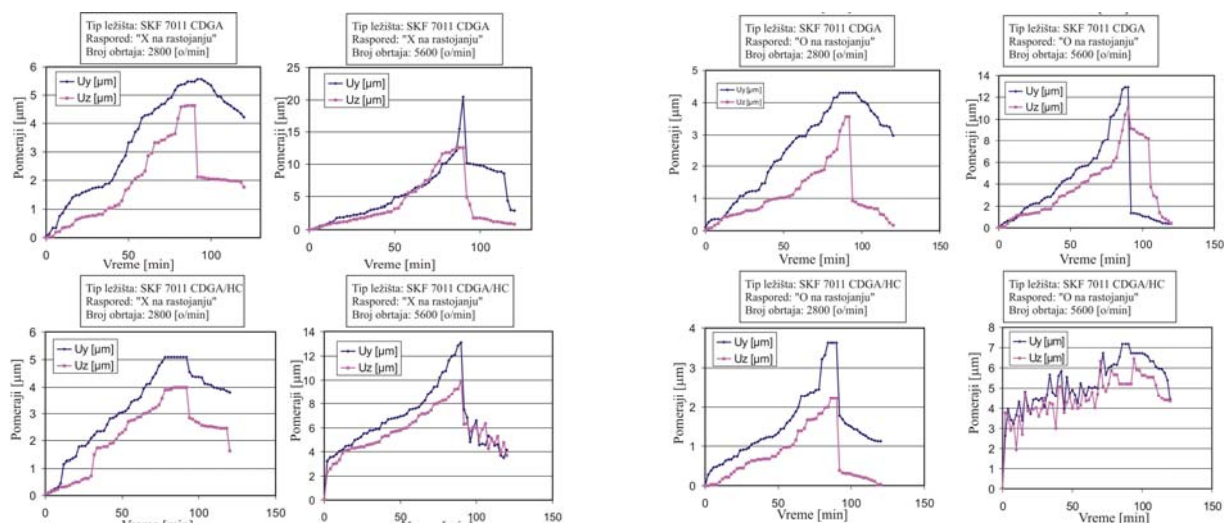


Sl. 11 Porast temperature tokom vremena za hibridna ležišta za varijantu uležištenja "X na rastojanju" pri $n=6300$ [o/min]

4.2 Analiza rezultata elastičnog ponašanja ponašanja

Analizom rezultata elastičnog ponašanja su obuhvaćene srednje interpolirane vrednosti pomeraja na vrhu glavnog vretena.

Sa dijagrama na slici 12 se može zaključiti da raspored ležišta utiče na pomeraje vrha vretena. Pomeraji u radijalnom pravcu (vertikalnoj ravni) kod varijante uležištenja "X na rastojanju" su za 11 do 35 [%] veći nego kod varijante uležištenja "O na rastojanju". Kod hibridnih ležišta su takođe manji pomeraji na vrhu vretena kod varijante uležištenja "O na rastojanju" za 26 [%] pri $n=2800$ [o/min]; 17 [%] pri $n=3550$ [o/min]; 10 [%] pri $n=4550$; 26 [%] pri $n=5600$ [o/min]; i 29 [%] pri $n=6300$ [o/min]. Poređenjem rezultata pomeraja kod konvencionalnih i hibridnih ležišta može se zaključiti da su kod uležištenja hibridnim ležištima manji pomeraji vrha glavnog vretena oko 20 [%] na višim brojevima obrtaja ($d_m n > 326250$ mm/min), dok pri nižim brojevima obrtaja ($d_m n < 326250$ mm/min) ta razlika iznosi oko 5 [%].



Sl. 12. Prikaz zavisnosti pomeraja na vrhu vretena tokom vremena od broja obrtaja za razmatrane tipove ležišta i varijante uležištenja

5.0 ZAKLJUČAK

Sumirajući istraživanja i rezultate istraživanja, može se konstatovati da rad predstavlja pokušaj da se uporede konvencionalna i hibridna ležišta sa stanovišta toplotno-elastičnog ponašanja sklopa visokobrzinskog glavnog vretena, te da se na osnovu razvijenog eksperimentalnog modela omogućiti, sa što većom pouzdanosću predviđanje toplotno-elastično ponašanje, ovog sklopa, u eksploataciji. Kako je u radu konstatovano, značaj sklopa glavnog vretena u strukturi mašine alatke je vrlo veliki i pred njega se postavlja niz zahteva, a kao najznačajniji u radu su istaknuti ograničeni porast temperature na prednjem ležištu i što manji pomeraji na vrhu vretena.

Povišenjem broja obrtaja dolazi do porasta temperature na spoljašnjoj površini spoljašnjeg prstena ležišta, prvenstveno zbog veće količine generisane toplote. Neravnomerno zagrevanje sklopa glavnog vretena izaziva sopstvene deformacije i napone bez prisustva spoljašnjih sila. Porast temperature i toplotne deformacije, kao poremećajni pod sistemi kod mašina alatki, vrlo teško se mogu isključiti ali se mogu smanjiti, što je za eksploataciju veoma značajno i neophodno.

Poređenjem temperatura u stacionarnom stanju kod razmatranih tipova ležišta, može se konstatovati da raspored ležišta u prednjem osloncu, pri istom broju obrtaja veoma malo utiče na porast temperature (ispod 10 [%]).

Analizom temperatura na prednjem ležištu može se zaključiti da hibridna ležišta imaju manje temperature do 20 [%] od konvencionalnih.

Na osnovu vrednosti pomeraja u vertikalnoj ravni može se zaključiti da glavna vretena uležištena sa hibridnim ležištima imaju manje pomeraje na vrhu vretena u odnosu na konvencionalna, za 10 [%].

6.0 LITERATURA

- [1] Bossmanns, B., Jay, F. T.: A thermal model for high speed motorized spindles, International Journal of Machine Tools & Manufacture, ISSN 0890-6955, Vol. 39, 1999, Pages 1345–1366
- [2] Bossmanns, B.: Thermo-mechanical modeling of motorized spindle systems for high speed milling, Ph.D. Dissertation, Purdue University, 1997.
- [3] Haitao, Z., Jianguo, Y., Jinhua, S.: Simulation of thermal behaviour of CNC machine tool spindle, International Journal of Machine Tools & Manufacture, ISSN 0890-6955, Vol. 47, 2007, Pages 1003-1010.
- [4] Zeljković, M.: Sistem za automatizovano projektovanje i predikciju ponašanja sklopa glavnog vretena mašina alatki, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [5] Zeljković, M., Gatalo, R.: Experimental and computer aided analysis of high-speed spindle assembly behavior, CIRP Annals - Manufacturing Technology, ISSN 0007-8506, 1999, Vol. 48/1, Pages 325–328.
- [6] Živković, A.: Eksperimentalna i računarska analiza toplotno elastičnog ponašanja sklopa visokobrzinskog glavnog vretena mašina alatki, Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.

THERMAL-ELASTIC BEHAVIOUR EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE HIGH SPEED MAIN SPINDLE ASSEMBLY

Abstract: *In this paper are present of the results experimental analysis of four construction solutions main spindle assembly supported by bearing ball with angular contact. There are presented construction solutions and experimental table for elastic and thermal behavior identification on observed construction solutions. In data acquisition purpose is used contemporary computer equipment and suitable software supports. In analysis experimental investigations of the static behavior, looking deformation on nose spindle due thermal load, without force due external load. Analysis of the thermal behaviors experimental models are including definition stationary temperature stay. Experimental analysis are derived for different avail of number per revolution in strait from 2800 to 6300 [per/rev].*

Keywords: *main spindle assembly, conventional and hybrid bearings, thermal and elastic behaviors, experimental analysis*

Napomena: *Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Unapređenje sistema tehničke pripreme proizvodnje u uslovima maloserijske proizvodnje primenom savremenih programskih paketa univerzalne namene" broj TR6330A, podržanom od strane Ministarstva nauke Republike Srbije.*

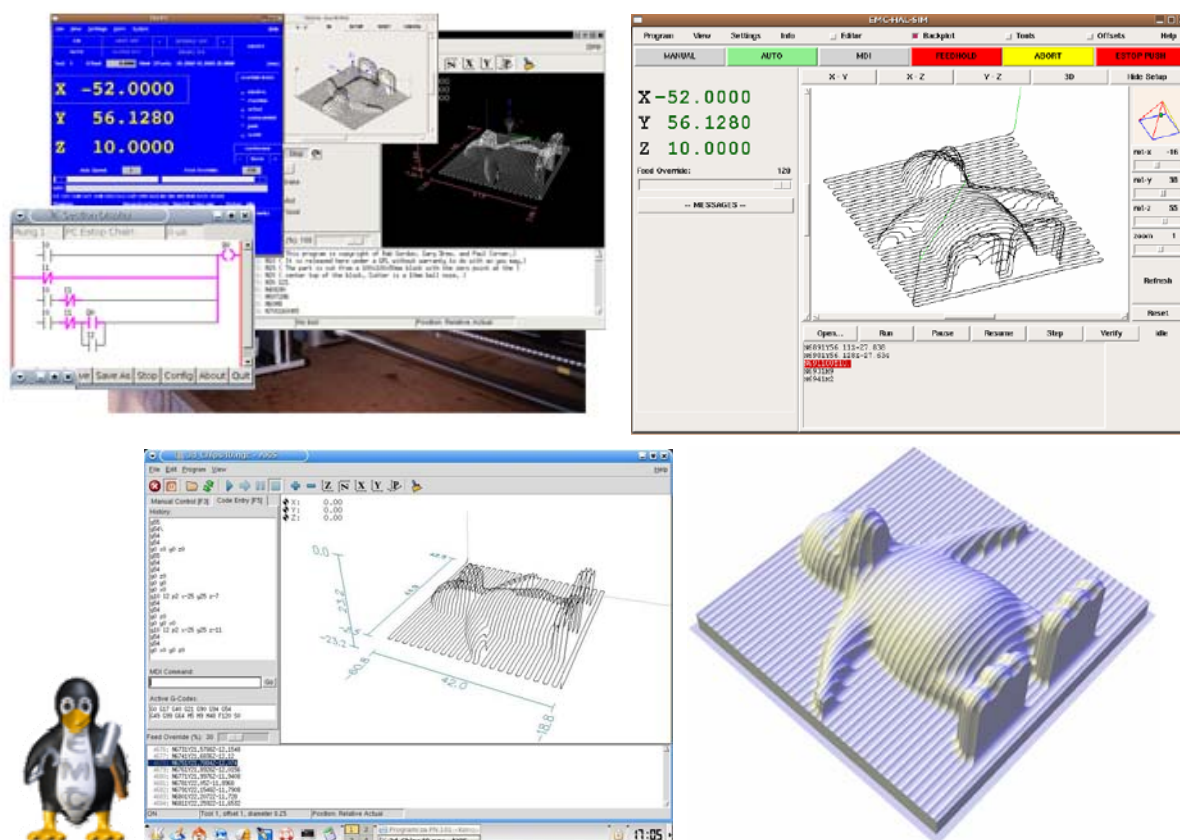
**KONCEPT RAZVOJA CNC UPRAVLJANJA ZA MAŠINE ALATKE SPECIFIČNE
KONFIGURACIJE NA BAZI EMC SOFTVERA²⁾***Rezime*

Ključne teme istraživanja i razvoja u istraživačkim institucijama i vodećim industrijama visokorazvijenih zemalja je razvoj kvalitetnih CNC upravljačkih sistema na osnovi open-source softverskih paketa. Ovaj pravac istraživanja je vrlo aktuelan širom sveta, pa i kod nas. U radu su predstavljeni istraživanja iz sveta, dosadašnji rezultati koji su ostvareni na mašinama kod nas i pravci budućih istraživanja u ovom domenu.

Ključne reči: upravljanje, mašina alatka, paralelna mašina, robot

1. UVOD

Istraživanja u oblasti upravljanja višeosnim rekonfigurabilnim multifunkcionalnim obradnim sistemima su postala dominantna u istraživačkim institucijama koja se bave razvojem numeričkih upravljačkih sistema. Pojava *open-source* softverskog paketa EMC (*Enhanced Machine Controller*) i novog *AXIS* grafičkog interfejsa, u mnogome je doprinela unapređenju razvoja nove generacije CNC upravljačkih sistema. Pored *AXIS* interfejsa, raspoloživi su *Mini* i *TkEmc* i drugi. Ipak najčešće je u upotrebi prvi od pomenutih, sa vrlo intuitivnim okruženjem. Primeri ovih interfejsa su dati na slici 1.



Slika 1. Interfejsi EMC sistemskog softvera na PC Linux platformi

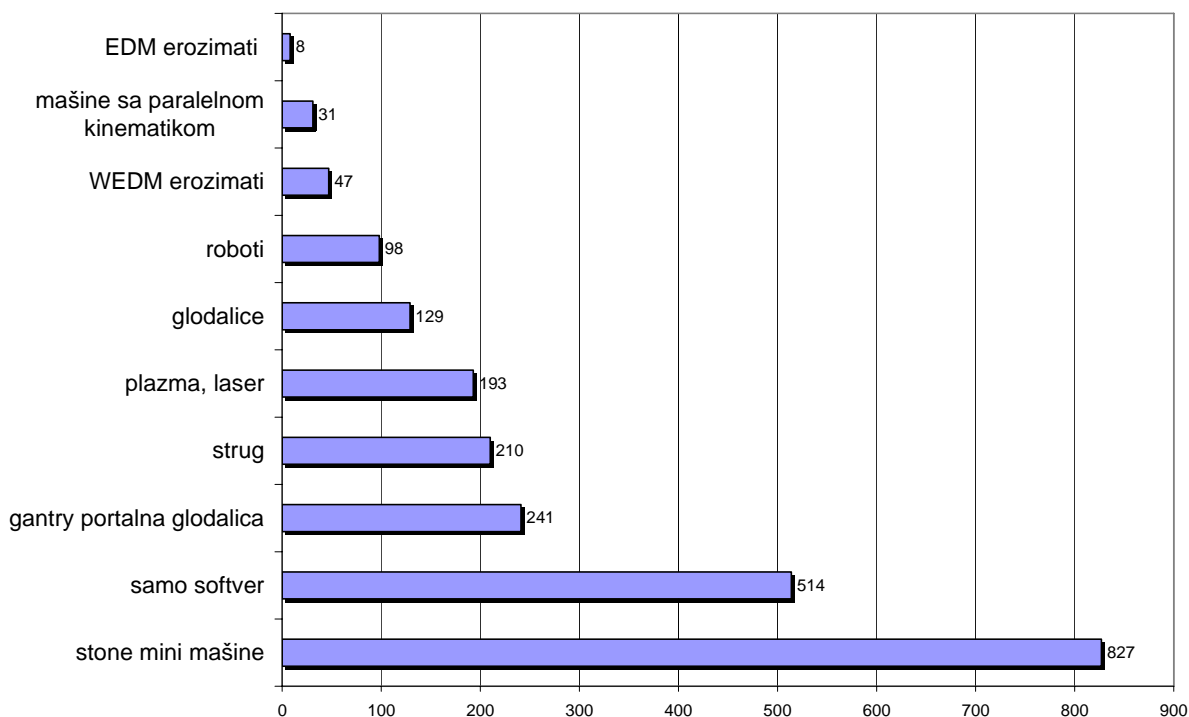
¹⁾ Zoran Dimić, dipl. inž, LOLA Institut, (zoran.dimic@sbb.co.yu), mr Saša Živanović, asistent (szivanovic@mas.bg.ac.yu), Mašinski fakultet, Beograd, dr Vladimir Kvrđić, dipl. inž, LOLA Institut, (vkvrđic@eunet.yu),

²⁾ Rađeno u okviru priprema za prijavu projekata: Istraživanje i razvoj nove generacije vertikalnih petoosnih strugarskih obradnih centara (evidencioni broj 14026) i Razvoj tehnologija višeosne obrade složenih alata za potrebe domaće industrije (evidencioni broj 14034).

Dostupnost EMC je učinila da ekskluzivno pravo na izradu CNC-a više ne pripada vodećim svetskim firmama sa proizvodnjom i razvojem u ovoj oblasti, kao sto su SIEMENS, FANUC, HAIDENHAIN, ... Sve više je univerzitetskih institucija u svetu koje su usvojile EMC kao koncept razvoja svojih upravljačkih sistema čime im je omogućeno istraživanje i razvoj upravljanja novim mašinama sa vrlo složenom kinematikom. Kada se kaže mašina, podrazumevaju se i mašine alatke i industrijski roboti, kojima se razvija novo upravljanje za novu namenu. Naime, primena EMC je u uslovima minimalnih ulaganja, odlično rešenje za revitalizaciju postojećih mašina i obradnih sistema, koji su sa zastarelim upravljanjem, ili potpuno bez upravljanja.

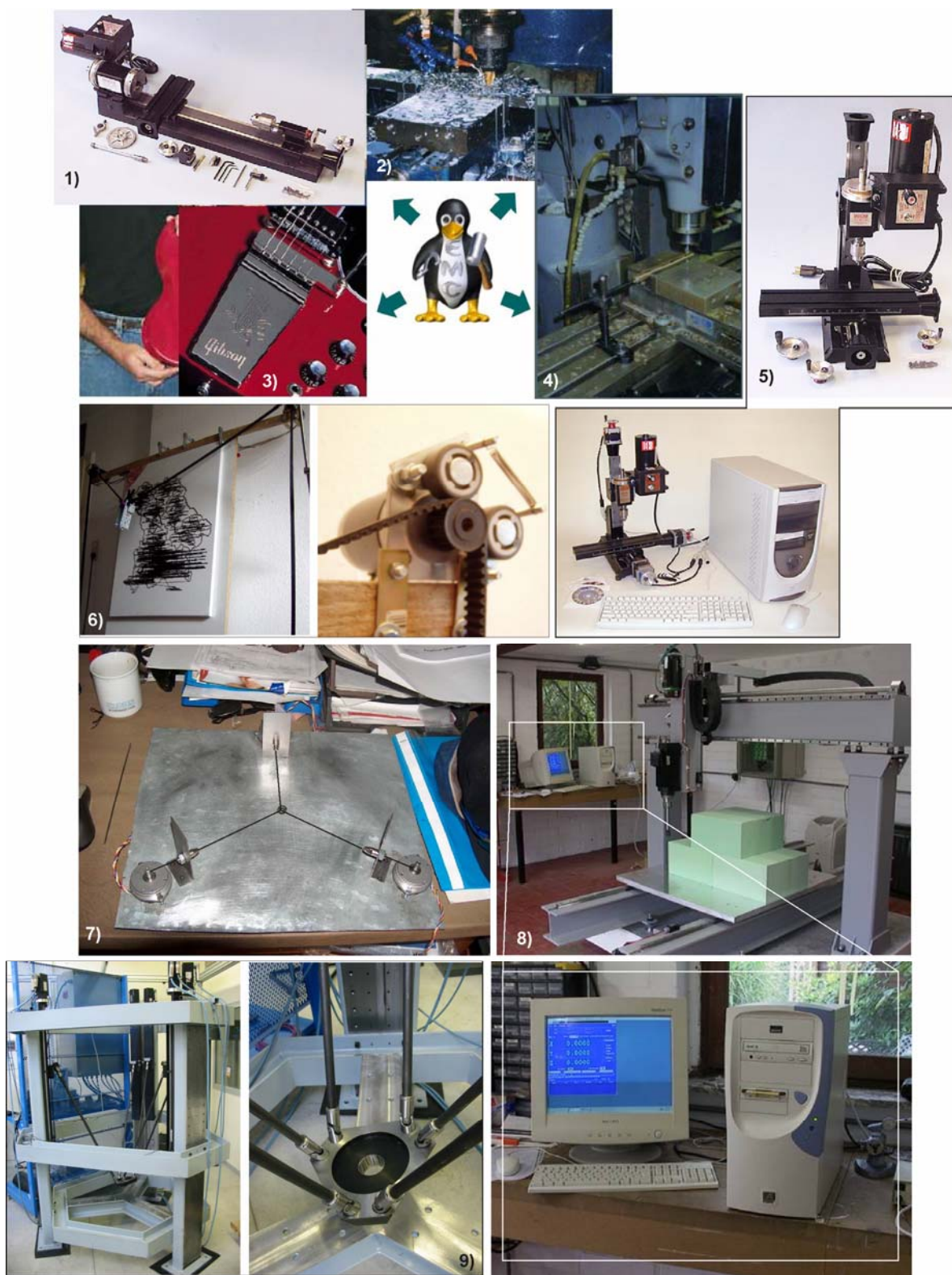
2. STANJE ISTRAŽIVANJA I PRIMENE EMC U SVETU

Trenutno aktuelna verzija EMC2 našla je široku primenu. To je softver otvorene arhitekture koji je u funkciji više godina. EMC2 je svoju primenu našao, kako u upravljanju komercijalnim mašinama proizvedenim u serijskoj proizvodnji i u rekonstruisanim starim mašinama, tako i u upravljanju raznim konceptualnim i prototipskim kinematičkim sistemima, kao što su mašine alatke sa paralelnom kinematikom i multifunkcionalni rekonfigurabilni višeosni obradni sistemi. Anketa o zastupljenosti EMC sistemskog softvera sa sajta [1], na različitim tipovima mašina pokazana je na slici 2. Očigledno najveću zastupljenost imaju takozvane stone mini mašine alatke, čak ukupno 827 realizacija. Zatim sledi široki krug korisnika koji za sada koriste samo softver. Slede primene na velikim mašinama tipa portalnih glodalica, strugova, mašina za sečenje plazmom ili laserom, glodalica, erozimata, ali i robota i mašina sa paralelnom kinematikom. Istraživanja u oblasti upravljanja robotima i mašinama sa paralelnom kinematikom, su posebno interesantna, jer nemaju trivijalnu kinematiku, kao kod serijskih mašina alatki, već zahtevaju implementaciju inverznog kinematičkog problema u softver za upravljanje.



Slika 2. Tipovi mašina koje se upravljaju primenom EMC sistemskog softvera u svetu

Na slici 3, su pokazane neke od mašina koje se upravljaju primenom EMC sistemskog softvera u svetu. Tako su na slici 3.1) i 3.5) primeri stonih mašina alatki i to mini struga i mini glodalice, koje su vrlo pogodne za malu privredu i kao edukacione mašine alatke u sklopu obrazovnih i naučno-istraživačkih institucija. Na slici 3.2) i 3.4) su detalji revitalizovanih vertikalnih glodalica, a na slici 3.3) je prikazan detalj graviranja na muzičkom instrumentu, kao što je gitara. Primeri novih mašina sa paralelnom kinematikom, koje nemaju trivijalnu kinematiku su bipod, tripod i heksagljajd i na njima se uočava da je EMC sistem otvorene arhitekture, jer omogućava ugradnju inverzne i direktne kinematike u upravljanje. Kinematički sistem nazvan *Koppi's Toy* (Kopijeva igračka) po imenu autora koji ga je osmislio, predstavlja jednostavno rešenje bipoda. Na slici 3.6) sa leve strane, je prikazan crtež mape Bavarske koju je bipod iscrtao primenom upravljanja na bazi EMC2, a sa desne strane je prikazan detalj koračnog motora sa prenosnikom.



1-mini strug, 2,3,4-revitalizacija konvencionalnih mašina, 5-mini glodalica, 6-bipod, 7-tripod, 8-portalna glodalica, 9- hexaglide,

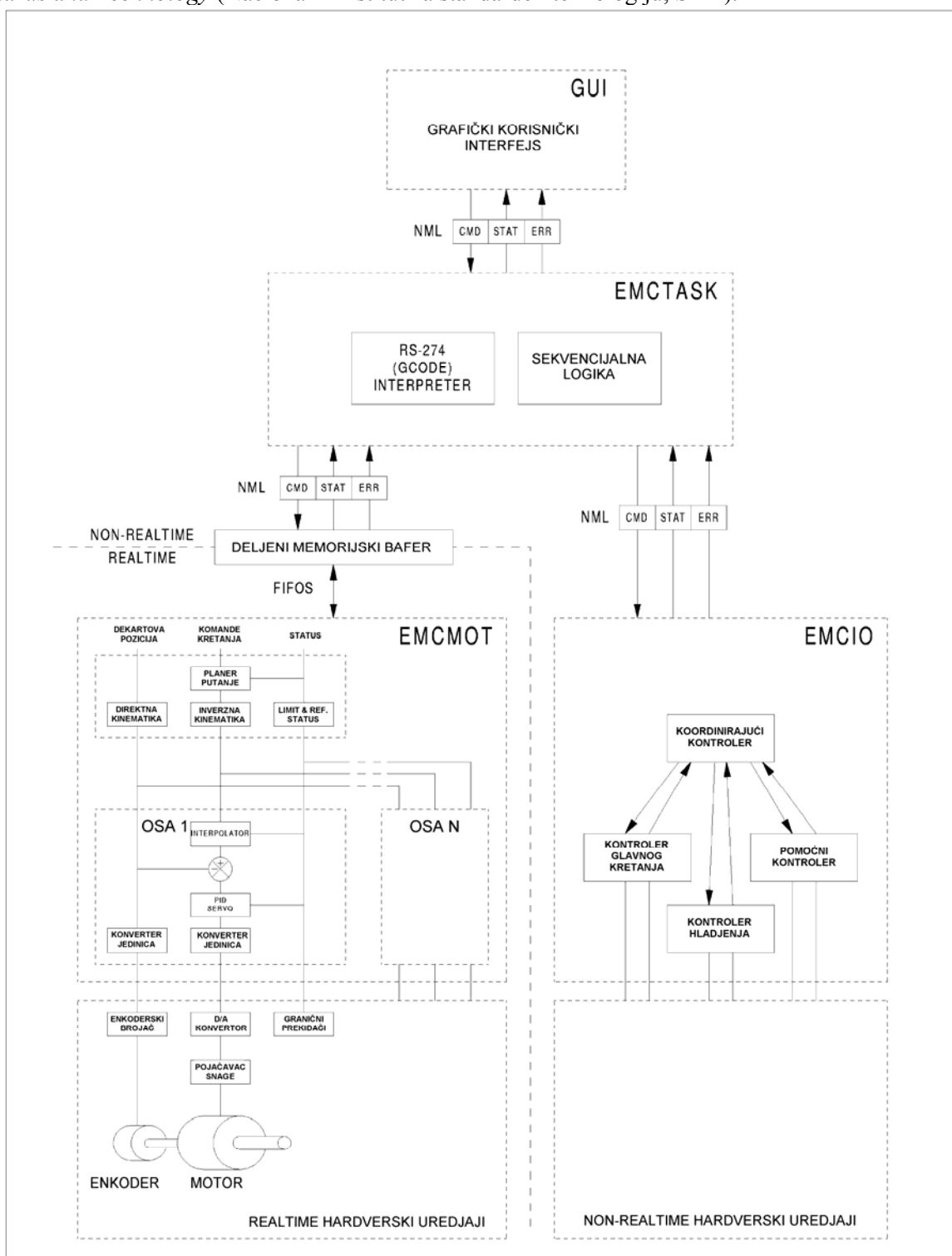
Slika 3. Realizacije mašina u svetu upravljanih primenom EMC konceptana PC Linux platformi

Na slici 3.7) je prikazan funkcionalni žičani model 3-osne paralelne mašine poznatije kao tripod. Njen autor, Alex Joni, iskoristio 3 koračna motora iz starih matičnih štampača kao pogone mašine, a za upravljanje je koristio takođe EMC2 na PC Linux platformi. Na Univerzitetu Navara u Španiji, razvijen je heksagljajd prikazan na slici 3.9). Kao upravljačka jedinica iskorišćen je PC računar sa dve MOTENC-Lite interfejs kartice i EMC2 kao softverskim sistemom. U ovom slučaju je do punog izražaja došla modularnost EMC2 softvera, odnosno HAL (*Hardware Abstraction Layer*) komponenti koje omogućavaju jednostavnu integraciju funkcija inverzne i direktne kinematike u sistem za upravljanje, kao i uniformni interfejs za

povezivanje sa dodatnim hardverskim komponentama, u ovom slučaju MOTENC-LITE karticama. Ovaj složeni višeosni kinematički sistem u potpunosti prikazuje funkcionalnosti i performanse EMC2 sistema.

3. KONCEPT UPRAVLJANJA PRIMENOM EMC2

Šta je EMC2? *Enhanced Machine Controller* (Unapredjeni kontroler mašina alatki) je *real-time* softverski sistem za upravljanje mašinama alatkama, čiji se kod može slobodno koristiti, modifikovati i distribuirati (*GNU General Public License*). Predviđen je za rad na Linux/UNIX operativnom sistemu sa *real-time* ekstenzijom. EMC2 omogućava programiranje mašina standardizovanim G-kod instrukcijama. Osnovu softverskog paketa, koga danas koristimo i modifikujemo, razvio je NIST - *National Institute of Standards and Technology* (Nacionalni institut za standarde i tehnologiju, SAD).

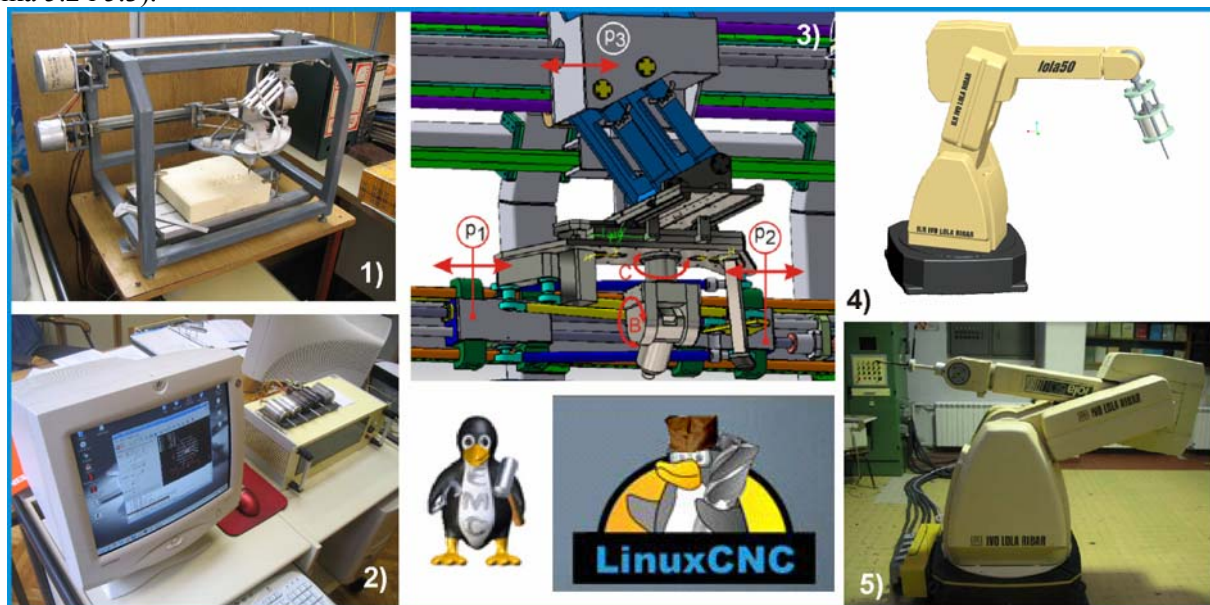


Slika 4. Interna softverska struktura EMC2

Prva verzija softvera, EMC1.0, našla je veliki broj korisnika u svetu, kako u komercijalnim, tako i u krugovima istraživača. Ova popularnost izrodila je nebrojeno puno verzija softvera i privukla isto toliko ljudi koji učestvuju u njegovom razvoju. EMC je od minimalističkog softverskog paketa za kontrolu rada mašina alatki izrastao u kompleksan softverski sistem sa svim osobinama koje poseduje jedan savremeni komercijalno raspoloživ CNC softver. Modularna struktura softverskog paketa doprinela je njegovoj fleksibilnosti, kako u primeni na mašinama sa raznolikom kinematikom, tako i u povezivanju sa različitim hardverskim i softverskim dodacima. Za ovo je prvenstveno zaslužan HAL (*Hardware Abstraction Layer*). HAL je zamišljen kao fleksibilni interfejs između kontrolera kretanja sa jedne strane i svega onoga što je potrebno za vezu sa korisnikom i mašinom sa druge strane. Pod tim se podrazumeva mnoštvo hardverskih interfejsa prema mašinama koji omogućavaju spregu kontrolera kretanja sa aktuatorima i mernim sistemima. Pored hardverskih tu je i mnoštvo softverskih komponenti koje će učiniti da EMC2 dobije zavidno dobar grafički korisnički interfejs. Na slici 4 prikaza na je interna softverska struktura EMC2.

4. PRIMENA EMC U DOMAĆIM ISTRAŽIVANJIMA

Istraživanja u oblasti upravljanja primenom EMC sistemskog softvera, su započeta u okviru projekta Troosne paralelne mašine, da bi se nastavila u narednom projektu Petoosne paralelne mašine. U toku su započeta istraživanja iz oblasti Multifunkcionalnih rekonfigurabilnih višeosnih obradnih sistema na bazi robota i Razvoja nove generacije vertikalnih petoosnih strugarskih obradnih centara. Tokom dva realizovana projekta razvijena su upravljanja primenom EMC1 sistemskog softvera za mini edukacionu troosnu mašinu sa paralelnom kinematikom pn101 (slika 5.1) i model petoosne hibridne paralelne mašine alatke pn101_5D (slika 5.2 i 5.3).



Slika 5. Primena EMC2 kod nas

4.1 Funkcionalni model pn101

Funkcionalni model mašine sa paralelnom kinematikom pn101, (slika 5.1) je iskorišćen za testiranje i verifikaciju upravljanja na bazi EMC softverskog sistema. Ovaj model je konfigurisan i realizovan uporedo sa gradnjom industrijskog prototipa troosne mašine sa paralelnom kinematikom LOLA pn101_4 V1. U početku je model korišćen samo za testiranje paralelnog mehanizma. Kasnije je dodat pogon na glavnom vretenu i na pogonskim osama pomoćnog kretanja. Pomoćno kretanje je osnaženo koračnim motorima i odgovarajućom drajverskom jedinicom kojom se upravlja posredstvom paralelnog porta.

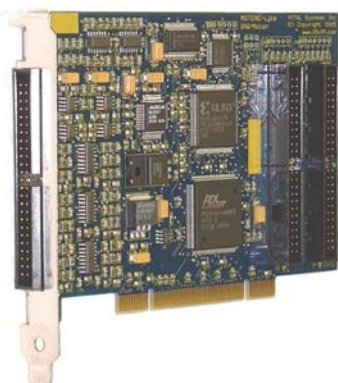
4.2 Petoosna paralelna mašina LOLA pn101_5D V2.

Petoosna paralelna hibridna mašina može da se programira samo u okruženju CAD/CAM sistema koji podržava petoosnu obradu. Sa licencama za neki od CAD/CAM sistema, koji podržavaju programiranje petoosnih mašina, moguće je takođe brzo formirati okruženje za programiranje i petoosnih paralelnih mašina. Sistemski softver EMC ima ugrađen interpreter G-koda, a svi dostupni CAD/CAM sistemi ne nude opcije u svojim konfiguratorima postprocesora za paralelne mašine. Zato se projektovana petoosna paralelna

hibridna mašina programira kao petoosna glodalica sa serijskom kinematikom (X,Y,Z,C,B). Tako formiran G-kod uvodi se u interpreter sistema za upravljanje petoosne paralelne mašine, a onda se aktiviraju rešenja inverzne i direktne kinematike, implementirana u sistemu za upravljanje. Sistem za upravljanje je ostvaren nadogradnjom sistema upravljanja funkcionalnog modela troosne mašine sa paralelnom kinematikom.

4.2 Multifunkcionalni višeosni obradni sistem na bazi robota LOLA 50

Kod nas se do sada višeosno upravljanje odnosilo samo na mašine sa trivijalnom kinematikom i robote. Da bi se standardno raspoložive upravljačke jedinice, CNC, iskoristile za upravljanje mašinama sa složenom kinematikom, neophodna bi bila dodatna intervencija proizvođača CNC-a na softveru i ne mala dodatna investicija. Posebne dozvole od strane države u kojoj se nalazi proizvođač upravljačke jedinice su priča koja prevazilazi okvire ovog rada. EMC2 nam je pružio mogućnost da prevaziđemo ove teškoće i sami konfigurišemo upravljačku jedinicu prema sopstvenim zahtevima. A zahtev je konfigurisati industrijski robot LOLA 50 u multifunkcionalni rekonfigurabilni višeosni obradni sistem, slika 5.4 i slika 5.5.

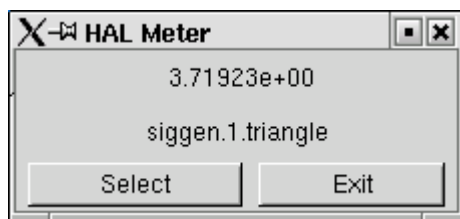


Slika 6. MOTENC-Lite kartica

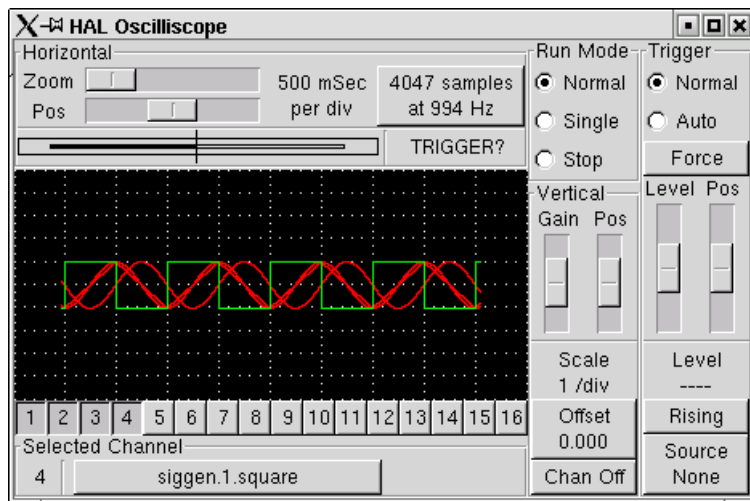
Kao polazna osnova za konfigurisanje robota kao mašine alatke, iskorišćen je EMC2 koji je prethodno već verifikovan na upravljanju funkcionalnim modelom pn101 kao troosne i, sa dodatkom serijske dvoosne glave, kao petoosne mašine. Za razliku od pn101, robot kao aktuator koristi INDRAMAT AC servo motore u sprezi sa INDRAMAT frekvencijskim regulatorima. Za vezu sa EMC2 nije nam dovoljan paralelni port. U tu svrhu nabavljene su dve PC računarske kartice MOTENC-Lite (Slika 6.). Svaka od kartica ima četiri analogna izlaza za vezu sa frekvencijskim regulatorima i četiri kvadratura digitalna ulaza za vezu sa enkoderima. Tu je i mnoštvo digitalnih ulaza i izlaza za vezu sa senzorima i prekidačima sa robota. Ovo je više nego dovoljno za upravljanje pogonima šest osa pomoćnog kretanja i pogonom vretena glavnog kretanja. Ovim konačna konfiguracija mašine nije zatvorena, jer dodatkom više MOTENC-Lite kartica, povećava se mogućnost upravljanja na još više osa, shodno

kapacitetima dodatih kartica. Ovo nam omogućava da pored raspoloživih 6 osa robota i ose glavnog vretena, možemo da upravljamo i planiranim integrisanim dodatnim translatorskim i obrtnim osama radnog stola.

Da bi jedna mašina alatka besprekorno funkcionisala, potrebno je adekvatno podesiti parametre upravljačke jedinice. EMC2 nudi niz softverskih alata za podešavanje parametara sistema. *Halmeter* je softverska komponenta, jedan od modula HAL-a, koja ima ulogu digitalnog mernog instrumenta. *Halmeter* omogućava praćenje jedne ili više izabranih vrednosti u sistemu. Na slici 7. je dat prikaz merenja vrednosti virtuelnog pina signalnog generatora koji generiše testerastu povorku impulsa. Za prikaz signala složenijih oblika u EMC2, zadužen je *Halscope* (slika 8). *Halscope* je multikanalni softverski osciloskop. Izuzetno je koristan prilikom podešavanja PID parametara pozicione servo petlje.

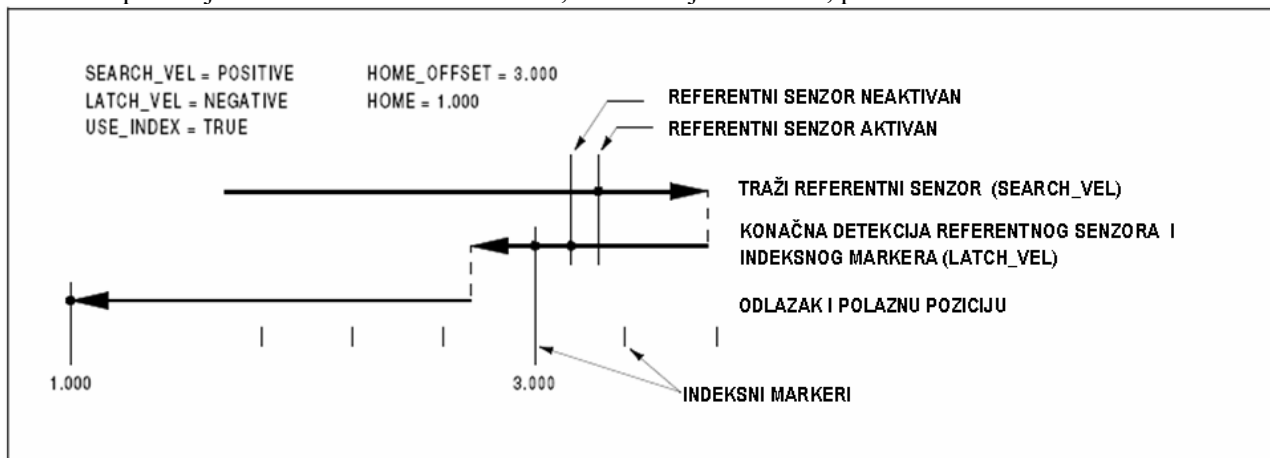


Slika 7. Halmeter



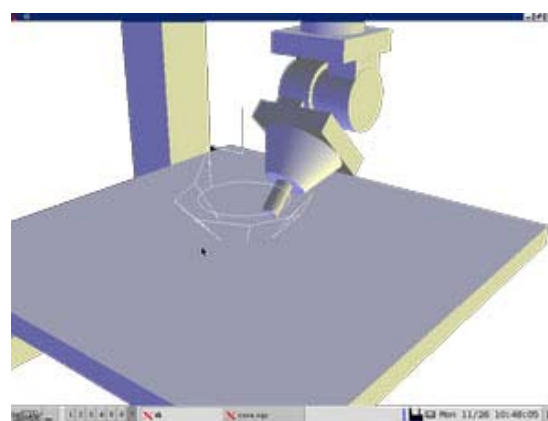
Slika 8. Halscope

Inicijalizacija, određivanje jedinstvene pozicije mašine, je jedan od problema koji se nameće prilikom konfigurisanja upravljanja. Moćni interfejs koji nudi HAL u ovu svrhu, čini rešenje problema inicijalizacije mašine trivijalnim. Ponudjene su četiri sekvence inicijalizacije. Odgovarajuća sekvenca se bira prema konfiguraciji mašine. Pošto robot LOLA 50 ima optičke merne sisteme, enkodere, sa indeksnim markerom, i svaka osa poseduje referentni induktivni senzor, odabrana je sekvenca, prikazana na slici 9.



Slika 9. Sekvence inicijalizacije

Za upravljanje mašinama sa netrivialnom kinematikom, neophodno je izgraditi komponentu koja sadrži funkcije inverzne i direktne kinematike i integrisati je u HAL. Da bi se ovo učinilo, potrebno je napisati odgovarajuće funkcije u C programskom jeziku, prevesti i povezati datoteke sa odgovarajućim HAL-ovim komponentama. Sa pripadajućim *.ini i *.hal datotekama ovo čini jednu softversku konfiguraciju mašine. Jedna mašina može imati više konfiguracija, pa tako LOLA 50 može raditi kao robot, horizontalna ili vertikalna glodalica, odnosno obradni centar. Svaka konfiguracija ima svoju identifikaciju. Prilikom podizanja EMC2 izabere se željena radna konfiguracija ili režim simulacije. U režimu simulacije je moguće definisati virtuelnu mašinu, tj. napraviti model konkretne mašine poput onog koji se može napraviti nekom od CAD/CAM softverskih paketa. Na taj način pored *real-time* simulacije kretanja vrha alata i prikaza trajektorije, može se dobiti i *real-time* virtuelna simulacija kinematike cele konfiguracije mašine, slika 10.



Slika 10. Virtuelna simulacija petosne obrade [6]

5. ZAKLJUČAK

Osnovni ciljevi predstavljenih istraživanja se mogu sumirati na razvoj koncepta CNC upravljanja za mašine alatke specifične konfiguracije. Ovo su mašine koje za razliku od konvencionalnih mašina, nemaju trivijalnu kinematiku. Tu možemo ubrojiti, mašine sa paralelnom kinematikom, hibridne paralelno-serijske mašine, višeosne obradne sisteme, robote itd.

U Srbiji postoji puno mašina, koje su ili bez ili sa zastarelim upravljanjem. Njihova revitalizacija sa komercijalnim upravljanjima (SIEMENS, FANUC, HAIDENHAIN,...) bi višestruko prevazišla njihovu trenutnu tržišnu cenu. Koncept upravljanja na bazi EMC bi trebalo da unapredi mala i srednja preduzeća kroz revitalizaciju postojećih mašina alatki i robota, uz minimalna ulaganja, što je bio i povod NIST-u za razvoj EMC-a.

Jedna klasa novih mašina alatki i robota su multifunkcionalni rekonfigurabilni višeosni obradni sistemi. Domaća industrija imala je veliko iskustvo u projektovanju i izradi mašina alatki. Plan je bio da se istraži mogućnost inoviranja proizvodnih programa te industrije, kao i revitalizacija upravljanja na

postojećim mašinama alatkama i robotima. Time su ostvareni rezultati u okviru dosadašnjih projekata i otvorena vrata za nova istraživanja u domenu upravljanja mašina alatki i robota na PC platformi. Na taj način je stvorena osnova za jedno inoviranje proizvodnog programa mašina alatki.

Dosadašnja iskustva i ostvareni rezultati na funkcionalnom modelu mašine sa paralelnom kinematikom i hibridne petoosne paralelne mašine, su dobra osnova za nastavak istraživanja u domenu multifunkcionalnih rekonfigurabilnih višeosnih obradnih sistema.

6. LITERATURA

- [1] EMC - Enhanced Machine controller web site - www.linuxcnc.org
- [2] NIST - National Institute of Standards and Technology web site - www.nist.gov
- [3] Živanović, S., Dimić, Z., Upravljanje modela troosne mašine sa paralelnom kinematikom pn 101 na bazi EMC sistemskog softvera, 33. JUPITER konferencija, 29. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-592-4, str.3.19-3.24, Mašinski fakultet, Beograd-Zlatibor, maj 2007.
- [4] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Dimić, Z., Konfiguracija jedne hibridne petoosne mašine, 33. JUPITER konferencija, 29. simpozijum NU-Roboti-FTS, ISBN 978-86-7083-592-4, str.3.19-3.6, Mašinski fakultet, Beograd-Zlatibor, maj 2007.
- [5] Kvirgić, V., Razvoj inteligentnog sistema za upravljanje i programiranje industrijskih robota, doktorska disertacija, mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [6] AXIS: A User Interface for EMC2, 5-axis machining with EMC, <http://axis.unpythonic.net/>, 2008.
- [7] Milutinović, D., Glavonjić, M., Živanović, S., Mašine sa paralelnom kinematikom, VIII.Međunarodni naučno-stručni skup o dostignućima elektrotehnike, mašinstva informatike DEMI 2007, Zbornik radova, str.3-14, Univerzitet u Banja Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, maj, 2007.
- [8] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Petoosne paralelne mašine, Završni izveštaj, Mašinski fakultet Beograd, 2008.

Z. Dimić, S. Živanović, V. Kvirgić

EMC SOFTWARE BASED CNC DEVELOPMENT CONCEPT FOR MACHINE TOOLS WITH SPECIFIC CONFIGURATION

Summary

The key issue in R&D in research instituties and leading indistries of developed countries is the development of CNC control systems based on open source softwares. This research lead is up todате world wide, as well as in our country. This paper presents wordwide research, results obtained on our machines as well as directions for futur research in this area.

Key words: control, machine tool, parallel kinematic machine, robot

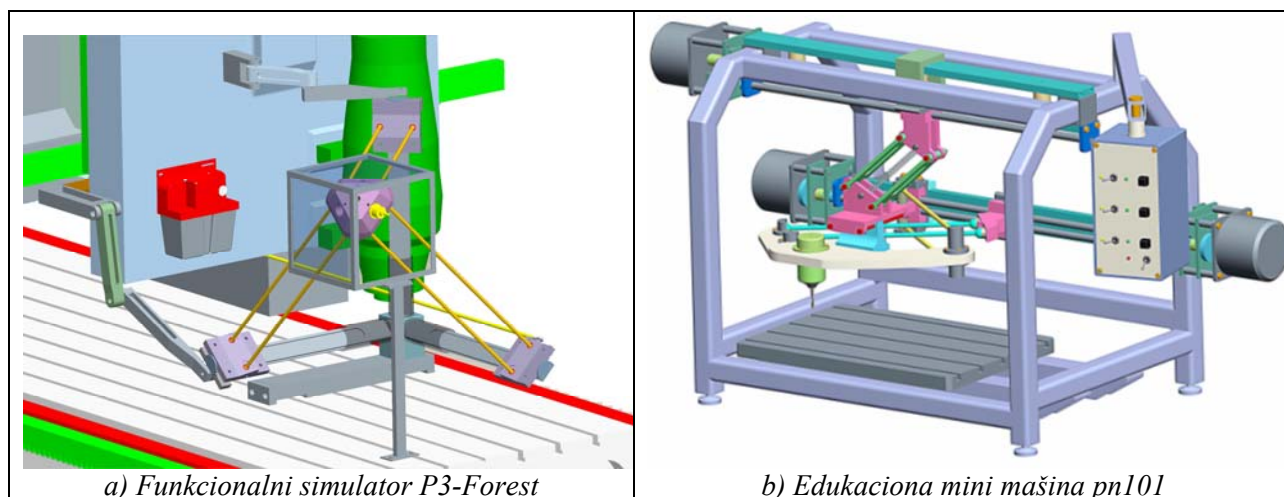
M. Glavonjić, S. Živanović, D. Milutinović, Z. Dimić¹⁾**EDUKACIONA TROOSNA MAŠINA SA PARALELNO KINEMATIKOM²⁾***Rezime*

Mašine sa paralelnom kinematikom su značajan istraživački pravac mnogih naučno istraživačkih centara u svetu. Na žalost nemaju sve laboratorije mašinu sa paralelnom kinematikom i mogućnost da je upravljaju, programiraju i na njoj vrše obradu u cilju edukacije i istraživanja. Mini edukaciona troosna mašina sa paralelnom kinematikom je konfigurisana i razvijena sopstvenim resursima, na osnovu, patenta paralelnog mehanizma pn101. Ova mini edukaciona mašina, ima svoje pogone i upravljanje na bazi EMC sistemskog softvera, koji radi na PC Linux platformi. U radu je opisan mehanizam, modeliranje, kinematika, upravljački algoritam i softver za upravljanje.

Ključne reči: mašina sa paralelnom kinematikom, modeliranje, upravljanje.

1. UVOD

Mašine sa paralelnom kinematikom predstavljaju izazov za većinu naučno istraživačkih centara. Do danas postoji veliki broj realizovanih različitih konfiguracija, od kojih su neke na nivou prototipova, mada postoje i razvijena komercijalna rešenja. Ovo je značajan istraživački pravac, za koji je eksperimentalan rad na mašinama u pogledu upravljanja, programiranja i obrade vrlo bitan. Međutim, nemaju sve laboratorije mašine a paralelnom kinematikom, a samim tim i mogućnosti koje se time stvaraju. Ovaj nedostatak se može prevazići na dva načina. Prvi način je gradnja funkcionalnih simulatora sa paralelnom kinematikom, kao uređaja koji se, kao moduli, postavljaju na bazne mašine sa serijskom kinematikom, koristeći njene pogone i upravljanje, slika 1a)[1]. Drugi način podrazumeva gradnju mini edukacionih stonih mašina sa paralelnom kinematikom, sa sopstvenim pogonima i upravljanjem na bazi softvera otvorene arhitekture, na PC Linux platformi, slika 1b) [5,6]. Na taj način bi se efikasno i uz minimalna ulaganja, dobio jedan vredan edukacioni resurs, koji bi mogao da se koristi za istraživanja, obuku u rukovanju i programiranju, za obradu delova i za verifikaciju upravljanja i programiranja takvih mašina.



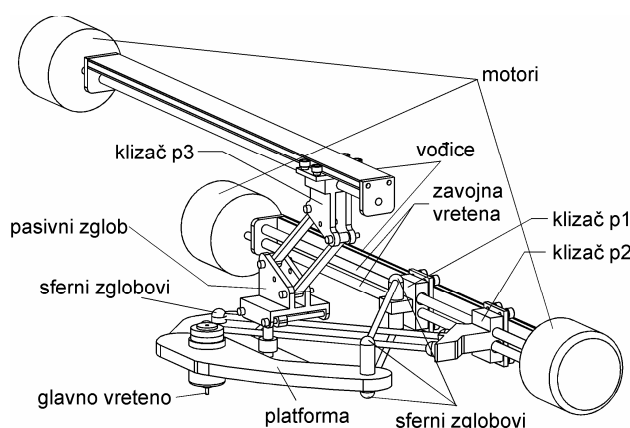
Slika 1. Načini realizacije edukacionih mašina sa paralelnom kinematikom

¹⁾ dr Miloš Glavonjić, vanredni profesor (mglavonjic@mas.bg.ac.yu), mr Saša Živanović, asistent (szivanovic@mas.bg.ac.yu), dr Dragan Milutinović, redovni profesor (dmilutinovic@mas.bg.ac.yu), Mašinski fakultet, Beograd, Zoran Dimić, dipl. inž, LOLA Institut, (zoran.dimic@sbb.co.yu).

²⁾ Radeno u okviru projekta: MIS.3.02.0101.B Troosne paralelne mašine, projekta TR6309B Petoosne paralelne mašine, i u okviru priprema za prijavu projekata: Razvoj tehnologija višeosne obrade složenih alata za potrebe domaće industrije (evidencioni broj 14034).

Konfigurisanje ove edukacione mini mašine sa paralelnom kinematikom realizovano je u okviru projekta Troosne paralelne mašine [2,3]. Namera je bila da se naprave: fizički model, srazmeran sa napravljenom mašinom i edukaciona mašina alatka sa paralelnom kinematikom, kao učilo. U ispitivanju ovog fizičkog modela planirani su provera mehanizma u radu i njegovog ponašanja blizu singularnih pozicija i mogućnost obrade mehaničkih materijala. Od početka je planirano da se na modelu osnaže pogoni na osama pomoćnog kretanja, ali i na glavnom vretenu. Pored istraživačkih ciljeva, u okviru projekta, primena ovog modela je istovremeno planirana i u edukacione svrhe. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu, na Katedri za proizvodno mašinstvo, već postoji višegodišnja tradicija održavanja laboratorijskih vežbi sa temom mašina sa paralelnom kinematikom. Do sada su ove vežbe bile u okviru predmeta Mašine alatke, a ubuduće će se izvoditi u okviru predmeta Mašine alatke i roboti nove generacije. Laboratorijske vežbe se stalno osavremenjuju novim učilima, modelima mašina, uređajima, simulatorima i edukacionim mašinama.

2. MODELIRANJE KINEMATIKE EDUKACIONE MAŠINE pn101



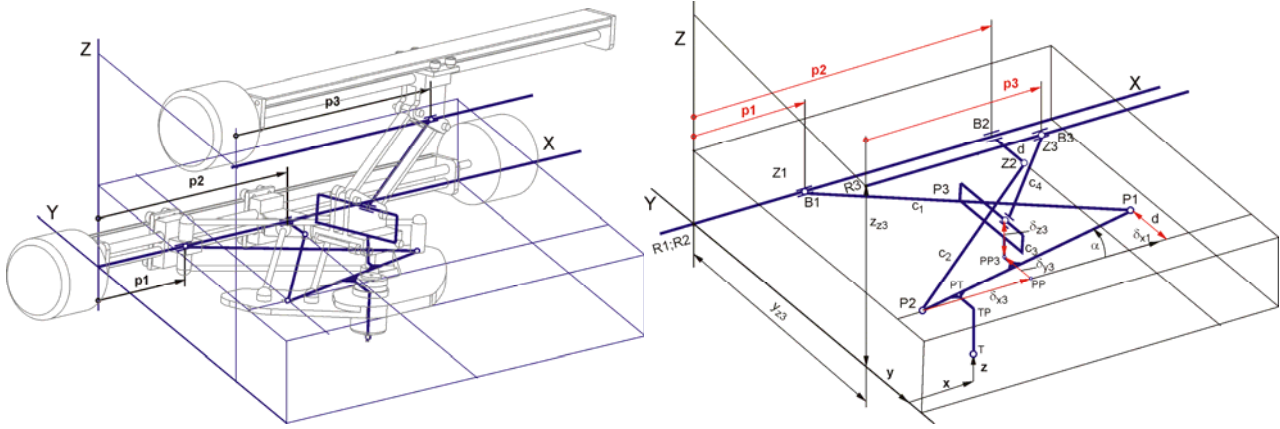
Slika 2. Model paralelnog mehanizma pn101[4]

Mini edukaciona troosna mašina sa paralelnom kinematikom konfigurisana je i razvijena sopstvenim resursima, na osnovu patenta paralelnog mehanizma pn101 [4]. Prilikom realizacije ovog modela pošlo se od raspoloživih komponenta, što je istovremeno bio i ograničavajući faktor, koji je uslovio konačan dizajn modela. Prve probe translatornih osa vršene su sa klizacima sa točkicama (kotrljajna verzija). Zbog malih mera modela i teškoća u realizaciji kotrljajnih elemenata samostalnom gradnjom, za konačne verziju su usvojeni klizači kao klizni elementi. Pogon na ove translatorne ose se dovodi pomoću zavojnih vretena. Prve probe su vršene

ručnim okretanjem zavojnih vretena, radi početnih provera stabilnosti i rada paralelnog mehanizma. Zatim su dodati i motori za ove tri translatorne ose. I ovde su provere vršene za dve varijante. U prvoj su upotrebljena tri motora jednosmerne struje. Sa njima je izvršen eksperiment obrade konture radnog prostora, slika 2. Zatim su upotrebljena tri elektrokoračna motora (EKM), koji su bili pogodni za upravljanje pomoću sistema na PC platformi i komunikacije preko paralelnog porta, a primenom softvera EMC. Motor glavnog vretena je ugrađen u čauru glavnog vretena, koja je vezana za pokretanu platformu. Ona je pomoću dva para spojki sfernim zglobovima vezana za klizace p1 i p2. Sa trećim klizacem (p3) platforma je vezana pomoću pasivnog translatorno obrtnog zgloba, slika 2. Komponente modela pretežno su napravljene od aluminijuma (vođice, klizači, čaura glavnog vretena), da bi bile što lakše. Platforma je napravljena od plastike. Zavojna vretena su kupljena, dok je noseća struktura napravljena kao zavarena konstrukcija od šipkastog i cevastog materijala kvadratnog poprečnog preseka. U realizaciji ovog modela posebnu pažnju zaslužuju sferni zglobovi, jer su napravljeni pomoću magneta. Naime, zglobovi su napravljeni pomoću kugli prečnika 12 mm iz kugličnih ležaja, koje su zalepljene za spojke paralelnog mehanizma. Te kugle na krajevima spojki drže se priljubljene uz konusne upuste na platformi i pogonskim osama pomoću magneta.

2.1 Kinematika paralelnog mehanizma pn101

Geometrijski model sa slike 2 je, za potrebe konkretnih izračunavanja i dobijanja ekvivalentnog kinematičkog modela, uprošćen na jednostavniji žičani kinematički model, prikazan na slici 3. Svaki par spojki je zamenjen srednjom spojkom, a platforma linijom između tako osrednjenih zglobova, koji su obeleženi sa P1 i P2, slika 3. Translatorno obrtni zglob takođe je zamenjen linijama i klizacem. Kinematički model sa parametrima za rešavanje inverzne i direktne kinematike dat je na slici 3. Taj model je osnovni i ima zglobove na bazi Z1, Z2 i Z3 i zglobove na platformi P1, P2 i P3. Klizači translatornih pogonskih osa su B1, B2 i B3. Koordinate tih karakterističnih tačaka mehanizma na bazi su: B1(p1; 0; 0); B2(p2; 0; 0); B3(p3; y_{z3}; z_{z3}); Z1≡B1; Z2(p2;-d;0); Z3≡B3. Na pokretanoj platformi karakteristične tačke su: P1(x_{p2} + δ_{x1}; y_{p2} + d; z_{p1}); P2(x_{p2}; y_{p2}; z_{p2}); P3(x_{p2} + δ_{x3}; y_{p2} + δ_{y3}; z_{p2} + δ_{z3}), gde je podešeno da bude d = c₃ sin α i z_{p1} = z_{p2}, što bitno uprošćavaju rešavanje inverznog i direktnog kinematičkog problema. Koordinatni sistem mašine postavljen je po standardu za vertikalne glodalice. Još je odabrano da osa X bude duž pogonskih osa p1 i p2, a da koordinatni početak bude u krajnjoj levoj poziciji pogonske ose p1.



Slika 3. Kinematički modeli polazne koncepcije paralelnog mehanizma pn101, sa parametrima [4]

Na osnovu kinematičkog modela mogu se uspostaviti sledeće geometrijske jednačine:

$$c_4^2 = (p_3 - x_{p3})^2 + (z_{z3} - z_{p3})^2 ; c_2^2 = (p_2 - x_{p2})^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p2}^2 ; c_1^2 = (x_{p1} - p_1)^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p1}^2 \quad (1)$$

Rešenje **inverznog kinematičkog problema** dobijeno je na osnovu kinematičkog modela i polaznih jednačina (1):

$$p_3 = x_{p3} + \sqrt{c_4^2 - (z_{z3} - z_{p3})^2} , p_2 = x_{p2} + \sqrt{c_2^2 - ((y_{p2} + d)^2 + z_{p2}^2)} , p_1 = x_{p1} - \sqrt{c_1^2 - ((y_{p2} + d)^2 + z_{p1}^2)} \quad (2)$$

Sva izračunavanja se vrše za repnu tačku P2. Od nje se lako može preračunati položaj vrha alata T(x,y,z), kao $x = x_{p2} + \delta_{xTP}$, $y = y_{p2} + \delta_{yTP}$, $z = z_{p2} - h$, gde je h prepust sklopa glavnog vretena i alata.

Glavni parametri ove mašine su: $c_1, c_2, c_3, c_4, \alpha$ i d . Parametri mehanizma su: $\delta_{x1}, \delta_{y1}, \delta_{z1}, \delta_{x3}, \delta_{y3}$ i δ_{z3} , gde su, na primer, $\delta_{x1} = c_3 \cos \alpha$, $\delta_{y1} = d = c_3 \sin \alpha$, $\delta_{z1} = 0$ itd. Ključni parametri na realizovanoj edukacionoj mašini pn101 sa paralelnom kinematikom su: $c_1=200.63$ mm, $c_2=205.18$ mm, $c_3=203.8$ mm, $c_4=100$ mm.

Rešavanje **direktnog kinematičkog problema** (DKP) podrazumeva određivanje spoljašnjih koordinata, odnosno, pozicije vrha alata T(x, y, z) za zadate vrednosti unutrašnjih koordinata, odnosno, translatornih pomeranja (p_1, p_2, p_3) pogonskih osa. Rešenje DKP-a se izvodi polazeći od jednačina (1) i prvo se rešava za tačku P2 na platformi sa koordinatama (x_{p2}, y_{p2}, z_{p2}). Pomoću nje lako se može izračunati i pozicija vrha alata T. DKP se rešava prvo po x_{p2} . Oduzime se druga od treće jednačine u sistemu (1) i uvrsti uslov $z_{p1} = z_{p2}$. Tako se dobija sledeća jednačina:

$$c_1^2 - c_2^2 = (x_{p1} - p_1)^2 - (p_2 - x_{p2})^2 \quad (3)$$

U jednačinu (3) uvrsti se još i uslov $x_{p1} = x_{p2} + c_3 \cos \alpha$, pa se ona reši po x_{p2} . Rezultat je:

$$x_{p2} = \frac{s_2 - s_1^2 + p_2^2}{2(s_1 + p_2)} \quad \text{Smene su:} \quad s_1 = c_3 \cos \alpha - p_1, \quad s_2 = c_1^2 - c_2^2 \quad (4)$$

Rešenje po z_{p2} dobija se iz prve jednačine sistema (1) uz uslove $z_{p3} = z_{p2} + \delta_{z3}$ i $x_{p3} = x_{p2} + \delta_{x3}$:

$$(z_{z3} - z_{p3})^2 = c_4^2 - (p_3 - x_{p3})^2 \Rightarrow (z_{z3} - z_{p2} - \delta_{z3}) = \sqrt{c_4^2 - (p_3 - x_{p2} - \delta_{x3})^2} \Rightarrow \\ z_{p2} = z_{z3} - \delta_{z3} \pm \sqrt{c_4^2 - (p_3 - x_{p2} - \delta_{x3})^2} \quad (5)$$

Rešenje po y_{p2} dobija se iz druge jednačine u sistemu (1):

$$c_2^2 = (p_2 - x_{p2})^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p2}^2 \Rightarrow (y_{p2} + d)^2 = c_2^2 - (p_2 - x_{p2})^2 - z_{p2}^2 \Rightarrow \\ y_{p2} = -d \pm \sqrt{c_2^2 - z_{p2}^2 - (x_{p2} - p_2)^2} \quad (6)$$

Rešenje direktnog kinematičkog problema za mehanizam pn101, sa konfiguracijom sa slike 3, glasi:

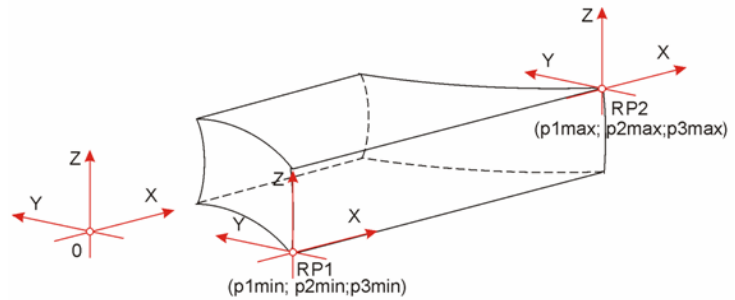
$$\begin{aligned} x_{p2} &= \frac{s_2 - s_1^2 + p_2^2}{2(s_1 + p_2)}, s_1 = c_3 \cos \alpha - p_1, s_2 = c_1^2 - c_2^2 \\ z_{p2} &= z_{z3} - \delta_{z3} - \sqrt{c_4^2 - (p_3 - x_{p2} - \delta_{x3})^2} \\ y_{p2} &= -d - \sqrt{c_2^2 - z_{p2}^2 - (x_{p2} - p_2)^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Dobijena rešenja inverznog i direktnog kinematičkog problema ugrađuju su u softver EMC za upravljanje. Za ovu edukacionu troosnu mašinu pn101 sa paralelnom kinematikom korišćeno je samo rešenje inverznog kinematičkog problema jer su za pogone odabrani i instalisani elektrokoračni motori [6].

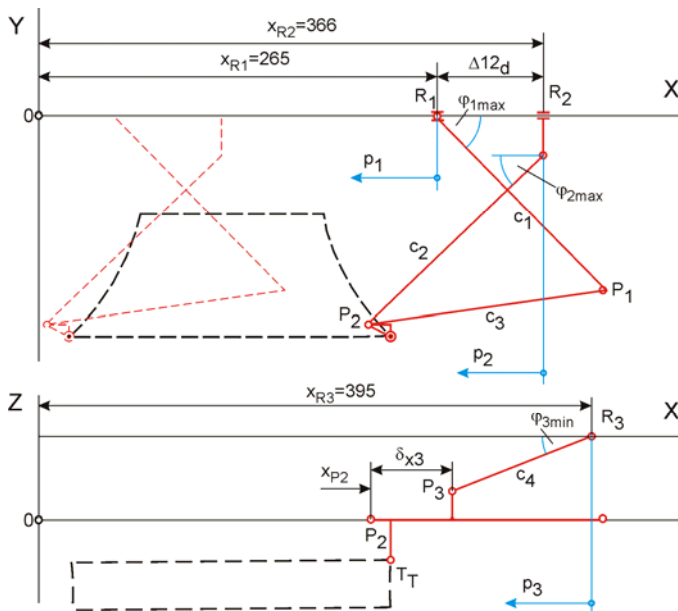
3. RADNI PROSTOR

Radni prostor mašina sa paralelnom kinematikom je uobičajeno mali i nepravilnog oblika. Međutim, ovaj paralelni mehanizma ima značajno povoljniji oblik i dobru veličinu radnog prostora u odnosu na radne prostore sličnih mašina. Radni prostor je približniji pravilnom paralelopipedu od radnih prostora drugih sličnih poznatih mašina. Na taj način se objedinjuju dobre osobine paralelnih i serijskih mašina, s obzirom da je pravilan paralelopiped uobičajeni radni prostor mašina sa serijskom kinematikom.

Osnova paralelopipeda je trapezna sa zakrivljenim stranama trapeza. Pravilnost po osi Z ovog mehanizma potiče od translatorno-obrtnog pasivnog zgloba. Primarni uticaj na oblik i mere radnog prostora imaju dužine zglobnih paralelograma c_1, c_2, c_3 , položaji zglobova na pokretnoj platformi, odnosno mera c_4 platforme, kao i položaj vođice za osu p_3 , odnosno njena koordinata po osi Z. Radni prostor ove mašine je izdužen po dominantnoj osi X. Može se još povećati po toj osi i to onoliko koliko se dugim mogu napraviti vođice po ovoj osi.



Slika 4. Moguće referentne pozicije za model mašine pn101



Slika 5. Pozicije referentnih tačaka za izabranu referentnu poziciju RP2 edukacione mašine pn101

Kao referentna tačka mehanizma odabrana je RP2. Sva pomeranja, koja mašina izvodi po osama X i Z tokom obrade su negativna, a po Y osi pozitivna. Referentna tačka RP2 je istovremeno i nulta tačka G54 mašine, koja je aktivna odmah po njenom uključivanju. Položaj paralelnog mehanizma u referentnoj tački

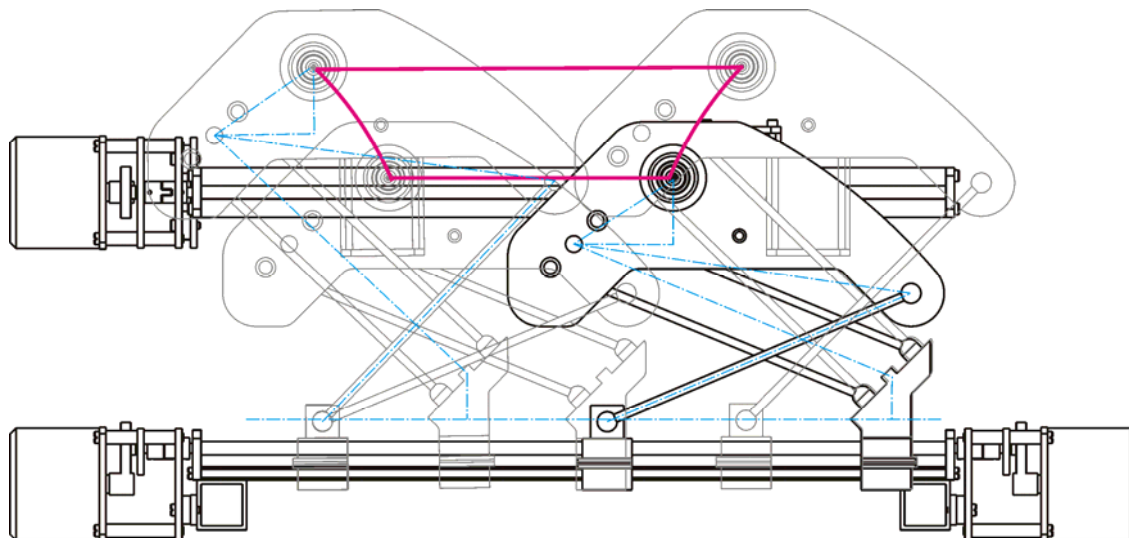
Moguće referentne pozicije za model edukacione troosne mašine sa paralelnom kinematikom pn101 su RP1, kada su sva pomeranja po p_1, p_2 i p_3 minimalna, slika 3, ili RP2, kada su ova pomeranja maksimalna, što je pokazano na slici 4. Osobine ovih pozicija su:

Mašina tipa **RP1** ($p_{1min}, p_{2min}, p_{3min}$) ima nepovoljniji ulazak u ovu poziciju jer platforma ide u krajnju donju prednju levu poziciju. Za radni prostor ovakve referentne pozicije bi važno da je $x_{RP} \geq 0$, $y_{RP} \geq 0$ i $z_{RP} \geq 0$.

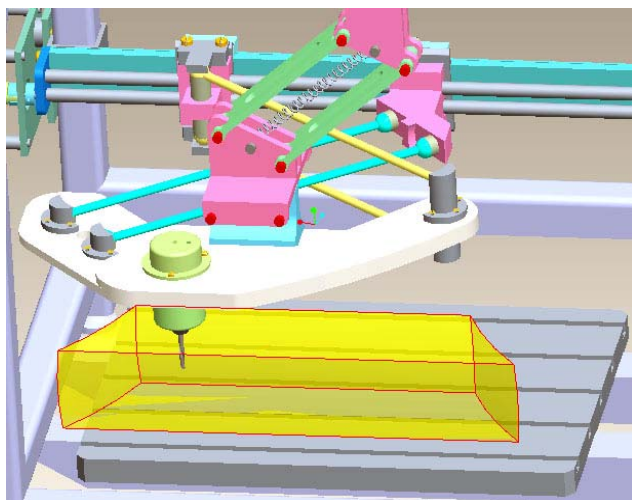
Mašina tipa **RP2** ($p_{1max}, p_{2max}, p_{3max}$) ima povoljniji ulazak u ovu poziciju jer platforma ide u krajnju gornju prednju desnu poziciju. Za radni prostor ovakve referentne pozicije bi važno da je $x_{RP} \leq 0$, $y_{RP} \geq 0$ i $z_{RP} \leq 0$.

pokazan je na slici 5, gde su R1, R2 i R3 - referentne tačke pogonskih osa p1, p2 i p3. Na slici 6 pokazana su i četiri karakteristična položaja paralelnog mehanizma i to na konturama njegovog radnog prostora. Ove konfiguracije mehanizma dobijene su tokom simulacije kinematike ovog mehanizma u okruženju Pro/Engineer. Sam radni prostor može da se omeđi njegovim planskim pretraživanjem iznutra, ili spolja i geometrijski. Ovde su iskorišćeni sledeći uslovi za pozicije pogonskih osa prilikom crtanja radnog prostora edukacione mašine pn 101:

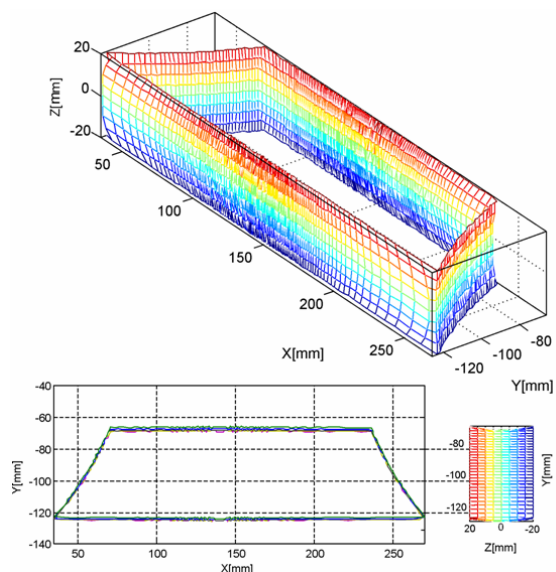
$$\begin{aligned} \begin{aligned} \blacksquare \quad p_1 &\in [0; x_{R1}] \\ \blacksquare \quad p_1 - p_2 &\in [0; \Delta 12g - \Delta 12d] \end{aligned} & \quad \begin{aligned} \blacksquare \quad p_2 &\in [0; x_{R2} - \Delta 12d] \\ \blacksquare \quad x_{R3} - p_3 - x_{p2} - \delta_{x3} &\in [c_4 \cos \varphi_{3\max}; c_4 \cos \varphi_{3\min}] \end{aligned} \end{aligned} \quad (8)$$



Slika 6. Konture radnog prostora sa prikazom krajnjih položaja mehanizma pn101, pogled odozdo



a) Model radnog prostora kao CAD model



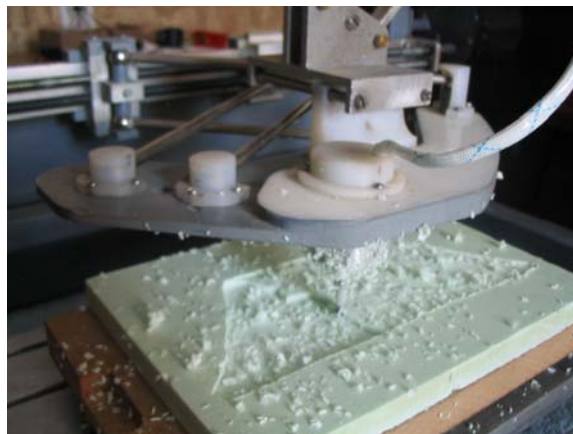
b) Računski model radnog prostora dobijen u okruženju Matlab

Slika 7. Radni prostor edukacione troosne mašine pn101 sa paralelnom kinematikom

Konfiguracija mehanizma pn101 bila je polazna pri usvajanju parametara paralelnog mehanizma fizičkog modela, koji je napravljen u razmeri 1:5 u odnosu na projektovane mere realizovanog industrijskog prototipa LOLA pn101_4 V1 [2,3,4]. Neke od mera na fizičkom modelu su neznatno korigovane u odnosu na izabranu razmeru i to pri detaljnom projektovanju fizičkog modela. Dužine vođica su zavisile od raspoloživih komponenta, pa je radni prostor fizičkog modela sa više izraženim izduženjem X ose, slika 7a). Razmera ključnih parametara paralelnog mehanizma je zadržana. Kriterijumi (8) za kontrolu programa pomoću pozicija pogonskih osa iskorišćeni su i prilikom crtanja radnog prostora u Matlab okruženju primenom IKP i proverom ostvarivosti pozicija po zadatim kriterijumima, slika 7b).

Radni prostor ima trapezni presek u osnovi u koji se dobrim delom može upisati pravougaonik širine 55 mm i dužine 200 mm. I preostali delovi površina radnog prostora oblika dva pravougla trougla sa zakrivljenom hipotenuzom, mogu se korisno upotrebiti. Na primer desni, može da se koristi za odlazak alata u poziciju za izmenu alata, a levi za potrebe uzimanja korekcija alata.

Obrada radnog prostora na modelu mašine je ostvarena u mekanom materijalu (poliuretanu) i pokazana je na slici 8. Prvi eksperiment, sa približnom obradom radnog prostora, ostvaren je u ranoj fazi, dok motori još nisu bili postavljeni, osim motora za glavno kretanje. Zadavanje kretanja je ostvarivano ručno. Drugi eksperiment je ostvaren sa pogonom na osama p_1 , p_2 i p_3 i ugrađenim motorima jednosmerne struje. Zadavanje kretanja pojedinih osa sa željenim smerom kretanja zadavan je sa upravljačkog pulta. U konačnoj verziji modela postavljeni su elektrokoračni motori za ose p_1 , p_2 i p_3 i sa njima je realizovano upravljanje edukacione mašine na bazi softvera EMC.



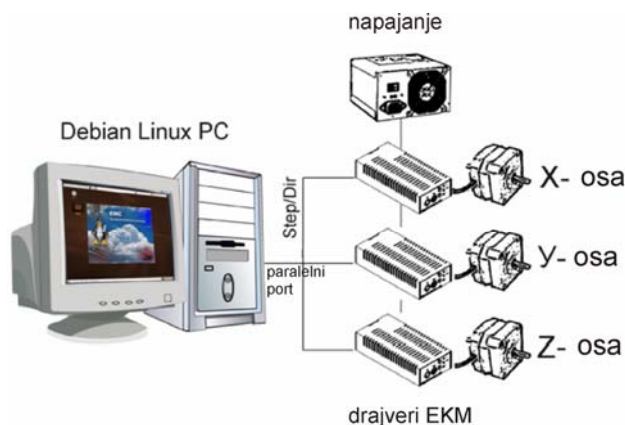
Slika 8. Obrada kontura radnog prostora

4. UPRAVLJANJE EDUKACIONE MAŠINE pn101 NA BAZI EMC

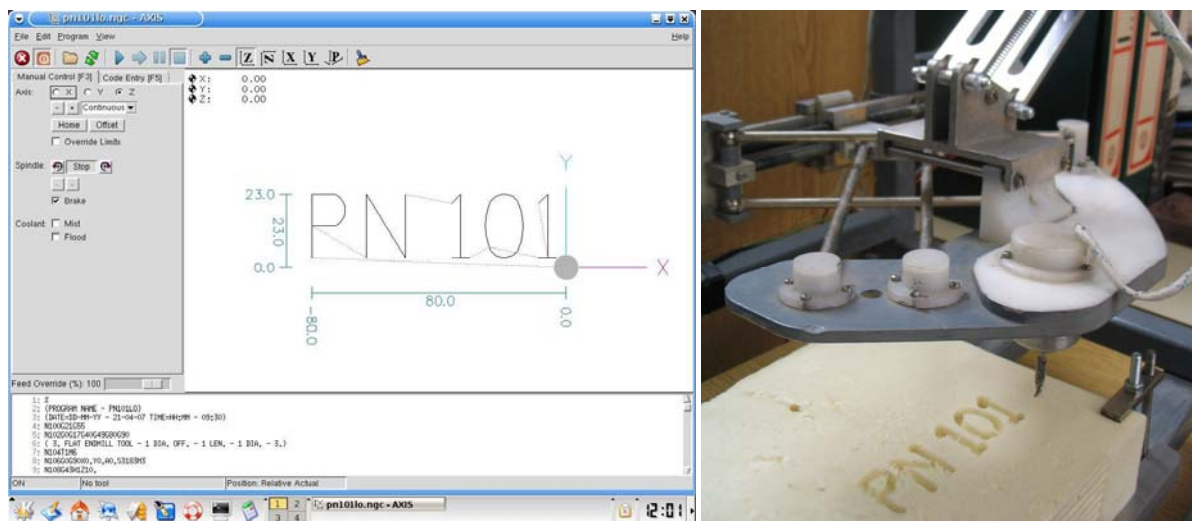
Edukaciona troosna mašina sa paralelnom kinematikom pn101 iskorišćena je za testiranje i verifikaciju upravljanja na bazi EMC (*Enhanced Machine Control*) softvera, koji radi pod operativnim sistemom Linux, slika 9. U slučaju kada se upravlja konkretnim sistemom, tada je neophodno da EMC radi pod verzijom Linux-a koja radi u realnom vremenu i koji obezbeđuje odgovarajući determinizam prilikom izvršavanja programa (tipično 200 ms). U našoj instalaciji je korišćen BDI 4.49, baziran na Debian Linux operativnom sistemu sa *real-time* ekstenzijom. Ovo daje sistemu determinističku upravljivost do oko 100 milisekundi. EMC je izrađen na osnovi NIST-ove RSC (*Real-time Control System*) metodologije i programiran je korišćenjem NIST-ove RCS biblioteke. Za upravljanja fizičkog modela troosne mašine pn101 iskorišćena je sada već prevazidjena verzija EMC 1 [6,7].

Sistemska softver EMC predstavlja univerzalan *open-source* softverski paket, te je kao takav izuzetno pogodan za konfigurisanje upravljanja, ne samo mašina sa trivijalnom kinematikom, već i specifičnih mašina sa paralelnom kinematikom, kao i robota, za čije upravljanje je neophodna implementacija funkcija inverzne i direktne kinematike, što je ovde bio slučaj. Performanse ovog softvera daju mogućnost da se on upotrebi i za upravljanje petoosnom hibridnom mašinom tipa glodalice, čije je konfigurisanje takođe realizovano [8].

EMC sistemska softver ima mogućnost korišćenja različitih grafičkih interfejsa, kao što su: *Axis*, *Mini*, *TkEmc* i drugi. Najviše je korišćeno prvo okruženje, koje je vrlo intuitivno, sa prepoznatljivim ikonikama, koje olakšavaju prepoznavanje komandi, slika 10.



Slika 9. Radno okruženje za edukacionu troosnu mašinu sa paralelnom kinematikom pn101



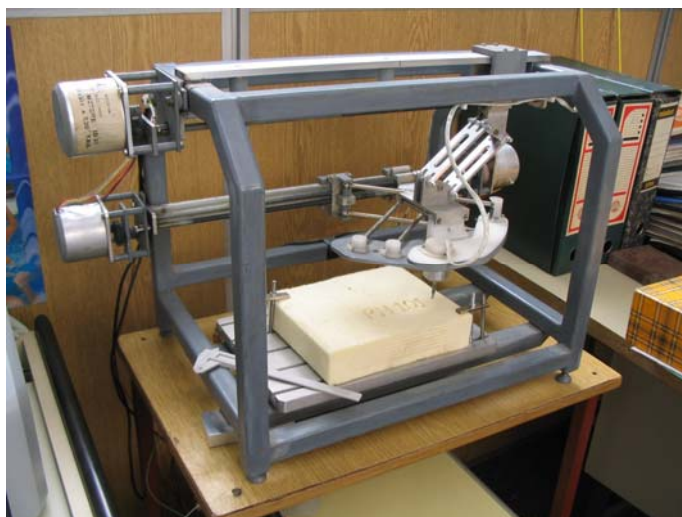
Slika 10. Simulacija putanje alata u EMC okruženju i obrada na mašini

Za programiranje su odabrani resursi kojima se programiraju mašine alatke sa serijskom kinematikom. Postprocesiranje se vrši kao za jednu posebnu troosnu glodalicu. Za programiranje treba odabrati proceduru i pripremiti više okruženja za programiranje pn101. Format programa, koji koristi EMC, zasniva se na G kôdu po standardu RS-274. Odabrana je verzija koja je slična formatu programa koje koriste CNC sistemi Fanuc. Za programiranje edukacione troosne mašine sa paralelnom kinematikom pn101 koristi se rešenje inverznog kinematičkog problema, koje je iskorišćeno prilikom konfigurisanja upravljanja pomoću softvera EMC 1. Na taj način programiranje se vrši kao za konvencionalnu serijsku troosnu glodalicu, a sva potrebna preračunavanja se vrše u okruženju EMC 1 u koje je implementirano rešenje IKP. Ovakvo programiranje ima dobru osobinu da ne menja navike programera, koji programiranje ove edukacione mašine vrši kao da je ona mašina sa serijskom kinematikom. Takođe se ne menjaju i navike rukovaoca mašine, što olakšava i rukovanje ovakvim mašinama.

5. ZAKLJUČAK

Na primeru gradacije sistema od funkcionalnog simulatora, preko fizičkog modela, do prototipa mašine sa paralelnom kinematikom, pokazan je mogući metod sticanja znanja o jednoj klasi novih mašina alatki i robota. On se zasniva na postepenom uključivanju svih raspoloživih resursa u pravljenje mašine nove generacije. Na primeru konfigurisanja sistema za upravljanje ovako razvijene serije mašina sa paralelnom kinematikom na bazi sistema otvorene arhitekture, stavljenog na raspolaganje bez naknade zainteresovanim inženjerima, pokazano je kako je moguće rešiti najveći problem u razvoju ovih mašina, njihovo upravljanje i programiranje.

U pogledu edukacije inženjera, koji bi radili sa novim mašinama, korisno bi bilo oformiti edukacione centre, koji će u svom sastavu imati mašinu sa paralelnom kinematikom. Međutim, kupiti novu mašinu sa paralelnom kinematikom nije ni malo jeftino. Prvo rešenje je da se pristupi konfigurisanju različitih varijanti pogodnih funkcionalnih simulatora, koji se mogu ugrađivati kao tehnološki moduli na mašine sa serijskim ortogonalnim osama. Drugi način je konfigurisanje edukacionih mini mašina sa paralelnom kinematikom sa sopstvenim pogonima i upravljanjem. Oba ova rešenja podrazumevaju značajno nižu cenu u odnosu na kupovinu jedne nove mašine, a omogućili bi uspešno testiranje upravljanja ovakvim mašinama, obučavanje za rukovanje i programiranje, kao i za izvođenje nastave na predmetima iz ove oblasti, kako je to i urađeno na Katedri za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta u Beogradu. Kada dođe vreme novog koncepta numeričkog upravljanja i ovaj pristup će biti podvrgnut reinženjeringu.



Slika 11. Edukaciona troosna mašina sa paralelnom kinematikom pn101[6]

Na ovaj način su sticani znanja i iskustvo u upravljanju novim mašinama, potrebni za dalja istraživanja i u pogledu šire implementacije upravljanja na bazi softvera EMC i programiranja obradnih sistema raspoloživim CAD/CAM sistemima. Za formatizovanje programa ostaje klasičan standard RS-274 za G kôd, a u okruženju softvera EMC postoji interpreter tog formata programa. To može biti od značaja i za revitalizaciju upravljanja postojećih mašina alatki i robota. Tako je u pripremi projekat koji se bavi konfigurisanjem rekonfigurabilnog multifunkcionalnog višeosnog obradnog sistema za obradu mekših materijala, na bazi raspoloživog šestoosnog robota domaće proizvodnje, LOLA 50, sa velikim radnim prostorom i nosivošću od 50 kg. Za upravljanje tog sistema planirano je korišćenje nove verzije softvera. To je EMC 2. Potrebno je ostvariti konfigurisanje jednog ovakvog obradnog sistema s obzirom na njegovu kinematiku i radni prostor i analizirati vrste i raspored pomoćnih dopunskih translatorskih i obrtnih osa u cilju kompletne obrade delova velikih gabarita i izuzetno složenih površina. Ovaj obradni sistem će se koristiti u istraživanjima tehnologije višeosne obrade, kao i za edukacionu namenu, u okviru predmeta Mašine alatke i roboti nove generacije.

6. LITERATURA

- [1] Glavonjic, M., Milutinovic, D., Zivanovic, S., Bouzakis, K., Mitsi, S., Misopolinos, L., Development of a Parallel Kinematic device Integrated into a 3-axis Milling centre, Proceedings of 2nd International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN and EUREKA Brokerage Event, pp.351-361, Kassandra-Chalkidiki, Greece, october, 2005.
- [2] Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Troosna paralelna mašina pn101, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.1-3.5, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005.
- [3] D. Milutinovic, M. Glavonjic, V. Kvrđic, S. Zivanovic, A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel, pp. 345-348, Annals of the Vol54/1, CIRP 2005.
- [4] Glavonjić, M., Milutinović, D. i Kvrđić, V.: Troosni prostorni paralelni mehanizam, mašina alatka i industrijski robot sa tim mehanizmom, Objava prijave patenta broj 645/04, Glasnik intelektualne svojine, № 5, str. 1095-1096, Zavod za intelektualnu svojinu, Beograd, 2006, ISBN 1542-2144.
- [5] Živanović, S., Konfigurisanje jedne troosne mašine sa paralelnom kinematikom, 30. Jubilarno savetovanje proizvodnog mašinstva SCG sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova, ISBN 86-7776-009-1, str.119-124, Tehnički fakultet i Viša Tehnička škola Čačak, Vrnjačka banja, septembar 2005.
- [6] Živanović, S., Dimić, Z., Upravljanje modela troosne mašine sa paralelnom kinematikom pn 101 na bazi EMC sistemskog softvera, 33. JUPITER konferencija, 29. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-592-4, str.3.19-3.24, Mašinski fakultet, Beograd-Zlatibor, maj 2007.
- [7] EMC - Enhanced Machine controller, web site - www.linuxcnc.org.
- [8] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Dimić, Z., Konfiguracija jedne hibridne petoosne mašine, 33. JUPITER konferencija, 29. simpozijum NU-Roboti-FTS, ISBN 978-86-7083-592-4, str.3.19-3.6, Mašinski fakultet, Beograd-Zlatibor, maj 2007.
- [9] Milutinović, D., Glavonjić, M., Živanović, S., Mašine sa paralelnom kinematikom, VIII.Međunarodni naučno-stručni skup o dostignućima elektrotehnike, mašinstva informatike DEMI 2007, Zbornik radova, str.3-14, Univerzitet u Banja Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, maj, 2007.
- [10] Živanović, S. Konfigurisanje novih mašina alatki, doktorska disertacija u pripremi, Mašinski fakultet, Beograd, 2008.

M. Glavonjić, S. Živanović, D. Milutinović, Z. Dimić

EDUCATIONAL 3-AXIS PARALLEL KINEMATIC MACHINE

Summary

Parallel kinematic machines (PKM) are still R&D topic in many laboratories although many of them unfortunately, have no PKM at all. Therefore the use of a low cost mini educational 3-axis parallel kinematic milling machine is suggested as a help in the process of acquiring basic experiences in the field of PKM. The developed mini educational 3-axis parallel kinematic milling machine is based on a newly developed 3-DOF spatial parallel mechanism. This paper describes the structure of machine, modelling approach, control algorithms and software based on PC Linux platform.

Key words: *Parallel kinematic machine, modeling, control.*

PRIMENA ALGORITAMA UPRAVLJANJA BAZIRANIH NA FUZZY LOGICI U UPRAVLJANJU ROBOTOM SA TRI STEPENA SLOBODE

Marko Joka¹, prof.dr. Mihailo Lazarević²

Rezime

U narednom izlaganju prikazano je modeliranje robota reperzentovanog kinematskim lancem sa n -stepeni slobode prilikom čega je matematički model unapređen uzimanjem u obzir elastičnosti u zglobovima. Takođe pokazano je upravljanje robotom primenom fuzzy logic-a kao i MATLAB simulacija upravljanog sistema.

1. UVOD

Industrijski roboti se, sa mehaničke tačke gledišta, mogu modelirati otvorenim kinematskim lancima, sastavljenim od n segmenata koji su povezani kinematskim parovima 5. vrste, to jest parovima sa jednim stepenom slobode. Njihove diferencijalne jednačine su kao i kod većine realnih sistema nelinearne i samim tim vrlo komplikovane za samo rešavanje.

U klasičnim načinima upravljanja bila je neophodna linearizacija ovih jednačina oko nominalne veličine. Jasno je da se na ovaj način pravi izvesna greška koja, kod većih odstupanja stvarne veličine od nominalne, nije zanemarljiva. Zato za cilj, ovaj rad ima da uvođenjem Fuzzy logike pokuša da eliminiše probleme koje imaju klasični algoritmi upravljanja i robotom upravljamo bez ikakvih odstupanja od dobijenog modela.

Za simulaciju korišćen je program MATLAB® sa pratećim SIMULINK paketom i paketima alata SIMMECHANICS i FUZZY Logic toolbox. Bez toga da se u ove programe unosi diferencijalne jednačine koje su dobijene, koristiće se model objekta koji se može sastaviti blokovima koje nudi ovaj paket, dok se unutar njega samo formirati upravljački sistem.

2. MATEMATIČKI MODEL ROBOTA

Dinamika robotskog sistema sa n stepeni slobode, u obliku otvorenog kinematičkog lanca bez grananja gde su segmenti povezani zglobovima, (kinematički parovi V klase), je data u kovarijantnom obliku [1],[2]:

$$\sum_{\alpha=1}^n a_{\alpha\gamma}(q)\ddot{q}^{\alpha} + \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \Gamma_{\alpha\beta,\gamma}(q)\dot{q}^{\alpha}\dot{q}^{\beta} = Q_{\gamma}^g + Q_{\gamma}^u, \quad \gamma = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

gde su: Q_{γ}^g -generalisana sila gravitacije, a Q_{γ}^u generalisane sile pogona. Formirajući na ovaj način Lagranževu jednačinu druge vrste, dobijamo diferencijalne jednačine kretanja robotskog sistema.

Ovaj model proširen je time što se u obzir uzima i elastičnost koja se javlja u pogonskom sistemu zglobova. Usled postojanja elastičnosti u zglobovima javlja se ugaona deformacija (uvijanje) kod rotacionih zglobova, ili podužna deformacija (istezanje) kod translacionih zglobova. U matematičkom smislu, ovi uglovi se mogu modelirati na taj način što će se oni predstaviti novim generalisanim koordinatama, i to najlakše tako što će se uvesti novi, fiktivni segment i zglob. Segment takav da je bezdimenzion i neinercijalan (masa mu je jednaka nuli)³.

¹ Marko Joka, Mašinski Fakultet Univerzitet u Beogradu, 064-138-5234, e-mail: markojoka@kbcnet.co.yu

² Mihailo Lazarević, Mašinski fakultet Univerzitet u Beogradu, Katedra za mehaniku, 011 3302 338, email: mlazarevic@mas.bg.ac.yu

³ Ovo nije neophodno, međutim na ovaj način se znatno pojednostavljuje dalji račun, u odnosu na slučaj kada segment ima dimenzije ili masu.

Pri čemu se u novom zglobu uvodi odgovarajuća generalisana koordinata koja se javlja usled deformacije. Vrednost ugla deformacije dobija se iz statičke ravnoteže u zglobu robota, a u kojoj učestvuju sile pogona i sile elastične deformacije unutar zgloba. Generalisana koordinata u zglobu je:

$$q_i = \varphi_i + \psi_i \quad (2)$$

gde je: φ_i – željena generalisana koordinata, ψ_i – generalisana koordinata koja se javlja usled elastičnosti zglobova.

Izračunavanjem kinetičke energije uzimajući generalisanu koordinatu q_i i potencijalne energije elastičnosti dobijamo Lagranževe jednačine druge vrste za segment:

$$I_1 (\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}) = M \quad (3)$$

$$I_1 (\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}) = -c\dot{\psi} \quad (4)$$

Ukoliko uzmemo da je fiktivni segment inercijalan ove se jednačine neće u mnogome izmeniti:

$$I_1 (\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}) + I_2 \ddot{\varphi} = M \quad (5)$$

$$I_1 (\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}) = -c\dot{\psi} \quad (6)$$

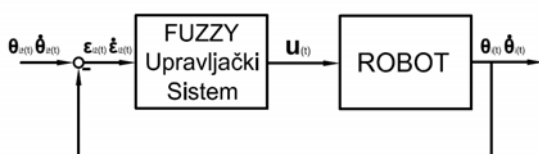
Sređivanjem ovih izraza može se doći do zaključka da:

1. Ako se novouvedeni segment uzme kao *inercijalan* dinamičko ponašanje manipulatora su opisani isključivo diferencijalnim jednačinama drugog reda.
2. Ukoliko je uveden segment *bezinercijalan* dinamičko ponašanje se opisuje jednačinama koje se mogu svesti na deo diferencijalnih jednačina drugog reda i deo jednačina koje su ili diferencijalne jednačine prvog reda i algebarske jednačine.

Više o ovome može se naći u [2], a detaljan program za dobijanje ovakvih diferencijalnih jednačina ponašanja napravljen u MATLAB-u dat je u [1].

2. FUZZY UPRAVLJAČKI SISTEM

Jedna od osnovnih prednosti fuzzy logike je to što nije potrebno direktno poznavanje matematičkog modela objekta. Potrebno je samo poznavanje opsega promene ulaznih i izlaznih veličina sistema i njihov međusoban uticaj. Dijagram sistema dat je na slici 2.1. Sa njega se može videti da su ulazne veličine u upravljački sistem željeni ugao i ugaono ubrzanje dok je izlaz upravljanje (napon) koji deluje na aktuator robota. Izlaz sistema je pomeranje robota, koje mi pratimo u unutrašnjim koordinatama, dok se u spoljnim može lako dobiti rešavanjem direktnog kinematskog problema koji je dat u prvom delu ovog rada.

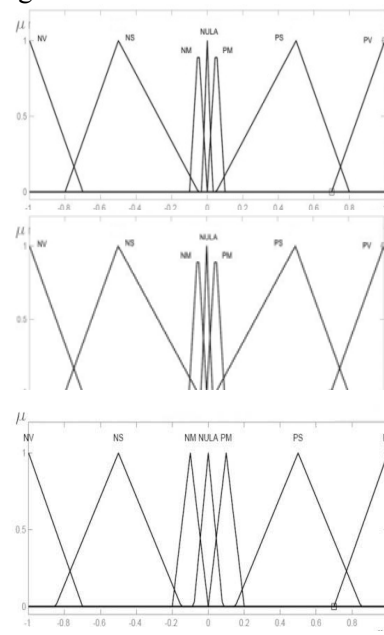


Slika 2.1

Opseg promena ulaznih i izlaznih veličina dat je njihovim fuzzy skupovima prikazanim na slici 2.2. Može se lako proveriti simulacijom modela datog u [1] da

ukoliko se uzme manji broj skupova od 7 sistem neće imati zadovoljavajuću statičku grešku. Broj fuzzy skupova zavisi isključivo od želje projektanta upravljačkog sistema i zahtevanog kvaliteta upravljanja.

Ulazne veličine upravljačkog sistema je ugaona greška i greška ugaone brzine. Kada podelimo opseg maksimalnom mogućom greškom ugla (ugaone brzine) dobijamo interval pripadnosti $[-1,1]$. Izlazna veličina, tj. upravljanje ćemo takođe dobiti u opsegu $[-1,1]$, s tim što ukoliko ovo nije dovoljno možemo uvesti pojačanje na izlazu iz US i time proširiti ovaj opseg. Tabela upravljanja data je u tabeli 1. Upravljanje se formira tako da, što je veća greška brzinska i poziciona dajemo tim veće i upravljanje.



Slika 2.2

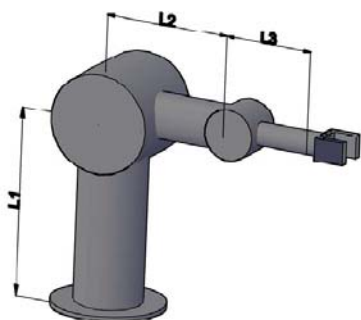
de(t)	NV	NS	NM	NULA	PM	PS	PV
e(t)	NV	NV	NV	NS	NS	NM	NM
NS	NV	NS	NS	NS	NM	NM	PM
NM	NS	NS	NM	NM	NULA	PM	PM
NULA	NV	NS	NM	NULA	PM	PS	PV
PM	NS	NM	NULA	PM	PM	PM	PS
PS	NM	PM	PM	PS	PS	PS	PV
PV	PM	PM	PS	PV	PV	PV	PV

Tabela 1

Gde su skraćenice: NV-negativno veliko, NS-negativno srednje, NM-negativno malo, PM-pozitivno malo, PS-pozitivno srednje, PV-pozitivno veliko.

3. SIMULACIONI REZULTATI

Posmatra se robot sa tri stepena slobode slici 3.1 sa karakteristikama koji su dati u Tabeli 2. Karakteristike upravljačkog sistema

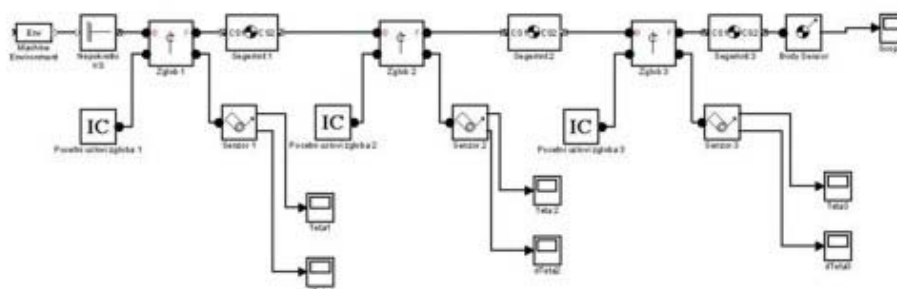


i	l_i [m]	d_i [m]	m_i [kg]
1	0,8	0,3	15
2	0,4	0,2	8
3	0,3	0,1	5

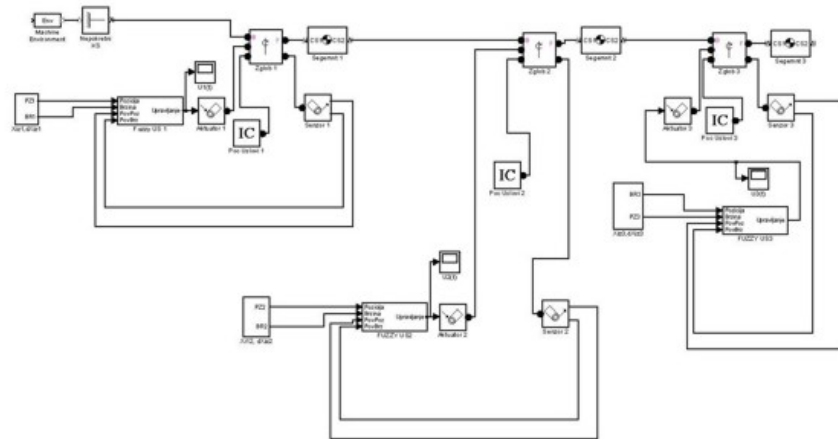
Tabela 2

Slika 3.1

U radu [1] primenom simboličkog diferenciranja Symbolic toolbox MATLAB-a razvijen je kod kojim se mogu dobiti diferencijalne jednačine ponašanja bilo kog robotskog sistema u simboličkom obliku, koji se tada ili od početka može zameniti brojnomo vrednošću. Ovde se date jednačine neće navoditi već samo model istog robota razvijen u SIMULINK okruženju. Neupravljeni model robota može se videti na slici 3.2, a ceo model sa upravljačkim sistemom na slici 3.3.

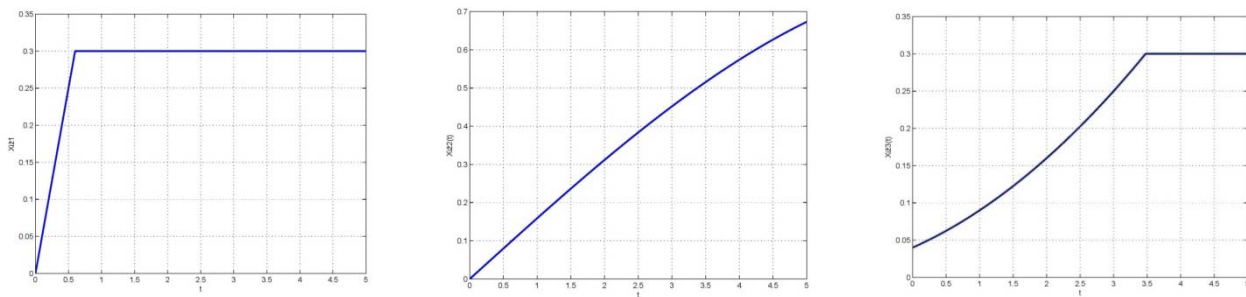


Slika 3.2



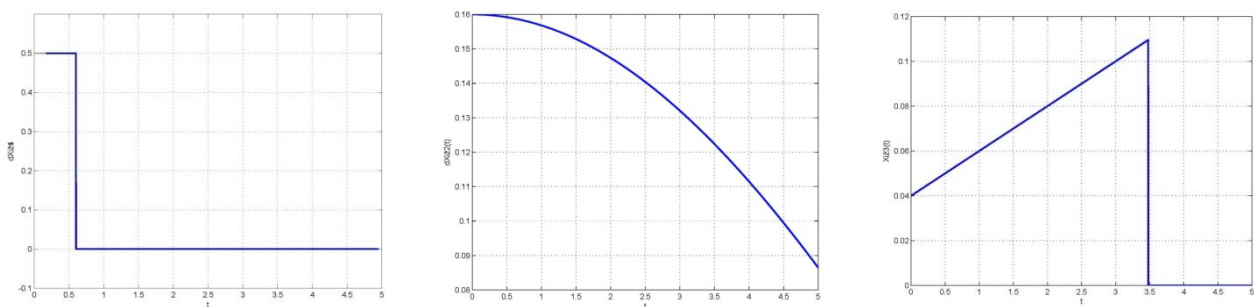
Slika 3.3

Željene trajektorije u unutrašnjim koordinatama date su na sledećoj slici:



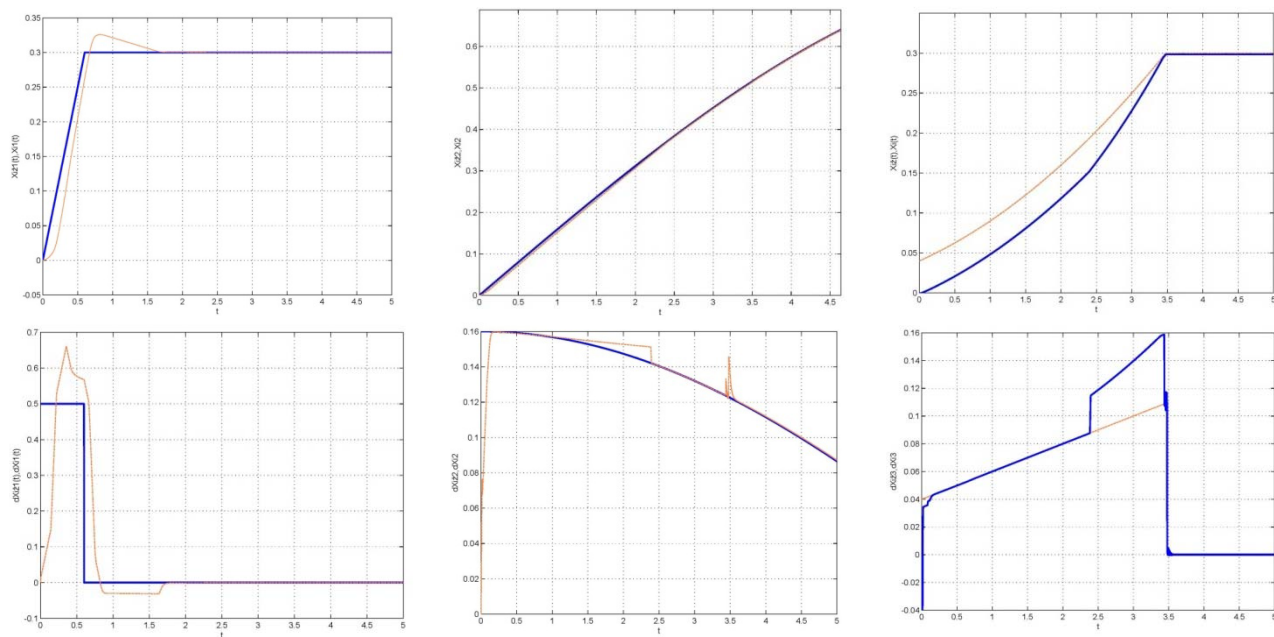
Slika 3.4

Dok su željeni profili brzina na tim trajektorijama:



Slika 3.5

Rezultati simulacije robota za nulte početne uslove i gore date željene trajektorije dati su na sledećoj slici:



Slika 3.6

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu pokazan je način matematičkog modeliranja robota koji je reprezentovan otvorenim kinematskim lancem i u okviru toga razmatrana je njegova kinematika i dinamika. Matematički model proširen je i modelovanjem elastičnosti koja se javlja unutar zglobova robota. Iz rezultata koji su dobijeni vidi se da su ove diferencijalne jednačine vrlo komplikovane i teške za rešavanje, pogotovo za robote sa više od tri stepena slobode. Usled modelovanja, prilikom uvođenja pojednostavljenja, javlja se i problem 'nemodelovane dinamike' (netačnost modela). Jedan od načina za prevazilaženje problema upravljanja, kod ovih sistemima, jeste primenom fuzzy logike u upravljanju datim robotom. Njena osnovna prednost je nepotrebnost poznavanja tačnog matematičkog modela objekta kao kod klasičnih algoritama upravljanja. Time se smanjuje potreba za jakim hardverom. U ovom radu prikazan je primer formiranja upravljačkog sistema baziranog na fuzzy logici, i prikazani rezultati primene ovakvog upravljačkog sistema na jedan robotski sistem.

5. LITERATURA:

- [1] M. M. Joka, "Algoritmi upravljanja robotom sa tri stepena slobode bazirani na Fuzzy Logic", Diplomski rad, Mašinski Fakultet u Beogradu, 2008
- [2] Lazarević P.M., Vasić V. – *Washing Machine As Mechanical System Of Rigid Bodies – Mathematical Modeling – Symbolical Approach*, Journal of Sound and Vibration, 2008, (predato)
- [3] Šalinić S. – *Dinamika sistema krutih tela sa realnim vezama sa primenom na tehničke objekte*, Magistarski Rad, Mašinski Fakultet, Beograd 2003
- [4] Nikolić I., Čović V. – *Izabrana poglavlja iz mehanike robota*, Mašinski Fakultet, Beograd 1999

Application of Fuzzy Logic Algorithms in Control of the Robot with Tree DOF

Abstract

In following text it is displayed modeling of the robot with tree degrees of the freedom, while taking assumption of elasticity in joints. Also, it is shown modeling of controller based on Fuzzy Logic algorithm and its simulation in MATLAB.

Б. Бојовић¹, Д. Стаменковић², Б. Бабић³

МИКРОТЕХНОЛОГИЈА БИОМЕДИЦИНСКИХ ПОВРШИНА

Резиме

Биоинжењерство као новија дисциплина примењује научна знања и инжењерске принципе у решавању проблема везаних за био системе. У овом раду се посебно истиче биомедицинско инжењерство на примеру офталмолошких помагала. Како је реч о обради биоматеријала, прилагођених одређеној намени, дат је и кратак осврт на биокомпатибилне материјале који обезбеђују прихватање и мимикрију страног тела у оку. Предмет овог рада су биомедицинске површине, односно унутрашње и спољашње стране контактних сочива, преко којих се остварује контакт са ткивом. Посебно се разматра процес производње, и то на примеру израде сочива резањем.

Кључне речи: Биоинжењерство, биоматеријали, биокомпатибилност, биомедицинске површине

1.0 УВОД

Према подацима сакупљеним путем интернета, више од 125 милиона људи широм света носи контактна сочива. Разлози су превасходно естетске природе. Уз то се додаје веће видно поље у поређењу са наочарима, као и неупоредива практичност за спортске активности и влажан ваздух у окружењу. Сем што захтевају редовно и пажљиво одржавање, контактна сочива имају и неке мане, у виду навикавања или нагомилавања липидних и протеинских наслага. Поред наведеног увећавају и склоност ока ка бактеријским и гљивичним обољењима. Управо превазилажење наведених мана доводи до развоја нових врста сочива, нових метода израде, нових дизајна и нових биокомпатибилних материјала за производњу сочива.

У овом раду ће након кратког историјског осврта, бити наведени методи израде и представљени биокомпатибилни материјали за контактна сочива. Посебна пажња ће се посветити изради контактних сочива методом резања, која обухвата стругање на POLYTECH 1800A CNC ASPHERIC - TORIC стругу и полирање, на примеру гас-пропусног сочива (Rigid Gas Permeable - RGP) у једној од три очне куће која се бави њиховом производњом у Србији. Аутори, овом приликом, желе да истакну примену микротехнологије биомедицинских површина на нашим просторима.

¹ мр Божица Бојовић, дипл.маш.инж. Катедра за производно машинство, Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16. Београд, e-mail: bbojovic@mas.bg.ac.yu, 011/3302236

² Драгомир Стаменковић, дипл.маш.инж. генерални директор, OPTIX, d.o.o, Орачка 13, 11080 Земун, e-mail: office@optixltd.com, 011/3163302

³ Проф. др Бојан Бабић, дипл.маш.инж. Катедра за производно машинство, Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16. Београд, e-mail: bbabic@mas.bg.ac.yu, 011/3302274

2.0 ИСТОРИЈСКИ ОСВРТ

Прва скица контактнoг сочива датира од 1508. године. Аутор те идеје је био Ледонардо да Винчи. У XIX веку та се идеја реализује у виду стакленог сочива, да би тек у првој половини XX века било израђено пластично сочиво. У другој половини XX века унапређују се материјали и методи израде, што доводи до појаве гас-пропусних и меких сочива. Даљи развој иде у правцу удовољавања специфичних захтева корисника. Детаљнији приказ важних догађаја у развоју контактних сочива је дат у табели 1. Контактна сочива су сада медицински производи који служе за исправљање рефракцијских грешака ока (корективна сочива), за апликацију лекова кроз око (терапеутска сочива) или имају само естетску намену (козметичка сочива).

Табела 1 Историја контактних сочива

Година	Догађај
1508.	Илустрација концепта контактних сочива
1632.	Идеја о постављању сочива директно на око ради корекције вида
1827.	Постављање принципа практичног дизајна сочива
1887.	Направљена прва контактна сочива од стакла
1888.	Забележено је коришћење стакленог контактнoг сочива за корекцију вида
1929.	Унапређење израде коришћењем калупа направљеног према оку ради бољег налегања
1936.	Прва контактна сочива направљена од стакла и пластике
1948.	Тврда контактна сочива направљена у потпуности од пластичног материјала
1950.	Дизајн пластичног сочива са вишеструким кривинама унутрашње површине ради бољег налегања и повећања удобности
1956.	Израда сочива од меких водоупијајућих пластичних материјала
1971.	Комерцијално увођење меких контактних сочива од стране Bausch & Lomb-a
1978.	Комерцијално увођење меких торичних сочива за корекцију астигматизма
1979.	Комерцијално увођење тврдых гас-пропусних контактних сочива
1981.	Комерцијално увођење меких контактних сочива за продужено ношење (током ноћи)
1982.	Комерцијално увођење бифокалних меких контактних сочива
1983.	Комерцијално увођење тонирана гас- пропусна контактна сочива
1986.	Комерцијално увођење гас- пропусних контактних сочива за продужено ношење
1987.	Комерцијално увођење заменљивих меких контактних сочива, као и оних који мењају боју очију // Комерцијално увођење гас- пропусних контактних сочива израђених од нових материјала, тј. флуоро-силико акрилних полимера.
1991.	Комерцијално увођење меких контактних сочива са учесталом заменом
1992.	Комерцијално увођење тонираних меких контактних сочива са учесталом заменом
1995.	Комерцијално увођење меких контактних сочива са свакодневном заменом
1996.	Комерцијално увођење контактних сочива са ултравиолентном заштитом
1999.	Комерцијално увођење бифокалних меких контактних сочива са учесталом заменом

3.0 БИОКОМПАТИБИЛНИ МАТЕРИЈАЛИ

Контактно сочиво је танак, провидан, конвексан диск од полимера који у потпуности или делимично покрива рожњачу. Рожњача је провидно ткиво са предње стране ока које пропушта светлост. Провидност је обезбеђена непостојењем крвних судова и то је једино ткиво у нашем организму које није прокрвљено те се само преко ваздуха снабдева кисеоником. Рожњача је мека конфлуентна маса, састављена претежно од колагена, тј. протеина изузетне затезне чврстоће и еластичности. Значи са једне стране се налази површина биополимера обрађена резањем, а са друге стране жива материја. Између RGP сочива и рожњаче је флуид (сузни филм) који има задатак да спречи интензивно трење и хабање и у овом случају је састављен од воде, липида (масти) и мицина (свеprisутног гликопротеина). Када је однос дебљине сузног филма (h) и неког параметра храпавости обрађене површине (R) висок, тада су те две површине потпуно раздвојене и до њиховог контакта може доћи само у случају недовољног лучења суза, што је у офталмологији познато под термином суво око. /1/ У суштини, докле год је око здраво и у довољној мери производи сузе унутрашња површина контактнoг сочива није у додиру са рожњачом. Такође и јасноћа вида кроз контактнo сочиво може бити нарушена услед недостатка сузног филма и болести рожњаче. То утиче и на конформност ношења. Дуготрајно ношење сочива, уз неадекватно трептање које обнавља сузни филм, као и потреба за што већим протоком кисеоника кроз сочиво, као и већом оптопорношћу према стварању наслага протеина и липида, доводи до развоја нових биокompatибилних материјала.

Тренутно се на тржишту нуди велики број полимера, и то флуоро-силико акрилних полимера за производњу гас- пропусних и хидрогелова за производњу меких сочива. /2/ Тврда контактна сочива су израђена од полиметил метакрилата (PMMA), који не пропушта кисеоник, те се ова сочива данас ретко користе. Контактна сочива која комбинују пластичне материјале са силиконским или флуорополимерима се називају гас- пропусна сочива (*Rigid Gas Permeable-RGP*). Она задржавају свој облик и дозвољавају пролаз кисеоника до рожњаче, што је изузетно важно за здравље ока. Управо зато што је код њих боље влажење, лакша су за привикавање и удобнија од PMMA тврдиh сочива. Традиционална мека сочива се праве од механичких материјала - хидрогелова, те не задржавају свој облик, већ се прилагођавају облику рожњаче. Хидрогелови садрже велики проценат воде и добро пропуштају кисеоник до ока, али због велике порозности до ока лако долазе бактерије. Стога се захтева строга хигијена и/или честа замена сочива. Нова генерација меких сочива се израђује од силиконских хидрогел материјала, код којих силиконска компонента даје високу пропусност кисеоника, омогућава лакше подешавање топологије рожњаче и повећава удобност ношења.

Сажето, према /3/, постоје четири важна својства биокompatибилних материјала од којих се израђују гас- пропусна сочива:

- Пропусност кисеоника изражена у ISO Dk јединицама, при чему већа вредност указује на већу пропусност кисеоника
- Индекс преламања изражен у RI јединицама утиче на дебљину сочива и обрнуто је сразмеран пропусности кисеоника
- Структура полимера, која указује на присуство флуоро или силико компоненти
- Влажење изражено преко угла квашења, који указује на хидрофилност површине

О наведеним својствима треба водити рачуна приликом одабира материјала, јер она директно утичу на удобност ношења и очување здравља.

4.0 ОБРАДА КОНТАКТНИХ СОЧИВА

Гас- пропусно контактнo сочиво је танак, провидан, конвексан диск од полимера, који плута на танкој сузној превлаци рожњаче. Сам облик и топологија рожњаче утичу на облик (дизајн) сочива. Унутрашња страна се састоји од више сфера, чиме се базна површина прилагођава облику рожњаче и дефинисана је полупречницима кривина оптичке и периферне зоне, који је индивидуална категорија измерена од стране офталмолога или оптометристе, и полупречницима кривина који обезбеђују одизање ивице сочива и омогућавају пролаз сузног филма између сочива и рожњаче. Основна површина је спољашња и она је дефинисана диоптријом. Дизајном сочива се баве очне лабораторије које лиценцирани дизајн уступају произвођачима. Материјал и дизајн заједно утичу на процес обраде, а самим тим и на квалитет израде. Избор одређеног биокompatибилног материјала утиче на

производњу сочива у смислу дефинисања параметара обраде за дати материјал. Гас- пропусно сочиво се израђује резањем на стругу алатом са дијамантским врхом, што представља предобраду, након чега следи полирање пастом као завршна обрада која дефинише кавлитет обрађене површине. Очишћено сочиво се проверава. Контрола се врши на уређајима за проверу основне функције дефинисане диоптријском вредношћу, као и за проверу квалитета обрађене површине, који одређује атхезију, тј. приањање сочива на рожњачу.

Традиционална мека контактна сочива се могу произвести поступком резања, након чега се потапају у физиолошки раствор за хидратизацију који их чини меким. Мека сочива се такође, могу израђивати ливењем у калупу за ливење под притиском. Силиконска сочива захтевају и додатну обраду у виду наношења превлака, којима се својства основног материјала побољшавају, конкретно у смислу повећања влажења основне површине.

4.1 Пример израде RGP контактнoг сочива

Аутори су на примеру израде RGP контактнoг сочива приказали примену микротехнологије биомедицинских површина. Једини произвођач на овом простору који може да понуди израду практично свих врста сочива, према захтевима корисника у кратком временском периоду „од данас до сутра“ /4/ учествује у истраживању стања обрађене биомедицинске површине.

Врхунско сочиво подразумева квалитетно израђено сочиво на основу доброг дизајна и од биокompatibilног материјала. У изабраној оптичкој кући производе се сочива према Ledaperm дизајну компаније “David Thomas” - Northampton и то од следећих материјала: Boston, Contamac i Lamda Polytech (Europerm). Обрада резањем је снимљена на троосном **POLYTECH 1800A CNC ASPHERIC – TORIC** стругу, приказаном на слици 1.



Слика 1. **POLYTECH 1800A CNC ASPHERIC – TORIC** струг, прузето са /4/

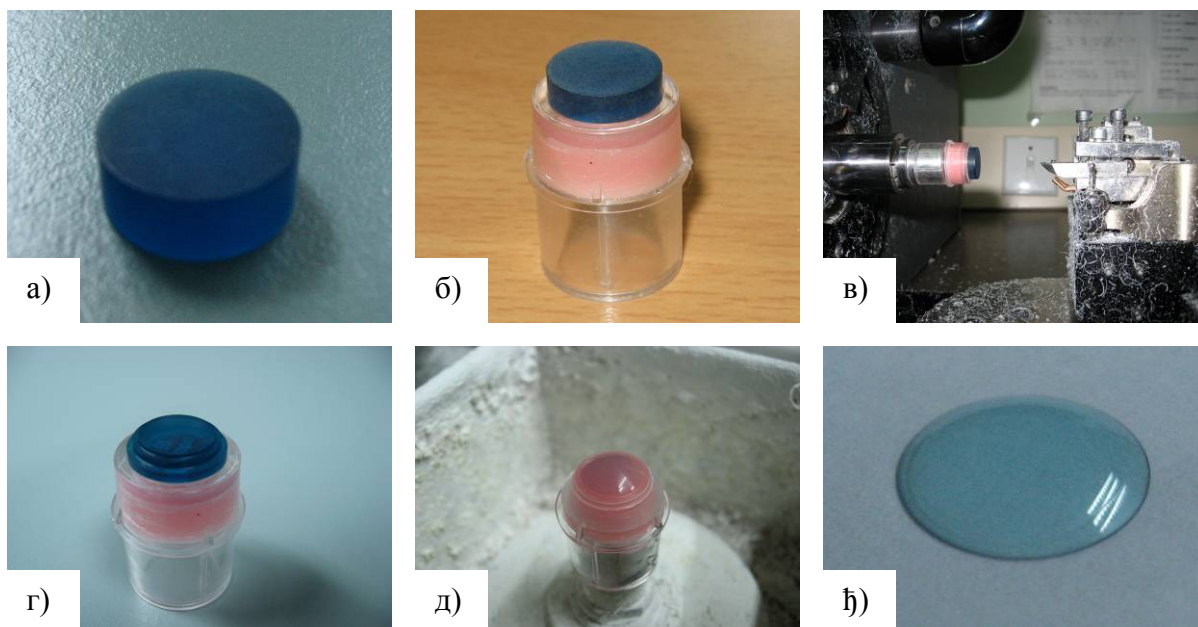
У даљем тексту је дат опис израде RGP контактнoг сочива од Boston ЕО полимера. Својства овог материјала, према /5/, су приказан у табели 2.

Табела 2. Својства Boston ЕО полимера

Комерцијални назив	Boston EO
Назив материјала	enfluvocon B
Пропусност кисеоника	58 Dk
Угао квашења	49 deg
Тврдоћа	Rockwell R 114
Апсорпција сланог раствора	1.0%
Индекс преламања	1.429
Специфична тежина	1.23
Нијанса	Плава, ледено плава, зелена, сива, браон

За сваки захтев од стране корисника врши се прорачун геометрије према лиценцираном дизајну сочива, према вредностима за базну кривину, пречник сочива и диоптрију, коју шаљу офталмолози. Ти подаци представљају основу за оптимизирање геометрије сочива, које се састоји од две сферичне површине. Базна површина је окренута ка рожњачи ока и одређена је тзв. базном кривином, а генерише се као мултисферична површина или мултиасферична или сфероасферична. Спољна површина је у контакту са унутрашњом страном капка, а генерише се према диоптрији и у складу са базном површином. Машинама Lamda Polytech на којима се врши израда, придружен је рачунар с оригиналним софтвером на коме се врши прорачун геометрије сочива и одређују параметри процеса резања.

Припремак набављен у виду цилиндричног полуфабриката приказан је на слици 2 под а). Он се фиксира у пластични помоћни прибор воскирањем, чиме је завршена фаза припреме, приказана на слици 2 под б). Након тога се у стезну главу CNC струга поставља припремак и обрађује се прво базна површина, што је приказано на слици 2 под в). Обрадак са формираном базном површином је приказан на слици 2 под г). Поступак се понавља за спољашњу површину, након чега се обрадак поставља у машину за полирање, приказано на слици 2 под д). Полирање се обавља помоћу горњих и доњих делова алата формираних да одговарају геометрији обе површине. Након завршне обраде полирањем израдак се пере и контролише. Готов део је приказан на слици 2 под ђ).



Слика 2. Израда RGP контактнoг сочива од Boston EO полимера на машинама Lamda Polytech
а) Припремак, тзв. дугме, б) Припремак фиксиран у помоћном прибору, в) Обрада стругањем, г) Обрадак са формираном базном површином, д) Обрадак са формираном спољном површином, ђ) Готов део

5.0 МОГУЋНОСТИ ИСТРАЖИВАЊА

Суштински утицај стања обрађене површине на функционално понашање сочива је довољан разлог да се уложи додатни напори у осветљавању фракталне природе храпаве површине. Стога је циљ будућих истраживања квантификација храпавости обрађене површине контактнoг сочива која је последица процеса производње, једним алтернативним приступом. Укратко могући правци истраживања су:

1. Разматрање утицаја параметара обраде на квалитет обрађене површине и њену функционалност

Коришћење фракталне димензије храпаве површине, уместо неког од многобројних стандардних параметара храпавости, као параметар за међусобну компарацију површина, би омогућило одређивање оптималног времена полирања у смислу обезбеђивања адекватне адхезије између

базне површине сочива и рожњаче. За то су потребни узорци који би имали исполирану базну површину са различитим временима полирања у оквиру препоручених интервала ради утврђивања оптималног времена полирања које даје површину са жељеним адхезионим својствима.

2. Праћење промене параметра храпавости на основној површини сочива током ношења и чишћења.

Повећана храпавост утиче на смањење адхезије (што је неповољно са аспекта пријањања сочива) и истовремено на повећање трења (што је неповољно са аспекта влажења и увећања напона смицања проузрокованог трептањем). Коришћење фракталне димензије као параметра храпавости би омогућило праћење његове промене током времену. Тиме би се поређење биополимера могло спровести и то на сочивима од другачијег полимера истог или различитих произвођача. Субјект би у једном оку носио сочиво од једног, а у другом оку од другог биополимера. Тако би се обезбедили подједнаки услови ношења.

3. Одређивање утицаја чишћења сочива на промену параметра храпавости на основној површини сочива.

Истовремено са активностима под бројем 2, друго сочиво које чини пар би се подвргло истом режиму чишћења као оно у оку. Разлика у фракталној димензији површине неношеног а чишћеног сочива у поређењу са ношеним и чишћеним, би раздвојило утицај процеса чишћења и ношења на промену храпавости и коначно губљење функционалности сочива.

ЛИТЕРАТУРА

- /1/ J.J. Ramsden, D.M. Allen¹, D.J. Stephenson¹, J.R. Alcock, G.N. Peggs, G. Fuller¹ and G. Goch, „*The Design and Manufacture of Biomedical Surfaces*“, Annals of the CIRP Vol. 56/2/2007
- /2/ P.C. Nicolson, J. Vogt, Soft contact lens polymers: an evolution, Biomaterials Vol.22, pp. 3273-3283, 2001.
- /3/ <http://www.optometry.co.uk/>
- /4/ <http://www.optixltd.com/>
- /5/ <http://www.bostoncontactlenses.com/>

B.Bojovic, D. Stamenkovic, B. Babic

MICROTECHNOLOGY OF BIOMEDICINE SURFACES

Abstract

The bioengineering as a novel discipline applies scientific knowledge and engineering principles in bio systems solving problems. In this paper the biomedical engineering specially issues out an example of ophthalmic apparatus. The subject is manufacturing of biomaterials which are adapting to specific application. The brief review of the biocompatible materials which provide adaption and mimicry of extraneous entity is given. The contact with tissue is implemented thru biomedical surfaces, like inner and outer contact lens surfaces are, so they are subject of interest in this paper. The manufacture process is considered on contact lens example.

Key words: Bioengineering, Biomaterials, Biocompatibility, Biomedicine surfaces

Vukelić, Đ.¹, Hodolić, J.², Todić, V.³, Sovilj, B.⁴**MODEL INTEGRALNOG SISTEMA ZA PROJEKTOVANJE PRIBORA****Rezime**

Proces projektovanja pribora je kompleksan, intuitivan, dugotrajan i u velikoj meri zavisn od znanja i iskustva projektanta. Ovo nameće potrebu za uvođenjem novih tehnologija u proces projektovanja pribora koje se baziraju na tzv. fleksibilnoj automatizaciji, a čiji je osnovni cilj smanjenje vremena i troškova projektovanja novih konstrukcija pribora kao i iznalaženje optimalnog rešenja od više mogućih za zadate uslove obrade što se može uspešno rešiti razvojem adekvatnih sistema za projektovanje pribora. U radu se prikazuje model integralnog sistema za automatizovano projektovanje i optimizaciju konstrukcije pribora čiji je razvoj i računarska verifikacija trenutno u toku.

1.0. UVOD

Projektovanje pribora pomoću računara je nastalo kao uzročno-posledični odgovor na negativne aspekte klasičnog načina projektovanja. Ovaj vid projektovanja pribora podrazumeva upotrebu računara koji automatizuje određene sekvence projektovanja pribora. U protekle dve decenije mnogi naučnici su uložili ogroman napor kako bi se proces projektovanja pribora racionalizovao, tj. automatizovao. Brojni su primeri razvijenih sistema. Ni jedan od njih nije u potpunosti zadovoljio postavljene ciljeve [1, 2]. Kao opšta karakteristika sistema može se izdvojiti mogućnost automatizovanog dobijanja parcijalnih rešenja, pre svega elemenata za pozicioniranje i stezanje, za prizmatične radne predmete jednostavnijeg oblika [3, 6, 7]. Sva dosadašnja istraživanja se baziraju na metodi pozicioniranja 3-2-1, mada to nije jedini način pozicioniranja, i na potpunom ograničavanju stepeni slobode radnom predmetu [1, 2, 5, 8] pri čemu je zanemarena činjenica da se na taj način bitno poskupljuje cena pribora samim tim što se broj sastavnih elemenata pribora povećava. Prethodni radovi zanemaruju određivanje optimalnog položaja elemenata za pozicioniranje i stezanje. Projektantu je ostavljena mogućnost da samostalno rasuđuje problem i da na osnovu svog iskustva donosi odluke. Ključna rečenica u svim radovima je "Što je korisnik sistema iskusniji dobijena rešenja će biti bolja" [4, 7, 8]. Uticaj greške pozicioniranja je u potpunosti zanemaren, iako ona u velikoj meri utiče na ukupnu grešku obrade, tj. tačnost izrade. U dosadašnjim fazama razvoja sistemi su uglavnom bili zasnovani na krutoj algoritamskoj strukturi [1, 2], što bitno utiče na smanjenje njihove fleksibilnosti i nemogućnost prilagođavanja promenama u okviru proizvodnog procesa kao dinamičkog sistema. Za očekivati je da će novi pristupi biti zasnovani na nealgoritamskom programiranju i metodama veštačke inteligencije [2] čime se stvaraju uslovi za brzo unapređenje automatizacije projektovanja i proizvodnje u celini.

Na osnovu sprovedenih analiza i uočenih problema, postavljena je hipoteza da je moguće izgraditi sistem za automatizovano projektovanje pribora, koji će obezbediti integralni prilaz u projektovanju i optimizaciji konstrukcije pribora, koji će uzimati u razmatranje grešku pozicioniranja, omogućiti definisanje optimalnih pozicija elemenata za pozicioniranje i stezanje za što širi spektar radnih predmeta i biti zasnovan na metodama veštačke inteligencije. U toku dosadašnjih istraživanja izvršena je sistematizacija osnovnih podloga za postavku i razvoj model sistema. U narednoj fazi istraživanja u planu je razvoj programskog rešenja sistema i njegova verifikacija.

¹ mr Đorđe Vukelić, asistent, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel: 021/485-23-26, e-mail: vukelic@uns.ns.ac.yu.

² dr Janko Hodolić, red.prof., Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel: 021/485-20-53, e-mail: hodolic@uns.ns.ac.yu.

³ dr Velimir Todić, red. prof., Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel: 021/485-23-46, e-mail: todvel@uns.ns.ac.yu.

⁴ dr Bogan Sovilj, red. prof., Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel: 021/485-23-43, e-mail: bsovilj@uns.ns.ac.yu.

2.0. GLOBALNA STRUKTURA SISTEMA

Osnovni cilj istraživanja jeste razvoj fleksibilnog sistema za automatizovano projektovanje pribora i optimizaciju njegove konstrukcije. Deo sistema za projektovanje treba da omogući izbor pojedinih elemenata pribora. Deo za optimizaciju treba da omogući, sa jedne strane, determinisanje optimalnih pozicija elemenata za pozicioniranje i stezanje sa ciljem dobijanja potrebne tačnosti i kvaliteta obrađene površine radnog predmeta, a uzimajući pri tome u obzir minimizaciju cene pribora i maksimizaciju proizvodnosti istog, a sa druge strane, generisanje konstrukcije pribora bez kolizija.

Imajući ovo u vidu, kao i trendove u pogledu razvoja i načina korišćenja računara u mašinskoj industriji, model ovog automatizovanog sistema koncipiran je na modularnom principu. Strukturu sistema čini pet modula (slika 1.), i to: modul za unos ulaznih informacija, modul za planiranje koncepcije pribora, modul za projektovanje pribora, modul za analizu pribora i modul za izlazne informacije.



Slika 1. Globalna koncepcija sistema

3.0. KONCEPCIJE POJEDINIH MODULA SISTEMA

3.1. Modul za unos ulaznih informacija

Modul za ulazne informacije omogućava unos svih potrebnih informacija neophodnih za projektovanje pribora koje se mogu se podeliti na tri veće grupe: konstruktivne informacije o radnom predmetu, tehnološke informacije i informacije vezane za organizaciju i upravljanje proizvodnjom. Ulazne informacije sadrže podatke za obradu u okviru svih narednih modula posmatranog sistema.

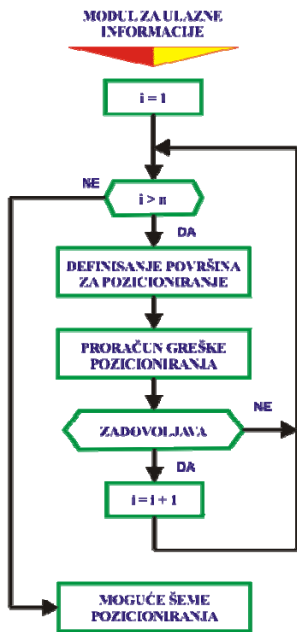
3.2. Modul za planiranje koncepcije

Osnovna funkcija modula za planiranje koncepcije pribora je da determiniše površine i tačke preko kojih će se izvesti pozicioniranje i stezanje radnog predmeta. Na ovaj način se definiše skeletna konstrukcija pribora budući da su elementi za pozicioniranje i stezanje najvažniji sastavni elementi svakog pribora. Ovi elementi direktno utiču na tačnost obrade, na proizvodnost i cenu obrade, izbor ostalih elemenata pribora itd. Determinisanje tačaka za pozicioniranje i stezanje podrazumeva tri osnovna koraka: determinisanje površina za pozicioniranje, determinisanje površina za stezanje i determinisanje tačaka za pozicioniranje i stezanje.

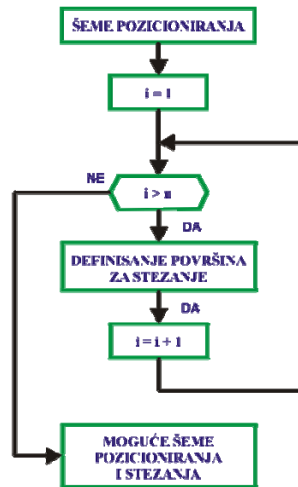
Struktura modula za determinisanje površina za pozicioniranje je prikazana na slici 2. Na osnovu ulaznih informacija, tj. orijentacije radnog predmeta u toku procesa obrade u određenoj operaciji obrade na konkretnoj mašini alatki, površina radnog predmeta, postojećih dimenzija i njihovih tolerancija, vrši se generisanje mogućih površina za pozicioniranje uzimajući pri tome u obzir potreban broj stepeni slobode koji je potrebno oduzeti radnom predmetu. Radni predmet se može pozicionirati tako da mu greška pozicioniranja bude ili jednaka nuli ($\Delta p=0$) ili različita od nule ($\Delta p \neq 0$). Sa stanovišta tačnosti obrade bolje je da je greška pozicioniranja jednaka nuli. Međutim, moguće je, da u određenim uslovima, greška pozicioniranja bude različita od nule i da njen zbir sa zbirnom greškom obrade (Δz) bude manji od tolerancije izrade (T) tj. $\Delta p + \Delta z < T$, ali je konstrukcija pribora ili njegova proizvodnost znatno veća, te se ovo rešenje može smatrati i boljim u odnosu na predhodno ($\Delta p=0$). Zbog toga se nakon definisanja mogućih rešenja šema pozicioniranja proverava veličina greške pozicioniranja te se sva rešenja (ukoliko postoje) koja zadovoljavaju uslov da je greška pozicioniranja jednaka nuli ili je dovoljno mala selektuju odnosno izdvajaju. U sledećim modulima će se doneti odluka o konkretnoj šemi. Na izlazu iz ovog segmenta se dobija jedno ili više mogućih rešenja šema pozicioniranja.

Za izabrane šeme pozicioniranje definišu se potom moguće šeme stezanja (površine za stezanje) a koje se nalaze na površinama naspram površina za pozicioniranje (slika 3).

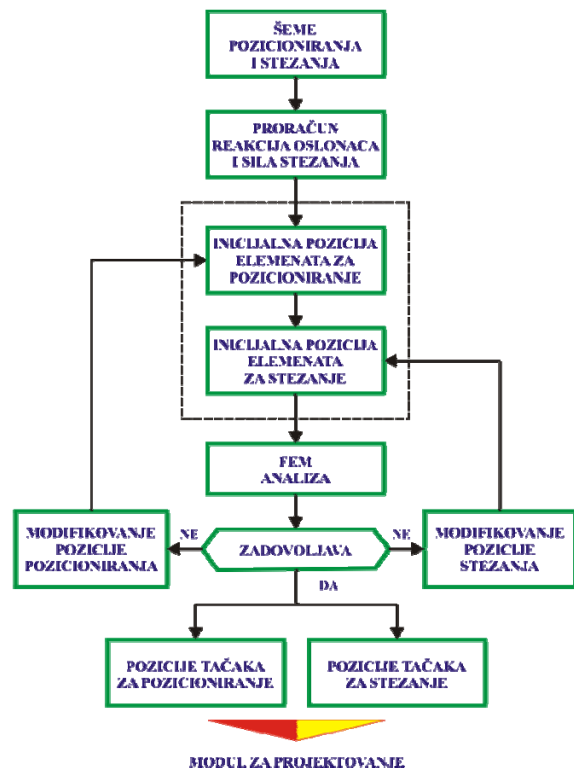
Nakon što se definišu moguće šeme pozicioniranja i stezanja vrši se definisanje tačaka (položaja) za pozicioniranje i stezanje, tj. mesto kontakta ovih elemenata sa radnim predmetom (slika 4.).



Slika 2. Definisanje površina za pozicioniranje radnog predmeta



Slika 3. Definisanje površina za stezanje radnog predmeta



Slika 4. Definisanje tačaka za pozicioniranje i stezanje

Definisanje položaja elemenata za pozicioniranje/stezanje se sastoji od dva koraka:

1. definisanje inicijalne pozicije elemenata za pozicioniranje/stezanje,
2. generisanje optimalne pozicije elemenata za pozicioniranje/stezanje.

Inicijalna pozicija elemenata za pozicioniranje se definiše kao centar određene dvodimenzionalne površine preko koje se vrši pozicioniranje u slučaju da sa tom površinom dolazi u kontakt jedan element za pozicioniranje. U slučaju postavljanja n elemenata za pozicioniranje bazna površina se deli na n jednakih delova a inicijalna pozicija svakog elementa je centar svake od n površina. Da bi se generisala optimalna pozicija elemenata za pozicioniranje vrši se diskretizacija bazne površine na konačan broj malih površina, tj. na mrežu za pozicioniranje koja definiše moguće položaje elemenata za pozicioniranje. Tačan položaj elemenata za pozicioniranje je moguće ostvariti tek u narednoj fazi projektovanja nakon što se u razmatranje uzmu i sve sile koje deluju na radni predmet u toku obrade.

Inicijalna pozicija elemenata za stezanje se definiše kao pozicija koja se nalazi na površini i tački naspramnoj (paralelnoj) u odnosu na površinu i poziciju elemenata za pozicioniranje. U slučaju postavljanja n elemenata za pozicioniranje upotrebiće se u prvoj inicijalnoj iteraciji n elemenata za stezanje. Broj i položaja dejstva elemenata za stezanje se u kasnijim iteracijama menjaju a sve u skladu intezitetom reakcija oslonaca i sila stezanja.

Na bazi karakteristika radnog predmeta, graničnih uslova i sila koje se javljaju u toku obrade vrši se proračun reakcija oslonaca i sila stezanja. Najvažnije informacije vezane za radni predmet su oblik, veličina, dimenzije i tolerancije. Parametar koji definiše granične uslove je koeficijent trenja koji se javlja između površina u konkatu, u ovom slučaju između elemenata za pozicioniranje i radnog predmeta, sa jedne strane, i elemenata za stezanje i radnog predmeta, sa druge strane. Koeficijent trenja je zavistan od uslova kontakta materijala delova u kontaktu. Na sklop radni predmet-pribor u toku mašinske obrade deluje pet različitih tipova sila, i to: gravitaciona sila, sile rezanja, sile stezanja, sile reakcija oslonaca i sile trenja.

Pri definisanju inicijalnih pozicija elemenata za pozicioniranje i stezanje funkcija cilja (F_C) je minimizovanje inteziteta sila koje deluju na radni predmet u toku obrade kako bi deformacije radnog predmeta bile minimalne uz istovremeno zadovoljenje osnovnog zahteva da se radni predmet tokom procesa obrade ne sme pomeriti iz svog početnog položaja (nakon što se pozicionira i stegne).

$$\text{Min } F_C(t) = \sum_{i=1}^n F_i(t), (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

Pri tome se moraju uzeti u obzir odgovarajuća ograničenja, a to su:

- Vektorski zbir svih sila i momenata koji deluju na radni predmet u toku obrade mora biti jednak nuli.

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0, \quad \sum_{i=1}^N \vec{M}_i = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

- Columb-ovo trenje - statičke sile trenja moraju biti pozitivne tokom celokupnog procesa obrade:

$$f_i \geq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

- Intezitet svih svih sila u toku obrade je promenljiv i kreće se od neke minimalne do maksimalne vrednosti:

$$F_{i\min} \leq F_i \leq F_{i\max}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

- Reakcije oslonaca (sile elemenata za pozicioniranje) moraju imati tokom celokupnog precesa obrade pozitivnu vrednost, tj. moraju biti usmerene ka radnom predmetu:

$$R_i \geq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

- Sve sile moraju da deluju u nekoj tački na površinama radnog predmeta:

$$x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

Sa definisanim inicijalnim položajima za pozicioniranje i stezanje ulazi se u segment za FEM analizu. Metodologija konačnih elemenata se koristi za proučavanje ponašanja radnog predmeta u toku procesa obrade. Elastična deformacija radnog predmeta pod dejstvom predhodno nabrojanih sila se može efikasno proceniti upotrebom FEM analize. FEM analiza je korisana za projektovanje optimalne konstrukcije pribora, kao i za verifikaciju konfiguracije pribora. Iako je inicijalni plan pozicioniranja i stezanja blizu optimalnog rešenja, analiza deformacije je potrebna za poboljšanje predloženih šema. Poseban značaj u analizi deformacije radnog predmeta je dat problemu pronalaženja maksimalne deformacije i njene distribucije za date uslove obrade. Ako je plan ne adekvatan u pogledu deformacija onda se položaj elemenata za pozicioniranje i stezanje modifikuje. Na ovaj način je moguće odrediti optimalno ili skup optimalnih rešenja površina i tačaka za pozicioniranje i stezanje radnog predmeta.

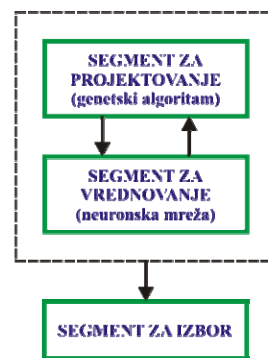
3.3. Modul za projektovanje

U okviru modula za projektovanje vrši se izbor odgovarajućih elemenata pribora za prethodno determinisane pozicije elemenata za pozicioniranje i stezanje. Ovaj modul se sastoji od tri segmenta: segment za projektovanje, segment za vrednovanje (ocenu rešenja) i segment za izbor. Osnovna podrška ovom modulu je adekvatna baza podataka o elementima pribora iz svih funkcionalnih grupa.

Segment za projektovanje je odgovoran za formulisanje dobrih rešenja elemenata pribora. Ovaj segment koristi genetski algoritam za pretraživanje prostora rešenja za odgovarajući pribor. Na izlazu, se dobijaju informacija o priboru, tj. o broju i tipu: elementa za pozicioniranje, elementa za stezanje, elementa tela pribora, elemenata za vođenje alata, elemenata za podešavanje položaja alata i elemenata za vezu. Segment za projektovanje pribora koristi genetski algoritam za pretraživanje prostora rešenja, kako bi pronašao optimalno ili skoro optimalno projektno rešenje. Rešenje pribora se predstavlja kao hromozom (nastavljeni niz) od navedenih komponenti elemenata pribora, pri čemu se svaka komponenta naziva gen. Segment za projektovanje pribora bira hromosome, koji će biti reprodukovani na osnovu njihovih mera odstupanja. Do novih rešenja za pribor, koja imaju manje odstupanje od optimalnog rešenja, dolazi se primenom genetskih operacija, ukrštanja i mutacije. Ovaj ciklus operacija ponavlja se kroz nekoliko generacija, sve dok se ne dobije pribor sa povoljnom merom odstupanja.

Segment za vrednovanje rešenja pribora jeste neuronska mreža sa tri izlaza: tačnost, proizvodnost i cena. Ovi izlazi su kriterijumi performansi na osnovu kojih se ocenjuje predloženi pribor, pa zato, poput većine neuronskih mreža, segment za ocenu mora proći obuku pre nego što započne njegovo korišćenje. Segment za vrednovanje rešenja pribora koristi neuronsku mrežu radi vrednovanja mera odstupanja pojedinih hromozoma. Ocenjenu meru odstupanja potom koristi segment za projektovanje pribora u cilju selekcije i reprodukcije hromozoma. Neuronska mreža koju treba obučiti kodirana je kao hromozom i svaki

MODUL ZA PLANIRANJE KONCEPCIJE



MODUL ZA ANALIZU

Slika 5. Struktura modula za projektovanje pribora

gen predstavlja ili prag aktivacije ili težinski koeficijent u neuronskoj mreži. Kodiranje je takvo da grupiše pragove aktivacije i težinske koeficijente koji pripadaju istom čvoru neuronske mreže. Ovaj sistem kodiranja integriše raspoloživo znanje o domenu. On takođe omogućava efikasnije sprovođenje operacija ukrštanja čvorova u procesu reprodukcije. Pored toga, kreirano je i proporcionalno ukrštanje kako bi se uvažila i kontinualna priroda težinskih koeficijenata i pragova aktivacije.

Uticaji svakog od ulaza na tri izlazne veličine, (mere performansi) opisani su na osnovu sledećih jezičkih varijabli prikazanih u tabeli:

Mera performansi	Efekti		
tačnost	visoka	srednja	niska
produktivnost	visoka	srednja	niska
cena	visoka	srednja	niska

Ukupni bodovi za svaki kriterijum performansi se sabiraju i mera odstupanja se izračunava na osnovu sledećeg:

$$\text{Mera odstupanja} = \text{bodovi (tačnost)} + \text{bodovi (produktivnost)} - \text{bodovi (cena)} \quad (7)$$

U okviru segmenta za izbor vrši se izbor odgovarajućih elemenata pribora iz odgovarajuće baze podataka a potom i sastavljanje konstrukcije pribora.

3.4. Modul za analizu

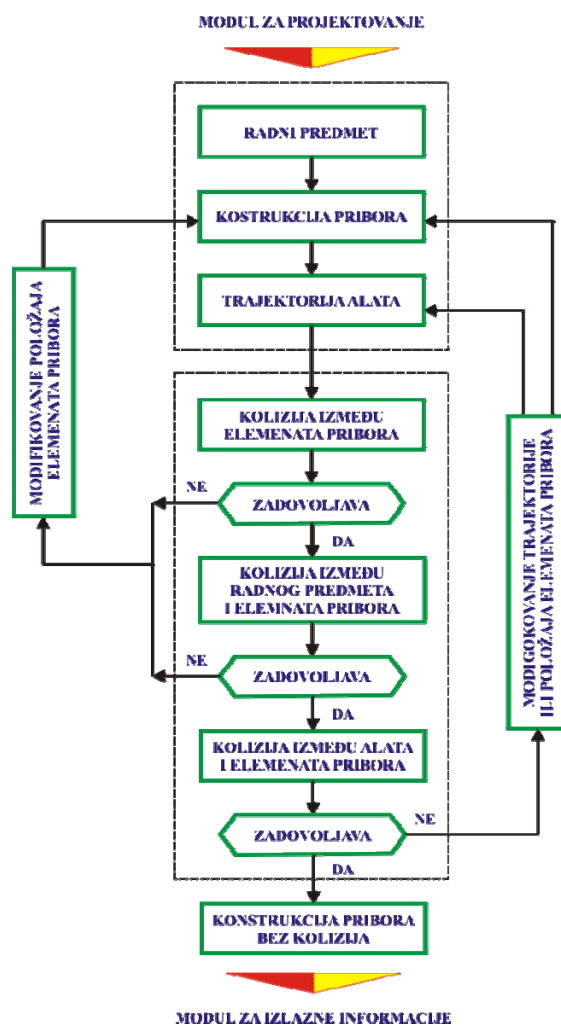
Uzroci kolizija u toku procesa obrade mogu biti višestruki, a jedan od uzroka može biti pribor. Usled toga je neophodno nakon projektovanja pribora izvršiti analizu mogućih kolizija i preduzeti odgovarajuće mere kako bi se iste otklonile. Mogu se identifikovati tri vrste kolizija: kolizije između sastavnih elemenata pribora, kolizije između elemenata pribora i radnog predmeta, kolizije alata i elemenata pribora.

Kolizije između sastavnih elemenata pribora mogu dovesti do nemogućnosti izvršenja montaže pribora ukoliko su sastavni delovi pribora nepokretni, kao i do nemogućnosti sastavljanja pribora ukoliko se sklop sastoji od određenog broja podešljivih ili izmenjivih elemenata što je čest slučaj u uslovima grupne tehnologije.

Kolizije između elemenata pribora i radnog predmeta mogu direktno uticati na nemogućnost izvršenja zatevanih operacija obrade a ogledaju se u nemogućnosti postavljanja i vađenja radnog predmeta iz pribora. Takođe, je moguće da se radni predmet može postaviti u pribor u dva ili više položaja, što doprinosi tome da se operacija obrade izvede, ali na pogrešnom mestu.

Do kolizija između alata i sastavnih elemenata pribora može doći u slučaju postavljanja elemenata pribora duž trajektorije kretanja alata u toku obrade. Ovo može imati za posledicu oštećenje alata ili elemenata pribora a u nekim slučajevima može dovesti i do loma alata i elemenata pribora, oštećenja mašine i ostalih delova obradnog sistema, povreda poslužioca itd.

Struktura modula za analizu kolizija je data na slici 6. Ulaz u modul za analizu kolizija je 3D model radnog predmeta i pribora kao i putanja kretanja reznog alata u toku obrade, tj. odgovarajući NC program za mašine alatke na NC upravljanjem. Na bazi ovih ulaznih informacija sukcesivno se proveravaju moguće kolizije. Ukoliko se utvrdi neka od njih vrši se podešavanje i/ili izmena elemenata pribora ili trajektorije alata, u zavisnosti od detektovane kolizije. Na izlazu iz ovog modula se dobija pribor bez kolizija.



Slika 6. Struktura modula za analizu kolizija

3.5. Modul za izlazne informacije

Modul za izlazne informacije predstavlja poslednji segment sistema. Pošto se izvrši sastavljanje i analiza pribora potrebno je definisati izlaznu dokumentaciju koja treba da sadrže sve neophodne podatke za uspešnu montažu i eksploataciju pribora. U okviru ovog modula se vrši definisanje 2D sklopnog crteža pribora i njegove sastavnice, a po potrebi i ostalih neophodnih informacija kao što su: crteži elemenata pribora, cena pribora, njegova masa itd.

4.0. UMESTO ZAKLJUČKA

Programsko rešenje koje ce se realizovati prema postavljenom modelu omogućavaće, sa jedne strane, projektovanje gotovih konstrukcija pribora, a sa druge strane, optimizaciju konstrukcije istog. U skorijoj budućnosti se očekuje razvoj softverskih rešenja modula u okviru integralnog sistema za automatizovano projektovanje i optimizaciju konstrukcije pribora i verifikacija postavljenog modela i razvijenih rešenja kroz računarsko - eksperimentalnu proveru na realnim primerima iz prakse. Predloženo programsko rešenje ce se realizovati primenom grupe programskih sistema opšte namene, od kojih su osnovni Pro/Engineer i C++. Sistem za projektovanje i optimizaciju konstrukcije pribora bi trebao da pruži mogućnost da se, u okviru rada tehnološke pripreme proizvodnje, na efikasan način dođe do adekvatnih rešenja pribora u tekućoj proizvodnji i projektuje, za postavljene uslove, optimalan pribor pri osvajanju novih proizvoda, čime bi se bitno uticalo na podizanje tehno-ekonomskih izlaznih efekata ukupnog procesa proizvodnje.

5.0 LITERATURA

- [1] Bi, Z. M.; Zhang, W. J.: Flexible fixture design and automation: Review, issues and future directions, International Journal of Production Research, Vol. 39, No.13, pp. 2867-2894, 2001, ISSN: 0020-7543.
- [2] Cecil, J.: Computer aided fixture design - a review and future trends, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 18. No. 11, pp. 790-793, 2001, ISSN 0268-3768.
- [3] Cecil, J.: TAMIL - an integrated fixture design system for prismatic parts, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 17, No. 5, pp. 421-434, 2004, ISSN 0951-192X.
- [4] Hou, J. L.; Trappey, A. J. C.: Computer-aided fixture design system for comprehensive modular fixtures, International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 16, pp. 3703-3726, 2001, ISSN: 0020-7543.
- [5] Huntera, R.; Rios, J.; Pereza, J. M.; Vizan, A.: A functional approach for the formalization of the fixture design process, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 46, No. 6, pp. 683-697, 2006, ISSN 0890-6955.
- [6] Liu, S. G.; Zheng, L.; Zhang, Z. H.; Li, Z. Z.; Liu, D. C.: Optimization of the number and positions of fixture locators in the peripheral milling of a low-rigidity workpiece, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 33, No. 7-8, 2007, ISSN 0268-3768.
- [7] Nee, A. Y. C.; Senthil Kumar, A.; Tao. Z. J.: An advanced treatise on fixture design and planning, World Scientific, pp. 264, 2004, ISBN 978-981-256-059-9.
- [8] Rong, Y.; Hou, Z.; Huang, S.: Advanced computer-aided fixture design, Academic Pr., pp. 424, 2005, ISBN 978-0-12-594751-0.

A MODEL OF INTEGRAL SYSTEM FOR FIXTURE DESIGN

Abstract

Fixture design is a complex, intuitive and protracted process which largely depends on designer's knowledge and experience. This requires enrichment of the design process with novel technologies which are based on the so called flexible automation. These technologies have a common purpose to reduce time and costs of design of new fixtures, as well as to allow optimal solution for the given set of machining conditions. These requirements can be efficiently met using appropriate systems for fixture design. This paper reviews a model of an integral system for automated fixture design and optimization of fixture solution. The system is currently under development and testing.

**PREPOZNAVANJE STANJA POHABANOSTI ALATA ANALIZOM
VISOKOFREKVENTNOG DELA SPEKTRA VIBRACIJA****Antić, A.,¹ Petović, P.,² Zeljković M.,¹ Hodolić J.¹****Rezime:**

U radu je prikazano eksperimentalno istraživanje procesa habanja alata za obradu rezanjem i razvoj podloga za definisanje karakteristika ulaznog vektora sistema za procenu habanja alata. Primenom diskretnih veivlet transformacija (DWT) izvršena je analiza promene vibracija sa porastom procenta habanja alata. Na osnovu eksperimentalnih rezultata, izvršena je dekompozicija originalnog signala vibracija u intervalu od 0 do 1 sec za 11 nivoa. Spektralni prikaz je sproveden sa različitom rezolucijom po pojedinim nivoima što je bitna odlika DWT. Ovo DWT čini dobrim alatom za analizu vremenskih serija koje generiše neki dinamički proces.

Ključne reči: habanje alata, vibracije, transformacija signala, diskretne veivlet transformacije

1. UVOD

Glavni zahtevi automatizacije procesa obrade stuganjem, u savremenim uslovima proizvodnje, jesu dobra pouzdanost sistema za nadzor alata i procesa obrade. U osnovi, može se reći da se sistemi za nadzor alata baziraju na egzaktnoj identifikaciji komponenata procesa obrade. Nedostatak klasičnih sistema za nadzor habanja alata jeste što rade unutar zadatih granica i tolerancije koja često na zadovoljavajući način ne odgovaraju postavljenim zahtevima. Razvoj savremenih sistema za nadzor, koji rade u realnom vremenu, čini osnovu za praćenje stanja procesa alata i obrade u automatizovanoj proizvodnji. Pri tome, savremeni dijagnostički sistemi treba da stvore uslove za takvo upravljanje procesom i kvalitetom proizvoda koji se u praksi naziva "inteligentni" sistem za proizvodnju.

Poznato je da proces obrade u sebi sadrži više različitih i teško kvantificirajućih parametara koji u sprezi sa dinamikom samog procesa predstavljaju jedan stohastički i nestacionarni proces. Veoma veliki broj parametara utiče na sam tok odvijanja procesa obrade kao što su: karakteristike materijala obrade, stanje mašinskog sistema, vibracije koje se javljaju u toku odvijanja procesa obrade i još niz nepoznatih veoma uticajnih parametara koji zajedno u sprezi otežavaju izradu adekvatnog modela procesa. Ovaj rad se bavi određivanjem sadržaja signala ulaznog vektora u sistem za nadzor habanja alata, koji se dobija merenjem ubrzanja vibracija i primenom diskretnih veivlet transformacija (DWT) na dekompoziciju signala.

2. NADZOR HABANJA ALATA ZA OBRADU REZANJEM**2.1 Prikaz dosadašnjih pristupa za nadzor habanja alata**

Razvojem i međusobnom integracijom merne opreme i ostalih mehatroničkih elemenata mašine, kao i novim fleksibilnijim pristupima u upravljanju (upravljački sistem otvorene arhitekture, primena algoritama veštačke inteligencije u nadzoru i vođenju procesa) stižu se uslovi za razvoj inteligentnih mašina alatki. Njihova primena trebala bi osigurati realizaciju stalno prisutnih i sve većih zahteva za povećanjem stepena pouzdatosti, robusnosti i fleksibilnosti obradnog sistema, osiguranjem traženog kvaliteta proizvoda i dodatnom racionalizacijom troškova proizvodnje [1]. Habanje alata je primarni generator slučajnih stohastičkih poremećaja s direktnim uticajem na postojanost, kvalitet i ekonomičnost procesa obrade. Neke procene kategoriziraju 20% zastoja u obradi rezanjem u grupu onih koje su izazvane posledicom nepredviđene pohabanosti alata.

¹ Mr Aco Antić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tel: +381 21 485 2312, E-mail: antica@uns.ns.ac.yu
Prof. dr Milan Zeljković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tel: +381 21 485 2351, E-mail: milanz@uns.ns.ac.yu
Prof. dr Janko Hodolić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tel: +381 21 485 2053, E-mail: hodolic@uns.ns.ac.yu

² Prof. dr Petar B. Petrović, Mašinski fakultet, Beograd, tel: +381 11 E-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu

Kvalitetna informacija o stepenu pohabanosti alata u realnom vremenu predstavlja neophodan uslov za identifikaciju postojanosti alata. Time se u značajnoj meri podiže kvalitet obradnog procesa. U periodu do sredine 80-ih godina prošlog veka predložen je niz modela habanja zasnovanih na klasičnim matematičkim modelima (Bayesov klasifikator, metoda najbližih suseda, linearni diskriminatori, i dr.). Međutim, pokazalo se da taj proces zbog svoje izrazite nelinearnosti i stohastičnosti vrlo teško može opisati pomoću klasičnih matematičkih modela. Intenzivnija istraživanja na temu razvoja sistema za nadzor alata za obradu rezanjem započela su 90-ih godina prošlog veka primenom višesenzorskog pristupa tj. klasifikatora habanja zasnovanih na algoritmima veštačke inteligencije. Početak istraživanja u ovoj oblasti pretpostavljao je da bi primena ovih metoda trebala rezultirati industrijski primjenjivim rešnjima nadzora habanja alata za obradu rezanjem. Među najčešće korišćene algoritme spadaju veštačke neuronske mreže (VNM) i fazi logika, čija je dominacija danas prisutna i pruža mogućnost dodatnih istraživanja. Razloge značajnije zastupljenosti ovih modela treba tražiti u mogućnostima modeliranja složenih nelinearnih procesa koji su često opisani sa nedovoljno informacija, opterećeni različitim vrstama prigušenja i šumova u signalima, najčešće nastalih zbog same stohastičke prirode procesa habanja, i brze obrade veće količine informacija. Navedene prednosti dolaze upravo do izražaja u problemima procene stepena pohabanosti alata gde ne postoji adekvatan matematički model habanja. Osim neuronskih mreža, a u cilju povećanja kvaliteta sistema za nadzor habanja alata, sproveden je i niz eksperimentalnih istraživanja korišćenjem modela zasnovanih na fazi logici, a u zadnje vreme sve češće se pojavljuju ideje o njihovoj hibridnoj kombinaciji "neuro-fuzzy" (NF) modela i fazi neuronskim mrežama (Fuzzy Neural Networks, FNN). Stoga se izdvajanje niza različitih statističkih parametara iz signala i postizanje dovoljno kvalitetanog skupa međusobno nezavisnih i relevantnih parametara habanja koji su u stanju u potpunosti identifikovati kompleksnu dinamiku habanja alata za obradu rezanjem postavlja kao imperativ [2]. Prvi korak je prikupljanje signala nadzora kao što su sila, vibracije, akustična emisija (AE), temperatura, i/ili struja motora itd. Drugi korak je obrada signala radi dobijanja niza osobina nadzora. Poslednji korak je klasifikacija, gde se osobine nadzora koriste za klasifikaciju trenutnog stanja alata uz prethodno definisano stanje alata [1].

Vibracije alata za rezanje tokom obrade nastaju zbog trenja na grudnoj i bočnoj površini alata, nastaje habanja na reznjivici alata, valovitosti obrađivane površine a takođe su povezane i sa spregnutim zupčanicima u kinematskom lancu mašine. Istraživanja su pokazala da vibracije struga kao alata u stabilnoj obradi uglavnom nastaju zbog trenja bočnog dela alata i predmeta obrade. Osnovna frekvencija vibracija alata je rezonantna frekvencija sistema izazvana trenjem na reznjivici. Ubrzanje vibracija je najbolja mera vibracija kada se pojavljuju na visokim frekvencijama. S obzirom na to da su vibracije alata za rezanje vibracije visoke frekvencije (tj. iznad 1 kHz), ubrzanje alata je odabrano kao parametar za nadzor habanja alata [3].

Izrada vrednosne analize za odabir identifikovanih parametara procesa obrade predstavlja značajan udeo u postupku određivanja adekvatnosti odabranog parametra. Ovakva analiza javlja se kao adekvatan odgovor i kompenzacija za praćenje više različitih i stohastičkih parametara kod klasičnih sistema.

2.2 Diskretna vejevlet transformacija (DWT)

DWT je tehnika obrade signala u domenu vreme – frekvencija. Obezbeđuje dekompoziciju signala sa razumnim rezolucijama i u domenu vremena i u domenu frekvencije, kao i bolju rekonstrukciju originalnog signala u odnosu na rezultate dekompozicije. Kada se odredi signal varijacije vremena $x[n]$, DWT se sastoji od izračunatih koeficijenata koji su unutrašnji proizvod signala i skupa funkcija skaliranja i vejevlet funkcija. Definiše se kao [4]:

$$h_j[n - 2^j k] = 2^{-j/2} \Phi\left(\frac{t - 2^j k}{2^j}\right) \quad (1)$$

gde je Φ funkcija skaliranja koja se definiše zajedno sa

$$c_{j,k} = \sum_n x[n] h_j[n - 2^j k] \quad (2)$$

poznatim kao koeficijenti aproksimacije, koji su nisko frekvente mape originalnog diskretnog signala vremena $x[n]$. Korišćen je pristup analize višestruke rezolucije, gde je diskretna vejevlet funkcija (ψ).

$$g_j[n - 2^j k] = 2^{-j/2} \psi\left(\frac{t - 2^j k}{2^j}\right) \quad (3)$$

definiše se zajedno sa

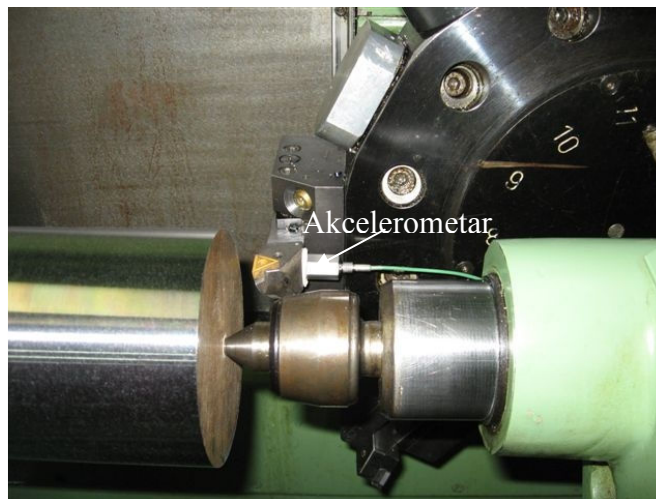
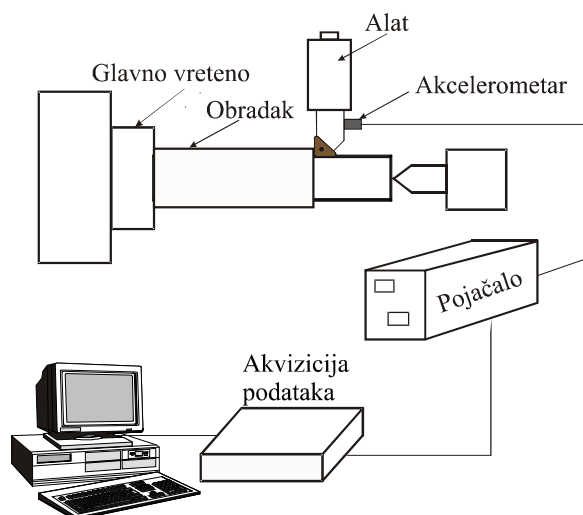
$$d_{j,k} = \sum_n x[n] h_j[n - 2^j k] \quad (4)$$

i koristi se za računanje detaljnih ($d_{j,k}$) koeficijenata, koji su verzije uzoraka originalnog signala i predstavljaju njegove visoko frekventne varijacije.

3. POSTAVKA EKSPERIMENTA I IZMERENI SIGNALI

Postavka eksperimenta za ovo istraživanje prikazana je na slici 1. S

lika pokazuje opremu i senzor koji je korišćen, kao i njegovo mesto postavke na alatu. Obrada struganjem je izvršena na strugu proizvođača POTISJE Ada, tip PH 45. Signal ubrzanja vibracija i širina pojasa habanja alata beleženi su za svaki prolaz obrade.



Slika 1 Postavka eksperimenta

Obrada struganjem je izvedena za sledeće kombinacije brzine i pomaka. Kombinacija su birane tako da alat bude izložen progresivnom habanju (tabela 1).

Tabela: 1 Parametri obrade

Materijal:	Č.4732 poboljšan na HRC27
Prečnik priprema:	100 mm
Brzina rezanja:	170 m/min
Pomak:	0.2 mm/o
Tip alata:	„Sandvik Coromant" PTGNL presek drške 20x20
Pločica presvučena TiN:	TNMG 110408 PGP-415 P15, PP-CORUN

Merenje ubrzanja vibracija je izvedeno tako što je merača ubrzanja postavljen na bočnu površinu alata u pravcu aksijalne ose obradka slika 1 (desno). Kabel merača ubrzanja je povezan sa pojačivačem, koji je dalje povezan sa jedinicom za napajanje i sistemom za akviziciju podataka. Nakon montiranja senzora izvodi se probno mernje kako bi se proverile veze, odredio opseg pjačanja i dobijeni izlaz sa senzora. Akvizicija je rađena sa $F_s = 80$ kHz, rezolucija 12 bit, $T_s = 2$ sec.

4. PRIKAZ REZULTATA MERENJA

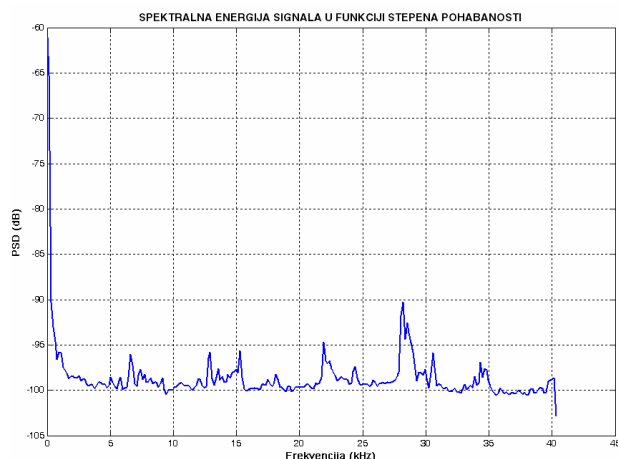
Eksperimenti su vršeni sa parametrima obrade prikazanim u tabeli 1. Cilj eksperimenta je bio da se sagledala mogućnost konstruisanja prostora osobenosti za karakterizaciju stanja pohabanosti reznog klina na osnovu signala vibracija. Najčešći pristup obrade signala za nadzor habanja alata jeste da se generišu osobine velikog broja signala i da se zatim upotrebi strategija odabira parametara kako bi se identifikovale osobenosti koje su najosetljivije na habanje alata. U praksi postoje četiri pravca generisana prostora osobenosti signala sa senzora [5]:

- statistička analiza,
- vremenskog analiza,

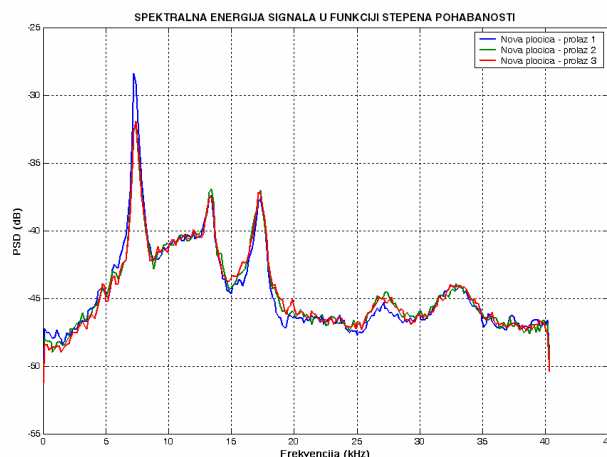
- frekvenca analiza, i
- ukupna vremena i frekventna analiza (npr. spektrogrami i analiza malih talasa).

4.1 Frekventna analiza merenog signala:

Frekventna analiza za izračunavanje PSD signala urađena je primenom Welch metode window=512; noverlap = 0;. Snimak sistema u mirovanju - identifikacija suma mernog sistema. U visokofrekventnom delu spektra komponenta suma je jako potisnuta (-55dB u odnosu na korisni signal generisan procesom rezanja) prikazano na slici 2.



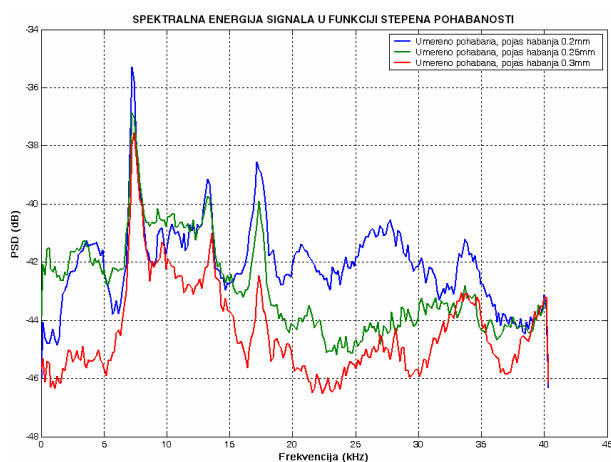
Slika 2 Frekventna analiza signala



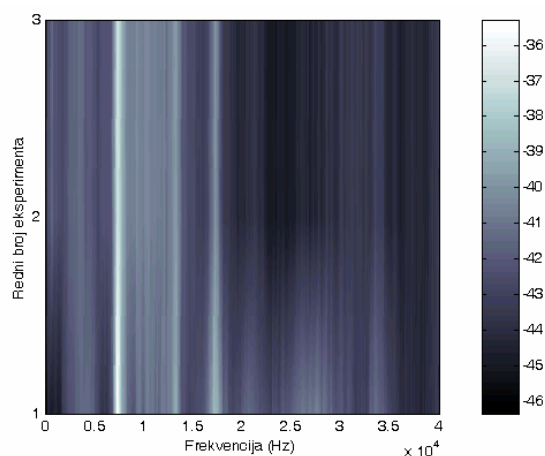
Slika 3 Frikaz merenja za 3 nove pločice

Ponovljivost rezultata je dobra, što ukazuje na stabilnost mernog sistema prikazanog na slici 3 za eksperimente radene za 3 nove pločice. Ukoliko se analizira signal može se videti da se u nižem delu spektra jasno uočavaju tri izdiferencirane dominantne komponente frekvencije: 7.5 kHz, 13 kHz i 17 kHz. U gornjem delu spektra mogu se izdvojiti dve komponente, jedna na 27 kHz i jedna na 33 kHz.

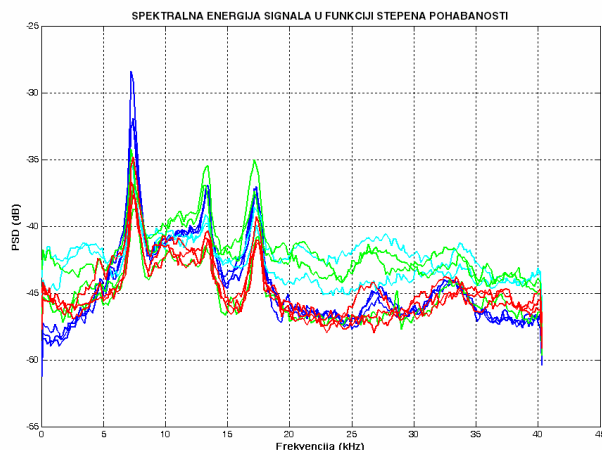
Serije eksperimenata radene su za umereno pohabane pločice širine pojasa habanja od 0,2 mm do 0,75 sa osetljivosti mernog pojačivača 50, i za potpuno pohabane pločice od 1,2 mm do 2,1 mm što je prikazano na slikama 4 i 6. Na slikama 5 i 6 jasno se uočava evolucija vršnih frekvencija i precizno određuje njihova lokacija u delu ultrazvucnog spektra od 20 do 40kHz. Pikovi na nižim frekvencijama u relativnom smislu se i dalje održavaju, više-manje stabilno, što ukazuje na to da oni dolaze od strukture same mašine a ne od procesa obrade. Ovim se potvrđuje ispravnost pristupa baziranog na korišćenju visokofrekventnog dela spektra u karakterizaciji stanja procesa rezanja odnosno, stanja reznog klina. Plava boja - nova plocica (1:3), cijan - umereno pohabana plocica (4:6), zelena boja - srednje pohabana plocica (7:9) i crvena boja - pohabana plocica (9:12).



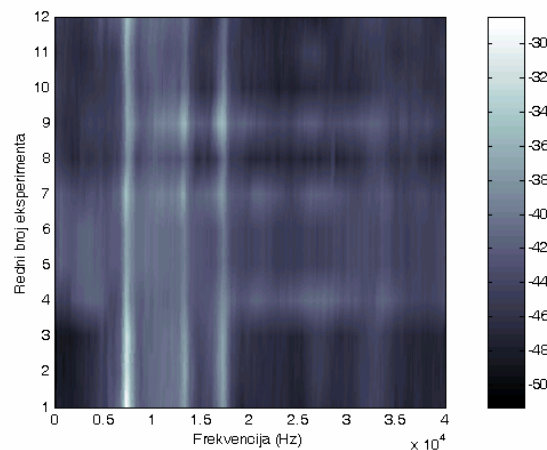
Slika 4 Izmereni signal pojasa habanja 0,2 do 0,4mm



Slika 5 Ortogonalni prikaz sadržaja signala



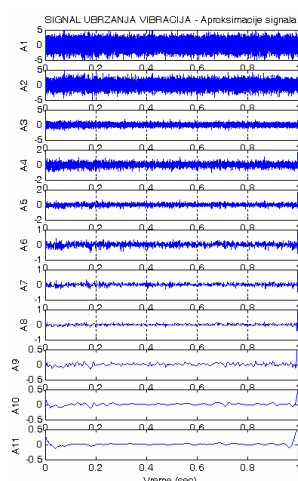
Slika 7 Izmereni signali pojasa habanja za sva merenja



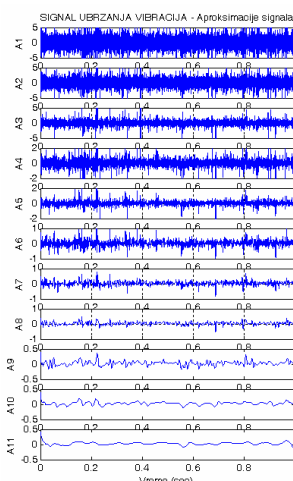
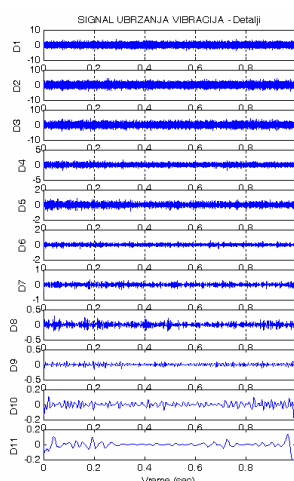
Slika 7 Ortogonalni prikaz sadržaja signala svih merenja

4.2 Analiza signala primenom diskretne vejvlet transformacije (DWT)

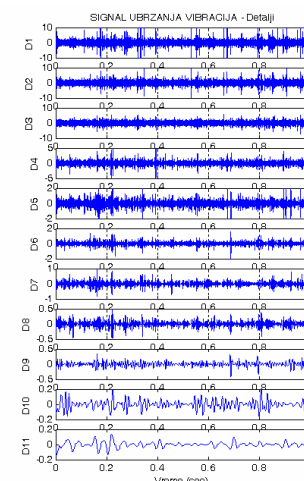
Dekompozicija originalnog signala u intervalu od 0 do 1 sec je izvršena na 11 nivoa. Dole navedeni prikaz sadrži aproksimaciju signala na određenom nivou (sa leve strane) i detalj na tom istom nivou koji se uklanja iz signala (prikazano na desnoj strani). Što je viši nivo dekompozicije signala izdvajaju se komponente signala sa nižim frekventnim sadržajem. Aproksimacija na nivou 11 je ono što preostane posle 11 koraka dekompozicije i sastoji se iz komponente sa najnižim frekventnim sadržajem. Kada se aproksimacija A11 sabere sa svim detaljima (D11 do D1) dobije se originalni signal označen sa A1, odnosno $A1 = A11 + \sum(D1 \dots D11)$. Bitno je to da je DWT obezbeđuje reverznost procesa i da broj nivoa dekompozicije zavisi od karaktera signala i svrhe analize koja se sprovodi. Skup A_i , D_i se može smatrati specifičnim oblikom spektrograma, odnosno grafičkog prikaza signala sa mogućnošću istovremenog uvida u vremensku i frekventnu strukturu signala. Spektralni prikaz je sproveden sa različitom rezolucijom po pojedinim nivoima što je bitna odlika DWT. Ovo čini DWT moćnim alatom za analizu vremenskih serija koje generiše neki dinamički proces, što je prikazano na slikama 8 do 11.



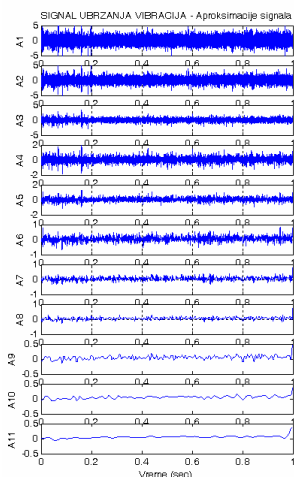
Slika 8 DWT analize rezanja novom plocicom



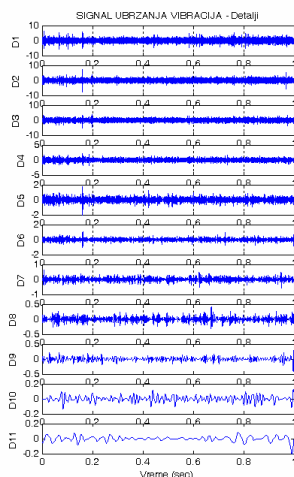
Slika 9 DWT analiza rezanja umereno pohabanom plocicom, pojas habanja 0.25mm:



Prethodni prikaz spektralnog sastava signala uništio je njegovu vremensku dimenziju i usrednio njegov spektralni signal u posmatranom intervalu (spektar je 'razmazan' i tako uništeni mnogi sadržaji koji reprezentuju proces koji ih je generisao). Poređenjem različitih signala iz različitih eksperimenata, odnosno komparativnom analizom koja podrazumeva poređenje detalja po nivoima, može se prepoznati različiti karakter signala generisan različitim stanjem reznog klina. Na osnovu tako dobijenih karakteristika može se konstruisati prostor osobenosti za karakterizaciju stanja pohabanosti reznog klina strugarskog alata.



Slika 10 DWT analiza rezanja srednje pohabanom pločicom pojas habanja 0.55mm



Slika 11 DWT analiza rezanja pohabanom pločicom pojas habanja 1.25mm

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih merenja a i na osnovu literaturnih izvora, od kritičnog su značaja sadržaji signala koji se nalaze u opsegu od 20 do 500 kHz za definisanje sadržaja ulaznog vektora sistema za klasifikaciju stanja alata. To znači da je u eksperimentalnom smislu nužna kombinacija akcelerometra i senzora akustične emisije (AE). Za ove eksperimente, da bi se na osnovu sadržaja signala mogla utvrditi adekvatna zavisnost stanja pohabanosti rezene ivice alata pored AE senzora potrebno je i A/D konverziju podići na 16 bita da bi signal bio veće rezolucije, a takođe povećati i brzinu uzorkovanja od 200 kHz do 1MHz.

6. LITERATURA

- [1] Sick, B: On-line and Indirect Tool Wear Monitoring in Turning with Artificial Neural Networks, Mechanical Systems and Signal Processing No 16(4), pp487 – 546, 2002.
- [2] Antić, A., Hodolić, J., Soković, M.: Development of a Neural-Networks Tool-Wear Monitoring System for a Turning Process, Strojniški vjesnik Journal of Mechanical Engineering, 52(11), pp763-776, ISSN 0039-2480, 2006.
- [3] Sharma, V.S., Sharma, S. K., Sharma A. K : Cutting tool wear estimation for Turning, J Intell Manuf No 19, pp99–108, 2007.
- [4] Bhattacharyya, P., Sengupta, D., Mukhopadhyay, S.: Cutting force-based real-time estimation of tool wear in face milling using a combination of signal processing techniques, Mechanical Systems and Signal Processing 21, pp2665–2683, 2007.
- [5] Scheffer, C., Kratz, H., Heyns, P.S., Klocke, F.: Development of a Tool Wear-Monitoring System for Hard Turning, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43, pp 973–985, 2003.

RECOGNIZING TOOL WEAR CONDITION BY ANALYSING THE HIGH-FREQUENCY SEGMENT OF VIBRATION SPECTRUM

Antić A.,¹ Petović P.,² Zeljković M.,¹ Hodolić J.¹

Abstract:

The paper presents experimental research of the cutting tool wear process and the development of bases for defining the properties of the input system vector for tool wear evaluation. The application of discrete wavelet transformations (DWT) has been utilized to perform the analysis of vibration alternation with the increase in cutting tool wear percentage. Based on the experimental results, decomposition of the original vibration signal in the interval from 0 to 1 sec for 11 levels has been executed. Spectrum survey has been accomplished with diverse resolutions on individual levels, which is a significant property of DWT. This establishes DWT a proper tool for analysing time series that are generated by certain dynamic processes.

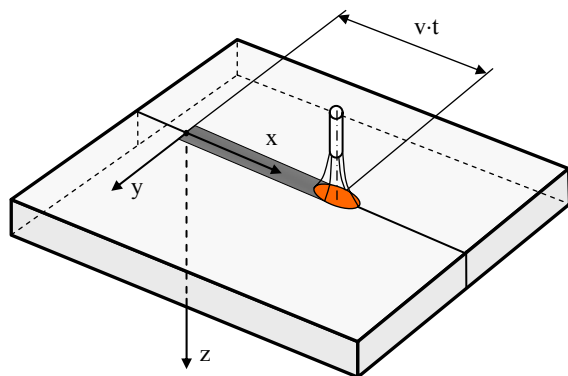
Key words: tool wear, vibrations, signal transformation, discrete wavelet transformations

ОДРЕЂИВАЊЕ ДИМЕНЗИЈА РАСТОПА
ПРИМЕНОМ НУМЕРИЧКИХ МЕТОДАпроф. др Миомир Вукићевић, Мишо Бјелић, мр Горан Миодраговић¹

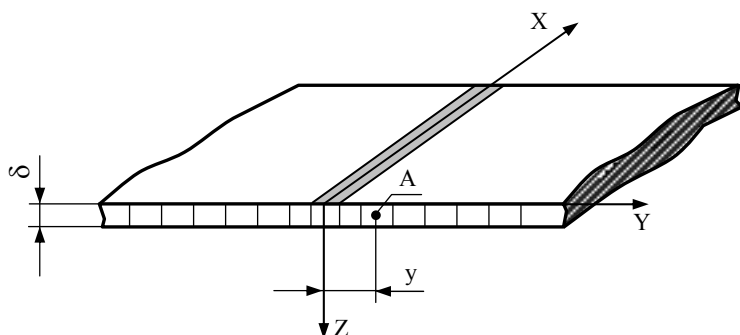
Резиме: У раду је приказана примена модела процеса размене топлоте за случај поступка електролучног заваривања танких лимова. Добијена нестационарна парцијална диференцијална једначина је одговарајућим трансформацијама преведена у облик погодан за нумеричко решавање. За решавање је примењена метода коначних разлика а затим су на основу добијеног решења, одређене димензије растопе као и време задржавања растопе у течном стању.

Кључне речи: заваривање, симулација, размена топлоте, метода коначних разлика, растоп

Велики број поступака заваривања заснива се на брзој промени температуре у области заваривања при чему се материјал загрева до пластичног стања или до температуре топљења. При томе се одвијају различити физички и хемијски процеси: топљење основног и додатног материјала, металуршке реакције, процеси кристализације, појава сопствених напона и деформација. Да би се наведене промене могле предвидети и симулирати потребно је формирати симулациони модел процеса са одговарајућом тачношћу, слика 1.



Слика 1. Модел електролучног заваривања



Слика 2. Модел танке плоче

Простирање топлоте при заваривању зависи од облика и димензија тела. Елементи који се заварују могу да имају веома сложен облик што у мноме отежава прорачуне везане за простирање топлоте. Због тога се за прорачуне температурских поља користе рачунске шеме загреваних тела. Основне рачунске шеме које се примењују при прорачунима су [2]:

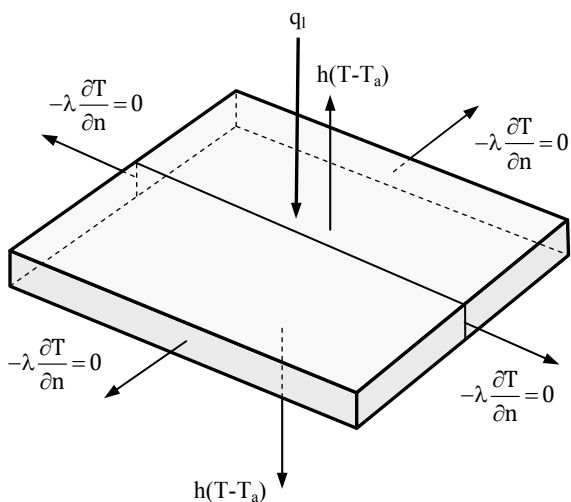
- модел бесконачног тела,
- модел полубесконачног тела,
- модел плоче средње дебљине,
- модел танке плоче,
- модел штапа.

За формирање нумеричког модела процеса електролучног заваривања танких лимова биће примењен модел танке плоче. Овај модел, слика 2, има малу дебљину δ , па се може сматрати да је температура изједначена по дебљини лима тј. да је $\partial T / \partial z = 0$.

¹ проф. др Миомир Вукићевић, Машински факултет Краљево, 036/383-377, vukicevic.m@mfkv.kg.ac.yu
Мишо Бјелић, Машински факултет Краљево, 036/383-377, bjelic.m@mfkv.kg.ac.yu
мр Горан Миодраговић, Машински факултет Краљево, 036/383-377, miodragovic.g@mfkv.kg.ac.yu

Поред претходно наведене претпоставке, друга претпоставка која је учињена у моделу је да се са горње и доње стране завариваних плоча конвекцијом одводи количина топлоте $h(T-T_a)$ док је процес размене топлоте на граничним странама завариваних лимова адијабатски.

Трећа претпоставка везана за модел је да физичке карактеристике материјала нису функције положаја и времена па се на основу свега претходно наведеног и имајући у виду једначину провођења топлоте, добија једначина топлотне размене:



Слика 3. Гранични услови

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{q_l}{c \cdot \gamma \cdot t} - \frac{2h}{c \cdot \gamma \cdot t} (T - T_a)$$

где су:

c - специфични топлотни капацитет (J/kgK)

γ - густина материјала (kg/m³)

λ - термичка проводност (W/mK)

q_l - топлотно дејство лука (W/m²)

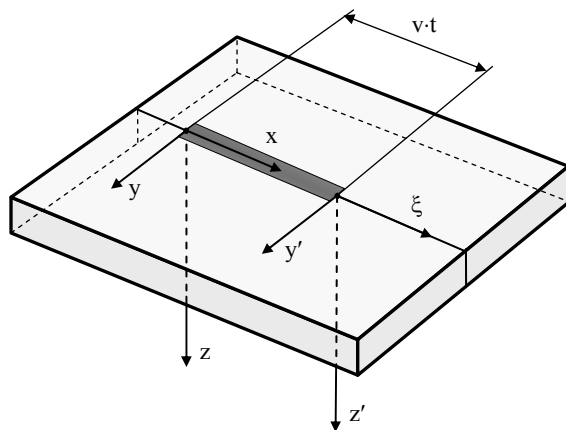
T_a - температура околне средине (K)

Увођењем смена:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}, \quad a = \frac{1}{c \cdot \gamma \cdot t}, \quad b = \frac{2h}{c \cdot \gamma \cdot t}$$

где је α коефицијент температурске проводности, добија се једначина:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + a \cdot q_l - b \cdot (T - T_a) \quad (1.2)$$



Слика 4. Покретни координатни систем

Једначина (1.2) представља једначину топлотне размене при електролучном заваривању танких лимова [1]. Једначина (1.2) је нестационарна парцијална диференцијална једначина. Применом покретног координатног система који се креће заједно са електродом, слика 4, једначина (1.2) се преводи у квазистационарни облик. Веза између покретног и непокретног координатног система дата је следећим једначинама:

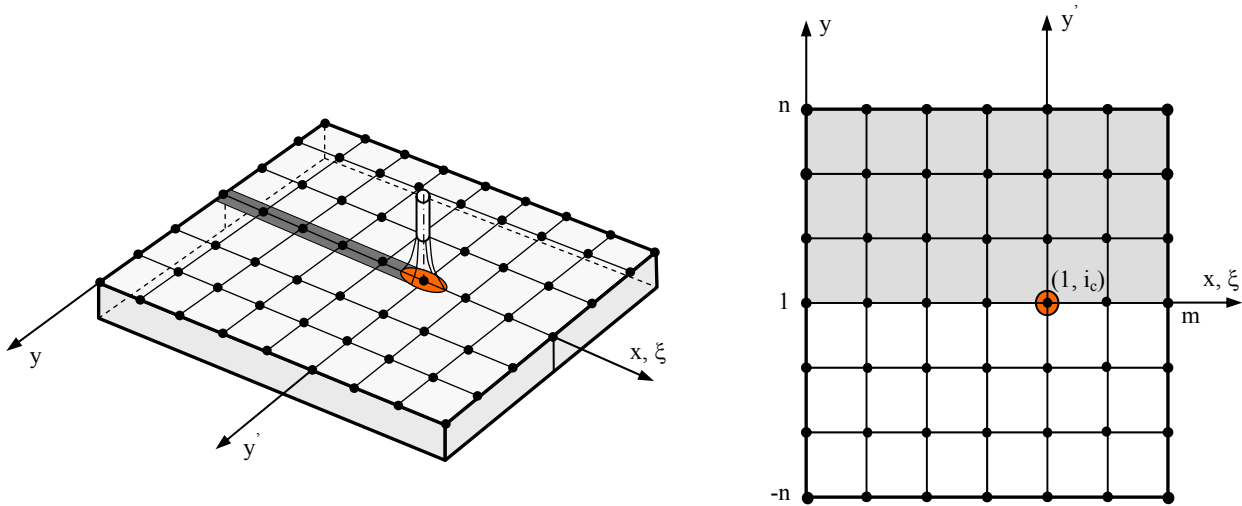
$$\xi = x - v \cdot \tau \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial \xi}{\partial \tau} = -v$$

Применом одговарајућих трансформација добија се једначина топлотне размене у покретном координатном систему:

$$-v \frac{\partial T}{\partial \xi} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y'^2} \right) + a \cdot q_l - b \cdot (T - T_a) \quad (1.3)$$

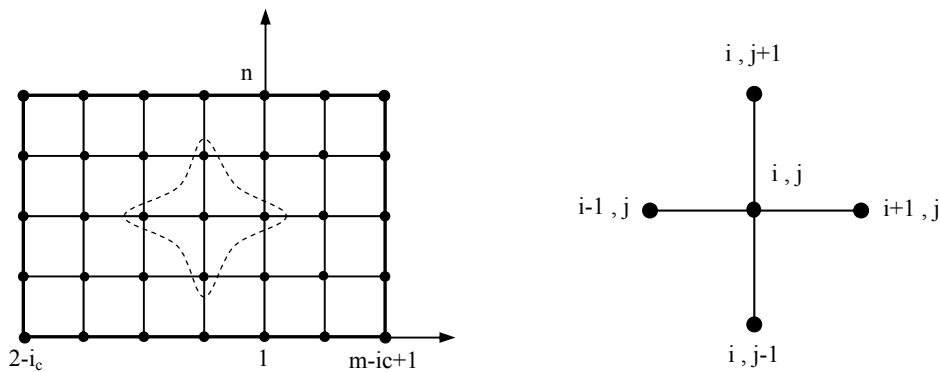
За решавање једначине (1.3), примениће се метода коначних разлика. Дискретизација простора се

у овом случају изводи прекривањем прорачунске области правоугаоном мрежом тачака, слика 5.



Слика 5. Дискретизација прорачунске области

Увођењем претпоставке да су заваривани лимови истих димензија и облика, може се из разлога симетрије температурског поља извршити сужавање прорачунске области, односно, смањење броја тачака у којима се изводи прорачун. Овај поступак се изводи тако што се прорачун температурског поља изводи само на једном од завариваних лимова, слика 6.



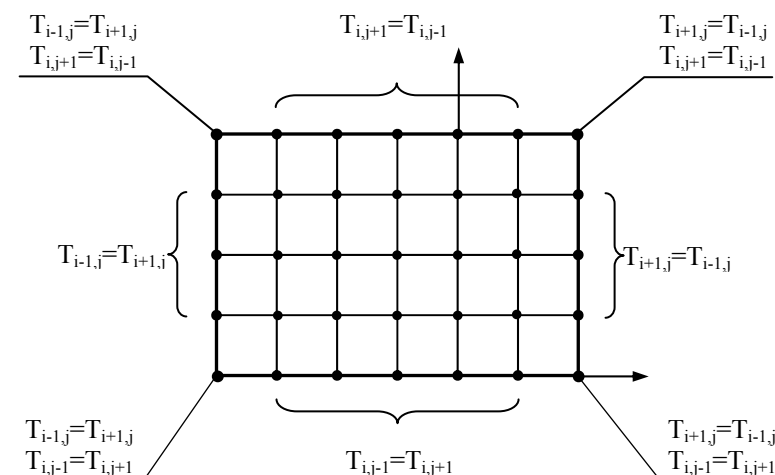
Слика 6. Сужавање прорачунске области

За апроксимацију првих и других извода температуре по просторним координатама у овом случају примењен је централни шаблон [3], па се након замене у једначину (1.3), добија:

$$-v \frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta\xi} = \alpha \left[\frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{(\Delta\xi)^2} + \frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{(\Delta y')^2} \right] + aq_l - bT_{i,j} + bT_a \quad (1.4)$$

ГРАНИЧНИ УСЛОВИ

Једначина (1.4) важи за унутрашње тачке прорачунске области, тј. за тачке са индексима $i=2, \dots, m-1$ и $j=2, \dots, n-1$. За тачке које се налазе на граничним површинама, тј. на ивицама лимова потребно је извршити прилагођавање једначине (1.4) увођењем граничних услова. Гранични услови за дати модел приказани су на слици 7.



Слика 7. Гранични услови

МОДЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ ЛУКА

Интеракција између извора топлоте (електричног лука) и заваривачког купатила је комплексан физички феномен који још увек није тачно описан. Имајући у виду сложеност физичких појава у електричном луку, бројни аутори развили су термалне моделе лука [4], са циљем да се смањи комплексност модела на прихватљив ниво а да се при томе добију довољно поуздани резултати симулација.

Модел који је коришћен у овом раду има облик:

$$q(x, y) = \frac{3Q}{\pi c^2} e^{-\frac{3x^2}{c^2}} e^{-\frac{3y^2}{c^2}}$$

q – специфични топлотни флуks, W/m^2 ,

$Q = \eta UI$ – номинална снага извора, W ,

U – напон лука, V ,

I – струја заваривања, A ,

c – карактеристични радијус расподеле флуksа, m

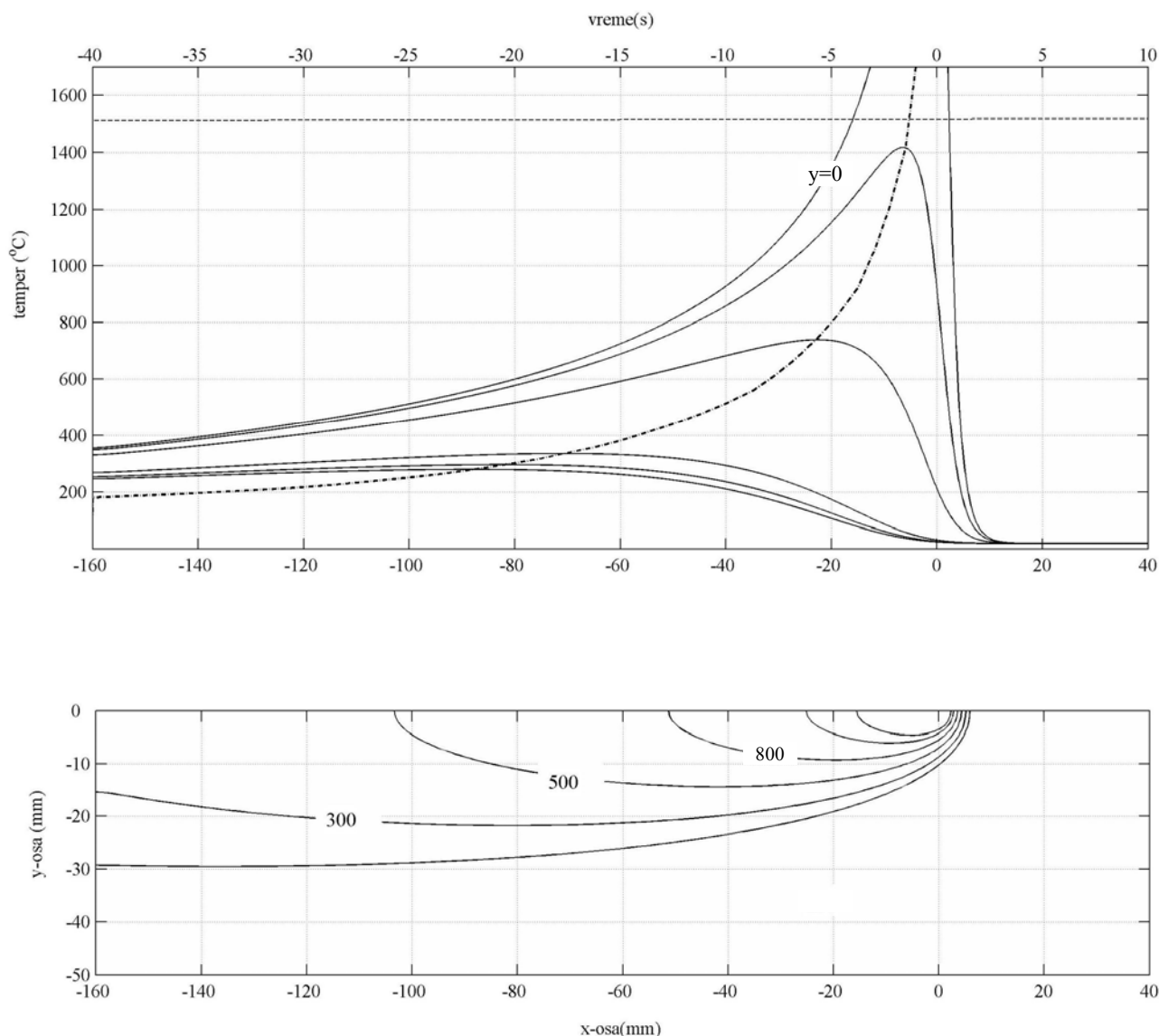
На основу претходно развијеног модела, извршена је симулација за следеће параметре:

- напон заваривања $U=22 V$,
- струја заваривања $I=120 A$,
- брзина заваривања $v=4 mm/s$,
- дебљина лима $t=3 mm$

Са слике 8, могу се очитати вредности дужине растопа и времена одржавања растопа у течном стању:

- дужина растопа $l = 17,9 mm$
- време одржавања растопа $t = 4,6 s$

Из свега претходно наведеног, може се закључити да симулације процеса у заваривању уз примену нумеричких метода представљају моћно средство које битно редукује потребна средства и време потребно за изучавање датог процеса.



Слика 8. Температурско поље

ЛИТЕРАТУРА

1. Вукићевић М., *Прилог изради тачног аналитичког модела тачкастог електроотпорног заваривања*, докторска дисертација, Машински факултет, Београд, 1994.
2. Рыкалин Н. Н., *Расчети тепловых процессов при сварке*, МАШГИЭ, Москва, 1951
3. Петровић З., Ступар С., *Пројектовање рачунаром – метод коначних разлика*, Машински факултет, Београд, 1992.
4. Goldak A. J., Akhlaghi M., *Computational welding mechanics*, Springer, 2005.
5. Won Y. Y., *Applied numerical methods using MATLAB*, Wiley, 2005.

DETERMINATION OF MELTED ZONE PARAMETERS BY USING NUMERICAL METHODS

Summary: This paper presents use of model of heat transfer for an arc welding process of thin sheets. Partial differential equation is transformed by particular transformation to the format appropriate for use of numerical methods. Numerical solution of this equation was performed using finite difference method. Solution of this equation was used for determination of melted zone parameters for a given set of welding parameters.

TEHNOLOGIJA SEČENJA VODENIM MLAZOM

V. N. Radić¹

R e z i m e

Obrada materijala vodenim mlazom ubraja se u nekonvencionalne tehnologije i karakteriše se najvećim porastom u odnosu na ostale tehnologije obrade zbog svoje mnogostranosti i jednostavnosti operacija. Od kada je početkom 80-tih godina 20. veka uvedena tehnologija vodenog mlaza sa abrazivom, tehnologija je rapidno evoluirala, a dalja istraživanja i razvoj se nastavljaju. Bez obzira na rastući potencijal, ova tehnologija je komplementarna obradi glodanjem, laserom ili plazmom. Proizvodni pogoni bilo koje veličine ostvaruju veliku efikasnost i produktivnost primenom vodenog mlaza ultravisokog pritiska. Vodeni mlaz zahteva manje sekundarnih operacija, omogućava dobijanje delova bez zone uticaja temperature, njegovom primenom eliminišu se deformacije zbog visoke temperature ili mehanička naprezanja prisutna u drugim tehnologijama.

UVOD

Dr Norman Franc (*Franz*) smatra se pionikom vodenog mlaza jer je prvi koji je proučavao primenu vode pod ultravisokim pritiskom kao sredstva za sečenje. Termin ultravisoki pritisak odnosi se na pritiske reda 200 MPa pa naviše. Kao šumarski inženjer, dr Franc je 50-tih godina 20. veka istraživao načine kako da iseče debelo drvo u drvenu građu, pa su se njegovi pokušaji zasnivali na tome da drveće izlaže delovanju vode koja se kretala kroz mlaznice malog prečnika.

Tokom 1972. godine uspeo je da dobije kratkovremene "eksplozije" visokog pritiska koje je koristio za sečenje drveta i drugih materijala. Njegova kasnija istraživanja podrazumevala su kontinuirane mlazove vode, ali je zaključio da je teško neprekidno održavati visoki pritisak. Takođe, radni vek komponenti koje je upotrebljavao meren je minutama, ne nedeljama ili mesecima (kao što je to slučaj danas). Dr Franc nikada nije napravio proizvodni rezač za građu, a što je ironično, danas je sečenje drveta minorna aplikacija tehnologije ultravisokog pritiska. Međutim, dokazao je da fokusirani mlaz vode pod visokim pritiskom ima izuzetnu snagu sečenja – snagu koja će se kasnije koristiti u aplikacijama o kojima je mogao samo da sanja.

S druge strane, Dr Mohamed Hašiš (*Hashish*), 1979. godine počeo je s proučavanjem metoda za povećanje snage vodenog mlaza tako da se mogu koristiti za sečenje metala i drugih tvrdih materijala. Dr Hašiš je otkrio proces sa dodavanjem abraziva u običan vodeni mlaz, što omogućava potencijal da praktično može da seče bilo koji materijal. Tokom 1980. godine ovaj metod korišćen je prvi put za sečenje čelika, stakla i betona, a 1983. godine prvi komercijalni sistem vodenog mlaza sa abrazivom prodat je za sečenje stakala za automobile.

Prvi koji su prihvatili ovaj metod obrade materijala bili su vazduhoplovna i kosmička industrija, gde je vodeni mlaz shvaćen kao izuzetno "sredstvo" za obradu materijala vrlo velike čvrstoće (nerđajući čelici, titan, legure nikla i hroma), kao i kompozitnih materijala male mase ali, takođe, velike čvrstoće (ugljenična vlakna). Od tada, vodeni mlaz sa abrazivom koristi se u mnogim industrijama i za različite namene.

Većina teorija objašnjava da sečenje vodenim mlazom predstavlja oblik mikroerozije, jer se odvija delovanjem velike količine vode koja prolazi kroz smanjenu površinu poprečnog preseka mlaznice, uzrokujući rapidno ubrzavanje čestica vode. Tako ubrzani vodeni mlaz utiče na površinu radnog dela na kojoj se generišu mikroskopske prskotine, a mlaz dalje "*odnosi*" materijal koji erodira od površine radnog dela.

¹ Ministarstvo odbrane Srbije, Uprava za odbrambene tehnologije, Birčaninova 5, Beograd
vlado.radic@sezampro.yu

Sektori inženjeringa i proizvodnje u proizvodnim organizacijama, u nastojanju da se smanje troškovi, neprekidno su u graničnim područjima svog rada. U tom smislu, sečenje vodenim mlazom obezbeđuje jedinstvene mogućnosti i prednosti koje su se pokazale efikasnim u smanjenju troškova. Osim po smanjenim troškovima, sečenje vodenim mlazom prepoznaje se i kao proces sa najvećim porastom primene u odnosu na ostale.

Pri sečenju vodenim mlazom nema oslobađanja štetnih gasova ili tečnosti, ne stvaraju se opasni materijali i isparenja, nema zone uticaja toplote ili mehaničkih naprezanja.

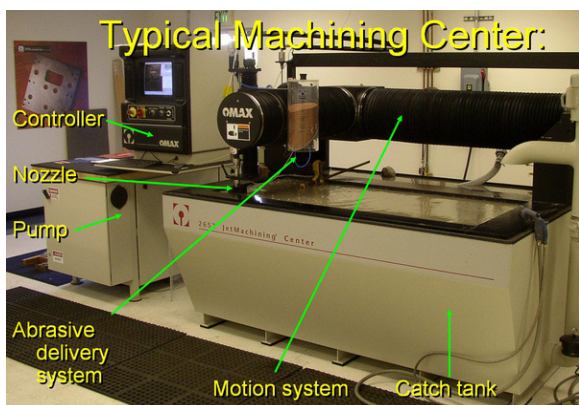
VRSTE TEHNOLOGIJA VODENIH MLAZOVA

Osnova tehnologije je i jednostavna i izuzetno složena. U najjednostavnijoj aproksimaciji, voda se kreće od pumpe kroz cevi do glave za sečenje. Međutim, proces uključuje izuzetno složene tehnologije materijala i projektovanja. Da bi se generisala i kontrolisala voda na pritiscima reda 200 MPa i višim, potrebno je primeniti specifična znanja koja se ne stiču na fakultetima-univerzitetima, već praktičnim radom. Na tim pritiscima i najmanji nedostatak (npr. prskotima u materijalu) može izazvati nepovratno oštećenje komponenti, pa, zahvaljujući tome, proizvođači mašina sa vodenim mlazom prate najsavremenija dostignuća u tehnologijama proizvodnje i ispitivanja materijala i dodirnih oblasti.

U principu, postoje dve vrste tehnologija vodenog mlaza:

- 1) čisti vodeni mlaz i
- 2) vodeni mlaz sa abrazivom.

Mašine su projektovane tako da koriste vodeni mlaz, vodeni mlaz sa abrazivom ili oba, ali je za obe vrste karakteristično da voda mora da bude pod visokim pritiskom. Najvažniji deo svakog sistema za sečenje vodenim mlazom je pumpa, koja komprimuje vodu i kontinuirano je isporučuje tako da se u glavi za sečenje ona pretvara u supersonični vodeni mlaz. U aplikacijama se koriste dve vrste pumpi – zasnovane na pojačavanju i na direktnom pogonu. Na slici 1 prikazan je tipičan centar za obradu materijala vodenim mlazom, a na slici 2 pumpa visokog pritiska sa direktnim pogonom.



Slika 1 – Tipičan centar za obradu vodenim mlazom sa pratećim elementima



Slika 2 – Pumpa visokog pritiska sa direktnim pogonom

U sečenju vodenim mlazom proces uklanjanja materijala može se opisati kao supersonični proces erozije. Međutim, ona nije posledica delovanja pritiska, već brzine mlaza koja odvaja mikroskopske delove materijala. Pritisak i brzina su dva različita oblika energije, ali je pitanje na koji način pumpa konvertuje pritisak vode u drugi oblik energije – brzinu vode? Odgovor je u kristalu male debljine (safir, rubin, dijamant). Kristal je postavljen na kraju cevovoda i ima na sebi otvor malog prečnika. Voda pod pritiskom prolazi kroz taj otvor menjajući pritisak u brzinu. Pri pritisku od oko 279 MPa rezultujući mlaz prolazi kroz otvor brzinom od 2 Maha, a pri pritisku od 414 MPa brzinom većom od 3 Maha.

Svaki od kristala ima svoje atribute. Danas se kao materijal otvora na glavi za sečenje najčešće koristi safir. Safir je veštački kristalni materijal koji obezbeđuje relativno dobar kvalitet mlaza i kombinovano sa dobrim kvalitetom vode, njegov vek upotrebe je od 50 do 100 radnih sati. U slučaju primene vodenog mlaza sa abrazivom, vek upotrebe safira se smanjuje za polovinu (do 50 radnih sati). Inače, cena pojedinačnog kristala safira je od 15 do 30 dolara. Rubin se, takođe, koristi u aplikacijama vodenog mlaza i karakteristika mlaza koji on generiše je dobro podešena za vodeni mlaz sa abrazivom, a nije pogodna za sečenje čistim vodenim mlazom. Cena rubina je približno ista kao i safira. Dijamant ima znatno duži vek upotrebe (800 do

2000 radnih sati), ali je 10 do 20 puta skuplji od safira i rubina. Dijamant je posebno koristan u slučajevima 24-časovnog operativnog režima. Za razliku od ostalih vrsta kristala, dijamant se posle određenog vremena može očistiti ultrazvukom i ponovno koristiti. Na slici 3 prikazane su mlaznice koje se koriste za generisanje vodenog mlaza.



Slika 3 – Mlaznice za generisanje vodenog mlaza

PREDNOSTI I NEDOSTACI SEČENJA VODENIM MLAZOM

Sečenje vodenim mlazom je vrlo koristan proces obrade i postoje brojni razlozi zašto sečenje vodenim mlazom ima prednosti u odnosu na druge metod sečenja.

U slučaju sečenja vodenim mlazom nema generisanja toplote. To je posebno bitno u slučaju sečenja alatnih čelika i drugih materijala, gde suvišna toplota može da promeni svojstva materijala. Za razliku od mašinske obrade (npr. brušenja, glodanja, struganja), sečenje vodenim mlazom ne generiše prašinu niti otpadne čestice koji su štetne ako se inhaliraju. Širina sečenja pri primeni vodenog mlaza je vrlo mala, kao i otpadni materijal. Sečenje vodenim mlazom može se uspešno koristiti u izradi prototipa. Operator programira dimenzije i konfiguraciju dela u kontrolnoj stanici, a vodeni mlaz seče upravo kako je programirano, što je mnogo brže i jeftinije nego u tradicionalnim tehnologijama obrade. Sečenje vodenim mlazom može se jednostavno automatizovati za proizvodne namene. Posle sečenja vodenim mlazom nema hrapave površine niti grubih ivica. Konačno, sečenje vodenim mlazom je mnogo lakše nego ekvivalentno sečenje laserom kada je ugrađen na automatizovani robot, jer eliminiše probleme ubrzavanja i zaustavljanja glave robota, kao i utroška energije.

Međutim, pored nabrojanih prednosti (ne samo ovih), sečenje vodenim mlazom ima i nekih ograničenja. Osnovno ograničenje sečenja vodenim mlazom jeste broj materijala koji se mogu ekonomično seći. Mada je moguće seći i alatne čelike i druge materijale velike tvrdoće, brzina sečenja je znatno smanjena, a vreme za koje se deo iseče može biti vrlo dugo. Zbog toga, sečenja vodenim mlazom može biti skuplje i prevladati određene prednosti. Drugo ograničenje je da delovi veće debljine ne mogu da se seku vodenim mlazom a da se zadrži zahtevana dimenziona tačnost. Ako je deo veće debljine, mlaz se može rasipati i uzrokovati sečenje pod uglom ili da bude širi na donjoj površini nego na gornjoj. To, takođe, može uzrokovati pojavu talasa na površini sečenja. Pri sečenju materijala većih debljina može se pojaviti i problem konusne površine sečenja, tj. stanja kada je izlazni mlaz pod različitim uglom u odnosu na ulazni, što dovodi do dimenzione netačnosti. Ovo se može eliminisati smanjenjem brzine mlaza na izlazu, ali još uvek opstaje kao evidentan problem.

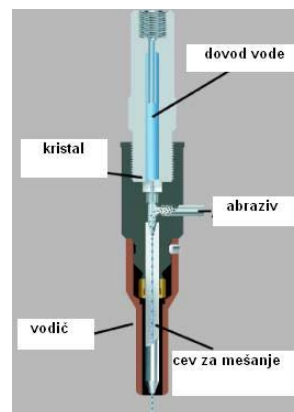
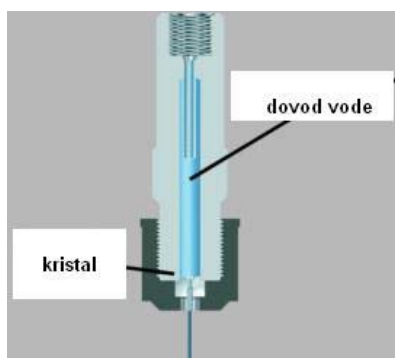
Prednosti vodenog mlaza u odnosu na tradicionalne metode obrade date su u tabeli:

Čist vodeni mlaz	Vodeni mlaz sa abrazivom
<ul style="list-style-type: none"> vrlo tanak mlaz (prečnika 0,1 - 0,25 mm), moгуćnost sečenja vrlo složenih geometrija radnog dela vrlo mali gubici materijala tokom sečenja nema zagrevanja niti mehaničkih naprezanja tokom sečenja moгуćnost podešavanja debljine mlaza kratko vreme operacije sečenja moгуćnost sečenja mekih, lakih materijala 	<ul style="list-style-type: none"> izuzetno mnogostran proces nema zone uticaja toplote niti mehaničkih naprezanja jednostavnost programiranja vrlo tanak mlaz (prečnika 0,5 – 1,27 mm) moгуćnost sečenja vrlo složenih geometrija radnog dela sečenje materijala male debljine sečenje materijala debljine do 250 mm

(npr. staklena vlakna debljine do 600 mm) <ul style="list-style-type: none"> ▪ izuzetno male sile sečenja ▪ jednostavno podešavanje procesa ▪ 24-časovni operativni rad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mogućnost sečenja više delova (materijala) odjednom ▪ jednostavno podešavanje procesa ▪ mali gubici materijala pri sečenju ▪ jednostavna promena režima rada ▪ smanjen broj sekundarnih operacija
--	---

Vodeni mlaz sa abrazivom podrazumeva da se pored vode koristi i abraziv – koji se dodaje posle generisanja čistog vodenog mlaza. Tada se čestice abraziva ubrzavaju u cevi za mešanje. Abraziv je, u stvari, posebno filtriran i kalibrisan pesak. Najčešće korišćeni abraziv je garnet – iz grupe alumo-silikatskih minerala, koji je tvrd, čvrst i jeftin.

Cev za mešanje služi za ubrzavanje čestica abraziva. Ona, kao i kristal, ima različite dimenzije i vek upotrebe. Obično im je dužina od 7 do 8 cm, spoljni prečnik oko 6,35 mm, a unutrašnji prečnik od 0,5 - 1,52 mm. Rastojanje između cevi za mešanje i materijala koji se obrađuje je, tipično, od 0,25 mm do 5 mm. Na slikama 4 i 5 dati su šematski prikazi čistog sistema vodenog mlaza i sistema sa abrazivom.



Slika 4 – Sistem čistog vodenog mlaza

Slika 5 – Sistem vodenog mlaza sa abrazivom

MOGUĆNOSTI PRIMENE

Zbog univerzalnosti, sečenje vodenim mlazom ima mnogo aplikacija u kojima se pokazalo praktičnijim i ekonomičnijim nego standardni procesi obrade. Pre svega, vodeni mlaz koristi se za sečenje materijala manje tvrdoće, kao što su drvo, plastične mase i aluminijum. Dodavanjem abraziva moguće je obrađivati i materijale veće čvrstoće (npr. čelici, čak i neki alatni čelici), iako neke od takvih aplikacija imaju izvesna ograničenja.

Kada se zahteva dvodimenzionalno sečenje u fazi prototipa, vodeni mlaz je dokazano, za većinu aplikacija, tehnologija izbora. Mnogi prototipi, kod kojih se zahteva složeno sečenje čelika ili aluminijuma, nisu pogodni za primenu tradicionalnih alata za sečenje laserom. Delovi koji ne smeju da se izlažu toploti, delovi koji estetski ne smeju da imaju različitu obojenost, samo su neki od primera u kojima primena vodenog mlaza ima prednosti.

Laserska tehnologija ima veću brzinu sečenja, ali je ograničena za mnoge materijale zbog refleksnih površina i efekta zagrevanja. Takođe, lasersko sečenje metala ima ograničenja po pitanju debljine materijala i istovremenog sečenja nekoliko materijala. Suprotno tome, tipično CNC postrojenje zahteva dugačak proces podešavanja i programiranja, čineći teškim i skupim plansko održavanje opreme.

Tehnologijom sečenja vodenim mlazom mogu se seći aluminijum, nerđajući čelik, alatni čelici, legure nikla i hroma, titan, ostale legure, mesing, bakar, grafit, kamen, mermer, granit, keramika, laminatno staklo, balističko staklo, ugljenična vlakna, kompoziti, staklena vlakna, plastične mase, guma, drvo, papir, koža, pena i mnogi drugi materijali bez oštećenja poliranih, obojenih ili na drugi način finiširanih površina. Na slici 6 prikazani su neki delovi izrađeni tehnologijom sečenja vodenim mlazom (čistim ili sa abrazivom).



Slika 6 – Različite geometrije konačnih delova izrađenih tehnologijom sečenja vodenim mlazom

SOFTVER

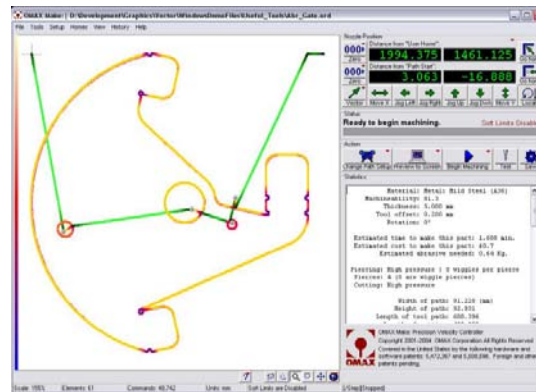
Neke od najznačajnijih inovacija u industriji desile su se u oblasti softvera, što je, svakako, vrlo bitno jer je mnogo jeftinije unaprediti softver nego hardver. Uostalom, poznati proizvođači savremenih mašina u svetu odavno su shvatili potrebu formiranja sopstvenih programskih sektora i razvoja softvera. Neki se, suprotno tome, oslanjaju na publikovane izvore sa fakulteta, istraživačkih instituta i ostalih institucija. Svima je zajedničko da u što kraćem vremenu odgovore na zahteve kupca (naručioca), a programiranjem ono se smanjuje za faktor 2. Model za sečenje može se generisati u CAD/CAM sistemu ili unutar kontrolera na mašini. Na slikama 7 i 8 prikazani su prikazi nekih modela i njihovo programiranje.

Korisnik mašine za sečenje vodenim mlazom susreće se sa zadatkom da podatke dobijene od naručioca u obliku tehničkog crteža ili CAD-file konvertuje u instrukcije mašini. Softver za programiranje, koji isporučuju proizvođači mašina, rangiraju se od jednostavnih do potpuno uobičenih, koji podrazumevaju projektovanje u raznim CAD sistemima, razne modele sečenja, čak i mogućnost uklapanja više oblika.

U početku su mašine za obradu vodenim mlazom bile upravljane G-code kontrolerima (kao i ostale numerički upravljane mašine). Dalji korak bilo je 2D sečenje, u kome je geometrija preuzimana direktno iz CAD- file (DXF), a najnovija rešenja oslanjaju se na PC upravljanje svim softverima koje je programirao proizvođač mašine. Sve u svemu, složenost programskih rešenja i mogućnost konfigurisanja nikako se ne odražava na konačnu primenu softverskih rešenja, jer je interaktivan rad između operatora i mašine toliko pojednostavljen da je obuka u radu sa softverom i mašinom za sečenje vodenim mlazom svedena na jedan radni dan!



Slika 7 – Prikaz modela za sečenje



Slika 8 – Programiranje modela

BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Od svog razvoja, sečenje vodenim mlazom prošlo je kroz više stadijuma i doživelo mnogobrojne izmene. Eksperimentisano je sa raznim vrstama abraziva i mlaznica, brzinama mlaza i položajima mlaznica. Već je navedeno da je mineralni abraziv alumo-silikatnog tipa najzastupljeniji. On ima tvrdoću 8 po Mosovoj skali i znatno je jeftiniji ako se poredi sa dijamantom, na primer. Međutim, on još uvek košta oko 600 dolara po toni. Mnoga istraživanja u svetu usmerena su ka traženju prihvatljive zamene za garnet. Kao moguća zamena analizirano je usitnjeno vetrobransko staklo automobila. Staklo, koje je izrađeno od silicijum-dioksida i ima tvrdoću 6 po Mosovoj skali, nije tvrdo kao garnet, međutim njegova cena po toni je oko 50 dolara. Dalje, što se tiče tvrdoće stakla ono je tvrđe od mnogih materijala, a kada se usitni – sve čestice imaju oštre ivice, što znači da se može ostvariti erozija materijala. Druga korist korišćenja silicijum-dioksida jeste što je dostupan kao otpadni materijal od prozorskih stakala. Nekoliko poboljšanja koja su uradile neke kompanije odnose se na: korišćenje kriogenih fluida za sečenje, pronalaženje novih oblasti primene sečenja vodenim mlazom, te načina za povećanje efikasnosti već postojećih procesa.

ZAKLJUČAK

Na osnovu iskustava u svetu, može se zaključiti da je primena sečenja vodenim mlazom vrlo efikasna u pogledu kvaliteta, skraćanja vremena izrade modela i dobijanja gotovog proizvoda, kao i po pitanju vrsta materijala koji mogu da se obrađuju. Jednostavnost tehnologije podignuta je na najviši nivo, pa je broj korisnika sve veći. Mašine i uređaji za sečenje vodenim mlazom dostupni su manjim i srednjim preduzećima, koja ostvaruju visok nivo produktivnosti.

LITERATURA

- [1] Miller, R. K., Waterjet Cutting: Technology and Industrial Applications, SAEI Technical Publications, Madison, 1985.
- [2] Summers, D. A., Waterjetting Technology, Alden Press, Oxford, 1995.
- [3] Tazibt, A., Abriak, N., Parsy, F., Interaction of abrasive water jet with cut material at high velocity impact – Development of an experimental correlation, European Journal of Mechanics, Vol. 15, 1996.
- [4] Momber, A. W., Dovacevic, R., Principles of Abrasive Water Jet Machinig, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1998.
- [5] Kalina, M., Slicing Through with Water Jet Technology, Welding Journal, Vol. 78, No. 7, July 1999.

WATERJET CUTTING TECHNOLOGY

Abstract

Waterjet cutting technology is one of the fastest growing major machine tool processes in the world due to its versatility and ease of operation. Waterjet require few secondary operations, produce net-shaped parts with no heat-affected zone, heat distortion, or mechanical stresses caused by other cutting methods. Since abrasive waterjet technology was invented in the early 1980s, the technology has rapidly evolved with continuous research and development. Today, there is a trend by many job shops to add waterjet to their operations as a complement to other cutting technologies such as laser, EDM, milling, and plasma.

B. Nedić ¹⁾, J. Baralić ²⁾

UTICAJ PARAMETARA OBRADE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM NA KVALITET OBRADENE POVRŠINE

Izvod

Obrada abrazivnim vodenim mlazom ima mnogo prednosti u poređenju sa ostalim tehnologijama. Osnovna prednost je da obrada abrazivnim vodenim mlazom ne uzrokuje pojavu visokih temperatura u zoni obrade. U poslednje vreme je moguće vršiti obradu materijala ovim postupkom velikim brzinama (čak i do 450 mm/min), tako da se ovaj postupak obrade može smatrati veoma efikasnim. Površina koja nastaje ovim postupkom obrade u opštem slučaju ima veliku hrapavost, što je za sada glavni nedostatak ovog postupka obrade. Međutim, manja hrapavost obrade se može postići obradom sa manjim brzinama rezanja.

Ključne reči: abrazivni vodeni mlaz, kvalitet obrađene površine,

1. UVOD

Kontinualni razvoj obrade vodenim mlazom visokog pritiska počinje u prvoj polovini dvadesetog veka. Početkom 60-tih godina prošlog veka, O. Imanaka sa Univerziteta u Tokiju je započeo primenu čiste vode u industrijskoj obradi. Ideja je zasnovana na oštećenjima koja nastaju na trupu aviona, a koja nastaju kao posledica udara kapi kiše. Krajem 60-tih godina prošlog veka R. Franz sa Univerziteta u Mičigenu, započeo je ispitivanje sečenja drveta vodenim mlazom velike brzine. Ideju je dobio kada je posmatrao način detektovanja curenja pare.

Sve ovo je dovelo do prve komercijalne upotrebe vodenog mlaza. Proizvođač prve mašine za obradu vodenim mlazom je bila Mc Cartney Manufacturing Company i instalirana je u Alto Boxboard 1972. godine. Od tada se vodeni mlaz visokog pritiska sve više koristi za obradu mekih materijala kao što su drvo i koža. Čistim vodenim mlazom visokog pritiska su se mogli obraditi materijali kao što su granit i kamen koji su jako krti, ali i žilavi materijali kao što je titanijum.

Dalja istraživanja su dovela do otkrića abrazivnog vodenog mlaza 1980. godine i njegove prve komercijalne primene 1983. godine. Dodatkom abraziva u vodeni mlaz znatno se proširio spektar materijala koji se mogu obrađivati. Takođe je omogućena i veća brzina obrade, veća tačnost obrade i bolji kvalitet obrađene površine.

2. KARAKTERISTIKE OBRADENE POVRŠINE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

Obrada abrazivnim vodenim mlazom pripada grupi nekonvencionalnih postupaka obrade, i već duže vreme se koristi u industriji. Osnovne operacije koje se ovom vrstom obrade mogu izvoditi su sečenje, poliranje površina, čišćenje površina itd. U svim slučajevima mehanizam obrade se zasniva na eroziji.

Velika prednost ovog postupka obrade je činjenica da u zoni obrade ne dolazi do značajnog porasta temperature. Obrada abrazivnim vodenim mlazom je naročito pogodna za obradu krutih materijala (staklo, keramika, kamen itd.) i kompozitnih materijala.

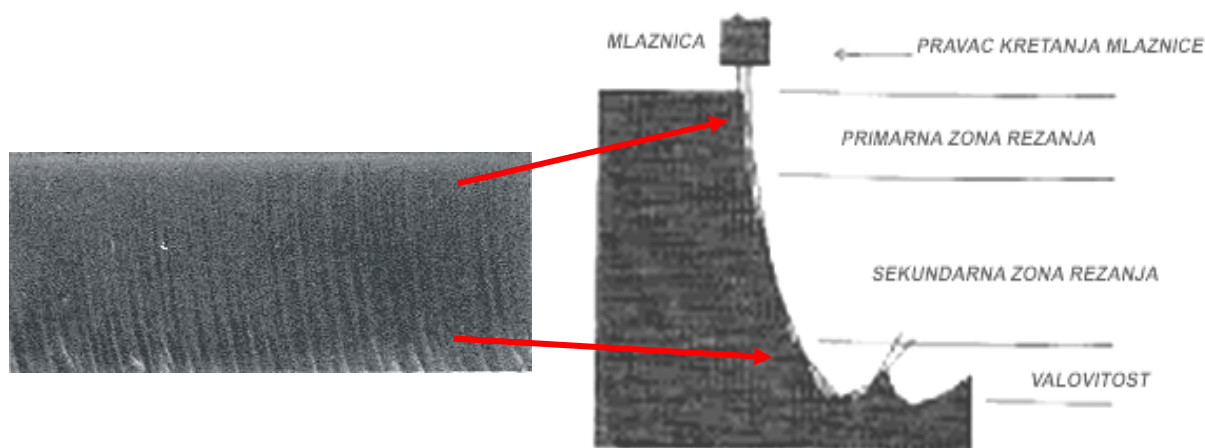
¹⁾ Prof. dr Bogdan Nedić, Mašinski fakultet, Kragujevac, 034/335-990, nedic@kg.ac.yu

²⁾ Mr JELENA Baralić, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Čačak, 032/222-321, jesoduca@ptt.yu

Osnovne karakteristike površine obrađene abrazivnim vodenim mlazom su :

- širina reza,
- koničnost reza i
- hrapavost obrađene površine.

Karakterističan izgled površine obrađene abrazivnim vodenim mlazom prikazan je na slici 1. Kao što se može zaključiti, na obrađenim površinama postoje tipične zakrivljene brazde. Na gornjem delu posmatrane površine ove brazde su skoro vertikalne, dok su u donjem delu zakrivljene. Gornji deo površine se odnosi na primarnu zonu obrade (strana sa koje ulazi abrazivni vodeni mlaz). Zakrivljenost brazda pokazuje pravac kretanja mlaza kroz materijal predmeta obrade. Ova pojava zakrivljenosti brazda se objašnjava gubitkom energije mlaza tokom procesa rezanja, odnosno skretanjem mlaza pri kretanju kroz materijal. Valovitost, prikazana na desnom delu slike 1, se javlja ukoliko se ne vrši sečenje materijala već obrada do određene dubine.

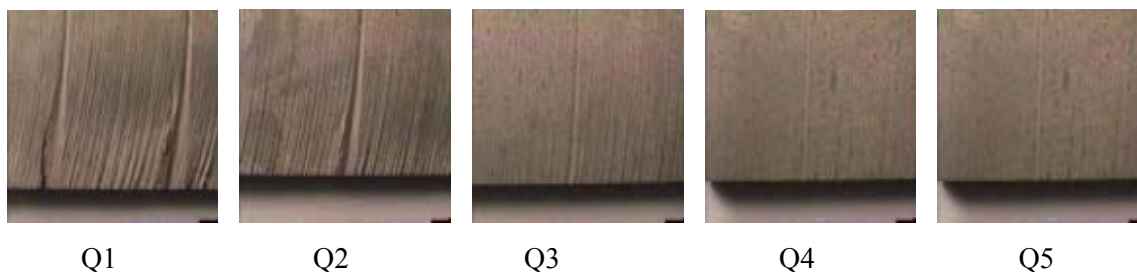


Slika 1. Izgled površine obrađene abrazivnim vodenim mlazom

U primarnoj zoni, kvalitet obrađene površine je dobar, nema karakterističnih zakrivljenih brazda, širina reza je približno ista na početku i na kraju ove zone. U sekundarnoj zoni dolazi do pojave zakrivljenih brazda i povećane hrapavosti obrađene površine. Treća zona se javlja kada mlaz ne može da probije materijal, već se zadržava u materijalu i stvara karakteristične oblike talasa – valovitost.

Međutim, dubina rezanja, odnosno debljina predmeta obrade, nije jedini parametar koji utiče na kvalitet obrađene površine. Kvalitet obrađene površine zavisi od niza parametara koji defefinišu proces rezanja, kao što je radni pritisak vode, brzina rezanja, udaljenost mlaznice od površine predmeta obrade, protok i vrsta abraziva, materijal predmeta obrade itd.

Kod obrade abrazivnim vodenim mlazom, kvalitet obrađene površine se najčešće svrstava u pet osnovnih grupa, čiji je izgled prikazan na slici 2.

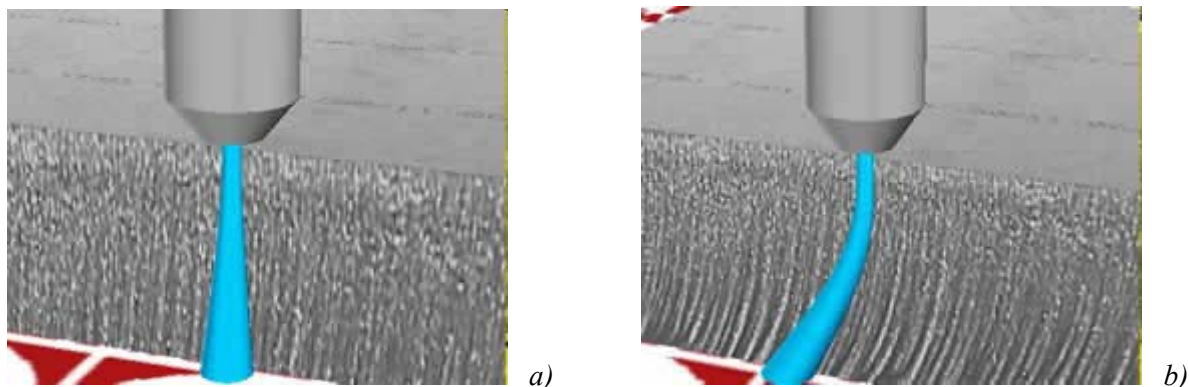


Slika 2. Izgled obrađenih površina u karakterističnim kvalitetima

Na slici 2 vide se razlike u kvalitetu obrađenih površina. Površina Q1 je karakteristična za grubo odsecanje priprema velika brzina rezanja pri čemu je potrebna dodatna sila za razdvajanje delova, i zahteva dodatnu obradu. Površina Q2 se dobija pri isecanju priprema i najčešće je potrebna dalja obrada. Kvalitet površine Q3 je znatno bolji prethodne dve površine. Da bi se dobio ovakav kvalitet obrađene površine neophodno je uskladiti brzinu predmeta obrade, pritisak mlaza vode, protoka i količine abraziva. Sa ovakvim režimima obrade mogu se izrađivati neki nepokretni delovi. Zakrivljenje brazda je slabo izraženo. Kvalitet

obrađene površine Q4 je bolji od kvaliteta obrađene površine Q3. U ovom kvalitetu su najčešće izrađeni mnogi delovi bez dodatne obrade. Kvalitet obrađene površine Q5 je veoma visok i postiže se kod visoko preciznih delova, ali sa veoma malim brzinama predmeta obrade pri čemu vreme obrade nije kriterijum za izbor režima obrade. Širina reza je konstantna po celoj visini obrađene površine. Ne postoji zakrivljenost linija po obrađenoj površini. Delovi izrađeni na ovaj način se mogu koristiti u skoro svim namenama bez dodatne obrade.

Jedan od najuticajnijih parametara na kvalitet obrađene površine je brzina rezanja. Na slici 3a je prikazana obrađena površina sa malim brzinama rezanja i malom produktivnošću a na slici 3b obrađena površina sa velikim brzinama rezanja i velikom produktivnošću rezanja.



Slika 3. Uticaj brzine rezanja na kvalitet obrađene površine

3. UTICAJ PARAMETARA OBRADNE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM NA KVALITET OBRADENE POVRŠINE

Parametri obrade abrazivnim vodenim mlazom čiji je uticaj na kvalitet obrađene površine razmatran u ovom radu su:

- brzina rezanja,
- protok abraziva i
- dubina rezanja.

Ocena kvaliteta obrađene površine je vršena merenjem hrapavosti obrađene površine i parametra Ra, srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije. Vrednost parametra hrapavosti Ra je na svakom uzorku merena na tri merna mesta 1, 2 i 3:

- merno mesto 1 se nalazi na ulasku mlaza u materijal predmeta obrade,
- merno mesto 2 se nalazi na sredini debljine materijala predmeta obrade i
- merno mesto 3 se nalazi na izlasku mlaza iz materijala predmeta obrade.

Materijali korišćeni za ispitivanje sa sledećim karakteristikama su:

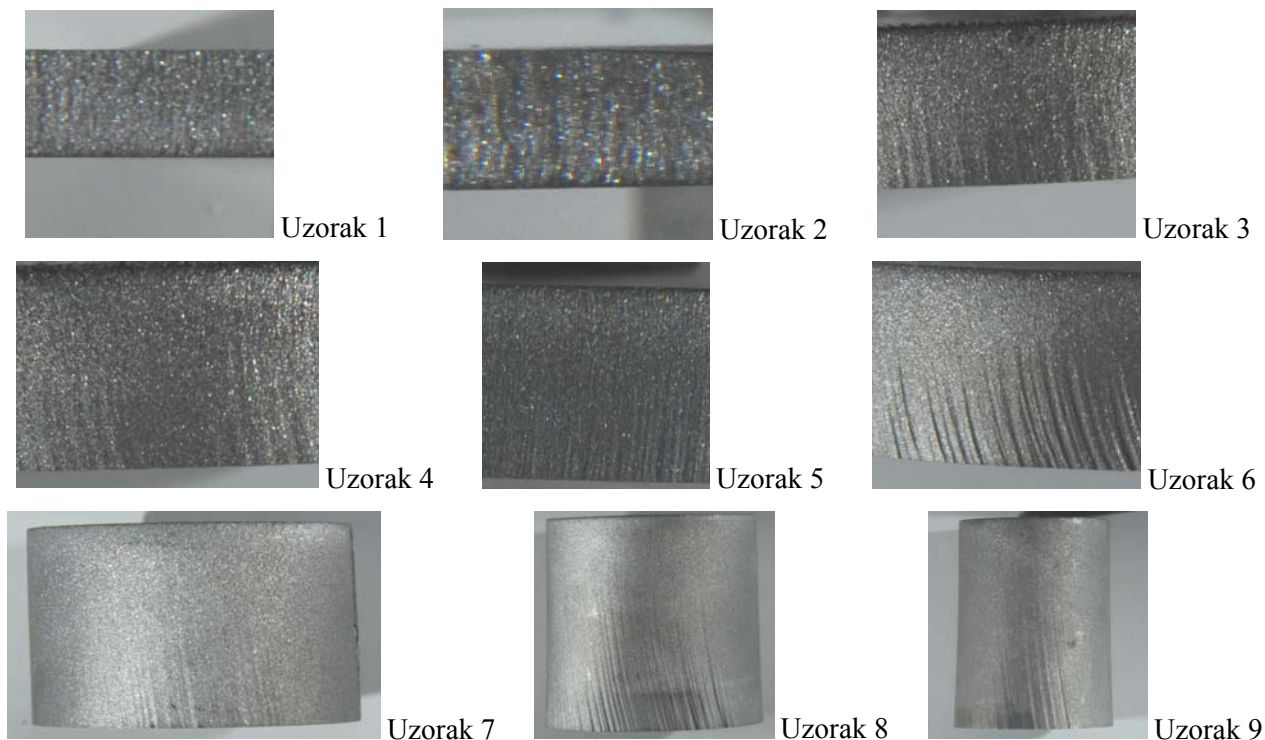
- X6CrNi18-10KT (Č 4580) $R_m=630$ MPa; $R_{p0.2}=205$ Mpa
- X15Cr13 (Č 4173) $R_m=530$ MPa; $R_{p0.2}=270$ Mpa

Tabela 1. Ispitivani uzorci i režimi obrade

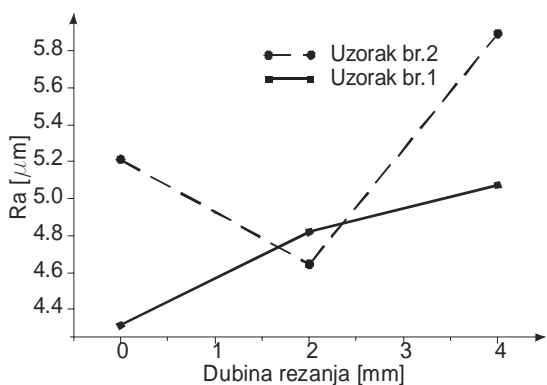
R.b.	Materijal	Debljina materijala mm	Brzina rezanja mm/min	Količina abraziva g/min	Pritisak vode bar
1.	X15Cr13 (Č4173)	≠4	230	310	3500
2.		≠4	320	310	
3.	X6CrNi18-10KT (Č4580)	≠8	160	310	
4.		≠8	115	400	
5.		≠8	160	420	
6.		≠12	145	320	
7.		≠12	92	310	
8.		≠40	36	310	
9.		≠40	25	400	

Kao abrazivno sredstvo je korišćen aluminijum-silikat, finoće #80. Ova vrsta abraziva se koristi za velike brzine rezanja i visok kvalitet obrađene površine. Može se koristiti za metale, kompozitne materijale, keramiku i kamen.

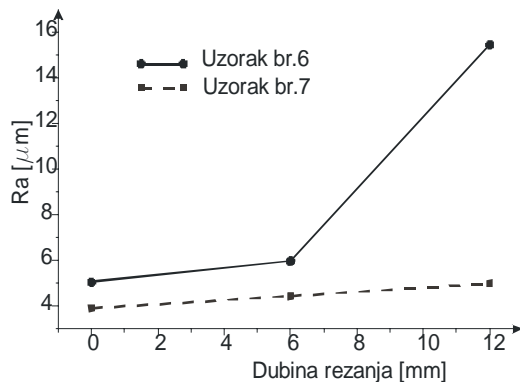
Na slici 5 je prikazan izgled obrađenih površina uzoraka koji su pobrojani u tabeli 1.



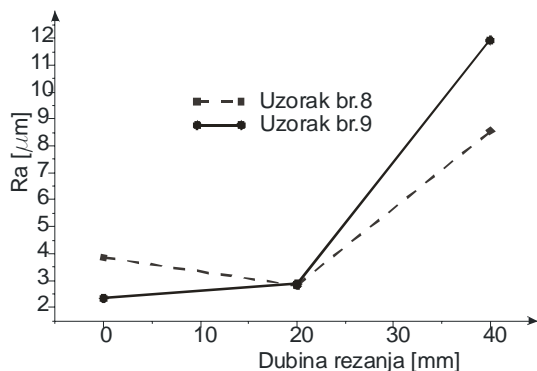
Slika 4. Izgled obrađenih površina uzoraka iz tabele 1



Dijagram br.1



Dijagram br.2

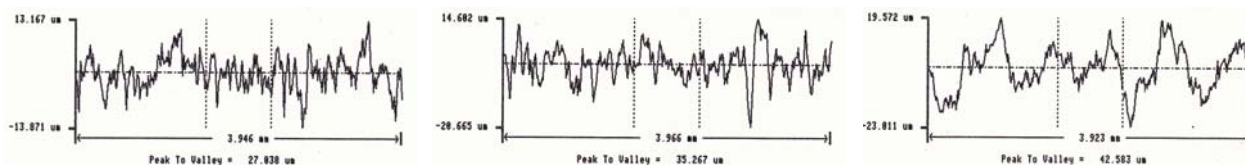


Dijagram br.3

Slika 5. Zavisnost hrapavosti obrađene površine od brzine rezanja i dubine rezanja

Grafički prikaz zavisnosti parametra R_a hrapavosti obrađene površine od brzine rezanja i dubine rezanja. je prikazan na dijagramima 1, 2 i 3, na slici 5. Na svim dijagramima su prikazane vrednosti za uzorke iste debljine, koji su obrađivani sa različitim brzinama rezanja i protocima abraziva. Na dijagramima se uočava da sa porastom dubine rezanja raste i vrednost parametra R_a . Očigledno je da vrednosti parametra R_a na ulasku abrazivnog mlaza u materijal predmeta obrade (merno mesto 1) i na izlazu abrazivnog mlaza iz materijala predmeta obrade (merno mesto 3) znatno manje odstupaju kod uzoraka manje debljine. Takođe se uočava da su vrednosti parametra R_a manje kod uzoraka koji su obrađeni sa manjom brzinom rezanja.

Izgled topografije jednog od uzoraka na različitim mernim mestima, je prikazan na slici 6.



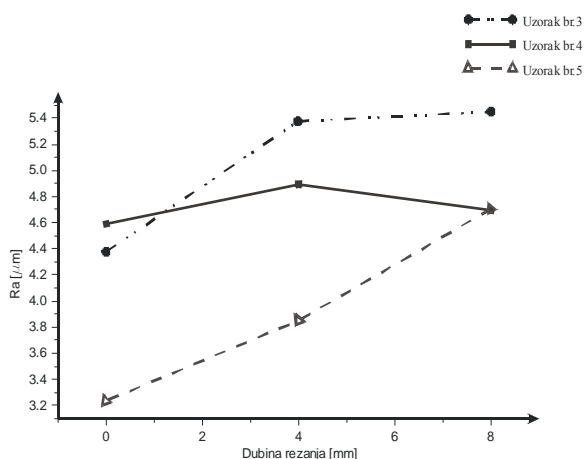
Topografija na mernom mestu 1

Topografija na mernom mestu 2

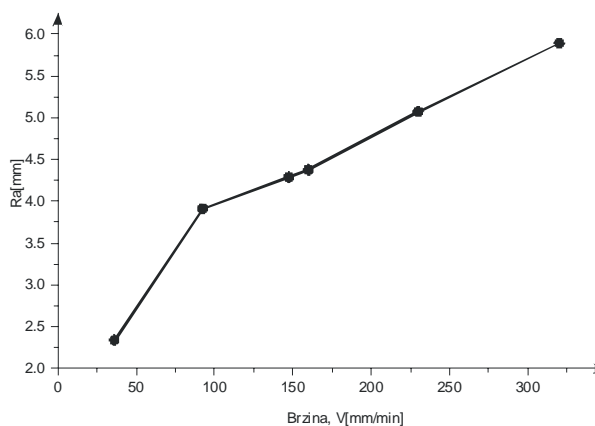
Topografija na mernom mestu 3

Slika 6. Izgled topografije uzorka broj 7 na različitim mernim mestima

Sa slike se vidi razlika u izgledu topografije na različitim mernim mestima, odnosno može se uočiti pojava valovitosti na većim dubinama rezanja. Takođe se vidi i povećanje vrednosti parametra R_t , koji predstavlja maksimalnu visinu neravnina (na slici vrednost Peak To Valley).



Slika 7. Uticaj protoka abraziva na hrapavost obrađene površine



Slika 8. Uticaj brzine rezanja na hrapavost obrađene površine

Na slici 7 je prikazana zavisnost hrapavosti obrađene površine od protoka abraziva, dubine rezanja i brzine rezanja. Pri obradi uzorka 3 i uzorka 5 brzina rezanja je bila ista, dok je protok abraziva bio veći pri obradi uzorka 5. Sa dijagrama vidimo da povećanje protoka abraziva utiče na smanjenje vrednosti parametra hrapavosti R_a . Kao i kod prethodnih uzoraka, vrednost parametra hrapavosti R_a je veća kod uzoraka obrađenih sa većom brzinom rezanja i raste sa povećanjem dubine rezanja.

Na slici 8 je prikazan uticaj brzine rezanja na hrapavost obrađene površine. Vrednosti parametra hrapavosti obrađene površine R_a su merene na istim dubinama rezanja. Očigledan je trend rasta vrednosti parametra hrapavosti R_a sa povećanjem brzine rezanja.

4. ZAKLJUČAK

Na svim posmatranim dijagramima je uočeno da se hrapavost obrađene površine menja sa dubinom rezanja, odnosno, sa povećanjem dubine rezanja, raste i vrednost parametra hrapavosti R_a .

Karakteristično za obradu abrazivnim vodenim mlazom je da sa povećanjem brzine rezanja, odnosno brzine pomoćnog kretanja, dolazi do povećanja vrednosti parametra hrapavosti R_a , što je potvrđeno realizovanim ispitivanjima. Ukoliko se želi bolji kvalitet obrađene površine, obrada se mora vršiti sa manjim vrednostima brzine rezanja.

Takođe, uočava se da količina abraziva koja se dodaje vodenom mlazu, odnosno protok abraziva znatno utiče na kvalitet obrađene površine. Sa povećanjem protoka abraziva dolazi do smanjenja vrednosti parametra hrapavosti Ra, odnosno dobija se bolji kvalitet obrađene površine.

Međutim, prilikom izbora parametara koji definišu obradu abrazivnim vodenim mlazom treba obratiti pažnju i na ekonomičnost tako dobijenog režima obrade, jer mala brzina rezanja i veliki protoci abraziva ne rezultuju ekonomičnim režimom obrade. Definisanje parametara obrade abrazivnim vodenim mlazom treba da predstavlja optimalni odnos između proizvodnosti i kvaliteta obrađene površine.

LITERATURA

1. F. Müller, J. Monaghan. Non-conventional machining of particle reinforced metal matrix composite, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 40(2000) 1351-1366.
2. A.M. Hoogstrate, C.A. Van Luttervelt, Opportunities in abrasive water-jet machining, *Ann. CIRP* 46 (2) (1997) 697-714.
3. D. Arola, M. Ramulu: Material removal in abrasive waterjet machining of metals: Surface integrity and texture, *Wear*, Vol. 210 (1997), pp. 50-58.
4. B. Nedić, J. Baralić, Specifičnosti obrade abrazivnim vodenim mlazom, *Časopis IMK-14 Istraživanje i razvoj*", Kruševac, godina XIII, broj (26-27) 1-2/2007.
5. B. Nedić, J. Baralić, Obrada abrazivnim vodenim mlazom i kvalitet obrađene površine, 10th International Conference on tribology SERBIATRIB 07, Kragujevac, 2007.
6. E. Lemma, L. Chen, E. Siores and J. Wang: Optimising the AWJ cutting process of ductile materials using nozzle oscillation technique, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* Vol. 42/7 (2002), pp. 781-789.
7. M. Hashish: A modelling study of metal cutting with abrasive waterjets, *J. Eng. Mater. Technol.*, Vol. 106 (1984), pp. 88-100.
8. www.barton.com, www.bystronicusa.com, www.jetedge.com and www.omax.com

INFLUENCE OF PARAMETERS ABRASIVE WATER JET MACHINING TO SURFACE QUALITY

Abstract

Machining with an Abrasive Water Jet (AWJ) has many advantages compared to other machining technologies. AWJ does not induce high temperatures and as a consequence there is no thermally affected zone. Furthermore since high feed rates are possible (feed rates up to $v=450$ mm/min), AWJ can be considered to be a very efficient machining process. The surface quality of the AWJ cut is characterized by a rough surface, which is one of the drawbacks of this machining process. A smoother surface can be obtained with lower feed rates.

Keywords: abrasive water jet, surface quality

д.т.н., проф. М.Л. Хейфец, Н.Л. Грецкий

Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

д.т.н., проф. Л.М. Кожуро

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ
ПОКРЫТИЙ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Рассмотрены явления, происходящие в рабочей зоне при нанесении покрытий. Изучено тепловое взаимодействие между покрытием и основой при электромагнитной наплавке. Проведен расчет термического цикла контакта частицы материала ферропорошка с основой. Показано, что продолжительность кристаллизации капель расплава порошка находится в степенной зависимости от величины начальной температуры основы и при кристаллизации расплава различной толщины характер этой зависимости не меняется, а на изменение времени интервала кристаллизации капель аналогичное влияние оказывает начальная температура расплава. Управляя параметрами интенсивности теплового потока в направлении плоскости контакта капли расплава с основой, можно получать необходимое время кристаллизации, а в результате формировать покрытия с заданными эксплуатационными свойствами.

Введение. Упрочнение и восстановление поверхностного слоя заготовки при наплавке происходит в рабочей зоне процесса. При электромагнитной наплавке (ЭМН) в рабочую зону непрерывно подается ферропорошок, частицы которого ориентируются вдоль силовых линий магнитного поля, образуя микроэлектродную систему токопроводящих цепочек. При наложении электрического поля на межэлектродный промежуток происходит замыкание электрической цепи «полюсный наконечник электромагнита – цепочки микроэлектродов – заготовка», в результате чего происходит нагрев и плавление частиц в цепочках микроэлектродов. Частицы ферропорошка под воздействием электромагнитных сил, направленного движения газов и поверхностного натяжения капель расплава переносятся на поверхность заготовки, формируя покрытие из жидкой фазы [1-5].

Явления в рабочей зоне процесса при наплавке. С момента короткого замыкания электрической цепи при ЭМН через 10^{-3} с скорость частиц составляет 15... 18 м/с [2]. Если считать, что энергия одиночного разряда мгновенно выделяется вдоль его оси и переходит без потерь в энергию ударной волны, то скорость возникшей ударной волны может быть определена [6]:

$$w = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda W}{\tau^2 \rho_0} \right)^{1/4},$$

где λ - коэффициент, зависящий от типа волны; W - энергия разряда; τ - текущее время; ρ_0 - начальная плотность среды.

Скорость движения расплавленных капель материала ферропорошка V отстает от скорости фронта ударной волны [7]:

$$V = \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) w,$$

где ρ - плотность среды после прохождения фронта ударной волны.

При ЭМН плавление цепочек - микроэлектродов, контактирующих с обрабатываемой поверхностью, происходит дискретно за счет возникновения кратковременного электрического разряда на каждой из них. Возникновение и протекание дугового разряда определяется комплексным воздействием электрических, магнитных, химических и других факторов. Дуга стремится гореть в месте наименьшего расстояния между обрабатываемой заготовкой и наконечником при минимальном сопротивлении и падении напряжения. Скорость возникновения дугового разряда и время его

существования оказывают большое влияние на производительность процесса, глубину зоны термического влияния и равномерность распределения капель расплава материала ферропорошка по обрабатываемой поверхности. Частота возникновения импульсов зависит от силы разрядного тока, напряжения источника, размеров частиц ферропорошка, скорости, вращения заготовки, состава окружающей среды и других факторов [1-3].

Длительность и частота возникновения импульсов непостоянны. Возникновение импульса на одной из цепочек не совпадает с моментами возникновения на других. В большинстве случаев возникающий импульс подавляет течение дуговых разрядов на соседних цепочках-микроэлектродах, а при одновременном возникновении нескольких импульсов их амплитуды меньше амплитуды тока одиночного импульса. В паузах между дуговыми разрядами сила разрядного тока вначале падает до минимального значения, а затем снова нарастает. Повторный импульс может произойти в системе без замыкания, путем ионизации газов в рабочей зоне под действием дугового разряда на соседней цепочке [2-4].

Процесс плавления цепочек-микроэлектродов для многомикроэлектродной системы аналогичен плавнению одиночной цепочки-микроэлектрода. В то же время поведение многомикроэлектродной системы имеет некоторые особенности. Так, система может быть настроена таким образом, что в рабочей зоне будет преобладать одиночное пульсирующее горение цепочек-микроэлектродов. В этом случае процесс ЭМН идет неустойчиво, формирование наплавленного слоя осуществляется нестабильно, расход электроэнергии минимальный, производительность невысокая. Когда в рабочей зоне преобладает групповое перекрываемое горение дуги у цепочек-микроэлектродов, процесс осуществляется устойчиво, обеспечивается стабильность и хорошее формирование покрытия [1-5].

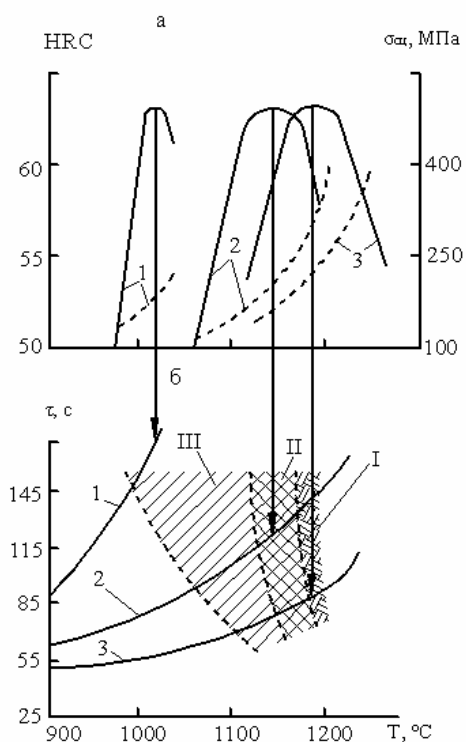


Рис. 1. Влияние температуры T : а - на твердость HRC (сплошные линии), прочность сцепления покрытия с основой σ_{sc} (штриховые линии); б - на образование областей спекания (I), смешанных (II) и литых (III) структур при скоростях нагрева 6,25° C/c (1); 12,50° C/c (2); 18,75° C/c (3)

Температурно-временной фактор влияет на образование новых фаз в системе покрытие-основа [3,8] и определяет физико-механические и эксплуатационные свойства поверхностного слоя (рис. 1).

При нанесении покрытия с использованием ЭМН источником теплового воздействия является энергия электрического разряда. Поскольку электрическое сопротивление цепочки переменено по длине, то плотность проходящего по ней тока не одинакова, что обуславливает различный градиент температур в зонах контакта частиц ферропорошка между собой и с поверхностью заготовки [2,4].

В общем случае тепловая мощность q_z , расходуемая на нагрев и плавление цепочки-микроэлектрода, определяется мощностью q_δ , выделяющейся по ее длине от проходящего тока, и эффективной мощностью $q_{эд}$ электрической дуги [6]

$$q_z = q_\delta + q_{эд} = I^2 R_{эц} + \eta_y IU,$$

где I - сила тока; $R_{эц}$ - сопротивление цепочки-микроэлектрода; η_y - эффективный КПД нагрева дугой; U - напряжение дуги.

При низкой интенсивности передачи энергии электромагнитного поля и постоянном внешнем давлении, когда потери энергии в окружающую среду минимальны, составляющая тепловой мощности q_δ может вызвать изотермическое расплавление цепочки-микроэлектрода. Однако в реальном процессе энергия подводится так быстро, что выделяющаяся теплота не успевает отводиться и контактирующий участок заготовки оплавляється.

Теплофизика взаимодействия покрытия с основой при наплавке. Основные недостатки упрочненных и восстановленных деталей - низкая адгезия покрытий и возникновение значительных растягивающих остаточных напряжений, отрицательно влияющих на прочность сцепления покрытия с основой [4]. При ЭМН основной вклад при образовании остаточных напряжений вносят термические напряжения, величина которых зависит от температурных полей в системе покрытие-

основа. Для анализа температурных полей рассмотрим тепловое взаимодействие частицы покрытия с основой ее кристаллизацию и дальнейшее охлаждение до температуры основы.

Существенную роль в тепловых процессах ЭМН играет дуговой электрический разряд, сопровождающийся процессами плавления и кристаллизации наплавляемых частиц ферропорошка [3,4]. Поэтому важен расчет термического цикла процесса кристаллизации частицы порошка и температурных полей взаимодействующих материалов, определяющих прочность сцепления частицы с основой, сплошность нанесенного покрытия и термические напряжения, возникающие в системе покрытие-основа.

Важной задачей расчета является определение времени существования контакта частица-основа при температурах, достаточных для активации, так как это обеспечивает образование прочных связей жидкой капли с основой.

Взаимная независимость поведения частиц на основе существенно облегчает анализ механизмов образования покрытия, основанных на теплофизических и физико-химических явлениях при затвердевании жидкой капли. В отличие от компактного материала, имеющего межзеренные и межфазные границы, в наплавленном покрытии имеется еще два типа границ, оказывающих существенное влияние на свойства покрытия: границы между частицами и границы, разделяющие покрытие с основой.

Взаимодействие между покрытием и основой при ЭМН можно разделить на последовательные стадии:

- образование контакта - физическое сближение частиц ферропорошка и основы на расстояние, достаточное для химического взаимодействия;
- активация и химическое взаимодействие атомов, приводящее к установлению прочной химической связи между ними;
- релаксационные процессы - рекристаллизация, гетеродиффузия, образование новых фаз.

Первые две стадии протекают на поверхности, а последняя - в объеме материала.

При определенных условиях процесс образования прочной химической связи между жидкими каплями и основой можно представить как топохимическую мономолекулярную реакцию и описать с помощью кинетического уравнения Аррениуса [9]

$$t_a = -\frac{1}{\delta} \ln \left(1 - \frac{N}{N_0} \right) \exp \left(\frac{E_0}{kT} \right),$$

где t_a - время, необходимое для того, чтобы прореагировало N атомов на поверхности основы, δ - частота собственных колебаний атомов, N_0 - общее число атомов на поверхности основы, E_0 - энергия активации, которой должны обладать атомы поверхности основы, T - температура, при которой происходит процесс; k - постоянная Больцмана.

Из уравнения Аррениуса можно вычислить величину относительной прочности соединения

$$\frac{N}{N_0} = 1 - \exp \left[-\frac{\delta t_a}{\exp(E_0 / kT)} \right].$$

Одним из главных параметров, характеризующих кинетику протекания химической реакции, является температура, установившаяся в контакте «жидкая капля - твердая основа». Скорость реакции зависит от условий активации атомов основы, так как все атомы расплавленной частицы активированы.

Кинетическое уравнение скорости реакции в дифференциальной форме можно представить выражением [10]

В случае наплавки ферропорошка на основе железа и легирующих элементов конфигурационная энтропия мала, поэтому энтропийный член можно принять равным единице.

Тогда имеем

$$\frac{dX}{dt} = (N_0 - X) \delta \exp \left(\frac{E_0}{kT_k} \right).$$

где X - число атомов, прореагировавших за время t ; T_k - температура контакта.

После интегрирования (при $T_k = \text{const}$) в пределах: при $t = 0$, $X = 0$ и при $t = t_a$, $X = N$ - получим длительность процесса активации реакции, в течение которой прореагирует N атомов,

$$t_a = \frac{1}{\delta} \ln \left(\frac{N_0}{N_0 - N} \right) \exp \left(\frac{E_0}{kT_k} \right) = -\frac{1}{\delta} \ln \left(1 - \frac{N}{N_0} \right) \exp \left(\frac{E_0}{kT_k} \right).$$

Рассматривая взаимодействие материалов, при нанесении покрытия и принимая во внимание взаимную независимость поведения капель расплава на основе, решение задачи можно свести к теплофизическим и физико-химическим явлениям при затвердевании капли [10]. Полученная зависимость t_a характеризует время протекания реакции, необходимое для соединения частиц с основой на данную величину прочности сцепления.

Таким образом, можно утверждать, что для ЭМН кинетика образования связей частиц с основой описывается топохимическими реакциями первого порядка. Определяющими факторами в процессе формирования химических связей являются температура и длительность взаимодействия, а также свойства материалов ферропорошка и основы.

Термический цикл контакта частицы наплавляемого материала с основой. Процесс формирования покрытия при ЭМН объединяет явления различной физической природы. К числу важнейших следует отнести структурные и фазовые превращения, условия протекания которых определяют физико-механические свойства покрытий. Формирование покрытия прежде всего связано с процессами кристаллизации и охлаждения капель расплава ферропорошка при их взаимодействии с основой.

Решение задачи кристаллизации жидкой капли при ЭМН точными аналитическими методами не предоставляется возможным. Это обусловлено нелинейностью граничных условий, конечными размерами тел, изменением теплофизических свойств покрытия и основы. Поэтому для изучения теплообмена в контакте основы с жидкой каплей расплава порошка воспользуемся методом А.И. Вейника [11,12].

Рассмотрим задачу кристаллизации и охлаждения жидкой капли расплава порошка на основе. Математическая модель процесса кристаллизации и охлаждения жидкой частицы описывается системой уравнений, характеризующих температурное поле в покрытии и основе, начальными условиями (распределение температуры по сечению тел в начальный момент времени), граничными условиями (тепловое взаимодействие системы тел основа–покрытие–окружающая среда), геометрическими параметрами (размеры, конфигурация) и теплофизическими свойствами взаимодействующих тел.

Предположим, что в момент времени $t_0=0$ жидкий расплав, имеющий температуру кристаллизации T_m соприкасается с массивной основой, имеющей начальную температуру T_0 (рис. 2). Поля температур в затвердевшем объеме покрытия и основы можно представить в виде следующих функций [12].

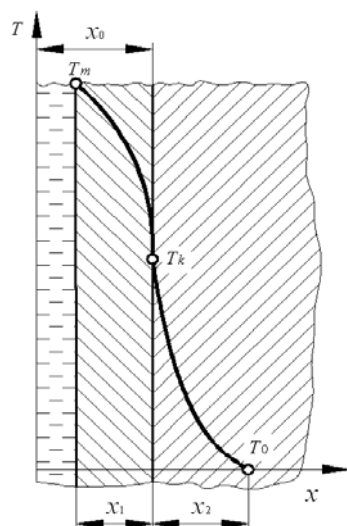


Рис. 2. Схема распределения температуры в сечении покрытия и основы

$$T_1 = -(T_m - T_k) \left(\frac{x}{x_1} \right)^{n_1} + T_m;$$

$$T_2 = (T_k - T_0) \left(\frac{x}{x_2} \right)^{n_2} + T_0,$$

где x_1 - толщина закристаллизовавшейся капли к моменту времени t ; x_2 - глубина прогретого слоя основы в тот же момент времени; T_k - температура в точке контакта; T_m - температура кристаллизации жидкого расплава; n_1 и n_2 - параметры кривых.

Из уравнения теплового баланса системы «формируемое покрытие—основа» для единицы длины получаем:

$$\frac{1}{n_1 + 1} \rho_1 C_1 (T_m - T_k) + L \rho_1 x_1 = \frac{1}{n_2 + 1} \rho_2 C_2 x_2 (T_m - T_0).$$

где ρ_1 и C_1 - соответственно плотность и теплоемкость материала частицы; ρ_2 и C_2 - плотность и теплоемкость материала основы; L - скрытая теплота кристаллизации.

В дифференциальной форме уравнение теплового баланса для покрытия:

$$\lambda_1 n_1 \frac{T_m - T_k}{x_1} dt = \frac{1}{n_1 + 1} \rho_1 C_1 (T_m - T_k) dx_1 + L \rho_1 dx_1.$$

где λ_1 - коэффициент теплопроводности материала частицы.

Интегрируя получим полное время кристаллизации слоя расплава толщиной x_0

$$t^* = \left[\frac{1}{n_1(n_1 + 1)} + \frac{L}{n_1 C_1 (T_m - T_k)} \right] \frac{x_0^2}{2a_1} + C^*,$$

где $a_1 = \frac{\lambda_1}{\rho_1 C_1}$ - коэффициент температуропроводности материала порошка;

C^* - постоянная интегрирования, определяемая из начального условия.

Рассмотрим охлаждение покрытия, связанное с величиной теплоотдачи в глубь основы и окружающую среду.

Процесс охлаждения описывается системой:

$$\left. \begin{aligned} x_1 \rho_1 C_1 \frac{dT_1}{dt} + \frac{\lambda_2 n_2}{x_2} (T_1 - T_2) &= 0 \\ \left(x_1 \rho_1 C_1 + \frac{x_2 \rho_2 C_2}{n_2 + 1} \right) \frac{dT_1}{dt} + \left(\frac{n_2}{n_2 + 1} x_2 \rho_2 C_2 \right) \frac{dT_2}{dt} + \alpha_1 T_1 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

где λ_2 - коэффициент теплопроводности материала основы; α_1 - коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности покрытия.

Решение системы дифференциальных уравнений имеет вид

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{A_1 P_1 + B_1}{A(P_1 - P_2)} e^{P_1(t-t^*)} + \frac{A_1 P_2 + B_1}{A(P_2 - P_1)} e^{P_2(t-t^*)}; \\ T_2 &= \frac{A_2 P_1 + B_2}{A(P_1 - P_2)} e^{P_1(t-t^*)} + \frac{A_2 P_2 + B_2}{A(P_2 - P_1)} e^{P_2(t-t^*)}, \end{aligned}$$

где P_1 и P_2 - корни характеристического уравнения

$$AP^2 + BP + C = 0$$

$$A = x_1 \rho_1 C_1 \frac{n_2}{n_2 + 1} x_2 \rho_2 C_2; \quad B = x_1 \rho_1 C_1 \alpha_1 + \frac{\lambda_2 n_2}{x_2} (x_1 \rho_1 C_1 \alpha_1 + x_2 \rho_2 C_2); \quad C = \frac{\lambda_2 n_2}{x_2} \alpha_1;$$

$$B_1 = \left[x_1 \rho_1 C_1 \left(\alpha_1 + \frac{\lambda_2 n_2}{x_2} \right) + \frac{n_2}{n_2 + 1} b_2 \right] T_{10} + \frac{\lambda_2 n_2}{x_2} \frac{n_2}{n_2 + 1} x_2 \rho_2 C_2 T_{20};$$

$$B_2 = \left[x_1 \rho_1 C_1 \frac{\lambda_2 n_2}{x_2} + \frac{n_2}{n_2 + 1} b_2 \right] T_{10} + \frac{n_2^2}{n_2 + 1} b_2 T_{20},$$

где T_{10} , T_{20} - соответственно избыточные температуры покрытия и основы в момент времени $t=t^*$; $b_2 = \rho_2 C_2 \lambda_2$.

На основании полученных выражений рассчитан термический цикл контакта капле расплава частиц ферропорошка с основой. Результаты расчетов представлены на рис. 3...6.

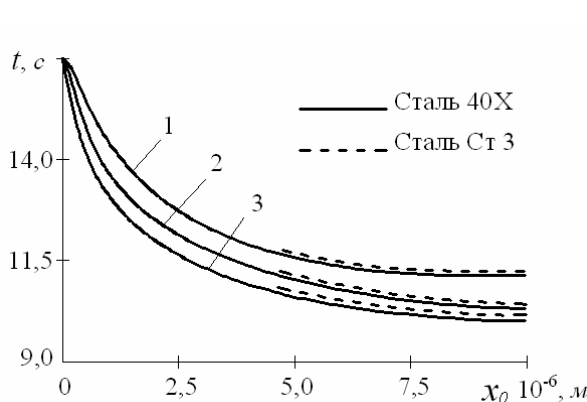


Рис. 3. Продолжительность кристаллизации капле расплава частиц ферропорошка по толщине покрытия: 1-Сталь 45-1%B; 2-Fe-9%B; 3-P6M5K5 на основе Сталь 40X и Ст3

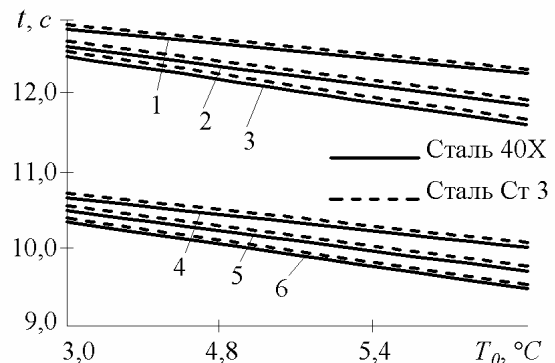


Рис. 4. Зависимость времени кристаллизации капле расплава частиц ферропорошков от начальной температуры основы для различных толщин 1,2,3 - $1 \cdot 10^{-6}$ м 4,5,6 - $1 \cdot 10^{-5}$ м покрытия Сталь45-1%B (1,4), Fe-9%B (2,5), P6M5K5 (3,6)

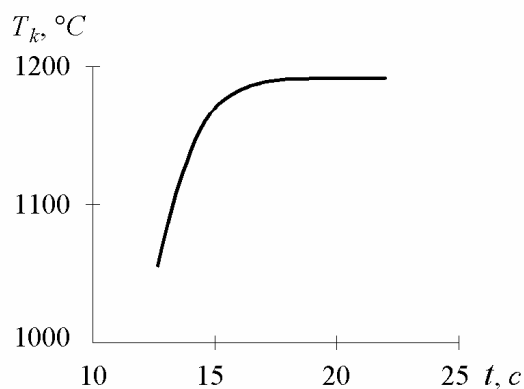


Рис. 5. Зависимость температуры в точке контакта капли расплава с основой от времени

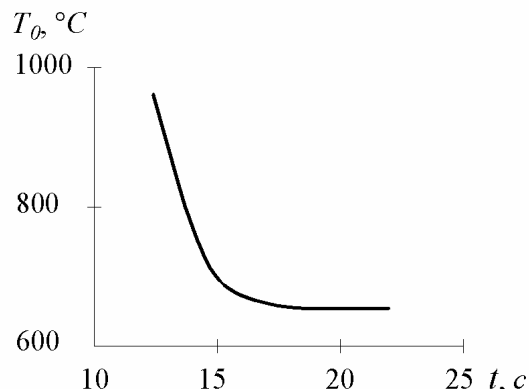


Рис. 6. Зависимость температуры нагрева основного металла при взаимодействии с каплей расплава от времени

Закключение. Анализ результатов исследований показывает, что продолжительность кристаллизации капле расплава порошка находится в степенной зависимости от величины начальной температуры основы и при кристаллизации расплава различной толщины характер этой зависимости не меняется. Показано, что на изменение времени кристаллизации капле аналогичное влияние оказывает начальная температура расплава. Результаты исследований позволяют количественно оценить влияние основных теплофизических параметров материалов покрытия и основы на продолжительность термического цикла их взаимодействия. Таким образом, управляя параметрами интенсивности теплового потока в направлении плоскости контакта капли расплава с основой, можно получать необходимое время кристаллизации, а в результате формировать покрытия с заданными эксплуатационными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожуро Л.М. Чемисов Б.П. Обработка деталей машин в магнитном поле. – Мн.: Наука и техника, 1995. – 232 с.
2. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицин, Л.М. Кожуро, А.П. Ракомсин и др. – Минск: ФТИ НАНБ, 1997. – 416с.
3. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
4. Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Филонов И.П. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин. – Минск: УП «Технопринт», 2000. – 268 с.
5. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки. – М: Машиностроение, 2005. – 272с.
6. Физические процессы при электроэрозионной обработке металлов. // Труды ЭНИМС / Под ред. А.П. Владзиевского. – Москва: ЭНИМС, 1967.
7. Коул Р. Подводные взрывы. – М.: ИЛ, 1950. – 495с.
8. Дорожкин Н.Н., Абрамович Т.М., Ярошевич В.К. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий. – Мн.: Наука и техника, 1985. – 277с.
9. Хейфец М.Л. Математическое моделирование технологических процессов. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 104с.
10. Кудинов В.В. Плазменные покрытия. – М.: Наука, 1977. – 184 с.
11. Вейник А.И. Приближенный расчет процессов теплопроводности. – М.-Л: Госэнергоиздат, 1959. – 184с.
12. Вейник А.И. Термодинамика. – Минск: Высшая школа, 1968.

A COMBINED BIOMECHANICAL-RADIOLOGICAL ANALYSIS OF A PATIENT NEEDING A HIP IMPLANT REVISION

M.Toth-Tascau¹, M.Dreucean¹, H.Vermesan², D.I.Stoia¹, D. Malita², D.Vermesan², R. Prejbeanu², L. Rusu¹, O. Ghiba¹

¹Politehnica University, Timisoara, Romania, ²Medicine and Pharmacy University, Timisoara, Romania
mirela@cmpicsu.upt.ro, dreucean@mec.upt.ro, ionut@cmpicsu.upt.ro, malitadani@yahoo.com,
vermesan@gmail.com, prejbeanu@gmail.com, luck@cmpicsu.upt.ro

ABSTRACT

The paper presents a systematic study of a patient needing a hip implant revision. The research was developed in the framework of the project COST ACTION 537 Core Laboratories for the Improvement of Medical devices in Clinical Practice from the Failure of the Explanted Prostheses Analysis (FEPA). The studied case consists in a combined biomechanical and radiological analysis of the patient. The biomechanical investigations were performed in Motion Analysis Laboratory at Politehnica University of Timisoara using the Zebris measuring system. The patient was subjected to a motion analysis and a plantar pressure distribution measurement in order to evaluate the influence of the patient disability on the kinematical parameters and reaction force distribution. The clinical investigations were performed in No 1 Orthopedics and Traumatology Clinic, Timisoara. The patient was subjected to many medical investigations, including radiographic examination. The result of the patient evaluation is the necessity of the hip implant explantation.

1. INTRODUCTION

The paper objective consists in a systematic study of a patient needing a hip implant revision. The patient was subjected to many investigations, both in Orthopedics and Traumatology Clinic Timisoara and Motion Analysis Laboratory at Politehnica University of Timisoara.

The Patient ID is: Male, Romanian, 47 years old, previously submitted to hip implantation surgery three times (1990 for a hip fracture, 1996 for a fracture on the femur diaphysis and 2002 for revision arthroplasty). The patient has an interesting history from medical point of view. The patient is known from 1990 with a hip fracture; he had several revisions (1996 for a periprosthetic fracture and 2002 for a revision for a loosening of prosthesis). In September 2007 and March-April 2008, he came to the Clinic for an infection on his right thigh affecting the femoral part of the prosthesis. At the investigations moment the patient has a total cemented hip prosthesis with a septic loosening.

The standard clinical approach, relying on a comprehensive history and examination (including an observational gait analysis) to generate diagnostic hypotheses, should be followed. An instrumented gait analysis can then be used to confirm or refute these hypotheses [1], [4].

2. KINEMATICAL GAIT ANALYSIS USING ZEBRIS CMS-HS MEASURING SYSTEM

The patient motion analysis was performed in Motion Analysis Laboratory at Politehnica University of Timisoara using the Zebris measuring system. This motion analysis system allows an objective kinematical analysis of the human gait by means of analyzing the tracks of body surface markers [1], [2].

Two sets of triple ultrasound markers were attached to each patient lower limb: the first marker triplet was attached on the thigh and the second one on the upper part of the foot (close to ankle joint). Signals from the left and the right side of the body are measured simultaneously. The markers positioning and geometrical model of the investigated patient are presented in figure 1.

The analyzed steps were selected from the large data recorded and used to calculate the velocity, cadence and double support time. The mean maximum values of both sides together with the standard

¹ Mirela Toth-Tascau, Politehnica University of Timisoara, Romania, tel. 0040-256-403637, e-mail: mirela@cmpicsu.upt.ro

deviations as well as the numbers of the step phases (stance / swing phase) are presented in bar charts. The investigated patient made normal steps with the left limb and small steps with the right one (figure 2).

One can say that this parameter is characteristic for the investigated person. Another important parameter is the balance between the gait phases. For a normal gait, the swing phase must be around 40% of the gait cycle and the stance phase 60%. This case underlines an abnormality of the gait, with around 22% of swing and 78% of stance for the right limb and around 28% of swing and 72% of stance for the left limb (figure 2). Also, it can be observed the differences between left and right limbs for some particular motions. The difference between the left and right limb in gait phases is significant.

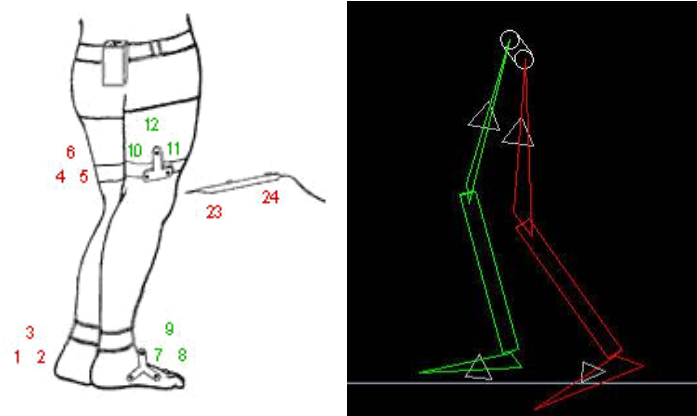


Fig.1. Markers positioning and geometrical model of the investigated patient

The presentation of the angle curves for the left side of the body (red curves) and the right side (green curves) are displayed on the monitor using different projections or planes. Thus an exact evaluation is possible for each projection using the measurement curves.

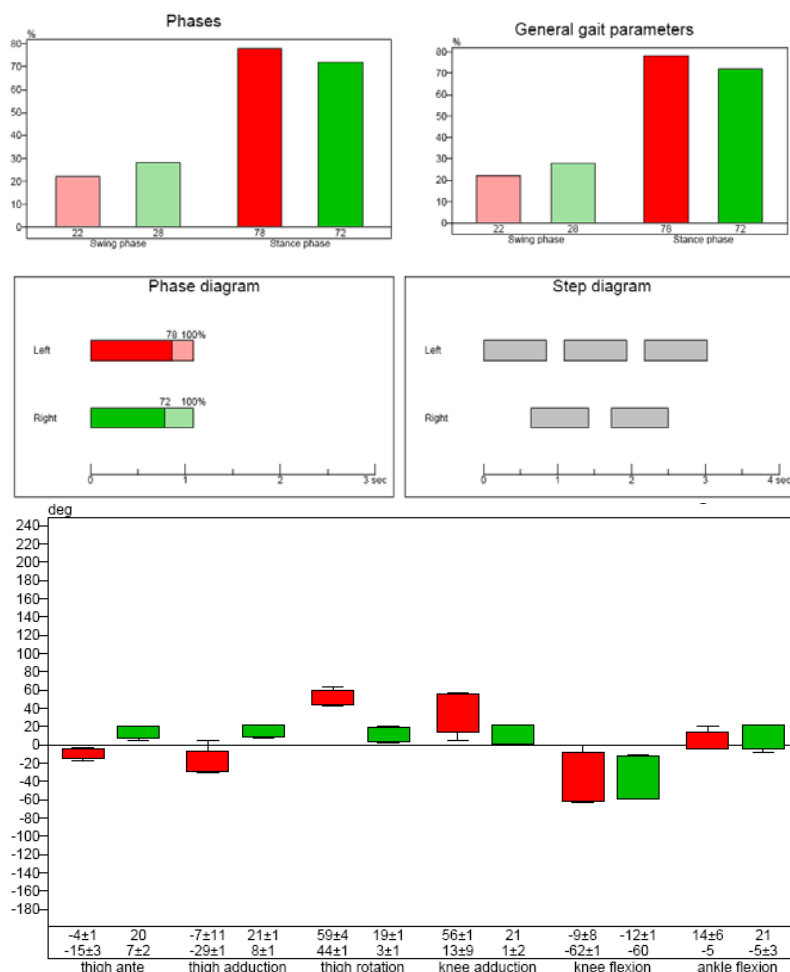


Fig.2. Step diagram during gait cycles

In figure 3 are presented the variations of joint angles recorded during the gait cycle. The diagram shows the angular variation for each individual joint in all the possible movements: flexion-extension, abduction-adduction and rotations. Important differences can be observed for the following motions: range of pelvis rotation is grater for the right limb; thigh adduction has positive values for right limb and negatives for left limb, range of thigh rotation is significantly smaller for the right limb than for the left one (less than 50%), range of knee adduction is significantly smaller for the right limb than for the left one (maximum value for the right limb is approximately equal to the minimum value for the left limb).

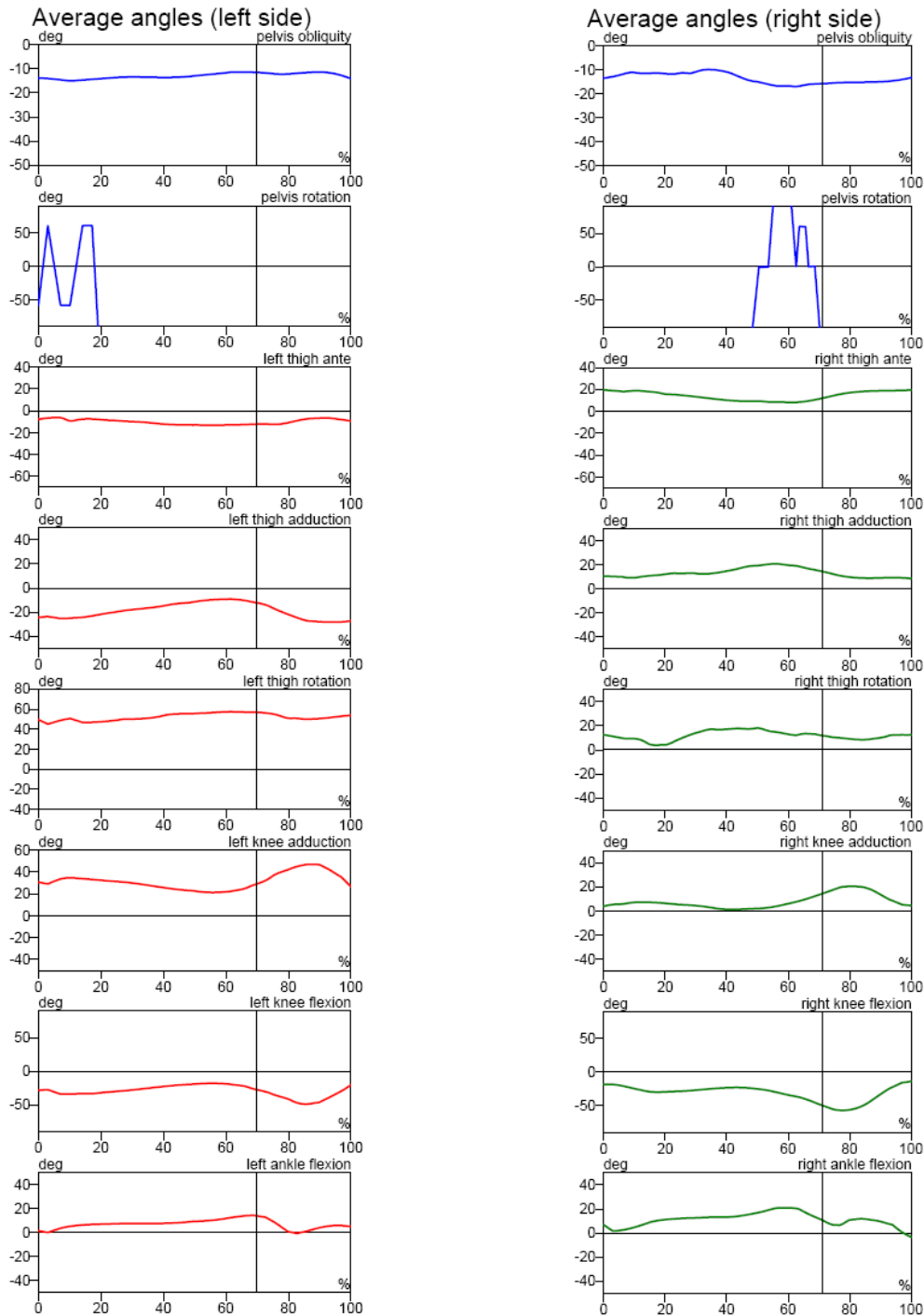


Fig.3. Angular variation in lower limb joints during a gait cycle

3. FORCE DISTRIBUTION MEASUREMENT USING ZEBRIS FDM SYSTEM

The Zebris FDM measuring system functions using high-quality capacitive force sensors that are arranged in matrix form. The measuring plate enables both the static and dynamic plantar force distribution to be analyzed during the patient standing and walking [1], [3].

The measuring plate is integrated in a level walking area and can also be used with walking aids. The measuring cycle can be repeated up to four times. The measuring parameters are automatically calculated in the software program (WinFDM Software) [3].

Pain during gait usually manifests itself through compensatory strategies that the patient adopts in his effort to reduce the intensity and duration of the pain. The investigated patient is encouraged to utilize mobility opportunities as can or crutch. In the presented study the investigated patient was subjected to plantar pressure distribution measurement without crutch.

The specific parameter of the system is the plantar pressure distribution. The pressure distribution looks like a colored footprint (tracking). The values of the pressures are provided in N/cm^2 units and can be identified in comparison with a reference color bare (figure 4). It can be observed that the forces have greater values for the left limb because the movement is mostly supported by this limb.

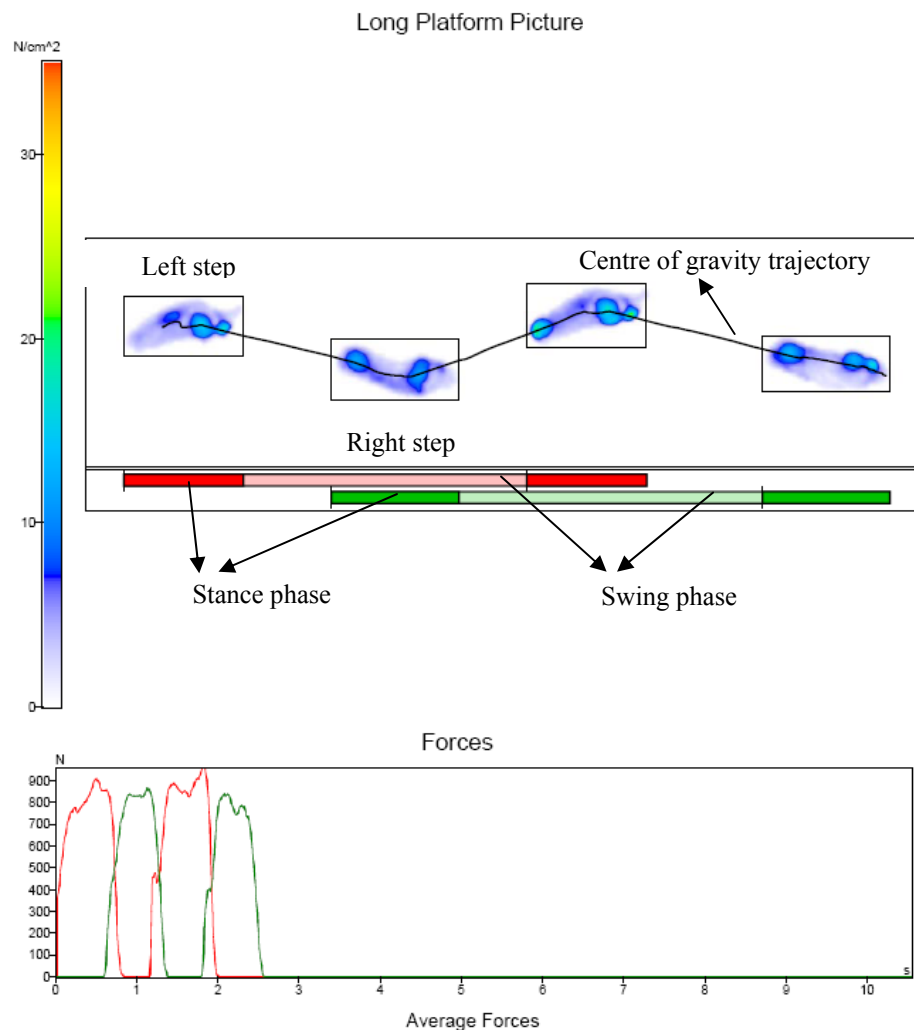


Fig.4. Long platform picture

The main gait parameters are presented in the Evaluation Report automatically generated by the software. These include, for instance, the stride length and stride time, the standing stance, swing and double-limb support phase (or single support), and also the cadence. The variability of the gait velocity is calculated as a measure for postural instability.

The motion parameters are presented in figure 5. The step time is longer for the right limb. Also, it can be observed the differences between swing/stance periods: the swing time is greater for the right limb, but the stance time is smaller. The single support phase represents 26.5% for the right limb, while for the left limb is 30.77% from stride length. Other measured parameters are gait line length (236 ± 31 mm for left limb and 285 ± 3 mm for right limb) and single support line (108 ± 0 mm for left limb and 161 ± 37 mm for right limb).




















	left	right		
Step time, sec	0.56	0.61		
Swing time, %	28.21	32.48		
Stance time, %	71.79	67.52		
Load response, %	19.66	21.37		
Pre-swing, %	21.37	19.66		
Single support, %	30.77	26.50		
Step length, cm	49	56		
Normalized	-	-		
Stride length, cm	101			
Normalized	-			
Stride time, sec	1.17			
Cadence, st/min	53			
Velocity, cm/sec	89			
Normalized, 1/sec	-			
Variability of velocity, %	0.79			

Fig.5. Motion parameters

4. RADIOGRAPHIC EVALUATION

The radiographic examination purpose consists in analysis of the bone/implant interface and evaluation of the inflammation effect.

The radiographic examination has been made both in No 1 Orthopedics and Traumatology Clinic, Timisoara (conventional radiography) and Medical Imaging Laboratory of the CMPICSU research Centre at Politehnica University of Timisoara (computer tomography).

The radiographic examination relieves a numerous areas of periprosthetic nonfocal lucency at the acetabular component and focal lucency on the femoral part of the prosthesis (figure 6).



Fig.6. Radiographic examination

The imaging examination has been made in Medical Imaging Laboratory of the CMPICSU research Centre at Politehnica University of Timisoara. The amount of images involved in the study, were acquired using a CT scanner (Siemens SOMATOM Plus 4 Power system). The complete scanning of the pelvis region of the patient involved a number of 96 images and 1 topogram. The scan method used was sequential, with a resolution of 1 mm.

All CT scans were specifically analyzed for both bone periprosthetic and soft-tissue findings. Bone periprosthetic findings obtained by CT technique were the same as those obtained with conventional radiography. The soft-tissue abnormalities were fluid collection in muscles and perimuscular fat.

Due to the implant material, disturbing elements (artifacts) leads to a low quality of the images. Thus, in order to process the images, these were imported into *Mimics* image-processing software [5]. The images obtained from *Mimics* image-processing software offer better information for the interest area (figure 7).

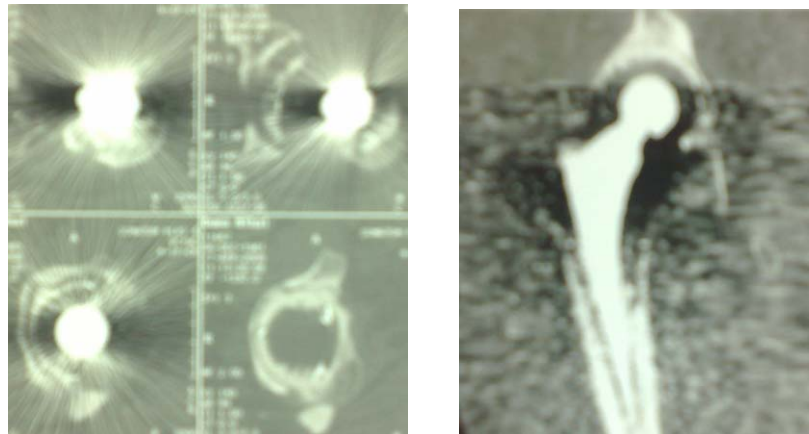


Fig.7. Representative slices obtained from *Mimics* image-processing software

5. CONCLUSIONS

In order to establish the patient diagnostic, several preoperative examinations must be performed. Clinical investigation based both on radiographic evaluation and gait analysis offer to the orthopedic surgeon additional information for the patient disease.

The human gait can be successfully evaluated using the presented methods. The two methods succeed to evaluate the gait from different points of view. First, the investigations using Zebris CMS-HS system leads to a kinematical approach by analyzing the angular variation of each joint. The second investigation method consisting of a force distribution measurement (Zebris FDM system) provides important data about the reaction forces acting at the plantar level.

The two method used for gait analysis and plantar distribution measurements are combined with a radiographic evaluation.

The results of the imaging study indicate that CT is accurate in the detection of painful infection at the site of hip prosthesis on the basis of soft-tissue findings rather than bone periprosthetic abnormalities viewed on CT scans or conventional radiographs.

Combining all these methods in a patient investigation, the diagnostic can be more easily established. The different approaches allow discovering of all the gait abnormalities, helping to a correct evaluation of the patient disease.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The research was performed in the framework of COST ACTION 537 Core Laboratories for the Improvement of Medical devices in Clinical Practice from the Failure of the Explanted Prostheses Analysis (FEPA).

7. REFERENCES

- [1] KIRTLLEY C.: Clinical Gait Analysis, theory and practice. *Churchill Livingstone Elsevier* 2006.
- [2] *Zebris CMS-HS: Operating Instructions.
- [3] *Zebris FDM: Operating Instructions.
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/>
- [5] Mimics 10.01 help files.

**MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOME POLY(METHYL METHACRYLATE)
BASED POLYMERS WITH BIODEGRADABLE POTENTIAL**G. Rusu¹, M. Toth-Tascau¹, G. Bandur¹, L. Rusu¹¹Politehnica University, Timisoara, Romania

gerlinde.rusu@chim.upt.ro, mirela@cmpicsu.upt.ro, geza.bandur@chim.upt.ro, luck@cmpicsu.upt.ro

ABSTRACT

The synthesis of biodegradable poly(methyl methacrylate) (PMMA) was carried out by cross linking an inulin ester with methyl methacrylate. The polysaccharide offers biodegradable properties, while the methyl methacrylate offers functionality for the final product. The inulin ester was obtained using acryloyl and palmytoyl chlorides. Five different cross linked samples were obtained using different mass ratio between the inulin ester and methyl methacrylate. Studies of some mechanical characteristics were performed on the final products: tensile stress, hardness and density determination in order to evaluate the optimal content of the inulin ester that maintains acceptable mechanical characteristics of the products. The presence of the modified polysaccharide would determine the biodegradable characteristics of the final materials.

1. INTRODUCTION

Currently, 270 million tons of petroleum and gas are globally used every year for the plastics manufacturing, which end as plastic wastes. The treatment of these plastics waste has become a serious problem because of the difficulty of ensuring reclaimed land and burning by incineration. The industry is now facing ecological and legislative issues for handling plastic raw materials and finished products [1]. Their total non-biodegradability as well as an increased environmental consciousness of the consumers and government bodies has paved the way to look for alternative approaches. Naturally occurring polysaccharides are one of the most abundant and diverse families of biopolymers and are widely used in various fields [2].

Inulin is a polydisperse polysaccharide mainly consisting, if not exclusively, of β (2-1) fructosyl fructose units with normally, but not necessarily, one glucopyranose unit at the reducing end [3]. The polymerization degree (DP) of inulin varies from 2 to 70 and mainly depends on the type of plant from which is isolated, on the weather conditions during the growth, and on the physiological age of the plant. The most important sources of inulin are *Cichorium intybus* (chicory), *Dahlia pinuata* Cav. (dahlia), and *Helianthus intybus* (Jerusalem artichoke) which have an average DP of 10-14, 20 and 6, respectively [3].

Inulin is an important raw material and its chemically modified compounds are known to be used as surfactants, emulsifying compounds, additives in the textile and paper industry, softeners for thermoplastic polymers, carriers for water-insoluble substances or as stabilizing agents for aqueous solutions of poorly soluble molecules in the cosmetics and pharmaceuticals industries [3].

Most commercial biodegradable plastics are currently based on combinations of polymers of vegetable and/or fossil origin, using the synergy potential of both raw materials, renewable and fossil resources. For most biodegradable plastics applications, the partial use of fossil-based raw material is necessary in order to fulfill the requirements of quality and functionality of the final product [4].

The aim of this work is to obtain biodegradable PMMA based polymers that could be industrially used. In order to do this, we first synthesized the inulin esters using methods previously described in the literature [5, 6] followed by the crosslink of the ester with methyl methacrylate.

2. EXPERIMENTS**2.1. Materials**

There were used the following materials: Chicory inulin (Aldrich, average degree of polymerization 10), *N,N*-dimethylacetamide (DMAc) (Merck), *N,N*-dimethyl-4-aminopyridine (DMAP) (Merck),

¹ Gerlinde Rusu, Politehnica University of Timisoara, tel. 0040-256-403637, e-mail: gerlinde.rusu@chim.upt.ro

methacryloyl chloride (MCl), (Fluka), lauroyl chloride (LCI) (Merck), methanol (Aldrich), dichloromethane (Merck), benzoyl peroxide (POB) (Aldrich), methyl methacrylate (MMA) (Aldrich).

2.2. Synthesis of inulin esters

The inulin ester was obtained as previously described [6]: 2 g inulin was dissolved in 20 mL DMAc and 3 Eg DMAP were added to ensure a basic medium. MCl (1 Eg) was first added and the reaction mixture was stirred for 1 hour at room temperature. LCI (2 Eg) was then added for another hour, at room temperature. Methanol (60 mL) was added in order to neutralize the amount of acid chlorides, which has not reacted. The isolation of the inulin esters was carried out by separation with dichloromethane (20 mL) and water (80 mL), after the evaporation of the methanol. There were several separations for a better purity of the esters. The ester was dried first at room temperature and then under vacuum at 50°C.

The double bond was used to crosslink the inulin ester with methyl methacrylate (MMA). The long alkyl chain was employed as an intern plasticizer and to make the methacrylated inulin hydrophobic.

2.3. Crosslink of inulin ester with methyl methacrylate (MMA)

A quantity of 0.5 g inulin mixed ester was dissolved in MMA and then benzoyl peroxide was added (1%) as radical promoter. Table 1 presents the quantities used for the preparation of the cross linked samples. The crosslink process took place in sealed tubes at 60° C until the tube content was solid and than the temperature was increased with 10° /hour until 110°C.

Table 1 – The synthesized cross linked samples

Sample name	Inulin ester [g]	MMA [g]	Mass ratio Inulin ester : MMA
0	-	3	-
1	0.5	3	1:6
2	0.5	2.5	1:5
3	0.5	2	1:4
4	0.5	1.5	1:3
5	0.5	1	1:2

Five different samples were synthesized by increasing the monomer content. The influence of the inulin ester content on the final sample was studied using mechanical measurements (tensile stress, hardness, density determination). Figure 1 presents the synthesized samples. The increased content of the inulin ester determines a yellow increased coloration of the final material.

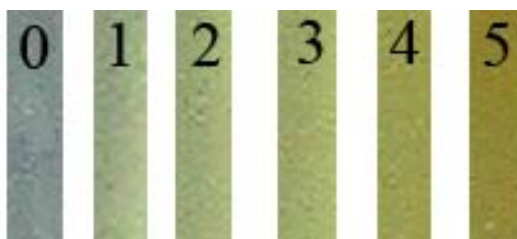


Figure 1 – The synthesized cross linked samples

2.4. Mechanical properties of the synthesized samples

The samples had cylindrical shape with diameter of 4.7 mm and the length of 35 mm.

The tensile tests were performed on a MECMESIN equipment MultiTest 5-i with a moving crosshead speed of 5 mm/min. The tensile stress was evaluated using equation (1),

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

where σ is the tensile stress (MPa), F the maximal load (N) and A the sample tested area (mm²).

The obtained values, presented in table 2, are an average of 5 measurements of each sample.

Table 2 – Tensile stress for the cross linked samples

Sample	Tensile stress [Mpa]
0	61,12
1	30,16
2	28,26
3	27,16
4	26,07
5	10,38

The density was determined with KERN PRJ 620-3M balance. Distillated water was used as immersion liquid. Further, the cross linked samples densities were determined in normal conditions and their values are presented in table 3. The obtained values are an average of 30 measurements of each sample.

Table 3 – Density for the cross linked samples

Sample	Density [g/cm ³]
0	1.178
1	1.167
2	1.157
3	1.154
4	1.122
5	1.114

Hardness was evaluated using an Höppler consistometer with a load of 12 kg using equation 2.

$$Fk = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot T^2} \quad (2)$$

where: Fk – hardness [kg/cm²], G – load [kg], T – penetration depth [cm].

The obtained values, presented in table 4, are an average of 5 measurements of each sample.

Table 4 – Hardness determination for the cross linked samples

Sample	Hardness [kg/cm ²]
0	42,40
1	33,00
2	29,50
3	27,17
4	18,80
5	9,80

3. RESULTS AND DISCUSSION

The presence of the inulin ester in the polymerization system of MMA in a mass ratio of 1:6 (inulin ester to MMA) induces a decrease of the tensile stress to the half value of PMMA (figure 2). Further increase of the inulin ester content do not significantly modifies the tensile stress value, excepting the sample 5. At a mass ratio of 1:2 (inulin ester to MMA) sample 5 has the lowest tensile stress comparing to the standard sample.

Thus, a high content of inulin ester decreases significantly the tensile stress in the studied material.

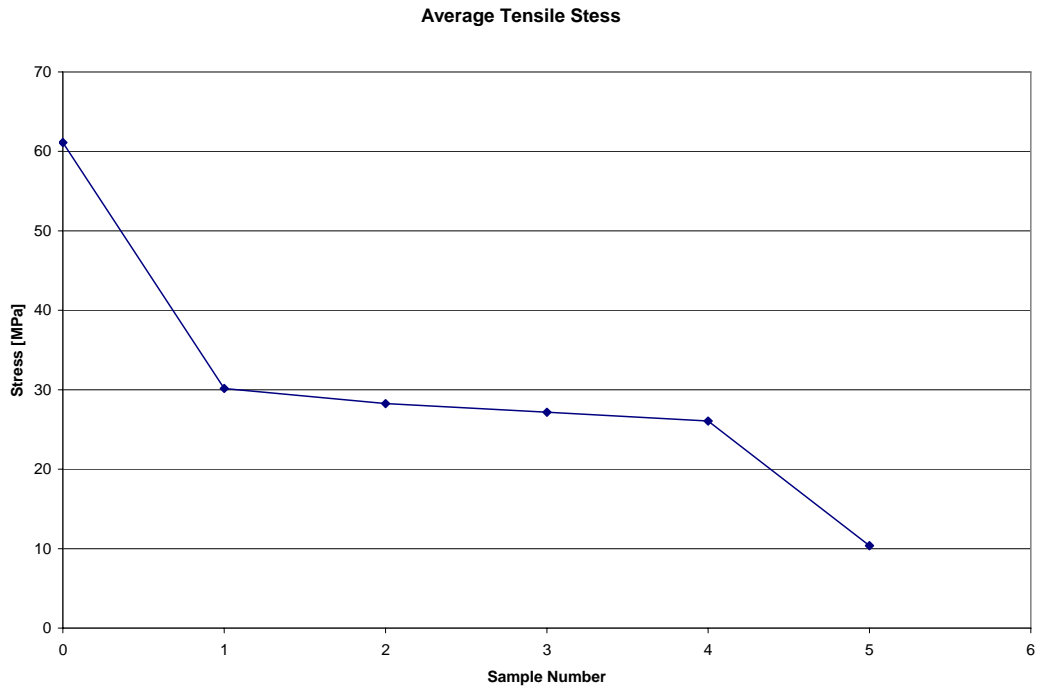


Figure 2 – Average tensile stress distribution

Also, a high content of inulin ester in the final product induces a low decrease of the density value, due to the increase ratio of the fatty acid chain content from the inulin ester. Using the density values, a Gauss distribution was determined for each sample as show in figure 3.

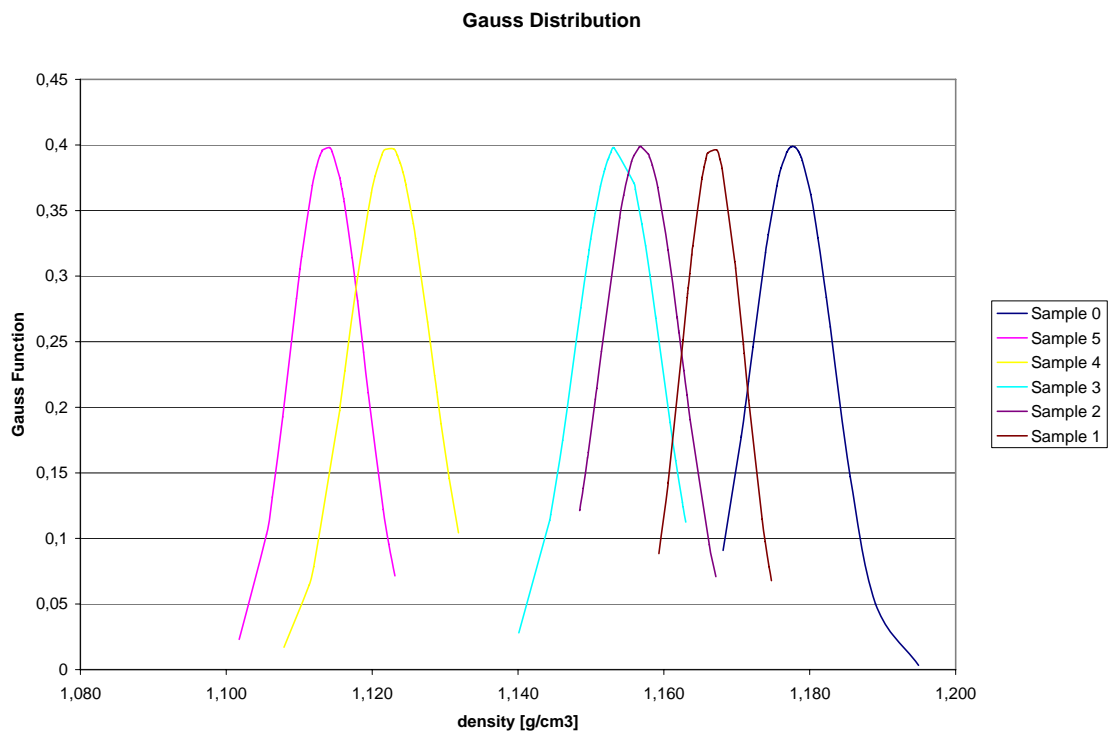


Figure 3 – Gauss distribution of the density values

The average density for each sample is presented in figure 4.

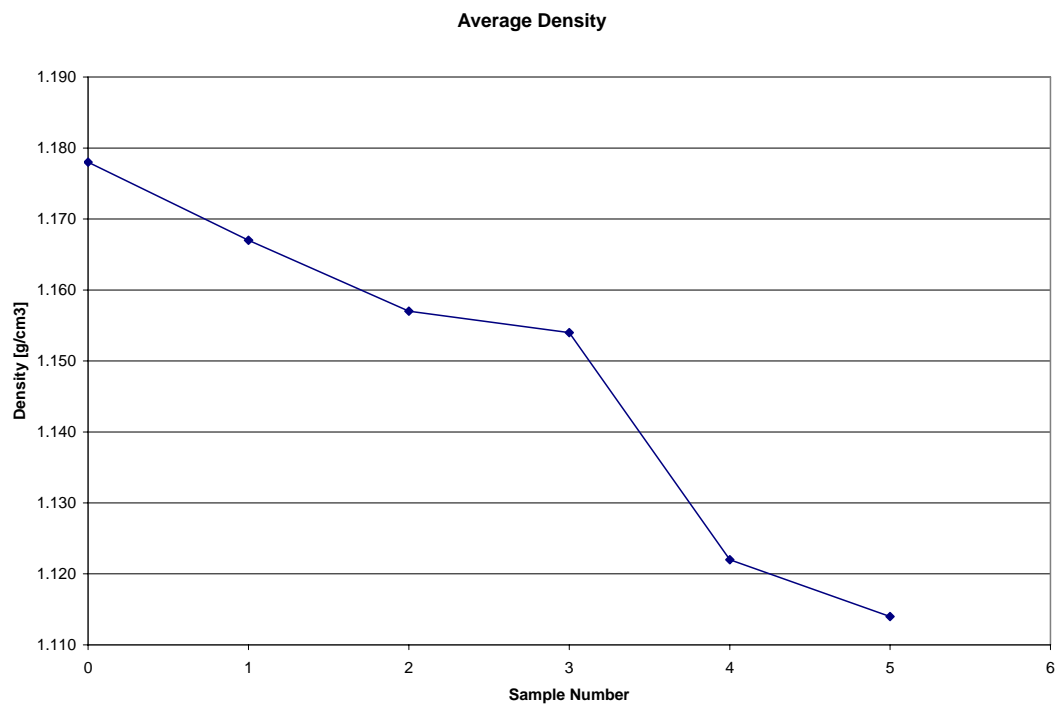


Figure 4 –Average density

It can be observed that an increased content of inulin ester do not modify significantly the density. Samples 1, 2 and 3 have comparable hardness to PMMA. The hardness value of sample 4 is half of the standard value and the sample 5 have an even lower value of the measured hardness (figure 5).

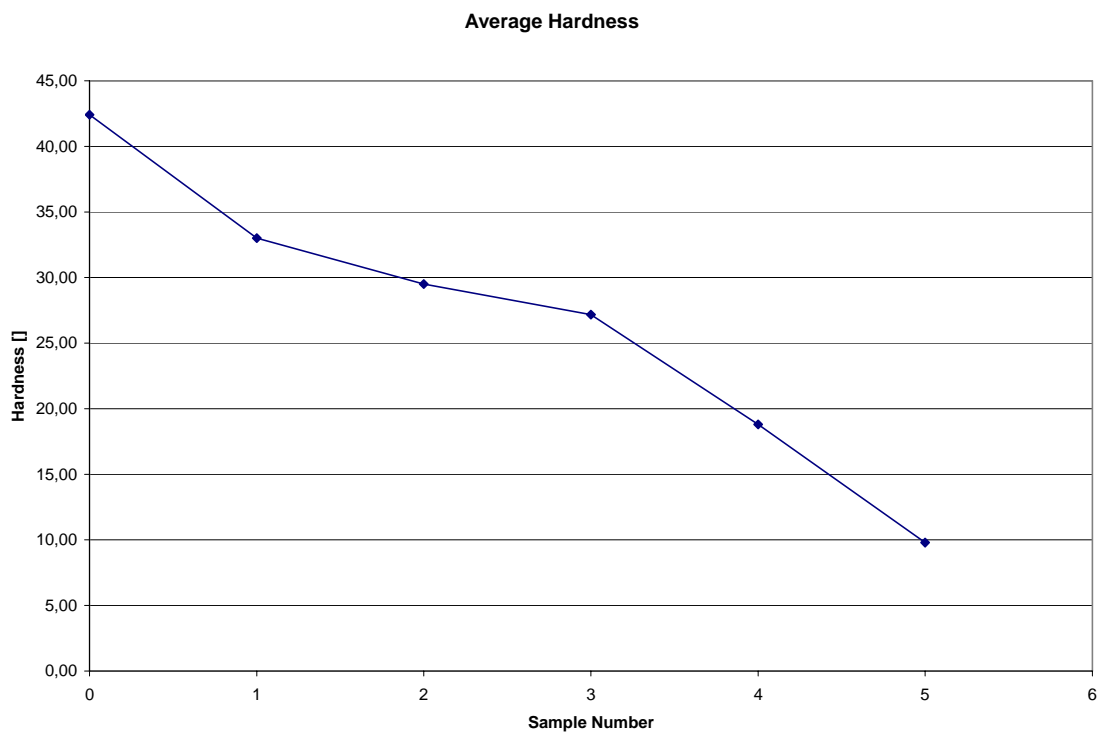


Figure 5 – Hardness average for the cross lined samples

4. CONCLUSIONS

PMMA is an important industrial polymer used in various fields for instance in the lenses of automobile running-lights. We have synthesized a new type of cross linked polymers using different amount of inulin esters and MMA. We have noticed that sample 5 have the lowest results to all the analyses that have been done. The results of sample 4 are also not satisfactory. It can be conclude that a high content of the inulin ester reduces the mechanical characteristics of the final product comparing to the standard (PMMA). From the mechanical point of view a mass ratio of 1:4 is the lowest value that can be reached in order to maintain the mechanical properties. In order to evaluate the biodegradable characteristics, the samples having appropriate mechanical characteristics will be subjected to special tests.

5. REFERENCES

- [1] Doi, Y., Takmaki, A., Kunioka, M.& Soga, K., *Applied Microbiology and Biotechnology*, 28, p.330-334, 1998.
- [2] Mody, A. S., *Popular Plastics and Packaging*, 12, p.89–91, 2000.
- [3] C. V. Stevens, A. Meriggi, K. Booten, *Biomacromolecules*, vol.2, no. 1, p.1, 2001.
- [4] R. Solaro, E. Chiellini, *Biodegradable Polymers and Plastics*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, SUA, p.69, 2003.
- [5] L. Vervoot, G. Van Den Mooter, P. Augustijns, R. Busson, S. Toppet, R. Kinget, *Pharmaceutical Research*, vol. 14, no. 12, p.1730, 1997.
- [6] G. Rusu, G. Bandur, L. Rusnac, I. Manovicu, V. Pode, *Materiale Plastice*, 44(2), 2007 p.112-117, 2007.

I. Todorović, R. Jovanović, M. Savić, Z. Kukobat, S. Kuzmanović¹

RAZVOJ FAMILIJE DVOSTUBNIH RASTAVLJAČA ABS MINEL EOP, TIPA RS(ZZ)

Rezime

Rastavljači su uređaji koji služe da vidljivo odvoje deo razvodnog postrojenja elektrodistributivnog sistema, koje nije pod električnim naponom od dela postrojenja koje je pod električnim naponom. Osnovni zadatak rastavljača je da poveća sigurnost osoblja koje treba da obavlja operativne aktivnosti na razvodnim elektropostrojenjima. U radu su prezentovani rezultati sopstvenog razvoja fabrike ABS Minel Elektrooprema i postrojenja u Ripnju, koja posluje u sastavu ABS Holdings-a. Razvijena je nova konstrukcija mašinskog sistema i izvršene eksperimentalne provere familije rastavljača visokog napona od 72,5 kV do 420 kV, 50 kA. Pored toga, učinjen je pokušaj da se pokaže mogućnost unapređenja klasičnih rešenja rastavljača koji su prisutni na tržištu skoro pola veka i da se ostvari viši nivo kvaliteta i funkcionalnih karakteristika u duhu današnjih zahteva svetskog tržišta.

Ključne reči: Rastavljači, konstrukcija, ispitivanja

1. UVOD

Preduzeće ABS MINEL ELEKTROOPREMA I POSTROJENJA a.d. RIPANJ nalazi se u sastavu ABS Holdingsa i vodeća je firma u proizvodnji rasklopnih aparata i srednje naponskih ćelija. Pedesetogodišnje iskustvo u izradi i eksploataciji aparata, kao i dobra saradnja sa korisnicima naše opreme i razmena iskustava i potreba, rezultirali su stalnim napredovanjem i poboljšanjem proizvoda.

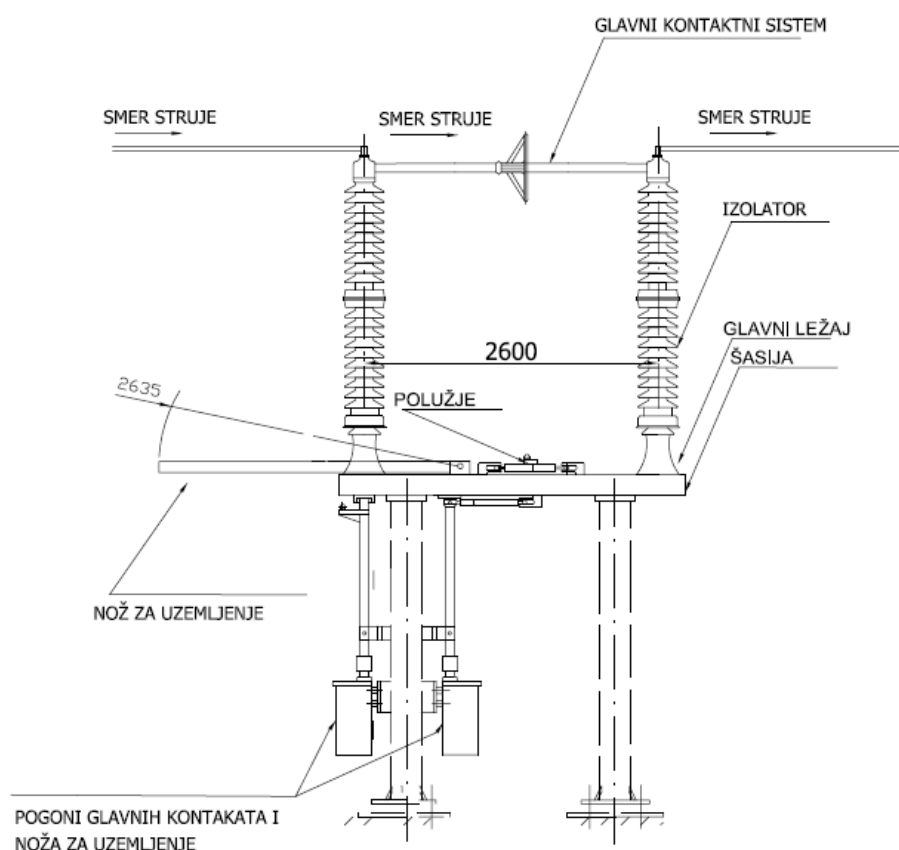
Vodeći proizvodi preduzeća ABS MINEL ELEKTROOPREMA I POSTROJENJA a.d. RIPANJ iz oblasti rasklopnih aparata su rastavljači, koji se prema ambijentu postrojenja dele na rastavljače za spoljašnju i rastavljače za unutrašnju montažu. Kao rasklopni aparat rastavljač se može funkcionalno podeliti na dve celine, a to su GLAVNI KONTAKTNI SISTEM koji se kreće u horizontalnoj ravni i NOŽEVI ZA UZEMLJENJE koji se kreću u vertikalnoj ravni. Sa stanovišta struje glavni kontakti sistem ima zadatak da trajno provodi naznačenu trajnu struju, da podnese kratkotrajnu podnosivu struju (termička struja kratkog spoja) kao i temenu podnosivu vrednost struje (dinamička struja kratkog spoja), a pri otvorenim kontaktima mora da obezbedi rastavni razmak (sigurnosno rastojanje pri otvorenim kontaktima ne može da bude premošteno, jer kontakti moraju biti dovoljno razmaknuti). Sa stanovišta struje nož za uzemljenje ima zadatak da podnese kratkotrajnu podnosivu struju (termička struja kratkog spoja) kao i temenu podnosivu vrednost struje (dinamička struja kratkog spoja).

¹ Ilija Todorović, dipl.inž.maš., Radovan Jovanović, dipl.inž.el., Miloš Savić, dipl.inž.el., Zoran Kukovat, dipl.inž.el., Slobodan Kuzmanović, maš.tehn., ABS Minel EOP Ripanj, 11234 Beograd - Ripanj, Put za koloniju 97, tel. +381 11 8650 222, e-mail: ilija.todorovic@minel-feop.co.yu.

DVOSTUBNI VISOKONAPONSKI RASTAVLJAČI TIP A RS(ZZ) se proizvode za naponske nivoe od 72.5 kV do 420 kV i naznačene struje od 1250 A do 3150 A. Ovi rastavljači su namenjeni za spoljašnju montažu (za otvorene prostore), što znači da su tokom eksploatacije izloženi različitim, najčešće agresivnim uticajima okoline. S tim u vezi, oni su konstruisani i proizvedeni za sledeće ambijentalne uslove:

- nadmorska visina do i uključujući 1000 m. Postoji mogućnost izrade rastavljača i za veće nadmorske visine;
- temperatura ambijenta od -60°C do $+50^{\circ}\text{C}$;
- debljina sloja leda do 20 mm;
- brzina vetra do 144 km/h, što odgovara pritisku vetra od 1000 Nm;
- za sve klase zagađenja.

Osnovni konstrukcioni delovi dvostubnog rastavljača (slika 1) su: kontakti sistem, izolatori, šasijski, polužje i pogon.



Kontakti sistem rastavljača izrađen je od aluminijuma dok su kontakti prsti izrađeni od traka od elektrolitičkog bakra sa posrebnim kontaktima. Kontakti pritisak se ostvaruje pomoću opruga (120 N po kontaktu). Potporni izolatori su izrađeni od punog jezgra i prema prelomnoj sili kod rastavljača se najčešće koriste C 6, C8 i C10 (prelomne sile 6 kN, 8 kN i 10 kN). Potporni izolatori izloženi su raznim negativnim uticajima kao što su naprezanje usled zatezanja sabirnica, vetar, aero-zagađenja, kratak spoj, vibracije, sile prilikom manipulacija rastavljača, tako da sa stanovišta pouzdanosti rastavljača oni moraju biti pravilno mehanički dimenzionisani.

Šasija rastavljača predstavlja osnovu pola. Fiksira se na horizontalnu noseću konstrukciju. Na šasiji se nalaze dva ležaja, izrađena od aluminijuma, koja podnose velika naprezanja. Osovina sa prirubnicom leži na sistemu kugličnih ležajeva. Izvođenje aparata može biti jednopolno i trolno, a raspored polova rastavljača zavisi od konfiguracije postrojenja. Simultano kretanje kontaktnih ruku jednog pola rastavljača omogućava vezna cev, dok simultano pokretanje sva tri pola obezbeđuju cevi za trolnu vezu. Rastavljač je konstruisan tako da u zatvorenom položaju polužje rastavljača ima mrtvu tačku, čime se onemogućuje neželjeno otvaranje a pored ovoga mrtva tačka u polužju omogućava rasterećenje pogona. Svaki rastavljač može biti snabdeven jednim ili dva zemljospojnika (noža za uzemljenje) po polu. Kao i glavni kontakti i noževi za uzemljenje moraju izdržati sva naprezanja tokom kratkog spoja. Nož za uzemljenje se može uključiti jedino kada su glavni kontakti potpuno otvoreni, a mehaničkom blokadom sprečeno je neželjeno uključanje noža za uzemljenje kada su glavni kontakti zatvoreni i obratno. Noževi za uzemljenje izrađeni su od aluminijuma, dok je sam kontakt od bakra. Glavni kontakti imaju sopstveni pogon, a noževi za uzemljenje sopstveni. Pogoni rastavljača, prema zahtevu kupca, mogu biti motorni i ručni. Motorni pogoni za razliku od ručnih imaju motor sa reduktorom i električne komponente za komandno kolo i kolo motora (kontaktori, bimetalno rele, tastere za komandovanje). Komandovanje pogonom može biti lokalno, daljinsko ili ručno.

Motor preko sistema zupčanika pokreće navojno vreteno. Navrtka se kreće po navojnom vretenu i time preko sistema kulisa pokreće izlaznu osovina pogona koja je povezana sa rastavljačem. Sistem kulisa stvara u oba krajnja položaja povećani obrtni moment na izlaznoj osovini pogona. Izlazna osovina pogona ima mogućnost okretanja od 0° do 90°. Minimalni izlazni moment motora je 1000 Nm, zahvaljujući čemu se rastavljač veoma lako uključuje i isključuje i pri otežanim vremenskim uslovima (led). Transmisioni odnos je dobro odabran jer je uključanje i isključanje rastavljača 8 s. Ugao navoja navojnog vretena je tako odabran da omogućava samokočenje, što omogućava pogonu da čvrsto drži rastavljač ili noževe za uzemljenje u bilo kom položaju. Ovim se sprečavaju neželjene manipulacije pod dejstvom spoljašnjih sila.

2. RASTAVLJAČ KAO DEO RASKLOPNOG POSTROJENJA

Rastavljači predstavljaju aparate od kojih potiče veliki broj informacija u elektro energetsom sistemu. Pa s tim u vezi povećanje pouzdanosti celog sistema traži povećanje pouzdanosti rastavljača. U sastav razvodnog postrojenja ulazi veći broj aparata koji se jednim imenom nazivaju RASKLOPNI APARATI. Zajednička osobina svih rasklopnih aparata je da oni služe za uspostavljanje, održavanje i prekidanje kontinuiranih i diskontinuiranih električnih strujnih krugova u elektroenergetskim sistemima. Svaki se rasklopni aparat može posmatrati bar sa tri aspekta:

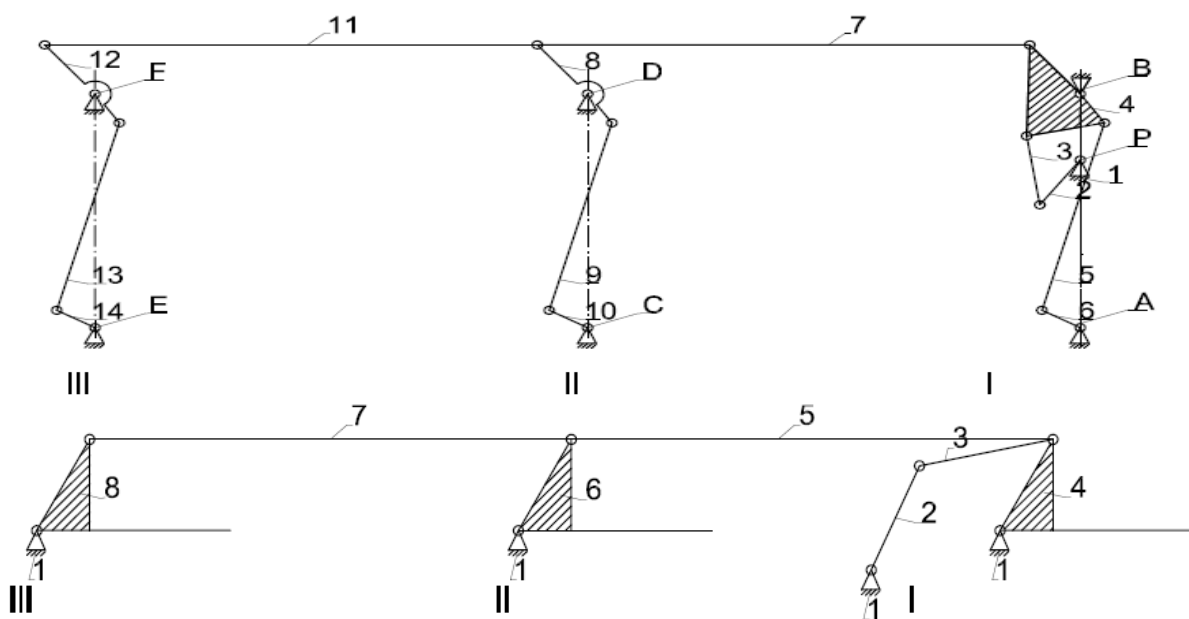
- sa elektrotehničkog aspekta, koji obuhvata funkciju rasklopnih aparata u celini i kao deo sklopova na aparatima, koji su pod neposrednim uticajem električnih parametara,
- sa mašinskog aspekta, koji proučava mehaniku sklopnih aparata, tj. sklopove aparata kao mehanizme, koji trebaju obavljati zadate funkcije,
- sa tehnološkog aspekta, često i odlučujućeg, potreba za iznalaženjem adekvatnih tehnoloških rešenja izrade i spajanja raznorodnih materijala koji u dugom eksploatacionom veku i različitim klimatskim uslovima treba da zadrže nepromenjene karakteristike.

S obzirom na karakter ovoga simpozijuma logično je da će akcenat biti na rastavljaču kao mehaničkom sistemu. Pouzdanost i trajnost rasklopnih aparata u eksploataciji uglavnom zavisi od pouzdanosti i trajnosti njihovih mehanizama. Statistički podaci koji su prikupljeni u svetu ukazuju na to da su od svih otkaza koji su u određenom razdoblju zabeleženi čak 80% mehaničke prirode. Uzroke ovakvog stanja treba tražiti u specifičnim zahtevima koje moraju zadovoljavati takvi mehanizmi, a koji nisu uobičajeni kod drugih mehanizama. Ovi mehanizmi moraju besprekorno funkcionisati tokom niza radnih ciklusa koji slede jedan za drugim, a zatim čekati na izvršenje neke operacije u procesu sklapanja. Ta pauza može potrajati od nekoliko trenutaka do nekoliko meseci pa i duže, što zavisi od električne mreže u kojoj je aparat ugrađen kao i od samog mesta u toj mreži. Aparat mora biti spreman da na neznatan impuls sistema zaštite ponovo izvrši jednu ili više operacija u najrazličitijim eksploatacionim uslovima, pri raznim udarcima, vibracijama, u zagađenoj i agresivnoj sredini.

3. RAZVOJ I KONSTRUKCIJA RASTAVLJAČA ZA 50 kA

Stalni porast potrošnje električne energije razvoj energetskih sistema kao i povezivanje sistema Srbije u elektroenergetski sistem EU kao i orijentacija naše kompanije na izvoz asortimana uslovili su da se dosadašnji nivo ovih aparata sa 40 kA na kompletnoj gami podigne na 50 kA struje kratkog spoja. Ako se tome dodaju i zaoštreni klimatski uslovi u rasponu od $+50^{\circ}\text{C}$ do -60°C i debljina leda do 20 mm postaje jasno pred kakvim smo se razvojnim zadacima našli.

Za ilustraciju neka nam posluži kinematička šema polužnog mehanizma trolnog 110 kV rastavljača i nož za uzemljenje (ili uzemljivač) koji je najčešće sastavni deo rastavljača a čija je kinematska šema prikazana na slici 2.



Slika 2. Kinematska šema polužnog mehanizma i uzemljivača trolnog 110 kV rastavljača

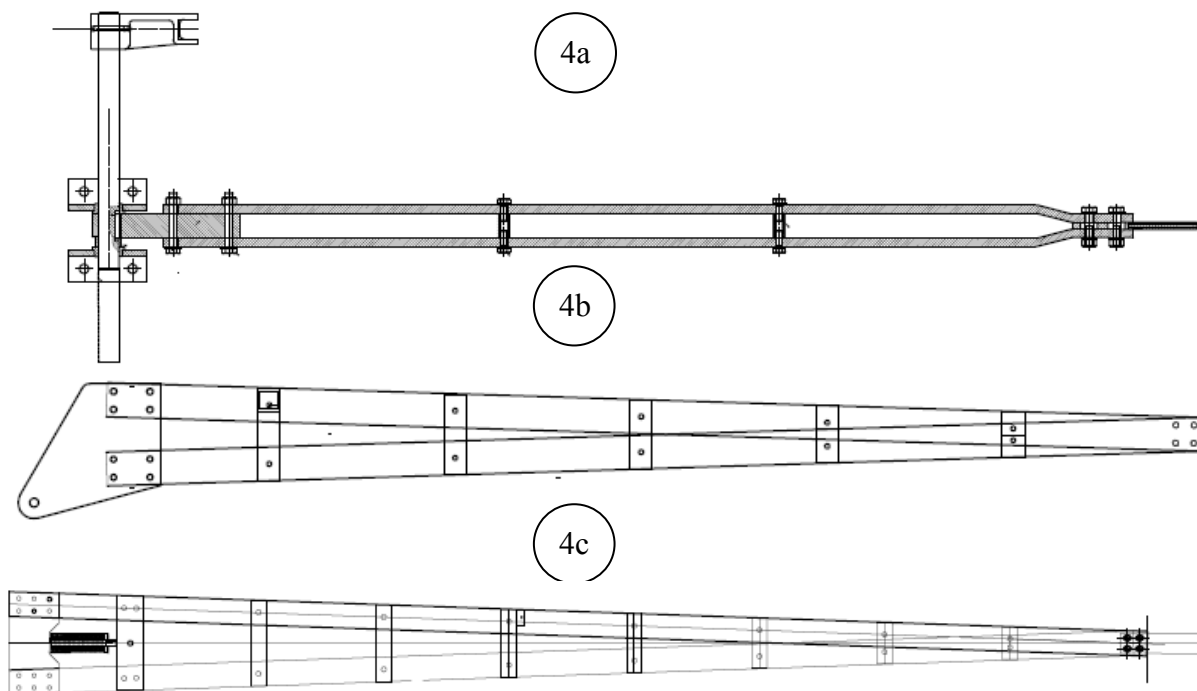
Na samom početku razvoja smo postavili okvire u kojima je poželjno da se krećemo poštujući tehnološke postupke, oblik kontaktnog sistema i sve elemente koji su u eksploataciji na dosadašnjim aparatima odredili visoku klasu istih. Drugim rečima ne menjati ono što je dobro, a menjati samo neophodno i zadržati unifikaciju elemenata koliko je to moguće, više radi ekonomskih efekata. U tom smislu smo pored kontaktnog sistema izbegavali da menjamo i odlivke i znatniju promenu mase noža i tako zadržali postojeću oprugu za balansiranje noža i pogonski mehanizam.

Na putu ka zadovoljavanju postojećih zadataka otvorila su se dodatna pitanja kao što su:

- dilatacija noža u velikom temperaturnom intervalu i pod uticajem struje kratkog spoja
- problematika leda
- uticaj vetra
- podešavanja zbog odstupanja dimenzija izolatora
- problematika montaže na terenu i dr. koja smo morali uzimati u obzir.

Za početak rada bilo je neophodno da odredimo pravac smer i intenzitet sile koja deluje na nož kada kroz njega protekne struja kratkog spoja. Nož smo u tom slučaju posmatrali kao pravolinijski provodnik, što on ustvari i jeste. Nož je opterećen kontinuiranim opterećenjem koje je raspoređeno po celoj dužini, a ukupni intenzitet sile iznosi za 50 kA oko 16,6 kN.

Konstruktivno rešenje se zasniva na dve paralelne Al šine kakve upotrebljavamo za glavne noževe i ono zadovoljava dužinu noža na 110 kV (slika 3a), dok je za slučaj 245 kV dužina noža veća nego kod 110 kV rastavljača, pa su u cilju povećanja momenta preseka na mestu ukleštenja konzole, razmaknute šine uz zadržavanje relativno male mase (slika 3b). Kod 420 kV noža opterećenje je veće i u tom slučaju maksimalni moment savijanja je na sredini grede i na tom mestu presek noža bismo tako da opterećenje ostaje u granicama koje materijal može da podnese bez trajnih deformacija. Kako bi to obezbedili morali smo konstruisati poseban mehanizam koji obezbeđuje složeno kretanje noža i to rotaciono do oslonca, a zatim translatorno u smeru ose noža do ulaska u “mehaničku zamku” odnosno ležaj koji zarobljava vrh noža i dozvoljava mu kontrolisano pomeranje (slika 3c).



Slika 3. Konstrukcijska rešenja noževa za različite napone

4. ZAKLJUČAK

Bez obzira što je nož za uzemljenje po svojoj funkciji najjednostavniji rasklopni aparat i što je verovatnoća da u svom radnom veku (od preko 40 godina) jedanput provede maksimalnu vrednost struje kratkog spoja u trajanju od 1 sekunde, samo u teoretskom domenu, njegovoj konstrukciji i proračunu se mora posvetiti puna pažnja. Ukoliko se to ne ispoštuje u laboratoriji se tokom ispitivanja, za svega 1 sekundu trajanja procesa, pokažu sve eventualne greške bilo u konstrukciji, izradi ili montaži i rezultat je negativan. Sa druge strane pravilno uočavanje i postavljanje problema uz savremene metode proračuna vodi ka pravom rešenju i uspešnim konstrukcijama. U ovom slučaju priroda sile je električna, a konstruktivni problemi mašinski, tako da je problem interdisciplinaran. Sva ispitivanja dvostubnih rastavljača ABS Minel EOP-a u sertifikovanoj laboratoriji u Krajevi su potvrdila kvalitet naše konstrukcije, čime su naši rastavljači sertifikovani u najstrožijim uslovima ispitivanja.

LITERATURA

- [1] L.A.Rodštajn, Električni aparati, Energoatomizdat, Moskva, 1989.
- [2] R. Milošević, Mehanizmi električnih sklopnih aparata, Graphis, Zagreb, 2004.
- [3] I.I. Artobolevskij: Teorija mehanizama, Nauka, Moskva, 1975.
- [4] B. Hufnag: Mehanizmi I, Mehanizmi II, Univerzitet Sarajevo, 1974.
- [5] J. Mandić: Otpornost materijala, Naučna knjiga, Beograd, 1992.
- [6] V.V. Afanasjev: Rastavljači visokog napona, Gosenergoizdat, Lenjingrad 1963.

I. Todorović, R. Jovanović, M. Savić, Z. Kukobat, S. Kuzmanović

DEVELOPMENT OF THE FAMILY OF TWO TOWER DISCONNECTORS ABS MINEL EOP, TYPE RS(ZZ)

Abstract

Disconnectors are devices that have the function to visually divide the part of a switching substation in an electro-distributive system, which does not have voltage potential from the part that has voltage potential. The main task of the disconnector is to increase the security of the personnel that performs operational activities on switching substations. This paper contains the presentation of the results of the individual development of the factory ABS Minel Elektrooprema i postrojenja in Ripanj, which is part of ABS Holdings. The company has developed a new construction design of a mechanical system and completion of experimental verification of a family of high voltage disconnectors from 72.5 kV to 420 kV, 50 kA. Additionally, an attempt is made to show the possibility of upgrading the classic disconnector, which has been present on the market for almost half a century, and to achieve a higher level of quality and functional characteristics in touch with today's global market demands.

Keywords: *Disconnectors, construction, testing*

N. Pejčić, N. Grubor, D. Kovinić¹**RAZVOJ NOVE GENERACIJE TRANSFORMATORA C'C KLASI
SA POVEĆANIM STEPENOM ISKORIŠĆENJA ENERGIJE****Rezime**

ABS Minel Trafo Mladenovac je razvio i proizvodi transformatore sa povećanim stepenom iskorišćenja energije prema preporukama CENELEC HD 428,1 S1/1992. Ovo je nova generacija transformatora kod kojih su gubici zbog opterećenja niži za 25%, a gubici praznog hoda niži za 50% nego kod konvencionalnih rešenja transformatora u našem elektrodistributivnom sistemu. Pored toga, njihovi eksploatacioni troškovi tokom životnog veka su za 20% niži, a cena samo oko 10% veća od klasičnih rešenja transformatora. Ukupne uštede korišćenjem transformatora C'C klase, koji ima znatno duži vek eksploatacije, omogućuju povraćaj investicionih ulaganja u periodu do 3 godine. Pored boljeg finansijskog efekta u distribuciji električne energije ovom vrstom transformatora postižu se i efekti zaštite životne sredine i očuvanja prirodnih resursa, sniženjem buke i smanjenjem globalnog zagrevanja. U radu se prezentira konstrukcijsko rešenje nove generacije transformatora C'C klase i uštede koje se ostvaruju njihovim korišćenjem u elektrodistributivnom sistemu.

Ključne reči: Transformatori, smanjeni gubici

1. UVOD

Sopstvenim razvojnim aktivnostima i dugogodišnjim proizvodnim iskustvom ABS Minel Trafo Mladenovac je razvio novu generaciju transformatora sa povećanim stepenom iskorišćenja energije. To su transformatori višeg stepena kvaliteta izrade koji su propisani preporukama CENELEC HD 428,1 S1/1992. Povećan kvalitet zahteva i povećane troškove proizvodnje i njihovu veću cenu od klasičnih transformatora, ali efekti koji se postižu smanjenim gubicima i ekološkim karakteristikama, tokom višegodišnje eksploatacije ovakvih transformatora su veoma značajni za elektroenergetski sistem svake zemlje. U poslednje vreme i elektrodistributivni sistemi u našoj zemlji tokom raspisivanja tendera zahtevaju transformatore sa smanjenim gubicima. Transformatori sa smanjenim gubicima su poznati kao transformatori C'C klase, mada postoji još niz drugih kombinacija, kao što su kombinacije A'A, B'A i C'B koje se odnose na druge vrste transformatora.

**2. KONSTRUKCIJSKO REŠENJE TRANSFORMATORA
SA SMANJENIM GUBICIMA**

Ako se posmatraju gubici energije korišćenjem transformatora, mogu biti gubici praznog hoda (u gvoždju) i gubici zbog opterećenja (u bakru). Smanjenje gubitaka praznog hoda se može postići do 50%, a smanjenje gubitaka zbog opterećenja do 25% u odnosu na klasične transformatore.

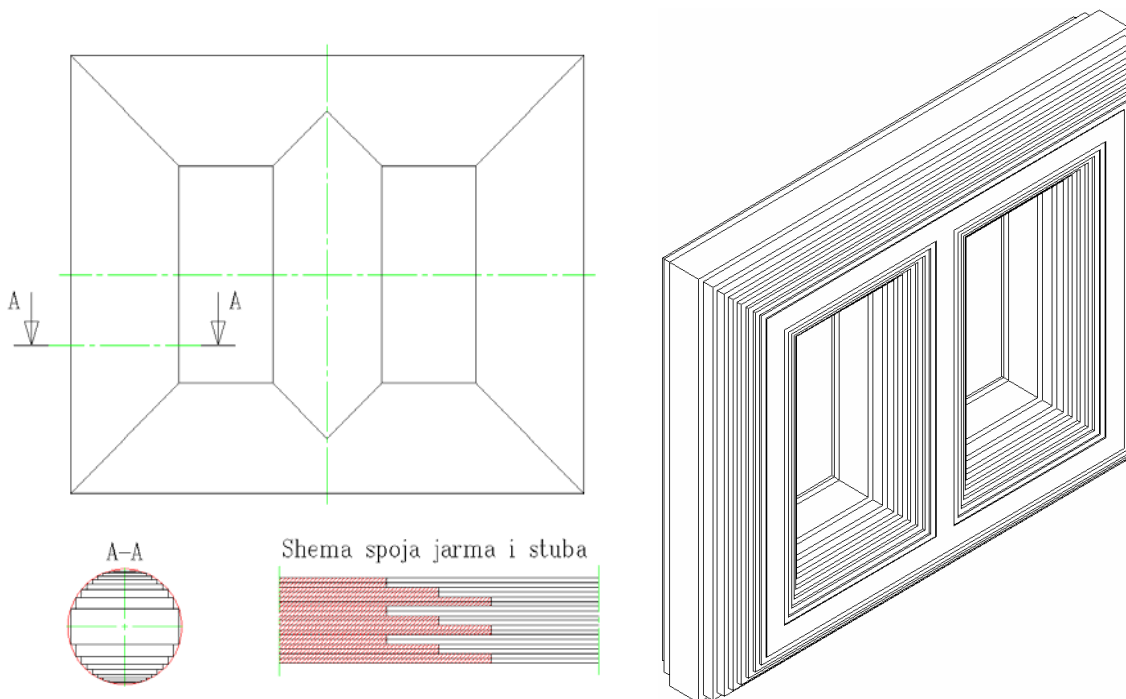
¹ Novica Pejčić, dipl.inž.el., Nemanja Grubor, dipl.inž.el., Dejan Kovinić, dipl.inž.el., ABS Minel Trafo Mladenovac, 11400 Mladenovac, Kralja Petra I 332, tel. +381 11 823 1234, e-mail: novica.pejcic@minel-trafo.com.

Smanjenje gubitaka praznog hoda se može ostvariti pri projektovanju i proizvodnji jezgra transformatora koristeći specijalni trafo lim i posebnu tehnologiju njegove obrade:

- Koristi se najkvalitetniji laserski tretirani trafo lim (slika 1), koji ima debljinu 0.27 mm u odnosu na konvencionalni trafo lim debljine 0.3 mm. Taj lim ima specifične gubitke pri 1.7 T i 50 Hz = 0.9 W/kg u poredjenju sa konvencionalnim trafo limom čiji su gubici 1.35 W/kg.
- Uzdužno i poprečno sečenje trafo lima se odvija na najsavremenijim mašinama za obradu trafo lima, tako da je poprečno sečenje pod uglom 45 stepeni i V izrezom, a slaganje limova u jezgro transformatora po metodi "Step Lap" - stepenasto pomereni spojevi (slika 2).



Slika 1. Trafo limovi magnetnog jezgra transformatora C'C klase



Slika 2. Magnetno jezgro transformatora C'C klase

Smanjenje gubitaka zbog opterećenja (gubitaka u bakru) se postiže upotrebom najkvalitetnijeg meko žarenog bakra EDCU provodnosti 58 S i projektovanom gustinom struja ispod 3 A/mm sq nasuprot standardnih, gde su gustine struja iznad 3 A/mm sq. Pored toga, namotavanje namotaja niskog napona vrši se od bakarne folije umesto od bakarnog profila (slika 3). Namotavanje namotaja visokog napona vrši se prifilima izolovanim lakom umesto profila koji su izloveni papirom. Zatezanje profila i folija prilikom namotavanja je programski definisano i kompjuterski kontrolisano.



Slika 3. Namotaji transformatora C'C klase

3. ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA OSNOVNIH CENA TRANSFORMATORA I TOTALNIH TROŠKOVA TOKOM ŽIVOTNOG VEKA U ZAVISNOSTI OD GUBITAKA

Upoređivanje osnovnih cena transformatora i totalnih troškova koji nastaju tokom eksploatacije u zavisnosti od energijskih gubitaka, zasniva se na funkcionalnoj zavisnosti, iskazanoj izrazom:

$$TT = OC + 365 \cdot 24 \cdot e \cdot \frac{P_{Fe} + k^2 \cdot P_{Cu}}{1000} \cdot \frac{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n - 1}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \cdot \frac{p}{100}}$$

gde je:

- OC - Osnovna cena transformatora u EUR
- TT - Totalni troškovi tokom životnog veka transformatora u EUR
- P_{Fe} - Gubici praznog hoda transformatora u W
- P_{Cu} - Gubici usled opterećenja transformatora u W
- e - Cena energije u EUR/kWh
- n - Životni vek transformatora u godinama
- p - Kamatna stopa u %
- k - Dnevno relativno opterećenje transformatora

Analiza obuhvata upoređenje osnovnih cena transformatora i totalnih troškova tokom životnog veka u zavisnosti od nivoa gubitaka. Upoređuju se samo troškovi početnog ulaganja za kupovinu novog transformatora (OC) sabranim sa troškovima potrošene električne energije u transformatoru tokom životnog veka svedene na današnji dan. Svi ostali troškovi, ukoliko postoje, mogu se smatrati približno jednakim kod obe vrste transformatora. Prikaz osnovnih cena i relativnog odnosa cena jedne vrste transformatora u odnosu na drugu sa totalnim troškovima i relativnim odnosima prikazan je u sledećim tabelama.

Osnovna cena kombinacije [E]			
A'-A	B'-A	C'-C	C'-B
3.055	3.208	3.513	3.055
3.992	4.192	4.591	3.992
5.144	5.401	5.916	5.144
6.668	7.001	7.668	6.668
8.237	8.649	9.473	8.237
10.715	11.251	12.322	10.715
14.822	15.563	17.045	14.822
19.851	20.844	22.829	19.851
26.367	27.685	30.322	26.367

Relativni odnos cena			
B'A / A'A	C'C / A'A	C'B / A'A	C'B / C'C
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87
1,05	1,15	1,00	0,87

Total troškovi za živ.vek [E]			
A'-A	B'-A	C'-C	C'-B
11.219	10.867	9.714	11.862
17.178	16.706	15.036	18.141
23.190	22.495	20.249	25.514
31.780	30.770	27.517	34.473
43.892	42.288	37.429	47.991
60.939	58.451	51.583	66.437
91.474	88.855	81.491	98.473
142.248	138.761	118.685	148.631
214.329	208.929	179.034	229.951

Relativni odnos total.tros.			
B'A / A'A	C'C / A'A	C'B / A'A	C'B / C'C
0,97	0,87	1,09	1,22
0,97	0,88	1,09	1,21
0,97	0,87	1,13	1,26
0,97	0,87	1,12	1,25
0,96	0,85	1,13	1,28
0,96	0,85	1,14	1,29
0,97	0,89	1,11	1,21
0,98	0,83	1,07	1,25
0,97	0,84	1,10	1,28

Troškovi početnog ulaganja, koji podrazumevaju nabavku transformatora, tj. njegovu osnovnu cenu, su poznati prema cenovniku proizvođača na današnji dan za sve standardne snage transformatora i četiri uobičajene različite kombinacije gubitaka iz međunarodnih preporuka CENELEC-HD-428,1-S1/1992. Posmatramo totalne troškove tokom životnog veka transformatora varirajući četiri najuticajnija parametra, kao što su:

- Cena energije tokom životnog veka - 0.1 EUR/kWh,
- Životni vek transformatora - 25 godina,
- Kamatna stopa - 6% i
- Dnevno relativno opterećenje 0.70.

Da bi se utvrdio odnos troškova za A'A - standardnu seriju i C'C - seriju transformatora sa sniženim gubicima, sprovedena je detaljna analiza primenom formule kapitalizacije. Rezultati uporedne analize prikazani su u tabelama. Pri određivanju koeficijenta kapitalizacije, uzet je prema preporukama uobičajeni period desetogodišnje eksploatacije, mada je stvarni vek transformatora 25 godina, čime je dodatno povećan kriterijum isplativosti opredeljenja za transformatore C'C klase.

Primer čitanja rezultata iz tabela je prikazan za slučaj transformatora 630 kVA kombinacije C'C, koji je u osnovnoj ceni za 15% skuplji od transformatora A'A klase, dok su totalni troškovi C'C 85% totalnih troškova A'A.

Gubici Praznog hoda [W]			
Sn\Lista	A'	B'	C'
630	1300	1030	860
Gubici zbog opterećenja [W]			
Sn\Lista	A	B	C
630	6500	8400	5400

Relat. odnos lista		
A'/C'	A'/B'	B'/C'
1,51	1,26	1,20
Relat. odnos lista		
B/C	B/A	A/C
1,56	1,29	1,20

Osnovna cena kombinacije [E]			
A'-A	B'-A	C'-C	C'-B
10.715	11.251	12.322	10.715
Total troškovi za živ. vek [E]			
A'-A	B'-A	C'-C	C'-B
60.939	58.451	51.583	66.437

Relativni odnos cena			
B'A / A'A	C'C / A'A	C'B / A'A	C'B / C'C
1,05	1,15	1,00	0,87
Relativni odnos total. tros.			
B'A / A'A	C'C / A'A	C'B / A'A	C'B / C'C
0,96	0,85	1,14	1,29

Analize pokazuju da se posle dve godine eksploatacije transformatora C'C klase (slika 4) povećani izdaci za nabavku neutrališu ostvarenim uštedama u energijskim gubicima. Pri svim cenama energije po kWh ukupni troškovi eksploatacije za C'C klasu su niži od transformatora A'A klase.



Slika 4. Transformator sa sniženim gubicima C'C klase 400 kVA 10/0.42 kV proizvodnje ABS Minel Trafo Mladenovac

4. ZAKLJUČAK

Primenom transformatora sa sniženim gubicima umesto klasičnih transformatora, mogu se ostvariti veoma visoke uštede u elektrodistributivnom sistemu Srbije. Ako se samo posmatra snaga transformatora 630 kVA, kojih ima instalisanih u Srbiji oko 20.000 komada, i ako se analiziraju uštede koje bi se ostvarile primenom transformatora C'C klase u toku samo jedne godine, prema sadašnjim cenama električne energije, one bi iznosile u novcu toliko da bi mogli kupiti 1392 nova transformatora. Time bi se uštedelo oko 19.58 MW električne energije godišnje, što nije nimalo zanemarljivo posmatrajući period od 25 godina, koliko je vreme eksploatacije transformatora sa sniženim gubicima.

ABS Minel Trafo Mladenovac je razvio transformatore C'C klase, proizvodi ih prema sopstvenoj konstrukcionoj i tehnološkoj dokumentaciji i plasira na domaće i ino-tržište. Ispitivanja su pokazala da su naši transformatori potpuno konkurentni poznatim svetskim proizvođačima transformatora i predstavljaju značajan domaći proizvod na liniji ostvarenja programa energijske efikasnosti u Srbiji.

LITERATURA

- [1] N. Pejčić i grupa saradnika: Razvojno konstrukciona dokumentacija transformatora C'C klase, ABS Minel Trafo, Mladenovac, 2005-2008.

N. Pejčić, N. Grubor, D. Kovinić

DEVELOPMENT OF A NEW GENERATION OF TRANSFORMERS C'C CLASS WITH AN INCREASED LEVEL OF USED ENERGY

Abstract

U restoranima Mc Donald's-a postoji poseban "Mc Drive" sistem posluživanja posetilaca u automobilima. Da bi bili adekvatno posluženi napitcima koji se konzumiraju iz čaša moraju se poslužiti sa specijalnom ambalažom - nosačima u koje se postavljaju čaše da bi bile u stabilnom položaju tokom vožnje. Nosači čaša se izrađuju po tehnologiji razgradive i ekološke form ambalaže. Alati za izradu form ambalaže se sastoje od forming i transfer dela, koji na sebi imaju prostorno složene površine analogne geometrijskom modelu obratka. Radni delovi alata se modeliraju primenom modernih metoda projektovanja, a NC kod se automatski generiše kao jedan od izlaza CAD/CAM sistema. U radu se prikazuje 3D geometrijsko modeliranje i metodologija projektovanja radnih elemenata alata sa generisanjem NC koda korišćenjem softverskog sistema Catia V5R14.

Key words: *Forming alati, CAD/CAM sistemi, 3D modeliranje, NC program*

Pavićević Ž.¹, Kvirgić V.², Vuković Đ.³, Mićunović J.⁴

UNAPREĐENJE IZVOZA INDUSTRIJE ALATNIH MAŠINA*

Rezime

Uvozno-izvozno poslovanje predstavlja izuzetno važnu oblast rada gotovo svih firmi koje su ozbiljno posvećene kako opstanku na savremenom, globalnom tržištu tako i uvećanju svoje tržišne prisutnosti i kontinualnom rastu profita. Osnovna težnja poslovnog razmišljanja je evoluirala i dilema šta proizvoditi se menja u dilemu gde i kako proizvoditi i plasirati i kako to učiniti sa što manje obaveznih troškova, dok se dilema šta i koliko razmenjivati menja u dilemu kako razmenjivati. Kako na globalnom tržištu, obzirom na nepostojanje striktnih granica mogućnosti prodaje, vladaju široke mogućnosti poslovanja, osnova za uspeh je u pronalaženju najekonomičnijeg načina pozicioniranja poslovanja na tržištima koja obezbeđuju najveće profite, ali i na svim ostalim. Bez definisane marketing strategije, njene implementacije i definisanja politike izvoznog poslovanja, tako nešto je teško zamisliti.

1. UVOD

Posmatranjem globalnih tokova i trendova poslovnog razmišljanja, konvencionalni izvoz i uvoz roba i usluga između zemalja je postao prevaziđen jer internacionalizovanjem proizvodnje i razmene, koja je u nekim oblastima i industrijama dobila globalnu osnovu, insistiranje na transakcionim robnim tokovima nije niti dovoljno niti obuhvatno obzirom da se limit ekonomske aktivnosti pomerio sa nacionalnog na regionalni odnosno globalni nivo. U takvim okolnostima orijentacija na globalno tržište postaje neminovnost obzirom da internacionalizacija i globalizacija poslovnih aktivnosti predstavlja jedan od najače izraženih trendova moderne poslovne strategije.

Brojnija i zgusnutija mreža učesnika i strukturne promene koje su zahvatile svet krajem prošlog veka imale su kao krajnji rezultat proširenje polja konkurentske borbe, njeno inteziviranje i diversifikaciju. Snažno preplitanje na međunarodnom nivou dovelo je do rušenja monopola u međunarodnoj razmeni i pada suverenih ekonomskih giganata, konkurencija postaje globalna po formi, oblicima i intezitetu, pojavljuju se novi takozvani netradicionalni učesnici na globalnom tržištu ali istovremeno usled ovih promena i veći deo nacionalnih ekonomija postaje ranjiv.

Proces horizontalnog povezivanja među kompanijama koje se bave proizvodnjom alatnih mašina (Npr. CECIMO - European Committee for Cooperation of the Machine Tool Industries) je dosta izražen jer bojazan od rizika koji može rezultirati gubitkom ili promašajem upućuje kompanije na međusobne veze pomoću širokog spektra poslovnih sistema, počev od nabavke i proizvodnje do prodaje i servisiranja, što praktično dovodi do globalizacije čitavih grana. Savremeni tokovi transfera znanja i iskustva su sastavni deo ovih procesa, a porast značaja ovih transfera na planu tzv »nezaštićenih prava« u smislu specifičnog *know-how* sve više ima mesta u praksi pri čemu ne mislim samo o tehnološkom već i organizacionom, preduzetničkom, marketing znanju ili *know-how*.

2. UNAPREĐENJE IZVOZA U IZMENJENOM OKRUŽENJU

Novi okviri u kojima se odvija razmena bazirani su na individualnim odnosno privatnim firmama, sa ciljem umanjivanja prepreka nametnutih u vidu tzv. »državne discipline«, liberalizaciji trgovinske politike

¹ Željko A. Pavićević, dipl.ing.maš., Lola Institut d.o.o., Kneza Višeslava 70a, Beograd, zeljkopavicevic@lola-ins.co.yu

² Dr Vladimir Kvirgić, dipl.ing.maš., Lola Institut d.o.o., Kneza Višeslava 70a, Beograd, ykvrgic@eunet.yu

³ Đorđe Vuković, dipl.ing.maš., Montavar Lola d.o.o., Jugoslovenska 2, Beograd, george.vukovic@montavarlola.com

⁴ Jelena Mićunović, dipl. filolog., Metro Cash & Carry d.o.o., 22. Decembar Br.2, Niš, jelenamicunovic@yotel.co.yu

* Rad je nastao iz predloga projekta u oblasti tehnološkog razvoja za period 2008-2010, kod Ministarstva nauka, oblast mašinstvo, evidencioni broj projekta 14026

države i omogućavaju međunarodnu specijalizaciju koja bi se mogla odvijati pod manjom ili većom državnom prismotrom. Ovakav oblik i režim odvijanja trgovine i razmene, uopšte, izložio je, istovremeno, ne samo velike izvozne industrije alatnih mašina nego i sve lokalne proizvođače međunarodno profilisanoj ukupnoj konkurentnosti, posebno cenovnoj, stvarajući mnogim državama problem gubljenja čitavih industrijskih grana u jednom potezu.

Za mnoge države, pa i našu, javlja se problem uređivanja sopstvenog ekonomskog prostora – potrebno je imati pripremljene i prilagođene firme, funkcionalno i transparentno umrežene institucije sa efikasnom ekonomskom administracijom ali i pomiriti se sa odlaskom nepripremljenih do čega će neminovno doći pri snažnijem lokalnom prisustvu međunarodnih kompanija iz ove industrijske oblasti.

Izmenjeni uslovi i profil svetskog tržišta zahtevaju da savremene firme mogu da razvijaju svoju tržišnu i konkurentsku poziciju putem jačanja međunarodne orijentacije, a ne samo oslanjanjem na klasične forme poslovanja i značajnu podršku države putem subvencija što je do skoro bio slučaj i sa nekada najvećim proizvođačem alatnih mašina na ovim prostorima, Lola Sistem-om.

Internacionalizovanjem proizvodnje i razmene, konvencionalni uvoz i izvoz roba i usluga između zemalja je postao prevaziđen. Proizvodnja je dobila globalnu osnovu. Limit ekonomske aktivnosti pomerio se sa nacionalnog na globalni nivo. Došlo je do ekonomske međuzavisnosti i integrisanosti zemalja u svetu. Udruživanjem u strateške alijanse kao i procesom privatizacije, postojeći proizvođači alatnih mašina promenili su svoj kurs i postali globalno orijentisani.

Razlika između internacionalizacije i globalizacije je u stepenu i obliku integrisanosti proizvodne i marketing funkcije sa svetskim tržištem i strateškim marketingom i menadžment opcijama u međunarodnim poslovnim aktivnostima. Prelaz od firme koja ima spoljnotrgovinsku odnosno izvoznu marketing orijentaciju ka multinacionalnoj ili globalnoj je u suštini prelazak sa prakse povećanja i proširenja obima razmene na adaptibilnost i kreiranje proizvoda za regionalno i globalno tržište.

Globalne organizacije koje se bave proizvodnjom mašina alatki donose odluke o konceptu proizvoda (tip mašine i vrsta), njegovom dizajnu (inovacije u sferi dizajna mašine i njenog spoljnog izgleda) i proizvodnji na bazi potpunih informacija marketing istraživanja o ciljnim tržištima i sa namerom da se zadovolji tražnja na svetskom tržištu.

Definisanje novih okvira međunarodnog poslovanja i međunarodne razmene znatno su pojačali potrebu i mogućnosti za šire i kompleksnije uključanje firme i njeno potpunije ekonomsko integrisanje u međunarodne tokove. Razlog bi se mogao naći u činjenicama što je danas:

- konkurencija posla sveobuhvatnija, kompleksnija, jača i po profilu mnogo više međunarodna;
- tehnološke promene su mnogo brže i tehnološki razvoj je mnogo skuplji nego do sada, naročito kada je u pitanju razvoj novih proizvoda;
- barijere za ulazak na savremena tržišta, koje se ogledaju pre svega u mnogobrojnim direktivama, postaju sve veće kao i troškovi održavanja/zadržavanja tržišta i pozicije na njemu;
- u cilju zadržavanja konkurentnosti preduzećima je potrebno pozicioniranje ne samo odgovarajuće ekonomije obima nego i postizanje kritične mase ključnih faktora uspeha i ekonomije znanja.

Relativnost i nepostojanost je ono što karakteriše konkurenciju kao tržišni i ekonomski fenomen u savremenim uslovima na globalnom nivou. Prethodnih deset godina prošlog veka dovelo je do pojave novih netradicionalnih učesnika na tržištu i stvaranja brojnije, globalno orijentisane konkurencije, što je za posledicu imalo rušenje dotadašnjih ekonomskih giganata i monopola u međunarodnoj razmeni, ali su time i žestoko uzdrmane nacionalne ekonomije pojedinih zemalja. Tako npr. proizvođači alatnih mašina iz Češke Republike su se u proteklih deset godina svrstali među najproduktivnijih i najprobojnije na svetskom tržištu.⁵

Osnovu strateških prednosti svakog učesnika u savremenim ekonomskim tokovima čine konkurentske prednosti koje nastaju u procesu specifičnog objedinjenog napora u procesu njihovog integralnog kreiranja – na makro i mikro nivou.

Savremena kretanja su dovela do promena u shvatanju i ostvarivanju konkurentskih prednosti firme. Ako konkurentske prednosti posmatramo kroz prizmu troškova napomenimo da je odnos fiksnih prema varijabilnim troškovima u poslednjih nekoliko decenija u industriji alatnih mašina dostigao nivo koji je naglasak sada stavio na druge osnove u definisanju konkurentskih prednosti tako što je bilo potrebno relativizovanje varijabilnih troškova kako bi se pokrili sopstveni fiksni troškovi. Povećani značaj fiksnih troškova usled tehnološkog razvoja i napretka na račun opadanja, npr, komponente radne snage kao varijabilnog troška u ukupnim proizvodnim troškovima, odražava porast učešća fiksnih u ukupnim

⁵ U 2007. god. Češka Republika zauzela je 7. mesto po proizvodnji, 8. mesto po izvozu, 9. mesto po uvozu, a 8 mesto po potrošnji alatnih mašina u okviru članica CECIMO-a.

troškovima. Dakle, na značaju dobijaju ulaganja u istraživanje i razvoj kao i u stvaranje brend proizvoda ili usluge (marketing mix).

Nova logika tržišnog nastupa firme danas na menadžment firme utiče tako da isti amortizaciju fiksnih troškova ostvaruju širenjem tržišne osnove poslovanja. To ih na osnovama ovakve ekonomske logike vodi ka globalizaciji pri čemu tradicionalna potreba redukcije troškova uopšte nije izgubila na značaju, ali u filozofiji i strategiji poslovanja ustupa mesto novoj logici koja se zasniva na ideji *tržište pa resorsi*, a ne obrnuto. Drugim rečima, ako imamo tržište imaćemo i proizvodnju, a to ukazuje da se kompanije pomeraju tamo gde su i kupci.

3. UNAPREĐENJE IZVOZA KROZ KONKURENTSKE PREDNOSTI

Možemo reći da se pod konkurentskom prednošću na svetskom tržištu podrazumeva relativno veća moć ili snaga jedne firme, proizvoda ili usluge u odnosu na druge. Danas firme imaju mogućnosti da svoje uključivanje u svetsku konkurenciju, u strateškom smislu, postave u dve alternativne varijante: strategiju usmerenu na konkretne lokacije, ili na globalnu strategiju.

U prvom slučaju reč je o orijentaciji na posebne segmente tržišta ili zemlje gde se uz odgovarajuće napore može ostvariti sopstvena tržišna niša pokrivanjem lokalnih različitosti koje se mogu javiti u bilo kojoj zemlji. Nedostatak ovakve strategije leži u činjenici da firme koje primenjuju ovu strategiju moraju računati na izlaganje riziku od konkurenata koji svoju prednost grade na globalnoj strategiji koja pak podrazumeva koncentrisanje ukupnih aktivnosti na jedan tržišni segment i njegovo opsluživanje na toj osnovi uz snažno koordiniranu i integralno definisanu ponudu.

Konkurentske prednosti podrazumevaju postojanje ili ostvarivanje onog stepena sposobnosti firme koji se zahteva na datom tržištu i koji konkurencija ne može tako lako dostići osim većim ulaganjem i troškovima u dužem vremenskom periodu. U praktičnom poslovanju sposobnost firme da radi u konkretnim uslovima okruženja je vrlo bitna mada se osnove uspešnih kompanija nalaze u insistiranju na kvalitetu, inovativnosti i odlukama njihovog marketinškog tima.

Konvencionalni stav da se rast ostvaruje kroz izvozno poslovanje ne mora biti značajan za dugoročni razvoj firme, mada se često naglašava u ekonomskim politikama na nacionalnom nivou u mnogim zemljama. Razlog je što konkurentnost u današnjim uslovima ima različito značenje za firme i za nacionalnu ekonomiju. Posmatrano sa makro aspekta, sve je očiglednije da će perspektiva i efikasnost uključivanja pojedinih zemalja u tokove međunarodnih ekonomskih odnosa najvećim delom zavisiti od njihovog odnosa prema savremenim tehnološkim i tržišnim promenama u svetu, kao i stvaranja adekvatne tržišne klime u njima samim. Posmatrano iz ugla firme, značajno je da savremene poslovne tendencije deluju akcelaratorski i neposredno diktiraju ukupne konkurentske odnose u međunarodnim razmenama, bez obzira da li ta firma igra aktivnu i vodeću ulogu ili pak ima minorni značaj u tim odnosima, bez obzira da li neka firma internacionalizuje svoje poslovanje direktno ili indirektno. Firma je ta koja odlučuje koje će kriterijume slediti jer ona prva snosi posledice promašaja. Na planu međunarodnog poslovanja, suština izgradnje i razvijanja sopstvenih konkurentskih prednosti leži u povezanosti ulaganja u marketing koji će intezivirati međunarodnu orijentaciju i na toj osnovi bolje osposobiti firmu da iz te perspektive uspešno konkuriše na globalnom tržištu.

Praksa je pokazala da postoji direktna veza između ostvarene marketing moći i ukupne snage firme posmatrajući marketing snagu kao kompozitni indeks koji se sastoji od više faktora kao što su:

- kvalitet proizvodnog programa;
- stepen efikasnosti;
- poznavanje tržišta;
- marketing mix i marketing efikasnost.

Razvoj odgovarajuće strateške infrastrukture omogućava firmi da postane konkurentna i kao takva uspešno nastupi na globalnom tržištu. Pet elemenata strateške infrastrukture značajnih u izgrađivanju konkurentskih prednosti firme mogu biti:

- portfolio proizvodnih lokacija;
- stalno unapređivanje tehnologije proizvodnje i produktivnosti;
- portfolio tržišta;
- postojanje jake marke proizvoda i pristup, odnosno raspolaganje distributivnom mrežom;
- široka linija proizvoda.

Napomenimo i elemente sa statusom aktive firme pomoću kojih se stvara konkurentska prednost:

- tehnologija u vlasništvu – proizvod ili tehnološki proces koji je vlasništvo firme koje drugi mogu obezbediti bilo novim istraživanjima i razvojem ili putem licence odnosno kupovinom od vlasnika;
- know-how menagement – veština u vođenju poslova na mnogim tržištima obično stečena putem iskustva u različitim zemljama;
- multinacionalna mreža distribucije i prodajni ogranci u mnogim zemljama koji omogućavaju firmi razvijanje portfolio tržišta;
- pristup retkim sirovinama, posredovanje ili dugoročni ugovori o nabavkama;
- mogućnosti proizvodnje na principu ekonomije obima;
- postojanje finansijskih efekata na principu ekonomije obima;
- postojanje brenda.

Svi ovi elementi, uz poznavanje tržišta, potrošača i uspostavljanje veza putem komuniciranja podrazumevaju neku vrstu marketing imovine firme kao osnovu marketing konkurentskih prednosti koje u suštini čine srž konkurentске prednosti firme.

Oslonac ili jezgro marketing strategije je veoma važno jer definiše ne samo kako će firma reagovati na izazove na tržištu nego čini i osnovu za izbor modaliteta međunarodnog marketing angažovanja. To je razlog zbog kojeg firme iz iste oblasti različito reaguju na iste impulse iz ciljnog tržišnog okruženja. Ono što čini uspšene firme uočljivim ogleda se u preciznom i jasnom definisanju njihove vizije i misije kao i politike delovanja kojom se dostiže postavljeni cilj. Danas većina firmi kopira uspešne kompanije bez nastojanja da ih ugroze, odnosno pomere sa mesta koje su zauzele na tržištu u svoju korist. Bazni okvir definisanja marketing strategije treba po karakteristikama da bude:

- koncentrisan na potrošača – fokus se stavlja na ostvarivanje potreba i zahteva ciljne grupe potrošača;
- postavljen sa vizijom – da jasno izražava budućnost firme koja će se javiti kada se ostvari očekivani uspeh;
- razlikuje firmu od ključnih rivala – šta je to što našu firmu razlikuje od konkurencije;
- održiv na duži rok i pored verovatnog odgovora konkurencije – strategije se ne sprovedu u vakumu;
- jasno shvatljiv – jednostavan, razumljiv i uočljiv kako za potrošače tako i za zaposlene kako bi znali čemu da pruže podršku;
- motivirajući – implementacija uspešne strategije zavisi prvenstveno od onih koji će je sprovoditi, a to su zaposleni;
- fleksibilan – dovoljno širok u smislu načina kako će je oni što budu angažovani u izvršenju uspešno sprovesti.

U suštini, identifikovanjem tržišta na kome će se firma angažovati i izborom odgovarajućeg strateškog konkurentskog okvira odlučuje se o načinima poslovanja na tržištu. To znači da se procenom okruženja i potencijala firme u kontekstu međunarodnog angažovanja odlučuje o načinu kako ostvariti moguće opcije. Data procena u značajnom stepenu opredeljuje i orijentaciju razvoja međunarodnog marketinga i marketing aktivnosti.

Nepostojanje odgovarajućih kapaciteta kao što su npr. finansijski, materijalni, iskustveni i *know how*, uslovalo bi opredeljenje firme za strategiju niskog inteziteta uključenosti da bi se na toj osnovi, u suštini, firma pozicionirala na datom tržištu proizvoda i tako odredila modalitet međunarodnog angažovanja. Time su definisane i ostale aktivnosti, pre svega politiku instrumenata marketing mixa kao i mehanizama sprovođenja marketing koncepta odnosno tržišne strategije.

4. USMERAVANJE IZVOZA

Uzimajući u obzir da je za plasman proizvoda na inostrano tržište potrebno definisati izvoznu i marketing strategiju veoma je bitno odlučiti se za način izvoza, a koji opet umnogome zavisi od finansijskih i organizacionih mogućnosti firme.

Današnja izvozna praksa pokazuje da se mnogo toga promenilo u poslednjih petnaest godina kad je izvozno poslovanje u pitanju. Nekada su najveće multinacionalne proizvodne kompanije ujedno bile i najveći izvoznici, proizvodili su svoje proizvode na domaćem tržištu, a izvozili ih na druga tržišta širom sveta.

Danas je to sasvim drugačije - umesto izvoza gotovih proizvoda, kompanija investira u proizvodnu delatnost na željenom tržištu i uz pomoć svoje tehnologije podmiruje potrebe čitavog regiona na kome

nastupa. To čini direktnim izvozom proizvedene robe korisnicima, ili preko drugih firmi specijalizovanih za izvozno poslovanje. Ovo je takođe moguće postići i udruživanjem firmi iz ove industrijske oblasti, gde se pored saradnje, plasiranja proizvoda i usluga radi i na zastupanju zajedničkih interesa proizvođača alatnih mašina prema državnim organima i prema raznim drugim udruženjima. Takođe se kroz razna udruživanja (Npr. CECIMO) promoviše industrija alatnih mašina i njen razvoj u domenu ekonomije, tehnologije i nauke.

Postoje dva načina plasiranja proizvoda na inostrano tržište, odnosno dva načina izvoza i to su: direktan i indirektan izvoz. I jedan i drugi način izvoza imaju svoje karakteristike, prednosti i nedostatke. Direktan izvoz podrazumeva poslovanje u kome proizvođač direktno uspostavlja kontakt na inostranom tržištu vršeći izbor distributera i kanala prodaje dok indirektan izvoz podrazumeva postojanje posrednika u poslovanju, u sopstvenoj ili stranoj zemlji, koji izvozi proizvedenu robu na inostrano tržište.

Potrebno je potpuno i profesionalno isplanirati svaki nastup na inostranom tržištu vodeći računa da se izbegnu karakteristične greške prilikom izvoza koje umnogome mogu otežati uspešan poslovni nastup ili ga u potpunosti paralisati. Poznato je nekoliko karakterističnih problema na koje nailaze nedovoljno iskusni izvoznici tj. firme koje započinju svoje izvozno poslovanje. No, ove greške mogu nastati i zbog promene izvozne strategije ili usled organizacionih promena usled privatizacije od strane pravnog lica kojem preuzeti proizvodni program predstavlja novitet u poslovanju o čemu ovde nećemo govoriti. Navedimo neke od njih:

- ✓ Nepostojanje kvalitetnog plana izvoza tj. nepostojanje izvozne strategije firme. Da bi nastup firme bio uspešan, firma mora da ima definisane ciljeve koje poslovanjem želi da ostvari, zatim rešenja za pretpostavljene probleme na koje može da naiđe, kao i kvalitetnog savetnika koji će stručnim savetima da ukaže na rešenja uočenih nedostataka.
- ✓ Nedovoljna angažovanost menadžmenta firme u savlađivanju početnih teškoća i finansijskih zahteva u izvozu. Zato je potrebno izabrati kvalitetne menadžere koji će biti privrženi izvozu.
- ✓ Nedovoljna pažnja prilikom izbora distributera. Prilikom nastupa na inostrano tržište, reputaciju firme u dobroj meri grade distributeri jer su oni najčešće u kontaktu sa kupcima robe. Ukoliko je njihova predanost poslu dobra i sam imidž firme će biti dobar. Ukoliko pak distributeri ne odgovore zahtevima razvoja tržišta i interesovanjima kupaca, veoma lako se može desiti da propadne reputacija firme - zato je potrebno ispoljiti dovoljnu pažnju izboru distributera.
- ✓ Pogrešno je razvijati sva tržišta odjednom. Mnogo je efikasnije izanalizirati određeno tržište ili čitav region i pripremiti dobar nastup na tom tržištu, osposobiti menadžment za uspešno poslovanje kao i pouzdanu mrežu distributera sa akcentom stalnog rasta tržišnog učešća. Tek nakon uspostavljanja adekvatne poslovne infrastrukture može se preći na razvoj susednog tržišta u regionu.
- ✓ Pogrešno je zanemariti izvozno tržište u trenutku procvata poslovanja na domaćem tržištu. Zanemarivanjem izvoznog tržišta gubi se motivacija menadžera koji zastupaju firmu u inostranstvu, smanjuje se tržišno učešće, stvara se loš imidž firme. Sve ovo prerasta u veliki problem onog momenta kad kompanija pokuša da povрати pozicije koje je izgubila zanemarivanjem izvoznog poslovanja u momentu kada su se poslovi na domaćem tržištu uvećavali.
- ✓ Pogrešno je poistovećivati nastup na domaćem i inostranom tržištu, tehnike promovisanja nekog proizvoda na domaćem i inostranom tržištu ne moraju dati iste rezultate. Najefikasniji način je sagledavanje svakog tržišta kao zasebne celine jer svako tržište ima svoje osobenosti. Dakle, ne treba pretpostavljati da će domaće marketinške tehnike automatski biti uspešne i u inostranstvu.
- ✓ Velika greška može nastati ukoliko se ne usklade proizvodi koji se izvoze sa regulativom zemlje u koju se izvoze ti proizvodi. Ako je potrebno, proizvode treba modifikovati u skladu sa regulativama i kulturnim preferencama drugih zemalja.
- ✓ Pogrešno je štampati propratni materijal kao što su uputstvo i garantni list samo na jednom od svetskih jezika.
- ✓ Pogrešno je obezbediti kupovinu proizvoda, a ne obezbediti servisnu mrežu. Veoma je važno da osim kvalitetnog proizvoda kupac mora imati na raspolaganju i posle prodajne servisne usluge (after sales services).

5. PROIZVODNJA I IZVOZ ALATNIH MAŠINA U EVROPI ⁶

Interese proizvođača alatnih mašina prema državnim institucijama i udruženjima na evropskom tržištu zastupa CECIMO - European Committee for Cooperation of the Machine Tool Industries. Ovu organizaciju čine proizvođači alatnih mašina iz 15 Evropskih zemalja (Austrija, Belgija, Švajcarska, Češka

⁶ Statistički podaci u ovom poglavlju preuzeti su sa zvaničnog sajta CECIMO-a / www.cecimo.be

Republika, Nemačka, Danska, Španija, Finska, Francuska, Engleska, Italija, Norveška, Portugalija, Švetska i Turska).

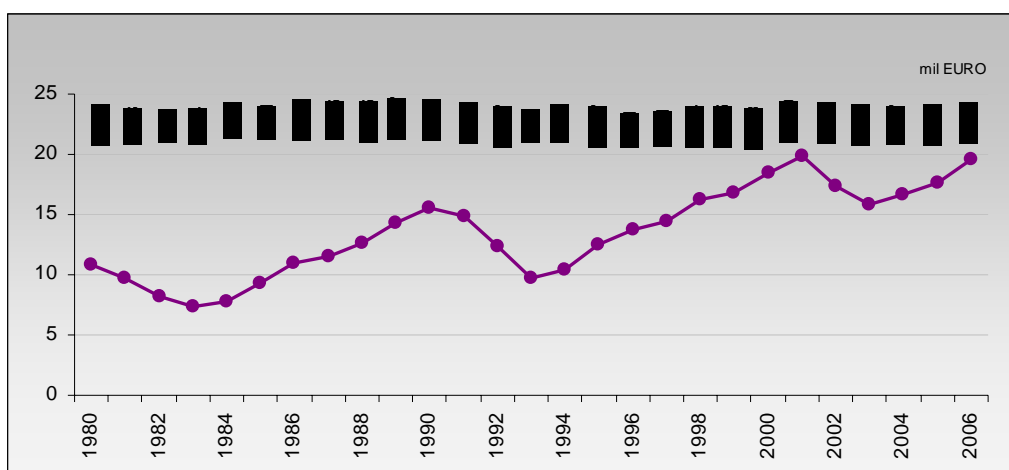
Obim proizvodnje članica CECIMO-a dostigao je svoj maksimum 2001. god. i njegova vrednost je bila €19,9 milijardi. U 2002. god. vrednost ukupnog obima je opala na €17,332 mlrd. a u 2003. god. na €15,766. U 2004. god. došlo je do oporavka u ovoj grani i ostvaren je rast od €16,717 mlrd. U 2005. god. porast proizvodnje je nastavljen i zabeležena je vrednost od €17,6 mlrd.

Oporavak ove privredne grane nastavljen je u 2006. god. i obim proizvodnje gotovo da je ponovo dostigao cifru iz 2001. god.. Tada je iznosio €19,549 mlrd. Očekuje se da se porast proizvodnje alatnih mašina koji je otpočeo u 2004. god. nastavi čak i tokom 2008. god..

Najveći udeo u obimu proizvodnje u 2006. imala je Nemačka (41,9%) za kojom sledi Italija (22,3%) i Švajcarska (11,6%). Češka Republika koja je najbrže napredovala u ovoj industrijskoj oblasti od svih zemalja u razvoju zauzela je 7. mesto među zemljama CECIMO-a sa 1,9%.

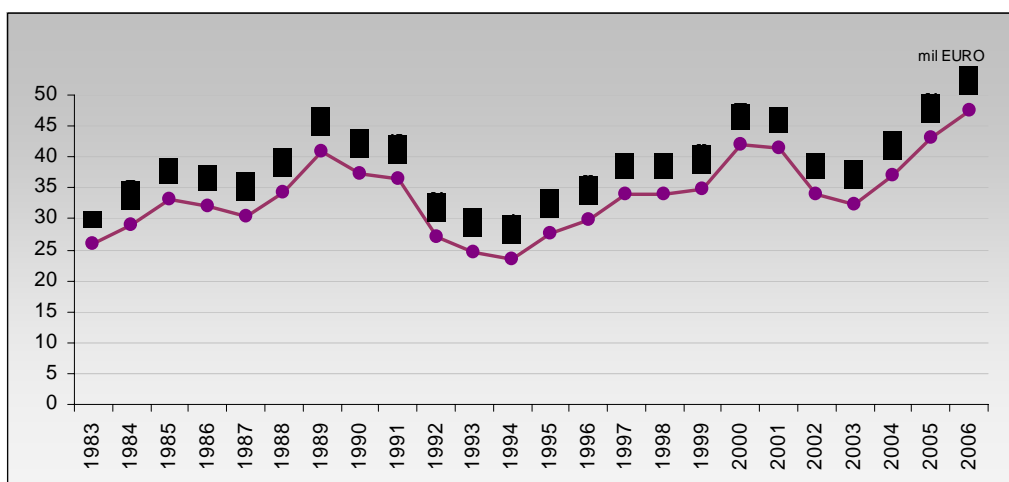
Obim proizvodnje Nemačke, Italije i Švajcarske čini 75,8% ukupnog obima CECIMO-a u 2006. godini. Deset najvećih evropskih proizvođača alatnih mašina nalazi se u Nemačkoj. U Nemačkoj postoji ukupno 320 proizvođača alatnih mašina, u Italiji 420, a u Švajcarskoj 92. U 2006. god. u Češkoj Republici bilo je 77 proizvođača alatnih mašina. Češka Republika zauzela je 7. mesto po proizvodnji, 8. mesto po izvozu, 9. mesto po uvozu, a 8 mesto po potrošnji alatnih mašina u okviru članica CECIMO-a.

Obim proizvodnje članica CECIMO-a čini 41,2% od ukupnog obima svetske proizvodnje alatnih mašina. Obim proizvodnje 7 najvećih članica CECIMO-a učestvuje sa 36,8% od ukupnom obimu svetske proizvodnje alatnih mašina (Nemačka 17,3% Italija 9,2% Švajcarska 4,8% Španija 2,1% Francuska 1,7% Velika Britanija sa 1,5% a učešće Češke Republike je 0,8%).



izvor www.cecimo.be

Grafik 1. / Proizvodnja alatnih mašina u zemljama CECIMO-a od 1980. do 2006. godine



izvor www.cecimo.be

Grafik 2. / Proizvodnja alatnih mašina u svetu od 1983. do 2006. godine

Na gore predstavljenom dijagramu prikazana je svetska proizvodnja alatnih mašina od 1983. do 2006. god. i na njemu se vidi kako se smenjuju ciklusi rasta i stagnacije.

U 2006. god. beleži se značajan porast obima proizvodnje koji je za 12,5% veći od prethodnog vrhunca dostignutog u 2000. god. Globalni obim proizvodnje alatnih mašina ima godišnji rast od 8,9%. Vrednost globalnog obima proizvodnje iznosila je €47,4 mlrd.

6. ZAKLJUČAK

Dakle, posmatrajući tokove globalizacije kao fenomena koji svakodnevno evoluira čini se da ključ za njeno razumevanje ne treba tražiti u liberalizaciji trgovinskih politika i tokova kapitala kao ni u brzini i tehnološkim promenama jer su ovi elementi bili važni u predhodnim talasima globalizacije već u prirodi modela poslovanja koji upravlja konkurencijom u vodećim ekonomijama.

Pri tome je jasno da se proces fragmentacije proizvoda odnosno proizvodnje, omogućena tehničko tehnološkim napretkom, nadovezuje na proces defragmentacije reproduccionog ciklusa, ne u nacionalnim, već u okvirima jednog preduzeća koje se transformiše i postaje multinacionalna ili globalna kompanija.

Dominacija korporativnih entiteta u savremenoj privredi znači da svaka firma u fokusu mora imati izgradnju sopstvenih prednosti nad konkurencijom, a nikako se ne sme osloniti samo na ranije stečene ili komparativne prednosti. Osnovu savremene konkurentnosti čine fleksibilnost, kvalitet, organizacija, pouzdanost i uključivanje u globalnu mrežu. Kreativnost, specijalizacija i diversifikacija su ključni za održavanje konkurentne pozicije na globalnom tržištu. Uklapanje u nova, globalna pravila zahteva ulaganja u cilju povećanja produktivnosti, kredibiliteta proizvoda korišćenjem međunarodno prihvaćenih metoda sertifikacije, pokretanja novih linija proizvoda i širenje tržišta putem osvajanja novih segmenata na različitim osnovama.

Danas je možda najočiglednija promena u strategiji jedne perspektivne firme koja želi da unapredi svoj izvoz i konkurentnost, jasno naglašena orijentacija ka ulaganju u tzv. neopipljivu imovinu (R&D, tehnologiju, upravljačko i preduzetničko znanje i veštine zaposlenih, poslovnu organizaciju, razvoj tržišta, softverske aplikacije, marketing).

LITERATURA

- [1.] Prof. Dr Mile Jović, „Unapređenje izvoza i međunarodne konkurentnosti industrije Srbije“, Institut ekonomskih nauka, Beograd, 2002.
- [2.] Prof. Dr Branko Rakita, „Međunarodni menadžment“, Ekonomski fakultet, Beograd, 2005.
- [3.] Prof. Dr Jelena Kozomara - Spoljnotrgovinsko poslovanje, Ekonomski fakultet, Beograd, 2001.
- [4.] www.cecimo.be

Resume

Import & Export business activities represent very important component of all companies which, besides their own survival, have been focused to increase of their presence and provision of constant growth of the profit. The main issue of business: What to produce? Evaluated into dilemma: Where and what to produce, where and how to place, and how to do it with minimal cost? In the other hand, question: What and how much to exchange? Is supplemented with: How to exchange? Concerning that the global market exists no strict limits in selling possibilities, the root of success lays in the invention of the most economic way of positioning, especially towards markets with highest profits, and also to all other markets. Without defined marketing strategy, its implementation, and defined export policy, it is sufficient even to think about these matters.

EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE VELIČINE UGAONOG POMERANJA PRI SUČEONOM ZAVARIVANJU LIMOVA

*Papić Sejfo, Fakultet za privrednu i tehničku logistiku, Travnik, BiH, e-mail: papicsejfo@bih.net.ba
mr Muhamed Sarvan, Visoka tehnička škola strukovnih studija-Uroševac
sa privremenim sedištem u Zvečanu, tel. 028 665-106, e-mail: muksar@hotmail.com*

Rezime

U radu je prikazana metoda određivanja veličine ugaonog pomeranja, pri jednostranom sučeonom zavarivanju limova, u zavisnosti od promene debljine materijala, jačine struje zavarivanja i prečnika elektrode.

U V O D

Poznato je da na ugaono pomeranje utiču i drugi faktori kao npr. postupak zavarivanja, brzina hlađenja, vrsta materijala itd., to je cilj ovog rada da se odredi veličina ugaonog pomeranja uzimajući u obzir samo gore navedena tri faktora. Za obradu ovog problema korišćen je višefaktorni potpuni ortogonalni plan prvog reda.

KRATAK OPIS EKSPERIMENTA

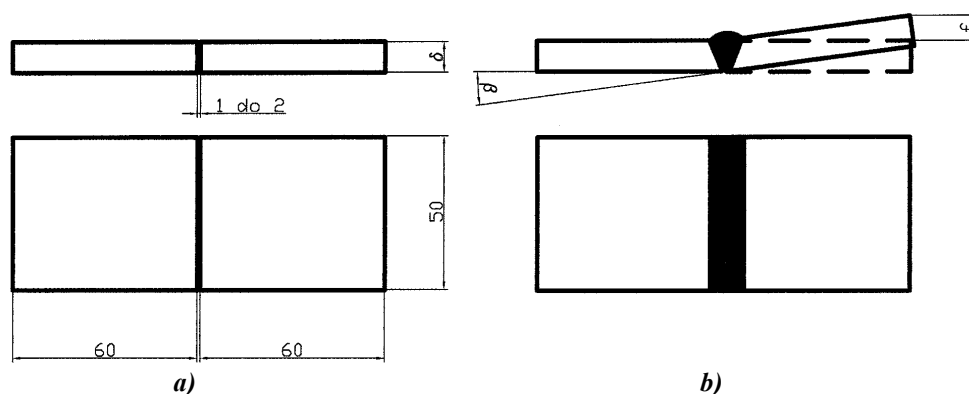
Merenje veličine ugaonog pomeranja vršeno je u proizvodnim uslovima. Merni pribor je komparator i univerzalno pomično merilo.

Iz lima su isečene ploče dimenzija 50 x 60 mm i iste su prebrušene sa svih strana na brusilici za ravno brušenje. Debljine ploča su: $\delta_{\min} = 3$ mm, a $\delta_{\max} = 8$ mm.

Zavarivanje je izvođeno na radnom stolu čija je ploča brušena. Na istom stolu je vršeno merenje ugiba, a onda računski određena veličina ugaonog pomeranja.

Redosled eksperimenata je slučajan, prema unapred zadanoj plan matrici.

Izgled ploča pre i posle zavarivanja dat je na slici 1, gde je δ debljina lima, a f mereni ugao. Ugao je računat po formuli: $\beta = \arcsin \frac{f}{60}$



Slika 1. Izgled ploča: a) - pre i b) -posle zavarivanja

FORMIRANJE PLAN MATRICE

Određivanje uticaja debljine lima, prečnika elektrode i jačine struje na veličinu ugaonog pomeranja pri ručnom elektroručnom jednostranom sučeonom zavarivanju limova može se posmatrati kao jedan trofaktorni proces.

Ovaj proces se ispituje na osnovu trofaktornog potpunog ortogonalnog plana+*** sa dvostrukim ponavljanjem eksperimenta u svakoj tački plana. Izgled datog plana predstavljen je tabelom 1.

Kodiranje je izvršeno preko jednačina transformacije:

$$x_i = \frac{X_i - X_{oi}}{W_i}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, k, \quad (1)$$

gde su:

W_i – interval varijacije faktora x_i , čija je brojna vrednost jednaka razlici gornjeg i osnovnog nivoa odnosno osnovnog i donjeg nivoa;

X_{oi} - osnovni nivo i – tog faktora;

X_i – vrednost i – tog faktora.

Tabela 1.

TAČKE PLANA	P L A N - M A T R I C A								EKSPERIMENTALNI REZULTATI		
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_i
1	1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	80,22	69,71	75,07
2	1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	98,56	88,82	93,69
3	1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	85,95	65,89	75,92
4	1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	83,66	100,28	91,07
5	1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	69,91	56,73	63,32
6	1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	138,69	103,28	120,96
7	1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	74,49	86,53	80,51
8	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	140,99	100,28	120,94
Osnovni nivo		5,5	3,25	95							
Interv. varijacije		2,5	0,75	20							
Gornji nivo		8	4	115							
Donji nivo		3	2,5	75							

IZBOR MATEMATIČKOG MODELA

Kako potpuni trofaktorni ortogonalni planovi omogućavaju da se, pored osnovnih efekata faktora, ocene i efekti uzajamnog dejstva prvog i drugog reda, izabran je za matematičko opisivanje procesa, model oblika:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_{12} + b_{13}x_{13} + b_{23}x_{23} + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (2)$$

ODREĐIVANJE PARAMETARA MODELA

Izvodi se pomoću jednačina:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u, \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots, N; \quad N = 2^k \quad (3)$$

gde je:

x_{iu} - varijable,

\bar{y}_u - srednja vrednost eksperimentalnih rezultata

Za srednju vrednost izlaza imamo sledeće vrednosti parametara modela:

$$\begin{aligned} b_0 &= 90,3 & ; & & b_1 &= 16,59 \\ b_2 &= 2,04 & ; & & b_3 &= 6,14 \\ b_{12} &= 2,47 & ; & & b_{13} &= 7,93 \\ b_{23} &= 2,26 & ; & & b_{123} &= -1,83 \end{aligned}$$

tako da je model u kodiranom obliku:

$$\hat{y} = 90,3 + 16,59x_1 + 2,04x_2 + 6,14x_3 - 2,47x_1x_2 + 7,93x_1x_3 + 2,26x_2x_3 - 1,83x_1x_2x_3 \quad (4)$$

ODREĐIVANJE SIGNIFIKANTNOSTI PARAMETARA MODELA

Signifikantnost parametara modela određuje se preko jednačina:

$$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R} \quad (5)$$

$$S_{LF} = S_R - S_E \quad (6)$$

$$S_E = \sum_{u=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{uj} - \bar{y}_u)^2 \quad (7)$$

gde su:

S_R^2 – rezidualna disperzija,

S_R – rezidualna suma kvadrata,

S_{LF} – suma kvadrata razlika srednjih eksperimentalnih i modelskih vrednosti izraza procesa ili suma kvadrata vezana za adekvatnost modela,

S_E – jednačina greške eksperimenta za navedeni slučaj,

a uz pomoć izračunatih vrednosti potrebnih veličina koje su date u sledećoj tabeli (tabela 2):

Tabela 2.

TAČKE PLANA i	y_1	y_2	\bar{y}_i	S_E	\hat{y}_i	$(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2$
1	80,22	69,91	75,07	53,15	73,71	1,85
2	98,56	88,82	93,69	47,43	106,89	174,24
3	85,95	65,89	75,92	201,20	73,71	4,88
4	83,66	100,28	91,97	138,11	106,89	222,61
5	69,81	56,73	63,32	86,86	73,71	107,95
6	138,69	103,28	120,96	628,71	106,89	197,96
7	74,49	86,53	80,51	72,48	73,71	46,24
8	140,99	100,28	120,94	828,84	106,89	197,4
				Σ 2056,78		Σ 953,13

Na osnovu proračunatih vrednosti sledi:

$$S^2(y) = S_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = 257,1 \quad (8)$$

gde je: f_E – stepen slobode, jednak $f_E = 8$.

Disperzija parametara modela ima vrednost:

$$S^2(b_i) = \frac{S_E^2}{N_n} = 16,07 \quad (9)$$

odakle je: $S(b_i) = 4,01$

Za određivanje značajnosti koeficijenata višestruke regresije koristi se t – kriterijum po kome je:

$$t_{ri} = \frac{|b_i|}{S(b_i)} \quad (10)$$

odakle je za naš slučaj:

$$\begin{aligned} t_{r0} &= 22,52 ; & t_{r1} &= 4,14 ; & t_{r2} &= 0,51 ; & t_{r3} &= 1,53 ; \\ t_{r12} &= 0,62 ; & t_{r13} &= 1,98 ; & t_{r23} &= 0,56 ; & t_{r123} &= 0,46 \end{aligned}$$

Za broj stepeni slobode $f_E = 8$ i usvojeni nivo značajnosti $\alpha = 5 \% = 0,05$ biće tablična vrednost $t_t = 3,306$ (tabela 2/[3]); pa prema uslovu signifikantnosti $t_n > t_t$ sledi da su parametri b_o i b_1 signifikantni, a parametri b_2 , b_3 , b_{12} , b_{23} i b_{123} nesignifikantni te se mogu zanemariti.

Na osnovu iznetog sledi zaključak da je konačni oblik modela:

$$\hat{y} = 90,3 + 16,59x_1 \quad (11)$$

na osnovu kojeg su računate modelske vrednosti u prethodnoj tabeli.

OCENA ADEKVATNOSTI MODELA

Ocena adekvatnosti modela se izvodi na osnovu jednačina

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} \quad (12)$$

$$f_{LF} = f_R - f_E \quad (13)$$

$$f_E = N(m - 1) \quad (14)$$

a primenom Fišerovog kriterijuma, pa imamo:

$$S_{LF} = m \sum_{i=1}^8 (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2 = 1906,26 \quad (15)$$

$$\text{odnosno: } S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = 476,57$$

$$\text{gde je: } f_{LF} = N_o - (k + 1) - N(m - 1) = 4$$

U gornjim jednačinama su:

$$\begin{aligned} S_{LF}^2 &- \text{ disperzija adekvatnosti modela,} \\ f_{LF} &- \end{aligned}$$

Za računsku vrednost:

$$F_r = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 1,854 \quad (16)$$

ocenjujemo adekvatnost modela na osnovu uslova $F_r = 1,854 < F_t = 3,84$, (tabela 3/[3]). Pošto je zadovoljen uslov, to znači da model dobro opisuje proces.

ODREĐIVANJE GRANICE POUZDANOSTI

Granica pouzdanosti parametara određuje se po formuli:

$$\Delta b_i = \pm(b_i - t_i S(b_i)) \quad (17)$$

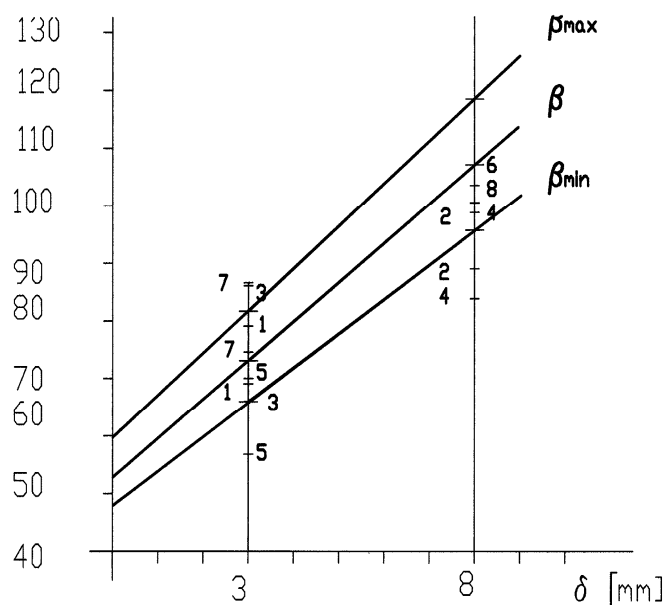
gde je:

$$S(b_i) = \frac{S_{rez}}{\sqrt{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}} \quad (18)$$

odakle je računom dobijeno: $s(b_o) = 43,34$; a $s(b_l) = 7,96$

odnosno: $\Delta b_o = \pm 9,64$; $\Delta b_l = 1,77$

Raspored mernih tačaka dat je u koordinatnom sistemu δ, β , na sledećoj slici (slika 2)



Slika 2.

PRELAZAK NA PRIRODNE VREDNOSTI FAKTORA

Prelazak na prirodne vrednosti faktora se, takođe izvodi pomoću jednačina transformacije (1):

$$x_i = \frac{X_i - X_{oi}}{W_i}$$

gde je: $W_i = 2,5$, a $X_{oi} = 5,5$

Jednačina koja opisuje proces glasi:

$$y = 53,8 + 6,636 X_1 \quad (19)$$

gde je: $y = \beta [^\circ]$ – ugaono pomeranje limova pri sučeonom jednostranom elektrolučnom zavarivanju,

$X_1 = \delta [mm]$ – debljina limova koji se zavaruju.

Pa je konačna jednačina:

$$\beta = 53,8 + 6,636 \delta \quad (20)$$

Odnosno: $\beta_{min} = 48,056 + 5,928 \delta$

$\beta_{max} = 59,548 + 7,344 \delta$

ZAKLJUČAK

Teorija planiranja eksperimenata nam omogućava da za, veoma kratko vreme, iznađemo jednačinu koja nam opisuje određeni proces, uz što manje troškove eksperimenta.

I ako se pošlo od pretpostavke da na ugaono pomeranje pri sučeonom zavarivanju limova značajno utiču sva tri pomenuta faktora, pokazano je da jedino značajan uticaj ima debljina limova.

U delu u kojem je određena granica pouzdanosti parametara može se videti da konačna jednačina veoma precizno opisuje proces, jer je veliki interval promene parametara.

Prečnik elektrode i jačina struje zavarivanja neznatno utiču na ugaono pomeranje zato što su intervali promene njihovih veličina uzeti tako da se dobija dobar kvalitet zavarenog spoja.

S obzirom da su merenja vršena na malim pločama, a u praksi imamo zavarivanje dimenzionalno većih limova, za očekivati je da bi rezultati merenja, pa i sama jednačina bili nešto drugačiji (zavarivanje je izvedeno u horizontalnom položaju limova pa i njihova težina bi bitno uticala na veličinu ugaonog pomeranja).

Kao što se sa dijagrama vidi, tačke se nalaze unutar intervala, ili blizu granica maksimuma i minimuma. Za tačnije rezultate eksperimenta trebalo bi više puta ponoviti merenja u tačkama.

TENTATIVELY DETERMINING SIZE OF ANGLE DISPLACEMENT IN FRONTAL WELDING PLATES

Resume

This work presents method of determining size of corner displacement at one-sided frontal welding plates which depends on modification of thicken matherial, power of electricity during welding and diameter electrode.

LITERATURA

1. Stanić, J.: Metod inženjerskih merenja, Mašinski faklutet, Beograd, 1981.
2. Stanić, J.: Upravljanje kvalitetom proizvodnje – metodi II, IRO «Građevinska knjiga», Beograd, 1985.
3. Ekinović, S.: Metode statističke analize u Microsoft EXCEL-u, Mašinski faklutet, Zenica, 1997.
4. Sarvan, M.: Tehnologija zavarivanja, Mašinski fakultet, priština, 1997.
5. Grupa autora: Inženjersko tehnički priručnik, III knjiga, Rad, Beograd, 1980.

Branko Kokotović¹⁾**ALGORITAM ZA OTKRIVANJE ULASKA LINEARNOG
DINAMIČKOG SISTEMA U NESTABILNO PODRUČJE***Rezime*

U radu je opisan algoritam koji omogućava otkrivanje približavanja režimu nestabilnog ponašanja za linearni dinamički sistem. Algoritam koristi odabirane signale pobude i odziva sistema i na specifičan način vrši estimaciju njihovog faznog pomeraja. Uvedena je funkcija prozorskog tipa, koja ima smisao praga, takva da naglašava razliku između režima stabilnog i nestabilnog rada. Algoritam je testiran kroz računarsku simulaciju za dinamički sistem sa jednim stepenom slobode. Rezultati simulacije ukazuju na dobra svojstva algoritma i za slučaj prisustva šuma. Pored toga on nije računski zahtevan što ga čini pogodnim za implementaciju u sistemima upravljanja.

Ključne reči: linearni dinamički sistem, nestabilnost, identifikacija

1. UVOD

U okviru istraživanja u oblasti dinamike procesa obrade rezanjem, danas su prisutni brojni novi pristupi, koji bi trebalo da daju doprinos u efikasnijem otkrivanju nastanka podrhtavanja pri obradi i da budu dobra pretpostavka u razvoju tehnika njegovog potiskivanja. U ovom radu je predstavljen algoritam, koji je parcijalni rezultat istraživanja u ovoj oblasti, a koja su predmet interesovanja jednog manjeg tima na Katedri za proizvodni mašinstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Algoritam bi trebalo da efikasno i pravovremeno prepozna trenutak kada dinamički sistem ulazi u svoje nestabilno područje. Ovde je pokazan takav jedan algoritam, osmišljen bez prevelikih ambicija, tj. njegova efikasnost je pokazana samo na primerima linearnih dinamičkih sistema drugog reda sa jednim stepenom slobode. Kao takav može biti korišten u različite svrhe, ali ne i za rano otkrivanje podrhtavanja pri obradi rezanjem, zbog izrazito nelinearne prirode ovog fenomena.

2. OSNOVNE POSTAVKE

Inspiracija za razvoj pristupa, koji je izložen u ovom radu, je pronađena u arhitekturi modela inteligentnog upravljanja u realnom vremenu, opisana u [2], i to u delu koji opisuje modul za senzorsko procesiranje takvog sistema (slika 1).

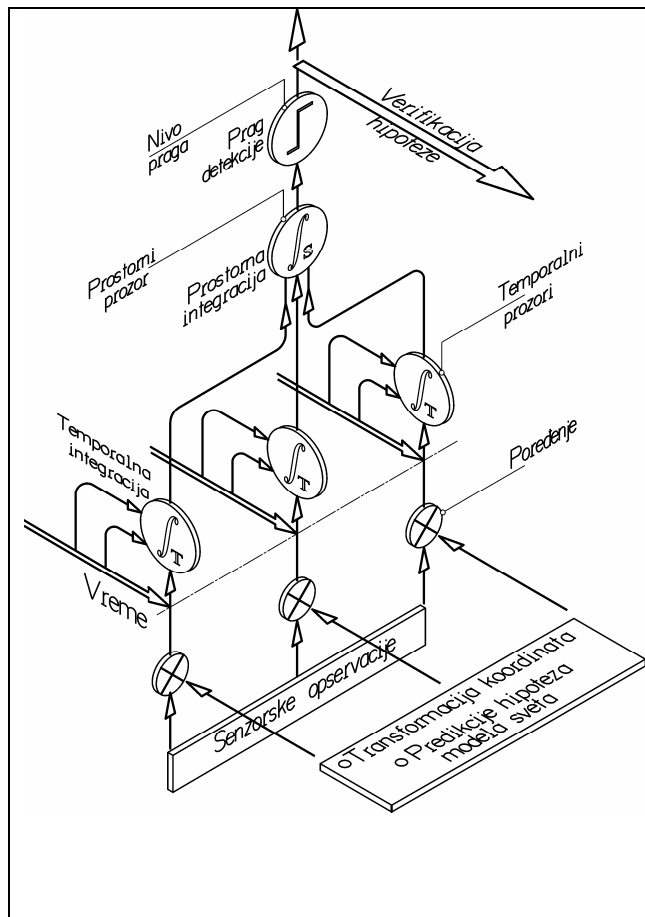
Svaki modul za senzorsko procesiranje (SP) se sastoji od:

- 1) skupa transformatora koordinata
- 2) skupa upoređivača (komparatora), koji porede senzorske observacije sa predikcijama modela sveta (WM)
- 3) skupa vremenskih integratora, koji integrale sličnosti i razlike
- 4) skupa prostornih integratora koji ostvaruju fuziju od različitih tokova senzorskih podataka
- 5) skupa detektora, sa pragom, kojima se omogućava prepoznavanje entiteta i detektnje događaja

¹⁾ mr Branko Kokotović, asistent (bkokotovic@mas.bg.ac.yu), Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd.

Svaki SP-modul na svakom nivou podrazumeva 5 tipova operacija:

1. Transformacija koordinata
2. Poređenje
3. Temporalna (vremenski ograničena) integracija
4. Prostorna integracija
5. Prepoznavanje / otkrivanje (detekcija),



Slika 1 Modul za procesiranje senzorskih informacija u inteligentnom sistemu upravljanja [2]

Vremenska integracija

Vremenska integracija akumulira sličnosti i razlike između predikcija i opservacija tokom vremenskog intervala. Vremenska integracija koja operiše samo sa senzorskim podacima može proizvesti sumiranje, kao što je totalnom, ili osrednjeno, u datom vremenskom prozoru. Vremenska integracija vrednosti sličnosti i razlika, koje su izračunate pomoću komparatora, mogu dati kao rezultat vremenske kros-korelacione i funkcije kovarijanse između modelskih i opserviranih podataka. Ove korelacione i kovarijanske funkcije su mere (izrazi) o tome koliko dinamička svojstva entiteta modela sveta odgovaraju onima kod entiteta iz realnog sveta

Prostorna integracija

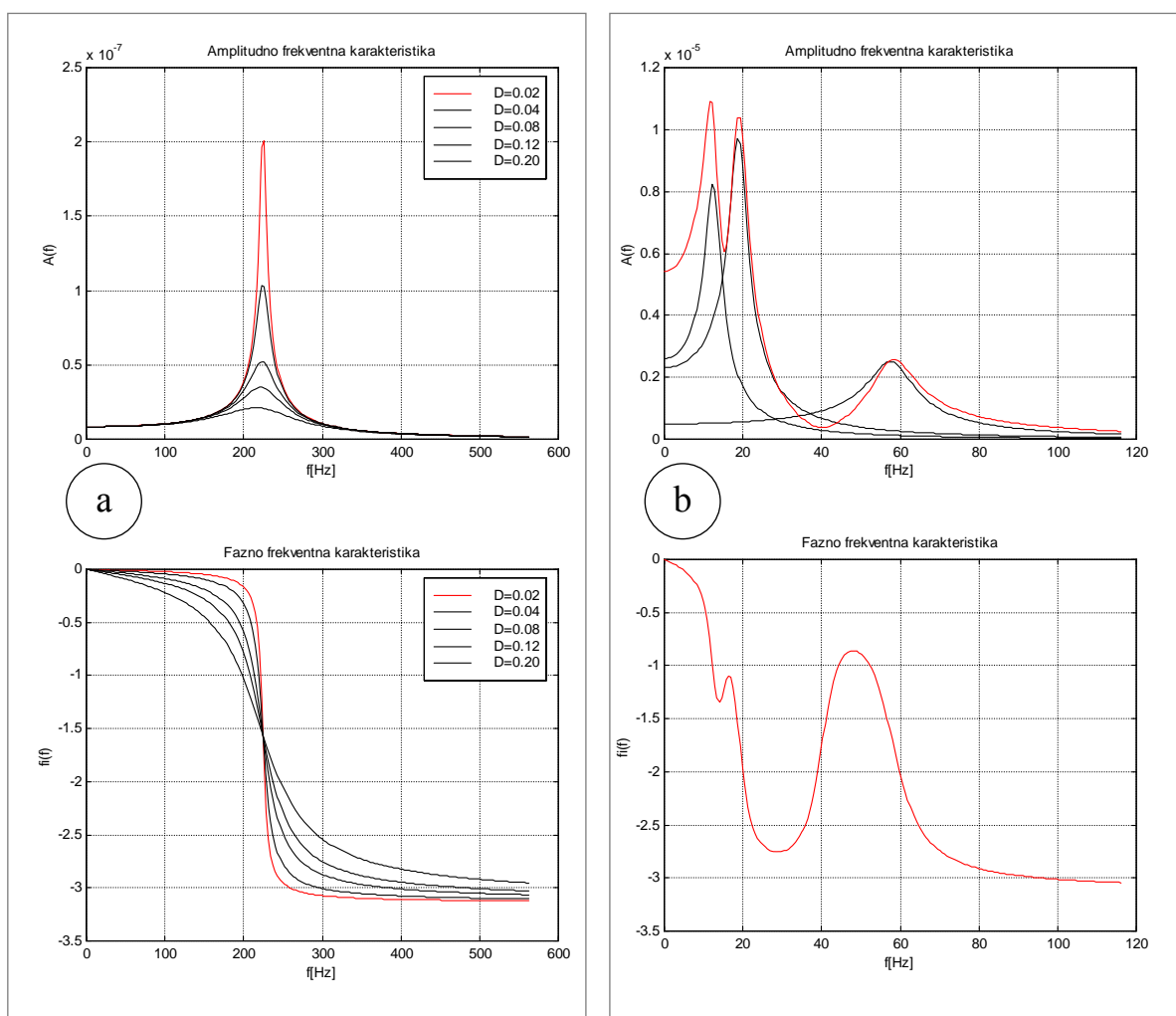
Prostorna integracija akumulira sličnosti i različitosti između predikcija i opservacija nad regionom u prostoru. Njome se proizvode prostorne kros-korelacione ili konvolucione funkcije između modela i opserviranih podataka [3]. Prostorna integracija sumira senzorske informacije iz više senzorskih izvora u jednu tačku u vremenu. Ona određuje da li svojstva entiteta modela sveta odgovaraju svojstvima korespondentnog entiteta u realnom svetu.

Prag prepoznavanja / detekcije

Kada (vrednosti) prostorno-vremenske korelacije premaše neki prag dolazi do prepoznavanja objekta (ili detekcije događaja) [4].

Bilo bi dobro da mogući algoritam otkrivanja ulaska u nestabilno područje dinamičkog sistema bude zasnovan na merenju faze ili nekog parametra koji je u izrazitoj korelaciji sa uglom fazne razlike pobude na sistem i njegovog odziva.

Priroda promene fazne razlike [1] ulaza i izlaza linearnog dinamičkog sistema u rezonantnom području je izrazita. Obično se veza faze i amplitude u frekventnom domenu izražava tako što se naglašava vrednost fazne razlike od $\varphi = -\pi/2$ pri sopstvenoj frekvenciji sistema (za sistem sa jednim stepenom slobode; slika 2a). Sa slike 2b se može uočiti da maksimumima i minimuma amplitudne karakteristike odgovaraju promene znaka drugog izvoda faznog ugla.



Slika2. Amplitudno-frekventna karakteristika i fazno frekventna-karakteristika za sistem (a) sa jednim stepenom slobode i (b) sa tri stepena slobode

3. ALGORITAM

Ako se razmatra mogućnost zaključivanja o sinfaznosti ili protivfaznosti dva signala u intervalu između dva odabiranja, onda je jedini mogući pokazatelj zapravo odnos znakova prvog izvoda ovih signala. Ako su izvodi oba signala istog znaka, onda je trenutni utisak da su sinfazni, ako su suprotnog znaka, onda je trenutni utisak da su ta dva signala protivfazna. Same vrednosti prvih izvoda ovih signala (na primer pobude i odziva) za ovu analizu nisu od značaje

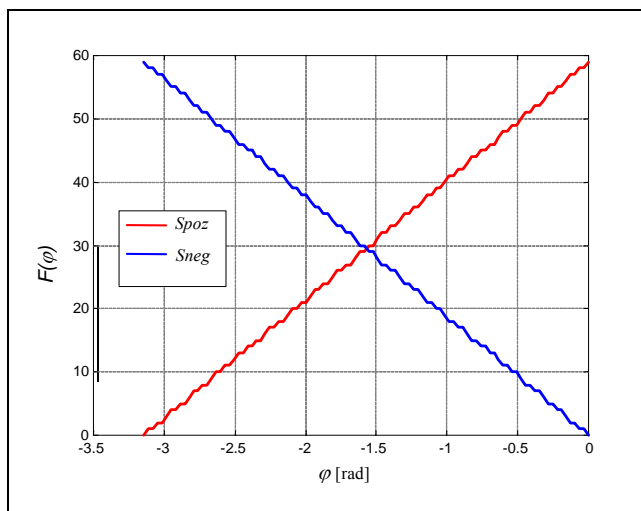
Poštujući logiku koja je sadržana u osnovnoj postavci kompleksa za senzorsko procesiranje u arhitekturi inteligentnih sistema za upravljanje u realnom vremenu (NIST-RCS) [2], mogući algoritam za ocenu fazne razlike pobude i odziva bi trebalo da računa ove "elementarne" utiske i da vrši njihovu integraciju u referentnom vremenskom intervalu.

Ovde se predlaže da se to integraljenje "elementarnih" utisaka u zaključak, na nivou referentnog vremenskog intervala, izvede na osnovu suma brojeva trenutaka odabira u kojima su bili zastupljeni utisaci jedne i druge vrste. Za potrebe prepoznavanja određenih stanja poželjno je uvesti nekakav odnos ovih suma, kako bi se jasno naglasila razlika između tog i drugih stanja.

Za početak uočimo kako se, za slučaj linearnog sistema, menjaju ove dve sume. Neka je ulaz sinusoidalan određene frekvencije, izlaz takođe, sa istom frekvencijom i određenom faznom razlikom. Neka je referentni vremenski interval u kome se vrpi integracija elementarnih utisaka jednak jednom periodu ulaznog signala. Neka su :

S_{poz} broj intervala odabiranja u kojima su prvi izvodi pobude i odziva istog znaka

S_{neg} broj trenutaka odabira u kojima su prvi izvodi pobude i odziva suprotnog znaka



Slika 3 Vremensko integraljenje elementarnih pokazatelja faznosti signala pobude i odziva

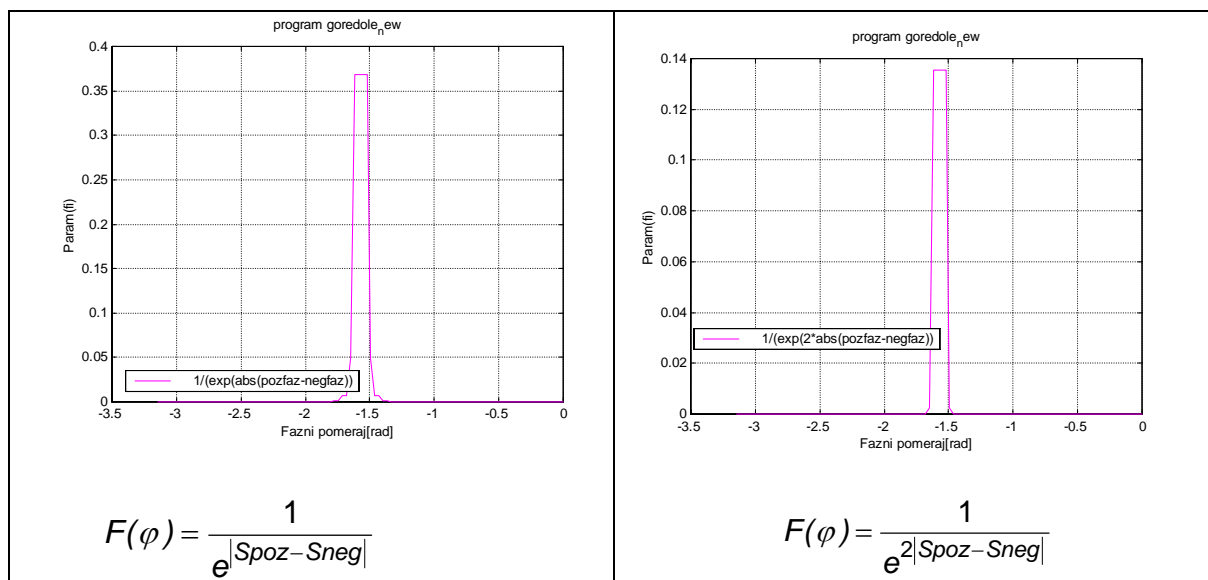
Slika 3 pokazuje kako se menjaju pomenute dve sume pri različitim uglovima fazne razlike, za varirane vrednosti φ , od 0 do $-\pi$.

Dva su zaključka:

- Promena ovih suma je izrazito linearna
- U tački koja odgovara faznoj razlici $\varphi = -\pi/2$ ove dve sume su jednake.

Ako za linearni dinamički sistem sa jednim stepenom slobode fazni pomeraj od $\varphi = -\pi/2$ karakteriše rezonantno područje, onda je interesantno definisati funkciju ovih dveju suma, koja će jasno razdvajati područje oko $\varphi = -\pi/2$, od ostalih.

Na slici 4 su pokazana dva primera.



Slika 4. Dva primera definisanja funkcije praga

Očigledno je da ovako definisane funkcije jasno izdvajaju oblast u kojoj je $S_{poz} = S_{neg}$. U primerima koji slede korišćena je funkcija u kojoj su pominjane sume normirane deljenjem sa brojem N , trenutaka odabira u referentnom vremenskom intervalu:

$$F(\varphi) = \frac{1}{e^{|S_{poz} - S_{neg}| / N}}$$

4. REZULTATI SIMULACIJE

Mogućnost primene opisanog algoritma analizirana je kroz simulaciju linearnog dinamičkog sistema drugog reda, sa jednim stepenom slobode. Pokazana su tri primera, u kojima sistem biva uveden u rezonantno područje promenom frekvencije pobude:

Primer 1: Linearna promena frekvencije pobude, sa prolaskom kroz prirodnu frekvenciju sistema

Primer 2: Linearna promena frekvencije do prirodne frekvencije sistema i naknadno zadržavanje frekvencije pobude.

Primer 3: Ilustracija prisustva šuma.

Prenosna funkcija sistema je:

$$W(s) = \frac{1}{20s + 100.53s + 3.1583 \cdot 10^5},$$

čemu odgovara $f_n = 20\text{Hz}$, odnosno $\omega_n = 125.663\text{rad/s}$

Bezdimenzioni faktor prigušenja je $\xi = 0.02$.

Amplitudno frekventna karakteristika ovog sistema je pokazana na slici 5.

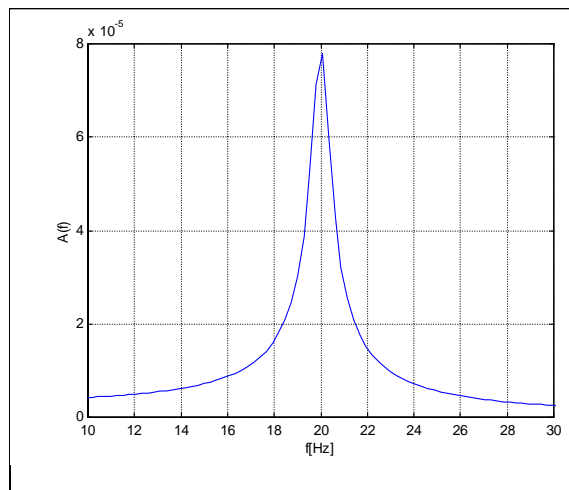
Identifikacija stabilnog odnosno nestabilnog režima je rađena po modelu 1:

$$F(\varphi) = \frac{1}{e^{|S_{poz} - S_{neg}|}}$$

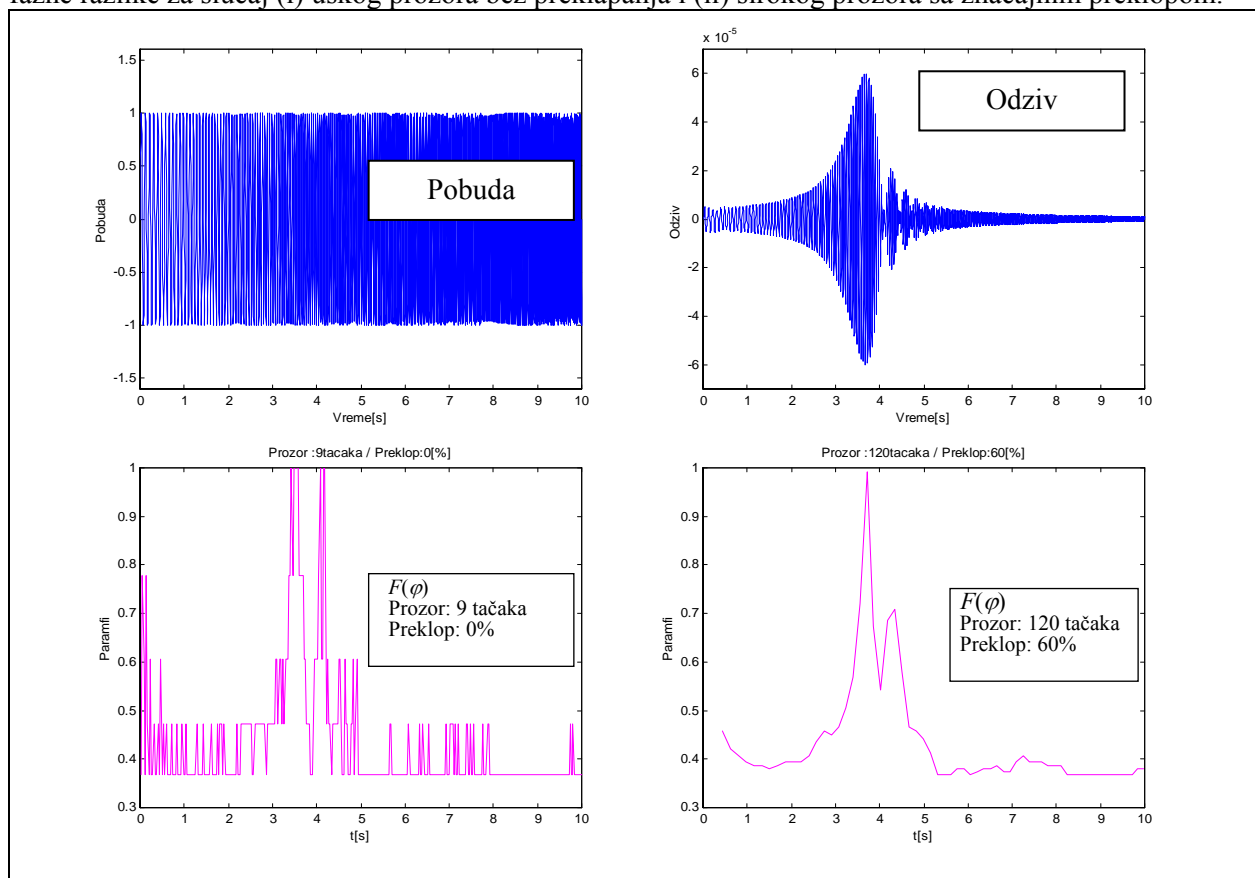
Primer 1

Pobuda je sa linerno promenljivom frekvencijom, tzv. *chirp* signal. Pobuda traje 10 sekundi i za to vreme promeni frekvenciju linearno od 10Hz do 40 Hz, prolazeći kroz rezonantno područje (prirodna frekvencija sistema 20 Hz).

Rezolucija pri simulaciji je takva da jednoj periodi signala na početku ($t \approx 0$) odgovara 32 tačke, dok je pri kraju serije ($t \approx 10$) sinusoida aproksimirana sa 10 tačaka. Na slici 6 su dijagrami parametra za ocenu fazne razlike za slučaj (i) uskog prozora bez preklapanja i (ii) širokog prozora sa značajnim preklapom.



Silka 5. Amplitudno frekventna karakteristika sistema korišćenog u simulaciji

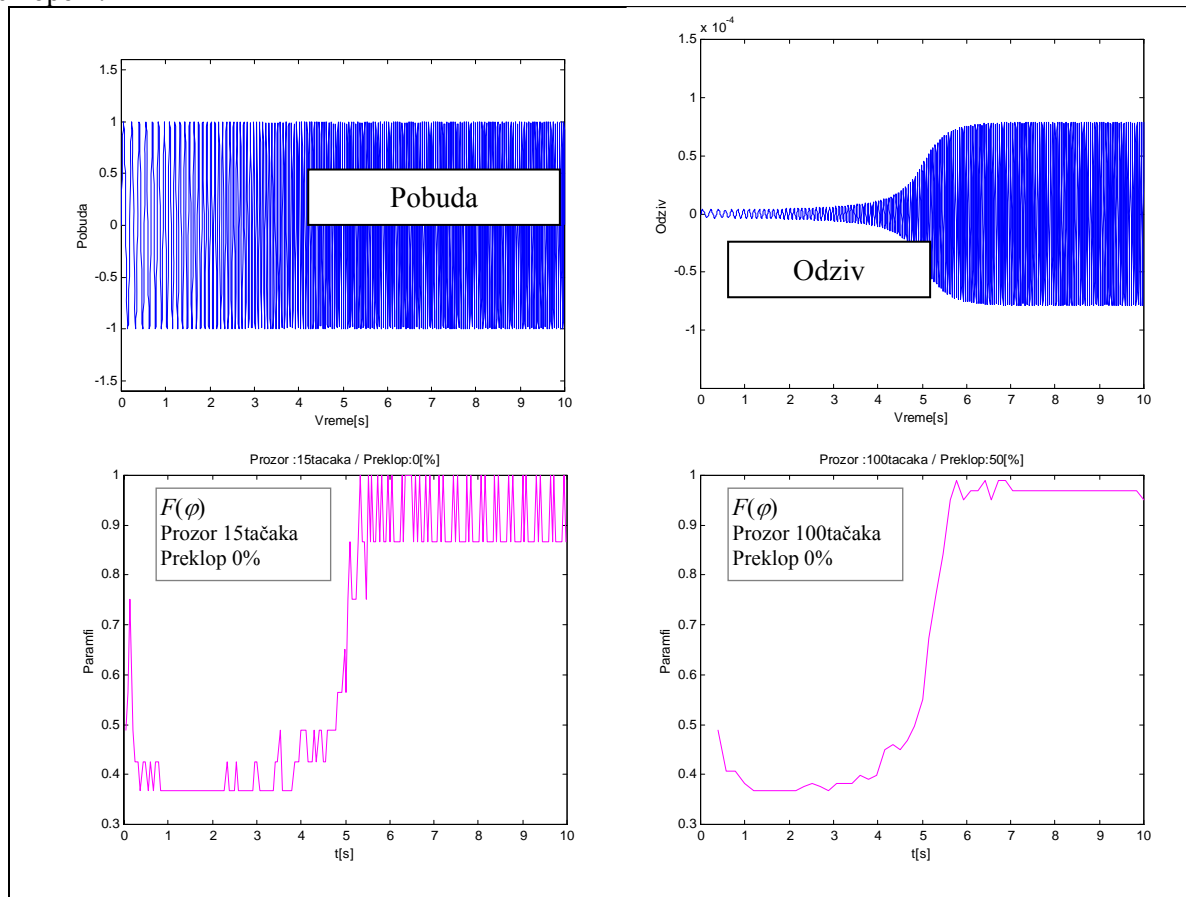


Slika 6. Otkrivanje ulaska u rezonantnu oblast (Primer 1)

Primer 2

Pobuda je sinusna funkcija i to takva da je njena frekvencija do $t=5$ s linearno promenljiva (menja se od 5 do 20 Hz) a posle tog vremena je konstantna i iznosi 20Hz, što odgovara prirodnoj frekvenciji sistema.

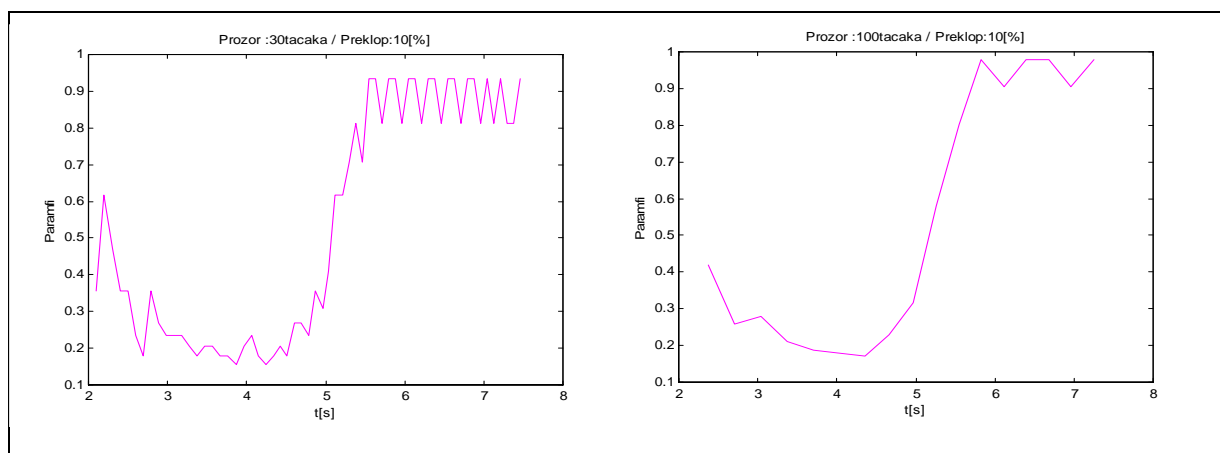
Rezolucija simulacije je takva da jednoj periodi signala na početku ($t \approx 0$) odgovara 52 tačke, dok je pri kraju serije ($t \approx 10$) sinusoida u jednoj periodu aproksimirana sa 18 tačaka. Na slici 7 su dijagrami parametra za ocenu fazne razlike za slučaj (i) uskog prozora bez preklapanja i (ii) širokog prozora sa značajnim preklopom.



Slika 7. Otkrivanje ulaska u rezonantnu oblast (Primer 2)

Primer 3. Prisustvo šuma

Urađena je simulacija i primena opisanog algoritma po modelu 2, za slučaj sličan onom u primeru 2. ali je na signal odziva dodat šum u vidu visokofrekventne komponente konstantne amplitude i frekvencije 63Hz. Amplituda je izabrana da bude oko 10% amplitude odziva u stabilnom režimu. Dobijeni su rezultati, pokazani na slici 8, po tzv. modelu 2



Slika 8. Otkrivanje ulaska u rezonantnu oblast u prisustvu izrazitog šuma

5. POKAZATELJI KVALITETA PREDSTAVLJENOG ALGORITMA

Za pokazatelje kvaliteta algoritma za prepoznavanje ulaska u nestabilno područja izabrani su sledeći parametri:

<i>EW</i>	Početna vrednost funkcije.	<i>DN</i>	Standardna devijacija u nestabilnom području
<i>SS</i>	Srednja vrednost u stabilnom području	<i>RSN</i>	Odnos u [%] : <i>SS</i> / <i>SN</i>
<i>DS</i>	Standardna devijacija u stabilnom području	<i>RSW</i>	Odnos u [%] : <i>SS</i> / <i>EW</i>
<i>SN</i>	Srednja vrednost u nestabilnom području	<i>RWN</i>	Odnos u [%] : <i>EW</i> / <i>SN</i>

Bolji kvalitet algoritma podrazumeva veće vrednosti za *RSN* i manje vrednosti za *RSW* i *RWN*

Analiziran je selektivniji model (model 2):

$$F(\varphi) = \frac{1}{e^{2|Spoz-Sneg|/N}}$$

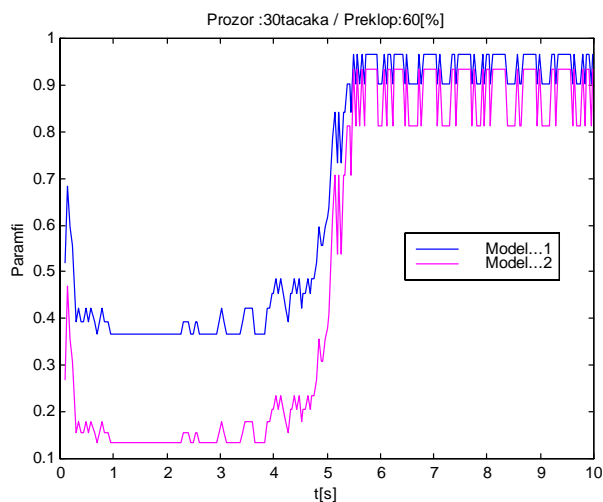
Gde je *N* broj tačaka obuhvaćenih prozorom.

Prednosti ovog modela, u odnosu na $I_{R(1)}$ je naglašenija razlika između nestabilnog i stabilnog područja, i manje iskazan početni skok. Ova činjenica je ilustrovana na slici 9 za slučaj primene algoritma sa 30 tačaka u prozoru i preklapom prozora od 60%.

Granice za stabilno i nestabilno područje su eksplicitno zadate na osnovu dijagrama odziva i iznose:

Stabilno područje: $t \in (0.4, 5s)$

Nestabilno područje: $t \in (5.5, 10s)$



Slika 9 Poređenje dva modela za prepoznavanje nastanka samopobudnih vibracija

Za prethodno analizirane slučajeve (različite veličine prozora i različite veličine preklopa prozora) za navedena dva modela funkcije, date su vrednosti opisanih parametara u sledećoj tabeli.

Tabela T2.

Sirina prozora [tac.]	30	30	30	30	60	60	60	60
Preklop prozora [%]	60	40	20	10	60	40	20	10
<i>EW</i>	0.4683	0.5376	0.3554	0.3554	0.3053	0.3053	0.3053	0.3053
<i>SS</i>	0.1624	0.1649	0.1612	0.1616	0.1584	0.1597	0.1586	0.1607
<i>DS</i>	0.0502	0.0605	0.0428	0.0441	0.0336	0.0380	0.0376	0.0408
<i>SN</i>	0.8840	0.8870	0.8880	0.8812	0.9242	0.9215	0.8797	0.9274
<i>DN</i>	0.0594	0.0589	0.0588	0.0637	0.0422	0.0459	0.0330	0.0458
<i>RSN</i>	18.3750	18.5910	18.1537	18.3429	17.1418	17.3302	18.0283	17.3237
<i>RSW</i>	34.6862	30.6751	45.3584	45.4774	51.8905	52.3048	51.9492	52.6221
<i>RWN</i>	52.9751	60.6061	40.0229	40.3341	33.0345	33.1332	34.7037	32.9210
Sirina prozora [tac.]	80	80	80	80	120	120	120	120
Preklop prozora [%]	60	40	20	10	60	40	20	10
<i>EW</i>	0.2614	0.2614	0.2614	0.2614	0.2241	0.2241	0.2241	0.2241
<i>SS</i>	0.1571	0.1577	0.1607	0.1597	0.1551	0.1538	0.1597	0.1565
<i>DS</i>	0.0296	0.0316	0.0336	0.0363	0.0250	0.0261	0.0299	0.0298
<i>SN</i>	0.9664	0.9577	0.9642	0.9633	0.9669	0.9677	0.9706	0.9573
<i>DN</i>	0.0252	0.0335	0.0251	0.0331	0.0315	0.0366	0.0288	0.0536
<i>RSN</i>	16.2561	16.4697	16.6692	16.5806	16.0452	15.8968	16.4540	16.3491
<i>RSW</i>	60.1038	60.3426	61.4883	61.1074	69.2391	68.6509	71.2749	69.8458
<i>RWN</i>	27.0468	27.2937	27.1096	27.1335	23.1736	23.1559	23.0853	23.4073

4. ZAKLJUČAK

Opisani algoritam iskazuje dobra svojstva u prepoznavanju stabilnog i nestabilnog ponašanja linearnog dinamičkog sistema drugog reda. Sa stanovišta moguća implementacije ima niz pogodnosti, a prvensteno što računski nije mnogo zahtevan.

Računski ciklus u okviru jednog prozora podrazumeva N puta ponavljanje sledećih operacija:

- Određivanje izvoda dva signala (Izvod diskretnog signala u određenoj tački odabiranja se svodi na nalaženje razlike njegove vrednosti u tom i prethodnom trenutku odabiranja)
- Određivanje znakova tih izvoda (u digitalnom sistemu upravljanja to se svodi na očitavanje po jednog bita za izračunati "izvod" pobude i odziva.)
- Ažuriranje dva brojača.

5. LITERATURA

- [1] Stojić M. , Kontinualni sistemi automatskog upravljanja, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
- [2] Albus J. , The NIST Real-time Control System (RCS), An Application Survey, AAAI Spring Symposium Series, Proceedings, Stanford University, Menlo Park, CA, 1995.
- [3] Koizumi T., Tsujiuchi N., Diagnosis with the correlation integral in time domain, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol.14, No. 6, pp 1003-1010, Academic Press, 1999.
- [4] Gerdes V., "Identification and Analysis of Cognitive Errors; Application to Control Room Operators" , Printed by Ponsen&Looijen bv, Wageningen (NL), 1997.

Branko Kokotović

ALGORITHM FOR DETECTION OF APPROACHING TO UNSTABLE REGION OF LINEAR DYNAMIC SYSTEM

Summary

Paper describes an algorithm which enables detection of approaching of unstable behaviour for linear dynamic system. Algorithm uses sampled signals of system excitation and response and estimates its phase shift, on specific way. It was suggested window type function which operates as threshold function, so that clearly separates stable and unstable mode. Presented algorithm was tested through computer simulation for linear dynamic system with one degree of freedom. Simulation results shows good properties of presented algorithm even in the presence of noise. Algorithm it is not computationally requiring, that makes it suitable for implementation in control systems.

Key words: Linear dynamic system, Unstability, Detection

**KOEFICIENT GOTOVOSTI TRAKTORA
KAO MERILO NJEGOVE EFEKTIVNOSTI**

Milan Veljić¹
Viara Požidajeva²
Dragan Živković³

Abstract: *Kako su radovi u poljoprivredi sezonskog karaktera i moraju se obaviti u strogo terminiran vremenskim intervalima, to bilo koji otkaz elementa traktora, može dovesti u pitanje obavljanje brojnih poljoprivrednih operacija, odnosno do velikih materijalnih gubitaka. Zbog toga se od traktora zahtevai vrlo visoka pouzdanost. U radu je razmatrana operativna gotovost i koeficijent gotovosti kao merilo efektivnosti traktora, odnosno kvaliteta njegovog održavanja. Takođe u radu su dati rezultati istraživanja operativne gotovosti i koeficijena gotovosti na jednom poljoprivrednom dobru.*

Ključne reči: održavanje, gotovost, traktor agretiranje,

1. UVOD

Traktor je najvažnija pogonska mašina u poljoprivredi. Koristi se uglavnom preko cele godine za obavljanje najrazličitijih poslova i to kao transportno sredstvo, kao vučno sredstvo i kao pogonska mašina za mnoge poljoprivredne mašine. Mnogostrane mogućnosti primene pri izvođenju brojnih operacija u poljoprivrednoj proizvodnji, od osnovne obrade zemljišta, do sređivanja poljoprivrednih kultura, transporta, stacioniranog rada i rada koji nije vezan za otvoren prostor nametnuo je energetske izvore (traktore) različitih koncepcija i tehničkih izvedbi. Kako je obavljanje poljoprivrednih operacija vezano za kalendarski rok i vremenske prilike, to je od izuzetne važnosti da traktor ima visoku pouzdanost, odnosno da u određenom trenutku bude ispravan i u radnom stanju. Da bi se postigao ovaj cilj potrebno je da se posveti odgovarajuća pažnja preventivnom održavanju traktora, odnosno da se izaberu odgovarajući kriterijumi koji će na eksplicitan način moći da ocene kvalitet preventivnog održavanja.

2. TRAKTOR

Traktor je jedna od najzastupljenih poljoprivrednih mašina u poljoprivrednoj proizvodnji i u zavisnosti od namene postoje odgovarajuća konstruktivna rešenja traktora (*slika:1*). U okviru poljoprivrednog gazdinstva transport poljoprivrednih proizvoda i sirovina neophodnih za poljoprivrednu proizvodnju najčešće se obavlja traktorskim transportnim sistemima. Traktor, kao mobilan izvor mehaničke energije, omogućava primenu tehničkih sistema u poljoprivredi za obavljanje procesa na površini polja, a delimično i za druge delatnosti poljoprivredne proizvodnje. Najznačajni predstavnik u tehnološkim procesima rada je traktor, kao energetski izvor namanjen za vuču (pa i guranje i nošenje) poljoprivrednih mašina kao i za pogon preko priključnog vratila.

Traktor kao osnovno mobilno transportno sredstvo u poljoprivredi (*slika:2*), osim specifičnosti koja važe za sva ostala motorna vozila ima i neke sebi svojstvene specifičnosti kao što su:

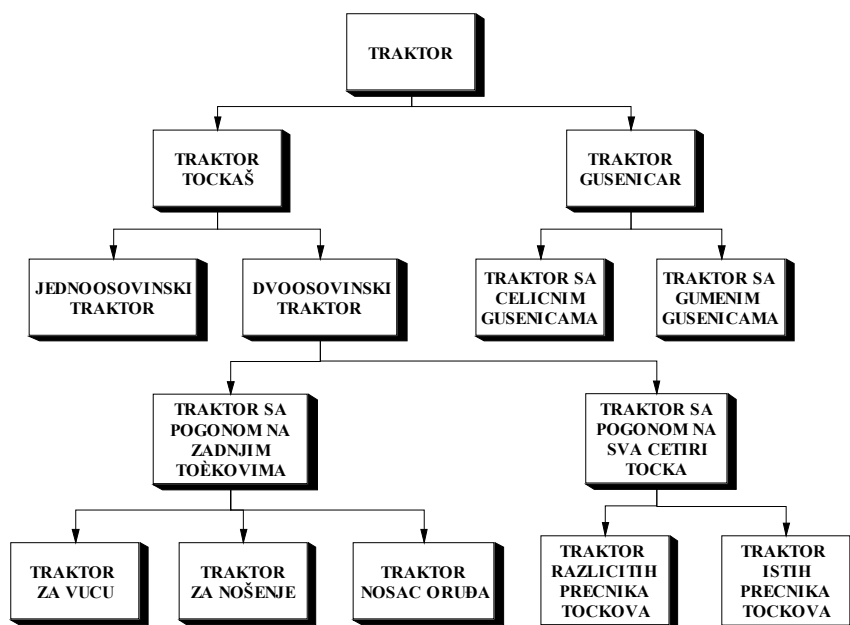
- pojačana poprečna i uzdužna stabilnost,
- mali radijus zaokretanja, odnosno veće uglove zaokretanja točkova,
- veliki dijamazon brzina (neke operacije u poljoprivredi zahtevju male brzine kretanja) (*slika:3*),

obebeđivanje prenosa mehaničke energije obrtanja preko priključnog vratilasa ugaonom brzinom koja, u jednom slučaju zavisi od ugaone brzine motora (odvod snage vrši se direktno sa motora) a u drugom od izlazne brzine vratila menjača (odvod snage vrši se sa menjača) a u zavisnosti od vrste priključne mašine.

¹ Dr Veljić Milan, profesor Mašinski fakultet u Beogradu, 27 marta 80, Beograd

² Dr Viara Požidajeva, profesor Univesity of Mining & Geology, Sofia

³ Dr Dragan Živković, profesor VTŠZrenjanin, Đorđa Stratimirovića 23, 23000 Zrenjanin, e-mail: zivkkev@drenik .net



Slika2: Traktor-IMT580

Slika1: Podela traktora prema konstruktivnoj izvedbi

3. ODRŽAVANJE TRAKTORA

Održavanje ima zadatak da otklanja otkaze i sprečava njihovu pojavu, odnosno da obezbedi pouzdano funkcionisanje proizvodnog sistema u toku njegovog rada i eliminiše sve zastoje do kojih može da dođe u procesu eksploatacije.

Osnovni ciljevi organizovanog procesa održavanja su:

- minimiziranje troškova zbog zastoja u radu usled neplaniranih kvarova,
- obezbeđivanje potrebnog nivoa pouzdanosti proizvodne opreme,
- postizanje boljeg kvaliteta proizvoda,
- povećanje produktivnosti rada.

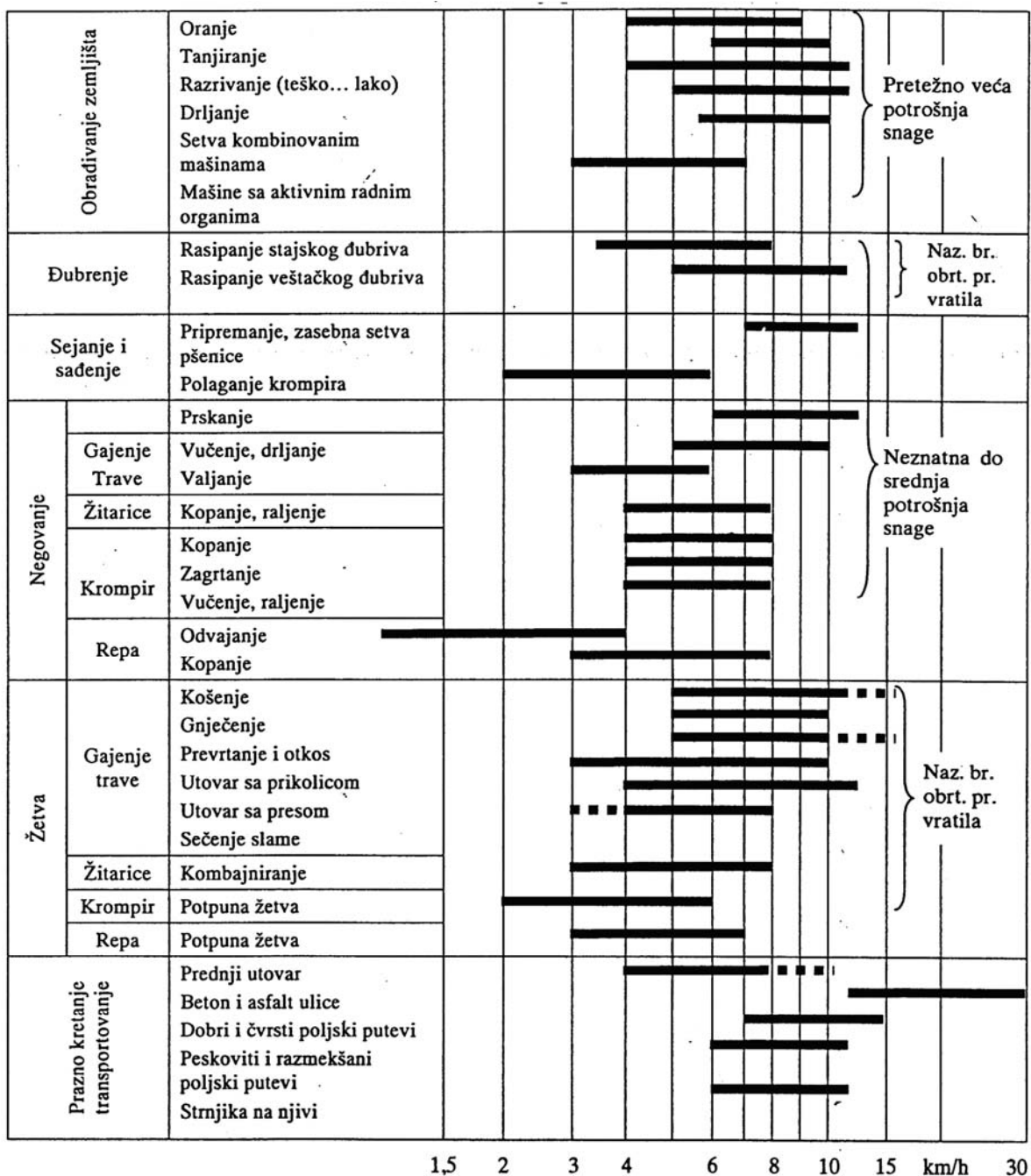
Kako su radovi u poljoprivredi sezonskog karaktera i moraju se obaviti u strogo terminiranim vremenskim intervalima, to bilo koji otkaz elementa traktora može dovesti do otkaza celog transportnog sistema, odnosno do velikih zastoja u proizvodnji. Zbog toga se od transportnog sistema- traktora traži vrlo visoka efektivnost.

4. EFEKTIVNOST TRAKTORA

Efektivnost opreme predstavlja kompleksan pokazatelj njenog ponašanja u datom vremenu i uslovima okoline sa stanovišta ostvarenja zadate funkcije kriterijuma. Odnosno efektivnot opreme predstavlja verovatnoću da će ona uspešno stupiti u dejstvo i uspešno vršiti funkciju kriterijuma koja je pred nju postavljena u datom vremenu i prostoru.

Efektivnost opreme, odnosno tehničkog sistema može se posmatrati kroz tri različita koncepta, odnosno kroz:

1. gotovost, pouzdanost i funkcionalnu podobnost (slika 4),
2. raspoloživost, izdržljivost i sposobnost,
3. učinak, raspoloživost i korićenje.



Slika3: Zavisnost brzine kretanja traktora za pojedine poljoprivredne operacije



Slika 4: Tri komponente efektivnosti sistema

Ako se efektivnost opreme posmatrana kroz gotovost, pouzdanost i funkcionalnu podobnost (koncept pod 1) predstavi u matematičkom obliku dobija se:

$$E_s(t) = G(t) P_p(t) FP$$

gde je:

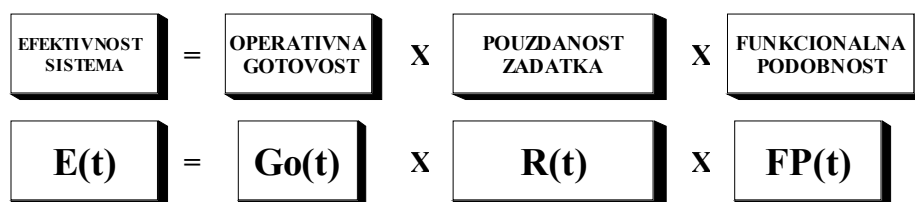
$E_s(t)$ -efektivnost opreme

$G_o(t)$ -gotovost opreme predstavlja verovatnoću da će oprema (sistem) uspešno stupiti u dejstvo i ostvariti projektovane izlazne veličine, projektovane funkcijom kriterijuma u datom vremenu i datim uslovima rada.

$R_p(t)$ -pouzdanost opreme predstavlja verovatnoću da će oprema (sistem) uspešno vršiti funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu trajanja i datim uslovima okoline.

FP -funkcionalna podobnost opreme predstavlja sposobnost opreme (tehničkog sistema) za uspešno prilagođavanje uslovima okoline u projektovanom vremenu trajanja rada.

Ako se to predstavi grafički dobija se dijagram (slika 5) :



Slika 5: Grafički prikaz efektivnosti u funkciji gotovosti, pouzdanosti i funkcionalne podobnosti

5. GOTOVOST OPREME

Za prikazivanje uspešnosti rada opreme koristi se gotovost. Gotovost u sebi sadrži i osobinu pouzdanosti i osobinu pogodnosti za održavanje. Gotovost predstavlja verovatnoću da će oprema (sistem) u bilo kom trenutku vremena biti "u radu". Gotovost u matematičkom obliku može se prikazati kao:

$$G(t) = t_R / (t_R + t_F)$$

gde je:

$t_R(h)$ - vreme koje oprema (sistem) provede u radu

$t_F(h)$ - vreme koje oprema (sistem) provede u otkazu

Gotovost se može definisati na više načina, zavisno od prilaza i ciljeva analize. Operativna gotovost je:

$$G_O(t) = (t_R + t_S) / (t_R + t_S + t_F)$$

gde je:

$t_K(h)$ - vreme korišćenja,

$t_F(h)$ - vreme koje sistem provede u otkazu,

$t_S(h)$ - vreme koje se sistem ne koristi.

Kako se gotovost opreme obično posmatra za period od jedne godine, to se gotovost ne posmatra kao promenljiva u vremenu, već kao konstanta za taj period. Tada se koristi koeficijent gotovosti, koji se može odrediti iz obrasca:

$$k_G = \sum t_{Ri} / (\sum t_{Ri} + \sum t_{Fi}) \quad (\text{za } i = 1, \dots, n)$$

gde je:

k_G - koeficijent gotovosti

$\sum t_R(h/\text{god})$ - ukupno vreme koje sistem u toku godine provede u radu

$\sum t_F(h/\text{god})$ - ukupno vreme koje sistem u toku godine provede u otkazu

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Poljoprivredno dobro "Agrobanat" u Plandištu raspolaže sa 2200 ha obradive površine. Osnovna obrada zemljišta i sav potreban transport se vrši se sa 34 traktora prikazani u *tabeli: 1*. Odgovarajućim procedurama tačno su predviđeni postupci preventivnog održavanja.

Tabela 1: Broj traktora

Tip traktora	Br. traktora	Snaga (kW)
IMT-533	5	24,3
IMT-549	2	35
IMT-578	2	56
Torpedo 7506	6	55
MTZ 820	12	62
John Deere 8100	3	110
John Deere 8220	4	132

Istraživanjem broja otkaza koji se dešavaju na hidraulici traktora IMT-580, dobijene su vrednosti inteziteta otkaza za pojedine njene elemente i koji su prikazani u *tabeli: 2*.

Analizom podataka prikazanih u *tablici 2*, vidi se da su prosečni zastoji traktora zbog otkaza hidrauličnih elemenata odnosno trajanje interventnog održavanja prosečno 58,75≈60 časova godišnje. Kako je prosečno vreme rada traktora oko 180 dana, to je kapacitet traktora zbog otkaza komponenti umanjen za manje od 3,45%, i koji se boljim i organizovanijim održavanjem može znatno smanjiti a samim tim smanjiti i troškovi proizvodnog procesa.

Ako se tome doda činjenica da realno vreme otklanjanja otkaza traje po nekoliko sati (a obično je van eksploatacije jedan dan: traktor se mora transportovati do radionice, popraviti i vratiti na njivu) daleko veće od vremena same popravke, i da je rad različitih agregata uslovljen vremenskim (atmosferskim) uslovima, kao i kalendarskim vremenom (radi u toku godine manje od mesec dana), tada intezitet (broj) otkaza prikazanih u tabeli jeste veoma indikativan za službu održavanja.

Operativna gotovost traktora može se prikazati kao:

$$G_O(t) = (t_R + t_S) / (t_R + t_S + t_F) = (1740 + 1850) / (1740 + 1850 + 60)$$
$$G_O(t) = 0.98356$$

gde je:

$t_R = 1740h$ - vreme korišćenja (180 dana po 10h manje 60 h),
 $t_F = 60h$ - vreme koje sistem provede u otkazu,
 $t_S = 1850h$ - vreme koje se sistem ne koristi (185 dana po 10h).

Koeficijent otkaza je:

$$k_O = \sum t_{Fi} / \sum t_{Ri} = 60 / 1740$$
$$k_O = 0,0345$$

gde je:

k_O - koeficijent otkaza

$\sum t_R = 1740 h/god$ - ukupno vreme koje sistem u toku godine provede u radu,

$\sum t_F = 60 h/god$ - ukupno vreme koje sistem u toku godine provede u otkazu.

Tabela 2: Rezultati istraživanja broja i vrste otkaza na traktoru IMT-580

Red broj	Naziv dela	Broj otkaza godišnje λ	Vreme otklanjanja otkaza (min)	Vrsta otkaza	Način otklanjanja otkaza
1	Podizač ne podiže oruđe	1	300	Razvodnik blokiran	Izvaditi pumpu, pronaći uzrok i otkloniti ga
		5	180	Propuštanje ulja	Zameniti zaptivne prstenove
		2	180	Sigurnosni ventil neispravan	Podesiti ga ili zameniti sa novim
		1	180	Cilindar podizača ne radi	Podesiti zavrtnjeve
2.	Podizač ne podiže oruđe	2	90	Ramena podizača blokirana	Proveriti sigurnosni ventil
3	Oruđe se ne spušta	1	300	Razvodnik blokiran	Izvaditi pumpu, pronaći uzrok i otkloniti ga
4	Neravnomerno podizanje oruđa	1	360	Jedan ili više ventila u bočnim komorama pumpe ne radi	Izvaditi pumu i otkloniti otkaz
		1	360	Jedan ili više kliznih prstenova oštrčeni	Izvaditi pumu i zameniti oštećene prstenove
5	Sigurnosni ventil propušta kada se ručica komande za položaj podigne u transportni položaj	2	10	Gornji graničnik na nije pravilno postavljen	Podesiti graničnik na meru od 295 mm
		5	5	Lanci donjih poluga usukani	Ispraviti
6.	Oruđe neće da se spušta ili da podiže	1	180	Navrtka za podešavanje dvokrake poluge razvodnika je previše pritegnuta	Podesiti dvokraku polugu i proveriti tačnost položaja donjeg graničnika.
7.	Kontrola vuče ne dopušta oruđu da dostigne dovoljnu radnu dubinu	1	180	Valjčić na vratilu kontrole položaja ekcentričan ili zaglavljn	Zameniti sklop ako je potrebno
8.	Nepravilan rad podizača ili slaba kontrola	1	180	Postoji čeon aksijalni zazor čeon opruge	Proveriti i otkloniti zazor

7. ZAKLJUČAK

Operativna gotovost kao elemenat efektivnosti predstavlja jedan, ali ne i jedini kriterijum za ocenu kvaliteta preventivnog održavanja traktora. Sprovedena istraživanja operativne gotovosti pokazuje da postoji prostor za poboljšanje postupka preventivnog održavanja. Zastoji traktora od 60 časova godišnje su dosta veliki s obzirom da je traktor osnovna pogonska mašina u poljoprivredi. Određivanjem nivoa efektivnost kod poljoprivredne opreme, odnosno traktora može se izvršiti odgovarajuće planiranje preventivnog održavanja. Optimizacijom nivoa efektivnosti poljoprivredne opreme, odnosno traktora postižu se i optimalni eksploataciono-ekonomski efekti eksploatacije poljoprivredne opreme.

LITERATURA

- [1] Živković, D. Veljić, M. Rančić, M. Preventive Maintenance of Centrifugal Pump on Devices for Spray Irrigation, 5TH International Conference Research and Development in Mechanical Industry- RaDMI 2005, V.Banja, 2005, pp.
- [2] Živković, D. Veljić, M. Operating Readiness As a Criterion for Evaluating the Success of Implementing the System of Quality, 4th International Conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2004, Zlatibor, 2004, pp.439-444.
- [3] Veljić, M. Tehnološki procesi mehanizovane poljoprivrede, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd 1997.
- [4] Živković, D. Živković, M. Pozhidaeva, V. Determination of Economic Indicators for Mechanized Harvesting of Plums, 7th International Conference of Advanced Manufacturing Operations, Technical University of Sofia, Faculty of Machine Technology, Sozopol, 2006, pp.104-110.
- [5] Živković, D. Veljić, M. Rančić, M. The Number of Failures on Pneumatic Spacing Drills as a Measure of Preventive Maintenance Quality, Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol.32, Gabrovo, 2005, pp.14-19.
- [6] Živković, D. Pozhidaeva, V. Žepenić, C. Economy as a Criterion for the Design of Wood Drying Facilities, International Scientific Conference UNITECH 05, Technical University of Gabrovo, 2005, Volume II, pp: III-222- III-227.
- [7] Živković, D. Veljić, M. Rančić, M. Combine Hydraulics Readiness Factor as a Measure of Effectiveness, International Scientific Conference UNITECH 05, Technical University of Gabrovo, 2005, Volume II, pp: II-104- II-109.
- [8] Veljić, M. Živković, D: Prilog određivanju ekonomičnosti tresača voća, 31. JUPITER konferencija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2005, str: 4.33-4.39.
- [9] Veljić, M. Živković, D: Sistem kvaliteta u održavanju hidrauličke žetnog kombajna, XXX JUPITER konferencija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2004,

THE FACTOR OF READINESS AS A MEASURE OF THE EFFECTIVENESS OF TRACTOR

Abstract: As agricultural work has a seasonal character and it has to be carried out within strictly limited time intervals, any failure of any element of the tractor may imperil the performance of numerous agricultural operations, causing heavy financial loss. Therefore, a tractor must have a high level of reliability. This paper considers operating readiness and the factor of readiness as a measure of the tractor effectiveness and the quality of its maintenance. This paper also provides research results concerning operating readiness and the factor of readiness in an agricultural facility.

Key words: maintenance, readiness, tractor, aggregation

**РАЗВОЈ И ПРИМЕНА НОВИХ АЛАТА У ТЕХНОЛОГИЈИ ОБРАДЕ КАМЕНА НА БАЗИ
МЕРМЕРА И ГРАНИТА –
РЕКАПИТУЛАЦИЈА УКУПНИХ РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ ТР-6338Б**

Љ. Тановић, Р. Пузовић, М. Поповић, Б. Ковљенић, Ж. Васић¹

Резиме

Основни циљ изведених истраживања је подизање технолошког нивоа прераде украсног камена из домаћих налазишта преваходно намењеног за ентеријере. Развијена генерација нових алата на бази супертврдих материјала омогућава смањење броја операција обликовања, повећање производности обраде и постизање високог квалитета обрађене површине као и сјајност површине. Успостављена је база података о обрадљивости мермера (Венчац бели и Плави ток) и гранита (Јошаница и Буковик). Реализацијом пројекта су постигнута два циља: анулирање технолошког заостајања у односу на средње развијене земље и створени услови за производњу алата у домаћој индустрији а тиме и супституција увоза.

1. Систем анализа налазишта и класификација АГ камена

1.1 Класификовање архитектонско-грађевинског камена

Разматрани су основни актуелни проблеми класификовања архитектонско грађевинског камена, кроз комплексну класификацију засновану на следећим критеријумима: облику и димензијама, обради и намени производа од камена. Треба напоменути да у данашње време у свету и код нас постоји више класификација неметаличних минералних сировина, али са друге стране не постоји нека универзална и опште прихваћена класификација, већ се она остварује на различите начине у зависности од тога којој сврси служи и на којим критеријумима се темељи.

Важно је рећи да су у предложеној класификацији границе између појединих група, подгрупа као и јединица нижег реда, умногоме конвенционалне и да су могуће различите комбинације између појединих представника. Тако на пример, ломљен камен (поготово ако је природно плочаст) чини прелаз од необликованог ка обликованом камену; резне површине (везне и видне) код истог комада камена могу бити различито обрађене – нпр. сечење се може комбиновати са раздвајањем или одламањем.

Класификације архитектонско грађевинског камена [1, 3, 7]:

I Према облику и димензијама

1. необликован (недимензиониран) камен
 - a. ломљен камен (>63 mm)
 - b. дробљен камен (0,2-63 mm)
 - c. млевен камен (<0,2 mm)
2. обликован (димензиониран) камен
 - a. сечен камен
 - b. раздвојен камен

II Према обради

1. необрађен камен
2. обрађен камен
 - a. грубо (дотеран ломљен камен-првенствено природно плочаст; сечен, раздвојен, клесан и тесан, шпицован, браздан и пескиран камен; камен третиран пламеним млазом)
 - b. фино (брушен и полиран камен)

¹ Проф.др Љубодраг Тановић, Доц.др Радован Пузовић, Мр Михајло Поповић, Мр Борислав Ковљенић, Мр Жељко Васић, Машински факултет у Београду

III Према намени

1. технички камен
 - a. неправилни блокови за хидротехничке радове
 - b. камен за зидање
 - c. камен за поплочавање
 - d. кровни шкриљци
 - e. агрегат (гранулат)
2. украсни (архитектонски) камен
 - a. камен за облагање (вертикално и хоризонтално)
 - b. камен за израду различитих архитектонских елемената (стубова, капитета, судова, портала, степеница, балистрада и др.)

1.2 Комерцијална класификација АГ камена

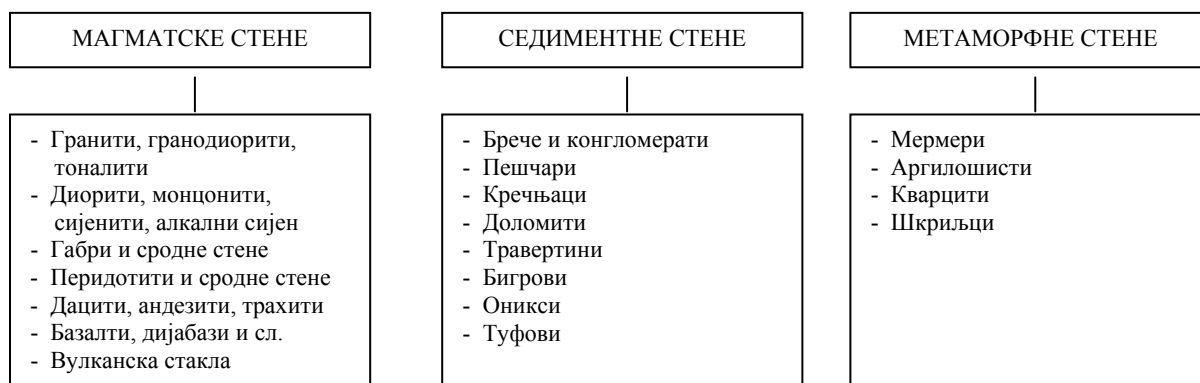
Под архитектонским каменом подразумева се камен који поред основне функционалне улоге има изражено декоративно својство садржано у општем изгледу, облику и распореду бојених елемената површине камене плоче. У зиданим каменним конструкцијама, камен представља основни функционални елемент градње, док у бетонским или челичним конструкцијама, камен представља само облогу функционалног елемента. У овом последњем случају, камену је намењена улога: заштите, изгледа и декоративног елемента.

Када се камен примењује као конструкциони елемент он се израђује у масивним комадима, а када представља облогу функционалног елемента израђује се у тањим каменним плочама дебљине 2-4 cm. На слици 1 дата је општа класификација архитектонског камена.



Слика 1 – Општа класификација архитектонског камена [1]

Архитектонско грађевински камен, као чврста стена, се даље даље може поделити према својој генетској основи и сличности на следеће групе (слика 2) [6]:



Слика 2 – Подела АГ камена према генетској основи [28]

Под ГРАНИТОМ се подразумевају не само гранити него и све друге тврде силикантне стене (магматске и метаморфне) које се стандардним технолошким поступком обраде полирају.

Под МЕРМЕРОМ се подразумевају, поред правих мермера и све друге карбонатне стене, па и нетипичне стене које се лако и добро полирају.

1.3 Осврт на структуру генетских типова лежишта минералних сировина Србије

За успешна, ефикасна и ефективна геолошка истраживања и проучавања лежишта минералних сировина неопходне су полазне информације о генетским својствима и средини формирања. Познавање стања и структуре минерално сировинске базе ових сировина, као и њихово унапређење, налаже, предходно познавање начина и генетских услова образовања лежишта ових сировина.

Савремена примена природног камена све више је заступљена племенитим врстама високих естетских квалитета и начина обраде како подних површина, тако и у примени код урбаног инвентара и на фасадама зграда. Коришћење више врста различитих боја, облика, величина и стварање разноликих матрица урбаног партера представља више од обичног попличавања. Код нас су карактеристична следећа лежишта АГ камена врсте камена [8, 9, 10, 11]: мермер “Венчац плави” и мермер “Венчац бели” – Аранђеловац; гранит “Букуљски”, гранит “Плоче” – Аранђеловац; мермер “Венчац розе” – Брезовац; аг камен подручја “Гранит-Пешчар” – Љиг; дацит “Љута стена” – Љиг; аг камен подручја Новог Пазара; мермерна бреча “Граб” – Гуча; розе мермер “Сува Ћуприја” – Нови Пазар; доломит “Бела ружа” – Нови Пазар – бели; мермер “Плави ток” – Узице; црвени кречњак “Сирогојно” – Ужички ревер; кречњак “Скржути” – Ужички ревер; кречњак црни “Ћи порто” – Ужице ; аг камен “Црна Река” – Жагубица; аг камен, мермер, габро, гранит и сијенит – локалитета Бор; гранит “Равно Бучје” – Књажевац; црвени кречњак “Тијовац” Књажевац ; аг камен “Корал” – Лазови (Косјерић); дацити и дацити-андензити “Видачевица” – Планина Рудник; габропегматити – подручје Поречке Реке; микроцрвени кречњак “Лабуково” – Нишки ревер; аг камен биомикриткси кречњак “Вирово” – Ариље; базалт “Црни Врх” – Кучево; гранит “Јошаница” – Јошаничка Бања; оникс “Сијарина оникс” – Сијаринска Бања; аг камен – подручје Источне и Југоисточне Србије; гњасеви и мигматити – доњи комплекс Српско-Македонског подручја; мермерне брече “Дечани” – локалитет Пећи; лерзолити “Дреновац” – подручје Ораховца; кречњаци булошке формације – подручје Западне Србије; црвене кречњачке брече “Јабука” – Пријепоље

2. Стање и перспективе развоја сектора природних грађевинских материјала у Европској Унији, основа за транзицију и глобализацију у тој области

Последњих десетак година, у земљама Европске Уније (ЕУ), поклања се велика пажња минералној политици и читавом арсеналу мера за њено успешно ефикасно, ефективно и рационално спровођење и функционисање. Практично у свим овим земљама, у оквиру општих, свеобухватних минералних политика, разрађене су, али се и перманентно употпуњују, нарочито кроз продубљивање принципа и концепта одрживог развоја и парцијалне минералне политике, конкретизоване на поједине врсте и групе минералних ресурса и њихових примарних производа. Једна од таквих политика, у већини земаља ЕУ, односи се и на природне грађевинске материјале, и то посебно на агрегате (песак, шљунак, дробљени камен), али и са акцентом на украсни (орнаментални) и димензионирани камен. Однос према природним грађевинским материјалима у ЕУ је пре свега последица великих потреба у овим минералним ресурсима у најразличитијим деловима грађевинске индустрије, посебно путоградње, индустрије железничких пруга, стамбене изградње али и примене у још неким областима. Не треба међутим, занемарити да у Европи производња грађевинског и архитектонског техничког камена, али и других грађевинских материјала има дугу традицију, и висок ниво развијености, **што се заснива како на природним ресурсима, квалификованој радној снази, савременој технологији** и сталним порастом тражње и извозних могућности.

Србија још увек нема минералну политику а и законодавство у области истраживања и експлоатације минералних сировина захтева одговарајуће промене, између осталог и због потребе инкорпорирања концепције принципа одрживог развоја. Осим тога неопходно је и у складу са расположивом минерално-сировинском базом разрадити дугорочну минералну стратегију и политику у сектору природних грађевинских материјала по узору на светска искуства укључујући и модел SARM.

3. Одређивање физичко механичких својстава камена на бази мермера и гранита

Механика стена као научна дисциплина проучава стенске материјале, у циљу упознавања њихових физичко-механичких и технолошких својстава, понашања под дејством природе или људском активношћу измењеног напонског стања и реакције на дејство алата. Пошто механика стена даје научну основу савременом технолошком пројектовању сагледавају се следећа испитивања [13, 14]:

3.1 Специфична тежина мермера и гранита²

Специфична тежина у природном стању

Подразумева однос тежине и запремине узорка у природном стању влажности: $\gamma = G / V$

Одређивање запреминске масе у природном стању или густине масива, која представља однос између масе и запремине узорка у природном стању влажности, врши се потапањем узорка у воду и мерењем истиснуте течности уз предходно парафинисање и мерење масе узорка.

На слици 3 приказана је мерна опрема помоћу које се одређује маса узорка



Слика 3 – Приказ одређивања масе узорка електронском вагом тачности 0,01g

Испитивањем узорка гранита ”Јошаница”, ”Буковик” као и мермера ”Венчац бели” и ”Плави ток” облика коцки израчунате су следеће средње вредности специфичних тежина, при чему је мерење понављано три пута респективно (табела 1):

Специфична тежина γ

Гранит ”Јошаница”	Димензије			Маса узорка (g)	Запремина узорка (cm ³)	Специфична тежина (kN/m ³)
	a (mm)	b (mm)	c (mm)			
	50.00	50.00	49.00	375.16	122.50	30.04
	49.00	49.00	48.50	347.53	116.45	29.28
	48.00	49.00	48.00	341.96	112.90	29.71
				Средња вредност:		29.68
Гранит ”Буковик”	Димензије			Маса узорка (g)	Запремина узорка (cm ³)	Специфична тежина (kN/m ³)
	a (mm)	b (mm)	c (mm)			
	49.00	49.00	48.00	302.62	115.25	25.76
	51.00	50.00	48.00	318.41	122.40	25.52
	50.00	50.00	48.00	312.17	120.00	25.52
				Средња вредност:		25.60
Мермер ”Венчац бели”	Димензије			Маса узорка (g)	Запремина узорка (cm ³)	Специфична тежина (kN/m ³)
	a (mm)	b (mm)	c (mm)			
	50.00	50.00	48.00	322.92	120.00	26.40
	48.50	50.00	48.50	316.43	117.61	26.39
	50.00	50.00	48.50	323.56	121.25	26.18
				Средња вредност:		26.32
Мермер ”Плави ток”	Димензије			Маса узорка (g)	Запремина узорка (cm ³)	Специфична тежина (kN/m ³)
	a (mm)	b (mm)	c (mm)			
	50.00	49.50	48.00	319.72	118.80	26.40
	49.00	50.00	48.00	319.59	117.60	26.66
	49.00	49.00	48.50	319.04	116.45	26.88
				Средња вредност:		26.65

Табела 1 – Приказ специфичних тежина испитиваних мермера и гранита

² Испитивања физичких својстава су обављена на Рударско-Геолошком факултету у Београду

3.2 Лабораторijski поступци испитивања чврстоће

Чврстоћа је механичко својство чврстих материјала, укључујући стене и минералне сировине, да се супротстављају дејству спољне силе која тежи да их деформише. У зависности од начина дејства силе а тим и карактера напона који се јавља у пробном телу (епрувети), разликује се чврстоћа на притисак, истезање, смицање и савијање, с тим што треба посебно нагласити да је **чврстоћа на притисак знатно већа од свих осталих чврстоћа**.

Испитивања се врше, углавном на епруветама правилног облика (пр. коцке, призме или ваљка) и ретко на узорцима неправилног облика, због проблема дефинисања површине тела која је изложена дејству оптерећења. Експеримент се врши у природно влажном стању, ретко у сувом стању што се у извештају о испитивању обавезно наводи као податак од битне важности за доношење одговарајућих закључака. Сва испитивања чврстоћа се изводе под дејством аксијалног оптерећења без ометаног бочног ширења, док се испитивање чврстоће на притисак врши под дејством троосног оптерећења познатом у пракси под називом триаксијални експеримент.

3.2.1 Чврстоћа на притисак

Преставља основно механичко својство при истраживању стенских материјала. Чврстоћа на притисак при једноаксијалном оптерећењу је заправо однос силе која је довела узорак до лома и површине узорка која је била изложена дејству силе:

Испитивање овог механичког својства врши се, по правилу, на пробним узорцима правилног облика, ваљака или коцке, различитих димензија из услова да је однос висине и пречника ваљка за чврсте стенске материјале 1, а за пластичне материјале 2.

Не улазећи, овом приликом, на разлике које се јављају при испитивању чврстих и еластичних стенских материјала, карактеристично је да се уз регистровање одговарајуће чврстоће на притисак може одредити и тзв. угао лома " α " (угао под којим долази до лома узорка) посредством кога се уз коришћење теорије Мохровог круга напона може оријентационо одредити угао унутрашњег трења и кохезија.

Треба нагласити да се код слојевитих стенских материјала разликује чврстоћа на притисак управно на слојење и чврстоћа на притисак паралелно слојењу у зависности од правца дејстава силе посматрано у односу на слојевитост.

Одређивање чврстоће на притисак мермера и гранита

Поступак испитивања чврстоће на притисак за узорке гранита "Јошаница", "Буковик", мермера "Венчац-бели" и "Плави ток" спроведен је на основу наведених препорука. Треба нагласити да између појединачних вредности чврстоћа узорака истог материјала постоји значајно одступање које је директна последица анизотропности и нехомогености ових материјала. Стога се као меродавна узима средња вредност свих изведених мерења. На сл.4 приказан је начин постављања узорка између алата и притискивача хидрауличке пресе као и начин читавања измерене вредности силе при којој



долази до лома, а у табели 2 одређене су чврстоће на притисак.

Слика 4- Приказ начина постављања узорка и читавања измерене вредности силе лома

Чврстоћа на притисак σ_c

Гранит “Јошаница”

Димензије a (mm)	h (mm)	Сила која доводи до лома F (N)	Површина попречног пресека A (m ²)	Чврстоћа на притисак σ_c (MN/m ²)
50	50	600000	0.0025	240.00
49	49	451000	0.002401	187.84
48	49	301000	0.002352	127.98
Средња вредност:				185.27

Гранит “Буковик”

Димензије a (mm)	h (mm)	Сила која доводи до лома F (N)	Површина попречног пресека A (m ²)	Чврстоћа на притисак σ_c (MN/m ²)
49	49	262000	0.002401	109.12
51	50	236000	0.00255	92.55
50	50	262000	0.0025	104.80
Средња вредност:				102.16

Мермер “Венчац – бели”

Димензије a (mm)	h (mm)	Сила која доводи до лома F (N)	Површина попречног пресека A (m ²)	Чврстоћа на притисак σ_c (MN/m ²)
50	50	172000	0.0025	68.80
48.5	50	158000	0.002425	65.15
50	50	148000	0.0025	59.20
Средња вредност:				64.38

Мермер “Плави ток”

Димензије a (mm)	h (mm)	Сила која доводи до лома F (N)	Површина попречног пресека A (m ²)	Чврстоћа на притисак σ_c (MN/m ²)
50	49.5	196000	0.002475	79.19
49	50	182000	0.00245	74.29
49	49	172000	0.002401	71.64
Средња вредност:				75.04

Табела 2 - Приказ израчунатих чврстоћа на притисак испитиваних мермера и гранита

3.2.2 Чврстоћа на затезање

Познате су директне и индиректне методе испитивања чврстоће на затезање.

Директне методе испитивања чврстоће на затезање састоје се од израде пробних тела (спрувета) облика издужене призме и пресека који може бити круг, квадрат или правоугаоник.

Имајући у виду проблеме који се јављају при изради пробних тела призматичног облика као и проблеме фиксирања ових тела у држачима, развијене су индиректне методе испитивања које се свode на постављање пробних тела у одговарајући положај између притискивача и стола пресе и њихово довођење до лома. Једна од најчешће примењиваних метода из ове групе је позната под називом ”Бразилска метода” која се свodi на постављање пробних тела ваљкастог или коцкастог облика у одговарајући тип пресе.

Чврстоћа на затезање пробног тела облика коцке одређује се:

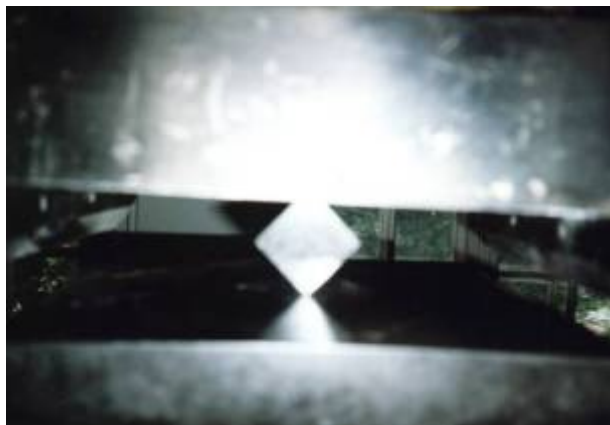
$$\sigma_t = 0,734 \cdot \frac{F}{d \cdot a} \quad \text{где је: } d - \text{ дијагонала квадрата, оса симетрије коцке } [m] \text{ и } a - \text{ страница коцке } [m]$$

Чврстоћа на затезање пробног тела облика ваљка одређује се:

$$\sigma_t = 0,637 \cdot \frac{F}{d \cdot l} \quad \text{где је: } d - \text{ пречник ваљка } [m] \text{ и } l - \text{ дужина ваљка } [m]$$

Одређивање чврстоће на затезање за узорке гранита ”Јошаница”, ”Буковик”, мермера ”Венчац-бели” и ”Плави ток” извршено је Бразилском методом. Слично као и код чврстоће на притисак постоји значајно одступање између измерених вредности као последица анизотропности и нехомогености ових материјала. Дакле као меродавна узима средња се вредност свих изведених мерења. Такође начин постављања узорка између чељусти хидрауличке пресе, приказан је на слици 5, а у табели 3 израчунате су вредности чврстоће на затезање.

Слика 5 – Начин постављања узорка за одређивање затезне чврстоће Бразилском методом



Чврстоћа на затезање σ_t

Гранит “Јошаница”				
Димензије		Сила која доводи до лома	Површина попречног пресека	Чврстоћа на истезање
a (mm)	b (mm)	F (N)	A (m ²)	σ_t (MN/m ²)
50	50	60000	0.003405995	17.62
50	50	56000	0.003405995	16.44
49	50	53000	0.003337875	15.88
Средња вредност:				16.65
Гранит “Буковик”				
Димензије		Сила која доводи до лома	Површина попречног пресека	Чврстоћа на истезање
a (mm)	b (mm)	F (N)	A (m ²)	σ_t (MN/m ²)
50	50	35000	0.003405995	10.28
49.5	20	34000	0.001348774	25.21
50	50	29000	0.003405995	8.51
Средња вредност:				14.67
Мермер “Венчац – бели”				
Димензије		Сила која доводи до лома	Површина попречног пресека	Чврстоћа на истезање
a (mm)	b (mm)	F (N)	A (m ²)	σ_t (MN/m ²)
50	50	33000	0.003405995	9.69
50	50	28000	0.003405995	8.22
50	50	24000	0.003405995	7.05
Средња вредност:				8.32
Мермер “Плави ток”				
Димензије		Сила која доводи до лома	Површина попречног пресека	Чврстоћа на истезање
a (mm)	b (mm)	F (N)	A (m ²)	σ_t (MN/m ²)
50	50	28000	0.003405995	8.22
49	49	26000	0.003271117	7.95
49	49	28000	0.003271117	8.56
Средња вредност:				8.24

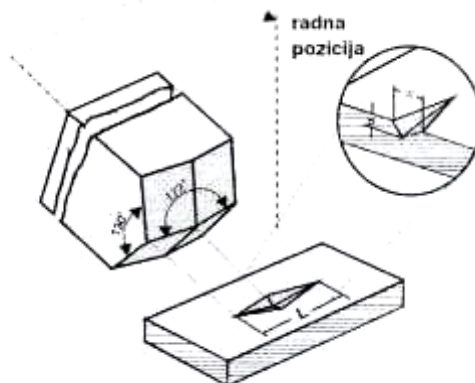
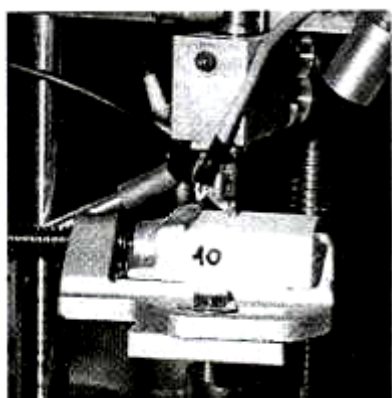
Табела 3- Приказ израчунатих чврстоћа на затезање испитиваних мермера и гранита

3.2.3 Испитивање микротврдоће украсног камена “Кнооп” методом

У минерологији, тврдоћа је отпорност према парању од стране неког другог тела; у петрографији ова дефиниција има ограничену вредност и може се односити само на мономинерални камен, тј. камен изграђен само од једне минералне врсте. У таквом случају тврдоћа се идентификује тврдоћом минерала који је изграђује. Под тврдоћом камена подразумева се његова отпорност према спољашњем механичком деловању неког другог тела, у основном, кристалном структуром минерала, њиховом крупноћом и јачином њихове међусобне везе. Механичко деловање може да се одвија као парање, утискивање или стругање па се може разликовати тврдоћа према парању, утискивању, брушењу, резању и бушењу.

Испитивање микротврдоће Кноор методом

Мерење микротврдоће Кноор методом врши се микродурометрима слика 6. Утискивање се врши дијамантским утискивачем правоугаоне основе са пирамидалним врхом кој на површини материјала оставља ромбоидални отисак са лакомерљивом дужом дијагоналлом. Узорци за испитивање су паралелопипедног облика, са величином која није строго дефинисана (најчешће око 2x3x1 cm), али је неопходно да површина испитивања (мора бити полирана) не буде мања од 2x1 cm.



Слика 6 – Микродурометар, облик утискивача и отиска код испитивања Кноор методом [12]

Резултати микротврдоће по Кнооп-у наведених врста камена приказани су у табели 4.

<i>Узорак</i>	<i>ХК</i>	<i>ХК25</i>	<i>ХК50</i>	<i>ХК75</i>	<i>ХК75/ХК25</i>
Гранит “Јошаница”	4166	2000	4300	200	3.1
Гранит “Буковик”	3566	1900	3900	4900	2.6
Мермер “Венчац-бели”	2766	1800	2700	3800	2.1
Мермер “Плави ток”	3066	2100	3100	4000	1.9

Табела 4 – Нумеричко приказивање резултата са карактеристичним показатељима микротврдоће мермера и гранита

Добијени резултати указују да релативно једнообразну тврдоћу имају мермер “Венчац бели” и мермер “Плави ток” што је у сагласности са малим разликама у тврдоћи главних минерала који граде ова врсте камена.

4. Анализа до сада изведених истраживања у области обраде камена

Специфичност технологије обраде АГ камена захтева добро познавање свих карактеристика лежишта, почев од структурно-текстурних преко физичко-механичких до минеролошко-петрографских. Добро познавање ових карактеристика потребно је за правилно истраживање утицаја појединих параметара на технолошке процесе при обради камена.

На данашњем степену развоја технике разарања кохезије камена још увек се у највећем степену користе маханички поступци, мада су заступљене и физичко-хемијске и комбиноване методе. Механички поступци разарања обухватају скоро све конвенционалне методе разарања које се и данас у пракси највише примењују. Основни принципи технике разарања механичким поступцима остварују се сталним контактом радног алата и камена. Контакт са материјалом остварује се сталним притиском на алат. Тај притисак је различит и зависи од врсте камена и система разарања (врсте машине).

У табели 5 приказане су методе обраде резањем камена.

Метод разарањем	Метод обраде
Механички поступци	Бушењем
	Хеликоидним ужетом
	Перфораторима са клином
	Дијамантским дисковима
	Засекачицама и подсекачицама
Физичко-хемијски поступци	Термички поступак
	Хидраулички поступак
	Електротермички поступак
	Разарање ултразвуком
	Разарање струјом плазме
	Разарање експлозивним средствима
	Разарање хемијски активним материјама
Комбиновани поступци	Разарање термоударним поступком
	Разарање термообртним поступком
	Разарање електрообртним поступком

Табела 5 – Методе обраде камена

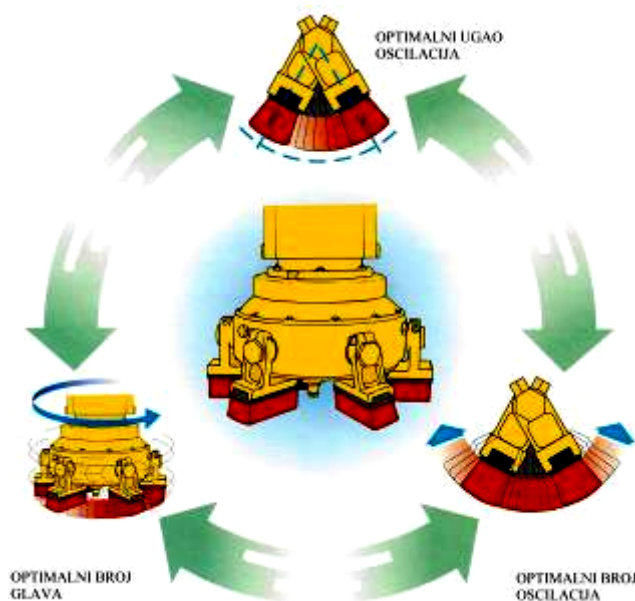
4.1 Полирања АГ камена

Ради постизања високог сјаја, мале храпавости, веће естетске и економске вредности архитектонско-грађевинског камена врши се процес полирања. Употребљивост овако обрађених плоча од мермера, гранита, оникса и других врста камена је далеко већа.

Као што је већ речено полирање камена изводи се тек након успешно извршеног финог и грубог брушења када се минерална структура камене површине прилагодила накнадној рекристализацији.

Сам процес извођења полирања у данашње време везује се за препоруке које даје произвођач машине. Тако да се режими обраде који се користе, а самим тим облик, састав, тврдоћа, абразивност, квалитет алата разликује од произвођача до произвођача. Произвођачи ових обрадних система својим каталозима наводе само интерне ознаке, са најчешће скривеном пословном тајном о саставу и структури алата. На тржишту постоје разни видови машине и опреме за полирање, почев од светских најразвијенијих земаља Сједињених Америчких Држава, Канаде, Аустралије, док се у оквиру Европске уније нарочито истичу Италијански произвођачи који имају висок квалитет, поузданост и сигурност у раду а при томе и приступачну цену.

Препоруке Америчког института за мермер указују на то да уколико се жели остварити високо квалитетна обрада полирањем треба испоштовати два правила: сила притиска треба да буде што већа и број обрта диска треба да буде оптималан према камену који се обрађује (1000 o/min мермер, 2000 o/min гранит). Препоручује се да остварени притисак дејства алата материјал буде од 30-150 kg/cm² у зависности од врсте камена. Код ових процеса присутно је осцилаторно кретање главе за полирање (алата), сл.7



Слика 7 – Начини сложеног кретања алата при полирању мермера односно гранита [15]

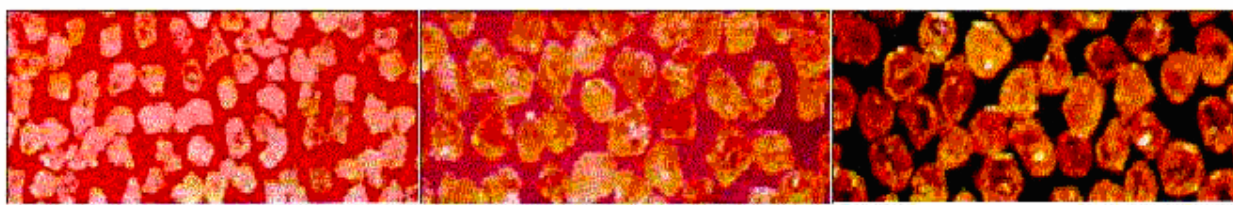
5. Развој и примена савремених алатних материјала за обраду камена

У процесу брушења су абразивна зрна заправо резна сечива која учествују у процесу резања. Због тога је потребно свеобухватно познавање механичких, топлотних и хемијских својстава материјала абразива. Свако од њих се изучава апаратом одговарајућих фундаменталних наука, механике, топлофизике хемије са ефектима термодинамике неповратних процеса. Тоцило као алат представља део абразивног простора у коме су абразивне честице распоређене, како унутар абразивне запремине, тако и по површини по одговарајућим законима расподеле. Количина абразивних зрна и растојање међу њима на радној површини алата зависи од концентрације, крупноће, марке абразива и карактера распореда зрна по запремини абразивног слоја. На садржај зрна у јединици масе утиче и њихов облик јер се тиме одређује и густина. Са увећањем концентрације, разуме се, расте и број зрна по јединици запремине или површине абразивног слоја.

5.1. Дијамант

Синтетички дијамант

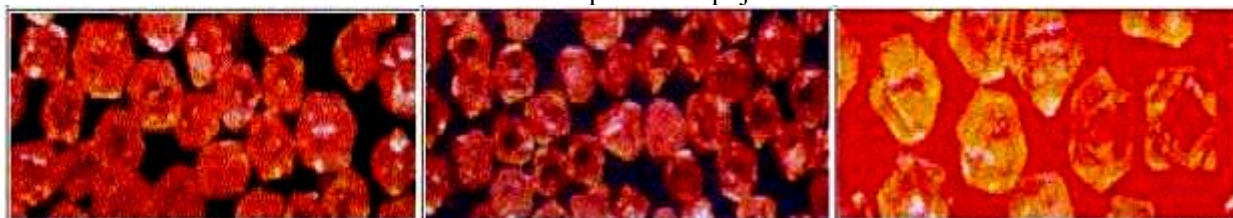
Синтетички дијамант је најтврђи материјал са веома добрим физичким и хемијским својствима, високом густином и отпорношћу на корозију. Веома широко се примењује у машинству, металургији, електротехници рударству, за израду резних алата и инструмената. Примена синтетичких дијаманата је важан правац научно-техничког прогреса у многим областима индустрије. Основни правци водећих института материјала усмерени су на испитивање и стварање веома тврђих материјала и алата од њих [16,22]. Наставком је дат приказ шест врста синтетичких дијаманата (слика 8):



RVD-кристали су неправилни са неравном површином. Користи се са везивом за израду тоцила за брушење ТМ на бази WC.

MBD4-кристали су увек блоковито оштри са неравном површином. Користе се за тоцила са металним везивима за брушење камена, стакла и др. неметалних кртих материјала.

MBD 6-бољи кристал са високом чврстоћом користи се за осложавање галванизацију алата за брушење.



MBD 8-бољи кристал са глатком површином и великом тврдоћом. Користи се за сечива резних алата.

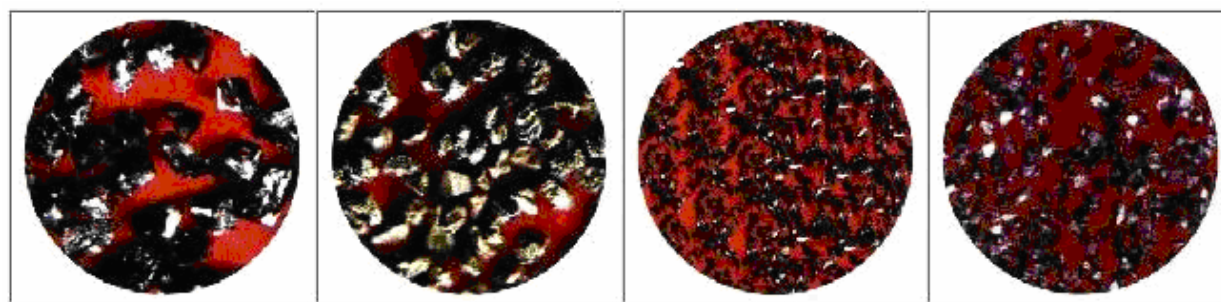
CMD-савршен кристал са високом тврдоћом користи се за различите глодачке алате.

CMD25-савршен кристал са dobrim карактеристикама и намењен за осложавање алата.

Слика 8 – Врсте абразива синтетичког дијаманта [16]

5.2 Кубни бор–нитрид

Такође спада у групу ултра супертврдих абразива. Његова микротврдоћа је на другом месту у односу на синтетички дијамант. Поседује чврстоћу блиску дијаманту, али значајно превазилази њега по топлотној постојаности. Има добру термичку стабилност и хемијску инертност у односу на метеле на бази жељеза. Релативно висок коефицијент топлотне проводности и линеарног ширења кунбог борнитрита отежава добијање високе димензионе тачности обрађиваног дела. **Користи се за производњу различитих врста тоцила** као и за осложавање површина резних алата. **Такође, употребљава се за обраду различитих врста тврдих камена, мермера и гранита.** Постоје следеће врсте (слика 9):

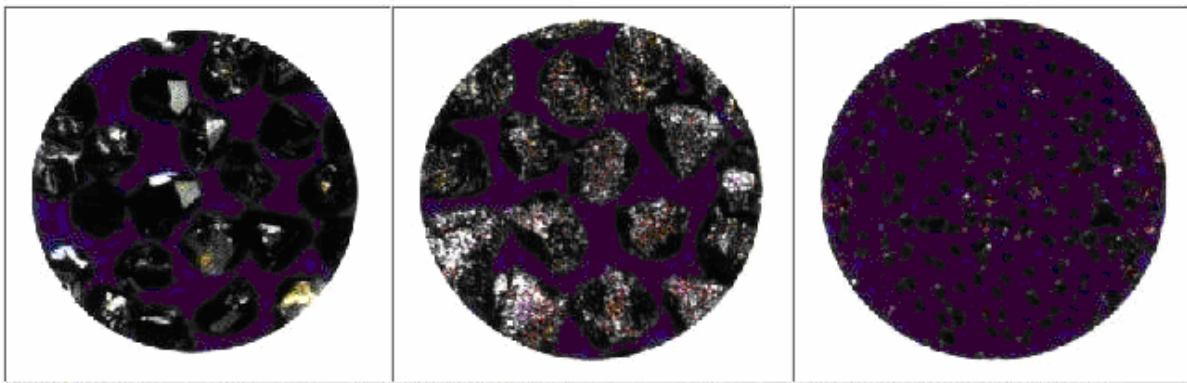


CBN-800-је средње чврстоће, монокристалне структуре, користи се за осложавање и за израду тоцила.

CBN -800N-користи се у производњи абразивних тоцила заједно са никлом као везивним средством. Његове карактеристике обезбеђују добру комбинацију са абразивом и повећање периода постојаности тоцила.

CBN -M800 представља микронизацију, користи се за полирање и брушење мермера и гранита са металним везивом.

CBN -M800N представља микронизацију, користи се у производњи различитих тоцила са везивним средством.



CBN-850-je монокристал, користи се за превлаке, поседује високу отпорност на ударна оптерећења у зони резања, отпорност на хабање и добру термостабилност. Алати имају велики период постојаности.

CBN-850N - користи се за производњу абразивних тоцила са везивом на бази никла, различитих облика.

CBN-M850-je CBN-850 у микро-низираном облику. Упо требљава се за израду тоцила која су намењена за веома квалитетно и прецизно полирање различитих врста мермера и гранита. Такође користи се за израду резних плочица.

Слика 9 – Врсте абразива cBN [18]

У последње време развијене су нове врсте cBN (борозан) који поседују високу механичку чврстоћу, која се одржава и при загревању до 1200 °C а и постојанији су у Fe, Ni и Co у односу на дијаманте [17, 18, 19]. Честице нових марки борозан представљају поликристале димензија 20/30-140/170. Поликристални борозан за разлику од монокристалног може се примењивати не само за обраду тврдых тешкообрадљивих материјала, већ и релативно меких (HRC<50).

6. Извођење експеримента у циљу одређивања обрадљивости камена

Важан аспект овога истраживања је да резултати експеримента буду преносиви на процес брушења у реалности. Зато параметри при микрорезању морају да буду упоредиви са параметрима при реалном брушењу мермера и гранита. Због тога параметри дубина резања и дужина контакта имају важну улогу. При микрорезању дубина резања a мора да одговара средњој дубини резања при брушењу. Да би се одредила средња дубина резања мора да се одреди динамички број сечива и средњи радијус сечива.

Одређивање динамичког броја сечива и средњег радијуса сечива, а затим и средње дубина резања, врши се снимањем топографије брусног тоцила. Након одређивања параметара брушења (врста брушења, коефицијент крутости брусног тоцила, брзина резања, временска запремина итд.) којима треба да одговарају параметри микрорезања, може се извршити предходно поменуто снимање топографије тоцила које представља модел надоградње овог истраживања.

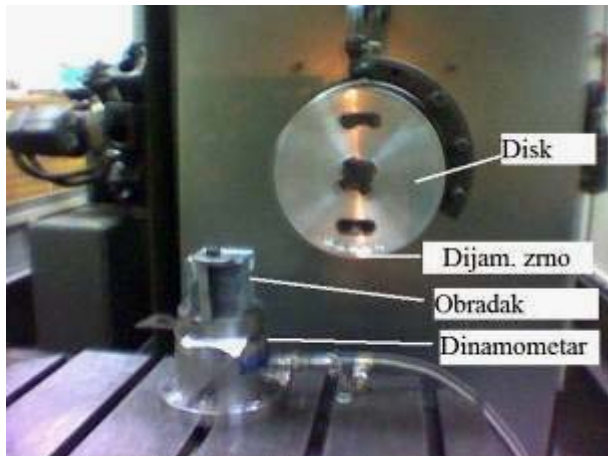
Експеримент микрорезања је извођен на специјално изграђеном експерименталном уређају ХМЦ 500. Извођен је на четири типа камена: мермер "Венчац бели", мермер „Плави ток“, гранит „Буковик“ и гранит „Јошаница“. Обрадак је облика коцке странице $a = 50 \text{ mm}$, где су све стране предходно исполиране. У прва два експеримента обрадак стоји под нагибом 1:90 а у преосталим под нагибом 1:190 где висинска разлика на половини дужине одговара максималној дубини резања. У трећем експерименту обрађивана површина је постављена паралелно у односу на динамометар. Дијамантско зрно је облика конуса са углом при врху од 120°, поставља се и учвршћује круто на алуминијумски диск на растојању $r_z = 75 \text{ mm}$ који је динамички балансиран на специјалном уређају. На радном столу НМС 500 поставља се динамометар и на њега обратци од камена на којима се изводи процес микрорезања. Помоћним кретањем радног стола брзином $v_p = 5 \text{ m/min}$ успоставља се процес микрорезања са променом дубине резања. Код експеримента микрорезања са главним уздужним транслаторним кретањем брзине радног стола износиле су: $v_p = 1 - 2 - 4 - 5 \text{ m/min}$. Обимне брзине тоцила код осталих експеримената износиле су: $v_s = 7,85 - 11,1 - 17,7 - 22 \text{ m/s}$.

За извођење експеримента коришћени су следећи мерни прибори и уређаји (слика 10, 11):

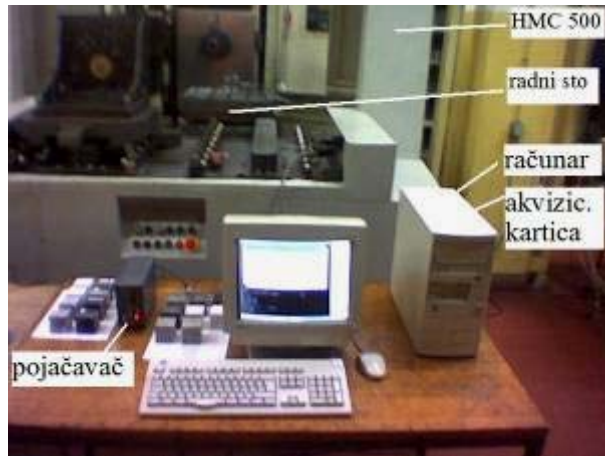
- двокомпонентни динамометар Kistler 9271 посредством кога је мерена компонента отпора продирања F_n (слика 58)
- појачавач типа Kistler 5007
- аквизициона картица $\pm 10\text{V}$, 105kHz

- рачунар Intel Pentium II, са оперативним системом Quinex за запис података мерења у реалном времену
- Лаптоп рачунар, HP Compaq nx9010 Intel Pentium IV за графички приказ дијаграма отпора резања F_n
- Ласерски микроскоп LSM 510 са Axioskop F32mot конфокалном секцијом, произвођач Carl Zeiss, за мерење трагова и величине прслина при микрорезању

Коришћени динамометар има рачунску сопствену фреквенцу осциловања $f_a = 18,9 \text{ kHz}$, док је максимална фреквенца процеса $f = 3,6 \text{ kHz}$ па је тиме испуњен услов $f_a \geq (3 - 5)f$ где је: f_a - фреквенца сопствених осциловања динамометра у правцу дејства мерене силе.



Слика 10 – Микрорезање издвојеним дијамантским зрном



Слика 11 – Изглед платформе са мерном опремом за извођење експеримента

6.1 Гранит “Јошаница”

На основу изведених мерења трагова насталих на обрађиваној површини под дејством дијамантског зрна могуће је утврдити зависност величине појаве прслина, крзања или дробљења зрна гранита као последица утицаја различитих брзина и дубина резања које су спроведене експериментом. Већ при изразито малим дубинама резања од 0,05 mm долази до пластичне деформације и појаве малих продорних прслина уз бочне прслине средње величине од 0,344 mm. На овој дубини бочне прслине су већ сједињене али без тенденције појаве увећаних кратера. Гранична дубина продирања при којој настале крто разарање износи 0,015 mm.

6.2 Гранит “Буковик”

Гранит “Буковик” поседује изразито крупну зрнасту структуру. Мерењем прслина на траговима резања и праћењем појаве кратера могуће је одредити неке законитости повољнијих режима обраде са циљем за што бољим квалитетом обрађене површине. Већ при дубини резања од 0,05mm долази до појаве бочних прслина које су нешто мање изражене у односу на гранит “Јошаница”. Гранична дубина при којој је карактеристична појава кртог разарања износи 0,018 mm при најмањој вредности брзине резања. Пошто су зрна веома крупна на нешто већим дубинама изнад граничне вредности уочавају поред бочних прслина и мањи кратери дисконтинуалног карактера. При овој минималној дубини резања и брзини од 7,85 m/s продорне прслине нису изражене, док величина бочних износи 0,231 mm. Са повећањем дубине резања уочава се неравномерно спајање кратера и појава кртог разарања (слика 12).

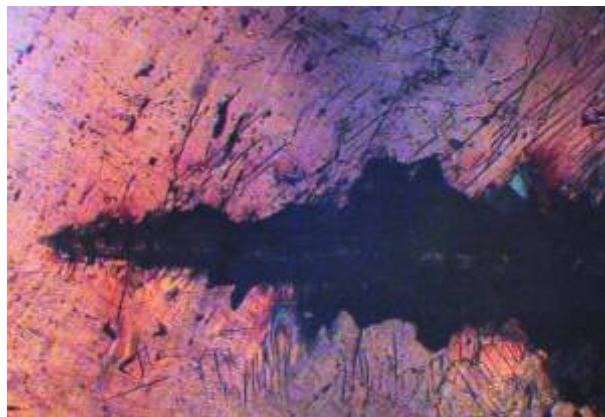
6.3 Мермер “Плави Ток”

Микрорезање мермера “Плави Ток” даје нам сажетију слику о појави прслина и обрадљивости брушењем овог материјала. Појава пластичних деформација уочљива је и при најмањој дубини резања од 0,05 mm. Радијале прслине су видно изражене уз честу појаву бочних прслина. Њихова величина износи 0,523 mm при брзини од 7,85 m/s. Карактеристична вредност граничне дубине при којој настаје појава кртог разарања износи 0,020 mm (слика 13). Тенденција пораста при овом режиму резања за промену дубине има геометриски карактер. Већ при дубини трага од 0,075 mm настаје повећање бочних прслина за око 70%, кратери бивају учесталији са међусобним спајањем што се манифестује на неравномерно проширење трага резања. Током испитивања уочен је веома позитиван пад вредности радијалних и бочних прслина, при вредности брзине резања од 11,1 m/s. Гранична

вредност дубине при овом режиму износи 0,025 mm. Већ на дубини 0,065-0,1 mm продорне прслине су незнатне а вредности бочних су нисе просечно за око 45%. Ова појава праћена је истовременим смањењем силе продирања која се директно одражава на бољи квалитет обрађене површине.



Слика 12 – Присуство неравномерног кртог крзања при микрорезању гранита „Буковик“ брзином $v=7,85 \text{ m/s}$ на дубини $a=0,08 \text{ mm}$ (увећање $\times 125$)



Слика 13 – Настанак кртог разарања при микрорезању мермера „Плави Ток“ брзином $v=7,85 \text{ m/s}$ са повећањем дубине продирања зрна (увећање $\times 63$)

6.4 Мермер “Венчац Бели”

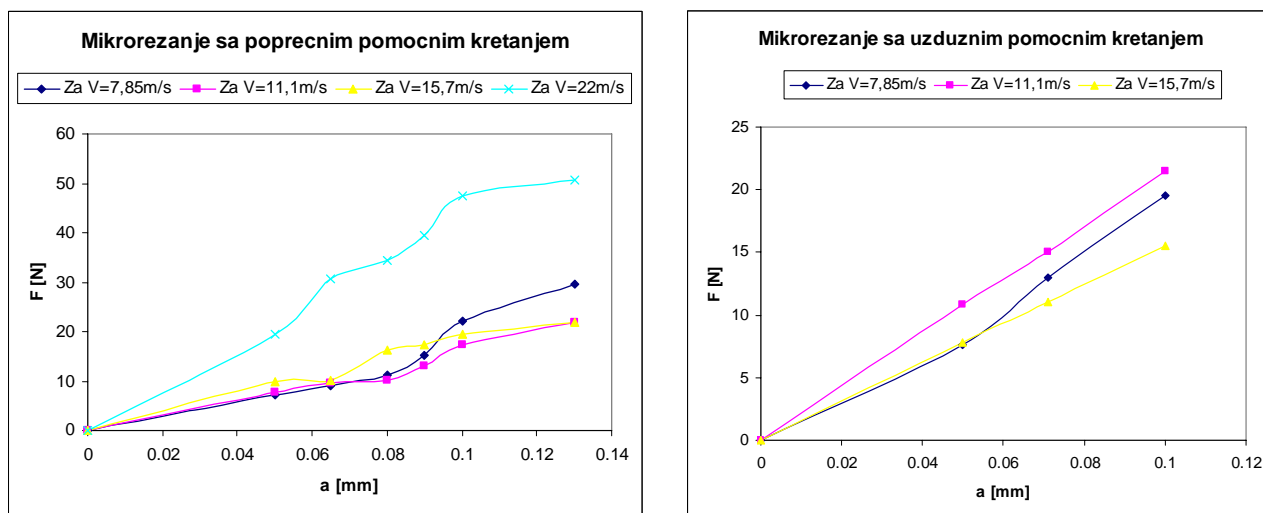
Резултат контакта дијамантског зрна и мермера “Венчац Бели” указује на доста мање вредности пластичних деформација у односу на мермер “Плави Ток”. Са друге стране ову појаву се објашњава мањим вредностима физичко-механичким својстава, пре свега тврдоће и абразивности. На траговима резања уочавају се мање радијалне и бочне прслине са појаваом дубиских кратера само при максималним брзинама резања. Кратери су засебни са теденцијом спајања при великим дубинама резања. При почетној дубини резања од 0,05mm и минималној брзини приметне су само мање бочне прслине вредности 0,356mm. Мање изражено неравномерно крзање постоји при овој вредности. Са првим ступњом промене вредности обимне брзине 11,1m/s дијамантског абразива, вредност бочних прслина се смањује за око 55% уз не приметне кратере. Приближно исто смањење се видно уочава и при осталим оствареним дубинама резања дате брзине. Гранична дубина продирања зрна која раздваја подручја пластичних деформација од кртог разарања повећава се са 0,022mm на 0,027 mm при повећању брзине резања од 7,85 m/s на 11,1 m/s. Када поредимо ове режиме са вредностима продорних сила F_n јасно се закључује да долази до смањења, што се директно манифестује нижим вредностима пластичних деформација. При овој брзини ако дубина узима веће вредности, прслине настављају раст али доста смањеним темпом у односу на почетку поменуте режиме. Даљим повећањем брзине са вредношћу од 15,7m/s величина бочних прскотина се даље повећава за око 10%. Већ при брзини микрорезања од 22m/s прслине су екстремно већих вредности уз појаву дробљења зрна са спајањем бочних кратера и делимичном изваљивањем мањих зрна. Траг добија неравномерни карактер кртог крзања као и код мерера “Плави Ток”.

6.5 Анализа утицаја брзине резања и дубине резања на силе настале при микрорезању

Примена дијаманта као абразивног материјала у поређењу са раније коришћеним абразивним материјалима је ограничена пре свега релативно високом ценом и одсуством јасних препорука у погледу избора карактеристика тога алата и оптималних режима за конкретне услове обраде. Зато је неопходно анализирати појаве настале у зони контакта алата са обрађиваним материјалом, а то подразумева:

- а) одређивање услова максималног интензитета скидања материјала дијамантским зрном и
- б) утврђивање нормалне компоненте отпора резања, која дејствује на дијамантско зрно у зависности од услова његовог рада, облика и физичкомеханичких својстава обрађиваног материјала.

На сл. 14. приказан је дијаграм зависности промене компоненте отпора резања (F_n) у функцији дубине продирања зрна при микрорезању гранита „Јошаница“ при различитим дубинама и брзинама продирања.



Слика 14 – Промена компоненте отпора резања F_n при микрорезању гранита “Јошаница” дијамантским зрном у функцији брзине и дубине продирања зрна при различитим начинима извођења експеримента

7. ЗАКЉУЧЦИ

Сумирајући истраживања приказана у овом раду, могуће је констатовати да је реализован приступ вишепараметарског развоја и примене дијамантских алата у технологији обраде брушењем мермера и гранита. Приказан је научно базиран модел за решавање проблема одређивања оптималних вредности режима обраде брушења камена уз примену експерименталних испитивања.

Извршено је поређење, сагледавање стања и перспектива развоја сектора природних грађевинских материјала у Европској Унији, где се поклања велика пажња минералној политици и читавом арсеналу мера за њено успешно ефикасно, ефективно и рационално спровођење и функционисање. Инсистира се на планирању у минералном сектору, као и функцији управљања, а у основи се налази концепт одрживог развоја, у разумним оквирима ограничавање екстракције минералних сировина, форсирање употребе обновљивих ресурса и максимизирање рециклирања. Међутим интензитет и енстензитет у коме се то остварује варира у великој мери од земље до земље, првенствено у зависности од разлика у факторима као што су традиција грађења, густина насељености, друштвено-економска ситуација, минерагентске и укупне геолошке карактеристике подручја и др. У Европи производња архитектонско грађевинског камена, али и других грађевинских материјала има дугу традицију, и висок ниво развијености, што се заснива како на природним ресурсима, квалификованој радној снази, савременој технологији и сталним порастом тражње и извозних могућности.

У циљу развоја и примене нових дијамантских алата основно тежиште истраживања остварено је успостављањем интеракције између абразивног зрна алата и абразивног зрна материјала мермера и гранита, са утврђивањем процеса који су успостављени у зони обраде. С обзиром да су у сваком поглављу извршени закључци по појединим питањима, овде се наводе само најзначајнији од њих у циљу указа на смернице за даља истраживања:

1. Експериментално утврђена физичко-механичка својства камена потврђују своје сразмерно учешће у обрадљивости ових материјала и то:
 - при избору режима механичког резања, абразивност камена има пресудан утицај над осталим физичко-механичким својствима. Интензивност трошења алата услед абразивности камена зависи од режима трења кога дефинишу брзина резања и отпори који се јављају као последица процеса
 - тврдоћа камена идентификује се тврдоћом минерала који га изграђује
 - ситнозрнасти и средњезрнасти варијетети структура су много повољнији за обраду брушењем, појава крзања у процесу обраде је далеко мања,
 - плочаста, банковита лучења су повољна за обраду док кугласто лучени гранити су изразито неповољни за обарду брушењем,

- мермери гранобластичне структуре израђени од ситних зрна калцита или доломита најбоље се понашају при микрорезању,
 - камен и минерали подвргнути дејству високих температура насталим при повишеним брзинама обраде трпе модификационе и хемијске преображаје, дехидратизацију, топљење уз сагоревање појединих минерала
 - повећана влажност непосредно смањује вредности параметара чврстоће па самим тим и отпор при микрорезању. Овим се објашњава употреба оксалне киселине, сумпорног цвета, калајног оксида при брушењу и полирању мермера и гранита.
2. Режим брушења показује велики утицај на промену излазних карактеристика процеса брушења F_n тако да дубина има највећи а брзина резања мањи утицај
 3. Добијене функције обрадљивости при микрорезању гранита "Јошаница", "Буковик" и мермера "Венчац Бели" и "Плави Ток" могу се усвојити за описивање промена компоненти отпора при даљој анализи брушења, у разматраним областима варијације режима обраде и могу послужити за управљање процесом брушења наведених врста мермера и гранита.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Билбија, Н., Техничка петрографија (својства и примене камена) "Научна књига", Београд 1984.
- [2] Тановић, Љ., Резна керамика, "Машински факултет" Београд, 1992.
- [3] Bates, R.L., Industrial Minerals and Rocks, 4th Ed., Editor Stanley Lefond, AIME, New York, s. 3-7, 65-96, 157-174, 2002.
- [4] Blyth, F.G.H., Freitas, M.H., A Geologu for Engineers, Edward Arnold, London, s. 506-525, 1993.
- [5] Мурављов, М., Грађевински материјали, Научна књига, Београд, 1999.
- [6] Илић, М., Истраживање лежишта неметала-грађевинских материјала, Рударско-геолошки факултет, Београд, с.250, 1995.
- [7] Илић, М., Главне карактеристике неметаличних минералних сировина и њихова индустријска класификација, Завод за геолошка и геофизичка истраживања, XL, А, 5-15, Београд, 2002.
- [8] Пајковић, В., Бошковић, Р., Пејовић, Стање и могућности производње блокова архитектонско-грађевинског камена по реверима у експлоатацији у Југославији, Југословенски симпозијум о украсном камену, Бања Врујци, 1997.
- [9] Група аутора, Елаборати о радовима на истраживању архитектонско-грађевинског камена на подручју источне и југоисточне Србије, Републички друштвени фонд за геолошка истраживања, Београд, 1995.
- [10] Karamata, S., Steiger, R., Đorđević, P., New data of the origin of granitic rocks from Western Serbia, Bull. T. CII de l'Acad. Serb. Des Sci. et des Arts – Classe des Sci. math. Et nature, N 32, Beograd, 2001.
- [11] Панић, Ј., Кредно терцијалне гранитне и метаморфне стијене у додирном подручју сјеверних Динарида и Панонског структурног комплекса, Геологија 28/29, Љубљана, 1996.
- [12] Mancini, R., Morandini, A., Applications of micro-hardness tests to the tehcnical evolution of dimension stones, Proceedings IV Congress International association of engineering geology, VI, s. 321-331, New Delhi, 2002.
- [13] Гергович, З., Геотехника горница, Политехника вроцлавска, Вроцлав, 1994.
- [14] Кујунџић, Б., Општа физичко-структурна својства стенских маса, Механика стијена, темељење, подземни радови, Загреб, 2003.
- [15] Каталог произвођача, Levibretton, Advanced stone technologies, Breton, 2000.
- [16] Miyoshi, K., Structures and Mechanical Properties of Natural and Synthetic Diamonds, National Aeronautics and Space Administration, Ohio, USA, 1998.
- [17] Boron, borides and related compounds, 14 International Symposium, St. Petersburg, Russia, 2002.
- [18] Kevin, J., Chris, J., Cubic boron nitride tool wear in interrupted hard cutting, National Institute of Standard and Technology, Gaithersburg, USA, 2004.
- [19] Shishonok, E., Steeds, J., Novelities about cubic boron nitride luminescence properties, University of Bristol, United Kindom, 2003.
- [20] Танович Л., Шливанчанин М., Иследования в отрасли инструментов для обработки камня, Conference Progressive Equipment and Technology- 2007, Sevastopol, Ukraine.
- [21] Танович Л., Пузович Р., Попович М., Шливанчанин М., Иследования процесса обработки камня, Процесси механической обробки в машиностроении, ЖИТИ, ч2, выпуск 5 (2007), с.96-106.
- [22] <http://www.ceminerals.com/brownfused.html> ; <http://www.fe-non-fe.com/product02-e.htm> ; <http://www.otavi.de/korund.htm> ; <http://www.washingtonmills.com/bfa.php> <http://www.shengli-abrasive.com/>; <http://www.sgicref.com/Data/Element/Node/> <http://www.rusal.com/products/others/wfa/> <http://www.electroabratives.com/eleccarb.html> http://www.buyersguidechem.de/chemical_supplier ; <http://www.georgiagrindingwheel.com/> <http://www.abrasive-kaidacn.com> ; <http://dendritics.com/scales/synthetic-diamonds-final-report.asp> ; <http://www.snopes.com/science/diamonds.htm> ; <http://www.levitunisi.it> ; <http://www.generalchemical.it> <http://www.tiviabrazivi.co.yu> ; <http://www.sambi.co.yu/> <http://www.interstone.com/iti/intersto>; Building stone, Web: http://www.geofond.cz/rocenkanerudy99/html/b_stone.htm

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА АУТОМАТИЗОВАНОГ ПРОЈЕКТОВАЊА ОБРАДНИХ СИСТЕМА И ПРОЦЕСА У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА - РЕКАПИТУЛАЦИЈА УКУПНИХ РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ TP- 6319 Б

М. Калајџић, Б. Бабић, З. Миљковић, Б. Кокотовић, М. Поповић¹, Љ. Лукић², М. Ђапић, Р. Радиша, С. Узуновић³, Р. Славковић⁴

Резиме

Истраживања која су овим пројектом остварена, обухваћена су следећим тематским целинама: 1) Развој и имплементација метода и алгоритама за пројектовање и реафирмацију групне технологије, layout-а технолошких система и емпијско управљање интелигентним технолошким системима. 2) Оптимизација CNC технологије обраде резањем и развој система за надзор и адаптивно управљање у CNC технологији обраде резањем. 3) Имплементација методе коначних елемената у пројектовању носећих структура обрадних система ради оптимизације и испитивања компоненти обрадних система нове генерације. 4) Развој и имплементација интелигентног система за концептуално пројектовање производа и процеса у фабричким условима коришћењем аксиоматске теорије пројектовања, односно систем архитектуре. 5) Развој и имплементација нових метода пројектовања технологије ливења и ливачких алата на примерима виталних носећих структура обрадних система.

Примена нових метода, алгоритама и техника, као и потпуно заокружена целина од концептуалног пројектовања до верификације у реалним лабораторијским, а потом и фабричким условима ЛОЛА система, има за циљ да се, у смислу пројектовања производа и технологија, значајно скрати време реализације пројектног задатка, што је основни научно-истраживачки допринос овог пројекта.

1. Емпијско управљање интелигентним мехатронским системима

Сprovedена истраживања, кроз нове алгоритме, методе, софтвере и научне радове, имала су за циљ да покажу како машинско учење интелигентних технолошких система, базирано на примени система вештачких неуронских мрежа, може да обезбеди већу флексибилност и аутономност у производним технологијама. Резултати истраживања су показали да побољшања у погледу програмирања, флексибилности, ефикасности и вештини интелигентног мехатронског система - робота зависе од степена развоја и реализације његовог машинског учења. Развијена емпијска управљачка стратегија базирана на алгоритму емпијског управљања, представља суштинску основу за имплементацију машинског учења интелигентних мобилних робота који су тестирани при опслуживању машина алатки, и то коришћењем софтверског пакета FLEXY намењеног за дистрибуирану симулацију интелигентних технолошких система.

Развој нових генерација производа подразумева да технолошки системи треба да поседују наглашену еволутивност при пројектовању производних технологија, и то у фази планирања и пројектовања технолошких процеса, као и приликом управљања технолошким процесима. Да би се то

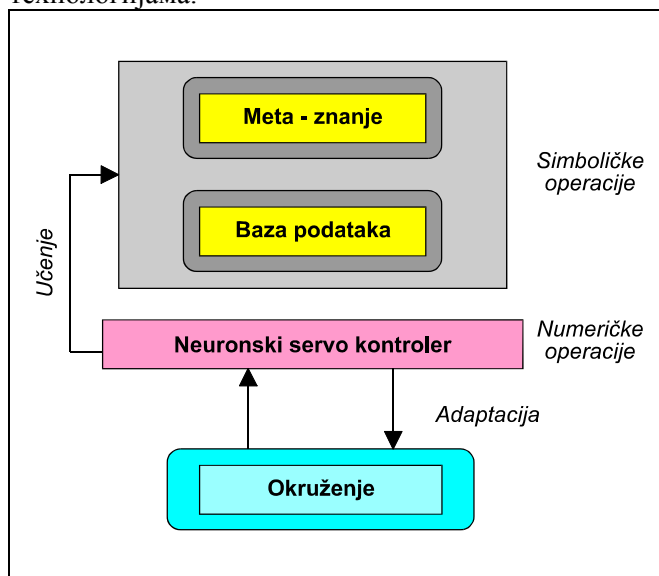
¹ Проф. др Милисав Калајџић, Проф. др Бојан Бабић, Проф. др Зоран Миљковић, Мр Бранко Кокотовић, Мр Михајло Поповић, Машински факултет у Београду

² Проф. др Љубомир Лукић, Машински факулте у Краљеву

³ Др Мирко Ђапић, Радомир Радиша, дипл. маш. инж., Слађана Узуновић, дипл. маш. инж., ЛОЛА институт, Београд

⁴ Проф. др Радомир Славковић, Технички факултет у Чачку

остварило, неопходно је да се претходно изврши интеграција софтверске и хардверске архитектуре мехатронских система, односно система који имају и способност учења. Тако су последњих пар деценија развијане области препознавања узорака, машинског учења и самоорганизовања, да би се та спирала развоја данас оријентисала ка новој научној области познатој под називом *интелигентно управљање* (Слика 1). Квалитативно посматрано, систем који укључује способност да „осећа“ своје окружење, процесира информације у функцији редуковања неодређености, планира, генерише и извршава управљачке акције у ситуацијама које су стохастичке, конституише *интелигентни управљачки систем*. У интеракцији мехатронских подсистема (машинства, електронике, софтвера), развијена је емпиријска управљачка стратегија хијерархијског интелигентног управљања аутономним индустријским роботима на бази система препознавања и учења, намењена новим производним технологијама.



Слика 1 - Концепт хијерархијског интелигентног управљања

Ти научно-истраживачки резултати обухватају и реализацију већег броја софтверских подсистема експерименталног карактера, а представљају конкретне излазе пројекта. Софтверски подсистеми који се посебно издвајају су: *APT-1 Симулатор*, базиран на APT-1 вештачкој неуронској мрежи, као и *BPNET*, који се заснива на „backpropagation“ вештачкој неуронској мрежи. Поред ових кључних софтверских подсистема, реализована су још три значајна софтверска подсистема: *Make it*, за процесирање и анализу 2D слике објеката применом бинарне сегментације, као и два софтвера за надзор и управљање роботима *MITSUBISHI Movemaster-EX* и *Дон Кихот*.

Сви ови софтвери су реализовани за *Windows®* оперативни систем и инсталирани су на IBM PC рачунарској платформи у Центру за нове технологије Машинског факултета у Београду.

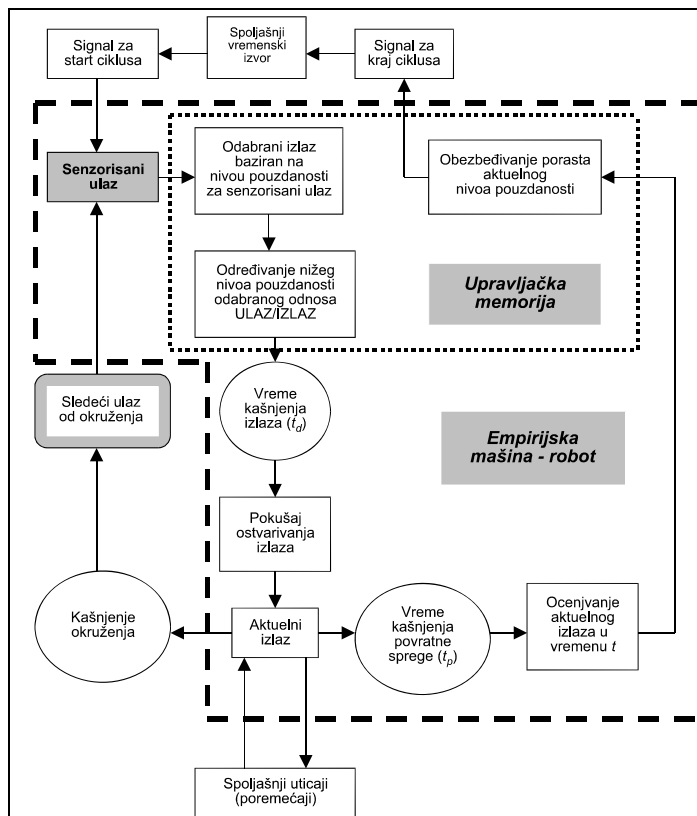
Оно што обједињује све ове хардверско-софтверске подсистеме је *алгоритам емпиријског управљања*, који је дат преко блок-дијаграма (слика 2).

Емпиријска управљачка стратегија, базирана на приказаном *алгоритму емпиријског управљања*, показала је да, после машинског учења (коришћењем система вештачких неуронских мрежа), аутономни мобилни робот *Дон Кихот* (Слике 3 и 5) или антропоморфни робот *MITSUBISHI Movemaster-EX* (Слика 5) несметано прилазе траженом објекту (објекту *А* или објекту *Б*, видети Слика 4).

Ове задатке робот најчешће изводи у неколико фаза (Слика 3):

1. Приступање препознатом објекту,
2. Хватање објекта *А*, уз одговарајућу оријентацију прстију хватача робота,
3. Премештање објекта *А* на другу локацију и спајање са објектом *Б*.

У контексту претходног, тестирана је валидност *алгоритма емпиријског управљања* на примеру посебно развијеног робота *Дон Кихот*, као и едукационог индустријског робота *MITSUBISHI Movemaster-EX*. На слици 3 је приказана реализација аутономног понашања у поменутих фазама, за антропоморфни мобилни робот сопственог развоја назван *Дон Кихот*.

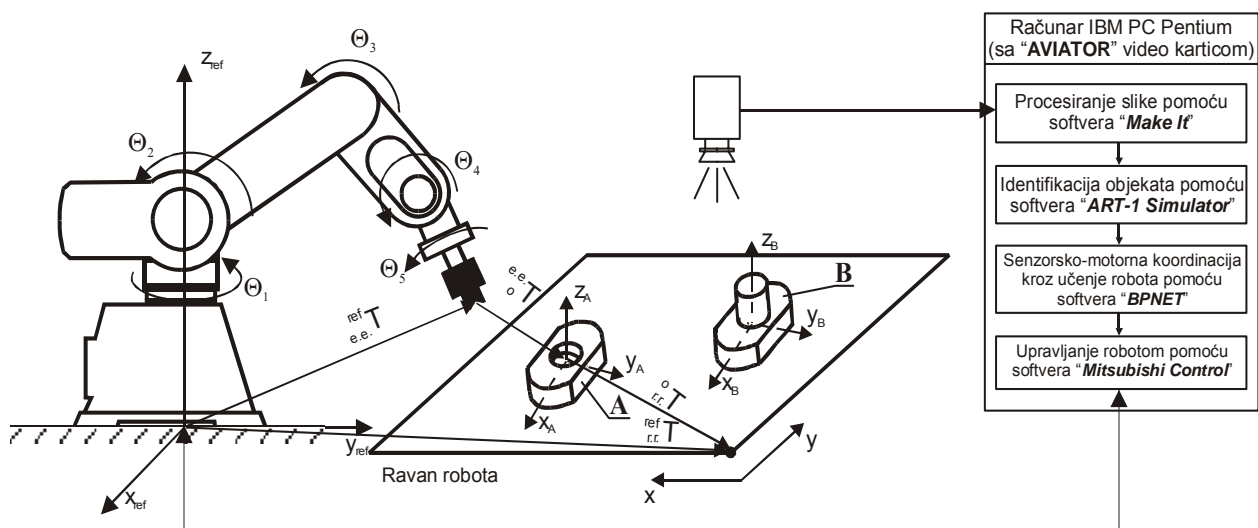


Паралелно процесирање, које остварује ВР вештачка неуронска мрежа уз нелинеарно пресликавање, је успешно примењено на процедуру адаптивне сензорско-моторне координације робота, односно адекватног позиционирања и оријентације енд-ефектора робота у односу на препознати објекат, с обзиром да су одступања углова ротације у зглобовима робота веома мала (до 1° за обучене парове и до 5° за необучене), што значи да је енд-ефектор робота увек заузимао адекватну позицију и оријентацију у односу на објекте при манипулацији и спајању. Добијени експериментални резултати потврђују оправданост постављене хипотезе о способности мехатронског система-робота да учи, коришћењем визуелних информација добијених од екстерног сензора-камере и система вештачких неуронских мрежа, што је коришћено у пројектовању производних технолошких ћелија са машинама алаткама које опслужују интелигентни мобилни роботи.

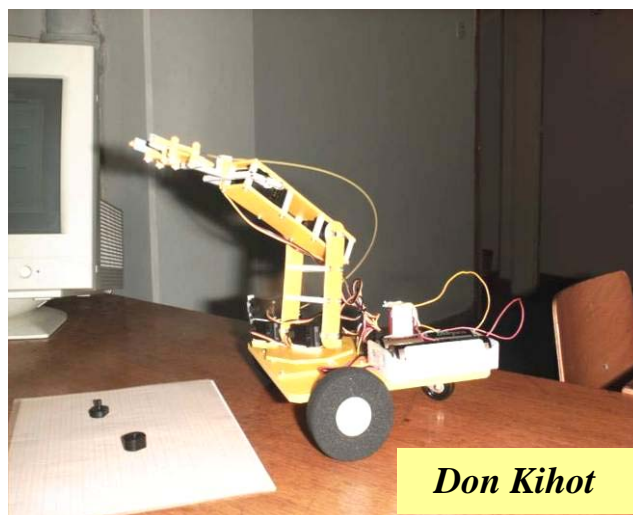
Слика 2 Блок-дијаграм алгоритма емпијског управљања



Слика 3 - Аутономно понашање антропоморфног мобилног робота названог Дон Кихот

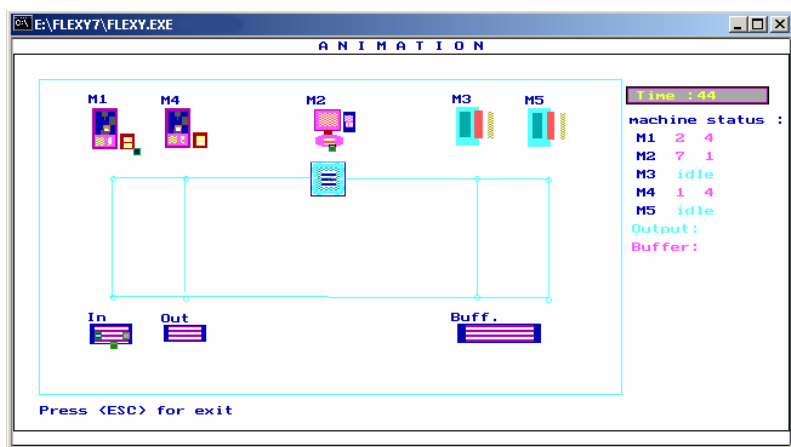


Слика 4 - Експериментални систем робота MITSUBISHI-MOVEMASTER-EX



Слика 5 - Приступање и адекватно позиционирање и оријентација енд-ефектора робота MITSUBISHI-MOVEMASTER-EX и Дон Кихот препознатом објекту

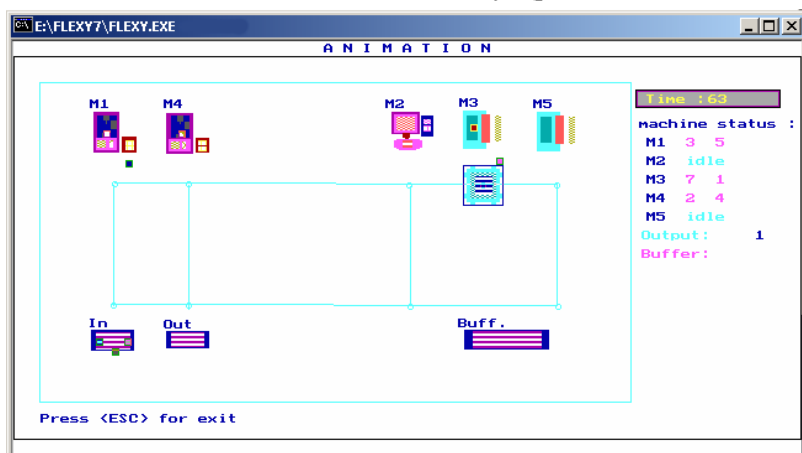
Даље, имплементација претходно приказаних резултата базираних на емпиријској упорављачкој стратегији у домену развоја интелигентних технолошких система и њихове примене у домаћој металопрерађивачкој индустрији, остварена је кроз примену софтверског пакета *FLEXY* при пројектовању производних технолошких ћелија. Тестирана су два могућа решења применом дистрибуиране симулације (на сликама дати су прикази *layout*-а тих технолошких ћелија), а у табели су показана укупна задржавања на одговарајућим машинама алаткама, уз примену робоколица (мобилни индустријски робот) у опслуживању, при чему се констатује да је решење 2 оптимално.



Резултати симулације (*FLEXY*-пакет)

		Решење 1	Решење 2
Заузетост машине алатке	1	86	99
	2	43	50
	3	65	74
	4	65	74
	5	43	50
Зузетост робоколица		35	29
Укупно време процесирања		4645 МИН	4033 МИН

Слика 6 - Технолошка ћелија (решење 1)

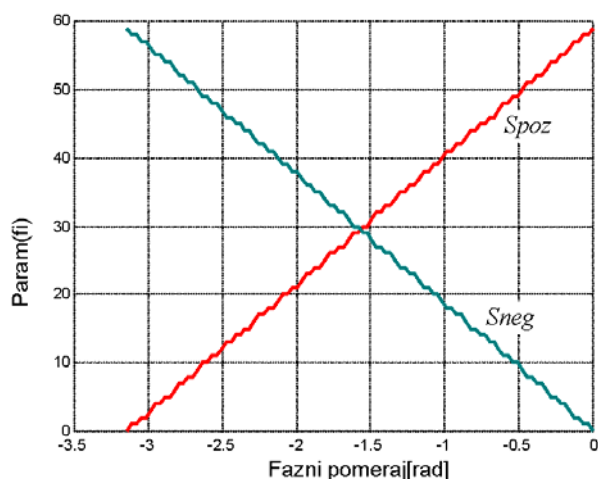


Слика 7 - Технолошка ћелија (решење 2)

2. Оптимизација CNC технологије обраде резањем, Развој система за надзор и адаптивно управљање у CNC технологији обраде резањем

Алгоритам идентификације настанка резонантних вибрација

Једна од премиса, које се односе на комплекс за сензорско процесирање у архитектури интелигентних система за управљање у реалном времену је да се поимање о окружењу гради на основу тренутних утисака и њиховом просторном и временском интегралењу, у општем значењу те речи. Пратећи ову логику, проблем уласка у нестабилно подручје смо оформили на следећи начин. Ако се разматра могућност закључивања о синфазности или противфазности два сигнала у интервалу између два тренутка одабирања, онда је, на том нивоу једини могући показатељ однос знакова првих извода ових сигнала. Исти знакови извода дају елементарни утисак синфазности, а супротни знакови доприносе утиску о противфазности. За очекивати је да се може успоставити функција, која ће сумирањем ових утисака, у референтном временском интервалу, дати параметар који је у изразитој корелацији са фазним померајем одзива у односу на динамичку побуду.



Нека су у референтном временском интервалу:

S_{poz} - број интервала одабирања у којима су први изводи побуде и одзива истог знака

S_{neg} - број интервала одабирања у којима су први изводи побуде и одзива супротног знака

За синусну побуду:

$$x = A \sin(\omega t) \text{ и одзив}$$

$$y = B \sin(\omega t + \varphi) \text{ и}$$

референтни временски интервал $T=2\pi$, за различите фазне помераје добија се изразито линеарна шромена функција S_{poz} и S_{neg} , као на слици. Уочљива је ситуација у којој су ове функције једнаких вредности ($\varphi=-\pi/2$), што одговара случају резонантних осцилација.

За потребе препознавања нестабилног режима рада система пожељно је увести некакав однос ових функција, који јасно наглашава разлику између тог стања и осталих. На основу претходног, дефинисана је функција:

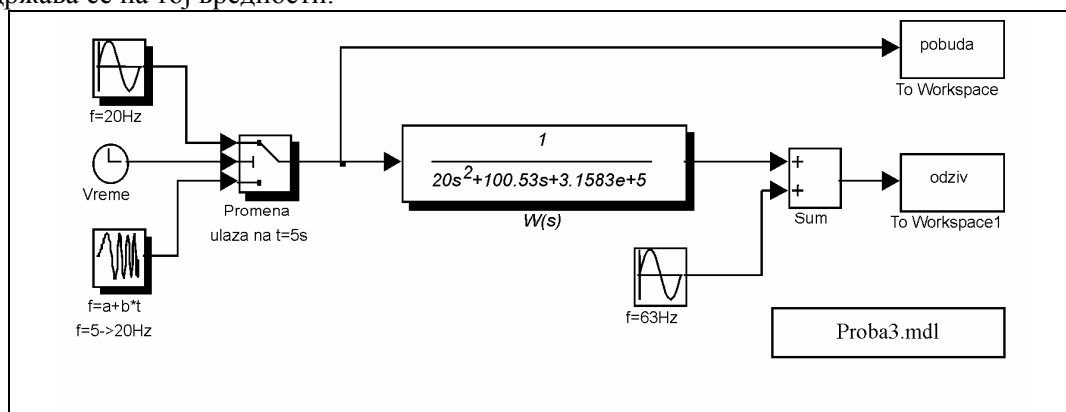
$$P_{\varphi} = \frac{1}{e^{2|S_{poz}-S_{neg}|/N}}$$

Дељењем разлике два бројача у експоненту имениоца бројем N , тренутака одабирања у референтном временском интервалу, постигнуто је нормирање функције на интервал $[0,1]$.

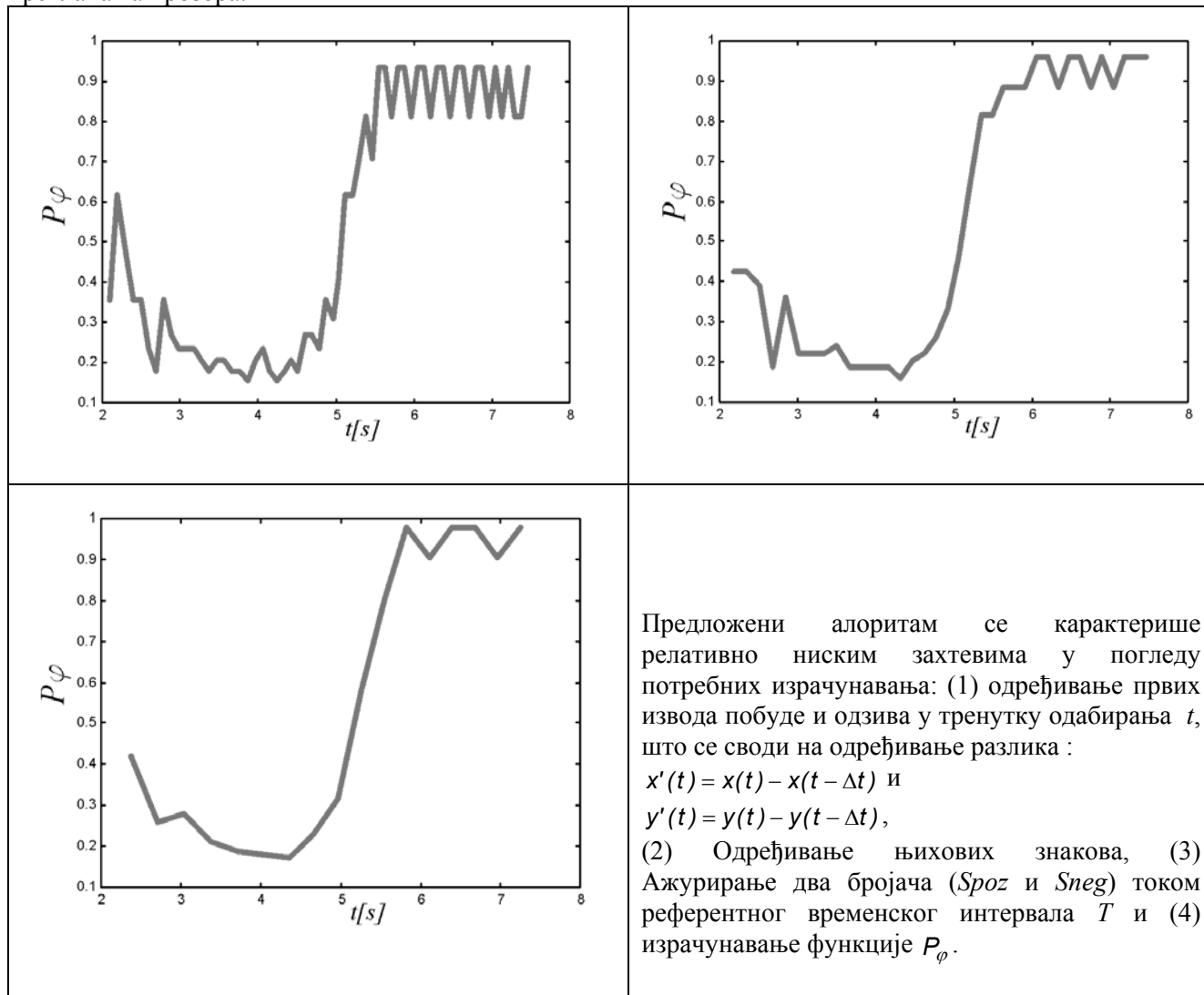
За имплементацију алгоритма у реалном времену предложено је да функција P_{φ} буде прозорског типа и са могућношћу преклапања прозора. Извршене су бројне симулације у којима је доказан квалитет предложеног алгоритма у препознавању уласка у резонантно подручје линеарног динамичког система. Алгоритам је робустан и у присуству шума. Као код већина познатих метода естимације и овде је присутна грешка при покретању алгоритма.

Овде се за илустрацију даје пример прелазног режима, када се мења фреквенција синусне побуде система, и притом пролази и његову резонантну фреквенцију, и то за случај присуства шума.

Сопствена учестаност је 20 Hz. Шум је са фреквенцијом 63 Hz и амплитуде једнаке 10% амплитуде одзива у стабилном режиму. У тренутку $t=5s$ променљива фреквенција побуде достиже 20 Hz и задржава се на тој вредности.

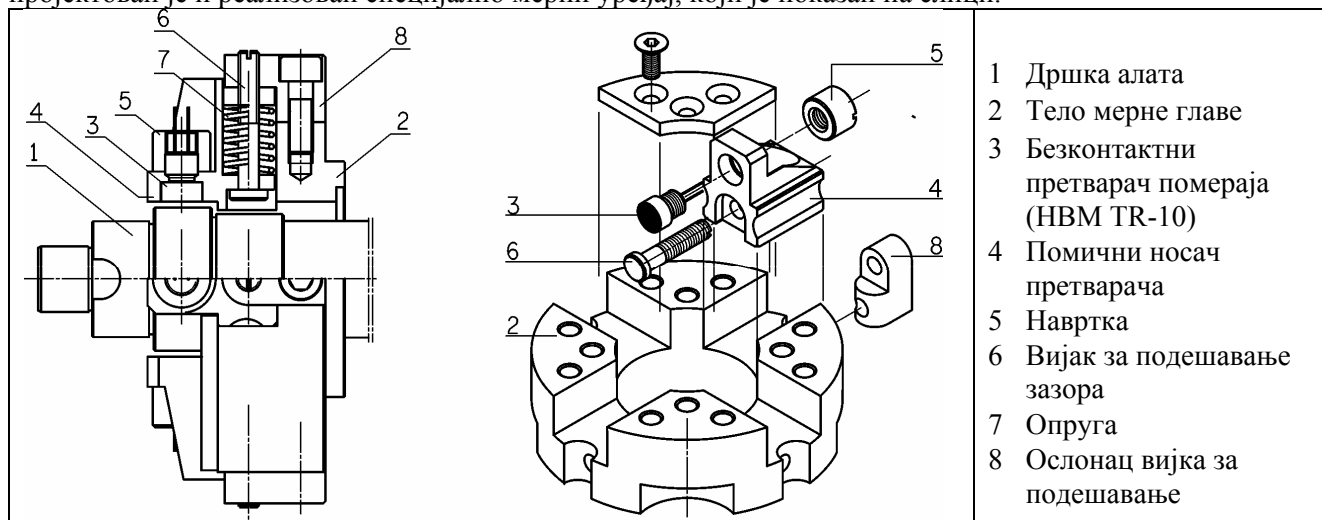


Показане су различите промене функције P_φ , зависно од изабране величине прозора и величине преклапања прозора.



Мерна глава за идентификацију вибрација алата у процесу обраде

За потребе истраживања које се односи на тестирање алгорита за идентификацију процеса обраде резањем, као и при развоју прототипа контролера за адаптивно управљање процесом обраде, пројектован је и реализован специјално мерни уређај, који је показан на слици.



Ради се о носачу претварача помераја, који се постављају тако да омогућавају аквизицију сигнала помераја осе алата у два, међусобно управна радијална правца. Као таква, ова мерна глава је

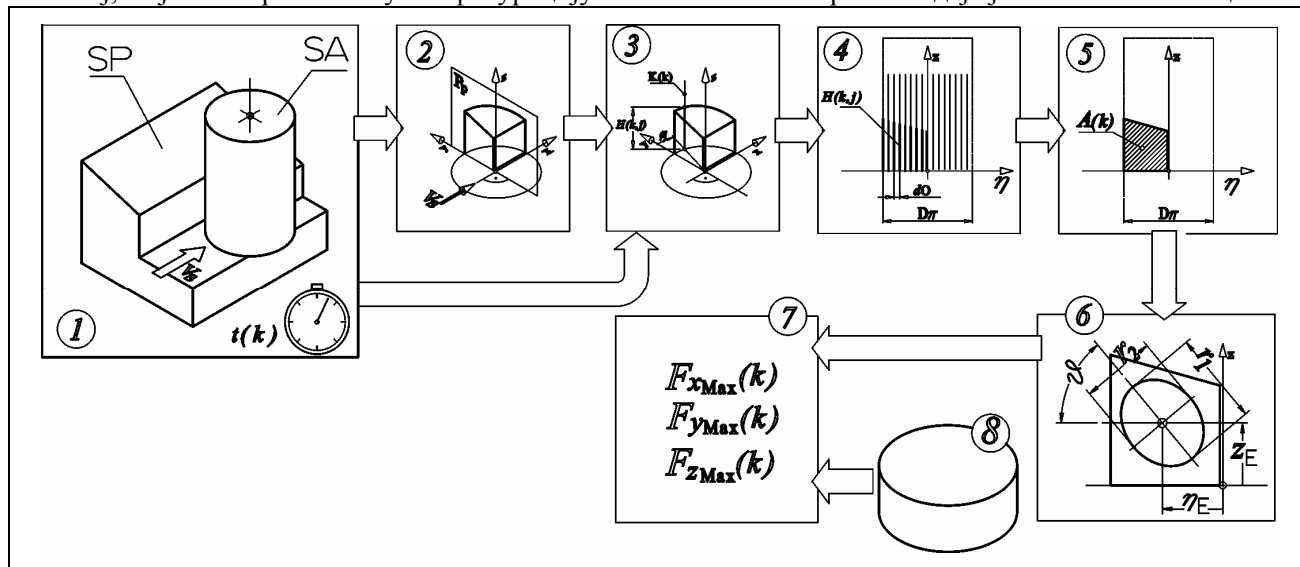
намењена за праћење вибрација алата (динамике процеса резања). Такође може бити коришћена у верификацији модела сила резања и за генерисање сигнала сила резања, који се користе у алгоритмима адаптивног управљања процесом обраде.

Конструкција склопа је шупља. Централни отвор се поставља око дршке алата. Пожељно је да се на дршку алата угради чаура са два спољашња рукавца. Један од њих служи за побуђивање 2 пара индуктивних претварача помераја. Други рукавац има сигурносну улогу, то јест да у случају превеликих амплитуда дршке алата удара у носаче претварача и тако их заштити од оштећења. Оба рукавца се обрађују на коначну меру, на самој машини, када је алат са дрчком постављен у главно вретено, како се не би унела грешка ексцентричности постављања чауре у метод мерења. Претварачи се постављају у одговарајуће, радијално помичне, клизаче и осигуравају се наврткама. Радијално постављени вијци и опруге допуштају да се фино регулише крајњи положај клизача прама оси алата. Ово је потребно ради подешавања зазора између претварача и чауре на дршци алата, тако да се обезбеди подручје у коме је сваки претварачки пар са линеарном карактеристиком, и да се оствари симетричност зазора. У случају превелике амплитуда помоћни рукавац чауре удара у испуст на клизачу и радијално га одбацује дуж вођица, при чему се не генерише значајна сила, због попустљивости опруге.

Адаптивно подешавање елемената режима обраде

У оквиру ове теме развијен је оригиналан алгоритам и одговарајући програма за оптимизацију процеса у CNC технологији обраде резањем, заснован на адаптивном подешавању елемената режима обраде и кода технолошког програма и на CAD симулацији. Алгоритам подразумева декомповање путање алата, која је генерисана неким CAM програмом и дискретизацију елементарних делова путање (линијских и лучних сегмената). У појединим тачкама тако дискретизоване путање врши се естимација сила резања и врши се кориговање вредности брзине помоћног кретања сагласно постављеној граничној вредности силе резања. Када се обави ова корекцијама у одређеном броју тачака путање активира се модул за компримовање, тј. покушај да се што више елементарних делова путање сажме у линијски или лучни сегмент при коме је вредност брзине помоћног кретања константна, што коначно доводи до новог технолошког програма са трансформисаним кодом.

У раду су коришћени резултати неких од општеприхваћених резултата истраживања светских лабораторија, као што су генерисана механика процеса резања и моделирање солида обраћака помоћу вектора Z-мапе. Развијен је оригинални метод за естимацију силе резања, довољно општег карактера да се може применити за произвољну геометију алата и обртака и њихов међусобни положај, то јест за произвољну конфигурацију захвата алата и обртка. Идеја је показана на слици.



(1) У разматраном тренутку $t(k)$ се анализира захват материјала алатом у одређеној тачки дискретизоване путање. (2) Анализа се врши у локалном координатном систему чија се оса z поклапа са осом алата, а оса x са тренутним смером брзине помоћног кретања. (3) Поставља се скуп изводница енvelope алата на коначном броју углова и одређују се њихови сегменти који су у захвату са обратком. (4) Скуп сегмената изводница, за које је идентификован захват са материјалом, се пројектују на полуцилиндар јединичног полупречника, чија се оса поклапа са осом алата. (5) Врши се интеграљење по луку, површине $A(k)$ коју тако пројектовани сегменти формирају. (6) За ту фигуру се одређују параметри површи: полупречници главних $r1$, $r2$ оса елипсе инерције, нагиб главних оса

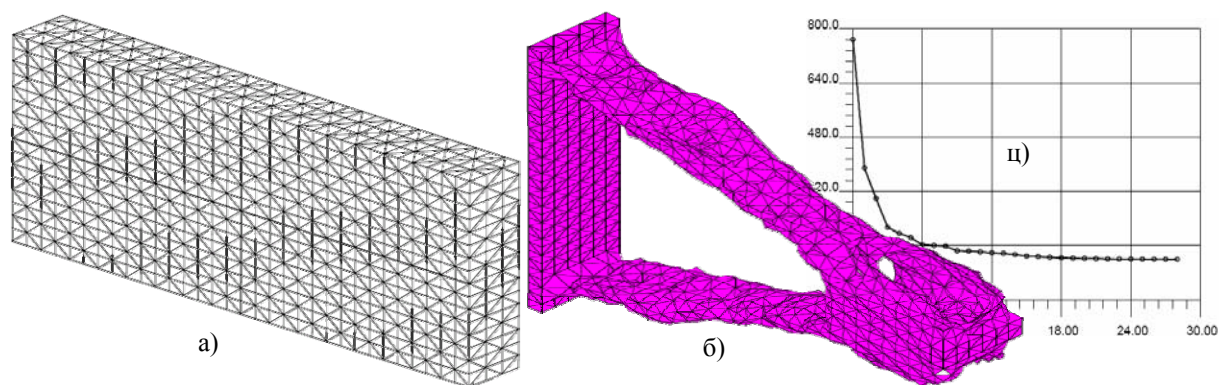
θ , и висина тежишта $z(k)$. На основу ових величина, као независноо променљивих, се из фази модела (8) добијају тренутне вредности три компоненте силе максималне силе резања (7). Од солида обратка се одузима солид који представља унију солида обратка и солида који чини обвојна површ алата, у разматраном тренутку, након чега се анализа премешта у следећу тачку дискретизоване путање.

3. Пројектовање ОС у циљу поновног покретања производње кроз развој метода и алгоритама за анализу, прорачун, оптимизацију и испитивање компоненти ОС

Оптимизација носећих структура обрадних система

Оптимизација применом методе уклањањем материјала (Soft Kill Option – SKO), користи метод коначних елемената као нумерички алат.

Ова метода оптимизације се базира на уклањању оних делова почетног масива конструкције (слика), који у претходној итерацији нису имали напон изнад одабране границе. За те делове масива се рачунски поставља да модул буде јако мали, што се сматра еквивалентом непостојања тог дела масива. Тај поступак се врши до умиривања интензитета уклањања непотребних делова масива и добија остатак налик на решетку. Материјал може да се уклони било где у структури (осим региона који су раније дефинисани). Тако, отвори и удубљења могу да се формирају и шире са структуром. Овај метод оптимизације може специјално бити користан у одређивању почетног облика нове конструкције.



Почетни (а) и крајњи (б) изглед конзоле; вредност запремине у итерацији (ц)

Поставка проблема је утврђена приближним димензијама конструкције – ограничењу димензија, дејством спољашних оптерећења и ограничења. Коришћењем методе коначних елемената као нумеричког алата долазимо до вредности напона, деформација и помераја у конструкцији. Оптимизација уклањањем материјала елиминише зоне које не носе оптерећење, које би само представљале бекористан терет и тако обезбеђује добро оптимизовану лаку конструкцију. Концентрација напона која се јавља, смањује се коришћењем метода оптимизације подешавања облика, која за циљ има уједначавање напона у конструкцији. Коришћењем ових метода долазимо до крајњег-оптималног облика.

Резултат бр. 2

Начин ослањања технолошке опреме, често има одлучујући утицај на успешно одвијање технолошких процеса, али и на појаву низа нежељених секундарних ефеката. Под појмом технолошке опреме обухваћен је велики број машина алатки и специјалних уређаја који се користе како у технологији машиноградње тако и у производним технологијама осталих индустријских грана. Производни погон у коме се одвија технолошки процес, за кога је скоро увек везан и човек, састоји се од низа машина и уређаја код којих се у току технолошког процеса појављују вибрације и бука као нежељени ефекти. Ове нежељене појаве негативно утичу како на човека тако и на прецизну технолошку опрему, објекте и околину. Обзиром да се у технолошки процес перманентно уводе оштри режими, а и захтеви у погледу тачности и квалитета су све строжији, то борба против негативних утицаја овог карактера постаје све актуелнија. Данас се углавном напуштају стара искуства при фундирању обрадних система помоћу посебно припремљених фундамената, а уместо њих користе се посебно пројектовани еластични ослонци (подметачи) са одговарајућим како статичким тако и динамичким карактеристикама. Углавном, њихове статичке и динамичке карактеристике поред конструкционог облика дефинисане су материјалом еластовискозног елемента.

Имајући у виду горе наведено, развојем метода за концептуално пројектовање са применом на еластичне ослонаце као компоненте машина алатки, а у зависности од карактеристика производног погона, може се у врло кратком временском периоду пројектовати и релативно брзо реализовати одговарајући еластични ослонаци. Наведена стратегија у пројектовању ослонаца машина алатки, примењена је на решавање проблема ХИ "Милан Благојевић", Лучани при фондирања технолошке опреме у новоизграђеном објекту. Концептуални принцип идентификације система и развоја еластичних ослонаца саопштен је наведеном раду.

Резултат бр. 3

Ливење као технолошка дисциплина, има значајно место у технологији израде како носећих структура машина алатки тако и остале технолошке опреме у металоперађивачкој индустрији и у индустријама осталих грана привреде. Данас се углавном напуштају конвенционалне методе пројектовања, како производа тако и технологије израде, а уводе се савремене CAD, CAM, CAPP, методе пројектовања, које омогућавају симулацију процеса израде како би се уочиле и на време отклониле могуће грешке у технолошком процесу. Ова могућност посебно је значајна за област ливарства где је свака грешка у одливку скупочена.

Технолошки процес ливења карактерише то, што је у технологији израде потребно пројектовати: производ који треба да буде технолошчан, технолошки поступак израде, алате за израду ливачких форми, и потребне приборе.

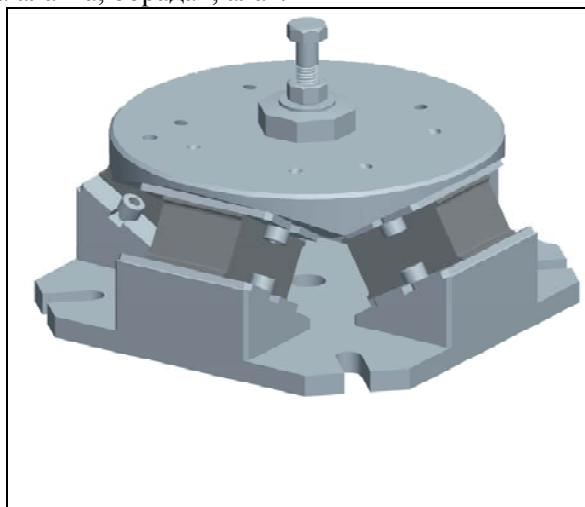
У наведеном раду дата је методологија пројектовања алата за израду ливачких форми при ливењу специјалних резних елемената од нерђајућег челика, а који се користе у процесној индустрији. Одливак карактеришу резни елементи релативно малог попречног пресека (осетљиви на грешке при ливењу) и врло сложена геометрија. На овом примеру имплементирани су софтвери у процесу пројектовања, односно Pro/Engineer и Solid Works за израду 2D и 3D модела одливка. Пошто се алати раде на глодалици са примењеном технологијом CNC управљања, имплементиран је софтверски пакет Power Mill, у пројектовању технологије израде алата. Процесом пројектовања одливка (производа) створене су могућности за процесирање слике ливења уз могућност детектовања грешке у одливку, применом софтверског пакета Magmasoft.

Резултат бр. 4

Значајан утицај на квалитет обрадних система има група поремећајних подсистема са доминантним утицајем подсистема динамичког понашања. Утицај овог подсистема на ток обрадног система, условио је да се паралелно развоју обрадних система у технологији машиноградње, посебна пажња поклања њиховом фондирању. Правилним фондирањем постиже се виши квалитет обрадних система, а који се огледа у следећем: смањење спољних утицаја на обрадни процес, смањење преноса поремећаја из обрадног процеса на околину, постиже се виша геометријска и кинематичка тачност машине и постиже виша статичка крутост система машина алатка, обрадак, алат.

У оквиру овог резултата дато је једно техничко решење еластичног ослонаца (слика 1) за обрадне системе код којих се у технолошком процесу појављују оптерећења променљивог правца значајнијег интензитета. Концепцијски подметач се састоји из четири паралелопимедна под углом постављена елемента од специјално вулканизиране еластовискозне масе (мешавина гуме и плуте) тврдоће 40 Sch.

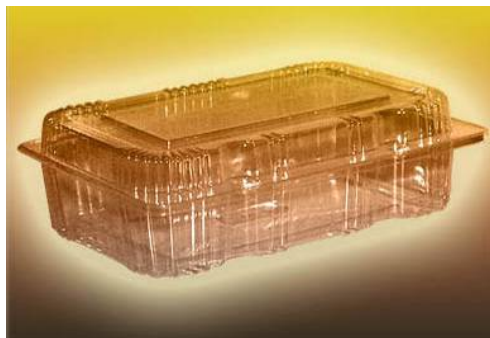
За овај ослонац посебном методом, користећи софтверски пакет MATLAB дефинисана је гранична крива (граница до којих су оптерећења пропорционална деформацијама еластовискозног елемента) и извршена статичка и динамичка идентификација ослонаца. Уз техничко решење, развијена је и метода за завршну анализу динамичког понашања фондираног система у условима који симулирају експлоатационе. Наведена метода динамичке анализе може се применити за шири спектар еластичних ослонаца узложених динамичком оптерећењу сличног карактера.



Подметач за еластично ослањање технолошке опреме

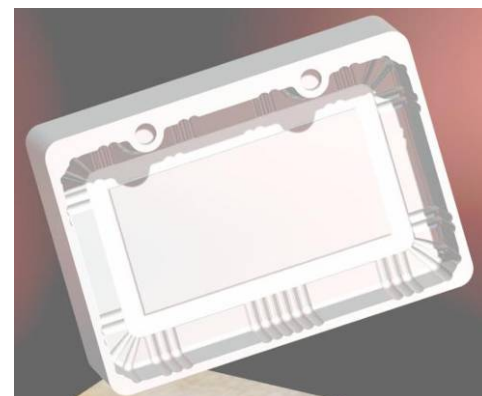
Резултат бр. 5

Данашњи CAD/CAM софтверски системи дају могућност параметарског креирања 3D солид модела, што је посебно значајно за CAD/CAM пројектовање површина алата у технологији израде готових производа технологијама код којих калупна шупљина обликује спољну конфигурацију израдка. Такође, у оваком начину израде готових делова, метода параметарског моделирања омогућује врло ефикасно и брзо креирање фамилије калупних шупљина које се могу користити у истим матрицама за сечење, како би се добила потребна разноврсност готових производа уз што рационалније искоришћење алата за производњу. На сл.2 дат је пример изгледа амбалажне кутије као израдка из калупне шупљине произведене применом CAD/CAM технологије као и изглед једне половине алата.



Резултат бр. 6

Током рада роторног багера, резни зуби изложени су интезивном абразивном хабању у комбинацији са динамичким и ударним оптерећењем. Конструкција ових елемената је веома сложена, обзиром да су оптерећење и његова расподела недовољно познати. Применом рачунара кроз CAD/CAE технологије овај проблем се донекле може превазићи. Рад представља резултате истраживања и развоја дводелне конструкције зуба за роторне багере применом интегрисаног приступа у конструисању. Модели, моделирање и симулације су основа овог приступа. Производ и његова својства се дефинишу на моделима, који се даље анализирају симулирањем процеса у експлоатацији. Циљ анализа је да се из одређеног броја варијантних решења изабере оптимално и оно посебно тестира у експлоатацијским условима.



Изглед амбалажне кутије из калупне шупљине генерисане CAD/CAM технологијом (а) и изглед алата за обликовање горње половине кутије (б)

4. Имплементација аутоматизованог пројектовања обрадних система и процеса у индустрији прераде метала

Традиционални системи аутоматизованог CAD/CAM пројектовања сложених производа, углавном подразумевају да пројектант на основу функционалних карактеристика производа, спроведе прорачуне и потребне инжењерске анализе, дизајнира производ у 3D формату и изради комплетну пројектно конструкциону документацију. Радионичку документацију преузимају технолози који разрађују елементе производног процеса (израду делова, набавку уградбених компоненти, редослед, фазе, монтажу, контролу) и технолошку документацију лансирају у производњу. Овакав метод рада захтева да производно предузеће поседује бирое за више инжењерских и производних функција и да се све фазе стварања производа реализују у оквиру једне велике фабрике (пројектовање, технологија, планирање, производња, контрола, монтажа, итд.). У данашњим условима код нас је веома мали број таквих фабрика. Због тога се производња сложених производа реализује у великом броју малих и средњих предузећа. У завршном извештају се приказује развијена методологија CAD/CAM пројектовања на конкретним примерима, у условима дистрибуиране производње, где се поједине технолошке операције изводе у различитим предузећима, а развој производа и координација производње се обављају са једног места.

Класична методологија CAD/CAM пројектовања подразумева одређене фазе развоја сложених производа, у којима се интегрално посматра свака инжењерска активност од идеје и концептуалног пројектовања до пласмана производа на тржишту. Да би се производ развио у што краћем времену, и да би задовољио функционалне захтеве већ у прототипској фази његове израде, тако да се и прототипска варијанта производа може пласирати купцима, неопходна је примена модерних метода пројектовања, које подразумевају напредне технологије и технике симултаног инжењерства.

Код сложених производа у процесу развоја и освајања производње, неопходно је интегрисати велики број делова, уградбених компоненти и модула у јединствену функционалну целину. У време када су у нашој земљи постојали велики фабрички и производни комплекси, који су имали велике пројектне и развојне секторе са искусним пројектантима, технолошке службе које су исцрпно познавале технологију израде производа, са карактеристикама свих расположивих производних ресурса и имале организоване службе контроле квалитета и лабораторије за специјализована испитивања, тестирање и верификацију функционалних карактеристика производа, начин израде пројектно конструкционе и производне документације се заснивао на овим чињеницама. Међутим, данас је једино могуће произвести сложенији производ у нашем индустријском амбијенту у више малих и средњих предузећа (у дистрибуираној производњи), која су специјализована за парцијалне технолошке процесе, појачаном координацијом производних фаза и израдом пројектно конструкционе и технолошке документације у синтетизованој форми на CAD радним станицама.

Код сложених производа у процесу развоја и освајања производње, неопходно је интегрисати велики број делова, уградбених компоненти и модула у јединствену функционалну целину. У време када су у нашој земљи постојали велики фабрички и производни комплекси, који су имали велике пројектне и развојне секторе са искусним пројектантима, технолошке службе које су исцрпно познавале технологију израде производа, са карактеристикама свих расположивих производних ресурса и имале организоване службе контроле квалитета и лабораторије за специјализована испитивања, тестирање и верификацију функционалних карактеристика производа, начин израде пројектно конструкционе и производне документације се заснивао на овим чињеницама. Међутим, данас је једино могуће произвести сложенији производ у нашем индустријском амбијенту у више малих и средњих предузећа (у дистрибуираној производњи), која су специјализована за парцијалне технолошке процесе, појачаном координацијом производних фаза и израдом пројектно конструкционе и технолошке документације у синтетизованој форми на CAD радним станицама.

Дистрибуирана производња

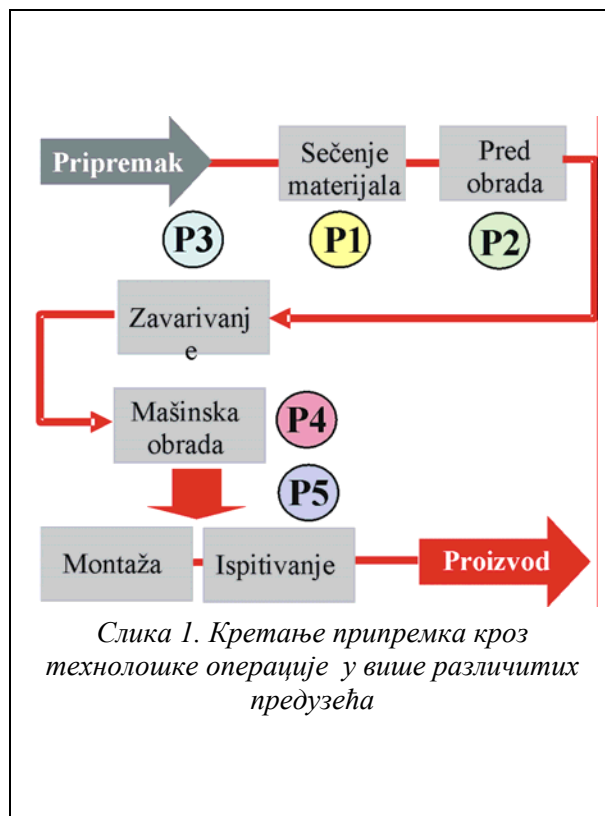
Развојни инжењери и пројектанти су уобичајено радили комплетну конструкцију и радионичку документацију, са листама саставних делова, коју су преузимали технолози и фабричке службе за планирање и организовање производње. На основу конструкционе документације сваки сектор фабрике, учесник у производном циклусу је израђивао себи потребну документацију која је била основ за праћење, управљање и контролу производног циклуса.

Данас не постоји ни једна велика фабрика код нас која има потребне ресурсе да потпуно самостално реализује један сложенији производ, а да не користи у одређеним фазама производње услуге другог предузећа, бар за неку специјализовану технолошку операцију.

Код нас данас, углавном производе развијају мање групе од неколико инжењера различитих специјалности (инжењери пројектанти машина, електро пројектанти, електроничари - хардверисти/софтверисти, аутоматичари, технолози), и они већ у фази развоја морају имати визију свих будућих активности у реализацији комплетног производа.

У таквим условима где је неопходна организација освајања производа у условима дистрибуиране производње у више различитих малих предузећа (слика 1), која су у стању да реализују само поједине технолошке операције, а да се са једног места прати, управља, контролише и координира производња, неопходан је измењен приступ у изради пројектне документације.

Олакшање у инжењерском раду је примена CAD/CAM система у 3D пројектовању производа, који омогућује ефикасну израду пројектно-производне документације која се доставља кооперантима само са оним садржајем који дефинише предобрађен припремак који долази у њихово предузеће и све елементарне операције које треба да буду реализоване у предузећу, као и карактеристике обрађеног

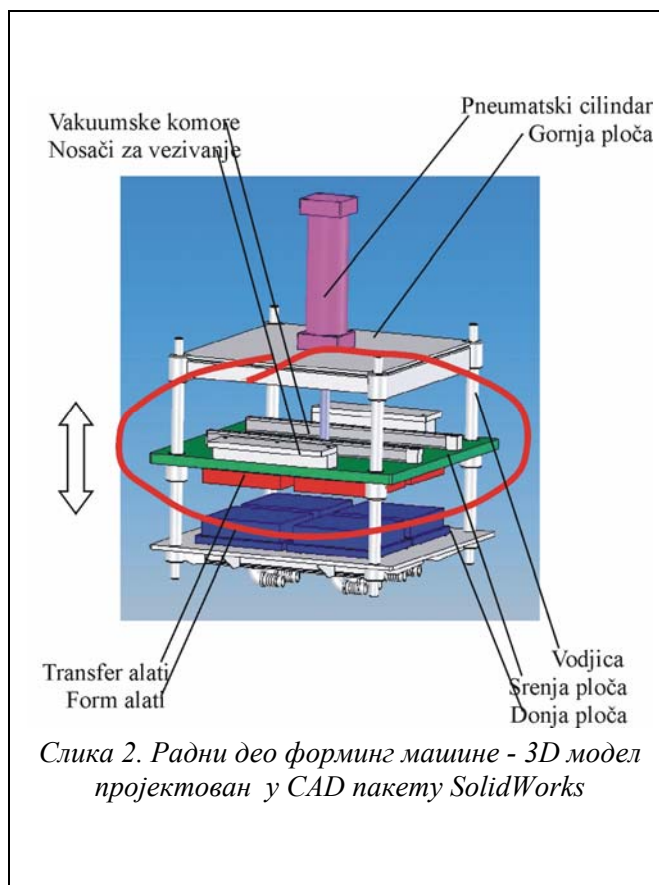


производа који излази из процеса обраде у том предузећу и иде на даљу обраду у друга предузећа све до завршне обраде и монтаже. Дакле, комплетну развојну документацију поседују само пројектанти, а учесници у производњи добијају само онај садржај документације која је неопходна за реализацију њиховог дела производње.

CAD/CAM методе пројектовања за дистрибуирану производњу

Методологија CAD/CAM пројектовања у условима дистрибуиране производње се заснива на синтези конструкционе и технолошке документације, тако да предузеће које реализује одређене технолошке операције добија јасну и потпуну конструкциону, технолошку, контролну и монтажну документацију, али само парцијално за онај део активности које су додељене том предузећу на реализацију. Пројектна документација за производњу се селективно штампа само са оним параметрима који су битни за фазу израде која се односи на обим посла у једном предузећу, како би се примопредаја фазе посла и контрола извршених операција извршила коректно према техничкој документацији.

Као пример, наводи се пројекат радног дела форминг машине за израду елемената папирне амбалаже, који се састоји од три плоче повезане са четири вођице, од којих је средња плоча непокретна, поседује вођице чаура, четири трасфер алата и вакуумске канале са носачима за везивање на носећу струкуру машине (слика 2). За средњу плочу је везан клип пнеуматичког цилиндра који је такође непокретан, а заједно са цилиндром и вођицама покреће се горња и доња плоча при раду машине.



За специфичан начин дистрибуиране производње сложеног производа, урађена је адекватна пројектна и производна документација (слика 3 и слика 4) применом CAD/CAM система и лансирана у производњу.

Пошто се ради о деловима изузетно захтевне тачности вођења, неопходно је брушење и тврдо хромирање цилиндричних вођица и висококвалитетна обрада водећих чахура, пошто је предвиђено да форминг машина ради аутоматски у три смене са тактом од неколико циклуса у минути. Захтеви у погледу тачности произилазе и због тога, што су на доњој плочи постављени радни алати који се геометријски потпуно уклапају у просторно сложену површину трансфер алата који се налазе на средњој плочи. Комплетна израда радног дела форминг машине у једном малом предузећу није могућа због високих технолошких захтева за сваку операцију у обрадном и технолошком процесу, што би изискивало поседовање и адекватне технолошке опреме у предузећу. Због тога је израда склопа радног дела била подељена у неколико специјализованих предузећа, где се у сваком предузећу одвијала одређена технолошка фаза производње:

- Плоче су најпре исечене из табли лима, предобрађене и припремљене за заваривање два носача за везивање средње плоче и две вакуумске коморе, у предузећу које је специјализовано за пламено сечење, заваривање, ручну обраду и грубу предобраду материјала.
- Радне површине плоча квадратног облика великих димензија обрађене су у предузећу које је специјализовано за машинску обраду на бушилицама-глодалицама са већим радним столовима и већим степеном радне тачности.
- Вођице и водеће чахуре су обрађене на машинама за цилиндричну обраду у предузећу које има стругове и брусилице за цилиндрично брушење.
- Тврдо хромирање је реализовано у предузећу које има постројења за површинску заштиту.
- После заваривања водећих чахура, извршена је обрада средње плоче у склопу са горњом и доњом плочом како би се задовољила тачност у вођењу и паралелност радних површина средње и доње плоче, површина на којима се налазе алати. После свих операција заваривања и склопне обраде

извршено је бушење отвора за постављање везивних елемената, јер су алати изменљиви и мењају се за сваку врсту производа.

- У предузећу у коме је извршена монтажа извршена је и интеграција са ПЛЦ контролером и спроведено функционално тестирање корисничког програма, који је реализован према технолошким захтевима производног процеса у којима ће форминг машина радити, да би се показало да су испуњени сви функционални захтеви и доказао производни капацитет машине.

Практична реализација прототипа форминг машине

После извршених свих производних фаза, координацијом, надзором и контролом производње у свим предузећима учесницима у производном процесу, интегрисана је форминг машина и пуштена у рад у склопу производне линије у једном малом производном предузећу у Краљеву (слика 5 и слика 6).

Последице транзиције у металоперађивачкој индустрији код нас, довеле су до распада великих фабрика, и до одласка великог броја развојних инжењера и других стручњака из фабрика. Настала су приватна мала и средња предузећа за специјализоване технолошке услуге у којима су носиоци знања бивши специјалисти у великим фабрикама, која све више постају незаобилазан фактор у реализацији сложених производа. Та мала предузећа су специјализована не само у области израде софтвера, електронских компоненти, контролера, развоја специјализованих уградбених модула, већ и за неке традиционалне врсте обраде метала (сечење, ливење, ковање, заваривање, брушење, површинска заштита, машинска обрада итд.). Мала приватна предузећа имају организован начина рада, потпуно контролисано финансијско пословање и као таква могу остварити потребан квалитет, а исто тако гарантовати завршетак посла у строго дефинисаном року, што није случај данас са великим пословним системима индустрије прераде метала, који су у фази реструктуирања и процеса приватизације.

Данашњи амбијентални услови развоја производа код нас директно утичу и на промену приступа у пројектовању и развоју производа у односу на традиционални начин. Методологија CAD/CAM пројектовања треба једним значајним делом да буде оријентисана на коришћењу јефтинијих софтверских пакета који су доступни предузетницима и који не захтевају рачунарско комуникациону инфраструктуру високих перформанси, а да сам начин моделирања производа и производних технологија базира на дистрибуираној производњи.

Да је овај концепт оправдан илуструје и приказан пример развоја и производње форминг машине, коју је успешно реализовало мало производно предузеће "Сервотех" д.о.о. из Београда за потребе малог производног предузећа "Кестен" д.о.о. из Краљева. У реализацији прототипског постројења учествовало је још неколико малих предузећа у дистрибуираним условима производње: ПБС Београд – аутоматизација постројења на бази ПЛЦ контролера, Метал Прогрес Зрењанин – израда радног склопа машине, ММЛ Београд – форминг и трансфер алати, Континент Краљево – систем за сушење и низ других.



Слика 5. Средња плоча са трансфер алатима у склопу форминг машине



Слика 6. Алати на средњој и доњој плочи радног модула форминг машине

5. Истраживање, развој и примена метода и поступака испитивања, контролисања и сертификације машина алатки у складу са захтевима европских директива

Пројектант током развоја доноси одлуке у условима пуним неодређености, контрадикторности и незнања. Да ли су и колико те одлуке исправне? Колико оне утичу на задовољење купца? Ово су само нека од питања са којима се свакодневно сусрећу пројектанти. Њихова отвореност је већа ако се процес развоја налази у раним фазама.

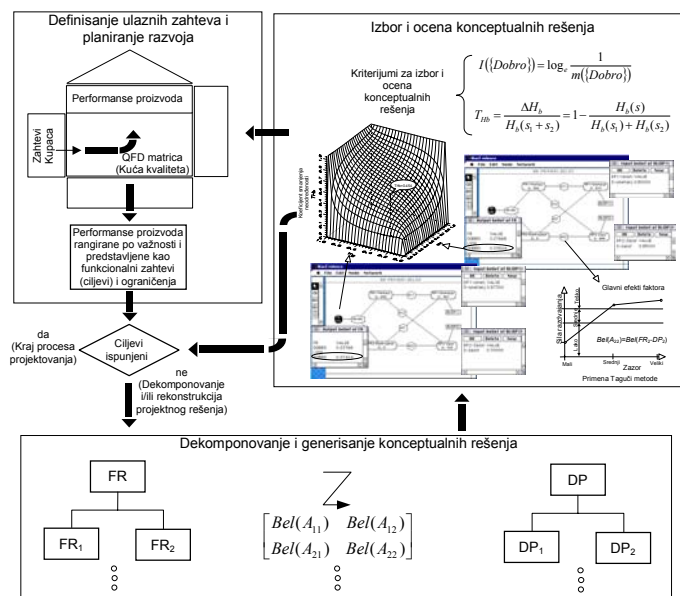
У истраживањима која су обухваћена овом темом кренуло се од претпоставке да развој производа и технологија представља уско грло у савременим технолошким системима које је неопходно отклонити другачијим организовањем, структурисањем и применом нових, и интеграцијом постојећих метода и алата.

Експлицитни циљ истраживања је унапређење поступка доношења одлука у процесу пројектовања тако да пројектант истог тренутка када донесе неку одлуку може да види њене ефекте на задовољење купца, што је у складу са концептом тоталног квалитета. Основу истраживања представља унапређење аксиоматске теорије пројектовања. Ово се остварује интеграцијом резултата примене Тагучи метода робустног пројектовања и основних знања из теорије функција уверења у њену примену. Приступ подразумева моделирање процеса развоја као евиденционе мреже за резонување која базира на неодређеној евиденцији која је описана функцијама теорије функција уверења (Демпстер – Schaferова теорија).

Сви остварени резултати се односе на унапређење процеса развоја, односно унапређење поступка доношења одлука у њему. Ово је остварено развојем система за концептуално пројектовање производа и процеса, који омогућава да пројектант, без обзира у којој се фази развоја налазио, може истог тренутка кад донесе неку одлуку видети њене ефекте на задовољење купца.

Теоретске основе и полазни концепт "Интелигентног система за концептуално пројектовање производа и процеса" је дат у монографији "Евиденциони системи у развоју производа и процеса". Тагучи приступ робустног пројектовања, теорија функција уверења (Демпстер-Шаферова теорија) и аксиоматска теорија пројектовања (Нам Сух-ова АДТ) су три главна стуба на којима је изграђен нови приступ и методологија концептуалног пројектовања производа и процеса. Централно поглавље је примена евиденционих система у концептуалном пројектовању. Кроз више примера а на врло високом научном нивоу извршена је интеграција појединих теорија и техника за решавање проблема концептуалног пројектовања као сложеног менталног процеса. Теорија функција уверења се примењује у повезивању разних извора знања као и њихово квантификовање преко ентропије уверења. Матрица пројектовања се представља евиденционом мрежом а њени елементи функцијама уверења који базирају на експерименталним подацима добијеним из Тагучи метода. Сагласно првом аксиому пројектовања анализирана су три карактеристична случаја: неспрегнуто, квази-спрегнуто и спрегнуто решење. Овај приступ је примењен и на други аксиом пројектовања где се информациони садржај исказује преко функција уверења. Тако се преко коефицијента смањења неодређеност који повезује ентропије разних извора знања одређује ваљаност пројектног решења

Следећи претходно у наставку се дају илустрације неких од остварених резултата:



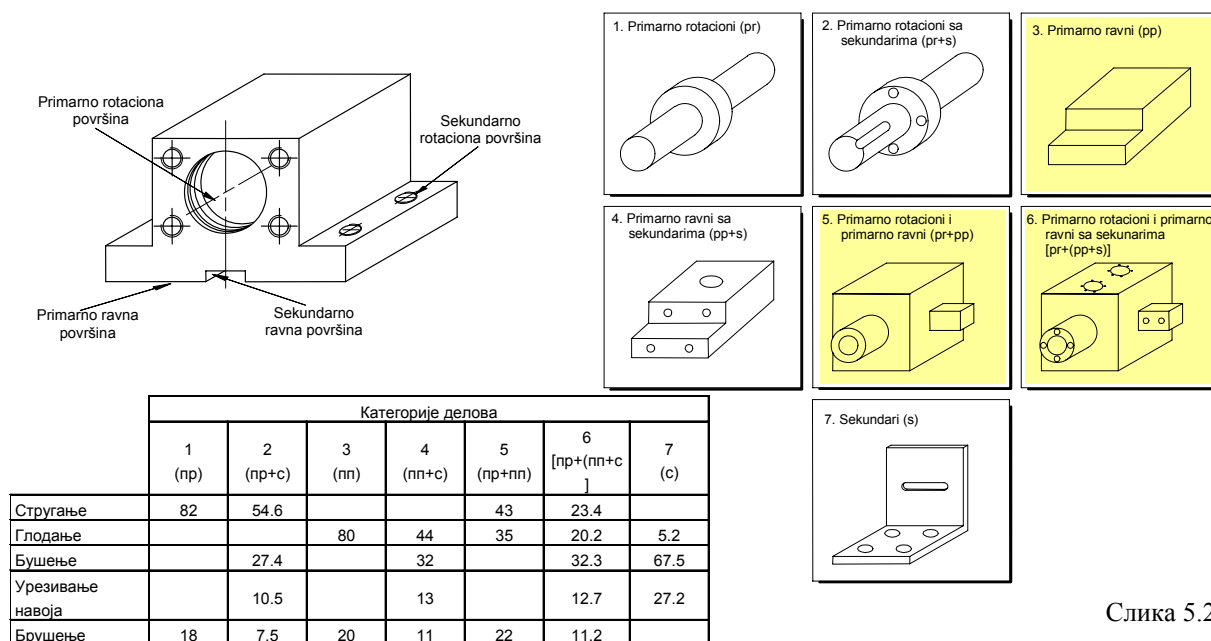
Слика 5.1

Слика 5.1 показује повезивање кључних активности и алата у поступку концептуалног пројектовања машинских система. На слици је дата интеграција QFD методе, аксиоматске теорије пројектовања и Тагучи метода робустног пројектовања. Као инфраструктура која омогућава ову интеграцију предложено је коришћење евиденционих мрежа које су развијене на бази теорије функција уверења.

Илустрација свих остварених резултата биће илустрована кроз концептуално пројектовање алатних машина. Ова илустрација има два експлицитна циља. Први се односи на презентацију способност евиденционих мрежа да апсорбују знање које је годинама генерисано у области производног инжењерства. Други се односи на доградњу претходно генерисаних

евиденционих мрежа и њихово коришћење као помоћног алата у доношењу одлука.

Реализација ових циљева ће се остварити кроз пример који се односи на избор концепције машине алатке (обрадног центра) за хипотетичку групу делова.



Слика 5.2

Британско удружење производних инжењера (ПЕРА) је урадило преглед захтева за машинском обрадом делова у индустрији. Статистички подаци о параметрима обраде су дати за седам категорија делова. Категоризација је урађена на основу типа површина које се обрађују (Слика 5.2).

Примарне површине дефинишу главни облик дела. Секундарне површине, као што су упусти, навојне рупе, жлебови итд. обрађују се изван примарних површина. Подела површина на примарне и секундарне није извршена према функционалној важности, нити према сложености машинске обраде. Класификација свих делова у седам категорија је извршена према комбинацији ових површина, а приказана је на слици 5.2.

Сагласно томе и одговарајућим статистичким подацима у табели на слици 5.2 дати су процентуални износи коришћења различитих машина алатки за обраду сваке групе делова. Овакви процентуални односи задржавају се и на укупан број операција, као и за завршну обраду. Тако у првој категорији делова 82% отпада на операције стругања а 18% на операције брушења. Такође, претпоставља се да 82% завршне обраде отпада на стругање и да 82% укупног броја операција су операције стругања.

У наставку се даје начин на који је могуће овако генерисано знање укључити у процес концепцијског пројектовања машина алатки. Теорије функција уверења и евиденциони системи, односно евиденционе мреже омогућавају да се ово знање представи у одговарајућем облику а касније искористи као помоћ у доношењу одлука.

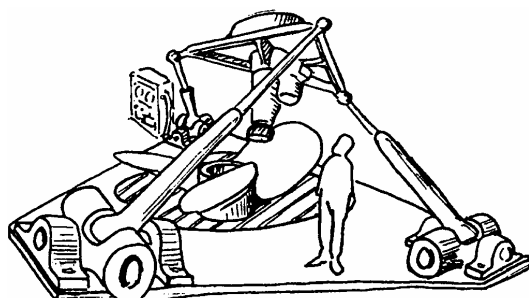
Претпоставимо да желимо да направимо експертни ситем који ће у фази концептуалног пројектовања пружити помоћ пројектанту при избору концепције машине алатке. Такође претпоставимо да је пројектант добио задатак да за скуп који чине делови из треће, пете и шесте категорије делова са слике 2 изабере одговарајућу концепцију машине алатке са паралелном кинематиком.

Знање из табеле на слици 5.2 за претходну групу делова представљено је евиденционом мрежом. Елемент евиденционе мреже A_{11} до A_{33} су представљени са функцијама теорије функција уверења.

Нека у предметном примеру пројектант има на располагању концепцију машине са Стјуартовом геометријом и Hexaglid (Слика 5.3).

Ако се анализира колико су претходне концепције машине алатке погодне за поједине врсте машинске обраде (нпр., глодања, стругања и бушења) може се закључити следеће. Машина са Стјуартовом геометријом је најпогоднија за обраду глодања, мање погодна за стругање а најмање погодна за бушење. Хехаглид концепција машина је најповољнија за операције бушења, мање погодна за стругање а најмање погодна за глодање.

Ако ово експертско знање опишемо функцијама теорије функција уверења и укључимо у евиденциону мрежу, добићемо базу знања за предметни пример. Ово знање се током анализе не мења.



Алатна машина са Стјуартовом геометријом



Hexaglid машина са паралелном кинематиком

Слика 5.3

У табели 5.1 приказани су подаци који показују како се мењају уверења у вези са концепцијским решењима машине зависно од процентуалног садржаја појединих група делова. Тако за групу која се састоји из 20 % делова треће групе, 50 % пете групе и 30 % шесте групе приближно су обадва концепта машине погодна (уверења су: $СГ=0,3793$ а $ХТ=0,3527$). За групу делова који се састоје само из делова треће класе погоднија је концепција машине са Стјуартовом геометријом ($СГ=0,6502$ а $ХТ=0,180$), а за групу која се састоји из делова пете или шесте класе Хехаглид концепција машине.

Табела 5.1 Расподела уверења за различите концепције машине алатке (МТ_ПЦ) зависно од процентуалног удела класа делова (три, пет и шест) у групи

Број групе делова	Процентуално учешће треће, пете и шесте категорије делова у групи									Расподела уверења		
	пп			пр+пп			пр+(пп+с)			Бел (МТ_ПЦ)		
	да	не	(да, не)	да	не	(да, не)	да	не	(да, не)	СГ	ХТ	(СГ,ХТ)
1.	0.8	0.2	-	0.1	0.9	-	0.1	0.9	-	0.5583	0.19614	0.2455
2.	0.2	0.8	-	0.5	0.5	-	0.3	0.7	-	0.3793	0.3527	0.2681
3.	0.05	0.95	-	0.4	0.6	-	0.55	0.45	-	0.3457	0.4436	0.2107
4.	0.0	1.0	-	0.2	0.8	-	0.8	0.2	-	0.2938	0.4974	0.2038
5.	1	-	-	-	1	-	-	1	-	0.6502	0.1800	0.1698
6.	-	1	-	1	-	-	-	1	-	0.3930	0.4439	0.1631
7.	-	1	-	-	1	-	1	-	-	0.3410	0.4594	0.1996

34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



36. simpozijum

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA

Beograd, jun 2008.

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI
PRERADE METALA
PRODUCTION CONTROL IN METALWORKING INDUSTRY

Đurić, S., Đorđević, L., Veselinović, S. SERVISNI CENTRI ZA METALE	4.1
Đukić, R., Jovanović, J., Stefanović, M. UTVRĐIVANJE TEHNOLOŠKE DUŽINE PROIZVODNOG CIKLUSA	4.6
Корешков, В., Хейфец, М., Алексеева, Т. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИИ И КОНТРОЛЕ ОПЕРАЦИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТК	4.12
Đukić, R., Jovanović, J., Stefanović, M. ANALIZA I PROJEKTOVANJE PROIZVODNOG CIKLUSA SLOŽENOG PROIZVODA.....	4.18
Đrndarević, D., Milivojević, M., Petrović, S., Panić, S. PONAŠANJE NEURONSKIH MREŽA PRI VELIKOM BROJU CIKLUSA	4.24
Petrović, P., Jakovljević, Ž., Miković, V. DINAMIČKI 3-D VIRTUELNI MODEL PROIZVODNIH RESURSA ZA INTERAKTIVNO PRAĆENJE STANJA OPREME I UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA U REALNOM VREMENU.....	4.28
Stojčić, M. HIBRIDNI SISTEMI: SUMARNI UPRAVLJAČKI ALGORITAM PRAKTIČNOG PRAĆENJA SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI	4.35
Pilipović, M. PROGRAMABILNA AUTOMATIZACIJA - NOVA GENERACIJA SISTEMA UPRAVLJANJA....	4.41
Lukić, D., Todić, V., Milošević, M. NEKE KARAKTERISTIKE RAZVOJA I PRIMENE CAPP SISTEMA	4.49
Nešić, N., Babić, B. MODEL GENERATIVNOG CAPP SISTEMA NOVE GENERACIJE	4.55
Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z. RAZVIJENI SISTEM ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA.....	4.65
Vujačić, G., Lukić, L. IMPLEMENTACIJA EKSTERNOG PROGRAMA U MODULARNOJ ARHITEKTURI ZA PROVERU TRENUTNOG BROJA PRIJAVLJENIH KORISNIKA NA LINUX OS SYSTEM.....	4.75

[**← NAZAD**](#)



SERVISNI CENTRI ZA METALE

Sava Đurić, dipl.inž.maš.,¹ dr Ljubodrag Đorđević, dipl.inž.maš.², mr Svetlana Veselinović,
dipl.inž.maš.³

Rezime: U vreme racionalizacije svih vidova troškova, racionalizacija potrošnje materijala je veoma važna. Posebno metala. U tu svrhu svrsishodno je postojanje, takozvanih, uslužnih, servisnih centara za metale. To su prodajna skladišta metala (limova, cevi, profila, šipki, ...), koja su opremljena mašinama i uređajima za sečenje i plastično oblikovanje. Kupac dobija željeni metalni deo za dalje korišćenje bez otpada. Dosadašnja iskustva ovakvih ulužnih, servisnih centara za metale potvrđuju svrsishodnost i opravdanost njihovog postojanja.

Ključne reči: metal, servisni (uslužni) centar, sečenje, plastična deformacija, oblikovanje, racionalizacija, ekonomičnost

1. UVOD

Tržišni uslovi i konkurencija nameću potrebu da se na najbrži mogući način, uz minimalne troškove dobije jeftin, kvalitetan, funkcionalan i konkurentan proizvod. Takođe, uz kvalitet koji se podrazumeva i minimalnu cenu, insistira se i na maksimalnom očuvanju prirodnih resursa, materijala i energije, kao i na očuvanju životne i radne celine. Stoga se u svetu izučavaju i primenjuju optimalni tehnološki i organizacioni metodi prerade različitih vrsta materijala, posebno metala. Kao jedan od mogućih vidova racionalnog korišćenja materijala, organizuju se, osnivaju i rade takozvani, servisni centri za metale. U njima se na optimalan način koriste metalni materijal, kao i oprema i energija za njihovu preradu. Opis delatnosti i moguća organizacija servisnih centara za metale dati su u ovom radu.

2. ŠTA SU TO SERVISNI CENTRI ZA METALE ?

Servisni centari za metale predstavljaju moderan način skladištenja materijala, pre svega valjanih proizvoda crne i obojene metalurnije na jednom mestu dok ne zatrebaju. Preduzeća, proizvođači i pojedinačni korisnici nabavljaju metale u obliku koji je pogodan za dalju upotrebu i preradu. Metalni poluproizvodi skoro spremni, isečeni na predmere nabavljaju se samo onda kad su potrebni. Predobrada koristi preduzećima metalne industrije za izradu raznih proizvoda od metala, a dodatna prodaja se koristi servisnim centrima za metale od kojih nabavlja metal i metalne delove u raznim oblicima i stepenima prerade. Servisni centri za metale sladište metale i pretežno pružaju usluge obavljajući početne operacije obrade delova koji se izrađuju od valjanih poluproizvoda crne i obojene metalurgije.

3. OPRAVDANOST POSTOJANJA SERVISNIH CENTARA ZA METALE

Ekonomska opravdanost postojanja servisnih centara za metale može se sagledati kroz činjenicu da u SAD-u u ovom trenutku postoji preko 2.000 servisnih centara za metale. Kroz servisne centre za metale u SAD

¹ Sava Đurić, dipl.inž.maš., IMK „14.oktobar“ AD Kruševac, 37000 Kruševac, Jasički put 2

² Dr Ljubodrag Đorđević, dipl.inž.maš., Fakultet za industrijski menadžment Kruševac, 37000 Kruševac, JNA 63

³ Mr Svetlana Veselinović, dipl.inž.maš., IMK „14.oktobar“ AD Kruševac, 37000 Kruševac, Jasički put 2

prođe oko 25 % od ukupno proizvedenih valjanih proizvoda crne i obojene metalurgije. Ovoj trend se i dalje nastavlja u SAD i drugim razvijenim zemljama sveta. U našoj zemlji ovaj oblik ekonomičnog poslovanja proizvodima crne i obojene metalurgije, tržišnog poslovanja valjanim proizvodima još uvek nije ušao u široku primenu.

Na jednom mestu se skladište limovi, cevi, profili, ... Na jednom mestu locirana oprema za sečenje i obradu plastičnom deformacijom.

Korisnicima se isporučuje metal isečen i predobrađen na mere i oblik pogodan za dalju obradu, sastavljanje, zavarivanje, završnu obradu i ugradnju u metalnu konstrukciju.

Optimalno se koriste kapacitei, oprema, energija, materijal i kadrovi. Iz jednog servisnog centra za metale snabdeva se veći broj korisnika određenog regiona. Ovo je posebno pogodno za manja metaloprerađivačka preduzeća. Za preduzeća koja rade proizvode od nerđajućih čelika, od obojenih metala, za preduzeća koja koriste male količine određenih kvaliteta, oblika i dimenzija polaznih materijala.

Servisni centri nabavljaju određeni asortiman metalnih materijala po povlašćenim cenama od metalurških kombinata, kojima vraćaju i neiskorišćen, otpadni materijal koji se reciklira i ponovo vraća.

Servisni centri za metale su u situaciji da nabave i koriste specifične optimalne tehnologije i opremu za preradu metala, pa koriste plazmu, laser, vodeni mlaz, ...

4. NEKA ISKUSTVA

I u našoj zemlji, doduše u manjem obliku postoje skladišta, manji uslužni centri za metale poput pre Jeep Commerc-a iz Beograda, Solvas-a iz Čačka, Boss-a, Stovarišta Milošević ili Latifović-a iz Kruševca. U ovim preduzećima može se nabaviti materijal različitih kvaliteta, oblika i dimezija, pa čak i gotove pozicije isečene predobrađenje ili obrađene na završne mere sprema za dalju ugradnju. Ovakvo poslovanje s materijalima omogućava znatno skraćanje rokova, postojan kvalitet i niže troškove proizvodnje.

Na slikama 1, 2 i 3 prikazani su detalji iz Jeep Commerca iz Beograda, Latifović-a iz Kruševca i Boss-a iz Kruševca.

Preduzeće Jeep Commerc-e raspolaže velikim skladišnim prostorom, transportnim sredstvima i opremom za izvođenje uslužnih operacija prerade i usluga: sečenje na CNC mašinama, ravnanja i poprečnog sečenja traka, podužnog sečenja traka, trapeznog profilisanja limova, prerade limova, peskarenja i drugih operacija, zavarivanja, na primer. Na bazi raspoložive opreme nastala je i izvesna proizvodnja profila, traka i metalne galanterije.

Preduzeće Latifović iz Kruševca spada u poznatije dobavljače valjanih poluproizvoda od nerđajućih čelika. Raspoloživa oprema mu je omogućila da razvije i proizvodnju metalnih proizvoda od valjanih poluproizvoda nerđajućih čelika.

Preduzeće Boss iz Kruševca je više usmereno na zadovoljenje potreba malih preduzetnika i pojedinačnih kupaca. Pored sečenja makazama, raspolaže i premom za gasno i plazma sečenje, testerama i ciruklarima za sečenje cevi profila, a ima i prese za obradu plastičnom deformacijom.

Kao primer uspešnog povezivanja servisnog centra za metale i proizvodnog preduzeća može poslužiti sradanja Stovarišta Milošević iz Kruševca i preduzeća Atrikcod iz Kruševca. Stovarište Milošević isporučuje valjane poluproizvode crne metalurgije (limove, profile, cevi, ...). Atrikcod formira i izrađuje zavarene sklopove, izrađuje nadgradnju za kamione i proizvodi vozila za komunalne potrebe (slika 4).



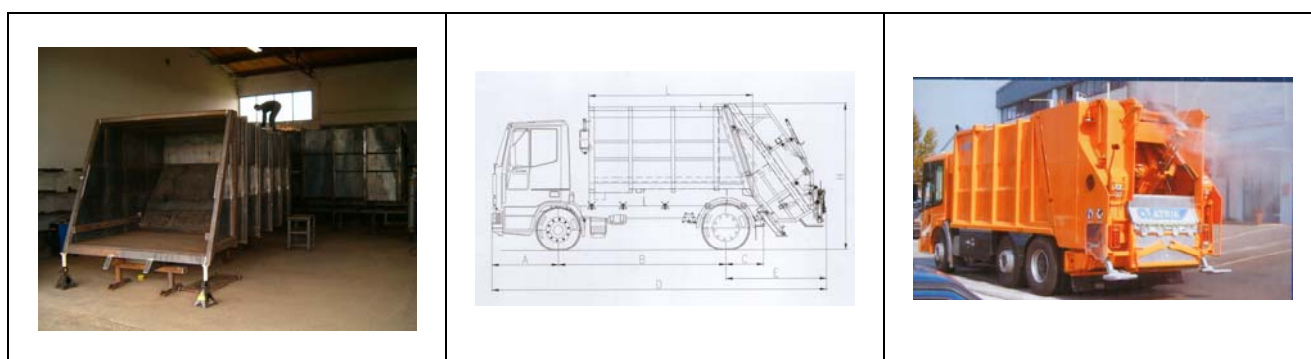
Slika 1. Skladište Jeep Commerc-a iz Beograda jedan od najvećih dobavljača materijala crne metalurgije



Slika 2. Latifović iz Kruševca predstavlja jedan ozbiljan servisni centar za nerđajuće čelike



Slika 3. Boss iz Kruševca uslužni centar za materijale



Slika 4. Atrikcod iz Kruševca uspešno posluje zahvaljujući uslužnom centru za metale

No ipak servisni centri za metale u našim uslovima tek treba da nađu mesto u ukupnoj organizovanosti našeg metalnog kompleksa.

5. ZAKLJUČAK

Funkcionalnim udruživanjem postojeće opreme u većim preduzećima metaloprerađivačke industrije, pre svega: makaza, mašina za gasno sečenje, sečenje plazmom, laserom, kao i mašina za obradu plastičnom deformacijom kao i njihovih tehničkih sektora, potencijala u kadrovima i opremi, mogu se osnivati servisni centri za metale. U početnoj fazi oni bi bili prostorno i ekonomski vezani za ta preduzeća. Organizovanjem servisnih centara za metale povećalo bi se iskorišćenje postojećih kapaciteta, opreme za sečenje i obradu plastičnom deformacijom metala, tehnoloških i prostornih kapaciteta.

Putem usluga servisnih centara za metale preduzeća bi smanjila iznos svojih angažovanih obrtnih sredstava, troškovi nabavke metalnih materijala bi se znatno smanjili, čime bi se ukupna ekonomska efikasnost preduzeća povećala. Veći broj metaloprerađivačkih preduzeća u zemlji bio bi upućen na usluge i nabavku metala preko servisnih centara. Potrebno je da se izrade specifikacije geometrijskih mera valjanih proizvoda koji se proizvode u metalurškim kombinatima, kao i mere i oblici koji su potrebni i koje koriste preduzeća u metalnom kompleksu, koja su potencijalni korisnici usluga servisnih centara za metale. Na bazi mogućnosti

i potreba tržišta može projektovati dinamika rada jednog ili više servisnih centara za metale koji bi pokrivali potrebe određenog regiona, teritorije.

Novo osnovani servisni centri za metale omogućili su smanjenje cena i do 20 %, uz značajno povećanje koeficijenta obrta sredstava preduzeća koja koriste usluge tih novo osnovanih servisnih centara za metale. Neka slična iskustva postoje u okruženju i potvrđuju ekonomska i ekološka opravdanost osnivanja i postojanja servisnih centara za metale.

6. LITERATURA

- [1] Dr Lučić R., Projektovanje i implementacija uslužnih centara za materijale grane 114, Inovacioni projekat, Institut IMK "14.oktobar" Kruševac, Kruševac, 1995.-1996.
- [2] Đurić, S. Đorđević, Lj. Popović, V.: Organizacija proizvodnje zavarenih sklopova u malim preduzećima, 31. JUPITER konferencija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Zlatibor, 12-14. april 2005. godine, 33. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala, , sednica 400-B, rad pod rednim brojem 404. Zbornik radova snimljen na CD-u.
- [3] Đorđević, Lj., Đurić, S., Gligorijević, G.: Razvoj mašina, opreme i uređaja namenjenih za primenu u poljoprivredi, vodoprivredi i šumarstvu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Institut za poljoprivrednu tehniku, Jugoslovensko društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje, VIII Naučni skup JUMTO 2001, Pravci razvoja traktora i mobilnih sistema, Novi sad, 23.11. 2001. časopis Traktori i pogonske mašine, Vol.6, No.3, p. 56-62, Novi Sad, Nov., 2001. Biblid: 0354-9496(2001) 6:3, UDK: 631.372
- [4] Zbornici radova sa međunarodnih konferencija JUPITER, Teška mašinogradnja, RaDMI, održanih u periodu 2001.-2002.
- [5] Dokumentacija iz INDOK službe i biblioteke Instituta IMK "14.oktobar" Kruševac

SERVICE CENTERS FOR METAL

Summary: When it is a time to rationalize all types of costs, most important rationalization is material spending. Especially metal. With this aim, existence of, so called service centers for metal is very significant. These centers are warehouse for metal (sheet plates, pipes, profiles, bars...) equipped with machines and devices for cutting and plastic deforming. Buyer gets required metal piece without waste. Experiences, so far, have shown their existence significance.

Key words: metal, service center, cutting, plastic deforming, rationalization, economy

UTVRĐIVANJE TEHNOLOŠKE DUŽINE PROIZVODNOG CIKLUSA

Radisav Đukić⁽¹⁾, Jelena Jovanović⁽¹⁾, Miloradka Stefanović⁽¹⁾

Rezime: Proizvodni ciklus determiniše vremensku dimenziju trajanja poslovnih i proizvodnih aktivnosti koje su potrebne da bi se obavio celokupan proces, čiju širinu uslovljavaju unapred odabrani kriterijumi, uz minimalni protok vremena, maksimalno iskorišćenje proizvodnih kapaciteta i optimalno angažovanje finansijskih resursa. Postoji više načina za izračunavanje tehnološkog ciklusa u zavisnosti od načina organizacije toka redosleda operacija.

Cljučne reči: proizvodni ciklus, tehnološka dužina, način kretanja.

1. UVOD

Proizvodni ciklus je vremenska karakteristika proizvodnog procesa pomoću koje determinišemo vremenski period unutar koga se ostvaruju aktivnosti vezane za proces proizvodnje. Izbor početka i završetka, kao repernih tačaka, zavisi od usvojenih kriterijuma koji mogu poslužiti za identifikaciju karakterističnih momenata u procesu.

Kriterijumi za izbor širine zahvata mogu biti: zadovoljenje roka isporuke, protok materijala u proizvodnom procesu, angažovanje obrtnih sredstava, uticaj zastupljenog tipa proizvodnje, složenost proizvoda i td.

Razmatran sa aspekta zadovoljenja rokova isporuke ciklus uvažava ključni tržišni kriterijum zadovoljenja potreba kupaca, ili naručioca. Ciklus razmatran sa aspekta protoka materijala obuhvata vremensku dimenziju toka materijala kroz različite faze protoka: nabavka, proizvodnja i prodaja. Ukoliko obuhvata sve faze protoka od nabavke do prodaje on se istovremeno poklapa sa ciklusom angažovanja obrtnih sredstava.

Sa aspekta upravljanja snabdevanjem proizvodnih sistema ciklus obuhvata nabavku i proizvodnju. Gledano sa aspekta upravljanja proizvodnjom obuhvata period od početka rada na prvoj operaciji pa do završetka zadnje operacije na poslednjem komadu date serije. Posmatrano sa stanovišta prodaje ciklus obuhvata proizvodnju i prodaju sa fakturisanjem i naplatom potraživanja.

Obrtna sredstva u proizvodnom procesu mogu biti angažovana u manjem ili većem obimu, što zavisi od trenutka i načina vezivanja veličine proizvodne serije i ukupnog vremenskog perioda angažovanja.

Složenost proizvoda nameće višenivovski pristup pri analizi i projektovanju proizvodnih ciklusa, jer se proizvodnja delova (elemenata) prepliće sa montažom podsklopova, sklopova i finalnog artikla tako da je moguće paralelno odvijanje proizvodnog procesa po fazama izrade i montraže.

2. KRETANJE PREDMETA RADA U PROCESU PROIZVODNJE

Tehnološki ciklus proizvodnje obuhvata vreme potrebno za izvođenje svih predviđenih operacija po tehnološkom postupku, na proizvodima jedne serije. Kako su zanemareni unutaroperacijski i međuoperacijski gubici on istovremeno predstavlja i idealnu dužinu proizvodnog ciklusa. Stvarna (realna) dužina proizvodnog ciklusa pored tehnološkog (proizvodnog) vremena uključuje i neproizvodno vreme (prekidi) koji uslovljavaju gubitke u proizvodnom ciklusu. Prekidi najčešće nastaju zbog: neusklađenosti proizvodnih procesa, uskih grla u proizvodnji, nedostatka odgovarajućih inputa (materijal, alat, energija), loše organizacije opsluživanja radnih mesta, lošeg kvaliteta i slučajnih zastoja izazvanih nedisciplinom radnika, kvarom mašina i lomom alata.

Analizom proizvodnih ciklusa moguće je istražiti zavisnost između stvarne (T_s) i tehnološke (T_t) dužine proizvodnog ciklusa:

$$K = f(T_s, T_t) = f(T_t, T_{mo}, T_{uo}) = \frac{T_s}{T_t} = 1 + \frac{T_{uo} + T_{mo}}{T_t} = 1 + \frac{G_c}{T_t} \dots \dots \dots (1)$$

¹Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, mail: vtscacak@eunet.yu

K – koeficijent protoka materijala, pokazuje koliko je stvarni ciklus duži od tehnološkog ($K > 1$),

T_s – stvarna dužina proizvodnog ciklusa,

T_t – tehnološka dužina proizvodnog ciklusa,

T_{mo} – međuoperacijski gubici,

T_{uo} – unutaroperacijski gubici,

$G_c = T_{mo} + T_{uo}$ – ukupni gubici u ciklusu

Kretanje radnog predmeta igra značajnu ulogu kod određivanja tehnološkog ciklusa proizvodnje pri čemu postupci kretanja mogu biti: uzastopni, paralelni i kombinovani, a uslovljeni su najčešće tipom proizvodnje koga čini kompleksan skup obeležja (Tabela 1).

Tabela br.1: Karakteristike proizvodnje u zavisnosti od tipa proizvodnje i usvojenih obeležja.

O B E L E Ź J A		T I P P R O I Z V O D N J E		
Red. br.	NAZIV	POJEDINAČNI	SERIJSKI	MASOVNI
1	Obim proizvodnje-količine	Individualne-male	Male-srednje-velike	Veoma velike
2	Tražnja u funkciji od vremena	Trenutne	Kratkoročne-srednjoročne	Dugoročne
3	Stepen konstruktiv. tehnološke razrade	Delimična i orijentaciona	Detaljna i potpuna	Veoma detaljna uz optimizaciju tehn. ekon. pokazatelja
4	Studija i merenje rada	Nivo proizvoda iskustveno	Nivo oper. i zahvata Metode hronometr.	Nivo pokreta sistem unapred odr. vremena
5	Raspored radnih mesta	Grupni	Kombinovani – linijski	Linijski
6	Oprema	Univerzalna	Univerzalna i specijalizovana	Namenski specijalizovana
7	Nivo mehanizacije	Ručni-mehanizovan	Mehanizovan poluautomatizovan	Automatizovan
8	Alat i pribor	Univerzalan standardni	Standardni i specijalni	Specijalni
9	Materijal	Standardni	Standardni i specijalne porudžb.	Specijalne porudžbine
10	Stepen stručnosti radnika	Visoko kvalifikovani	Kvalifikovani i visokokvalifikovani	Polukvalifikovani i kvalifikovani
11	Transport	Ručni-univerzalna transp.sredstva	Poluautomatizovan Univerzalna i spec. transp. sredstva	Automatizovan spec. trasp.sredstva
12	Ambalaža	Priručna	Univerzalna i standardna	Specijalizovana
13	Kontrola kvaliteta	Ručna, po potrebi i potpuna	Ručna, poluatomatizovana, statistička i potpuna	Automatizovana i kontinualna
14	Tip organizac. toka redosleda operacija	Uzastopni	Kombinovani – paralelni	Paralelni
15	Priprema i planiranje proizvodnje	Površno	Detaljno	Vrlo detaljno u tančine
16	Zalihe i nedovršena proizvodnja	Raznovrsne Visoka vrednost	Manje raznovrsne Visoka i srednja vredn.ost	Optimalne

Za izračunavanje tehnološkog ciklusa proizvodnje, u zavisnosti od načina kretanja predmeta rada u procesu proizvodnje, koristimo sledeće obrasce:

- uzastopni:
$$T_{uz} = \frac{q \cdot \sum_{i=1}^n t_{oi}}{\check{C}_s} \quad (smena) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{- paralelni: } T_{tp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi} + (q-1) \cdot t_{o \max}}{\check{C}_s} \text{ (smena) } \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{- kombinovani: } T_{tk} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi} + (q-1) \cdot \left(\sum_k t_{ok} - \sum_j t_{oj} \right)}{\check{C}_s} \text{ (smena) } \dots\dots\dots(4)$$

Gde je:

T_{tu} , T_{tp} , T_{tk} – tehnološke dužine proizvodnog ciklusa po uzastopnom, paralelnom i kombinovanom načinu organizacije toka redosleda operacija

q – količina poluproizvoda (proizvodne faze) (kom)

\check{C}_s – efektivni časovi rada u smeni (č/smeni)

$t_{o \max}$ – vreme trajanja najduže operacije (nč/kom)

Σt_{oi} – zbir vremena trajanja svih operacija (nč/kom)

Σt_{ok} – zbir vremena trajanja najdužih (k-tih) operacija (nč/kom)

Σt_{oj} – zbir vremena trajanja najkraćih (j-tih) operacija (nč/kom)

k-te operacije: $t_{ok-1} < t_{ok} \leq t_{ok+1}$ ($t_1 \geq t_2$, $t_n > t_{n-1}$), j-te operacije: $t_{oj-1} \geq t_{oj} < t_{oj+1}$

3. IZRAČUNAVANJE TEHNOLOŠKE DUŽINE PROIZVODNOG CIKLUSA

Primenu obrazaca (2), (3) i (4) izvršićemo na tehnološkom postupku za izradu pozicija košuljica E_2 u količini od 2400 (kom).

U Tabeli 2 dati su podaci potrebni za izračunavanje tehnološke dužine proizvodnog ciklusa po paralelnom, uzastopnom i kombinovanom načinu organizacije toka redosleda operacija.

Koristeći metodu analize, rasporeda radnika po smenama utvrđeno je korišćenje proizvodnih kapaciteta u drugoj smeni 30% u odnosu na prvu.

Drugim rečima prosečan broj smena u danu iznosi $S_n = 1,3$.

$T_{tp} = 7,7 < T_{tk} = 10,8 < T_{tu} = 26,2$ (dana)

Obrasci za izračunavanje tehnološke dužine proizvodnog ciklusa podrazumevaju da se proizvodnja na svim operacijama odvija na jednom radnom mestu, sa istim brojem smena u toku dana i bez korekcije normativa vremena. Pri projektovanju proizvodnog ciklusa navedene elemente treba uzeti u obzir izračunavajući proizvodni ciklus na nivou operacija:

$$\tau(E_2)_i = \frac{q_{E_2}}{q_{si} \cdot S_{ni} \cdot r_{mi} \cdot p_{ni}} \text{ (dan) } \dots\dots\dots(5)$$

$$T(E_2) = \tau(E_2)_1 + (n_0 - 1) + \sum_p (\tau_p - \tau_{p-1}), \quad p: \tau_p > \tau_{p-1} \dots\dots\dots(6)$$

gde je:

$\tau(E_2)_i$ – dužina proizvodnog ciklusa i-te operacije posmatrane proizvodne faze u danima,

E_2 – oznaka proizvodne faze,

q_{E_2} – planirana količina, (kom)

q_{Si} – kapacitet u smeni i-te operacije, (kom/smeni)

S_{ni} – broj smena u toku dana na i-toj operaciji, (zavisi od operacije), $1 \leq S_{ni} \leq 3$

r_{mi} – broj radnih mesta na kojima se proizvodnja i-te operacije organizuje,

p_{ni} – prosečno izvršenje norme na i-toj operaciji,

T_{E_2} – projektovana dužina proizvodnog ciklusa proizvodne faze (pf), (dani),

n_o – broj operacija (iz tehnol. postupka),

p – oznaka operacije kod koje je zadovoljen uslov $\tau_p > \tau_{p-1}$,

Proračun dužine proizvodnog ciklusa proizvodne faze izrada košuljice E_2 pod uslovom da je obezbeđen kontinuitet proizvodnje po operacijama, saglasno projektovanoj organizaciji rada, sa usvojenom identičnom vremenskom rezervom između operacija možemo izračunati po formuli (6).

OPERACIJSKI POSTUPAK
-SPISAK OPERACIJA I NORMATIV RADA -

MATERIJAL:	Vrsta i kvalitet		Bakarna cev		Artikal:		X5									
	Tehnički uslovi				Sklop:		X5-S1-E2									
	Sirove dimenzije		Ø24 x 2.5 x 3000			Naziv:		Košuljica E2								
	Tehnički uslovi					Crtež br:		C- 5101		Poz.br. E2						
	Kol. za 1000 kom.		200 kg	Nomenklatura: S11		Šifra		500.100.01		Isporuka SKL-3 skladištu						
OPERACIJE			Reg.br. operac. postupka	RADI		Tehnolo ški skart	Vreme za izradu 1 kom			Kapa- citet za 7,5č	Grupa posla	Broj Rad.	Vreme za 1k. u č			
Broj	Naziv			RJ	Mašina, uređaj		Osnovno U cmh	Dopunsko U %	Ukupno U cmh				Vreme za 1k. u cmh	kumul		
1.	Uzdužna obrada		502/1	21	Jednovr.automat M10		2	1000	25	1250	600	5	1	1250	1250	
2.	Pranje elemenata		502/2	23	Ručno		-	500	25	625	1200	2	1	1250	2500	
3.	Žarenje		502/3	12	Prolazna peć		-	500	25	625	1200	5	1	625	3125	
4.	Ispitivanje tvrdoće		502/4	24	Uređaj		1	1500	25	1875	400	7	1	1875	5000	
5.	Unutrašnja obrada		502/5	21	Doradni strug M11		2	2500	25	3125	240	6	1	3125	8125	
6.	Pranje elemenata		502/6	23	Ručno		-	500	25	625	1200	2	1	625	8750	
7.	Tehnička kontrola		502/7	24	Ručno,očno		-	1000	25	1250	600	4	2	2500	11250	
8.	Lakovanje		502/8	23	Kade		-	500	25	625	1200	3	1	625	11875	
9.	Međuradionički transport		502/9	21	Elektro kareta		-	500	25	625	1200	1	1	625	12500	
Izmene													Veza sa:		Kopija	
															broj	datum
Postavio:		Kontrolor:		Odobrio:		Zam-je		List br. 1		OP - 502						
Datum:		Datum:		Datum:		Zam-sa		Ima lista 1								

Tabela 2 : Podaci za izračunavanje tehnološke dužine proizvodnog ciklusa za poziciju košuljica E2 u količini od $q_{E2} = 2400$ (kom)

Operacij e	Ukupno vreme (cmh/kom)	Označiti sa “+“ (nč/kom)			Dužina proizvodnog ciklusa			Primedba
		to - max	k – te operacije	j– te operacije	Ttp	Ttk	Ttu	
1.	1250		+		Ttp = 7,7 (dana)	Ttk = 10,8 (dana)	Ttu = 26,2 (dana)	
2.	625							
3.	625			+				
4.	1875							
5.	3125	+	+					
6.	625			+				
7.	1250		+					
8.	625							
9.	625							
Σ	10625	3125	5625	1250	-			

$$T_{tpE_2} = \frac{\sum t_{oE_2} + (q_{E_2} - 1) \cdot t_{o \max E_2}}{\check{C}_S \cdot S_n} = \frac{0,10625 + (2400 - 1) \cdot 0,03125}{7,5 \cdot 1,3} = 7,7 (dana)$$

$$T_{tkE_2} = \frac{\sum t_{oE_2} + (q_{E_2} - 1) \cdot (\sum t_{ok} - \sum t_{oj})}{\check{C}_S \cdot S_n} = \frac{0,10625 + (2400 - 1) \cdot (0,05625 - 0,0125)}{7,5 \cdot 1,3} = 10,8 (dana)$$

$$T_{tuE_2} = \frac{\sum t_{oE_2} \cdot q_{E_2}}{\check{C}_S \cdot S_n} = \frac{2400 \cdot 0,10625}{7,5 \cdot 1,3} = 26,2 (dana)$$

U Tabeli 3 dati su podaci za projektovanje proizvodnog ciklusa.

Tabela 3: Podaci za izračunavanje projektovane dužine proizvodnog ciklusa proizvodne faze: košuljica E2 u količini od $q_{E2} = 2400$ (kom)

Redni br. operacije	Kapacitet u smeni q_{S_i}	Broj smena S_{n_i}	Broj radnih mesta r_{m_i}	Prosečno izvršenje norme p_{n_i}	$\tau_{(E2)_i}$ (kom)	p-ta operacija	$\tau_p - \tau_{p-1}$	T_{E2} (dani)
1.	600	1	2	1,0	2			$T_{E2} = 13$
2.	1200	1	1	1,0	2			
3.	1200	1	1	1,0	2			
4.	400	3	1	1,0	2			
5.	240	1	2	1,0	5	+	3	
6.	1200	1	1	1,0	2			
7.	600	2	1	1,0	2			
8.	1200	1	1	1,0	2			
9.	1200	1	1	1,0	2			
Σ	-	-	-	-	-	-	3	

U termin karti (TK) koja je sastavni deo radnog naloga za izradu košuljice E2 upisani su projektovani termini početka i završetka proizvodnje po operacijama i stvarni termin i početka i završetka proizvodnje. Koristeći radni kalendar preduzeća i termine početka (06.02.) i završetka proizvodnje (29.02.) možemo konstatovati da stvarna dužina proizvodnog ciklusa iznosi $T_s = 18$ (dana). Kako se radi o maloseriskoj i srednjoseriskoj proizvodnji ove pozicije, za izračunavanje koeficijenta protoka, uzećemo tehnološki ciklus proizvodnje po kombinovanom načinu organizacije toka redosleda operacija:

$$K = \frac{T_s}{T_{tk}} = \frac{18}{10,8} = 1,67 \Rightarrow G_c = T_s - T_{tk} = 18 - 10,8 = 7,2 (dana)$$

к. т. н., доц. В. Н. Корешков

Госстандарт Республики Беларусь, Минск, Беларусь

д. т. н., проф. М.Л. Хейфец, Т.А. Алексеева

Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИИ И КОНТРОЛЕ ОПЕРАЦИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

Определено трудно формализуемое, но необходимое условие структурного анализа при детализации операций технологического процесса - выделение из многочисленных технологических воздействий, управляющих технологических факторов обработки. Показано, что при использовании структурного анализа комбинированной термомеханической обработки, для детализации на структурной диаграмме технологической операции - упрочняющего резания с предварительным плазменным оплавлением срезаемого слоя, следует разделять группы физико-механических и геометрических параметров качества. Установлено, что для управления геометрическими параметрами следует использовать факторы размещения и движения инструмента, а для управления физико-механическими параметрами – термомеханические факторы. В качестве мероприятий по оперативному управлению процессом предложены: регулирование интенсивности нагрева и скорости движений обработки, а также долговременный статистический контроль определяющих геометрического и физико-механического параметров качества.

Введение. Метод структурного анализа является одним из основных методов, используемых при исследовании и разработке технических систем, включая сложные производственно-технологические системы. Для обозначения этого метода используют аббревиатуру SADT, а его называют методом SADT-диаграмм[1,2].

Метод предполагает последовательную детализацию анализируемой системы «сверху вниз». Выделяют различные уровни рассмотрения проектируемой системы. На каждом уровне представляют разложение анализируемой системы, более детализированное, но полностью эквивалентное предшествующему уровню. При этом рассматривают не только систему, но и окружающую ее среду, она также подвергается последовательной детализации вместе с системой. Графическое и текстовое описание структурной системы в виде необходимых схем и пояснений к ним образует модель системы, отображающую последнюю с определенной точки зрения. Для полного описания системы разрабатывают несколько моделей, между которыми устанавливают взаимосвязи. Объектом анализа может быть проектируемая система (на верхнем уровне) либо ее часть (на более низких уровнях). Объект анализа на схеме изображается прямоугольником. Среда изображается стрелками (вход, выход, управление и механизм), направленными к прямоугольнику либо от него[3,4].

Метод SADT, как и другие универсальные методы, рекомендует, как проводить процесс анализа и как оформить его результаты, но не дает никаких рекомендаций о способах разбиения объекта на части. Этот вопрос тесно связан с особенностями каждой предметной области и требует знания не только методологии SADT, но и сущности проблемы. Для каждой предметной области могут быть выработаны конкретные рекомендации, сокращающие объем творческой работы и повышающие тем самым производительность труда при проектировании системы или ее анализе[5,6].

Метод структурного анализа. В SADT предполагается, что объекты анализа бывают двух типов: либо предметы, либо операции. Объекту анализа присваивается наименование, размещаемое внутри прямоугольника (рис. 1). Для конкретизации стрелке присваивают обозначение, состоящее из латинской буквы, указывающей ее функцию (I, O, C, M), и порядкового номера. На поле схемы, вблизи соответствующей стрелки размещают ее наименование.

На верхнем уровне модели изображают схему, отражающую всю анализируемую (проектируемую) производственную систему. Входные и выходные данные, наименование которых указывается у соответствующих стрелок схемы модели верхнего уровня, определяются, как правило, целью анализа, полнотой информации об анализируемом объекте или техническим заданием на выполнение анализа или разработку системы.

На верхних уровнях осуществляется чисто функциональное разбиение модели без учета и выбора методов реализации, т.е. без изображения на схемах стрелки механизма. Когда детализация будет проведена достаточно подробно и появится возможность выбрать эффективные средства реализации, тогда можно вернуться к определению механизма. Механизм не возникает ни из входа, ни из выхода, ни из управления и их не определяет, являясь независимой составляющей среды. Аналогично, для моделей верхнего уровня может быть недостаточно определено содержание управления. В этом случае следует использовать обобщение наименования соответствующих стрелок, детализируя их содержание в моделях следующих уровней[7,8].

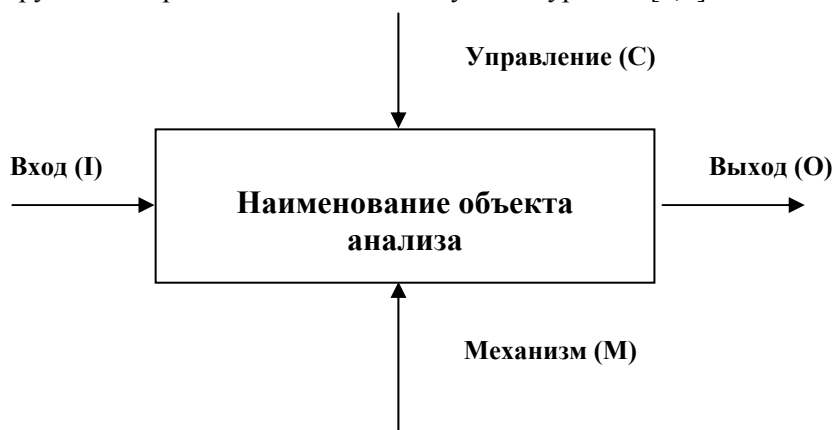


Рис. 1. Изображение объекта анализа и его среды

Интерпретация разных составляющих среды (изображенных стрелками) различна в зависимости от того, является ли объект анализа предметом или операцией.

Если объект анализа – предмет, то операции образуют его внешнюю среду. Так, в случае анализа производственных систем в качестве предметов рассматриваются производственные данные, а в качестве операции – преобразования над производственными данными. При этом объектом анализа могут быть данные в среде преобразования или преобразования в среде данных. В случае, когда объект анализа – предмет, то стрелка входа изображает операцию, создающую этот предмет, стрелка выхода – операцию, использующую данный предмет, стрелка управления – условия существования предмета (может отсутствовать), схема механизма – средства воплощения.

Если объект анализа – операция, то стрелка входа изображает предметы, перерабатываемые операцией, стрелка выхода – предметы, получаемые в результате операции, стрелка управления – условия, при которых выполняется операция, стрелка механизма – средства реализации анализируемой операции. Если под операцией понимать, например, технологическую операцию, то входом будут показатели качества заготовки, поступающей на операцию, выходом – показатели качества заготовки после выполнения операции, управлением – содержание операции, отраженное в изменяемых и контролируемых технологических факторах, механизмом – данные о мало изменяющихся характеристиках технологической системы.

Детализация модели предмета и операции. Модель системы представляет собой иерархический набор SADT-схем. Каждая схема является детализацией какого-либо объекта (предмета или операции) и окружающей среды из схемы предыдущего (более высокого) уровня. При этом анализируемый объект представляется на схеме в виде набора объектов (как правило, их не более шести для разложения одного уровня), изображаемых в виде прямоугольников и связей между ними, обозначаемых стрелками входа, выхода, управления. Части, на которые разложен анализируемый объект, должны в совокупности точно представлять этот исходный объект и, кроме того, не пересекаться. Совокупность стрелок, входящих в схему и выходящих из нее, образует среду схемы, которая должна точно совпадать со средой анализируемого объекта, изображаемого в виде прямоугольника на схеме предыдущего уровня. К этой среде не должно ничего добавляться, но ничего из нее не должно быть потеряно[8,9].

Модель операции обозначают *A*, модель предметов – *Д* (данных). Каждый прямоугольник на схеме имеет номер. Нумерация осуществляется слева направо и сверху вниз. Обозначение схемы

состоит из буквы, обозначающей вид модели (A или D), и номера схемы. Схема первого уровня разложения анализируемого объекта на прямоугольники имеет номер «ноль» (A или D). Схемы следующих уровней имеют номера, состоящие из последовательности номеров прямоугольников в схеме (начиная с первого уровня), в которые входит детализируемый прямоугольник.

Роль разных составляющих среды (стрелок) в формировании границ разложения данного уровня различна в зависимости от того, строится модель операций или модель предметов. В модели предметов не может отсутствовать стрелка входа, а в модели операций не может отсутствовать стрелка управления, так как она определяет границы разложения.

Отсутствие стрелок входа в прямоугольник операции или стрелки управления в прямоугольнике предмета допускается, только тогда, когда изображаемые стрелками объекты могут быть легко восстановлены по стрелкам входа и содержанию прямоугольника, так как опускание очевидных стрелок упрощает схему и облегчает ее понимание.

Таким образом, трудно формализуемым, но необходимым условием структурного анализа при детализации операций технологического процесса, является выделение из многочисленных технологических воздействий (описывающих механизм операции), управляющих технологических факторов (определяющих параметры качества обработки).

Статистическая модель процесса комбинированной обработки. Наиболее сложны в управлении комбинированные процессы обработки, совмещающие разнообразные технологические воздействия [10].

Для изучения управления комбинированной обработкой рассмотрим упрочняющее резание с нагревом – оплавлением срезаемого слоя. Процесс совмещает операции термообработки с удалением дефектного поверхностного слоя резанием и упрочняющим деформированием обрабатываемой поверхности. Для временного снижения прочности дефектного слоя используется дополнительный нагрев, а для удаления припуска и деформирования поверхности применяется режущий инструмент [10,11].

Нагрев срезаемого слоя проводился с использованием установки для воздушно-плазменной резки АПР-402. Плазматрон для механизированной резки ПВР-402 закреплялся в специальном приспособлении на токарно-винторезном станке 16К20. Постоянными факторами в опытах при плазменном нагреве были: напряжение плазменной дуги $U=120\text{В}$, диаметр сопла плазматрона $d_c=3,2$ мм, его удаление от обрабатываемой поверхности $h_c=12$ мм, расход плазмообразующего газа-воздуха $G_g=40$ л/мин[10].

Для комбинированного процесса – упрочняющего резания заготовки из стали 65Г с дополнительным плазменным нагревом исследовались зависимости параметров обработки – физико-механических: $Y_1=HRC$ – твердости и $Y_2=U_n$, % – наклепа; геометрических: $Y_3=Sm_w$, мм – волнистости и $Y_4=Ra$, мкм – шероховатости от основных технологических факторов: $X_1=I$ – силы тока плазменной дуги, $X_2=L$ – расстояние от пятна нагрева до режущей кромки инструмента, $X_3=S$ – скорости подачи инструмента и $X_4=V$ – скорости главного движения. Глубину резания для удаления дефектного слоя назначали $t=2$ мм.

В качестве статистической модели комбинированного процесса применяли квадратичные функции, а для их построения и оценивания использовался дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ. Уравнения регрессии получали с помощью математического планирования экспериментов[11,12]. Опыты проводили по матрице центрального композиционного рототабельного униформ-планирования (ЦКРУП) второго порядка (табл.1), условия опытов представлены в таблице 2.

Таблица 1. Матрица ЦКРУП второго порядка для $k=4$

№	X_1	X_2	X_3	X_4	№	X_1	X_2	X_3	X_4	№	X_1	X_2	X_3	X_4	№	X_1	X_2	X_3	X_4
1	+	+	+	+	9	+	+	+	–	17	+2	0	0	0	25	0	0	0	0
2	–	+	+	+	10	–	+	+	–	18	–2	0	0	0	26	0	0	0	0
3	+	–	+	+	11	+	–	+	–	19	0	+2	0	0	27	0	0	0	0
4	–	–	+	+	12	–	–	+	–	20	0	–2	0	0	28	0	0	0	0
5	+	+	–	+	13	+	+	–	–	21	0	0	+2	0	29	0	0	0	0
6	–	+	–	+	14	–	+	–	–	22	0	0	–2	0	30	0	0	0	0
7	+	–	–	+	15	+	–	–	–	23	0	0	0	+2	31	0	0	0	0
8	–	–	–	+	16	–	–	–	–	24	0	0	0	–2					

Таблица 2. Условия опытов по матрице ЦКРУП для k=4

Уровни факторов X_i	Технологические факторы			
	I, A	$L, мм$	$S, мм/об$	$V, м/с$
-2	60	30	0,05	2,0
-1	70	40	0,10	2,5
0	80	50	0,15	3,0
+1	90	60	0,20	3,5
+2	100	70	0,25	4,0

Значимость коэффициентов регрессий определялась по критерию Стьюдента и адекватность моделей - по критерию Фишера. Обработка результатов опытов позволила получить уравнения регрессии:

$$Y_1 = 45,696 - 0,876X_1 + 1,626X_2 + 0,209X_3 + 0,459X_4 + 0,688X_1X_2 + 0,688X_1X_3 + 0,063X_1X_4 + 0,063X_2X_3 + 0,688X_2X_4 + 0,688X_3X_4 + 0,755X_1^2 + 0,880X_2^2 + 0,755X_3^2 + 0,506X_4^2; \quad (1)$$

$$Y_2 = 6,683 - 0,445X_1 - 0,171X_2 + 0,123X_3 + 0,127X_4 - 0,267X_1X_2 + 0,011X_1X_3 + 0,039X_1X_4 - 1,034X_2X_3 - 0,029X_2X_4 + 0,195X_3X_4 + 0,062X_1^2 + 0,252X_2^2 + 0,125X_3^2 + 0,117X_4^2; \quad (2)$$

$$Y_3 = 1,130 + 0,051X_1 + 0,051X_2 + 0,002X_3 + 0,003X_4 + 0,002X_1X_2 + 0,002X_1X_3 + 0,008X_1X_4 + 0,002X_2X_3 + 0,008X_2X_4 - 0,002X_3X_4 + 0,026X_1^2 + 0,023X_2^2 + 0,013X_3^2 + 0,016X_4^2; \quad (3)$$

$$Y_4 = 7,554 + 0,413X_1 + 1,155X_2 - 0,154X_3 + 0,063X_4 + 0,356X_1X_2 + 0,081X_1X_3 - 0,306X_1X_4 - 0,344X_2X_3 + 0,144X_2X_4 + 0,144X_3X_4 + 0,261X_1^2 + 0,323X_2^2 + 0,236X_3^2 + 0,174X_4^2; \quad (4)$$

Установлено, что все коэффициенты регрессий значимы с 90% доверительной вероятностью, а статистические параметры модели адекватны при 1% уровне значимости.

Уравнение комбинированным процессом термомеханической обработки. Изучение членов, описывающих взаимодействие факторов на многоугольниках предпочтений позволило определить значимость взаимной корреляции факторов по диаграммам Лоренца, в которых факторы ранжируются по возрастанию. Степень влияния факторов на параметры дал возможность выявить анализ линейных членов по диаграммам Парето.

С учетом степени влияния на параметры и значимости взаимной корреляции факторы X_1, \dots, X_4 в порядке предпочтения (\rightarrow) можно расположить в ряды (табл. 3).

Таблица 3. Степень влияния и взаимная корреляция факторов для различных параметров

Параметры	Степень влияния	Взаимная корреляция
Y_1	$X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2$	$X_4 = X_1 = X_3 = X_2$
Y_2	$X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow X_2 \rightarrow X_1$	$X_4 \rightarrow X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow X_2$
Y_3	$X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow X_2 = X_1$	$X_3 \rightarrow X_1 = X_2 \rightarrow X_4$
Y_4	$X_4 \rightarrow X_3 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2$	$X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2$

Из таблицы 3 следует, что для управления параметрами Y_1 и Y_2 наилучшим образом подходят факторы X_1 и X_4 , а для Y_3 и Y_4 подходят X_2 и X_3 . Данные, полученные при анализе процесса упрочняющего резания с дополнительным плазменным показываю, что физико-механическими $Y_1 = HRC$ и $Y_2 = U_n$ параметрами рационально управлять с помощью термомеханических факторов $X_1 = I$ и $X_4 = V$, а геометрическими параметрами $Y_3 = Sm_w$ и $Y_4 = Ra$ – путем рационального размещения инструмента, используя факторы $X_2 = L$ и $X_3 = S$ (табл. 3).

Для комплексной оптимизации параметров качества и управления комбинированным процессом использовали диаграмму «причины-результат» (рис. 2), для которой в качестве цели рассматривали обобщенную функцию желательности Харрингтона (рис.3). Для желательностей составлены шкалы (рис.3) исходя из значимости параметров Y_1, \dots, Y_4 и возможностей их регулирования технологическими факторами X_1, \dots, X_4 согласно диаграмме «причины-результат».

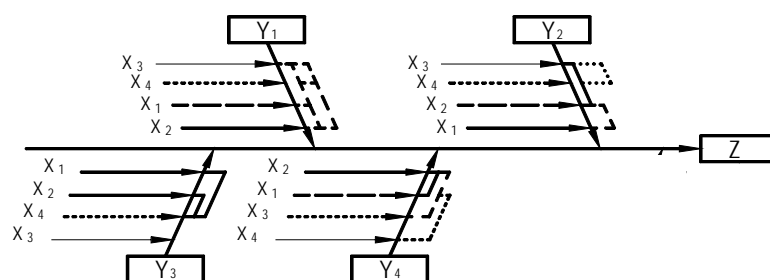


Рис.2. Диаграмма «причины-результат» для управления комбинированным процессом

Комплексную оптимизацию упрочняющего резания с оплавлением срезаемого слоя, представленного уравнениями (1)–(4), проводили методом спирального координатного спуска по обобщенной функции желательности[11,12]. Результаты оптимизации дают возможность рекомендовать при глубине резания $t=2$ мм режимы обработки: $I=60$ А; $L=35$ мм; $S=0,2$ мм/об; $V=2,7$ м/с, для которых функция желательности максимальна – $Z=0,88$, а параметры качества обрабатываемой поверхности: $HRC=53,5$; $U_n=8$ %; $Sm_w=1,2$ мм; $Ra=7,7$ мкм.

В соответствии с диаграммой управления (рис.2) для обеспечения оптимального комплекса результатов (рис.3) при упрочняющем резании с предварительным плазменным нагревом следует рекомендовать: регулирование интенсивности нагрева, а также скорости движений обработки и статистический контроль геометрического Ra и физико-механического HRC параметров[10,12].

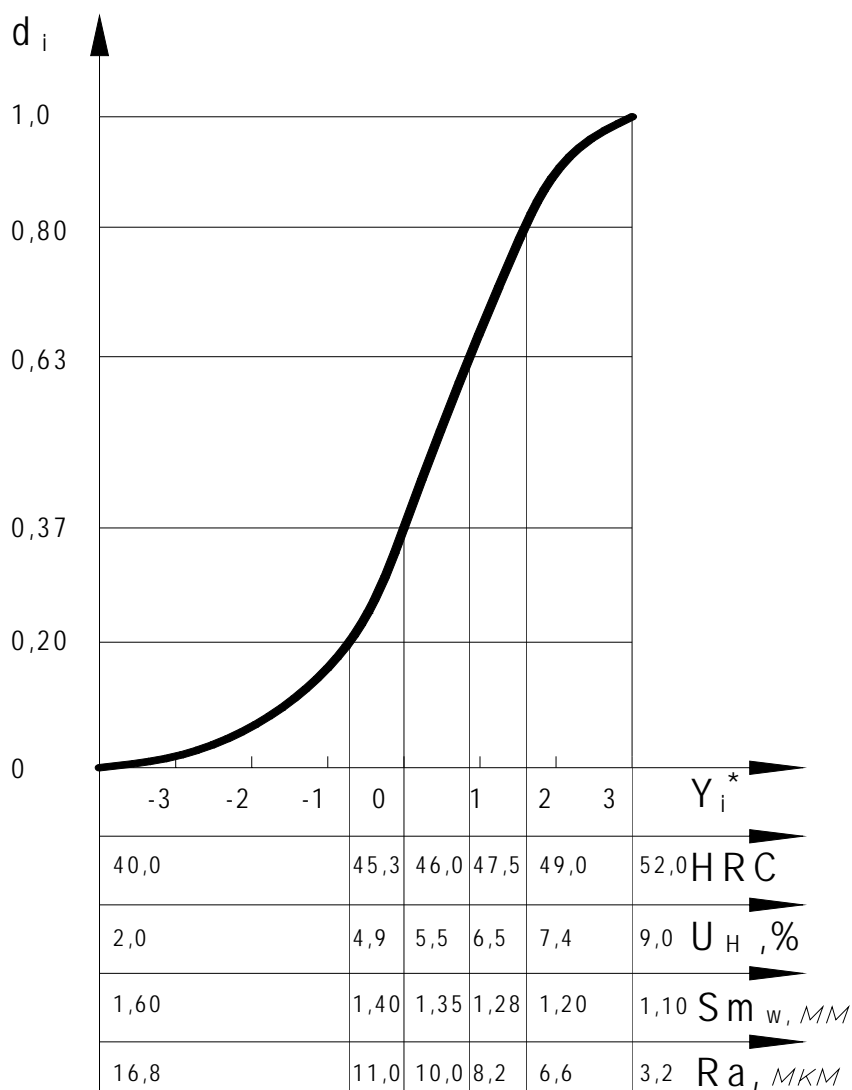


Рис. 3. Функция d_i и шкалы желательности Y_i параметров оптимизации комбинированного процесса параметров $Y_1(a)$, $Y_2(b)$, $Y_3(c)$, $Y_4(z)$ при комбинированной обработке

Заключение. Таким образом, при использовании структурного анализа комбинированной термомеханической обработки, для детализации на SADT-диаграмме технологической операции - упрочняющего резания с предварительным плазменным оплавлением срезаемого слоя, следует разделять группы физико-механических и геометрических параметров качества. Для управления геометрическими параметрами $Y_3=Sm_w$ и $Y_4=Ra$ следует использовать факторы размещения и движения инструмента $X_2=L$ и $X_3=S$, а управления физико-механическими параметрами $Y_1=HRC$ и $Y_2=U_n$ – термомеханические факторы $X_1=I$ и $X_4=V$. В качестве мероприятий по оперативному управлению процессом следует рекомендовать: регулирование интенсивности нагрева и скорости движений обработки, а также долговременный статистический контроль геометрического Ra и физико-механического HRC параметров качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марка, Д. Методология структурного анализа и проектирования / Д. Марка, К. МакГоуэн. – М. : Мета Технология, 1993.– 240 с.
2. Окулесский, В. А. Функциональное моделирование – методологическая основа реализации процессного подхода / В. А. Окулесский. – М. : НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. – 280 с.
3. Компьютеризированные интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / под ред. Б. И. Черпакова. – М. : ГУП «ВИМИ», 1999. – 512 с.
4. CALS в авиастроении / под ред. А. Г. Братухина. – М. : МАИ, 2000.– 304 с.
5. Информационные технологии в наукоемком машиностроении : компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / под общ. ред. А. Г. Братухина. – Киев : Техника, 2001. – 728 с.
6. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / под общ. ред. М. Л. Хейфеца и Б. П. Чемисова. – Новополюк : ПГУ, 2002. – 268 с.
7. Технологические аспекты конверсии машиностроительного производства / А. С. Васильев, С. А. Васин, А. М. Дальский и др. – М. – Тула : ТулГУ, 2003. – 271 с.
8. Горленко, О. А. Создание систем менеджмента качества в организации / О. А. Горленко, В. В. Мирошников. – М. : Машиностроение, 2002. – 126 с.
9. Управление качеством / В. Н. Корешков, Н. А. Кусакин, М. Л. Хейфец и др. – Новополюк : ПГУ, 2007. – 140 с.
10. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки. – М. : Машиностроение, 2005. – 272 с.
11. Статистический анализ конструктивных элементов и технологических параметров деталей машин / М. Л. Хейфец, В. С. Точило, В. И. Семенов и др. – Новополюк : ПГУ, 2001. – 112 с.
12. Менеджмент качества предприятий машиностроения / В. Н. Корешков, Н. А. Кусакин, Ж. А. Мрочек и др. – Мн. : Экономика и право, 2003. – 224 с.



ANALIZA I PROJEKTOVANJE PROIZVODNOG CIKLUSA SLOŽENOG PROIZVODA

Radisav Đukić⁽¹⁾, Jelena Jovanović⁽¹⁾, Miloradka Stefanović⁽¹⁾

Rezime: U radu je prikazan jedan od načina za modeliranje strukture složenog proizvoda koji može da posluži za projektovanje proizvodnih ciklusa kao osnove za primenu JUST-IN-TIME koncepta za planiranje i upravljanje proizvodnjom. Gledano u tom kontekstu vremenska dimenzija predstavlja podlogu za merenje valjanosti projektovanih i ostvarenih rešenja.

Ključne reči: proizvod, struktura, graf, mreža, proizvodni ciklus.

1. UVOD

Savremena proizvodnja zasniva se na principima američkog i japanskog stila menadžmenta koji su po mnogim elementima kontradiktorni. Ford je bio revolucionaran u masovnoj proizvodnji standardnih proizvoda, uskog asortimana koju odlikuje visok stepen specijalizacije i standardizacije čime se postiže visok nivo kvaliteta i produktivnosti a samim tim niži troškovi poslovanja i cene proizvoda. Japanski stil menadžmenta nametnuo je ideju da treba stvoriti resursno štedljiv i fleksibilan sistem koji proizvodi samo ono što se može prodavati.

Proizvodnja se odvija na bazi porudžbina na fleksibilnim tehnološkim sistemima. Kupac je stavljen u centar poslovnih zbivanja što podrazumeva visok nivo kvaliteta, najnižu cenu u odnosu na konkurente, veliki broj varijanti proizvoda koji se proizvode kako u malim tako i u velikim serijama. Stalnim poboljšanjima na proizvodu i u proizvodnji, maksimalnim skraćanjem proizvodnog ciklusa, proizvodnjom u pravom trenutku bez zaliha i međuskladišta minimiziraju se troškovi poslovanja. Originalne ideje nameću nov sistem proizvodnje i novu proizvodnu filozofiju i doktrinu koja proizvodu dodeljuje ulogu generatora u svim zbivanjima unutar i van poslovno-proizvodnog sistema.

2. MODELIRANJE STRUKTURE SLOŽENOG PROIZVODA

Konstruktivno-tehnološka dokumentacija služi za definisanje i oblikovanje proizvoda i predstavlja osnovu industrijskog načina proizvodnje. Crteži sklopa i detalja proizvoda, konstrukciona sastavnica, tehnološki postupci izrade i organizacija stručnih sadržaja predstavljaju osnov za sve aktivnosti planiranja, pripreme proizvodnje i upravljanja proizvodnjom. Na bazi znanja, uverenja i zahteva okruženja konstruktor definiše proizvod uvažavajući pre svega, funkcionalni aspekt. U okviru konstrukcione sastavnice (šeme raščlanjavanja) definišemo funkcionalne nivoe polazeći od elemenata (delova, pozicija) koji predstavljaju prvi nivo, pa preko podsklopova i sklopova dolazimo da zadnjeg n-tog nivoa.

Na sl.1 prikazana je konstrukciona sastavnica jednog proizvoda (A) sa četiri funkcionalna nivoa koji se sastoje od trinaest delova (E_i , K_i), dva podsklopa (P_j) i dva sklopa (S_k):

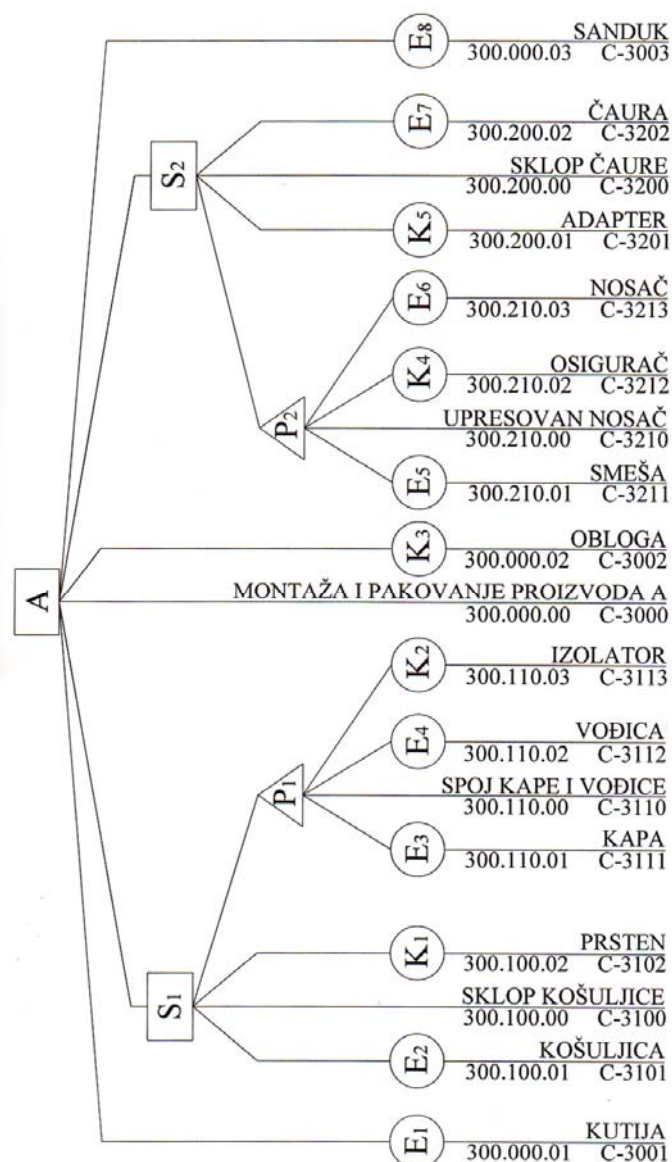
$$A = \{(E_i | i=1,8 \quad K_i | i=1,5), (P_j | j=1,2), (S_k | k=1,2)\} \quad (1)$$

Za jednoznačno definisanje svakog elementa (x) skupa A odnosno grafa (G) prikazanog na sl.1 koristimo naziv (N), šifru (Š), i crtež (C):

$$G(x) = \{x | N(x), \check{S}(x), C(x)\} \quad (2)$$

Modeliranje strukture složenog proizvoda pomoću relacija (1) i (2) i grafa prikazanog na sl.1 pri planiranju, organizaciji i upravljanju proizvodnjom najčešće promoviše princip „Supply push” tj. „guranje” proizvodnje napred nabavkom i proizvodnjom čime se stvaraju nepotrebne zalihe na svim nivoima. Prioriteti su dodeljeni funkcionalnim nivoima odnosno poluproizvodima pri čemu se gubi osećaj za celinu (proizvod), vremensku dimenziju i značaj pojedinih poluproizvoda u okviru prikazanih nivoa opisa artikla.

¹Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, mail: vtscacak@eunet.yu



Sl.1 Konstrukciona sastavnica proizvoda A

U cilju prevazilaženja napred navedenih nedostataka respektujući tehnološki i proizvodni aspekt, koristeći teoriju grafova i metodu višenivovskog indeksnog označavanja lukova grafa na sl.2 prikazana je hijerarhijska struktura nastanka proizvoda A(X_1) odnosno strukturna sastavnica. Orjentisan graf sastoji se od čvorova i lukova:

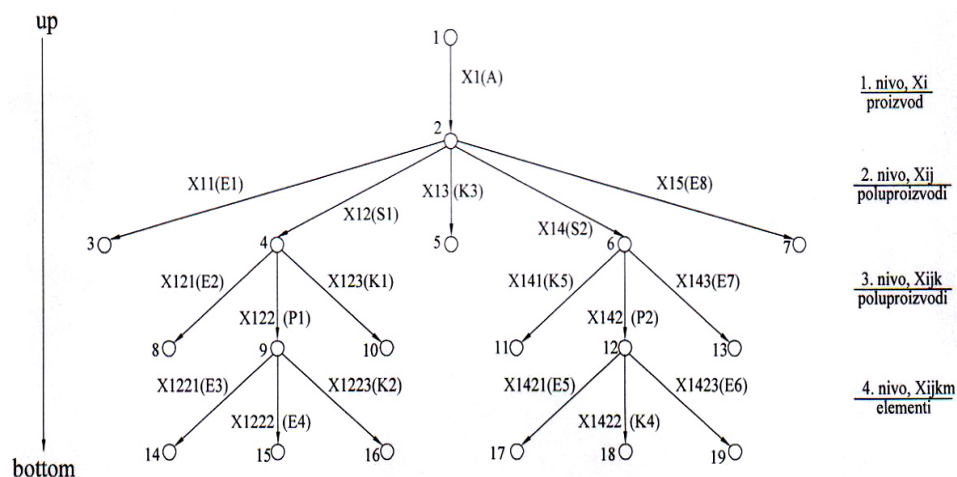
$$G(x) = \{ x \mid \check{C}(x), L(x) \} \quad (3)$$

Sve lukove označavamo slovom (X) pri čemu indeks definiše položaj luka u grafu. Na prvom nivou koristimo jedan indeks (i) na drugom dva (ij) i td. Označavanje susjednih lukova na sledećim nivoima vrši se uvek s leva na desno dodajući na indeks susjednog luka, sa predhodnog nivoa, broj iz skupa prirodnih brojeva redom počev od jedan pa nadalje. Finalni proizvod opisujemo preko elemenata skupa:

$$X_1 = \{ (x_1), (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}), [(x_{121}, x_{122}, x_{123}), (x_{141}, x_{142}, x_{143})], [(x_{1221}, x_{1222}, x_{1223}), (x_{1421}, x_{1422}, x_{1423})] \} \quad (4)$$

Elementi skupa definisani relacijom (4) predstavljaju istovremeno: sastavne delove proizvoda-proizvodne faze (card $X_1=18$), nivoe ugradnje (card $X_1=4$) i ukazuju na složene proizvodne faze u okviru kojih se vrši montaža (card $X_1=5$).

Modeliranje strukture složenog proizvoda pomoću relacija (3) i (4) i grafa prikazanog na sl.2 omogućava nam korišćenje principa „demand pull”. Za razliku od sl.1 koja definiše funkcionalne nivoe po principu „bottom-up” sl.2 definiše nivoe ugradnje po principu „up-bottom”. Nivoe ugradnje definisani su po principu „usisavanja” pri čemu prvi nivo predstavlja nivo finalnog proizvoda a ostali nivoe definišu poluproizvode. U tom kontekstu proizvodnju složenog proizvoda moguće je realizovati sa minimalnim zalihama radeći samo ono što je stvarno potrebno i to „ni prerano ni prekasno”.



Sl.2 Strukturalna sastavnica proizvoda A

3. PROJEKTOVANJE PROIZVODNOG CIKLUSA SLOŽENOG PROIZVODA

Strukturalnu sastavnicu proizvoda (sl. 2) možemo iskoristiti višestruko za projektovanje proizvodnog ciklusa. U tabelama 1 i 2 prikazan je postupak za projektovanje ciklusa korišćenjem gantograma. Ako vremena proizvodnih faza, koja smo prethodno utvrdili, i vremenske rezerve želimo da prikazemo u najranijem početku tada gantogram crtamo u desno polazeći od spoljašnjih čvorova grafa (3, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) iz strukturalne sastavnice (tabela 1). Ukoliko projektujemo ciklus sa prikazom vremenskih rezervi i proizvodnih faza u najkasnijem početku (princip just-in-time) tada prvo odredimo kritičan put u grafu pa zatim crtamo gantogram u levo polazeći od završnog čvora 1 (tabela 2). U tabeli 3 prikazana su vremena najranijeg i najkasnijeg početka (R_p , K_p) i vremena najranijeg i najkasnijeg završetka (R_z , K_z) i ukupna vremenska rezerva $R_t = K_z - R_z$.

Graf prikazan na slici 2 možemo transformisati u mrežni dijagram (sl. 3) na sledeći način:

- formirati suprotan graf u odnosu na sl.2 (transponovati matricu grafa),
- novoformirani graf zarotirati za 90% oko svoje ose u pravcu kazaljke na satu,
- čvorove grafa pretvoriti u događaje a lukove u aktivnosti,
- od čvorova grafa (3,5,7,8,10,11,13,14,15,16,17,18,19), saglasno usvojenim kriterijumima, izdvojiti jedan koji predstavlja početni događaj u mreži a čvor (1) prerasta u završni događaj.
- uvesti fiktivne aktivnosti i izvršiti označavanje elemenata u mrežnom dijagramu

Tabela broj 3: Vrem. rezerve

Proizv. faza	R_p	R_z	K_p	K_z	R_t
E1	0	9	35	44	35
E2	0	16	22	38	22
K1	0	5	33	38	33
E3	0	11	20	31	20
E4	0	12	19	31	19
K2	0	5	26	31	26
P1	12	19	31	38	19
S1	19	25	38	44	19
K3	0	5	39	44	39
X1	44	52	44	52	0
E5	0	25	0	25	0
K4	0	5	20	25	20
E6	0	13	12	25	12
P2	25	35	25	35	0
K5	0	5	30	35	30
E7	0	24	11	35	11
S2	35	44	35	44	0
E8	0	32	12	44	12

Tabela 1: Gantogram za projektovanje proizv. ciklusa proizvoda X1 sa prikazom vrem. rezervi i proizvod. faza u najranijem početku (Tp=52dana)

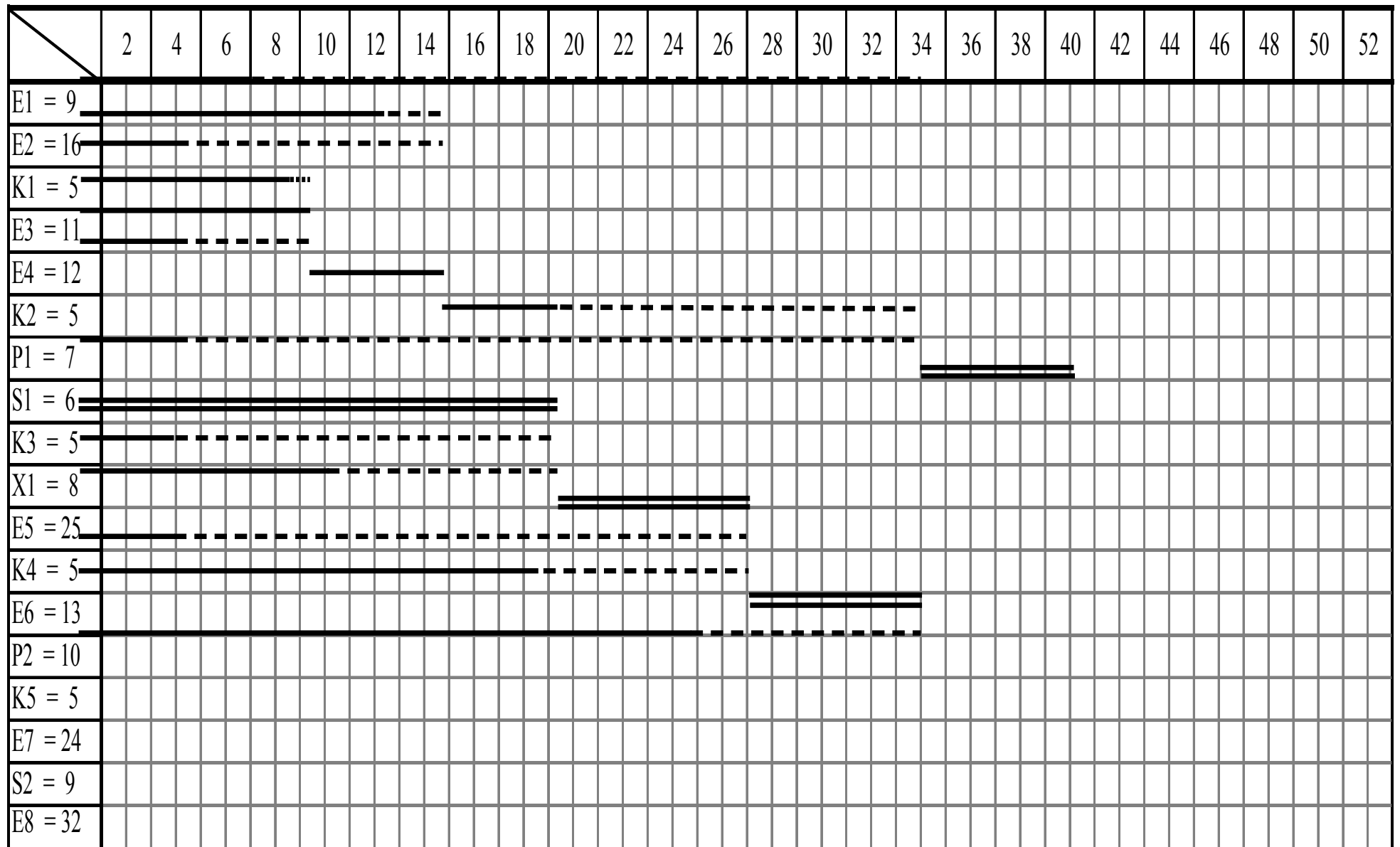
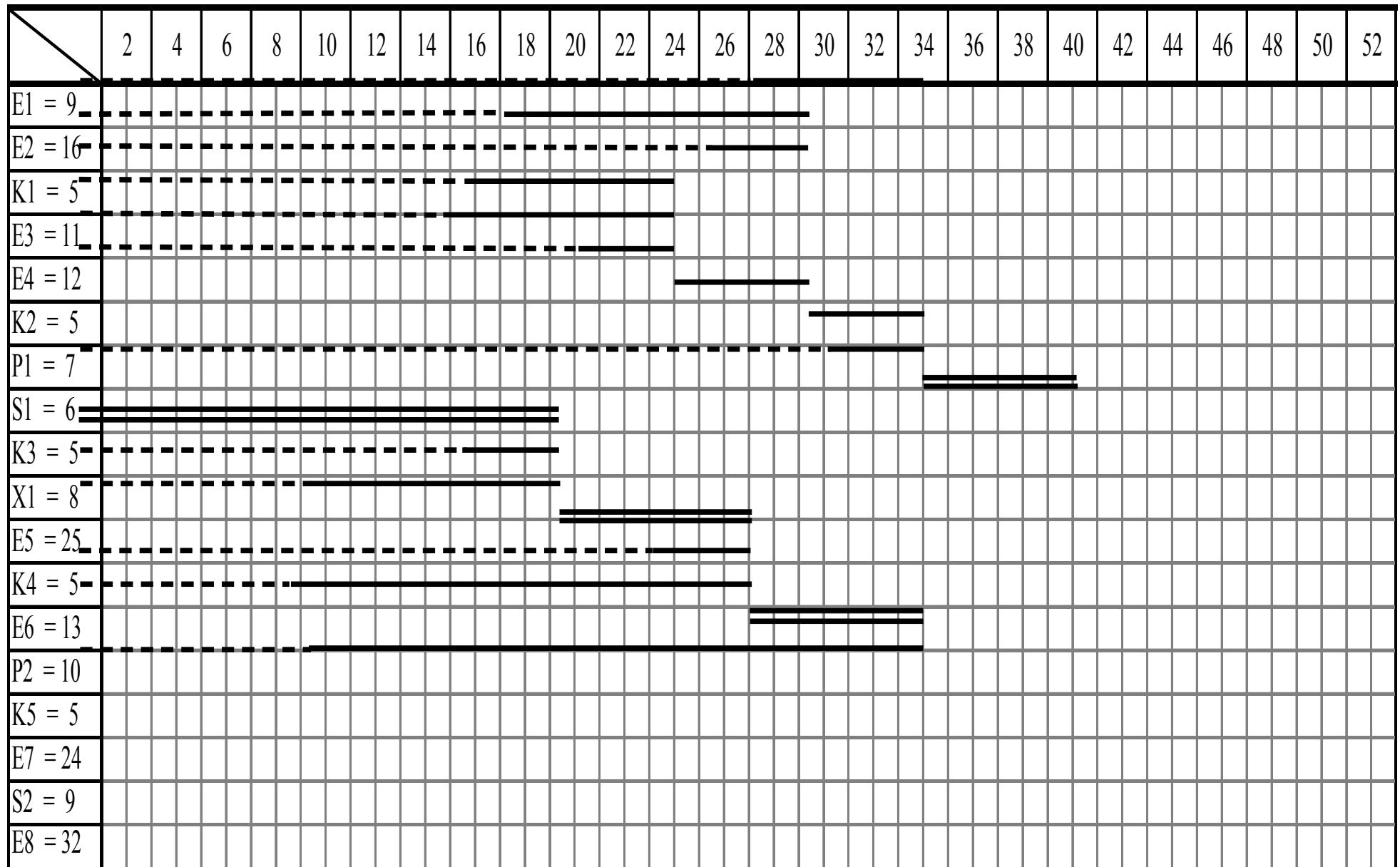
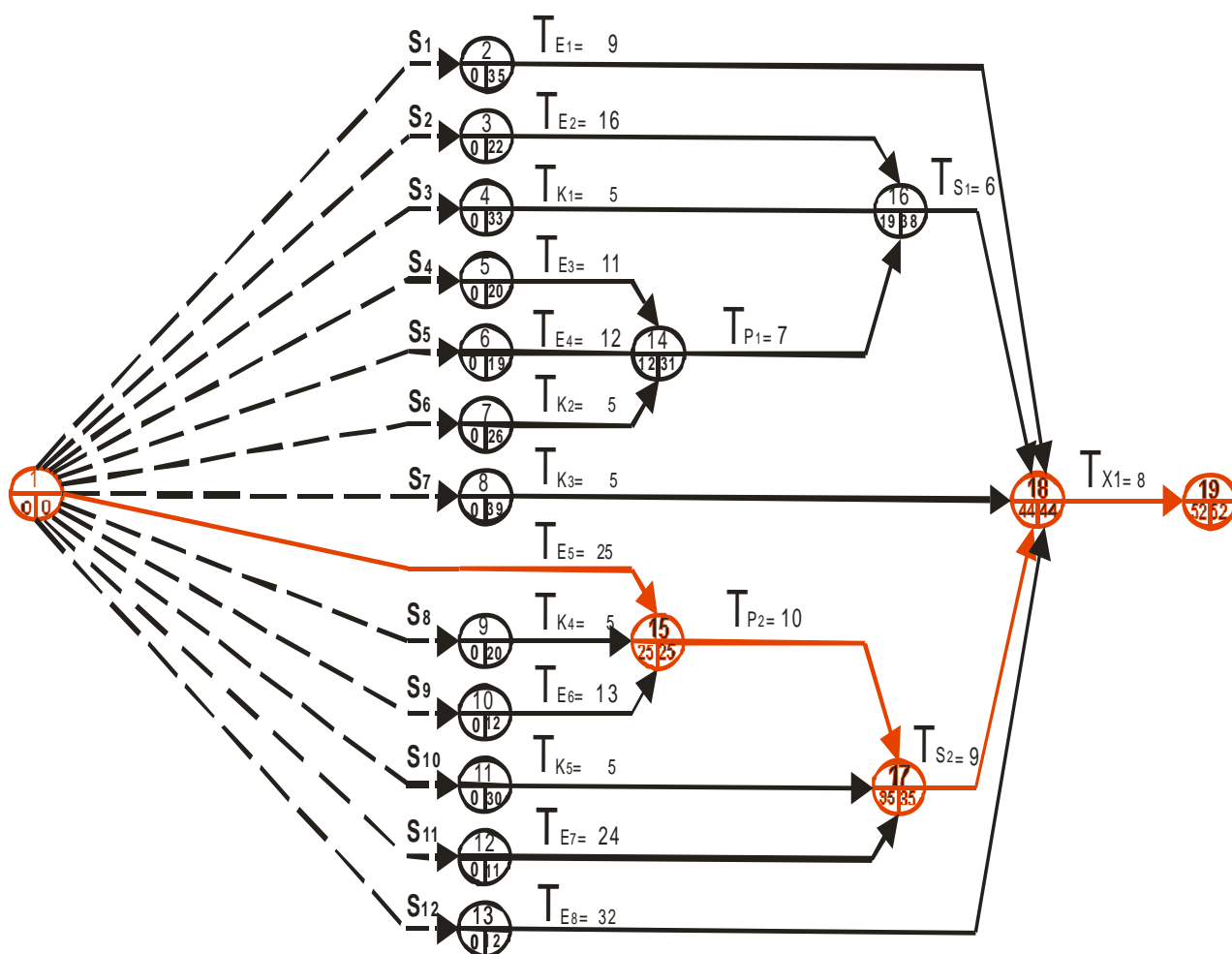


Tabela 2: Gantogram za projektovanje proizv. ciklusa proizvoda X1 sa prikazom vrem. rezervi i proizv. faza u najkasnijem početku (Tp=52dana)



KRITIČAN PUT PROIZVODA X1 PO DOGAĐAJIMA : 1 - 15 - 17 - 18 - 19

KRITIČAN PUT PROIZVODA X1 PO AKTIVNOSTIMA : E5 - P2 - S2 - X5



Slika 3: Mrežni dijagram proizvoda X1

4. ZAKLJUČAK

Projektovana dužina proizvodnog ciklusa iznosi $T_p = 52$ (dana). Kritične proizvodne faze (kritičan put u gantogramu ili mreži) čini proizvodnja pozicije E5, montaže podsklopa P2, sklopa S2 i finalnog proizvoda X1 (A). Omogućena je primena softverskih alata (MS Project, QSB i td.) što je od izuzetnog značaja za upravljanje proizvodnim procesima.

5. LITERATURA

- [1] Đukić R., Planiranje i upravljanje proizvodnjom složenog proizvoda, X Internacionalni simpozijum iz PROJECT MANAGAMENT-A, Zlatibor, 2006.
- [2] Đukić R., Modeliranje strukture složenog proizvoda za podršku JUST-IN-TIME konceptu, 30. Jubilarno savetovanje proizvodnog mašinstva SCG, Vrnjačka Banja, 2005.

ANALYSIS AND PROJECTION OF MANUFACTURING CYCLE OF A COMPLEX PRODUCT

Abstract: This paper shows a method for structure modeling of a complex product which can serve as a base for application of a general concept for projection of manufacturing cycle. That way we have created circumstances for Just-in-time concept application in productive and business cycle. Viewed from that perspective of time dimensions, it represents a base for value measuring of projected and accomplished solutions.

Key words: product, structure, graph, net, manufacturing cycle.

ПОНАШАЊЕ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА ПРИ ВЕЛИКОМ БРОЈУ ЦИКЛУСА

Драгољуб Дрндаревић, Милован Миливојевић, Слободан Петровић, Стјепан Панић¹

Резиме: Дато је понашање модела на бази неуронске мреже при великом броју циклуса учења у случају појаве феномена "претренираности". Претренираност је карактерисана променом грешке тестирања. Утврђена је тестирањем мреже са одговарајућим скупом података при довољно великом броју циклуса учења. Приказан је пример моделовања процеса металургије праха у ком је овај феномен откривен. Практични значај овог проблема се испољава при моделовању и оптимизацији са коришћењем неуронских мрежа.

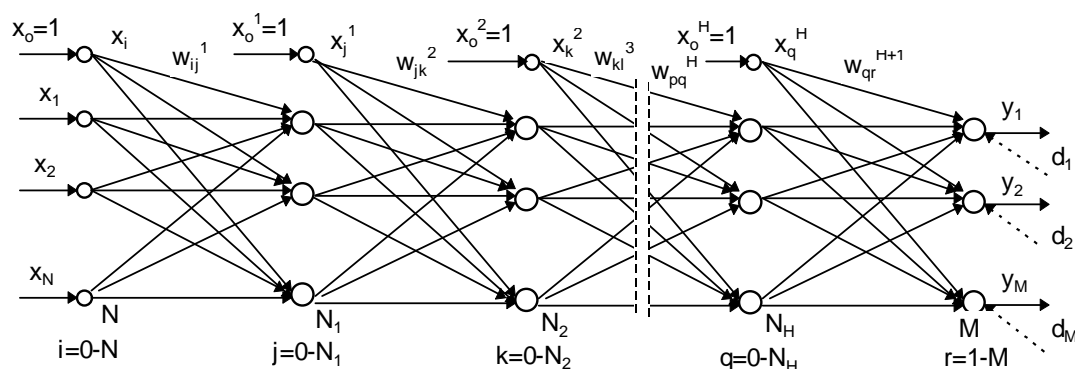
1. УВОД

Вештачке неуронске мреже, или једноставно неуронске мреже (НМ) представљају паралелну дистрибуирану везу великог броја једноставних елемената (неурона), који изводе обраду података. Структура вештачких НМ базира се на познавању биолошких нервних система. НМ имају добре карактеристике у погледу толеранције грешака и робусне су при појави шума и некомплетних података. Према тим карактеристикама НМ су веома снажан алат за моделовање и оптимизацију различитих врста процеса са великим бројем утицајних фактора и где је утицај ових фактора на излазне карактеристике процеса комплексан са високом нелинеарности.

Циљ рада је истраживање понашања модела базираног на вишеслојној НМ. Постоји више карактеристика које се могу испитивати за време моделовања. Једна од њих је понашање НМ при обуци са великим бројем циклуса учења. Код вишеслојне НМ, као и код неких других типова *feature base-mapping* мрежа, може се појавити један неочекиван и посебан феномен, експериментално идентификован, назван у [1] "претренираност". Ова појава има практичан значај при моделовању и оптимизацији помоћу НМ. Ретко се обрађује у литератури. У раду је изложен један модел процеса у коме је нађено овакво понашање.

2. ВИШЕСЛОЈНА НЕУРОНСКА МРЕЖА

Вишеслојна НМ је са *feedforward* током сигнала и код ње постоји потпуна једносмерна повезаност суседних слојева преко процесирајућих елемената. Општа архитектура ове НМ дата је на сл. 1. Она се састоји из улазног слоја са N процесирајућих елемената, H "скривених" слојева са N_1, N_2, \dots, N_H процесирајућих елемената, респективно и излазног слоја са M процесирајућих елемената.



Сл. 1. Општа архитектура вишеслојне неуронске мреже

¹ Висока пословно-техничка школа струковних студија, Св. Саве 34, 31000 Ужице, тел: 031/512-013

Функција НМ састоји се из две фазе: фазе учења и фазе генерисања излаза (фазе тестирања). Учење се изводи помоћу *backpropagation* алгоритма, познатог и под називом “Генералисано делта правило” [2].

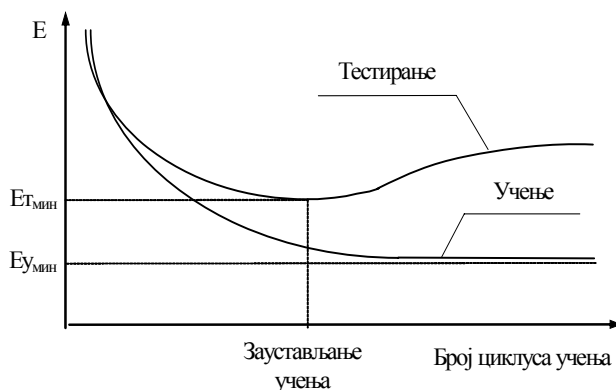
Процес учења је итеративан и у првој етапи једне итерације одређују се излази процесирајућих елемената у свим слојевима од улазног до излазног. У улазном слоју се не врши обрада улазних сигнала x_1, x_2, \dots, x_N , већ само гранање сигнала према свим процесирајућим елементима другог слоја. У улазном и свим скривеним слојевима додат је по један јединични (*bias*) улаз $x_o, x_o^1, x_o^2, \dots, x_o^H$, чија је вредност стално постављена на један. Јединични улази омогућају сваком елементу да нађе своју вредност прага у процесу учења. Излази x_j^l у првом скривеном слоју добијају се као збир производа тежина w_{ij} међусобних веза елемената i и j и улаза x_i , на који се примењује одговарајућа трансфер функција. Код ове врсте НМ трансфер функција је најчешће сигмоидна. На исти начин добијају се излази елемената у осталим слојевима и на крају се добијају излази НМ y_1, y_2, \dots, y_M .

У другој етапи, применом градијентног метода на средњу квадратну грешку излаза, која представља разлику жељених излаза d_1, d_2, \dots, d_M и излаза мреже y_1, y_2, \dots, y_M , врши се корекција тежина. Корекција тежина изводи се простирањем грешке излаза уназад од излазног до улазног слоја. Итерације се изводе за одговарајуће парове улаза/излаза из скупа података за учење и при том се смањује грешка излаза, ковергирајући некој вредности, задатој према изабраном критеријуму. Као критеријум тачности може се, поред средње квадратне грешке, узети максимална грешка, средња грешка итд.

Тестирање понашања мреже изводи се на одговарајућем скупу података, са тежинама које су добијене при учењу. Тестирањем се најчешће добија нешто већа грешка од грешке учења за одговарајући број циклуса. Грешка тестирања, као и грешка учења, у већини случајева конвергентно опада.

3. ПРЕТРЕНИРАНОСТ

Типична форма у којој се јавља феномен претренираности дата је на сл. 2. Претренираност се карактерише помоћу промене грешке тестирања. Грешка тестирања E_t , уместо да опада у току целог процеса учења, као што опада грешка учења E_u , опада у почетку и по достизању минимума почиње да расте асимптотски према некој максималној вредности. Овај проблем није потпуно разјашњен и према [1] сматра се да помоћу одговарајуће селекције почетних вредности тежина мрежа у првој фази процеса учења даје веома равну површину апроксимације жељене функције и скуп података за тестирање интерполира правилно. У наставку процеса, сталним понављањем истог скупа података за учење, површина апроксимације постаје таласаста и увијена, покушавајући све више и више да се приближи фиксном скупу тачака. За време тог процеса могућност интерполације опада. У [3] ово понашање је објашњено као резултат присуства неких облика у скупу података за учење (на пример шума), који нису типични за цео скуп података (подаци за учење + подаци за тестирање), што одговара објашњењу датом у [1].



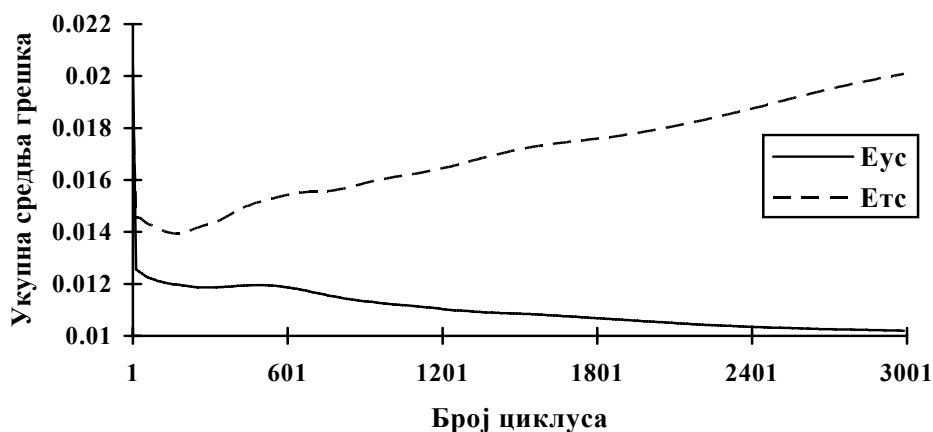
Сл. 2. Претренираност - грешке учења и тестирања за време учења

При преласку од равне до таласасте површине постоји скоро увек нека међуфаза у којој влада баланс између тенденције за бољом апроксимацијом и могућности интерполације. Тај простор треба да буде лоциран и у њему треба зауставити учење. Проблем је могуће решити експерименталним праћењем, мерењем перформанси мреже са два посебна скупа података - за учење и тестирање. Оба скупа су добијена према константној вероватноћи функције густине, која егзистира у реалним процесима. Процес учења, који се изводи са одговарајућим скупом података, у периодичним интервалима се зауставља, тежине се привремено "замрзавају" и грешка мреже се тестира користећи, на пример, средњу квадратну грешку. На тај начин, понављањем скупа података за учење, добија се дијаграм на сл. 2. Равнотежа перформанси учења и тестирања је у тачки у којој грешка тестирања достиже минимум. Са минимизацијом грешке тестирања, мада грешка учења није минимална, постижу се оптималне перформансе мреже.

4. ПРИМЕР

Појава претренираности приказана је на примеру моделовања процеса металургије праха [4]. Модел је формиран на бази експерименталних података, при чему су као улази узете димензије готових делова (самоподмазујућих лежајева), а као излази добијене су димензије алата за производњу ових делова. Коришћена је трослојна мрежа са осам процесирајућих елемената у улазном слоју, променљивим бројем процесирајућих елемената у скривеном слоју и четири процесирајућа елемента у излазном слоју.

У свим варијантама (за различите вредности параметара мреже - број процесирајућих елемената у скривеном слоју, интервал почетних вредности тежина, коефицијент учења и коефицијент момента) јављала се претренираност. Једна од варијанти модела приказана је на сл. 3. Уместо грешака појединачних излаза, ради лакше презентације резултата, дате су укупне средње грешке учења и тестирања E_{us} и E_{ts} , као аритметичка сума појединачних грешака. Ефекат претренираности је изражен код приказаног модела. Грешка тестирања код овог, као и код других модела, добијених у овом истраживању, са повећањем броја циклуса асимптотски се приближава својој максималној вредности. Код сваког појединачног излаза присутна је претренираност различитог интензитета. Грешке учења и тестирања представљају средње вредности апсолутних одступања излаза модела од жељених излаза, тј. од експерименталних вредности излаза за одговарајући скуп података.



Сл. 3. Грешке учења и тестирања модела процеса металургије праха

Релативно изражен феномен претренираности је могуће објаснити са великим шумом у улазним подацима, који је у приказаном примеру проузрокован углавном са неквалитетним примарним материјалом - металним прахом, што одговара објашњењу датом у [3].

5. ЗАКЉУЧАК

У раду је дато понашање НМ при моделовању процеса при релативно великом броју циклуса учења у случају појаве феномена претренираности. Коришћен је пример моделовања процеса металургије праха, при коме се претренираност појавила.

Претренираност је идентификована помоћу симулације са моделом, примењујући експерименталне податке. Значај овог феномена је у томе да његова присутност има утицај на оптимизацију модела, јер је при оптимизацији потребно узети у обзир постојање и локацију екстремума, односно минимума грешке тестирања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hecht-Nielsen R., "Neurocomputing", Reading MA, Addison-Wesley, 1990.
- [2] Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J., "Learning representation by back-propagating errors", Nature, vol.323, 1986 (533-536)
- [3] Eberhart R. C., and Dobbins R. W. (eds.), "Neural Networks - PC Tools", Academic Press, San Diego, 1990.
- [4] Drndarevic D., Reljin B., "Accuracy modeling of powder metallurgy process using backpropagation neural networks", Powder Metallurgy, vol. 43, no. 1, 2000., pp. 25-29.

BEHAVIOUR OF NEURAL NETWORKS AT LARGE NUMBER OF CYCLES

Abstract: *A behaviour of a model on the base of a neural network at large number of learning cycles in case of appearance of the phenomenon of "overtraining" is presented in the paper. Overtraining is characterized by a change of the testing error. It is detected by testing of the network with the corresponding data set at enough large number of learning cycles. An example of powder metallurgy process modelling in which that phenomenon is uncovered, is given. The practical importance of this problem is in modelling and optimization using neural networks.*



P.B. Petrović¹, Ž. B. Jakovljević, V. Đ. Miković²

DINAMIČKI 3-D VIRTUELNI MODEL PROIZVODNIH RESURSA ZA INTERAKTIVNO PRAĆENJE STANJA OPREME I UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA U REALNOM VREMENU

Rezime

U radu se opisuje opšti koncept dinamičkog 3d grafičko ginterfejsa za vizuelizaciju i praćenje stanja proizvodnog sistema izvedenog na bazi integracije tržišno raspoloživih 3d modelera i SCADA sistema. Ovaj sistem je koncipiran tako da se virtuelni model generiše primenom nekog od standardnih CAD paketa koji poseduju 3d modeler, korišćenjem parametrizovanih objekata za realizaciju dinamičkih sadržaja.

Ključne reči: Nadzor proizvodnih sistema, 3d grafički interfejs, Virtuelna realnost

1. UVOD

Jedan od ključnih elemenata kvaliteta modernih sistema automatskog upravljanja u industriji je funkcija koja obezbeđuje mogućnost uvida u veličine stanja tehnološkog procesa i veličine stanja koje se odnose na procesnu opremu. Ovu funkciju ostvaruju SCADA sistemi, koji pored funkcije vizuelizacije, uključuju i funkcije nadzora, alarmiranja, upravljanja, dijagnostike i statističke obrade [1].

Funkcija akvizicije procesnih veličina, koja podrazumeva proces prikupljanja i arhiviranja, je bazna funkcija svakog SCADA sistema. Druga funkcija je funkcija obrade merenih veličina koja u zavisnosti od konkretnog slučaja može da ima različite sadržaje. Finalni rezultat obrade merenih veličina su neke nove procesne veličine koje u inženjerskim merama iskazuju vrednosti fizičkih veličina stanja relevantnih za proces kojim se upravlja. Ove veličine se arhiviraju u pridruženoj bazi podataka. Treća funkcija SCADA sistema je grafička vizuelizacija generisanih fizičkih veličina, u kombinaciji sa funkcijom interakcije sa operatorom sistema (radnik koji nadzire ili vodi proces) koji ima mogućnost zadavanja željenih vrednosti ili drugih informacija bitnih za vođenje procesa. Treća funkcija SCADA sistema je ustvari funkcija bidirekcionog interfejsa koji spreže čoveka sa procesom. Kvalitet ovog interfejsa je od ključnog uticaja na kvalitet svakog SCADA sistema. Njegova složenost se prostire od rudimentarnih nivoa grafičke signalizacije, pa sve do vrlo složenih oblika interakcije kojima se 'briše' fizička granica između čoveka i proizvodnog sistema, omogućavajući da čovek stiče osećaj da je sastavni deo proizvodnog procesa i sistema na kome se on realizuje.

Kompleksni grafički interfejsi SCADA sistema predstavljaju složene apstraktne mašine koje uvode čoveka preko njegovih čula u digitalno iskazani apstraktni model proizvodnog sistema. Ovaj virtuelni svet podrazumeva postojanje virtuelnog trodimenzionalnog modela proizvodnog pogona, proizvodne opreme i prateće systemske opreme. Funkcija interaktivnosti obezbeđuje dinamički karakter ovakvog modela, a ona podrazumeva da čovek može da se kreće kroz virtuelni proizvodni prostor i da postavlja pitanja na koja će sistem odgovarati na čoveku razumljiv i lako prepoznatljiv način. Bidirekcionalnost podrazumeva da sistem reagujući na fizičke promene u realnom svetu gneriše odgovarajuće odzive, uključujući i one signalnog tipa koje treba da upozore na nedozvoljena stanja kroz adekvatne oblike funkcije alarmiranja.

¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Mr Živana Jakovljević, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: bbpetrovic@mas.bg.ac.yu

² Vladimir Miković, dipl ing., Centar za informaciono-komunikacione tehnologije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija.

Najnoviji razvoj tehnologije SCADA sistema usmeren je u domen izgradnje kompleksnih interfejsa baziranih na tehnologiji virtuelne realnosti (VR). Ovakvi sistemi imaju specijalno razvijene VR module za generisanje objekata i scene u kojoj oni egzistiraju, pomoću kojih se opisuje konkretan slučaj proizvodnog sistema. Kao ekstenziju, ovakvi sistemi imaju i mogućnost simulacije ponašanja realnog fizičkog sistema za različite, unapred definisane scenarije realnog ponašanja. Osnovni problem je u tome što ovakvi sistemi imaju ekstremno visoke tržišne cene i što su po pravilu monokulturni, odnosno predstavljaju jedno zatvoreno rešenje koje zahteva visoku specijalizaciju za njegovo korišćenje, često uz ograničenja vezana za razmenu podataka i potpunu ograničenost u smislu slobode generisanja nekih funkcija koje nisu sastavni deo paketa (ograničena fleksibilnost).

U okviru projekta TR6362³ koncipiran je i realizovan jedan originalni pristup u gradnji kompleksnih grafičkih interfejsa koji je baziran na ideji integracije standardnih 3d grafičkih modelera koji poseduju funkciju parametrizacije grafičkih entiteta i standardnih d-base sistema za arhiviranje procesnih veličina i interakciju sa operatorom korišćenjem sistemskih funkcija upita. Osnovna odlika ovakvog pristupa je 'demistifikacija' VR grafičkog interfejsa i otvorenost ovakve platforme za realizaciju vrlo složenih zadataka modeliranja proizvodnih sistema i ostvarivanja fleksibilnosti u njihovom ponašanju bez sistemskih ograničenja (ili sa minimumom) zbog toga što standardni 3d grafički modeleri imaju inherentnu osobinu opštosti koja je bazirana na radu sa geometrijskim i funkcionalnim primitivima. Bitna odlika ovog sistema je mogućnost neograničene sprege sa informacionim sistemom kompanije, što dalje otvara prostor za integraciju ovakvog sistema u mnogo opštiji koncept sveta virtuelne realnosti, koncept digitalne fabrike [2].

U okviru ovog rada se prvo navode konceptualni okviri VR grafičkog interfejsa, sa objašnjenjima nekih ključnih sadržaja na kojima počiva postavljeni koncept, a zatim se praktična primenljivost postavljenog koncepta prikazuje na primeru pogona vulkanizacije u okviru Fabrike teretne i industrijske pneumatike Trayal FTIP.

2. KONCEPTUALNI OKVIRI

Osnova koncepta 3d virtuelnog grafičkog interfejsa koji se ovde razmatra bazirana je na ideji integracije komercijalno raspoloživih 3d grafičkih modelera i komercijalno raspoloživih SCADA sistema.

Generalni okvir na kome počiva koncept SCADA sistema je prikazana na slici 1a. Dva sistema koja zbog prirode svojih ulazno-izlaznih objekata ne mogu da budu neposredno kaskadno spregnuta, mogu se prema teoriji opštih sistema [3] spregnuti preko jednog jednog umetnutog sistema ρ . Ovaj sistem poseduje takve ulaze koji mogu da se spregnu sa jednim brojem izlaza sistema P i poseduje takve izlaze koji u potpunosti ili delimično mogu da budu spregnuti sa ulazima sistema H. Na ovakvoj formalno postignutoj kaskadnoj sprezi može se ostvariti neograničena interakcija između sistema H i P. Primenjujući isti princip, moguće je realizovati interakciju sistema H i P tipa povratne sprege. Ovakav umetnuti sistem, koji poseduje elemente direktne i povratne sprege sa sistemima H - čovek i P - proizvodni sistem, u savremenoj inženjerskoj praksi naziva se SCADA sistemom (Supervisory Control And Data Acquisition).

Polazeći od prethodno navedenog formalnog okvira, moguće je postaviti koncept integracije komercijalno raspoloživih 3d modelera i SCADA sistema ili alternativno, integracije komercijalno raspoloživih 3d modelera u namenski razvijene sisteme za praćenje stanja. Ovaj koncept prikazan je na slici 1b.

Umetnuti sistem ρ za spregu proizvodnog sistema P i operatora H koji vrši nadzor proizvodnog sistema kako je to prikazano na slici 1a, izražen je kroz jedan kompleksan interfejs označen na slici 1b sa 3dVR SCADA sistem. SCADA jezgro obezbeđuje osnovne funkcionalnosti interaktivne sprege sistema H i P. Okruženje SCADA jezgra čine U/I modul, dBase modul i modul grafičkog interfejsa. U/I modul se u opštem slučaju sastoji iz većeg broja hardverskih i softverskih modula koji obezbeđuju bidirekcionu funkciju fizičke sprege interfejsa ρ i sistema P. Funkcija U/I modula je pod kontrolom SCADA jezgra a njegova konfiguracija je uslovljena konkretnim slučajem primene i nije predmet razmatranja u ovom radu. dBase modul ima funkciju: 1) čuvanja sistemskih parametara, 2) arhiviranja podataka preuzetih od sistema P koji se preko U/I modula uvode u SCADA sistem i 3) arhiviranja jednog šireg kompleksa podataka koje generiše SCADA jezgro, a odnose sa obrađene ulazne podatke i podatke koje se prosleđuju na izlaze SCADA sistema. Preko svojih ulazno-izlaznih kanala $y''\rho / x''\rho$ SCADA jezgro razmenjuje informacije sa standardnim grafičkim interfejsom.

³ Projekat TR-6362: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju podizanja konkurentnosti Trayal korporacije na međunarodnom tržištu, je finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije za period 2005 do 2007. god.

Digitalni model proizvodnog sistema označen sa VRM na slici 1b povezan je sa odgovarajućom bibliotekom grafičkih objekata, čijom se kombinacijom prikazuje neko od odgovarajućih stanja proizvodnog sistema. Svako stanje proizvodnog sistema može da se iskaže odgovarajućim skupom grafičkih objekata. Tako se evolucija stanja sistema jednostavno iskazuje evolucijom njemu ekvivalentnog virtuelnog modela.

2.2 Sprega 3d_VR_GI i SCADA dBase sistema

Uvođenje funkcije 3d VR grafičkog interfejsa (3d_VR_GI modul) SCADA sistema ostvaruje se preko posebnog izlaznog kanala SCADA jezgra označenog sa $y'''p$ na slici 1.b. U modul $p1$ uvode se parametri neophodni za generisanje 3d prikaza sistema čije se stanje prati i kome se prosleđuju upravljačke i statusne komande najvišeg hijerarhijskog nivoa.

Sistem $p1$ preko koga se ostvaruje kaskadna sprema SCADA sistema i 3d_VR_GI sistema je u fizičkom smislu skup 2d tabela, čiji broj i struktura zavise od kompleksnosti VR grafičkog modela, koje se ažuriraju u diskretnim vremenskim intervalima, kontinualno ili samo onda kada SCADA sistem detektuje neku promenu u realnom fizičkom sistemu (*data driven* opcija).

3. VERIFIKACIJA KONCEPTA

Praktična upotrebljivost postavljenog koncepta hibridnog 3d VR grafičkog interfejsa i SCADA sistema izvršena je na primeru Fabrike teretne i industrijske pneumatike u okviru Traval korporacije iz Kruševca.

3.1 Izbor grafičkog modelera

Polazeći od zahteva definisanih u okviru 2.1 izvršen je izbor optimalnog razvojnog okruženja za grafičko modeliranje, Mada nema parametrisovan 3d medeler. AutoCAD platforma je izabrana kao optimalna jer poseduje određene komparativne prednosti kada je u pitanju otvorenost za rad sa entitetima.

Pre svega AutoCAD poseduje integrisan programski jezik AutoLISP. To je potpun programski jezik pomoću koga se pored osnovnih naredbi i operacija svojstvenih svakom programskom jeziku mogu pozivati i sve AutoCAD-ove komande, i što je još važnije sistemske promenljive koje sadrže podatke o pojedinim entitetima i njihovim parametrima. Pored toga moguće je i formiranje novih dijalog boksova, menija i sl. Zahvaljujući ovom jeziku može se programski upravljati položajem, izgledom, bojom, atributima i ostalim parametrima svakog objekta unutar 3d modela za vizuelizaciju u okviru SCADA sistema. Pored toga, AutoLISP omogućuje i potpun prilagođavanje AutoCAD grafičkog interfejsa operatoru - mogu se formirati komande, meniji, dijalog boksovi i sl. u zavisnosti od potrebe konkretnog SCADA sistema.

Drugu komparativnu prednost AutoCAD-a predstavlja rad sa lejerima koji omogućuje lako manipulisanje kvazistatičkim objektima (npr. građevinski objekti, razvodi energenata i sl.) i laku izmenu klastera objekata.

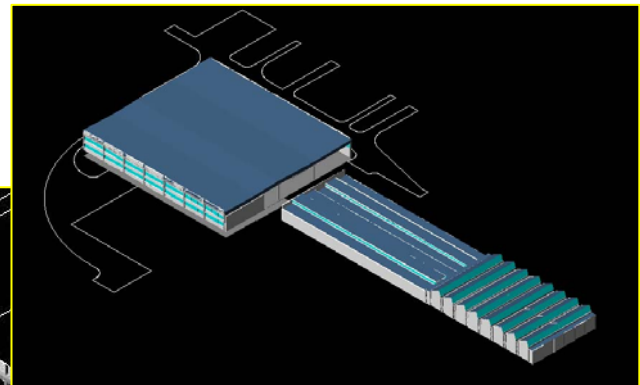
Poseban problem u radu sa virtuelnim modelom pogona predstavljaju računarski resursi. Naime, integralni modeli proizvodnih sistema mogu biti vrlo kompleksni. Kao neposredna posledica slede vrlo obimni zahtevi za proračun i manipulaciju, što posteje problem čak i kada su savremeni računari u pitanju. Jedno od rešenja ovog problema može biti multirezolucijski pristup. Ovim pristupom virtuelni model čitavog pogona bi sadržao 3d modele opreme male rezolucije (grubi modeli sa malim brojem detalja), a ukoliko je korisniku potrebno da pristupi detaljnom modelu objekta, on bi prešao u domen parcijalnih virtuelnih modela, najčešće deo proizvodnog sistema ili čak i konkretan objekat (mašina, deo linije, ...) sa povećanim sadržajem detalja. Ovakvim multirezolucijskim pristupom zadržava se mogućnost neometanog (zbog računarskih resursa) kretanja kroz virtuelni pogon, a ujedno se može pristupiti i detaljima svakog elementa opreme kada je potrebno.

Svi objekti jednog proizvodnog sistema mogu se klasifikovati u sledeće klase:

1. Struktuirani klasa modela proizvodnog prostora - kvazistatička struktura objekata i sličnih sadržaja (interaktivan, komunikativan i adaptivan),
2. Klasa parametrisovanih modela proizvodne opreme - dinamička struktura, pogodna za vizuelizaciju stanja baznih proizvodnih resursa (mašine i tome slično),
3. Klasa struktuiranih modela sistemskih instalacija - transportni sistemi, energetske razvode, informaciona infrastruktura.

Primer kompletnog virtuelnog grafičkog modela Traval FTIP prikazan je na slici 2. Na slici se navode kompletni proizvodni resursi fabrike, izuzev kompleksa silosa za čuvanje čađi. Pored objekata koji su modelirani na osnovu građevinske dokumentacije, prikazane su i neposredne komunikacije koje okružuju objekte. Detaljni sadržaji, odnosno stacionarna oprema i sistemske instalacije, modelirane su samo za pogon vulkanizacije. Uklanjanjem lejera krovne konstrukcije ova oprema postaje vidljiva (slika 2b).

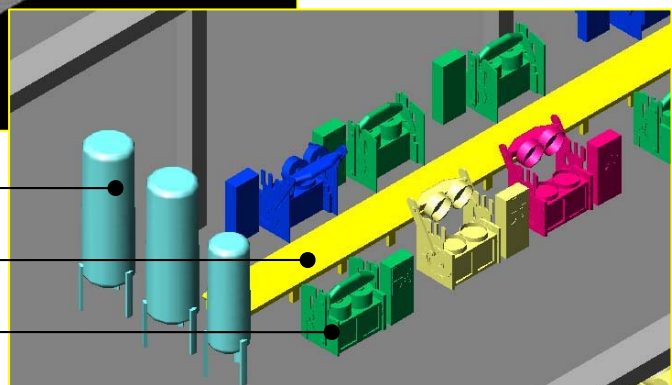
a) 3d virtuelni model FTIP sa eskternim komunikacijama



b) 3d virtuelni model pogona vulkanizacije



c) Detalj pogona za vulkanizaciju



Deo sistemskih instalacija

Transportni sistem

Presa za vulkanizaciju

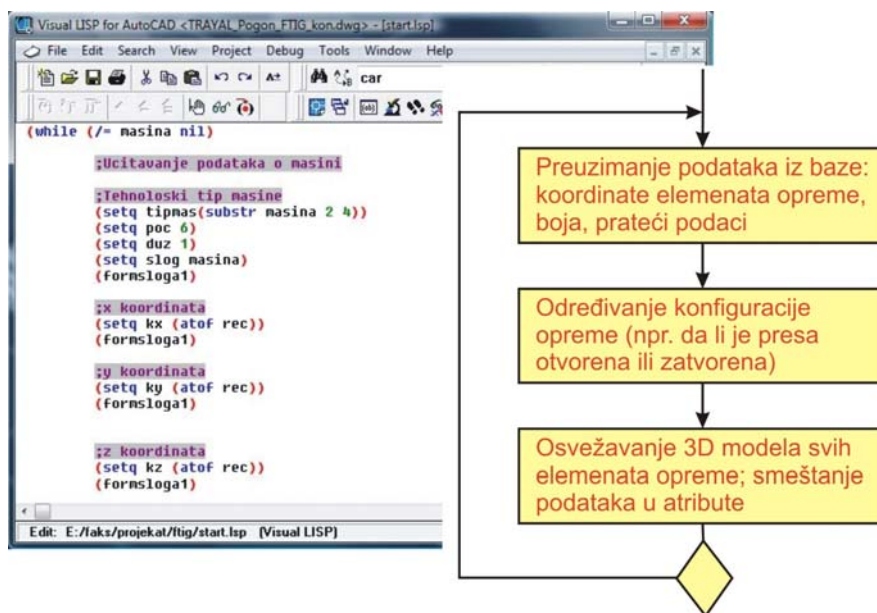
Slika 2. Digitalni 3d model proizvodnog pogona Trayal FTIP: a) Kompletni proizvodni resursi na lokaciji Trayal FTIP, b) 3d prikaz pogona fulkanizacije (krovna kosntrukcija hale uklonjena da bi se obezbedila vidljivost), c) Detalj jedne od linija vulkanizacionih presa sa prikazanim konvejerskim sistemom i delom pripadajuće sistemskih instalacija linije.

Svaki od objekata koji spada u klasu opreme čuva se u sistemskoj bazi podataka. Ova baza podataka sadrži i odgovarajuću tabelu u kojoj se u ASCII formatu nalaze podaci o poziciji određene mašine kao i o nizu drugih parametara koji se odnose na grafički model. Na osnovu upita operatora ili autonomno, za neki od predefinisanih režima prikaza, SCADA jezgro na osnovu ove tabele i na osnovu podataka koji se prikupljaju preko U/I modula, generiše $\rho 1$ tabelu koju čita VRM modul sa određenom vremenskim kvantom osvežavanja. Format sloga $\rho 1$ tabele koji je korišćen u ovom konkretnom slučaju ima sledeću strukturu:

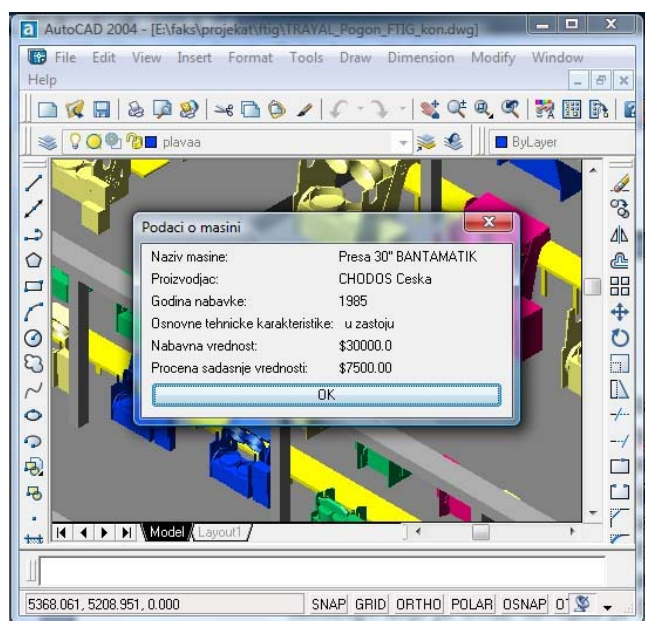
naziv_masine, x_koordinata, y_koordinata, z_koordinata, boja, podaci_relevantni_za_konkretan_upit

Svaki pojedinačni element opreme predstavlja nezavisan model koji se kao poseban blok čuva u biblioteci geometrijskih objekata, modul BGO, i on se uvodi u integralni geometrijski model pogona na poziciju definisanu njemu pripadajućem slogu $\rho 1$ tabele. Paralelno, kod prikaza koriste se grafički atributi koji se takođe nalaze u istom slogu $\rho 1$ tabele. Kodiranje stanja opreme izvršeno je primenom odgovarajuće kolor palete. Boja je vrlo pogodan nosilac informacija, tako da operator trenutno stiče uvid u stanje proizvodnog sistema u kontekstu postavljenog upita. Dovoljan je jedan pogled na grafički prikaz pogona da se sazna koji broj mašina je tog trenutka u funkciji, zastoju, ili čekanju. Ovaj interfejs je prikazan na slici 4.

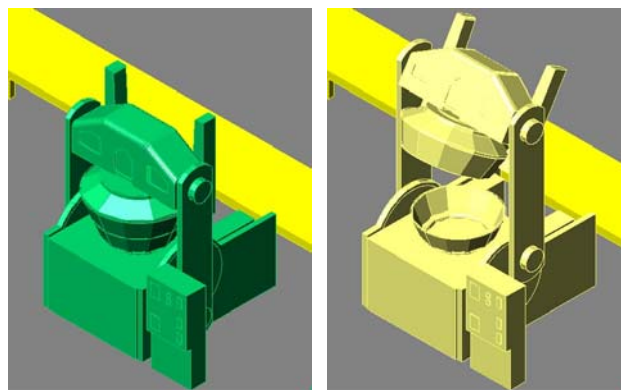
Ulaskom u detalj, operator može da 'pride' mašini, da na osnovu njenog tekućeg grafičkog prikaza vidi u kom procesnom stanju se nalazi i da korišćenjem sistemskog interfejsa za prikaz parametara grafičkog objekta dobije i vrlo širok spektar tehnoloških podataka. Dovoljno je da se klikom na konkretan grafički model u okviru AutoCAD okruženja direktno pristupi podacima koji su relevantni za postavljeni upit u alfanumeričkom obliku (slika 4).



Slika 3. Interfejs grafičkog modela proizvodnog sistema i SCADA baze podataka.



Slika 4. Dijalog boks za prikaz podataka relevantnih za postavljen upit u AutoCAD-u.



Slika 5. Grafički prikaz vulkanizacione prese u dva karakteristična procesna stanja.

Imajući u vidu da je tehnologija vulkanizacije jedna od ključnih tehnologija prerade elastomera, koja je u osnovi veliki potrošač energenata, poseban akcenat je stavljen na praćenje rada vulkanizacionih presa. Svaka presa je modelirana u dva karakteristična stanja: 1) stanje rada - alat za vulkanizaciju zatvoren i 2) u stanju pripreme, čekanja ili zastoja – alat za vulkanizaciju u otvorenom stanju. Očigledno je da je za ova dva stanja dovoljno imati dva grafička modela koji se čuvaju u biblioteci grafičkih objekata sistema (BGO). Primenom boja lejera omogućava se da se za svako od ovih stanja dojava dodatna procesna stanja. Tako na primer, presa u zatvorenom stanju prikazana u zelenoj boji znači da se u tom trenutku presa nalazi u automatskom ciklusu vulkanizacije. Alternativno, ukoliko bi se umesto zelene pojavila žuta boja, to bi značilo da je presa u zatvorenom stanju, da je u ciklusu i da u ciklusu postoje neki problemi. Primer je naveden na slici 5.

Uspostavljena sprega sa bazom podataka u kojoj se nalaze podaci prikupljeni u realnom vremenu, prema tekućem stanju proizvodne opreme, omogućuje dinamičko prikazivanje kompletnog proizvodnog pogona, uključujući i funkcije uklanjanja pojedinih sadržaja ili ulazak u detalje, do proizvoljno izabranog nivoa. Razvijeni digitalni interfejs omogućava korisniku da se 'šeta' kroz proizvodni pogon u virtuelnom prostoru računara i da po želji pristupa određenoj proizvodnoj opremi. Zahvaljujući usvojenom kolor kodu karakterističnih situacija – „semafor“ sistemu ostvarena je jednostavna i brza komunikacija sa korisnikom.

Daljim proširivanjem digitalnog modela i dodavanjem detaljnih prikaza svakog pojedinačnog dela opreme datom 3D interfejsu, moguće je formirati module za multirezolucijsko pristupanje svakom elementu opreme (npr. presi) ponaosob. Korišćenjem ovakvih modula moguće je pratiti stanje svakog pojedinačnog elementa opreme – npr. prese do željenog nivoa detalaj.

4. ZAKLJUČAK

Integracijom modula za prikupljanje digitalnih i analognih senzorskih podataka sa vulkanizacionih presa i razvijene aplikacije za 3-d grafičku vizuelizaciju pogona vulkanizacije primenom specijalnih AutoLISP rutina u AutoCAD grafičkom okruženju, praktično je formiran jedan namenski SCADA sistem.

Za razliku od standardnih komercijalno raspoloživih SCADA sistema ovaj system ima mogućnost trodimenzionalnog virtuelnog kretanja kroz pogon vulkanizacije i pristup detaljnim informacijama o stanju svake vulkanizacione prese posebno. Posebno bitna odlika ovog originalnog pristupa je suštinska dinamička priroda razvijenog grafičkog interfejsa koja daje mogućnost efikasnog i pravovremenog informisanja.

Koncept koji je ovde usvojen je baziran na integraciji standardnih 3d grafičkih modelera i d-base sistema za informaciono modeliranje proizvodnih procesa i poslovnih sistema. Ključni elemenat koji nedostaje da bi se ostvarila integracija ova dva suštinski različita sistema je bidirekcionni interfejs koji obezbeđuje interaktivnost sadržaja i mogućnost izgradnje različitih funkcionalnih servisa povezanih sa tipičnim zadacima upravljanja i planiranja rada proizvodnog sistema. Ovako integrisani sistem predstavlja inovativno rešenje koje nudi kvalitativno nove sadržaje, a može se posmatrati kao kompleksni MMI interfejs (*Man-Machine-Interface*) koji u interaktivni odnos virtuelnog grafičkog modela proizvodnog pogona i informacionog modela pogona, uključuje čoveka na jedan vrlo efektivan i human način.

Reference:

- [1] Tehnička dokumentacije trodimenzionalnog MMI interfejsa za praćenje stanja proizvodne opreme u okviru pogona za vulkanizaciju teretne i industrijske pneumatike TRAYAL FTIP, 2005.
- [2] Boyer, A.B., Stuart A. Boyer SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2004, ISBN: 978-1556178771.
- [3] Mesarovic, M.D., Takahara, Y, General Systems Theory - Mathematical Foundation,

Real-Time Interactive Monitoring and Control of Enterprise Production Resources Based on Dynamical 3d Virtual Model

Abstract

This paper presents a hybrid concept of interactive monitoring and control system based on integration of commercially available solid modeler and SCADA developing system. Virtual model of enterprise production resources are modeled within appropriate CAD system. This CAD system should be parametric one, which is necessary to provide dynamical behavior of the VR model. Accompanying d-base system stores the data acquired continuously from production plant interfacing SCADA system with various digital control units that locally control production equipment. Report generation functions of the SCADA kernel generate necessary lookup tables which contain parametric data of geometric objects which are continuously transferred to production plant VR model. Since these lookup tables are continuously updated in correlation with changes of production equipment recognized from collected data by SCADA system, VR model of the production plant is changed too. In that way real-time dynamical behavior of enterprise production resources VR model is generated. The proposed concept is evaluated within Factory of Industrial and Truck Tires in Trayal Corporation from Krusevac.

**HIBRIDNI SISTEMI: SUMARNI UPRAVLJAČKI ALGORITAM
PRAKTIČNOG PRAĆENJA SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI***Mihajlo J. Stojčić¹***Rezime:**

U ovom radu posmatramo stacionarni nelinearni hibridni sistem, koji je formiran od kontinualnog objekta i digitalnog računara kao kontrolera. Data je definicija praktičnog praćenja hibridnog sistema sa vektorskim vremenom dostiživosti. Takođe, dati su i dokazani kriteriji i sumarni upravljački algoritam koji, uprkos djelovanju poremećaja iz skupa dozvoljenih poremećaja, obezbjeđuje praktično praćenje sa vektorskim vremenom dostiživosti. Simulacija dobijenih rezultata izvršena je na manipulatoru sa dva rotaciona zgloba, čime je potvrđena ispravnost predložene teorije.

Ključne riječi: hibridni sistemi, praktično praćenje, sumarni algoritmi, kriteriji i upravljački algoritmi

1. UVOD

Kod većine objekata (brod, avion, robot, automobil, ...) , tipično je, da njegov izlaz prati – slijedi željeni izlaz (referentni ulaz) koji je vremenski promjenljiv. Tada je zadatak upravljanja da, iako na objekat djeluju predviđeni ili nepredviđeni poremećaji, obezbijedi zadovoljavajuću bliskost između stvarnog i željenog dinamičkog ponašanja objekta. Kraće rečeno, upravljanje treba da obezbijedi praćenje.

Generalno, razlikujemo dva koncepta praćenja: Ljapunovski i praktični koncept praćenja. Oba ova koncepta uvodi Grujić; Ljapunovski (u raferencama [5] do [10] rada [1]) i praktični koncept, prvo za kontinualne [1], a zatim i za diskretne sisteme [2]. Praktični koncept je kasnije razvijan radovima [3,4] istog autora, te radom [5] za kontinualne sisteme, radom [6] za digitalne i radovima [7,8] za hibridne sisteme.

Praćenje u smislu Ljapunova je ostvareno ako postoji Δ okolina početnog željenog izlaza y_{d0} , koja garantuje da će svaki stvarni izlaz objekta konvergirati željenom izlazu na neograničenom vremenu, čim je njegov početni izlaz y_0 iz te Δ okoline, ili matematički

$$\exists \Delta > 0 \therefore \|y_{d0} - y_0\| < \Delta \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} \|y_d(t) - y(t)\| = 0.$$

Za razliku od Ljapunovskog koncepta, praktični koncept praćenja uzima u obzir sva praktična i konstrukciona ograničenja realnog objekta, kao i to da se ponašanje objekta posmatra na unaprijed određenom vremenu, koje može biti ograničeno ili neograničeno. Ovaj koncept polazi od tri grupe skupova (propisanih ili određenih): 1. vremenski skupovi: skup praćenja $R_\tau = [0, \tau]$, $\tau \in \mathbb{R}^+$, smirenja R_s i dostiživosti R_r , $R_{(s)} \subset R_\tau$, $(s) = s, r$; 2. skupovi dozvoljenih grešaka izlaza: skupovi početnih E_l , trenutnih E_A i krajnjih E_F grešaka, pri čemu važi $E_F \subset E_l \subseteq E_A$ (ovim skupovima se definiše željeni kvalitet praćenja na odgovarajućim vremenskim skupovima), i 3. grupe skupova: skup željenih izlaza S_{yd} , skup dozvoljenih poremećaja S_z i skup ostvarivih upravljanja S_u (ovim skupovima uzimamo u obzir tehnička i konstrukciona ograničenja relnog objekta). Skupovi dozvoljenih grešaka izlaza su defineisani kao vremenski nepromjenljive i povezane okoline nulte greške izlaza, θ_e .

¹Univerzitet Banja Luka, Mašinski fakultet, Republika Srpska, B i H e-mail address : stojcicmihajlo@gmail.com

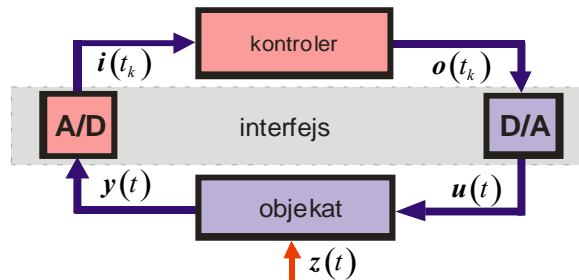
Uzimajući u obzir vremenske skupove i skupove željenih izlaza, skupove dozvoljenih grešaka izlaza preslikavamo u odgovarajuće, vremenski promjenljive skupove dozvoljenih izlaza: početnih Y_I , kad je $t = 0$, trenutnih $Y_A(t), t \in R_\tau$ i krajnjih $t \in R_{(\circ) \succ (\circ)} =_{s,r}$, pri čemu je preslikavanje definisano kao

$$Y_{(\circ)}(t; y_d(t), E_{(\circ)}) = \{y : y(t) = y_d(t) - e(t), e \in E_{(\circ) \succ (\circ)} =_{I,A,F}\}.$$

Sada, praktično praćenje (PP) je ostvareno ako postoji upravljanje, iz skupa ostvarivih upravljanja $u(t) \in S_u$, koje će stvarni izlaz objekta $y(t)$ prevesti iz skupa početnih izlaza Y_I u skup krajnjih izlaza $Y_F(t)$ u toku unaprijed poznatog vremena τ , ali tako da stvarni izlaz ni jednog trenutka ne smije napustiti skup trenutnih izlaza $Y_A(t)$. U isto vrijeme, poremećaji koji su iz skupa dozvoljenih poremećaja, djeluju na objekat.

Zavisno od kvaliteta praćenja razlikujemo tri vida PP i to: (i) *praćenje* – stvarni izlaz je u toku $t \in R_\tau$ unutar skupa $Y_A(t)$, (ii) *praćenje sa vremenom smirenja* – važi (i) i dodatno, tokom vremena $t \in R_s$ stvarni izlaz pripada skupu $Y_F(t)$ i (iii) *praćenje sa vremenom dostiživosti* – važi (i), i u toku vremena $t \in R_r$ stvarni i željeni izlaz su jednaki $y(t) = y_d(t)$. Takođe, postoji i eksponencijalni vid PP, detaljno opisan u [6,7].

Praćenje je dinamička osobina koja se odnosi na prostor izlaza. Za sintezu upravljanja koristi se greška izlaza, pri čemu je iskorišten fundamentalni upravljački princip - princip negativne povratne veze po izlazu. Kod PP hibridnih sistema postoji interakcija dvije različite dinamike; kontinualne i diskretne. Objekat je kontinualan, opisan diferencijalnim jednačinama a kontroler je diskretan (digitalan), opisan diferentnim jednačinama. Ako se kao kontroler koristi digitalni računar, onda on spojen sa kontinualnim objektom čini hibridni sistem upravljanja, slika 1.



Slika 1. Hibridni sistem upravljanja

I konačno, dajemo neke oznake koje koristimo u tekstu koji slijedi: $e(t_k) = y_d(t_k) - y(t_k) = e_k$ - vektor greške izlaza; $t \in R_\tau$ - kontinualno vrijeme, $k \in Z_n$ - diskretno vrijeme, $t_k = kT$, T - perioda odabiranja; $\mathfrak{R}, \mathfrak{Z}^+, \mathfrak{Z}$ - skup realnih, prirodnih i cijelih brojeva; $n_p =]0, \infty]$, $n_p \in \mathfrak{Z}^+$ - diskretno vrijeme praćenja; $\tau = n_p T$, $Z_{(\circ) \succ (\circ)} =_{n,r}$ - diskretni skupovi praćenja i praćenja sa vremenom dostiživosti, sledstveno, definisani kao: $Z_w = [0, n_p[$, $Z_r = [n_r, n_p \mathbf{1}[$; $n_r(e_0) = [n_{r1} \dots n_{rq}]^T$ -vektor vremena dostiživosti za svaku komponentu sistema; $sign(e_i) : \mathfrak{R} \rightarrow \{-1, 0, 1\}$ -funkcija predznaka; $s(e)$ -vektor čiji su elementi predznaci vektora greške e ; $M(k, n_r, e_0) = diag\{\mu_1 \dots \mu_q\}$ - diagonalna matrica čiji su elementi funkcije $\mu_i(k, n_{ri}, e_{i0}) : Z_n \times Z_r \times \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$; u_m, u_M -vektor minimuma i maksimuma ostvarivih upravljanja; $B \in \mathfrak{R}^{n \times m}$ -matrica koja opisuje djelovanje upravljanja na unutrašnju dinamiku sistema; $\mathbf{1}$ -vektor jedinica odgovarajuće dimenzije.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Posmatramo nelinearni stacionarni sistem čiji je matematički model, zajedno sa aktuatorima i senzorima, opisan vektorskim diferencijalnim jednačinama² kao:

$$\begin{aligned} f(x(t), \dot{x}(t), \dots, x^{(a)}(t), z(t)) &= Bb(u(t)) \\ y(t) &= g(x(t), z(t)) \end{aligned} \quad (1)$$

² Iako je pokazati [5,6], da ovaj sistem može biti izražen u uobičajnoj formi u prostoru stanja, preko jednačine stanja i jednačina izlaza kao

$$\dot{\xi}(t) = \psi(\xi(t), z(t)) + \beta(\xi(t), z(t))b(u(t)), \quad y(t) = \gamma(\xi(t), z(t))$$

gdje su $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$, $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^p$, $\mathbf{u} \in \mathbb{R}^m$ i $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^q$ vektori stanja, poremećaja, upravljanja i izlaza, sledstveno. Vektorske funkcije: $\mathbf{f}: \mathbb{R}^{n \times (\alpha+1)} \times \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^n$, $\mathbf{g}: \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^q$, $\mathbf{b}: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$ opisuju unutrašnju dinamiku, izlaze i upravljanja sledstveno ($n, m, r, q, \alpha \in \mathbb{Z}^+$). Za realne sisteme važi $n \geq m \geq q$.

Uzimajući u obzir definiciju savršenog-idealnog praćenja [2] i jednačine (1), računamo nominalno upravljanje \mathbf{w}_N , koje je potrebno da bi savršeno praćenje bilo ostvareno. Međutim, idealno praćenje ne postoji u realnom životu, tako da je potrebno izvršiti korekciju tako izračunatog nominalnog upravljanja. Nakon te korekcije, funkciju upravljanja $\mathbf{b}(\mathbf{u})$ postaje

$$\mathbf{b}(\mathbf{u}(t)) = F^T (FF^T)^{-1} \left[F(CB)^{-1} C \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \dot{\mathbf{x}}(t), \dots, \mathbf{x}^{(\alpha)}(t), \mathbf{z}(t)) + \mathbf{p}(\mathbf{e}(t)) \right]. \quad (2)$$

Iz ove jednačine računamo upravljanje $\mathbf{w}(t)$, za koje očekujemo da će svojim djelovanjem prisiliti objekat da ostvari PP, vidi [7]. U gornjoj jednačini $C \in \mathbb{R}^{m \times n}$ i $F \in \mathbb{R}^{q \times m}$ su realne matrice odgovarajućih dimenzija za koje važi $\det(CB) \neq 0$ i $\det(FF^T) \neq 0$. Pomenuta korekcija između nominalnog i stvarnog upravljanja je funkcija $\mathbf{p}(\circ): \mathbb{R}^q \rightarrow \mathbb{R}^q$, koja zavisi od greške izlaza, kao i od njenih integrala i/ili derivacija.

Interakcija između objekta i kontrolera (računara) je preko interfejsa, koji je sastavljen od A/D i D/A pretvarača, i događa se samo u diskretnim trenucima k , koji mogu biti asinhroni ili sinhroni. Pretpostavljamo da je ta interakcija sinhrona. Skupovi željenih izlaza, dopuštenih grešaka izlaza, vremenski skupovi, skup dozvoljenih poremećaja i željeni način ponašanja (algoritam) izlaza pohranjeni su u računar. U svakom diskretnom trenutku računar "čita" podatke sa objekta o njegovim trenutnim izlazima, stanjima i poremećajima. Na osnovu ovih i memorisanih podataka, kontroler generiše novo k -to upravljanje, kojim djeluje na objekat, slika 1.

Od oblika funkcije greške $\mathbf{p}(\circ)$ zavisi kvalitet PP, ili preciznije, ova funkcija određuje algoritam PP. U ovom radu posmatramo PP stacionarnog nelinearnog hibridnog sistema sa vektorskim vremenom dostiživosti, pri čemu se upravljanje generiše na osnovu trenutnih i prethodnih podataka, tj. koristimo sumarni (integralni) algoritam praćenja.

Površnom analizom jednačine (2) lako je uočiti da se upravljanje sastoji od dva dijela, prvi, koji zavisi od stanja objekta, izražen funkcijom $\mathbf{f}(\circ)$ i drugi, funkcija $\mathbf{p}(\circ)$, koja se realizuje u kontroleru i zavisi od algoritma praćenja. Kod hibridnih sistema funkcije $\mathbf{p}(\circ)$ je najčešće (kad je kontroler računar) diskretna, dok funkcija $\mathbf{f}(\circ)$ može biti kontinualna ili diskretna (kada se kontinualan model objekta aproksimira digitalnim modelom [7]). U ovom radu usvojeno je da je funkcija $\mathbf{f}(\circ)$ kontinualna, a funkcija $\mathbf{p}(\circ)$ diskretna.

Da bi objekat (1) ostvario PP, u svakom trenutku $k \in \mathbb{Z}_n$, moraju biti ispunjene sledeće pretpostavke: [P1] Sve komponente vektora izlaza $\mathbf{y}(t_k)$ i vektora poremećaja $\mathbf{z}(t_k)$ su mjerljive. [P2] Svaka komponenta vektora stanja $\mathbf{x}(t_k)$ je mjerljiva ili se može izračunati kao $\mathbf{x}(t_k) = \mathbf{g}^T(\mathbf{y}(t_k), \mathbf{z}(t_k))$. Sve komponente vektora $\mathbf{x}^{(i)}(t_k)$, $i = 1, \dots, \alpha$ su poznate. [P3] Vektorske funkcije: interne dinamike $\mathbf{f}(\circ)$, izlaza $\mathbf{g}(\circ)$ i upravljanja $\mathbf{b}(\circ)$ su poznate. Postoji jedinstvena inverzna funkcija funkcije $\mathbf{b}(\circ)$ u odnosu na $\mathbf{u}(t_k)$; $\mathbf{u}(t_k) \equiv \mathbf{b}^T[\mathbf{b}(\mathbf{u}(t_k))]$.

3. DEFINICIJA I UPRAVLJAČKI ALGORITAM

Definicija: Objekat (1) upravljan sa $\mathbf{u}(\circ) \in S_u$ ostvaruje PP sa vektorskim vremenom dostiživosti (VVD) $\mathbf{n}_r(\mathbf{e}_0)$ u odnosu na $\{n_p, Y_I, Y_A(\circ), S_{yd}, S_z\}$ ako i samo ako za svaki par $[\mathbf{y}_d(\circ), \mathbf{z}(\circ)] \in S_{yd} \times S_z$ postoji $\mathbf{u}(\circ) \in S_u$ takvo da $\mathbf{y}_0 \in Y_I$ povlači:

$$\begin{aligned} \mathbf{y}(k; \mathbf{y}_0; \mathbf{y}_d(\circ), \mathbf{u}(\circ), \mathbf{z}(\circ)) &\in Y_A(k), \quad \forall k \in \mathbb{Z}_n, \\ i \quad \mathbf{y}(k; \mathbf{y}_0; \mathbf{y}_d(\circ), \mathbf{u}(\circ), \mathbf{z}(\circ)) &= \mathbf{y}_d(k), \quad \forall k \in \mathbb{Z}_r. \end{aligned} \quad \square$$

Definicija PP sa VVD dao je Grujić [2], i ona je data preko prostora greške izlaza i sa skalarnim vremenom dostiživosti. Gornja definicija (vidi [7]), data je u prostora izlaza, jer to proističe iz same prirode praćenja. Termin „vektorsko vrijeme“ treba shvatiti kao vektor čije su komponente vremena dostiživosti svakog izlaza posebno.

U kriteriju i algoritmu koji slijede, koristimo vektorsku funkciju $\mathbf{v} : \mathbb{R}^q \rightarrow \mathbb{R}^q$ iz klase V , koje zovemo „agregaciona funkcija“ (vidi [7] i njegove reference). Ove funkcije mogu, ali ne moraju, biti Ljapunovljeve funkcije. Ovdje one nisu Ljapunovljeve funkcije, nego su iz klase Lurijevih funkcija i koje, dodatno ispunjavaju neke uslove [6,7].

Teorema 1. [Kriterij PP sa VVD] *Da bi objekat (1) upravljao sa $\mathbf{u}(\circ) \in S_u$ ostvarivao PP sa VVD $\mathbf{n}_r(\mathbf{e}_0) \in]0, n_p[$ u odnosu na $\{n_p, Y_I, Y_A(\circ), S_{yd}, S_z\}$ dovoljno je da upravljanje $\mathbf{u}(\circ)$ obezbeđuje:*

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{v} \left[\mathbf{e}(k; \mathbf{e}_0; \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{u}(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)) \right] &= -M(k; \mathbf{n}_r; \mathbf{e}_0) \mathbf{s}[\mathbf{v}(\mathbf{e}_k)], \\ \forall [k, \mathbf{e}_0, \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] &\in Z_n \times E_I \times S_{yd} \times S_z \end{aligned} \quad (3)$$

i da je za svako $i \in \{1, 2, \dots, q\}$ ispunjeno

$$\sum_{j=0}^{n_{ri}-1} \mu_i(j; n_{ri}; e_{i0}) \begin{cases} = |\mathbf{v}(e_{i0})|, & e_{i0} \neq 0; \\ \in \mathbb{R}, & e_{i0} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

□

Teorema 2. [Algoritam PP] *Neka pretpostavke (P1-P3) važe i neka je $S_u = \{\mathbf{u}(\cdot) : \mathbf{u}_m \leq \mathbf{u}(k) \leq \mathbf{u}_M\}$, sa funkcijom upravljanja:*

$$\begin{aligned} \mathbf{b}(\mathbf{u}_k) &= F^T (FF^T)^{-1} \{F(CB)^{-1} C \mathbf{f}(\mathbf{x}(t_k), \dots, \mathbf{x}^{(\alpha)}(t_k), \mathbf{z}(t_k)) + \Delta \mathbf{v}(\mathbf{e}_{k-1}) + \\ &M(k-1; \mathbf{n}_r; \mathbf{e}_0) \mathbf{s}[\mathbf{v}(\mathbf{e}_{k-1})]\}; \forall [k, \mathbf{e}_0, \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] \in Z_n \times E_I \times S_{yd} \times S_z. \end{aligned} \quad (5)$$

Objekat (1) upravljao sa $\mathbf{u}(\circ) \in S_u$ ostvaruje praktično praćenje sa VVD $\mathbf{n}_r(\mathbf{e}_0) \in]0, n_p[$ u odnosu na $\{n_p, Y_I, Y_A(\circ), S_{yd}, S_z\}$ ako za svaku komponentu $i \in \{1, 2, \dots, q\}$, funkcija $\mu_i(k; n_{ri}; e_{i0})$ zadovoljava (4). □

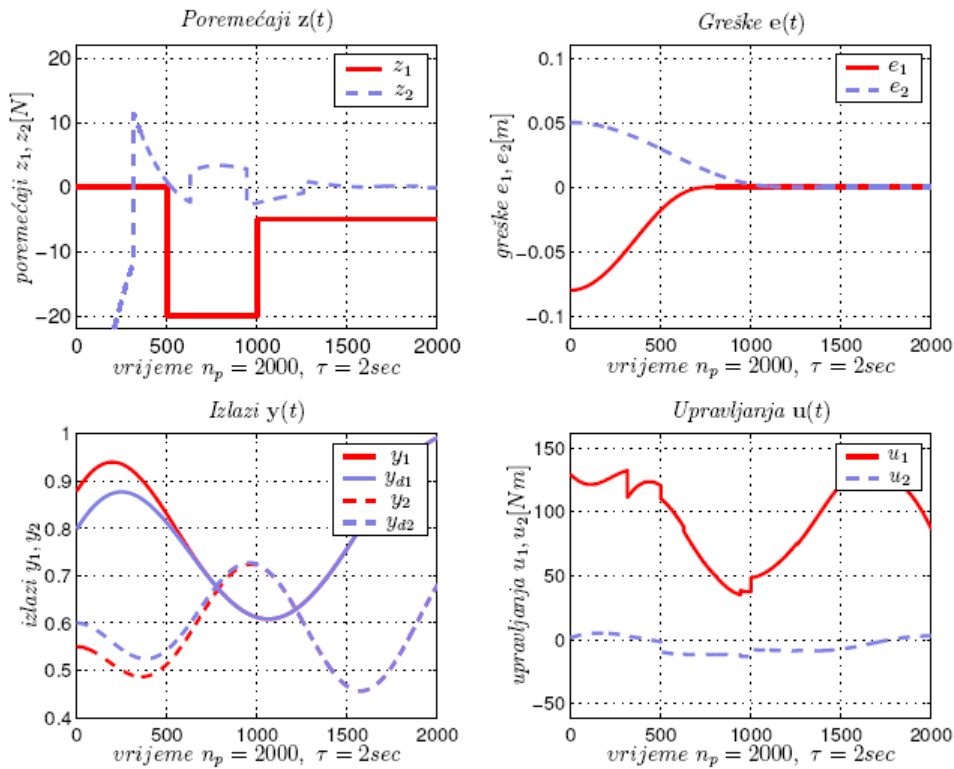
DOKAZ: Dokazi obe teoreme su zbog nedostatka prostora izostavljeni. Slični dokazi dati su u [7] i [8].

Jednačine (3) i (5) su jednačine stanja i izlaza hibridnog kontrolera, gdje su stanja kontrolera $\mathbf{q}_k = \mathbf{e}(t_k)$, $\mathbf{e}(t_k) = \mathbf{e}_k$ iz (3), dok je izlazi kontrolera je $\mathbf{o}_k = \mathbf{u}(t_k)$, $\mathbf{u}(t_k) = \mathbf{b}^T[\mathbf{b}(\mathbf{u}(t_k))]$ iz (5). Vektor upravljanja objektom $\mathbf{u}(t) = \mathbf{o}_k$, $\forall t, t \in [kT, (k+1)T[$, vidi sliku 1.

4. SIMULACIJA

Za simulaciju algoritma iz teoreme 2 koristimo manipulator sa dva rotaciona zgloba detaljno opisan u [6]. Na osnovu tehničkih osobina i željenih izlaza usvojene su sledeće vrijednosti:

- vrijeme praćenja $\tau = 2s$; perioda odabiranja $T = 10^{-3}s$; vektor vremena dostiživosti $\boldsymbol{\tau}_r = (\tau/2.5 \ \tau/1.6)^T$. Na osnovu ovih podataka nalazimo: $n_p = 2000$, $Z_n = [0, 2000[$, $Z_r = [\mathbf{n}_r, n_p \mathbf{1}]$, $\mathbf{n}_r = (800 \ 1250)^T$
- željeni kvalitet praćenja na usvojenim vremenskim skupovima je određen skupovima grešaka izlaza kao $E_I = E_A = \{(-0.10 \ -0.08)^T \leq \mathbf{e} \leq (0.10 \ 0.08)^T\}$, sa početnom greškom $\mathbf{e}_0 = (-0.08 \ 0.05)^T m$
- željeno dinamičko ponašanje izlaza dato je skupom $S_{yd} = \left\{ \mathbf{y}_d : \mathbf{y}_d(t) = \begin{cases} 0.8 + 0.20(1 - e^{-3t})\cos(3t) \\ 0.6 - 0.15(1 - e^{-2t})\sin(5t) \end{cases} \right\}$,
- skup dozvoljenih poremećaja $S_z = \{\mathbf{z} : (-20 \ -50)^T \leq \mathbf{z} \leq (0 \ 12)^T\} [N]$, sa komponentama koje se mijenjaju kao $z_1 = (0, t \leq 0.5) \vee (-20, 0.5 < t \leq 1) \vee (-5, t > 1)$, $z_2 = -50e^{-3t} \cos(3t) \operatorname{sgn}(\sin 10t)$. Skup ostvarivih upravljanja je definisan kao $S_u = \{\mathbf{u} : -160 \leq \mathbf{u} \leq 160\} [Nm]$



Slika 2. Rezultati simulacije algoritma iz teoreme 2.

- u ovom primjeru kao agregacione funkcije usvojeno je $v_i(\circ) = \sqrt[3]{|\circ|}$. Takođe, usvajamo funkciju promjene greške na skupu $Z_n \setminus Z_r$ kao $\phi_i(k) = k^2, k \in Z_n \setminus Z_r$. Vrijednost promjene u vremenu n_p je $\sigma_i(e_{i0}) = |v_i(e_{i0})|$. Iz ovih podataka dobijamo [6,7] funkciju $\mu_i(k) = \frac{|v_{i0}|}{n_{r_i}^2} (2k+1)$ i matricu $M(k) = \text{diag} \left\{ \frac{|v_{10}|}{n_{r_1}^2}, \frac{|v_{20}|}{n_{r_2}^2} \right\} (2k+1)$
- matrica $B = \text{diag}(1,1)$, matrica $F = J(q_k)A(q_k)^{-1}B$ gdje su: q_k -vektor unutrašnjih koordinata (uglovi) $A(q_k)$ -matrica inercije a $J(q_k)$ Jakobijan

Rezultati simulacije algoritma iz teoreme 2, sa gornjim podacima dati su na slici 2.

5. ZAKLJUČAK

U algoritmu (5) odabrana je takva funkcija $\mu_i(\circ)$, koja će u toku vremena $k \in Z_n \setminus Z_r$ početnu grešku e_0 umanjiti do nulte vrijednosti. Kada greška jednom postane nula, onda zbog $\Delta v[e_i(k)] = -\mu_i \text{sign}[e_i(k)] = 0$, slijedi $e_i(k+1) = e_i(k) = 0$, jer je $\text{sign}[e_i(k)] = \text{sign}(0) = 0$, tj. ona ne može da promjeni svoju vrijednost, tako da sve ostalo vrijeme ostaje nula. Dakle, u toku vremena $k \in Z_r$ greška ima vrijednost nula tako da je $y(t_k) = y_d(t_k)$, što je i vidljivo iz rezultata sa slike 2.

Rezultati simulacije pokazuju da upravljanje sintetizovano na bazi algoritma datog u teoremi 2. prisiljava objekat (1), koji je pod dejstvom poremećaja, da ostvari praktično praćenje sa VVD. Za sintezu upravljanja iskorištena je negativna povratna veza po izlazu, a kao kontroler koristi se digitalni računar. Pri tome, upravljanja pripadaju skupu ostvarivih upravljanja.

LITERATURA

1. Ljubomir T. Grujić, *Stabilnost naspram praćenja u automatskim sistemima upravljanja*, JUREMA 29, Zagreb, 1984, part I, pp 1-4

2. Ljubomir T. Grujić: *Fenomeni, koncepti i problemi automatskog praćenja: Diskretni nelinearni stacionarni sistemi sa promjenljivim ulazima*, Zbornik radova I Međunarodnog seminara “Automat i robot”, Beograd, 28-30. maj 1985. strana 402-421
3. Ljubomir T. Grujić: *Tracking Versus Stability: Theory*, (Tutorial Paper), Computing and Computers for control systems, P.Borne et al. (editors), J.C. Baltzer AG, Scientific Publishing Co., IMACS 1989, pp 165-173
4. Ljubomir T. Grujić: *Tracking Control Obeying Prespecified Performance Index*, Computing and Computers for control systems, P.Borne et al. (editors), J.C. Baltzer AG, Scientific Publishing Co., IMACS 1989, pp 229-233
5. Dragan V. Lazić: *Analiza i sinteza praktično pratećeg automatskog upravljanja*, Doktorska disertacija, Belgrade 1995
6. Mihajlo J. Stojčić: *Praktično praćenje digitalnih sistema automatskog upravljanja*, Doktorska disertacija, Banja Luka, Mart 2005
7. Mihaylo Y. Stoychitch (in Serb language: Мухајло Ј. Стојчић), *On Practical Tracking of Hybrid Systems*, Nonlinear Analysis: Hybrid Systems 1 (2007), pp 280-295
8. Mihaylo Y. Stoychitch (in Serb language: Мухајло Ј. Стојчић), *Summary Control Algorithms of Practical Tracking of Hybrid Systems*, IX International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, Niš, Serbia, November 22-23, 2007, page 170 - 175

Hybrid Systems: Summary control algorithm of practical tracking with the vector reachability time

Abstract

In this paper we consider nonlinear time-invariant hybrid system, that is formed from continuous- time object (plant) and digital computer as controller. The definition of practical tracking with vector reachability time of hybrid system is given. Also, the criterion and the control algorithm that ensure practical tracking with vector reachability time are given, even though at the same time disturbances, that belong to the set of the admitted disturbances, act to the object. The simulation results worked out in an manipulator with two free joints verify the theory.

Key words: hybrid systems, practical tracking, summary algorithm, criteria and control algorithms



Miroslav Pilipović¹

PROGRAMABILNA AUTOMATIZACIJA - NOVA GENERACIJA SISTEMA UPRAVLJANJA

Rezime

Programabilna automatizacija - osnova savremene proizvodnje, koristi programabilnu opremu (CNC mašine alatke, industrijske robote, i druge automatizovane sisteme) upravljanu CNC upravljačkim jedinicama, robot kontrolerima, programabilnim kontrolerima ili kompjuterima. U radu su prikazani trendovi razvoja sistema upravljanja sa posebnim akcentom na otvorene sisteme upravljanja, distribuirane sisteme upravljanja i novu generaciju kontrolera - kontrolere programabilne automatizacije.

1. UVOD

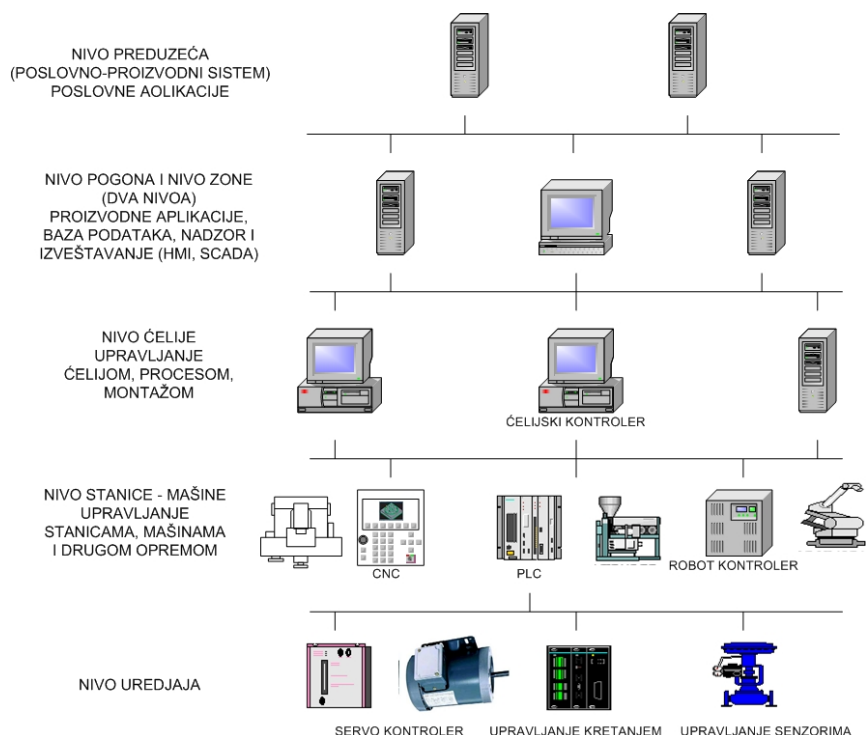
Koncepti savremene proizvodnje kao što su fleksibilna automatizacija, kompjuterski integrisana proizvodnja, holonički proizvodni sistemi, agilni proizvodni sistemi, inteligentni proizvodni sistemi i drugi, su stepenice u pravcu razvoja fabrika u 21. veku - fleksibilne, potpuno automatizovane i po nekim vidjenjima inteligentne fabrike bez ljudi. Svi navedeni koncepti za osnovu imaju programabilnu automatizaciju i savremenu proizvodnu programabilnu opremu kao što su CNC mašine alatke, industrijski roboti i drugi automatizovani sistemi upravljani programabilnim kontrolerima ili industrijskim računarima. Dalji razvoj navedenih sistema zahteva bitno poboljšanje i promene u sistemima upravljanja i kraj 20. veka i početak 21. veka karakterističan je za intezivna istraživanja i razvoj ovoj oblasti. Između ostalog ova istraživanja idu u pravcu upravljačkih sistema otvorene arhitekture, modularnih sistema za distribuirano upravljanje i nove generacije sistema upravljanja za programabilnu automatizaciju - kontrolera programabilne automatizacije. Nove generacije sistema upravljanja bitno menjaju fizionomiju i preformanse fabrika budućnosti i između ostalog postavljaju nove zahteve i standarde kako pred proizvođače, tako i pred korisnike savremenih sistema upravljanja.

2. SISTEMI UPRAVLJANJA U PROGRAMABILNOJ AUTOMATIZACIJI

Savremena programabilna oprema koristi specijalizovane – namenske sisteme upravljanja (CNC upravljačke jedinice, robot kontroleri, ćelijski kontroleri), industrijske sisteme upravljanja opšte namene za ostalu programabilnu opremu (programabilni kontroleri) i personalne računare za ostale funkcije u ukupnoj strukturi sistema upravljanja ili kao zamenu za neki od specijalizovanih sistema. Dalja modularizacija sistema dovela je i do posebnih sistema upravljanja na najnižem nivou posebnih funkcionalnih sistema i uređaja kao što su sistemi za upravljanje kretanjem, upravljanje servo i drugim pogonim, upravljanje senzorima i slično. Hijerarhijska struktura poslovno-proizvodnog sistema sa sistemima upravljanja na pojedinim nivoim za poslovno-proizvodni sistem definisan kao CIM referentnom modelu po ISO standardu (ISO TR10314-1 [1]) data je na slici 1.

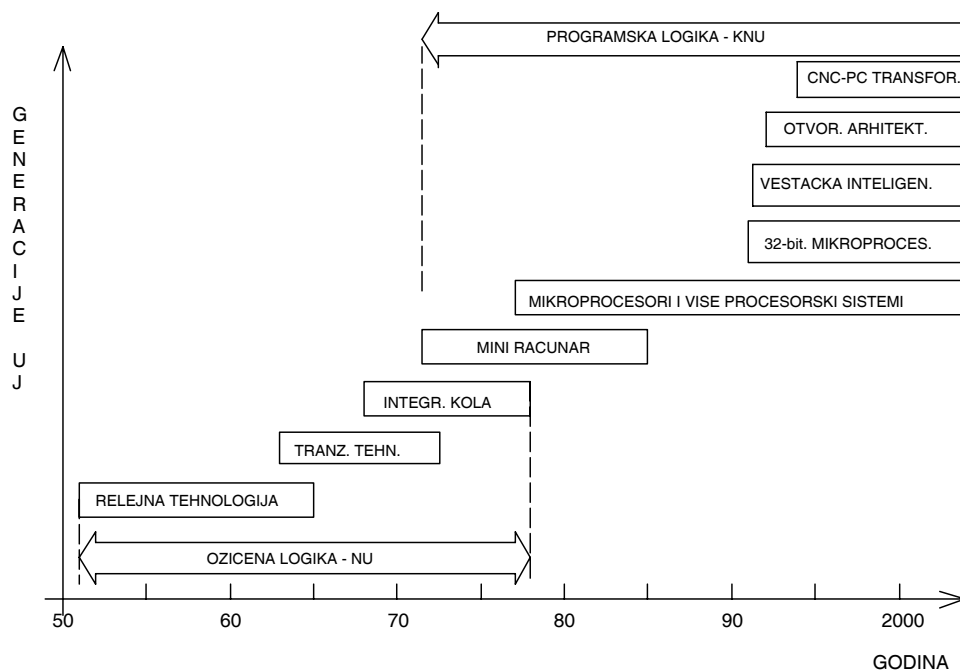
Specijalizovani sistemi upravljanja su kompleksni hardverski i softverski sistemi koji su u svom razvoju direktno pratili razvoj savremene elektronike a posebno kompjutera. Na bazi istraživanja sprovedenog u [2] daje se primer razvoja upravljačkih jedinica numerički upravljanih mašina alatki kod kojih razlikujemo dve glavne generacije: numeričko upravljanje (NC) bazirano na “ožičenoj logici” (hardver rešenje) i kompjutersko numeričko upravljanje (CNC) bazirano na “programskoj logici” (softver rešenje) (slika 2.). Presudnu ulogu na karakteristike savremenih CNC upravljačkih jedinica i performanse numerički upravljanih mašina alatki odigralo je uvođenje mikroprocesora i višeprocorskih sistema. Ovim upravljačka jedinica postaje industrijski kompjuter specijalne namene čime su otvorene mogućnosti

¹ Prof. dr Miroslav Pilipović,
Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, e-mail:mpilipovic@mas.bg.ac.yu



Slika 1. Hijerarhijska struktura poslovno-proizvodnog sistema sa sistemima upravljanja

uvodjenja svih dostignuća kompjuterske tehnologije na nivou sistema upravljanja. Sličan razvoj imali su i drugi specijalizovani sistemi upravljanja. Sa druge strane tehnologija personalnih kompjutera je napredovala i definisala standardnu hardversku i softversku platforma na tržištu, relativno jeftinu i pouzdanu. Ovo je postavilo zahteve za eliminisanjem specijalizovanih sistema upravljanja i otvorilo istraživanja u pravcu prelaska na platformu personalnih računara i jedinstven pristup svim sistemima upravljanja – upravljački sistemi otvorene arhitekture.



Slika 2. Razvoj upravljačkih jedinica numerički upravljanih mašina

3. SISTEMI UPRAVLJANJA OTVORENE ARHITEKTURE

Specijalizovani sistemi upravljanja su kompleksni hardverski i softverski sistemi i zadnjih deset godina dvadesetog veka postavljaju se zahtevi za njihovo eliminisanje sa istraživanjima u pravcu prelaska na platformu personalnih računara i jedinstven pristup svim sistemima upravljanja – upravljački sistemi otvorene arhitekture.

Inicijalna istraživanja nove generacije sistema upravljanja započeta su u SAD sredinom osamdesetih godina kroz projekat “Naredna generacije upravljanja - NGC”. Novi impuls istraživanjima u pravcu razvoja upravljačkih sistema otvorene arhitekture dala je 1994. godine automobilska industrija SAD izdavanjem dokumenta “ Zahtevi za otvorenom, modularnom arhitekturom upravljanja za primenu u automobilske industriji - OMAC²” [2]. Novi sistemi upravljanja, prema [2] moraju biti: ekonomični za životni vek proizvoda; sa maksimalnim vremenom rada opreme i minimalnim vremenom otkaza; otvoreni sa mogućnošću integracije hardverskih i softverskih komponenti praktično sa “police” u infrastrukturu koja podržava standardno okruženje; modularni da dopuštaju “uključiti i radi” princip za ograničen broj izabranih funkcija sistema upravljanja; prilagodljivi da omoguće laku rekonfiguraciju saglasno specifičnim korisničkim zahtevima.

Za istraživanja u Evropi sistema upravljanja otvorene arhitekture jedan od najznačajnijih projekata je: “Arhitektura otvorenih sistema za upravljanje automatizovanim sistemima - projekat OSACA³” [3] realizovan u tri faze u periodu od 1992. do 1998. godine. Jedan od glavnih ciljeva projekta OSACA je definisanje proizvodjački neutralne referentne arhitekture otvorenih sistema upravljanja koja će uključiti funkcionalne mogućnosti numeričkog upravljanja mašina alatki - CNC, upravljanja robotima - RC, upravljanja ćelijom - CC i upravljanja na bazi funkcija programabilnih logičkih kontrolera - PLC.

Istraživanja u Japanu u oblasti nove generacije upravljačkih sistema inicirao je Međunarodni centar za robotiku i fabričku automatizaciju - IROFA uspostavljajući u decembru 1994. godine Komitet za otvorenu strategiju u numeričkom upravljanju. Proizvodjači numerički upravljanih mašina alatki, CNC upravljačkih sistema, kompjutera i informacionih sistema formirali su radnu grupu OSEC⁴ za realizaciju otvorene arhitekture CNC upravljačkih sistema u fabričkoj automatizaciji.

Rezultat napred navedenih inicijativa i projekata su danas komercijalna rešenja otvorenih sistema upravljanja od vodećih proizvodjača. Primeri su Siemens sistem 840D, serija Fanuc upravljačkih jedinica 16i, 18i, 20i, 30i, 31i, 32i itd.

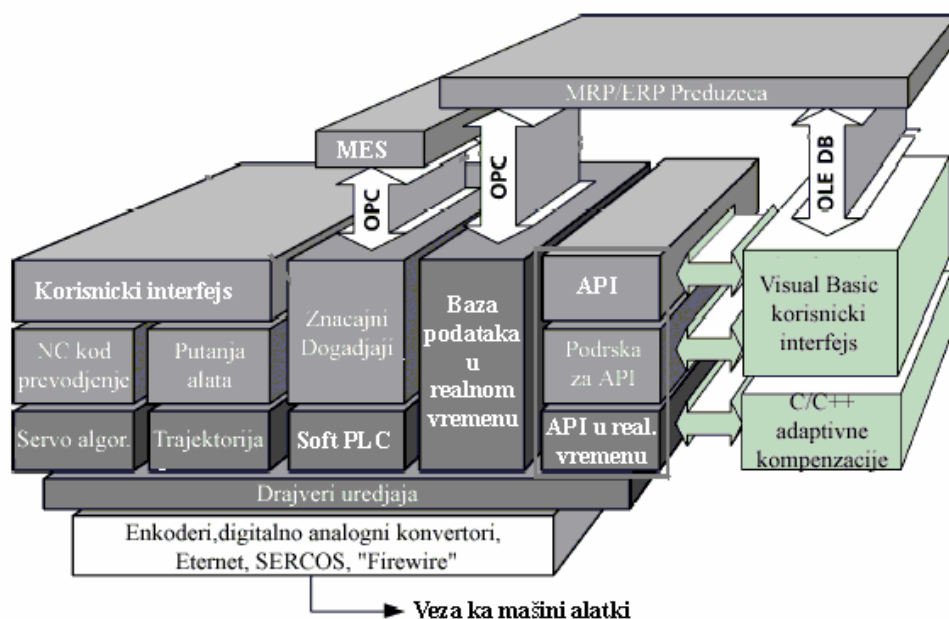
Posebno značajno rešenje otvorenih sistema upravljanja razvila je i danas plasira na tržištu komercijalna rešenja, firma MDSI (Manufacturing Data Systems, Inc.) iz SAD [4]. Rešenje bazira na standardnom hardveru IBM PC kompatibilnom sa jednim mikroprocesorom pod Microsoft Windows NT operativnim sistemom sa dodatkom RTX softvera kompanije VenturCom, Inc. za rad u realnom vremenu. Algoritam upravljanja omogućava da vremenski kritične CNC funkcije koriste samo deo procesorskog vremena što ostavlja prostor za ostale CNC funkcije i korisnički razvijane programe. Kompletno rešenje je softversko sa standardnim karticama za povezivanje sa eksternim aktuatorima i senzorima. Arhitektura je troslojna i izoluje zadatke visokog prioriteta (servo algoritmi, putanja alata, PLC funkcije) od vremenski manje kritičnih zadataka (pripremni proračuni za putanju alata, dekodiranje NC programa) i zadataka korisničkog interfejsa najnižeg prioriteta (slika 3.). Ključni podsistem je je WinMotion - softver koji integriše SoftMotion (softver za upravljanje kretanjem) i SoftPLC (sa mogućnošću programiranja u svim IEC 61131 programskim jezicima). Posebno značajno, za korisnike koji hoće da sami projektuju rešenje svoje upravljačke jedinice ili za retrofiting, MDSI nudi OPENCNC razvojni softver koji sadrži: softverski CNC, softverski PLC, OpenCNC interfejs za programiranje korisničkih aplikacija (API) i IsaGraf Workbench (softver za programiranje PLC-a) za 256 ulaza/izlaza.

U okviru istraživanja sprovedenih na Mašinskom fakultetu u Beogradu a za potrebe primene koncepta otvorenih sistema upravljanja u retrofitingu NC i CNC mašina alatki, postignuti su prvi rezultati koji se odnose na softverski CNC po konceptu MDSI. Definirano je projektno rešenje PLC upravljanja i prelazak na soft PLC (*IsaGraf work bench* ili drugu platformu) i razvijeni elementi korisničkog interfejsa po API konceptu MDSI [5]. Primer softverski realizovane komadne table za CNC strug na bazi MDSI demo softvera dat je na slici 3. i primer sopstvenih korisničkih funkcija razvijenih za potrebe praćenja postojanosti alata integrisan u MDSI softver dat je na slici 4 (razvijeno u okviru magistarske teze [6]).

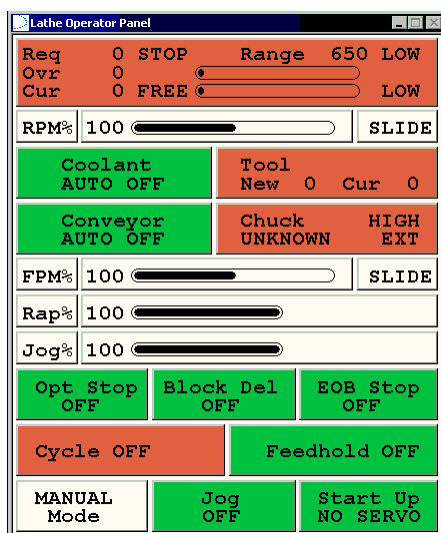
² OMAC - Open Modular Architecture Controllers

³ OSACA - Open System Architecture for Control within Automation Systems

⁴ OSEC - Open System Environment for Controller Architecture



Slika 3. Arhitektura softvera OpenCNC (MDSI)



Slika 4. Softverska komandna tabla CNC struga (MDSI)

	Alat	Postojanost (min)	Poslednja zamena
1	0101	90	3/12/2000 15:02:03
2	0102	148	3/12/2000 15:02:03
3	0103	60	05/21/2003 21:24:14
4	0104	70	3/12/2003 15:02:03
5	0105	120	3/12/2003 15:02:03
6	0106	100	3/12/2003 15:02:03
7	0107	30	05/22/2003 18:03:59
8	0108	115	3/12/2003 15:02:03
9	0109	112	3/12/2003 15:02:03

Upozoriti preko: 90 % postojanosti

Alat 0102

DO SADA U RADNOM REŽIMU:
2 h 40 min 40 sec

ISKORIŠĆENJE:
109%

DO ZAMENE ALATA:
- 27 min 28 sec

ZAMENITI ALAT

Slika 5. Integrirane funkcije praćenja postojanosti alata

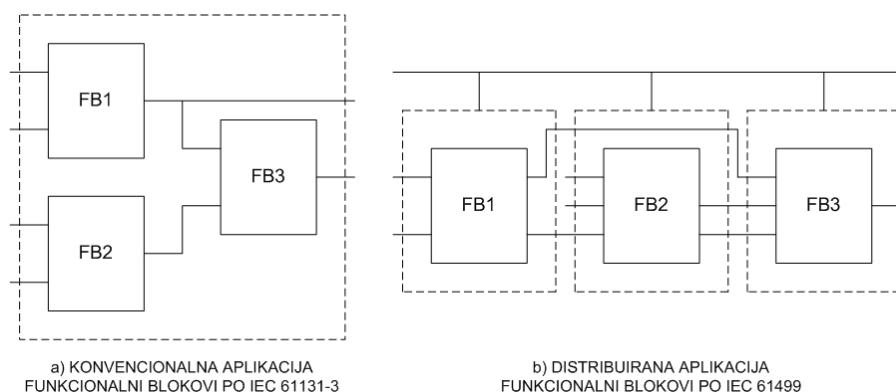
4. SISTEMI DISTRIBUIRANOG UPRAVLJANJA

Kao što je već dato u uvodu, koncepti savremene proizvodnje a posebno holonički proizvodni sistemi, agilni proizvodni sistemi i inteligentni proizvodni sistemi, vode u pravcu razvoja fabrika u 21. veku - fleksibilnih, potpuno automatizovanih i inteligentnih fabrika bez ljudi. Mada su savremene tehnologije programabilne automatizacije (CNC mašine, roboti, programabilni logički kontroleri) vrlo sofisticirane, dalja integracija ovih složenih sistema i odgovori na zahtevi tržišta ne bi bila moguća bez adekvatnih promena u sistemima upravljanja [8]. Između ostalog, jedna od promena koja se zahteva je prelaz sa kovencionalne arhitekture sistema upravljanja (centralizovane i hijerarhijske karakteristične za 1980-te i 1990-te godine) na distribuiranu arhitekturu, ne-hijerarhijsku sa široko distribuiranim uređajima, autonomnim i ko-operativnim (u potpunosti odgovara konceptu „Holoničkih proizvodnih sistema“ – *Holonic Manufacturing Systems – HMS*).

Istraživanja sistema upravljanja za distribuiranu arhitekturu vrši se na različitim mestima i u više projekata a između ostalog jedna od važnih aktivnosti sprovedena je od strane Međunarodne

elektrotehničke komisije (*International Electrotechnical Commission – IEC*). 1990. godine IEC Tehnički komitet 65, primio je novi radni predlog da standardizuje izvesne aspekte primene softverskih modula nazvanih „Funkcijski blokovi“ za distribuirano upravljanja i merenje industrijskih procesa. Zahtev je vezan sa razvojem standarda IEC 61158 „*Fieldbus*“ ali kako su i isto vreme „Funkcijski blokovi“ bili jedan od osnovnih delova standarda IEC 61131-3 Programabilni kontroleri – programski jezici, otvoren je novi projekat 61499 i nova radna grupa 6 u okviru tehničkog komiteta 65. Rezultat je novi standard IEC 61499 koji se sastoji iz četiri dela i koji je usvojen u periodu 2004-2005. godine [16]. Standard je namenjen razvoju modularnog softvera za distribuirane sisteme upravljanja i merenja industrijskih procesa (*Distributed Industrial Process Measurement and Control Systems – DIPMCS*).

Glavni doprinos standarda je da je evoluirao konvencionalni koncept primene i programiranja programabilnih logičkih kontrolera u primenu i programiranje distribuiranih sistema upravljanja a koristeći koncept „Funkcijskih blokova“ već uveden u jezike za programiranje programabilnih kontrolera kroz standard IEC 61131-3. Ne ulazeći u sve detalje standarda, na slici 6.a. dat je klasičan koncept primene funkcijskih blokova a na slici 6.b. koncept funkcijskih blokova za distribuirane sisteme upravljanja. Klasičan koncept podrazumeva kompaktan program primenjen na jednom programabilnom kontroleru sa eventualno udaljenim ulazno/izlaznim uređajima (koncept tržišta automatizacije za 1970-te i 1980-te godine). Kontinualni trend razvoja malih jeftinih programabilnih kontrolera i inteligentnih uređaja sa lokalnim ulazom/izlazom omogućava da u konceptu distribuiranih sistema imamo distribuirane funkcionalne jedinice duž mreže komunikacionih procesora.



Slika 6. Funkcionalni blokovi za konvencionalnu i distribuiranu aplikaciju

Ne ulazeći u sve detalje standarda i novog koncepta distribuiranog upravljanja, novi pristup funkcionalnim blokovima zahteva i novo razvojno softversko okruženje za programiranje. Jedan od široko korišćenih istraživačkih alata za razvoj aplikacija za distribuirane sisteme upravljanja je *Function Block Development Kit FBDK* [8], originalno razvijen od strane *Rockwell Automation* a sada pod menadžmentom *Holobloc Inc* [9]. Softver je razvijen sa osnovom na Java programskom paketu i slobodno se distribuira za potrebe istraživanja i edukacije. Drugi primer softverskog okruženja za razvoj aplikacija za distribuirane sisteme upravljanja je softver *ISaGRAF*, poznati proizvod nezavisnog proizvođača softvera za programiranje programabilnih kontrolera [10]. *ISaGRAF* softver je jedan od prvih softver proizvoda na tržištu koji je prihvatio standard IEC 61131-3 i omogućio jedinstvenu softversku platformu za programiranje programabilnih kontroler u svim IEC 61131-3 programskim jezicima (Liste instrukcija, Funkcijski blokovi, Lestvičasti dijagrami, Strukturisani tekst i Sekvencijalni funkcionalni dijagrami) imao je široku primenu u industriji. Od verzije 5.0 *ISaGRAF* softver podržava razvoj programa po standard IEC 61131-3 i po IEC 61499 standardu. Ovim je omogućen razvoj programa po tradicionalnim sistemima programiranja a zatim dizajniranje distribuirane aplikacije po IEC 61499 Funkcijskim blok dijagramima sa automatskom sinhronizacijom komunikacije i interakcije između pojedinih uređaja

5. KONTROLERI PROGRAMABILNE AUTOMATIZACIJE

Termin "Kontroleri programabilne automatizacije" (*Programmable Automation Controllers - PAC*) uveden je 2001. godine od strane *ARC Advisory Group* (*Craig Resnick*, direktor istraživanja) za novu klasu sistema upravljanja u razvoju namenjenju upravljanju programabilnom opremom u automatizaciji. Skraćenica "*PAC*" iskorišćena je da opiše novu generaciju industrijskih sistema upravljanja koji kombinuju funkcionalne

mogućnosti programabilnih logičkih kontrolera (*Programmable Logic Controller - PLC*) i personalnih računara (*Personal Computer - PC*).

Uvođenje termina "*PAC*" otvorilo je ponovo rasprave, prisutne u stručnoj literaturi u zadnjih 20. godina dvadesetog veka, o prednostima i nedostacima primene programabilnih logičkih kontrolera (*PLC*) u odnosu na personalne računare (*PC*) u oblasti upravljanja i automatizaciji u industriji. Programabilni logički kontroleri pojavili su se na tržištu krajem 1960-ih godina i vrlo brzo - u toku 1970-ih godina zamenili konvencionalne sisteme upravljanja bazirane na relejno-prekidačkim mrežama. Razvoj kompjuterskih tehnologija i personalnih računara otvorio je mogućnost i njihove primene u zadacima upravljanja od 1980-ih godina. Iskustvo u dve zadnje dekade dvadesetog veka prema [11] pokazuje da je 80% primene programabilnih logičkih kontrolera realizovano primenom malih kontrolera (< od 128 ulazno/izlaznih kanala) a 20% primene je zahtevalo performanse kontrolera iznad njegovih tadašnjih mogućnosti (upravljanje servo sistemima sa povratnom spregom visokih performansi, savremene algoritme upravljanja, više mogućnosti za obradu analognih ulaza/izlaza i bolju integraciju u više nivoe upravljanja poslovno-proizvodnog sistema). Personalni računari otvorili su mogućnost uvođenja dopunskih funkcija iz drugih aplikacija, široku mogućnost primene kompjuterske grafike u korisničkom okruženju i visoke komunikacione mogućnosti kao što je Ethernet uz malu cenu hardvera. Uprkos navedenim prednostima personalni računari nisu potisnuli primenu programabilnih logičkih kontrolera uz glavne nedostatke: stabilnost - operativni sistemi personalnih računara nisu dovoljno stabilni za zadatke upravljanja, pouzdanost - personalni računari nisu dovoljno pouzdani u pogonskim uslovima i programsko okruženje - nedovoljno blisko za pogonske tehničare i inženjere koji se bave osnovnim zadacima upravljanja.

U cilju da se pomire navedeni nedostaci istraživanja krajem dvadesetog veka su išla u dva pravca: proizvesti programabilni kontroler sa funkcijama personalnog računara i proizvesti personalni računar sa performansama programabilnih kontrolera. Rezultat je novi proizvod na tržištu i kako je definisano od tvorca termina "*PAC*" kontroler programabilne automatizacije ima sledeće karakteristike [11,12]:

- sposoban je za primenu u više-funkcionalnim oblastima uključujući: logičko upravljanje, upravljanje kretanjem, upravljanje servo pogonima, upravljanje senzorima itd, na istoj hardver i softver platformi;
- karakteriše ga jedna platforma sa multi-disciplinskim razvojnim okruženjem uključujući i baze podataka;
- može se programirati sa softverskim alatima koji obezbeđuju projektovanja tokova procesa kroz više mašina ili procesnih jedinica;
- radi na otvorenoj, modularnoj arhitekturi sa aplikacijama koje se odnose na ukupne pogone u fabrici i pojedinačne operacije;
- koristi standard za komunikacione mreže, programske jezike i slično i omogućava izmenu podataka kao sastavni deo komunikacione mreže više-korisničkih sistema;
- obezbeđuje efikasnu obradu i pretraživanje (skaniranje) ulaza/izlaza.

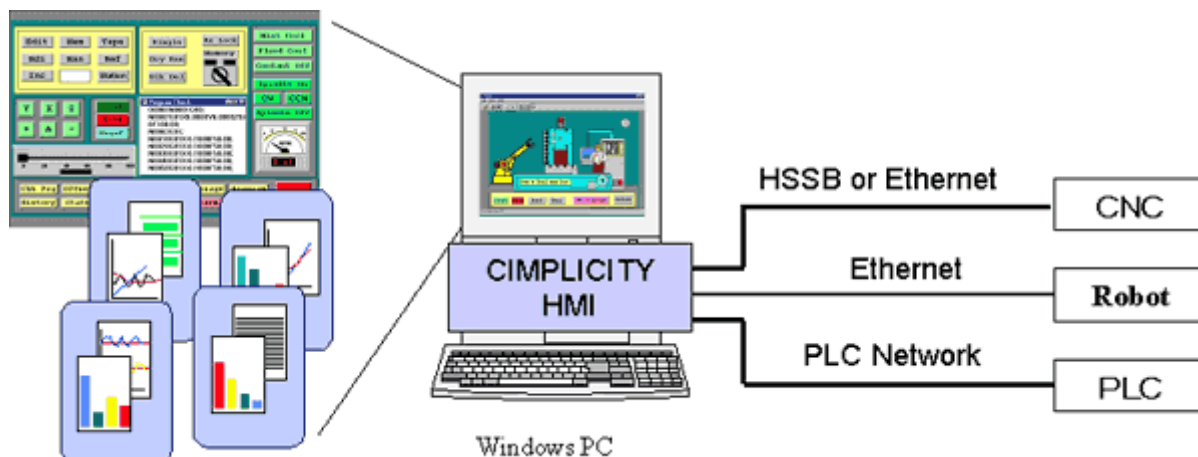
Na bazi navedenih karakteristika oblasti primene kontrolera programabilne automatizacije odgovaraju funkcionalnim i softverskim mogućnostima personalnih računara uz robustnost i pouzdanost na nivou programabilnih kontrolera.

Paralelno sa novim terminom "*PAC*", pojavili su se i nezavisni proizvođači kontrolera programabilne automatizacije. Jedan od prvih proizvođača je OPTO22 sa serijom kontrolera programabilne automatizacije *SNAP PAC* [13]. Takodje, proizvođači personalnih računara koriste termin „*PAC*“ da definišu njihove nove platforme za primenu u upravljanju u industrijskim uslovima. U isto vreme proizvođači programabilnih kontrolera koriste termin „*PAC*“ da plasiraju njihove najnovije proizvode sa bitno unapređenom funkcionalnošću.

Primer „*PAC*“ sistema plasiranog na tržište od strane vodećih proizvođača programabilnih kontrolera je *GE Fanuc PACSystems RX7i* [14]. Deklarativne karakteristike *PACSystems RX7i* su daleko veća brzina obrade od prethodnih proizvoda, veći korisnički kapacitet memorije, Ethernet komunikacija kao standard i programsko okruženje za *PACSystems – CIMPLICITY* [15].

Softverski sistem *CIMPLICITY* raspolaže integrisanim programskim okruženjem za razvoj programa za programabilne kontrolere (prema standardu IEC 61131), za interfejs čovek mašina (*HMI – Human Machine Interface*) i za upravljanje kretanjem. *CIMPLICITY* je u isto vreme *HMI/SCADA* softverski paket za nadzor i upravljanje proizvodnim procesima u realnom vremenu i sastoji iz više komponenti kao što su: *CIMPLICITY HMI* – softverski alat za prikupljanje podataka sa *CNC* mašina, robota i *PLC*-a, za lako kreiranje *CIM* aplikacija i operacije sa bazama podataka za nadzor pogona i fabričkih operacija; *CIMPLICITY Architecture* – razvojni alat za interaktivno konfigurisanje ekrana za brzi razvoj aplikacija uz

korišćenje svih *Windows* tehnologija za višekorisnički otvoreni sistem, *CIMPLICITY* i *CELL* – softverski paket za centralni menadžment NC mašina alatki, *CIMPLICITY Robot* – softverski paket za nadzor i upravljanje robotima i menadžment njihovim podacima, itd. Na slici 7. dat je primer koncepta *CIMPLICITY HMI* - interfejsa čovek mašina.



Slika 7. *CIMPLICITY HMI* - interfejs čovek mašina [15]

6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani izabrani primeri razvoja novih generacija sistema upravljanja za potrebe programabilne automatizacije – danas osnovne tehnologije razvoja fabrika budućnosti za 21. vek. Sve tri oblasti novih generacija sistema upravljanja – otvoreni sistemi upravljanja, kontroleri programabilne automatizacije i arhitektura i softver struktura za distribuirane sisteme upravljanja podjednako su aktuelni i značajni za dalji razvoj savremene automatizacije. Nove generacije sistema upravljanja stavljaju korisnika u aktivni položaj kod definisanja strukture, funkcija, programiranja korisničkog interfejsa, dizajniranja i programiranja distribuirane aplikacije i u sve većoj meri direktno od njega će zavisiti efikasnost korišćenja ovih savremenih tehnologija a samim tim i konkurentni položaj na međunarodnom i domaćem tržištu. Sve ovo nameće potrebu organizovanja domaćih naučno-istraživačkih organizacija, korisnika i proizvođača na zajedničkom istraživanju kao i povezivanje sa inostranim projektima u ovoj oblasti.

7. LITERATURA

- [1] ISO, *ISO/TR10314-1 – Industrial Automation: Shop Floor Production: Part1: Reference Model for Standardization and Methodology for Identification of Requirements*, ISO, Geneve 1990.
- [2] Pilipović, M., *Upravljački sistemi otvorene arhitekture - izazov za automatizaciju fabrika budućnosti*, 24. Jupiter konferencija, Zbornik radova, Mašinski fakultet Beograd - Jupiter asocijacija, Zlatibor 1998.
- [3] General Motors Corporation, Ford Motor Company, Chrysler Corporation: *Requirements of Open, Modular Architecture Controllers for Applications in the Automotive Industry, Version 1.1*, , From PLCopen Web Server, 1996.
- [4] OSACA - *Open System Architecture for Controls within Automation Systems*, ESPRIT III Projects EP 6379 & EP 9115, Final Report, FISW GmbH, Stuttgart, 1995.
- [5] MDSI, *Open CNC Software, V 6.1*, Manufacturing Data Systems, Inc., Ann Arbor, 2001.
- [6] Pilipović, M., Drobnjak, P., *Revitalizacija pogona industrije prerade metala i sistemi upravljanja otvorene arhitekture*, I savetovanje "Menadžment proizvodnje i usluga", Fakultet organizacionih nauka Beograd, 2003.
- [7] Drobnjak, P., *Prilog razvoju sistema upravljanja otvorene arhitekture za pogone industrije prerade metala*, Magistarska teza, Mašinski fakultet Beograd, 2003.
- [8] Chouinard, J., Brennan, R., *Software for Next Generation Automation and Control*, 4th International Conference on Industrial Automatic - INDIN, 2006.
- [9] Christensen, J., *IEC 61499 Standard Concepts and R&D Resources*, Presentation, Rockwell Automation Advanced Technology, www.holobloc.com 2008.
- [10] ICS Triplex, *ISaGRAF 5.12, Demo Software*, ICS Triplex Isagraf Inc. 2008.

- [11] Bell, I., *The future of Control*, IEE Manufacturing Engineer, August/September 2005.
- [12] Eslep, W., Resnick, C, *The Facts About PACs*, Presentation, www.gefanuc.com/PAC, 2008.
- [13] OPTO 22, *Understanding Programmable Automation Controllers (PACs) in Industrial Automation*, White paper, www.opto22.com, 2006-2007.
- [14] GE Fanuc, *PACSystems RX7i*, GE Fanuc, www.fanuc.co.jp/en/product/new_product/2003/0303/pacsystemsrx7i.html.
- [15] Fanuc, *CIMPLICITY*, Fanuc, www.fanuc.co.jp/en/product/cimplicity/cimplicity2.html.
- [16] IEC: *IEC 61499-1: Function Blocks - Part 1: Architecture; Part 2: Software Tools Requirements; Part 3: Tutorial Information, Part 4: Rules for Compliance Profiles*, IEC, Geneva 2004-2005.

Miroslav Pilipović

PROGRAMMABLE AUTOMATION - NEW GENERATION OF CONTROL SYSTEM

R e s u m e

The programmable automation - the basis of the advance manufacture, use the programmable manufacturing equipment (CNC machine tools, industrial robots, and other automated systems) controlled by the CNC control units, robot controllers, programmable controllers and computers. The paper describes trends in development of control systems with special emphasis on the open control systems, distributed control systems and new generation of controllers - programmable automation controllers - PAC.

Lukić, D.; Todić, V.; Milošević, M.*

NEKE KARAKTERISTIKE RAZVOJA I PRIMENE CAPP SISTEMA

Rezime: Osnovni pravac razvoja automatizacije u proizvodnim sistemima usmeren je na automatizaciju projektovanja proizvoda, projektovanja tehnoloških procesa i samog procesa proizvodnje. Automatizacija projektovanja tehnoloških procesa rešava se razvojem i primenom CAPP (Computer Aided Process Planning) sistema. Razvoj savremenih CAPP sistema baziran je na primeni novih metoda i tehnika, a neke od njih se ukratko prikazuju u ovom radu.

Ključne reči: Projektovanje tehnoloških procesa, CAPP sistemi, STEP

1.0 Uvod

Rad tehnološke pripreme proizvodnje se u najvećoj meri ogleda u definisanju kvalitetnih rešenja tehnoloških procesa izrade proizvoda. Znatno pre uvođenja sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa (CAPP), uočeno je da je projektovanje tehnoloških procesa jedna od najvažnijih aktivnosti u smanjenju vremena i troškova izrade i drugih tehnoeekonomskih efekata proizvodnje. Zbog relativno niskog stepena razvijenosti CAPP sistema, projektovanje tehnoloških procesa veoma često predstavlja usko grlo u integrisanom proizvodnom okruženju. Problemi koji su vezani za klasičan način rada tehnološke pripreme doveli su do potrebe za uvođenjem i primenom računara kako u polju projektovanja tehnoloških procesa, tako i u drugim aktivnostima tehnološke pripreme.

U novije vreme prisutan je značajan napredak u razvoju i unapređenju delatnosti tehnološke pripreme proizvodnje, a posebno projektovanja tehnoloških procesa. Prevažodno se misli na: razvoj i primenu CAPP sistema; integraciju CAD, CAPP, CAM sistema i drugih programskih sistema i aplikacija; razvoj i primenu tehnološke baze podataka; primenu metoda veštačke inteligencije; primenu metoda grupne i tipske tehnologije; razvoj i primenu STEP standarda; reinženjering tehnoloških procesa; simulaciju i vizuelizaciju tehnoloških procesa; tehnoeekonomsku optimizaciju tehnoloških procesa; konkurentno ili simultano inženjerstvo; kolaborativno inženjerstvo i primenu internet tehnologija; i dr.

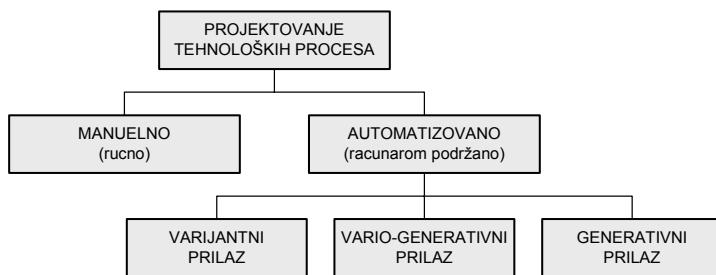
U ovom radu detaljnije će se analizirati samo neki aspekti u razvoju i primeni CAPP sistema.

2.0 Osnove CAPP sistema

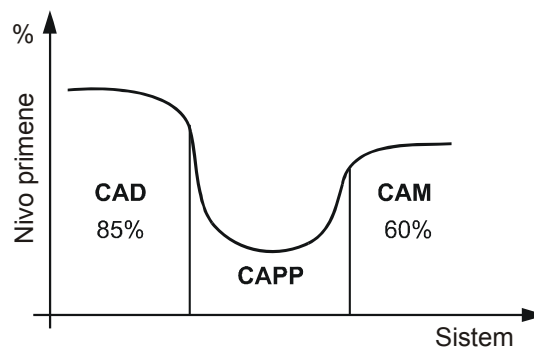
Opšta podela metoda za projektovanje tehnoloških procesa prema brojnim autorima, može se izvršiti, na (slika 1): klasično ili manuelno i automatizovano ili računarom podržano projektovanje tehnoloških procesa. Prema mnogim autorima CAPP sistemi se dele na dve osnovne vrste, varijantne i generativne, a veoma često se pominje i treća vrsta, vario-generativni CAPP sisteme. U poslednje vreme javlja se i nova vrsta pod nazivom novi generativni CAPP sistemi.

Sistemi projektovanja tehnoloških procesa, a samim tim i CAPP sistemi, mogu da se shvate kao "most" između projektovanja proizvoda i procesa njegove proizvodnje. Automatizacija projektovanja proizvoda uspešno se rešava primenom razvijenih CAD/CAE sistema. Primenom savremenih CAM sistema i uvođenjem NC obradnih sistema različite namene u proizvodnju znatno se povećava njena proizvodnost i fleksibilnost. Problem nastaje u fazi projektovanja tehnoloških procesa, koji, sa jedne strane treba da zadovolje zahteve projektanata proizvoda, a sa druge strane, da uvažava tehnološke mogućnosti proizvodnje. Na slici 2, predstavljen je trenutni nivo primene CAD, CAPP i CAM sistema.

* Prof. dr Velimir Todić, Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 N.Sad, e-mail: todvel@uns.ns.ac.yu
mr Dejan Lukić, Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 N.Sad, e-mail: lukicd@uns.ns.ac.yu
mr Mijodrag Milošević, Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 N.Sad, e-mail: mido@uns.ns.ac.yu



Slika 1. Metode projektovanja tehnoloških procesa



Slika 2. Nivo primene pojedinih sistema automatizacije [1]

Počeci razvoja sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa, odnosno prve ideje razvoja CAPP sistema, datiraju još od sredine 60-ih godina prošlog veka. Potom se 70-ih godina javila ideja o korišćenju CAD podataka za projektovanje tehnoloških procesa. Tokom 80-ih godina počeli su da se razvijaju CAPP sistemi u integraciji sa CAD i CAM sistemima, da bi se 90-ih godina intenzivirala primena metoda veštačke inteligencije u razvoju CAPP sistema.

Početak razvoja CAPP sistema se karakterisao klasičnim algoritamskim programiranjem, za razliku od današnjih CAPP sistema, koji se razvijaju na bazi savremenih naučnih disciplina kao što su ekspertni sistemi, neuronske mreže, fazy logika, objektno orijentisane tehnike programiranja, STEP standardi, itd.

Cilj automatizacije projektovanja tehnoloških procesa je da se projektuje kvalitetan tehnološki proces iz skupa velikog broja mogućih varijanti u određenom vremenskom periodu. Razvoj sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa ima za osnovu sledeće ciljeve [2]:

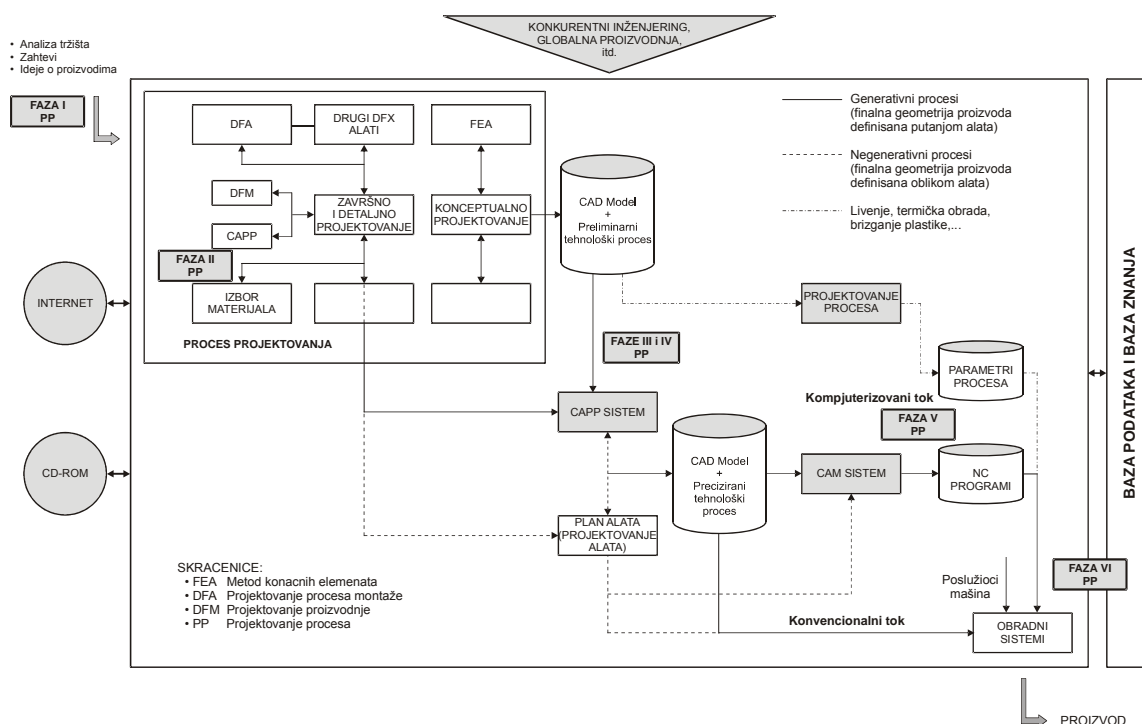
- Smanjenje manualnih poslova u okviru aktivnosti projektovanja tehnoloških procesa koji nisu kreativni i opterećuju projektante tehnoloških procesa,
- Optimizaciju tehnoloških procesa korišćenjem dostupnih informacija o proizvodnim resursima,
- Sistematizaciju i standardizaciju kvalitetnih tehnoloških procesa izrade proizvoda u okviru proizvodnog sistema, čime se omogućuje prenošenje znanja i iskustva projekatana,
- Sistematizaciju proizvodnih vremena i troškova izrade.

3.0 Integracija CAD, CAPP i CAM sistema

Osnovni cilj razvojnih aktivnosti u oblasti proizvodnih tehnologija predstavlja integracija svih segmenata proizvodnje i uspostavljanja računarom integrisane proizvodnje (CIM). CAPP sistemi imaju ključnu ulogu u integraciji projektovanja proizvoda i proizvodnje, odnosno predstavljaju vezu između CAD i CAM sistema.

Osnovni izlazni podatak iz CAD sistema je model proizvoda koji ujedno predstavlja i osnovni ulazni podatak za projektovanje tehnoloških procesa. U cilju integracije CAD i CAPP sistema neophodno je postojanje određenog jezika komunikacije. Komunikacija između različitih CAD sistema odvija se pomoću razvijenih jezika ili translatora podataka, kao što su IGES, PDES, itd. Većina ovih standarda nudi format podataka koji sadrži geometrijske informacije o proizvodu, koje nisu dovoljne za donošenje odluka pri projektovanju tehnoloških procesa. Ako se CAD model proizvoda predstavi pomoću tipskih tehnoloških oblika koje izražavaju karakteristike proizvoda na najvišem nivou, odnosno sadrže pored geometrijskih i tehnološke i druge podatke, onda oni mogu da predstavljaju sredstvo integracije između CAD, CAPP i CAM sistema.

U modelu CAD/CAPP/CAM sistema koji je prikazan na slici 3 uočava se da je integracija u savremenim proizvodnim sistemima neophodna. Ona ima veoma značajnu ulogu, kako u razvoju proizvoda prema zahtevima tržišta, tako i u projektovanju tehnoloških procesa koji obezbeđuju realizaciju procesa proizvodnje ovih proizvoda.



Slika 3. Integrirani sistem za razvoj proizvoda i proizvodnju [3]

3.1 Integracija CAD i CAPP sistema

Transfer podataka između CAD i CAPP sistema je jedan od najznačajnijih aktivnosti u automatizaciji projektovanja tehnoloških procesa, zbog čega se ulažu značajni naponi na integraciji CAD i CAPP sistema.

Mogu se izdvojiti tri osnovna pristupa povezivanja projektovanja proizvoda (CAD) i projektovanja tehnoloških procesa (CAPP):

- Ulogu interfejsa preuzima projektant koji tumači crtež i pomoću posebno razvijenog jezika (simbolički jezik) ili kroz određeni dijalog, daje opis tipskih tehnoloških oblika (manufacturing feature) sa svim relevantnim tehnološkim parametrima. Kod ovih sistema veliki udeo u odlučivanju ima projektant, tako da tehnološki proces koji se dobija kao izlaz, u velikoj meri zavisi od iskustva tehnologa.
- Vrš se razvoj sistema za izdvajanje i prepoznavanje tipskih tehnoloških oblika iz CAD modela, odnosno vrši se nadoknađivanje izgubljenih podataka na CAD modelu.
- Razvija se CAD sistem koji je zasnovan na tipskim tehnološkim oblicima, što znači da se pri projektovanju koriste oblici (otvori, žljebovi, stepenici...) iz neke baze oblika, i na taj način tehnološke informacije ostaju sačuvane. Za svaki tipski tehnološki oblik postoji određeni tehnološki proces (na mikro nivou) tako da projektovanje tehnoloških procesa predstavlja komponovanje tipskih tehnoloških sekvenci, odnosno grupe tipskih zahvata pojedinih oblika.

Tipski oblici kao elementi integracije CAD i CAPP sistema

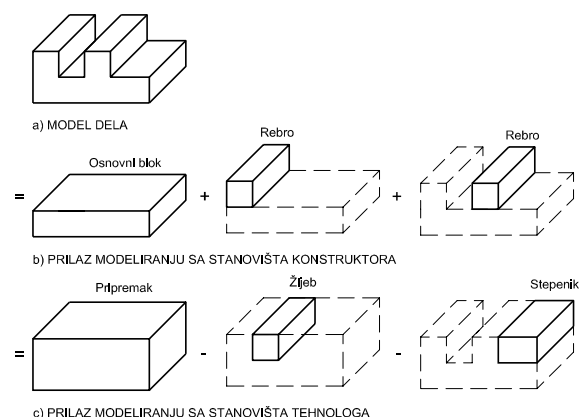
CAPP sistemi bazirani na tipskim tehnološkim oblicima, koriste modele tipskih oblika iz CAD sistema za projektovanje tehnoloških procesa, zbog čega predstavljaju osnovne elemente integracije CAD i CAPP sistema. Model proizvoda može da se projektuje korišćenjem tipskih oblika, što je poznato kao feature-based projektovanje. Postoje dva prilaza projektovanja pomoću tipskih oblika: definisanje tipskih oblika na geometrijskom modelu i korišćenje tipskih oblika iz standardne baze.

U principu postoje dve vrste tipskih oblika koji se koriste u projektovanju tehnoloških procesa: tipski oblik (feature) i tipski tehnološki oblik (manufacturing feature). Osnovna razlika između tipskih oblika i tipskih tehnoloških oblika je što se tipski oblici koriste za projektovanje proizvoda a tipski tehnološki oblici za projektovanje tehnoloških procesa. Ovo razgraničenje je posledica različitog prilaza projekatnata proizvoda i projekatnata tehnoloških procesa (slika 4).

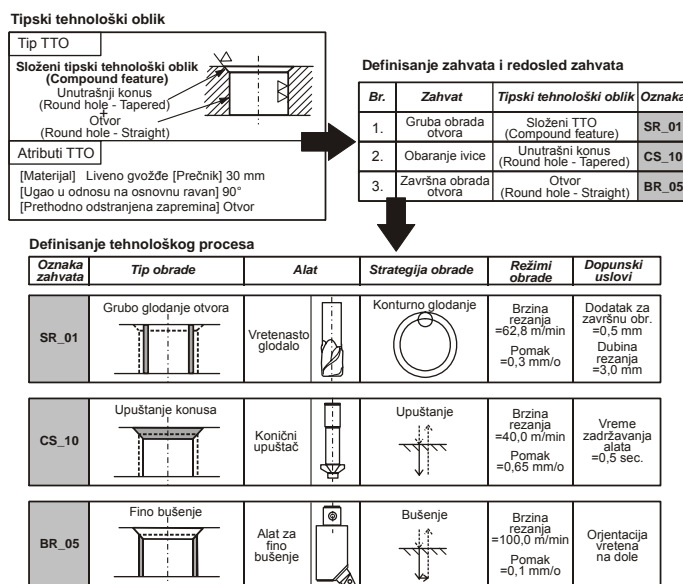
Tipski tehnološki oblici za razliku od tipskih oblika, pored geometrijskih poseduju i negeometrijske osobine. Za tipске tehnološke oblike definišu se tehnološki procesi preko određenih zahvata obrade, reznih alata, strategije obrade, režima obrade, itd. Na slici 5, prikazano je kako se za jedan složeni tipski tehnološki oblik (compound_feature), koji sadrži određene atribute, vrši definisanje tehnologije izrade iz baze podataka.

Podela tipskih tehnoloških oblika (manufacturing feature) može se izvršiti na više načina, a najčešće se primenjuje podela prema načinu predstavljanja proizvoda:

- 1) Površinski tipski tehnološki oblici (surface manufacturing feature), za granično predstavljanje proizvoda
- 2) Zapreminski tipski tehnološki oblici (volumetric manufacturing feature), za solid modeliranje



Slika 4. Različiti prilazi pri projektovanju proizvoda i projektovanju tehnoloških procesa [4]

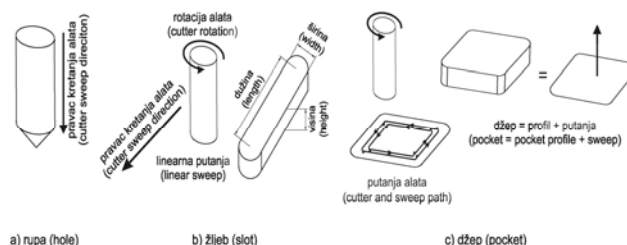


Slika 5. Definisane tehnologije izrade za jedan tipski tehnološki oblik [7]

Na slici 6, prikazan je jedan proizvod koji je projektovan pomoću tipskih oblika, za koji su potom definisani površinski i zapreminski tipski tehnološki oblici potrebni za njegovu izradu. Tipski tehnološki oblici se najčešće definišu kao elementi profila duž neke određene trajektorije. Tako je na slici 7 prikazan način definisanja tri zapreminska tipska tehnološka oblika za prethodno prikazani proizvod sa slike 6.



Slika 6. Površinski i zapreminski tipski tehnološki oblici jednog proizvoda [4]



Slika 7. Primeri nastajanja zapreminskih tipskih tehnoloških oblika [4]

Model tipskog tehnološkog oblika kao osnovni ulazni podatak za projektovanje tehnoloških procesa može da se dobije na više načina, u zavisnosti od načina projektovanja:

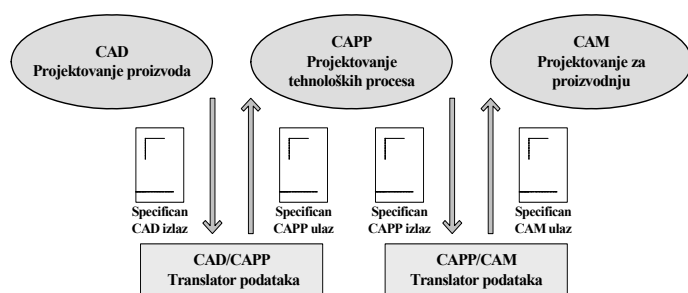
- Projektovanjem pomoću tipskih tehnoloških oblika,
- Projektovanjem pomoću tipskih oblika a zatim preslikavanjem u tipske tehnološke oblike, i
- Konvencionalno, projektovanjem bez upotrebe tipskih oblika, a zatim prepoznavanjem tipskih tehnoloških oblika.

3.2 Uloga STEP-a u integraciji CAD, CAPP i CAM sistema

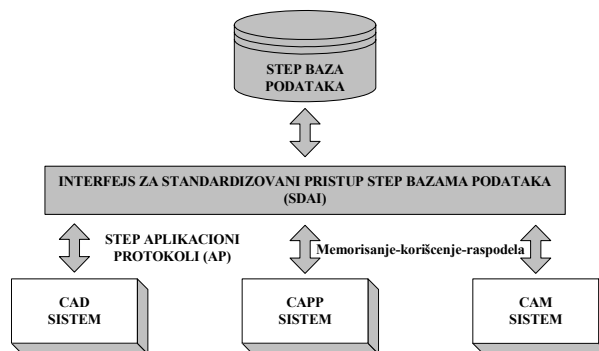
Sa stanovišta primene STEP standarda, podela integracija se može izvršiti na integraciju koja nije bazirana na STEP-u i integraciju koja je bazirana na STEP-u. Na slici 8, prikazan je konvencionalan način integracije CAD/CAPP/CAM sistema, koji nije baziran na STEP-u već se bazira na razvoju specifičnih interfejsa pomoću kojih se vrši razmenu podataka između različitih CAx sistema.

Na slici 9, prikazana je uprošćena arhitektura STEP bazirane integracije CAD/CAPP/CAM sistema. U okviru ovog sistema, SDAI interfejs za standardizovani pristup STEP bazama podataka, koristi se

za razmenu podataka između specifičnih AP (Aplikacionih protokola) i baza podataka, pri čemu je struktura objektna instance opisana pomoću EXPRESS jezika.

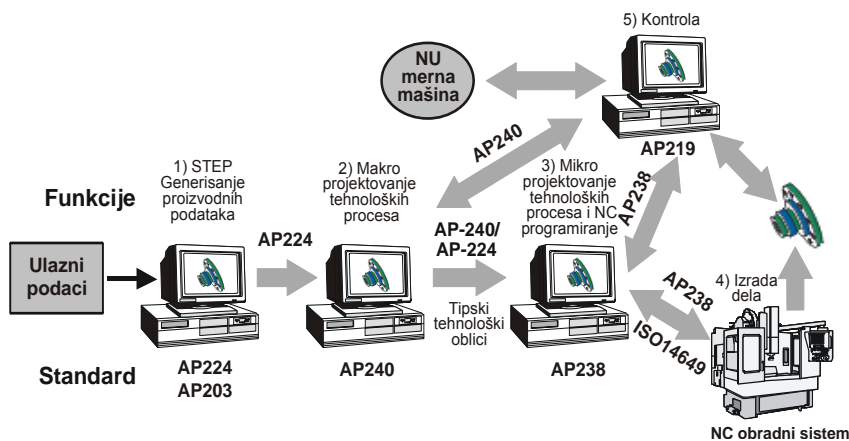


Slika 8. Konvencionalni način integracije CAD/CAPP/CAM [5]



Slika 9. STEP bazirana arhitektura integracije CAD/CAPP/CAM [5]

Postoji veći broj postavljenih koncepata povezivanja CAX sistema u procesu projektovanja i proizvodnje pomoću STEP standarda, dok će ovde biti prikazan inicijalni koncept prema [7]. Koncept prikazuje STEP-om podržani proizvodni tok kroz određene korake, odnosno funkcije koje se izvode u pojedinim fazama toka i upotrebljene aplikacione protokole (slika 10). Ovi standardi povezani zajedno čine grupu STEP standarda za projektovanje i proizvodnju – SMS (STEP Manufacturing Suite).



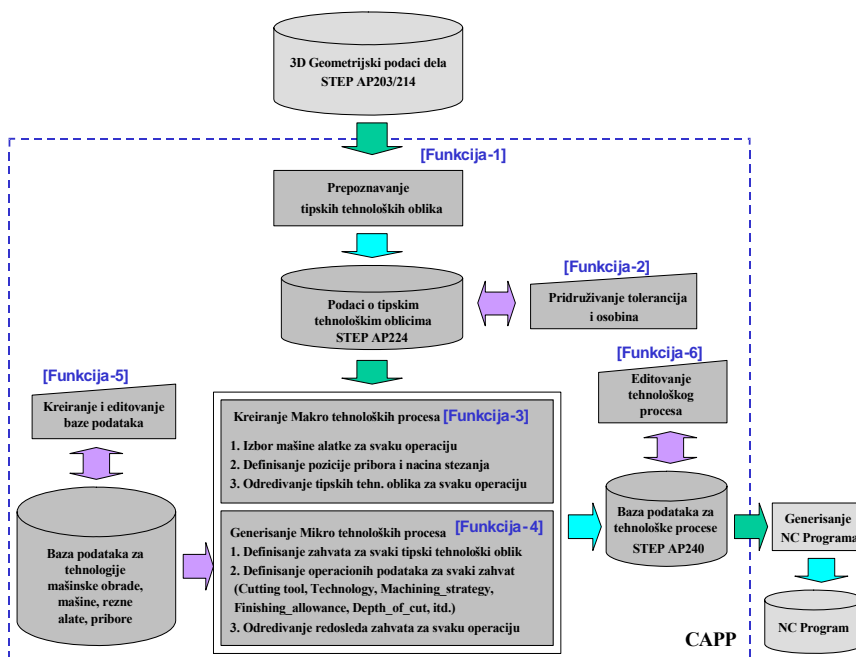
Slika 10. Primena STEP standarda u integraciji aktivnosti projektovanja i proizvodnje [7]

Prva funkcija ima ulogu projektovanja proizvoda i priprema pomoću CAD sistema ili preuzimanje gotovog modela dela iz nekog CAD sistema, a zatim prevođenje u format podataka AP-224. Druga funkcija je makro projektovanje tehnoloških procesa, gde se odvija prihvatanje proizvodnih podataka u AP-224 formatu i vrši početna faza projektovanja tehnoloških procesa (CAPP). Na izlazu se dobijaju podaci u AP-240 formatu

Treća funkcija je mikro projektovanje tehnoloških procesa i NC programiranje. U okviru ove funkcije odvija se prihvatanje podataka iz prethodne funkcije u AP-240 ili AP-224 formatu, a zatim se vrši završna faza projektovanja tehnoloških procesa. Kao izlaz iz ove funkcije dobijaju se podaci u AP-238 formatu kao tehničke definicije ISO 14649 formata podataka. Četvrta funkcija se odnosi na izradu delova na obradnom sistemu, pri čemu se podaci prihvataju u standardizovanom obliku podataka prema ISO 14649. Ovi obradni sistemi poseduju upravljačke jedinice za koje nije potrebno postprocesiranje. Peta funkcija se odnosi na inspekciju, odnosno merenje i kontrolu van mašine. Ova funkcija podržava AP-219 format podataka, koji je kompatibilan sa svim ostalim AP u okviru STEP ISO 10303 standarda.

U cilju jasnijeg predstavljanja uloge CAPP-a u proizvodnim procesima koji su podržani STEP-om, prikazaće se primer jednog razvijenog CAPP sistema pod nazivom STEP CAPP ili skraćeno SCAPP koji je razvijen od strane Manufacturing Engineering Research Inc. i Fujitsu Kyushu System Eng. Ltd. Zadaci CAPP-a u ovom sistemu su prikazani na slici 11, i sastoje se od šest funkcija.

Svi podaci koji se javljaju u pojedinim fazama funkcionisanja sistema se prenose, transformišu ili memorišu u bazu podataka sistema, primenom odgovarajućih aplikacionih protokola predviđenih STEP standardom.



Slika 11. Uloga CAPP-a u proizvodnom procesu primenom STEP-a [6]

4.0 Zaključak

Razvoj i primena CAPP sistema predstavlja osnovu automatizacije rada tehnološke pripreme proizvodnje. U razvoju CAPP sistema sve više se primenjuju savremene metode i tehnike, što u značajnoj meri podiže nivo njihove praktične primene. U radu su prikazani samo neki od značajnih aspekata razvoja i primene savremenih CAPP sistema.

5.0 Literatura

- [1] Depinice, P., Amara, H., Hacoet, J. Y.: *May Human Intervention Improve the CAPP System Abilities?*, International Journal of Production Engineering and Computers, Vol.4., No.4., 2002.
- [2] Zhang, H. C., Alting, L.: *Computerized Manufacturing Process Planning System*, Chapman & Hall, London, 1994.
- [3] ElMaraghy A.H.: *Evolution and Feature Perspectives of CAPP*, Annals of CIRP, Vol. 42/2, 1993.
- [4] Han, J., Pratt, M., Regli, W., C.: *Manufacturing feature recognition from solid models: A status report*, IEEE Transaction on robotics and automation, vol.16 no6, December 2000.
- [5] Liu, D., Sacco, M., Boer, C.R.: *Distributed CAD/CAPP/CAM integration based on STEP-PDM schema and CORBA-compliant PDM enablers*, 2001 International Conference on eCommerce Engineering, China, 2001.
- [6] Sokamoto, C., Inouye, T.: *Overview of Feature based Process Planning system using AP240*, Manufacturing Engineering Research Inc., Fujitsu Kyushu System Eng. Ltd., 2004.
- [7] Step Tools Inc., Copyright © 2005 STEP Tools Incorporated, New York, 2005. <http://www.steptools.com>

SOME PROPERTIES OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF CAPP SYSTEMS

Režime: Basic direction of development of automation in production systems is oriented on automation of product design, process planning and manufacturing process. Automation of process planning is solved by development and application of CAPP (Computer Aided Process Planning) systems. Development of modern CAPP systems is based on application of new methods and techniques. In this paper some of the are shortly presented.

Ključne reči: Projektovanje tehnoloških procesa, CAPP sistemi, STEP

MODEL GENERATIVNOG CAPP SISTEMA NOVE GENERACIJE

Abstrakt: Najznačajnije karakteristike savremenih generativnih CAPP sistema obuhvataju: visok stepen integracije CAD/CAPP/CAM, upotreba neutralnih formata podataka i strukture podataka zasnovane na obeležjima (features), primena tehnika veštačke inteligencije za akviziciju i menadžment znanjem, generisanja alternativa i optimizacije procesa, visok stepen automatizacije u radu, fleksibilnost, interoperativnost i modularnost. Na Univerzitetu u Beogradu se razvija prototip CAPP sistema, namenjen obradi delova na 2½D obradnim centrima, pod radnim nazivom CA4P (Computer-Aided Process Planning for Prismatic Parts), sa integrisanim sistemom za tehnološko prepoznavanje. U radu je prezentovan model ovog CAPP sistema u trenutnom stadijumu razvoja.

Ključne reči: CAPP, prizmatični delovi, STEP, tehnološko prepoznavanje.

1. KARAKTERISTIKE SAVREMENIH PRISTUPA U PROJEKTOVANJU CAPP SISTEMA

Prednosti savremenih generativnih CAPP sistema, koji su počeli da se pojavljuju sredinom devedesetih godina prošlog veka, u odnosu na generativne sisteme starije generacije ogledaju se u sledećih nekoliko teza:

- Znatno je usavršena integracija CAD/CAPP/CAM; razvoj neutralnih formata podataka i podrška komercijalnih modelera za njih, omogućava pojavu velikog broja metodologija za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi (APTF); primena standarda poput STEP-NC obezbeđuje neutralnu i nezavisnu platformu za komunikaciju CAPP sistema sa upravljačkim jedinicama NC mašina alatki;
- Usavršeni algoritmi za ekstrakciju, validaciju i atribuiranje ekstrahovanih obeležja (geometrijskih, tehnoloških, metroloških i drugih *feature-a*) iz modela proizvoda, u kombinaciji sa objektno-orijentisanim programiranjem sistema, omogućuju sprovođenje filozofije konkurentnog inženjerstva i integraciju sa sistemima za planiranje proizvodnje;
- Nivo primene tehnika veštačke inteligencije, pored ekspertnih sistema, sada obuhvata i fazi-logiku, genetičke algoritme i veštačke neuronske mreže, u funkciji tehnološkog prepoznavanja, akvizicije znanja, generisanja alternativa i optimizacije procesa;
- Znatno viši stepen automatizacije u radu. Intervencija korisnika se sve manje zahteva u funkciji prepoznavanja tehnoloških formi ili izbora scenarija i najviše učestvuje u procesu akvizicije znanja ili definisanja kriterijuma za optimizaciju planova procesa;
- Fleksibilnost u smislu dodavanja novih tehnologija, interoperativnost između tehnoloških sistema koje opslužuje, modularnost i mogućnost nadogradnje u skladu sa promenom potreba korisnika.

U grupu CAPP sistema za koje se može reći da svojim performansama zadovoljavaju navedene kriterijume, mogu se ubrojati: 3I-PP (*Integrated, Incremental and Intelligent Process Planner*) [1], CoCAPP (*Cooperative Computer-Aided Process Planning*) [2], IAI-CAPP (*Integrated Artificial Intelligent Computer-Aided Process Planning*) [3], OPPS-PRI (*Optimised Process Planning System for Prismatic Parts*) [4]. Iscrpan pregled najvažnijih generativnih CAPP sistema, posebno onih novije generacije, može se naći u [5].

CAPP sistemi su orijentisani ka naprednim tehnikama kao što su: modeliranje zasnovano na formama, objektno orijentisano programiranje, grafički korisnički interfejs, tehnološke baze podataka i koriste napredne računarske metode poput veštačke inteligencije i dr.

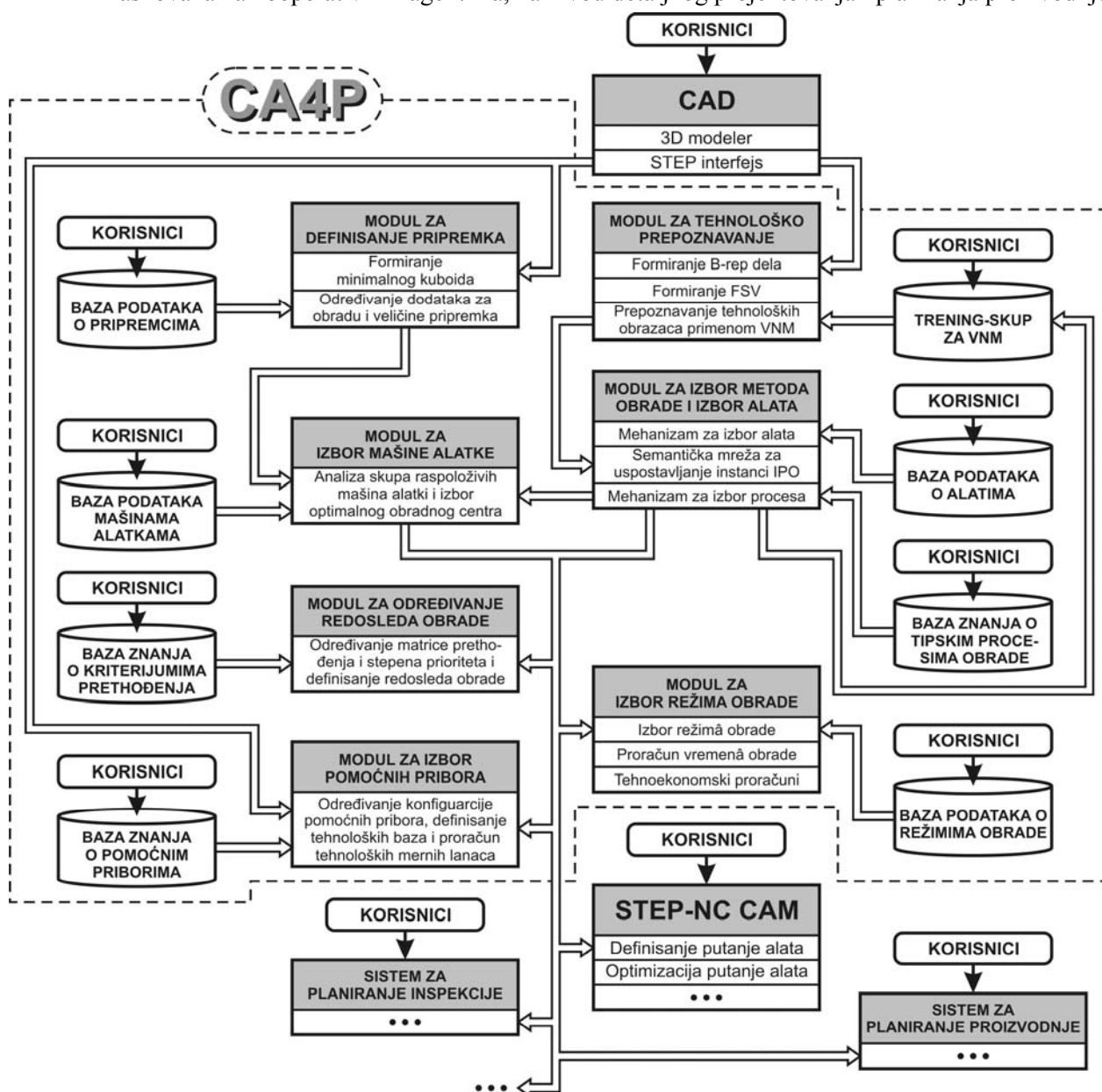
Pored nesumnjivih prednosti koje donose CAPP sistemi njihova praktična primena u industriji teče prilično sporo i danas se oko 80% projektovanja tehnoloških procesa obavlja ručno [6]. Upotreba CAPP sistema je još uvek u najvećoj meri odvojena od procesa projektovanja proizvoda, planiranja proizvodnje, kontrole i dr.

¹ mr Nenad Nešić, dipl.inž.maš., nnesic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 264

² Prof. dr Bojan Babić, dipl.inž.maš., bbabic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 274

Stanje u industrijskoj primeni CAPP sistema ostavlja prostor za unapređenje u sledećih nekoliko pravaca:

- razvoj sintetičkih procedura projektovanja procesa, zasnovanih na pravilima projektovanja u bazi znanja, umesto na interpretaciji postojećih, ručno napisanih dokumenata; preduslovi za to su:
 - unapređenje sistema formalne reprezentacije apstraktnog i nekompletnog znanja, kao i pretraživanja i razmene proverenog znanja;
 - ekstenzivna primena tehnika veštačke inteligencije;
 - akvizicija znanja u realnom vremenu;
 - sposobnost generisanja svih alternativnih rešenja i mehanizmi za izbor optimalnog rešenja;
- integralan pristup, usklađen sa ostalim podsistemima u proizvodnom sistemu, prilagodljiv i sa mogućnošću ažuriranja u realnom vremenu; preduslovi za to su:
 - sveobuhvatna primena neutralnih standarda za razmenu podataka,
 - unapređenje upravljačkih mehanizama za simultanu proizvodnju i menadžment podacima u distribuiranim sistemima;
 - maksimalno iskorišćenje globalno povezanih informacionih sistema, uz razvoj efikasnih mehanizama za zaštitu od zloupotrebe i pogrešnih interpretacija;
- osposobljavanje za rad u uslovima tehnologije digitalnog preduzeća; preduslov za to je razvoj softverske platforme zasnovane na heterogenim paradigmatama, koja će biti:
 - objektno-orijentisana na nivou grubog projektovanja tehnoloških procesa, a
 - zasnovana na kooperativnim agentima, na nivou detaljnog projektovanja i planiranja proizvodnje.



Slika 2.1: Arhitektura sistema CA4P.

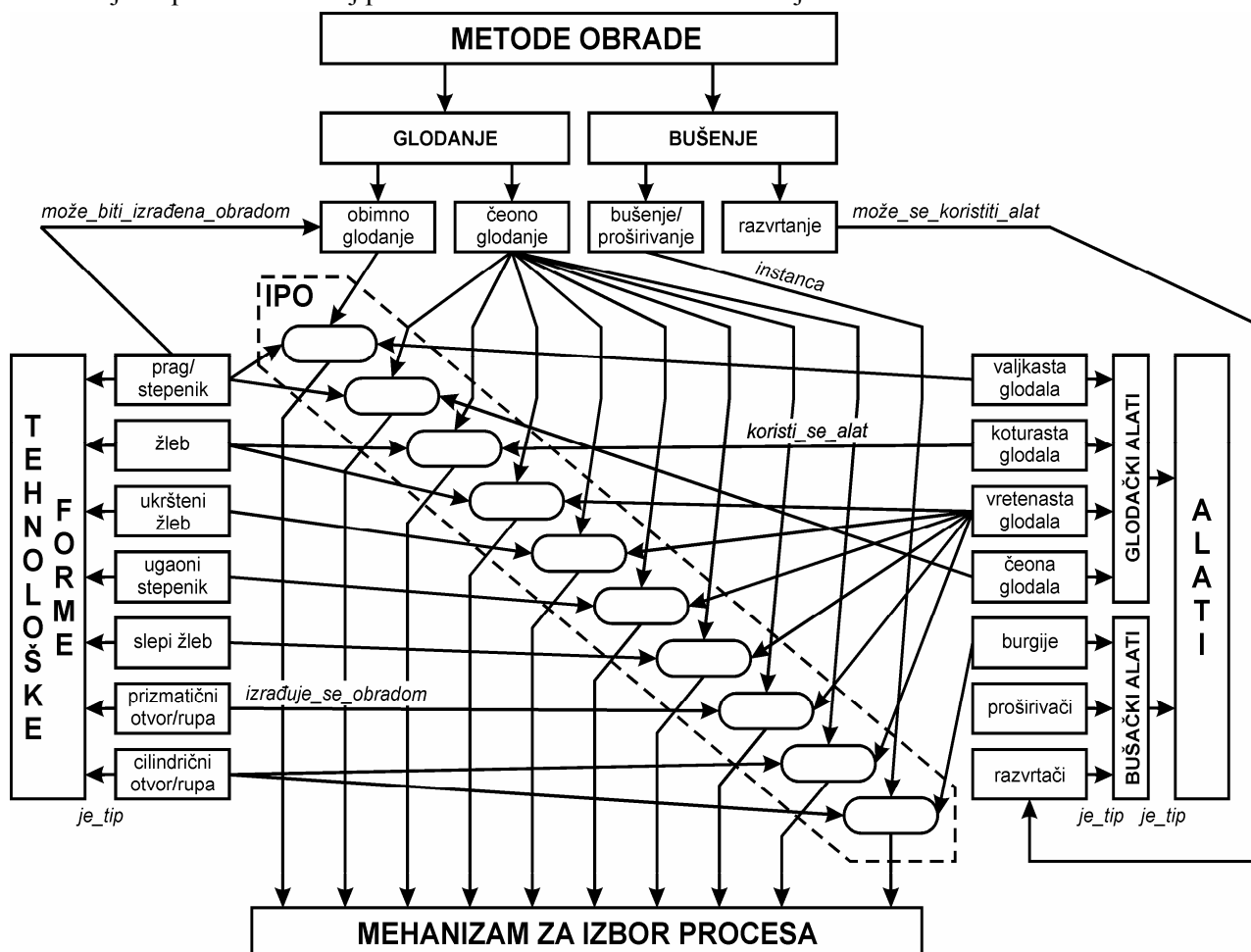
2. CA4P – MODEL CAPP SISTEMA ZA PRIZMATIČNE DELOVE

Na Univerzitetu u Beogradu se razvija prototip CAPP sistema, namenjen obradi delova na 2½D obradnim centrima, koji predstavlja pokušaj da se integrišu pozitivne karakteristike prethodno pomenutih savremenih CAPP sistema. Sistem pod radnim nazivom CA4P (*Computer-Aided Process Planning for Prismatic Parts*), zasnovan je na STEP modelu podataka, sa integrisanim podsistemom za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi prema AP224, podsistemom za vezu sa CAM sistemom na bazi AP238 i mogućnošću za povezivanje sa sistemima za planiranje proizvodnje, prema AP240. Arhitektura sistema CA4P prikazana je slikom 2.1.

U trenutnoj fazi projektovanja sistema CA4P detaljno je razvijen sistem za tehnološko prepoznavanje, koji će je predstavljen u [5], [7], [8], kao i posebnom radu na ovoj konferenciji. Struktura tog sistema je tako projektovana da bude usklađena sa objektno-orijentisanim pristupom primenjenim u razvoju mehanizmima za izbor metoda obrade, alata, pomoćnih pribora i redosleda obrade, pa će u ovom radu posebna pažnja biti posvećena principu funkcionisanja ovih podsistema. U [5] su detaljno objašnjeni i modeli ostalih podsistema.

2.1. Izbor metoda obrade i izbor alata

S obzirom na to da se je sistem CA4P namenjen isključivo delovima koji se izrađuju na 2½D obradnim centrima, time je izbor metoda obrade ograničen na različite glodačke i bušačke operacije. Ulaz za ovaj sistem je skup prepoznatih tehnoloških formi. Zadatak koji se postavlja pred ovaj sistem jeste da generiše odgovarajući skup mogućih metoda obrade kojima se te tehnološke forme mogu izraditi. Pošto je sistem za tehnološko prepoznavanje u stanju da prepozna samo izolovane forme (videti zaključak), ovaj zadatak je dodatno olakšan, jer je moguće uspostaviti konačan skup veza između tehnoloških formi i odgovarajućih metoda obrade i takođe između metoda obrade i alata. U tu svrhu se predlaže primena tzv. *semantičke mreže*, prema nešto izmenjenom konceptu u odnosu na onaj koji je primenjen u sistemu 3I-PP [9]. Semantička mreža koja se predlaže za ovaj podsistem sistema CA4P ilustrovana je slikom 2.2.



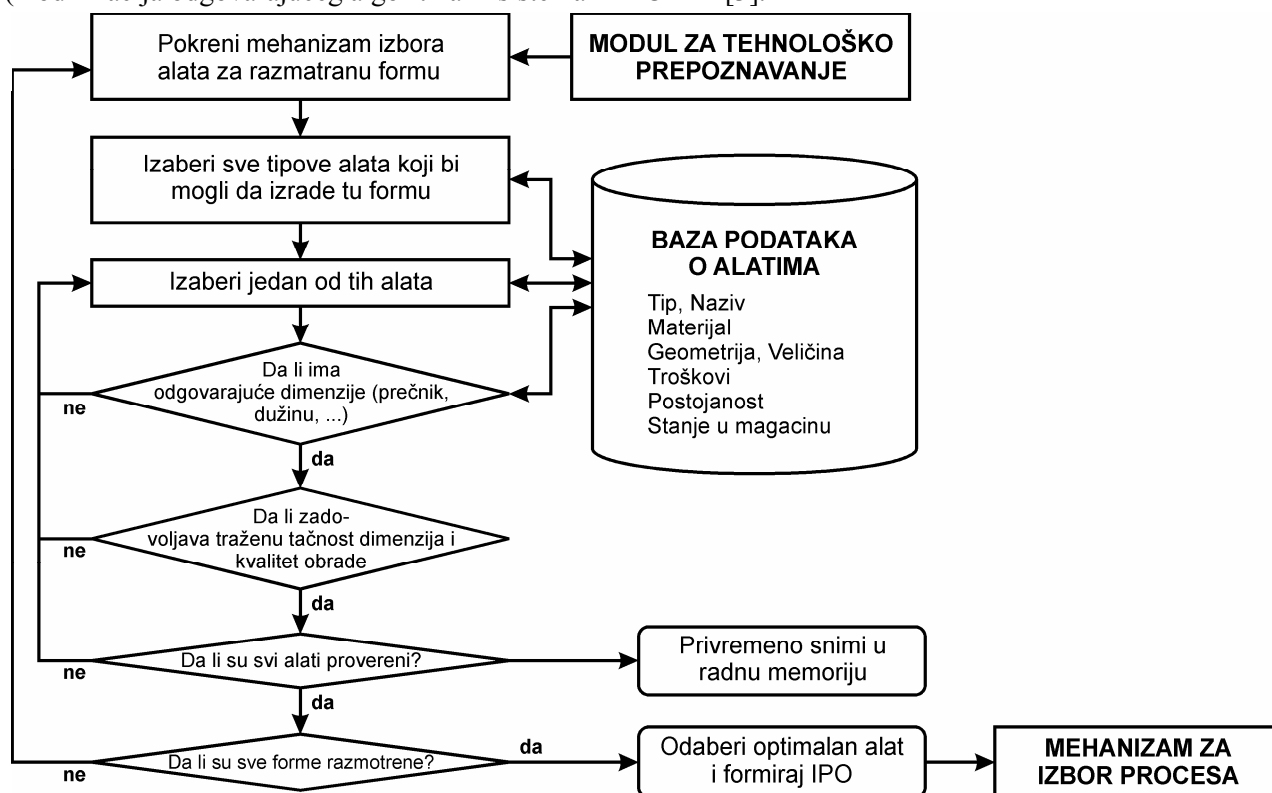
Slika 2.2: Semantička mreža za uspostavljanje instanci individualnih procesnih objekata (IPO).

Semantička mreža predstavlja objektno-orijentisani pristup u kome se tehnološki sistem prikazuje kao sistem međusobno povezanih objekata (tehnoloških formi, metoda obrade i alata) i relacija među njima. Svaki objekat sa sobom nosi podatke koji ga identifikuju preko niza atributa, funkcije koje definišu njegovo

ponašanje u sistemu i skup veza sa drugim objektima. Objekti su hijerarhijski ustrojeni, sa relacijama *je_tip* koje se uspostavljaju između entiteta nižeg i entiteta višeg nivoa. Veze između tehnoloških formi na prizmatičnim delovima i odgovarajućih metoda obrade se uspostavljaju relacijama *može_biti_izrađena_obradom*, a veze između metoda obrade i alata relacijama tipa *može_se_koristiti_alat*. Na najnižem nivou se uspostavlja relacija tipa *instanca* između elementarnih procesa obrade i individualnih procesnih objekata (IPO – elementarne kombinacije forma-metod-alat), zatim relacija tipa *izrađuje_se_obradom* između tehnoloških formi i IPO i relacija tipa *koristi_se_alat* između alata i IPO. Na slici 2.2, da bi bila jasnija, prikazane su samo najkarakterističnije relacije koje se mogu uspostaviti.

Način na koji se iz skupa mogućih alata bira optimalni za svaki pojedinačni IPO, odnosno kako se relacija tipa *može_se_koristiti_alat* transformiše u relaciju tipa *koristi_se_alat*, određen je mehanizmom za izbor alata. U raspoloživoj literaturi koja tretira ovaj problem može se naći obilje pristupa za optimizaciju izbora alata. Wu i Liu [10] formiraju za svaku tehnološku formu skup odgovarajućih procesa, kao kombinacije mogućih smerova prilaza alatâ i njihovih dimenzija. Alati se onda biraju tako da se sa što manje alatâ može napraviti što više tehnoloških formi, dakle, da se minimizira broj izmena. Dereli [4] je osmislio algoritam koji optimizaciju vrši u cilju maksimizacije produktivnosti i bira alat maksimalne veličine koju dozvoljava tehnološka forma, kako bi se smanjio broj prolaza i dužina putanje alata. Lim, Corney, Ritchie i Clark u [11] i [12] predstavljaju jednostavnu proceduru za izbor veličine alata tako da se skine takva zapremina materijala u jednom prolazu alata koja će dati najbolje tehnoekonomske rezultate. Problem izbora alata će ostati i nakon potpune implementacije STEP-NC standarda, jer on ima lokalni karakter i zavisi od konkretnih uslova u datom proizvodnom sistemu (broj i vrsta raspoloživih alata i slično).

Mehanizam za izbor alata u sistemu CA4P funkcioniše prema algoritmu prikazanom slikom 2.3 (modifikacija odgovarajućeg algoritma iz sistema IAI-CAPP [3]).

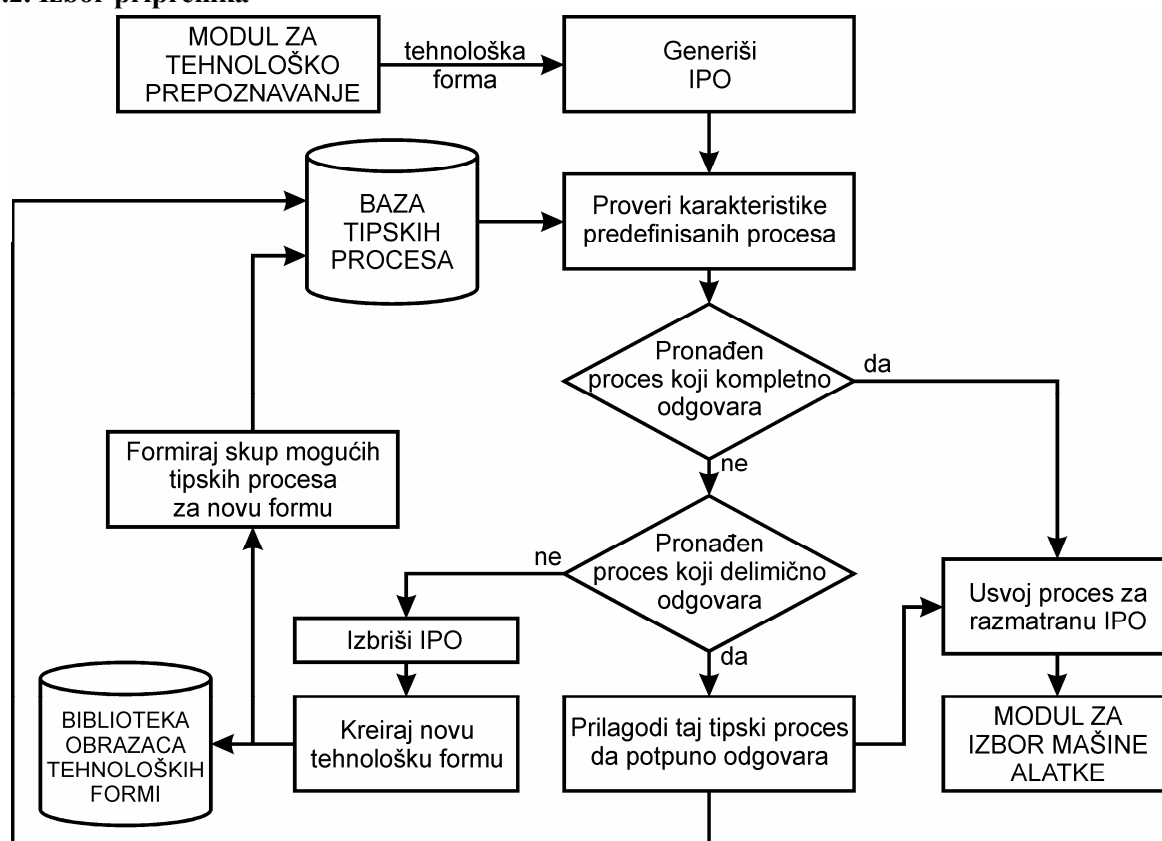


Slika 2.3: Algoritam rada mehanizma za izbor alata.

Sve instance se sumiraju u *mehanizam za izbor procesa*, slika 2.4, koji proverava da li u bazi znanja postoji odgovarajući predefinisani tipski proces. Ukoliko postoji jedan ili više tipskih tehnoloških procesa za neku tehnološku formu, te alternative se generišu i šalju u sistem za određivanje redosleda obrade, koji će izabrati optimalne alternative za svaku od formi i izvršiti njihovo sekvencionisanje. Ukoliko ne postoji nijedan predefinisani tipski proces, pokreće se mehanizam za generisanje nove tehnološke forme i odgovarajućeg tipskog procesa i vrši dopuna baze obrazaca tehnoloških formi i baze tipskih procesa.

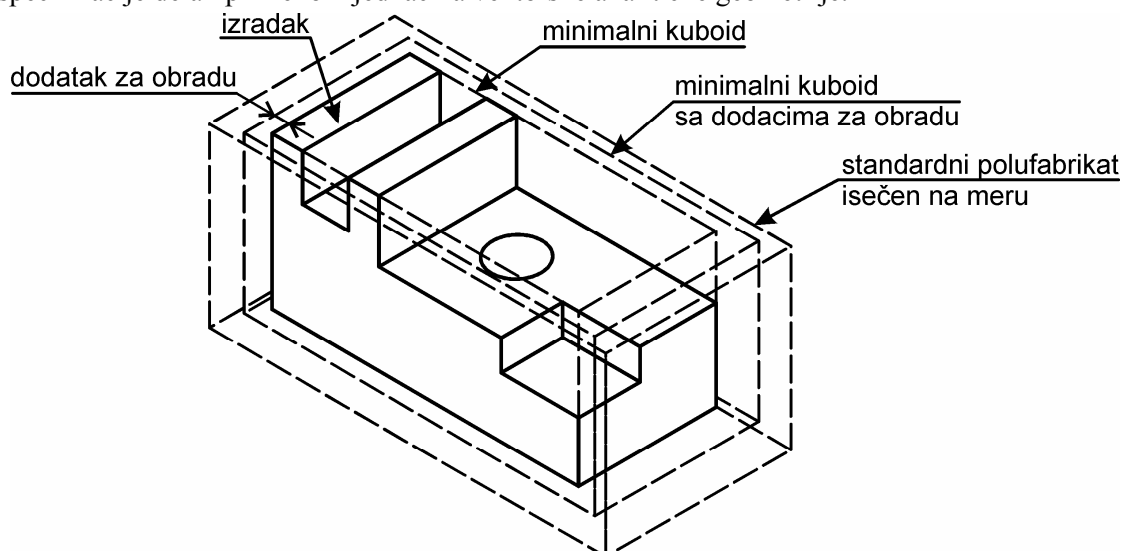
Elementi za dalje unapređenje ovog sistema mogu se naći u [13]. McWherter i dr. su razvili algoritam za preliminarnu klasifikaciju delova prema grupama tipskih procesa kojima se mogu izraditi pojedine tehnološke forme na njima. Algoritam se zasniva na transformisanju B-rep u sistem prikaza zasnovan na jednoj vrsti atribuiranih grafova, koji se statistički analiziraju i upoređuju sa tipskim procesima.

2.2. Izbor pripremka



Slika 2.4: Algoritam rada mehanizma za izbor procesa (metode obrade).

Osnovni problem pri automatizaciji procesa izbora pripremka je kako odrediti veličinu minimalnog kuboida na osnovu 3D modela, slika 2.5. STEP definicija geometrije dela nudi nam jednostavno rešenje ovog problema. Naime, svaki deo se u STEP specifikaciji podataka, na najvišem hijerarhijskom nivou reprezentuje entitetom *CLOSED_SHELL*, koji predstavlja ljusku koja se sastoji od svih strana dela. Ta ljuska ograničava („zatvara”) kompletnu zapreminu dela i na osnovu geometrije njenih sastavnih strana može se relativno lako doći do geometrije minimalnog kuboida, kroz niz transformacija zasnovanih na pretraživanju STEP specifikacije dela i primenom jednačina vektorske analitičke geometrije.

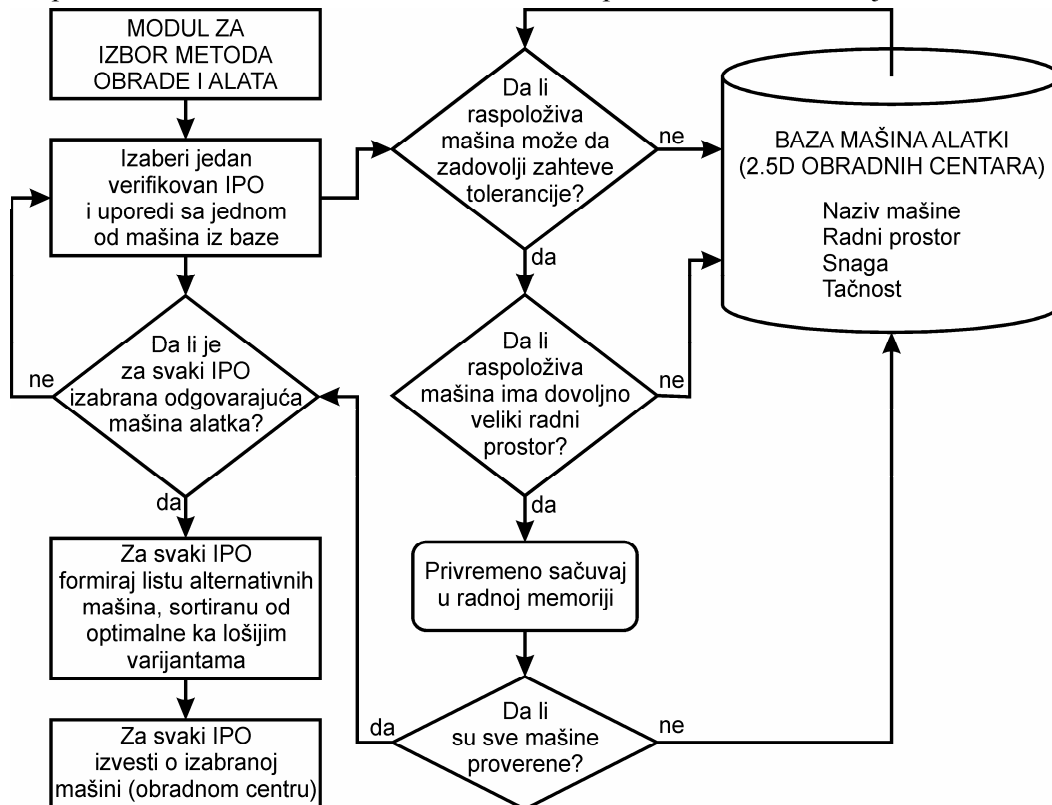


Slika 2.5: Određivanje mera pripremka koji se dobija od standardnog prizmatičnog polufabrikata.

2.3. Izbor mašina alatki

Ovaj modul ima zadatak da od više raspoloživih obradnih centara izabere onaj koji ima dovoljno veliki radni prostor i karakteristike tačnosti potrebne da se sprovede odgovarajući izabrani proces obrade. Izbor će se sprovoditi pod pretpostavkom da sve raspoložive mašine imaju dovoljnu snagu da podrže potrebne režime obrade, a ova će se pretpostavka verifikovati nakon obrade u modulu za proračun režima i troškova obrade.

Algoritam izbora optimalne mašine alatke (2½D obradnog centra) prikazan je slikom 2.6. Algoritam kreira listu mašina koje zadovoljavaju postavljene kriterijume, koja je sortirana od optimalnog ka lošijim izborima. Tako, ako obradni centar, koji je optimalan, ne zadovoljava kriterijum potrebne snage, ili iz sistema za planiranje proizvodnje stigne signal da se on mora staviti na raspolaganje nekom drugom tehnološkom procesu, bira se sledeći obradni centar sa liste, pa sledeći i tako do kraja liste.



Slika 2.6: Algoritam izbora optimalne mašine alatke.

2.4. Određivanje redosleda obrade

Ulaz u *modul za određivanje redosleda operacija u sistemu CA4P* predstavlja lista verifikovanih IPO i izabrani obradni centar. Verifikovani IPO se sastoji od tehnološke forme, izabranog procesa obrade (koji predstavlja jedan ili više zahvata potrebnih da se napravi ta tehnološka forma) i izabrani alat). Zadatak ovog modula je da izvrši sekvencionisanje (određivanje redosleda) obrade, tako da bude usklađen sa gore pomenutim pravilima prethođenja.

Prvi korak u procesu određivanja redosleda obrade je raščlanjavanje individualnih procesnih objekata na pojedinačne zahvate. To je neophodno zato što neki od IPO zahtevaju više zahvata, na primer ako treba nakon grube obrade glodanjem izvršiti finu obradu, ili nakon bušenja rupe izvršiti proširivanje. Zatim sledi formiranje *tabele prethođenja*, u kojoj je sumirano koji zahvati po nekom od definisanih ograničenja (tehnološka, dimenziona, ekonomska ...) moraju prethoditi drugim zahtevima. Zatim se, na osnovu tabele prethođenja, formira *matrica prethođenja* u kojoj svaki red ($i = 1 \dots n$) i svaka kolona ($j = 1 \dots n$) odgovara po jednom zahvatu. Za svaki član matrice a_{ij} važi:

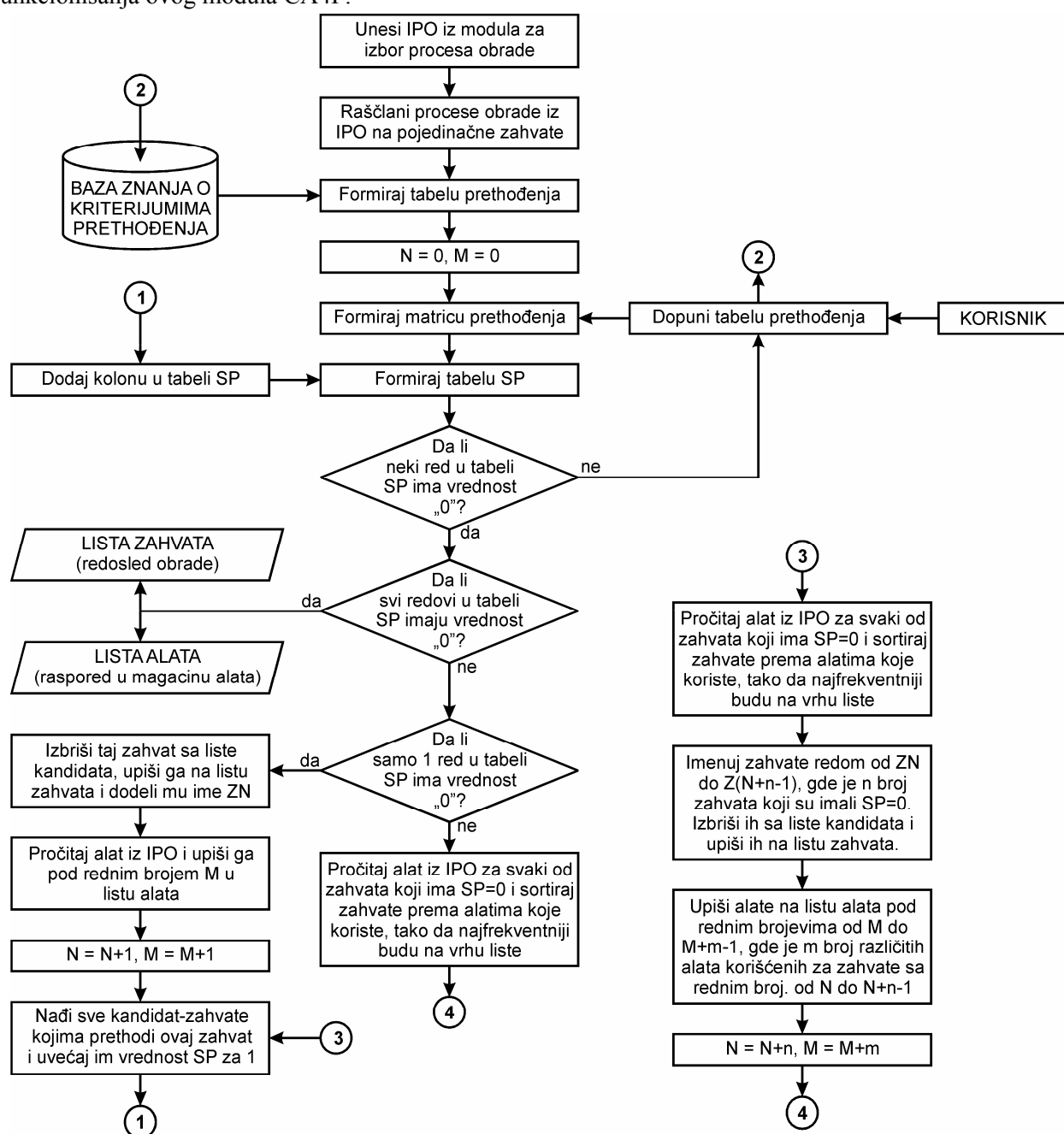
$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{ako zahvat } i \text{ prethodi zahvatu } j \\ 0, & \text{ako nema relacije prethođenja} \\ -1, & \text{ako zahvat } j \text{ prethodi zahvatu } i \end{cases}$$

U produžetku matrice prethođenja se potom formira *tabela stepena prioriteta (SP)*, tabela 2.1. U tabeli SP se sumiraju vrednosti po redovima matrice prethođenja, gde viša vrednost znači i veći prioritet na listi zahvata, a najveći prioritet ima vrednost „0”. Red u kome je trenutno vrednost „0” odgovara zahvatu kome ne prethodi nijedan drugi zahvat (K5 – „kandidat za sledeći zahvat broj 5”), tako da je on prvi u redosledu obrade i dobija naziv Z1 („zahvat sa rednim brojem 1”). U narednom koraku se vrednost svakog reda koji odgovara nekom zahtevu kome je K5 prethodio uvećava za 1 (u ovom slučaju to je samo kandidat K6) i ponavlja se postupak – traži se red sa vrednošću „0” i kandidat koji mu odgovara (K6). Ovaj postupak se ponavlja sve dok u svakom redu tabele SP ne bude vrednost „0”. Poslednji red tabele SP daje listu zahvata, odnosno redosled obrade.

Tabela 2.1: Matrica prethođenja i tabela stepena prioriteta.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
K1	0	0	-1	0	0	0	-1	0	-2	-2	-2	-2	-1	-1	0	
K2	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	-1	0					
K3	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0				
K4	-1	0	-1	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0
K5	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
K6	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0						
K7	0	0	-1	0	0	-1	0	-1	-3	-3	-2	-2	-1	0		
K8	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-2	-2	-1	-1	0			
									K5	K6	K2	K3	K8	K7	K1	K4

Međutim, retko se dešava da se redosled operacija odredi na jednostavan način, kao što je to prikazano u tabeli 2.1. Najčešće se dešava da se pojavi više zahvata-kandidata sa istim stepenom prioriteta, pa se u konsultaciji sa bazom alata i dodeljenim alatima u IPO mora uvesti neki dopunski kriterijum – minimizacija broja izmena alata, optimizacija korišćenja pomoćnog pribora itd. Sa tim ciljem se u ovom modulu CA4P sistema koristi modifikovani algoritam za određivanje redosleda obrade, predstavljen u [14]. Ovaj algoritam je prikazan na slici 2.7, na kojoj se nalazi i objašnjenje korišćenih skraćenica i predstavlja kompletan opis funkcionisanja ovog modula CA4P.



Slika 2.7: Algoritam rada modula za određivanje redosleda obrade.

U literaturi se mogu naći i brojni drugi pristupi za rešavanje ovog problema. Bhaskara, Shunmugam i Narendran [15] su, na primer, primenili genetičke algoritme za rešavanje konfliktnih situacija i optimizaciju redosleda obrade, dok su Lee, Kiritsis i Xirouchakis u [16] predstavili algoritam zasnovan na heuristici i matematičkoj kombinatorici. Jedan od izlaza modula za određivanje redosleda obrade u ovom CAPP sistemu, zahvaljujući mehanizmu čiji je algoritam rada predstavljen na slici 2.7, je i lista potrebnih alata koja je uređena prema redosledu korišćenja i optimizovana tako da bude najmanji broj izmena alata. Ova lista se, zato, može iskoristiti i za određivanje položaja alata u magacinu alata, tako da nije neophodno projektovati poseban modul za optimizaciju rasporeda alata u sistemu za automatsku izmenu alata.

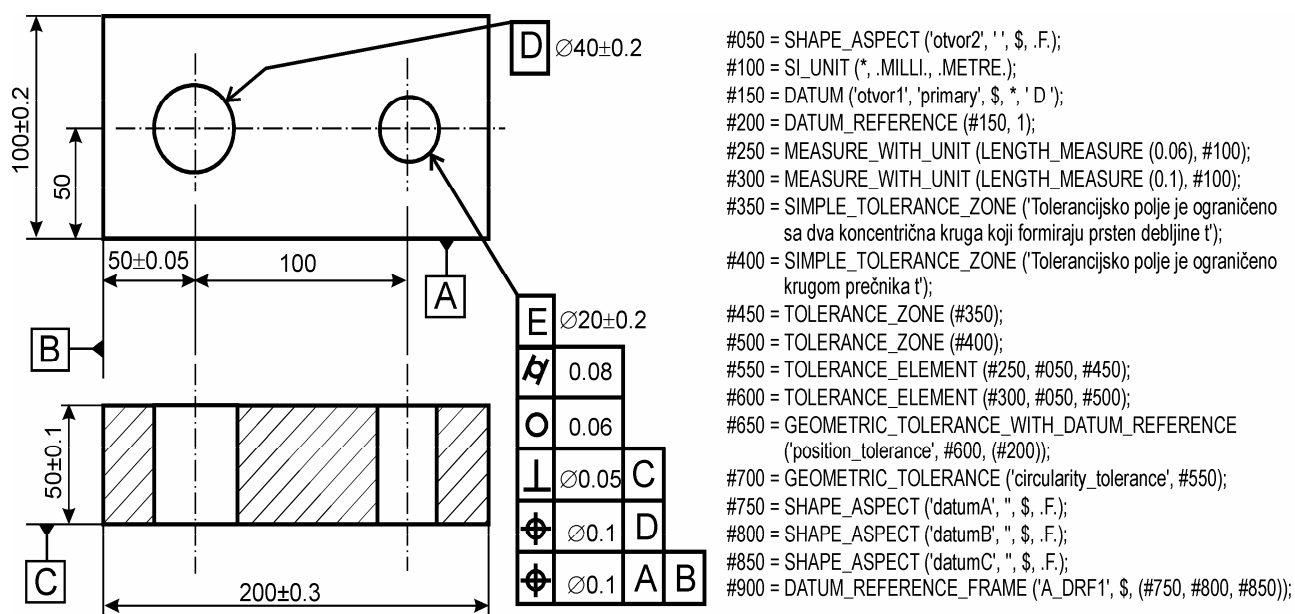
2.5. Izbor pomoćnih pribora

Zadatak ovog modula u sistemu CA4P je da, u zavisnosti od konstrukcione konfiguracije dela, mašine alatke, alata i drugih elemenata obradnog sistema, izabere standardni pomoćni pribor za baziranje i stezanje obratka. Osnovni zahtev koji se postavlja u odnosu na ovaj modul je tačnost pozicioniranja. Za pojedine tipske situacije mogu se, od modularnog pribora, formirati tipske konfiguracije i posle, po potrebi, pozivati iz baze podataka.

Problem izbora pomoćnog pribora je znatno složeniji kod prizmatičnih nego kod rotacionih delova. Osnovu za rešenje tog problema predstavlja određivanje tehnoloških baza i formiranje tehnoloških mernih lanaca. Ova problematika je detaljno analizirana u [6] i [17], gde se daju preporuke o postupku određivanja tehnoloških baza i formiranju tehnoloških mernih lanaca, koje se mogu lako algoritimizovati.

Međutim, ostaje da se reši problem izdvajanja metrološke informacije iz geometrijskog modela, kojim su se bavili brojni istraživači. Shah i dr. [18] predlažu formiranje posebnog modela za definisanje metrološke informacije (dimenzione i geometrijske tolerancije) iz koga će se moći lako izdvajati metrološka obeležja kompatibilno i uporedno sa procesom tehnološkog prepoznavanja. Zhou i dr. [19] definišu strukturu neutralnog formata podataka koji služi za transfer podataka o tehnološkim i metrološkim obeležjima, od modela ka modulu CAPP sistema za planiranje pomoćnih pribora.

Modul za izbor pomoćnih pribora u CA4P sistemu koristi metrološku informaciju koja je inkorporirana u STEP modelu dela. Primer jednog takvog koda (sa značajnim modifikacijama preuzet iz [20]), generisanog za ploču sa dva otvora, dat je slikom 2.8.



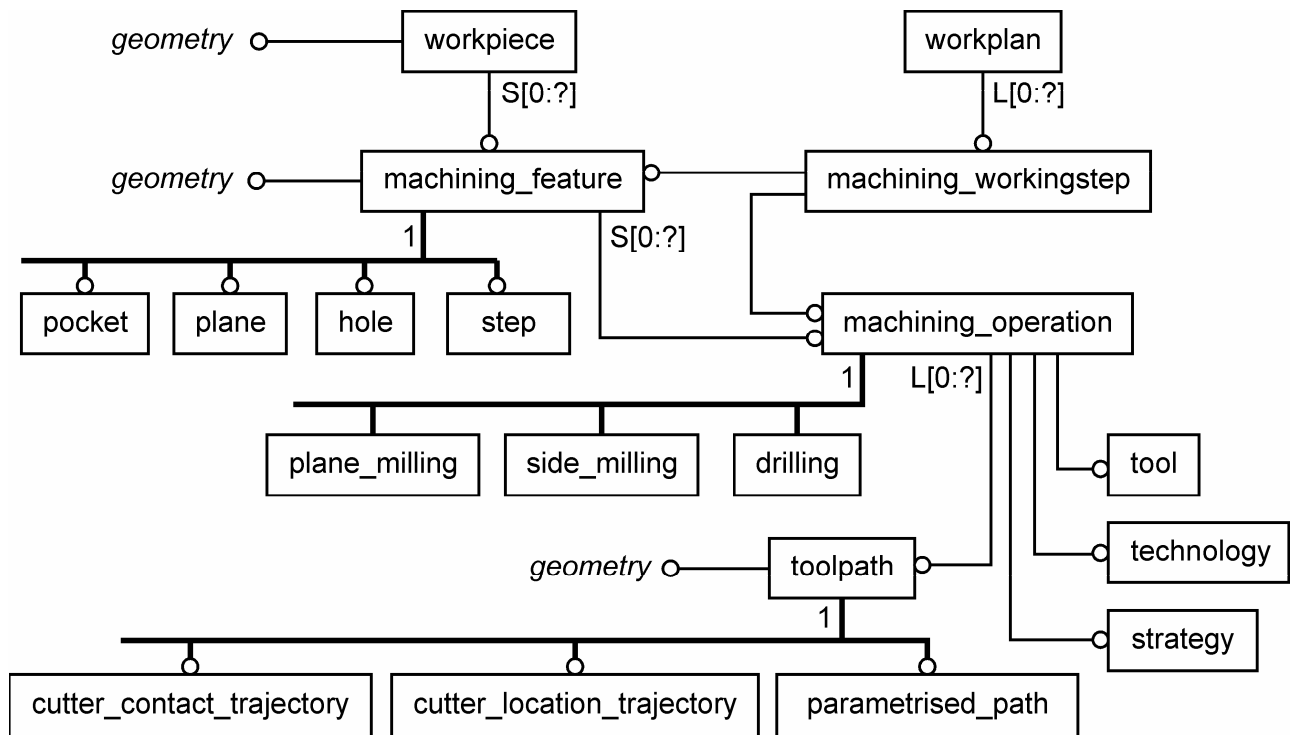
Slika 2.8: Ploča sa dva otvora i deo odgovarajućeg STEP fajla sa podacima o metrološkim obeležjima.

Ovaj modul u CA4P trenutno nije potpuno razvijen ni na nivou modela, ali su, kao što se vidi iz prethodnog teksta, date osnovne postavke i smernice za dalja istraživanja.

3. EXPRESS-G DIJAGRAM STRUKTURE PODATAKA O DELU U CA4P SISTEMU

Na osnovu arhitekture i opisa pojedinih modula sistema CA4P, a korišćenjem standarda ISO 10303-224, formirana je detaljna struktura podataka o delu za projektovanje tehnoloških procesa, prilagođena modelu sistema CA4P. Struktura je prikazana u EXPRESS-G jeziku i u celini data u [5].

Ilustracija mogućnosti proširenja ove strukture podataka i na podatke definisane STEP-NC standardom ISO 10303-238, data je slikom 3.1.



Slika 3.1: EXPRESS-G dijagram integrisanog modela podataka.

4. ZAKLJUČAK

Projektovanje CAPP sistema je jedan od najkompleksnijih poduhvata u oblasti proizvodnog mašinstva, jer ovi sistemi predstavljaju glavni komunikacioni čvor koji povezuje humane resurse (projektantske i operatorske), sa mašinskim resursima (tehnološkim i upravljačkim) u jednom savremenom proizvodnom sistemu. Složenost problematike za čije su rešavanje namenjeni, onemogućila je u dosadašnjem periodu njihovog razvoja pojavu komercijalnih paketa, osim onih sa veoma uskim domenom primene. Ipak, s obzirom na veliki broj istraživačkih timova koji rade u korist tog cilja, neprekidni razvoj bazičnih metodologija i usavršavanje hardversko-softverskih resursa, nije nerealno očekivati pojavu potpuno automatizovanog CAPP sistema u bliskoj budućnosti.

CA4P sistem za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa, koji je ambiciozno zamišljen kao pokušaj da se odgovori na mnoge od nedostataka savremenih CAPP sistema, osim veze sa CAD sistemima preko modula za tehnološko prepoznavanje, zasad je definisan samo na globalnom nivou funkcionisanja. Njegovo detaljno projektovanje i razvoj svih predviđenih modula predstavlja prvi predviđeni pravac daljih istraživanja u ovoj oblasti.

REFERENCE

- [1] Khoshnevis, B., Šormaz, D. N., Park, J. Y., An integrated process planning system using feature reasoning and space search-based optimization, *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 597-616, 1999.
- [2] Zhao, F., Wu, P. S. Y., *A cooperative framework for process planning*, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 12, No. 2, pp. 168-178, Taylor & Francis, 1999.
- [3] Chang, P.-T., Chang, C.-H., *An integrated artificial intelligent computer-aided process planning system*, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 13, No. 6, pp. 483-497, Taylor & Francis, 2000.
- [4] Dereli, T., Filiz, H., *A note on the use of STEP for interfacing design to process planning*, *Computer-Aided Design*, Vol. 34, pp. 1075-1085, 2002.
- [5] Nešić, N., *Razvoj sistema za tehnološko prepoznavanje i projektovanje tehnoloških procesa za delove koji se izrađuju na obradnim centrima*, magistarski rad, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, Beograd, 2007.
- [6] Babić, B., *Projektovanje tehnoloških procesa*, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.
- [7] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Model sistema za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima*, Zbornik 32. JUPITER konferencije, str. 2.18-2.26, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, Zlatibor, 2006.

- [8] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., Lazarević, I., *Softver za pretprocesiranje ulaza u veštačku neuronsku mrežu u sistemu za tehnološko prepoznavanje prizmatičnih delova*, Zbornik 33. JUPITER konferencije, str. 2.79-2.87, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, Zlatibor, 2007.
- [9] Khoshnevis, B., Šormaz, D. N., Park, J. Y., *An integrated process planning system using feature reasoning and space search-based optimization*, IIE Transactions, Vol. 31, pp. 597-616, 1999.
- [10] Wu, M. C., Liu, C. R., *Analysis on machined feature recognition techniques based on B-rep*, Computer-Aided Design, Vol. 28, No. 8, pp. 603-616, Elsevier Science Ltd., 1996.
- [11] Lim, T., Corney, J., Clark, D. E. R., *Exact Tool Sizing for Feature Accessibility*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 16, pp. 791-802, Springer-Verlag London Ltd., 2000.
- [12] Lim, T., Corney, J., Ritchie, J. M., Clark, D. E. R., *Optimising Automatic Tool Selection for 2½D Components*, Proceedings of ASME 2000 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Baltimore, Maryland, 2000.
- [13] McWherter, D., Peabody, M., Regli, W. C., Shokoufandeh, A., *Solid Model Databases: Techniques and Empirical Results*, Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol. 1, December 2001, pp. 301-310, ACME, 2001.
- [14] Tolouei-Rad, M., *An efficient algorithm for automatic machining sequence planning in milling operations*, International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 17, pp. 4115-4131, Taylor & Francis Ltd., 2003.
- [15] Bhaskara Reddy, S. V., Shunmugam, M. S., Narendran, T. T., *Operation sequencing in CAPP using genetic algorithms*, International Journal of Production Research, Vol. 37, No. 5, pp. 1063-1074, Taylor & Francis Ltd., 1999.
- [16] Lee, D.-H., Kiritsis, D., Xirouchakis, P., *Search heuristics for operation sequencing in process planning*, International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 16, pp. 3771-3788, Taylor & Francis Ltd., 2001.
- [17] Halevi, G., Weil, R. D., *Principles of Process Planning*, Chapman & Hall, UK, 1995.
- [18] Shah, J. J., Yan, Y., Zhang, B.-C., *Dimension and tolerance modeling and transformations in feature based design and manufacturing*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 9, pp. 475-488, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [19] Zhou, F., Kuo, T.-C., Huang, S. H., Zhang, H.-C., *Form Feature and Tolerance Transfer from a 3D Model to a Set-up Planning System*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 19, pp. 88-96, Springer-Verlag London Ltd., 2002.
- [20] Tsai, J.-C., Chuang, T.-C., Guo, D.-N., *Development of a STEP-based Dimensioning and Tolerancing Data Model*, Proceedings of the National Science Council ROC (A), Vol. 22, No. 6, pp. 831-840, Taipei, 1998.

Nešić, N., Babić, B.

A MODEL OF A NEW GENERATION GENERATIVE CAPP SYSTEM

Abstract: *The most important characteristics of contemporary CAPP systems include: high level of CAD/CAPP/CAM integration, feature-based neutral data format, broad implementation of artificial intelligence techniques for knowledge acquisition and management, generation of alternative process plans and process optimization capabilities, high level of automation, flexibility, interoperability and modularity. A prototype of a CAPP system, named CA4P (Computer-Aided Process Planning for Prismatic Parts) has been developed at the University of Belgrade, with an integrated automatic feature recognition system, based on STEP AP224. This paper presents a model of the CA4P system in current state of its development.*

Keywords: *CAPP, prismatic parts, STEP, manufacturing feature recognition.*

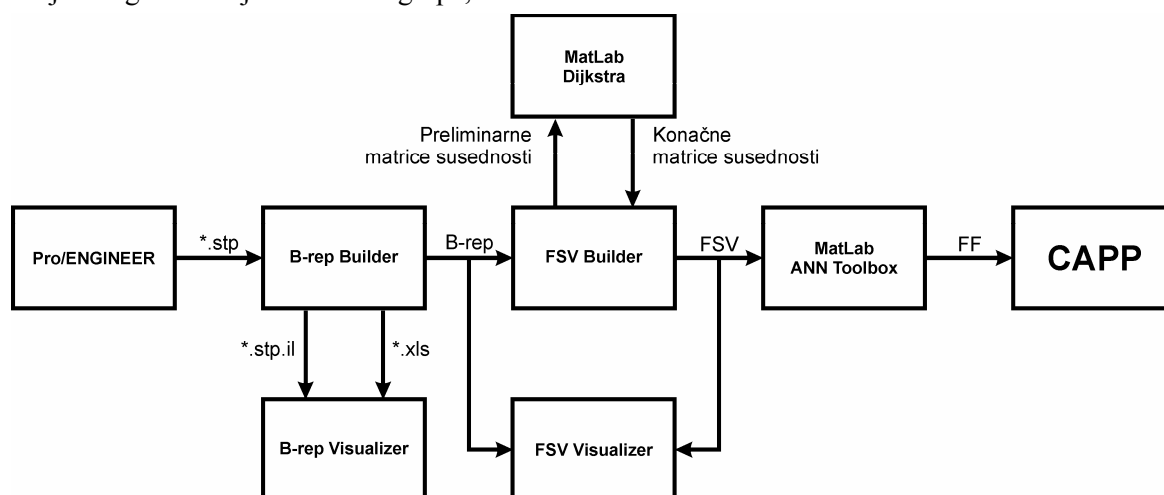
Nešić, N.¹, Babić, B.², Miljković, Z.³**RAZVIJENI SISTEM ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA**

Abstrakt: Na Univerzitetu u Beogradu se razvija prototip CAPP sistema, namenjen obradi delova na 2½D obradnim centrima, pod radnim nazivom CA4P (Computer-Aided Process Planning for Prismatic Parts). Njegov integralni deo predstavlja sistem za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi (APTF) zasnovan na STEP modelu podataka, prema aplikacionom protokolu 224. Sistem za APTF izdvaja geometrijsku i topološku informaciju o delu iz STEP fajla izvezenog iz CAD modela dela, korišćenjem specijalno projektovanog softvera B-rep Builder. Isti softver vrši formiranje granične reprezentacije dela i pripremu za njeno kodiranje, prema konceptu zbira bodova strana, koje izvodi drugi originalno razvijeni softver, FSV Builder. Tokom procesa kodiranja ovim softverima pruža logistiku Dijkstra Toolbox, programiran u Matlab®7 okruženju, za rešavanje problema iz teorije grafova i više drugih komercijalnih softvera za vizuelizaciju i predstavljanje dobijenih rezultata. Izlaz iz ovih softvera predstavlja vektor zbira bodova strana (FSV), devetodimenzionalni niz predviđen da, kao jednoznačan nosilac tehnološke informacije pridružene svakoj od strana u B-rep dela, bude ulaz u veštačku neuronsku mrežu (VNM) za prepoznavanje tehnoloških obrazaca. Dve specijalizovane VNM, namenjene prepoznavanju „bušačkih” i „glodačkih” tehnoloških formi, projektovane su i obučene korišćenjem Matlab®7 ANN Toolboxa. Najbolje rezultate su dale arhitekture višeslojnih perceptrona sa prostiranjem signala unapred (feed-forward) i obučavanjem sa prostiranjem greške unazad (backpropagation).

Ključne reči: softver, automatsko prepoznavanje tehnoloških formi, B-rep, STEP, veštačke neuronske mreže.

1. STRUKTURA I SOFTVERSKA PLATFORMA RAZVIJENOG PROGRAMSKOG REŠENJA

Teorijske postavke na kojima je zasnovan sistem za APTF na prizmatičnim delovima i primenjeni algoritmi detaljno su opisani u [1], [2] i [3]. Razvijeno softversko rešenje koje predstavlja praktičnu realizaciju ovog sistema je modularnog tipa, slika 1.1.



Slika 1.1: Struktura softverskog rešenja za APTF na prizmatičnim delovima.

¹ mr Nenad Nešić, dipl.inž.maš., nnesic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 264

² Prof. dr Bojan Babić, dipl.inž.maš., bbabic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 274

³ Prof. dr Zoran Miljković, dipl.inž.maš., zmiljkovic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 468

Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd 35

Sa slike 1.1. se vidi da prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima vrši neuronska mreža, koja se projektuje i obučava korišćenjem *Matlab*[®]7 *ANN Toolbox-a*. U svim primerima praktične primene VNM potrebno je rešiti dva ključna problema:

- kako izvršiti kodiranje parametara realnog inženjerskog problema numeričkim vrednostima, koje mogu poslužiti kao ulaz u VNM (pretprocesiranje mreže),
- kako izabrati optimalnu strukturu, algoritam i parametre učenja VNM (modeliranje mreže).

Pretprocesiranje neuronske mreže obavlja se pomoću originalno razvijenog softvera, koji je detaljno predstavljen u [4], a ovde će biti dato samo kratko podsećanje. Sistem za APTF izdvaja geometrijsku i topološku informaciju o delu iz STEP fajla izvezenog iz CAD modela dela, korišćenjem specijalno projektovanog softvera *B-rep Builder*. Isti softver vrši formiranje granične reprezentacije dela i pripremu za njeno kodiranje, prema konceptu *zbira bodova strana*, koje izvodi drugi originalno razvijeni softver, *FSV Builder*. Tokom procesa kodiranja ovim softverima pruža logistiku *Dijkstra Toolbox*, programiran u *Matlab*[®]7 okruženju, za rešavanje problema iz teorije grafova i više drugih komercijalnih softvera za vizuelizaciju i predstavljanje dobijenih rezultata. Izlaz iz ovih softvera predstavlja *vektor zbira bodova strana (FSV)*, devetodimenzionalni niz predviđen da, kao jednoznačan nosilac tehnološke informacije pridružene svakoj od strana u B-rep dela, bude ulaz u VNM za prepoznavanje tehnoloških obrazaca.

2. PREPOZNAVANJE TEHNOLOŠKIH OBRAZACA PRIMENOM VNM

U većini razvijenih sistema za APTF sa prepoznavanjem tehnoloških obrazaca primenom VNM korišćen je višeslojni perceptron sa algoritmom obučavanja sa prostiranjem greške unazad (*backpropagation – BP*), npr. [5] i [6], pa su te mreže upotrebljene za prepoznavanje tehnoloških obrazaca i u ovom sistemu APTF.

U vezi sa primenom ovih VNM može se navesti nekoliko preporuka [7]:

- ulazni sloj treba da ima onoliko neurona, kolika je dimenzija ulaznog vektora, gde svaki od neurona odgovara po jednom članu pomenutog vektora;
- sama mreža treba da ima jedan do dva skrivena sloja, sa preporučenim brojem neurona jednakim ulaznom broju neurona; ukoliko ima više skrivenih slojeva praktikuje se „piramidalno” smanjenje broja neurona ka izlaznom broju neurona;
- najčešće primenjena funkcija prelaza je sigmoidna – iz tih razloga najbolje je izvršiti pretprocesiranje ulaza, skaliranjem vrednosti, tako da se nađe u intervalu $[-1, 1]$; nakon dobijanja signala na izlazu, potrebno ih je postprocesirati, odnosno skalirati suprotnim faktorom od onog na ulazu;
- BP mreža sa sigmoidnom funkcijom prelaza daje najbolje rezultate ako je vrednost izlaza u intervalu $[0.8, 0.9]$.

Ove preporuke implementirane su u istraživanju najbolje arhitekture VNM primenjene u ovom modulu. Kao softverska platforma korišćen je *Matlab*[®]7 *ANN Toolbox*, koji nudi velike mogućnosti za projektovanje arhitekture i izbor algoritama i parametara obučavanja. Detalji u vezi sa procesom izbora optimalnih karakteristika primenjene VNM biće objašnjeni u narednom tekstu.

3. TRENING-SKUP ULAZNIH PODATAKA

Na dvoiploosnim obradnim centrima, uz dobro znanje i iskustvo tehnologa i operatera, može da se obradi veliki dijapazon različitih delova, u koje spadaju:

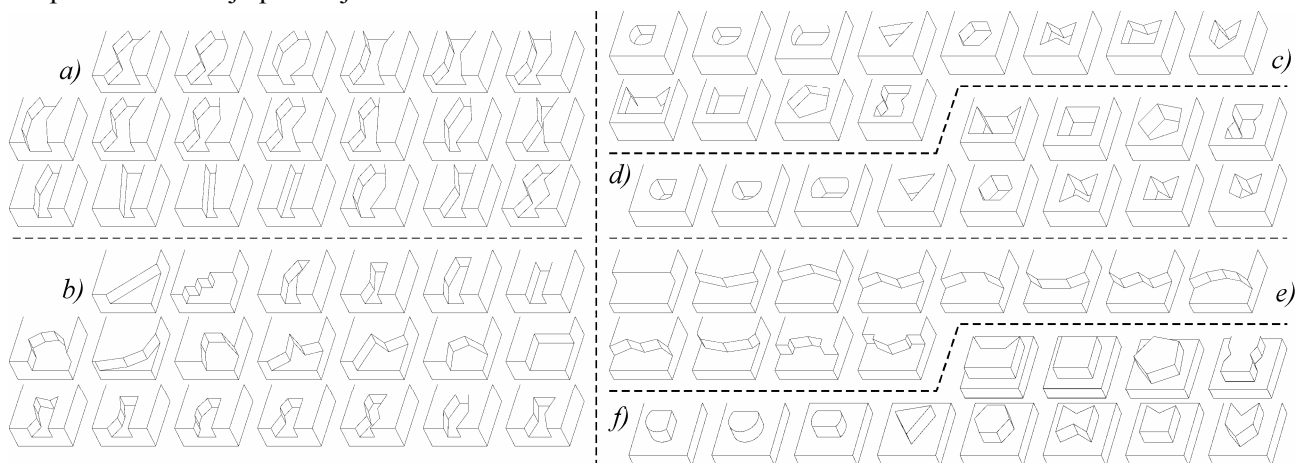
- prizmatični delovi, čija je obrada razmatrana u okviru ove magistarske teze;
- različiti nagibi na stranama tehnoloških formi: (i) *vretenastim glodalom*, izborom pogodnog napadnog ugla alata, (ii) *loptastim glodalom* i strategijom obrade koja podrazumeva inkrementalnu promenu dubine i ofsetovanje putanje alata (veći prečnici kalote loptastog glodala omogućavaju dobijanje glatkog zida i pri većim inkrementima promene dubine, odnosno ofseta konture);
- pojedini trivijalni oblici, poput, na primer, polucilindrične površi sa osom u y-pravcu kretanjem alata u x-z ravni na horizontalnim obradnim centrima.

Planiranje putanje alata mora da obezbedi ispunjenje sledeća dva uslova:

- generisana putanja mora da pokrije kompletnu površinu koja se obrađuje, a da pritom ne ugrozi susedne površine na kojima je obrada već izvršena,
- mora se težiti da se za što kraće vreme skine što veća zapremina materijala, a da se ne ugroze normalni uslovi rada alata i mašine (da ne dođe do loma, pregrevanja i sl.).

Modul za tehnološko prepoznavanje razvijen je kao integralni deo modela CAPP sistema, pod nazivom CA4P [8]. Jedna od osnovnih namera pri projektovanju modela CA4P sistema je bila da se, preko STEP strukture podataka, obezbedi direktna veza između CAD modela dela i CAM funkcija, poput izbora strategije obrade i definisanja putanje alata. U tu svrhu je i razvijen objektno-orijentisan pristup zasnovan na *semantičkoj mreži za generisanje instanci individualnih procesnih objekata* [8]. Semantička mreža

obezbeđuje objektno-orijentisani pristup za objedinjavanje geometrijske, tehnološke i metrološke informacije u jedinstveni informacioni kontekst zasnovan na primeni *obeležja* i neutralnom modelu podataka o delu, prema AP224. Njen osnovni entitet predstavlja *individualni procesni objekat* (IPO), sa objedinjenim informacionim kontekstom koji obuhvata podatke o tehnološkoj formi i primenjenoj metodi i alatu za njenu obradu. Taj se koncept dodatno razrađuje, podelom tehnoloških formi, odnosno odgovarajućih IPO, u osam grupa, koje su opisane u narednom tekstu. Za svaku od tih grupa slikom 3.1 predstavljen je sadržaj trening-skupa za obučavanje primenjene VNM.



Slika 3.1: Trening-skup za prepoznavanje obrazaca: **a)** žleb, **b)** slepi žleb i ugaoni stepenik, **c)** džep, **d)** prizmatični otvor, **e)** stepenik, **f)** ispupčenje-breg.

U prvu grupu mogu se svrstati prizmatična udubljenja, tzv. *džepovi*. Za njihovu obradu stoje na raspolaganju dve strategije. Prva od njih, starija, podrazumevala je prethodno zabušivanje i bušenje da se napravi ulaz za vretenasto glodalo (kako bi se izbegla mogućnost kolizije osnog dela čela glodala koji nema rezne karakteristike, sa obrađenom površinom). Druga strategija, omogućena savremenim CAM softverima i danas široko u upotrebi, podrazumeva korišćenje samo vretenastog glodala, koje se, po putanji automatski određenoj softverom, ukoso „uglavljuje” po dubini, u nizu cikličnih kretanja „levo-desno”.

U drugu grupu spadaju *prizmatični otvori*. Ove tehnološke forme nemaju mnogo smisla na delovima koji se izrađuju na obradnim centrima (najčešće se izrađuju elektroerozionom obradom), osim u slučaju pločastih delova, kada se primenjuju iste strategije kao za džepove.

Treću grupu čine *stepenici*. Stepenici koji imaju potpuno konveksnu konturu „zida” (vertikalnog dela forme) mogu se izraditi čeonim glodanjem, dok se oni koji imaju konkavne konture zidova moraju popravljati vretenastim glodalom koje ima poluprečnik jednak najmanjem poluprečniku zaobljenja na ivicama. Primenom čeonih glodala postiže se više ciljeva: veći alati imaju veću krutost i postojanost; pored toga, obrada je brža, jer je zadovoljen princip *maksimalne skinute zapremine* (uvek koristiti najveći alat koji forma i karakteristike obradnog sistema dozvoljavaju). Čeona glodala su sva nasadnog tipa i imaju prečnike veće od 25 mm; umesto njih se mogu koristiti i glodačke glave sa napadnim uglom 90°. U ovu grupu bi se mogli ubrojati i *ugaoni stepenici sa konveksnim konturama*, ali se radi smanjenja broja varijanti za prepoznavanje oni pridružuju sedmoj grupi.

U četvrtu grupu spadaju *ispupčenja-bregovi*. Ove se tehnološke forme mogu izraditi istim alatima kao stepenici, u zavisnosti od konveksnosti kontura.

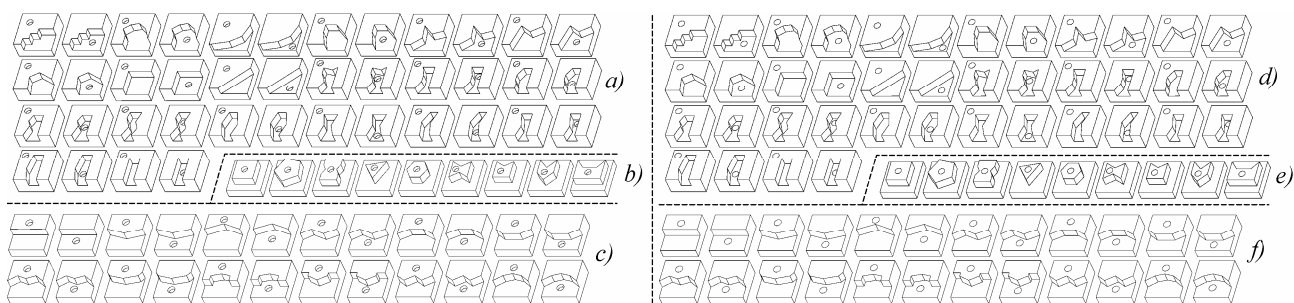
U petu grupu spadaju *ispupčenja-ostrva*. Ove se tehnološke forme mogu izraditi vretenastim glodalima odgovarajućih prečnika, primenom neke od prethodno pomenutih strategija.

Šestu grupu čine *žlebovi*, koji se u principu mogu izraditi vretenastim glodalima. Ulaz i izlaz alata se nalaze na različitim stranama dela, što implicira primenu odgovarajuće strategije putanje alata.

Sedma grupa obuhvata *slepe žlebove* i *ugaone stepenike*, koji se takođe mogu izraditi vretenastim glodalima uz primenu strategija putanje alata koje podrazumevaju ulaz i izlaz alata na istoj strani dela.

Osmu grupu čine *cilindrični otvori* i *cilindrične rupe*, koje za svoju izradu podrazumevaju primenu bušačkih alata i operacija. Formiran je trening-skup (slika 3.2) i za ove tehnološke forme, koji obuhvata veliki broj njihovih varijanti pojavljivanja na različitim formama u prethodnih sedam grupa.

Podela koja je objašnjena u prethodnom tekstu u velikoj meri prati i logiku rada savremenih CAM softvera, koji na prvom nivou izbora alata i strategije obrade za prizmatične delove obično nude izbor između obrade konture, džepova, bušačkih operacija ili graviranja; ova činjenica dopunski opravdava uvođenje pomenute podele.



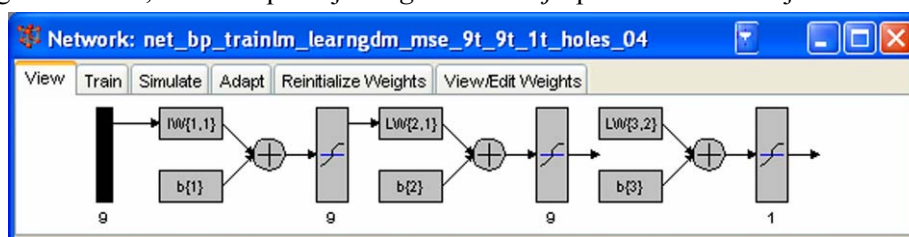
Slika 3.2: Trening-skup za: **a)** rupe na slepim žlebovima i ugaonim stepenicima, **b)** rupe na bregovima, **c)** rupe na stepenicima, **d)** otvori na slepim žlebovima i ugaonim stepenicima, **e)** otvori na bregovima, **f)** otvori na stepenicima.

4. ARHITEKTURA I ALGORITAM OBUČAVANJA PRIMENJENE VNM

Postavljen je istraživački cilj da se dokaže hipoteza o mogućnosti prepoznavanja tehnoloških obrazaca primenom VNM na osnovu ulaza koji čine vektori zbirova strana (FSV). Da bi se ovaj proces olakšao, izvršena je njegova podela u dve etape: najpre će biti utrenirana mreža koja će imati zadataka da prepozna otvore i rupe na test-delovima, a zatim će biti izvršena njihova supresija u modelu i izvršeno prepoznavanje preostalih tehnoloških formi primenom druge VNM. Ovakav pristup nalazi opravdanje u samom procesu modeliranja, a i tehnologije izrade prizmatičnih delova, gde će prvo biti modelirane, odn. uzrađene sve glodačke operacije, a zatim sve bušačke.

Matlab[®]7.2 ANN Toolbox nudi mogućnost izbora između 18 različitih tipova neuronskih mreža. U ovom sistemu za tehnološko prepoznavanje korišćene su „*feed-forward backpropagation*” (BP) veštačke neuronske mreže. Kada je o BP reč, *Matlab*[®]7 omogućava izbor između 14 različitih algoritama za obučavanje, tri moguće funkcije prelaza (tan-sigmoidnu, log-sigmoidnu i linearnu) i veći broj funkcija za prilagođavanje i poboljšanje karakteristika učenja.

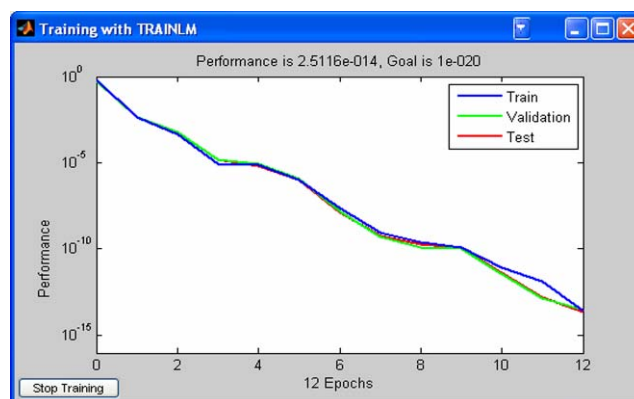
Tokom istraživanja u okviru ove magistarske teze analizirane su različite varijante arhitektura i algoritama obučavanja BP mreža. Kada je u pitanju mreža namenjena prepoznavanju otvora i rupa, najbolje performanse je imala mreža koja ima po 9 neurona u ulaznom i skrivenom sloju i 1 neuron u izlaznom sloju, obučena primenom *Levenberg-Marquardt* algoritma (*trainlm*), slika 4.1. Ovaj algoritam spada u grupu *kvazi-Njutnovskih* metoda, koji omogućavaju brzu optimizaciju procesa učenja, ali su memorijski veoma zahtevni. Primenjena je funkcija adaptacije algoritma učenja *learnngdm*, koja smanjuje verovatnoću zadržavanja u oblasti lokalnog minimuma, odnosno poboljšava *generalizaciju* procesa obučavanja.



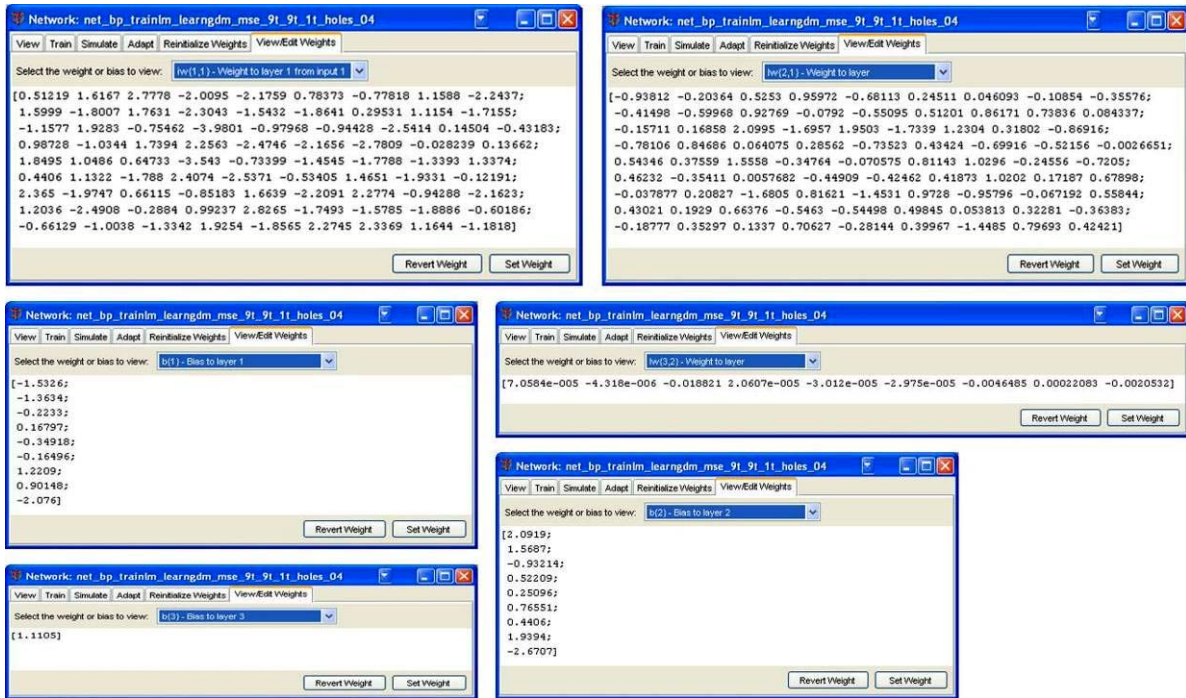
Slika 4.1: Arhitektura VNM za prepoznavanje rupa i otvora.

Ulazni podaci za obučavanje VNM (*input data*) i željeni izlazi (*target data*) su formirani na osnovu trening-skupa prikazanog slikama 3.1 i 3.2, uz poštovanje preporuke da se 60% trening-skupa odvoji za treniranje mreže (*training data*), 20% za validaciju, odnosno rano otkrivanje grešaka (*validation data*) i preostalih 20% za testiranje sopstvene robusnosti mreže (*test data*).

Primena ovih preporuka je takođe doprinela *generalizaciji* procesa obučavanja. Proces obučavanja je zaustavljen u trenutku kada su grafici smanjenja greške kod podataka za validaciju i testiranje počeli da se odvajaju od grafika kod podataka za testiranje, slika 4.2, što se dogodilo nakon 12 iteracija.



Slika 4.2: Obučavanje, validacija i testiranje sopstvene robusnosti VNM.



Slika 4.5: Finalne matrice težinskih odnosa obučene VNM za rupe i otvore.

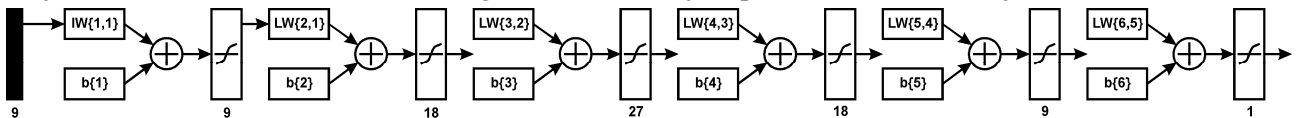
Projektovanje i obučavanje VNM za prepoznavanje preostalih („glodačkih”) tehnoloških obrazaca, predstavljali su znatno veći izazov nego što je to bio slučaj kod VNM za prepoznavanje otvora i rupa, iz nekoliko očiglednih razloga:

- prisustvo cilindričnih površina sa virtuelnim ivicama je veoma jak nagoveštaj za postojanje tehnoloških obrazaca rupa i otvora;
- bilo je neophodno obučiti mrežu za dobijanje samo dva različita željena izlaza;
- trening-skup za VNM za rupe i otvore je bio četiri do pet puta veći nego za ostale forme.

U želji da se koliko je god moguće olakša ovaj težak zadatak, željeni izlazi za glodačke forme su podeljeni u pet grupa (nisu razmatrana „ostrva”) i kodirani na sledeći način: stepenici (0.80), bregovi (0.81), slepi žlebovi i ugaoni stepenici (0.82), žlebovi (0.83), džepovi (0.84). Na osnovu zaključaka dobijenih analizom rezultata prethodne VNM, izvršeno je i kodiranje neželjenih izlaza, vrednošću 0.85. Međutim, od ove ideje se odustalo jer se, u uslovima u kojima neželjenih izlaza ima preko 800, a željenih u trening-skupu samo 76, mreža nije mogla uspešno obučiti.

U procesu određivanja odgovarajuće arhitekture i karakteristika učenja za ovu VNM razmatran je veliki broj različitih varijanti, koje podrazumevaju primenu istih preporuka kao u slučaju prethodne mreže.

Nakon niza neuspešnih pokušaja, uz inicijalizaciju brojnih skupova težinskih odnosa, variranjem funkcija prenosa i broja i sadržaja skrivenih slojeva neurona, moglo se uočiti da najbolje rezultate ponovo daje *Levenberg-Marquardt* algoritam i da se vrednost dobijenih izlaza nakon zaustavljanja algoritma obuke sve više približava željenim vrednostima kako se uslojava arhitektura mreže. Napokon, dobijena je željena vrednost izlaza mrežom koja je imala 9 neurona u ulaznom sloju i ukupno 5 skrivenih slojeva sa sledećim brojem neurona: 18+27+18+9+1 i tan-sigmoidnom funkcijom prelaza u svakom od njih, slika 4.6.



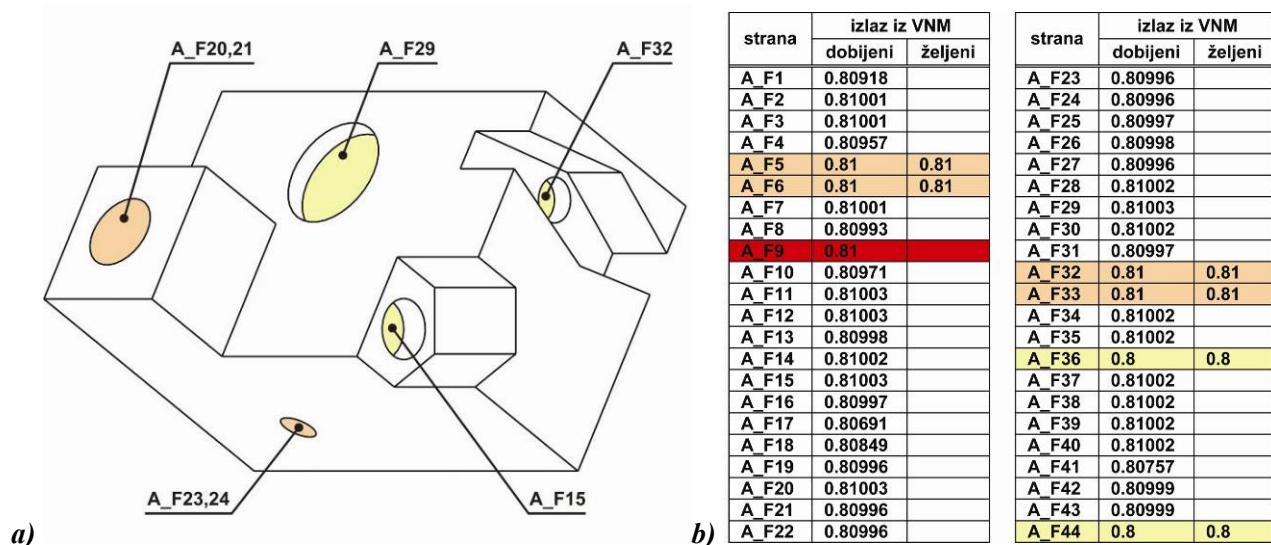
Slika 4.6: Arhitektura VNM za prepoznavanje „glodačkih” tehnoloških formi.

5. TEST-PRIMERI I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Za testiranje obučenih VNM pripremljeno je nekoliko test-delova, koji sadrže različite pojavne varijante tehnoloških formi za čije su prepoznavanje VNM namenjene.

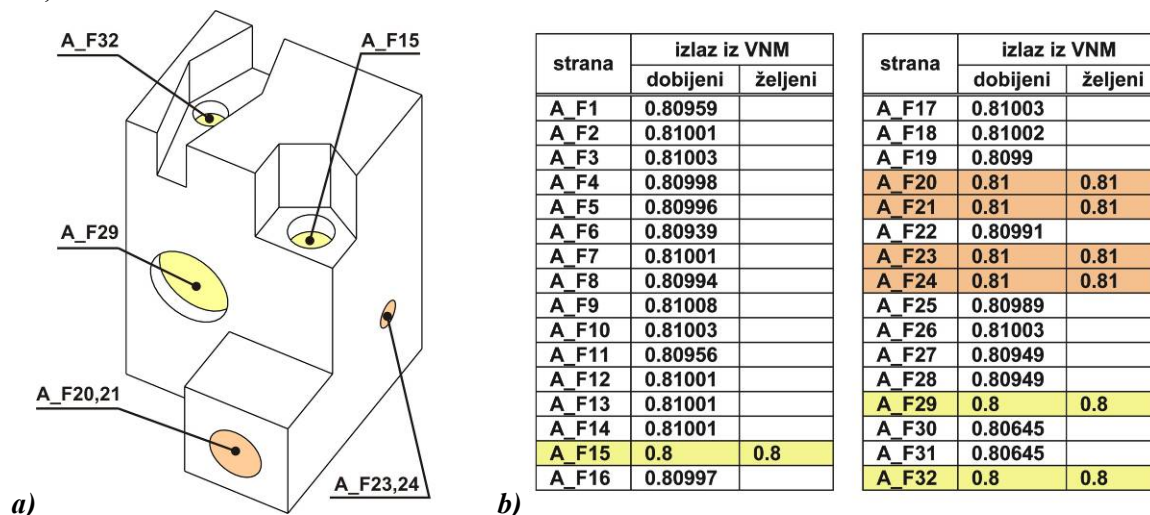
Kada je reč o VNM za prepoznavanje tehnoloških obrazaca rupe i otvora, simulacija je izvršena na 3 test-dela, koji imaju postepen porast kompleksnosti od prvog ka trećem. Kao što je ranije napomenuto, rupe su kodirane željenim izlazom 0.8, a otvori željenim izlazom 0.81.

Test-deo 1 (slika 5.1.a) je na sebi sadržao po dve rupe i otvora, koje je VNM bez problema prepoznala. Rezultati simulacije za ovaj deo prikazani su slikom 5.1.b. Međutim, VNM je napravila i jednu grešku, prepoznavši ravnu stranu, kojoj je softver *B-rep Builder* dodelio naziv „A_F9” kao otvor.



Slika 5.1: a) Test-deo 1, b) Rezultati simulacije rada obučene VNM za rupe i otvore na Test-delu 1.

Test-deo 2 je na sebi sadržao po tri rupe i dva otvora, koje je VNM prepoznala, ne napravivši nijednu grešku. Prikaz *Test-dela 2*, sa nazivima strana koje je generisao *B-rep Builder*, kao i rezultati simulacije za ovaj deo, dati su slikom 5.2.

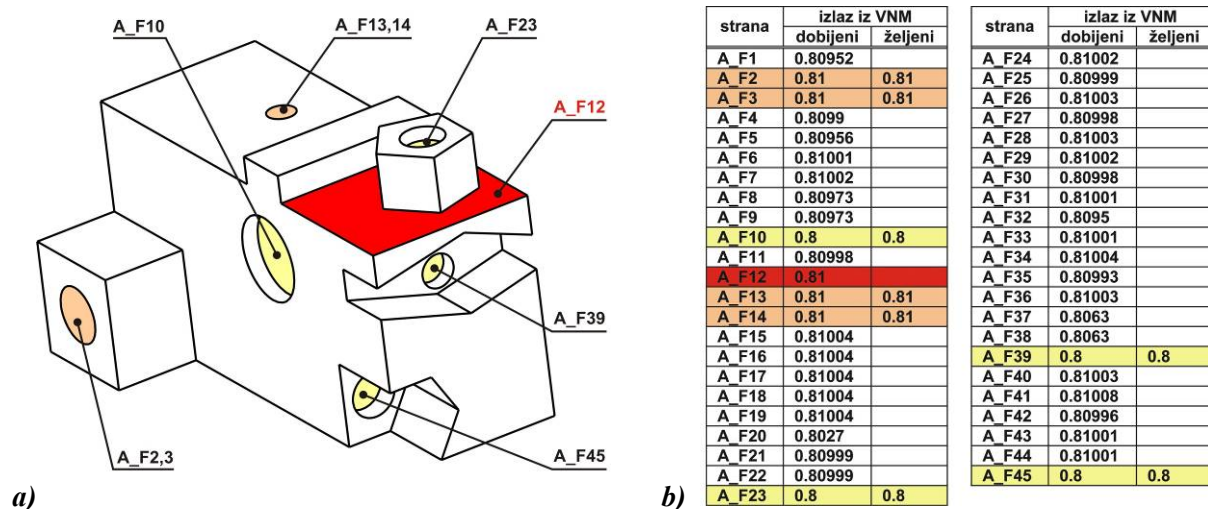


Slika 5.2: a) Test-deo 2, b) Rezultati simulacije rada obučene VNM za rupe i otvore na Test-delu 2.

Test-deo 3 (slika 5.3.a) je na sebi sadržao četiri rupe i dva otvora i sve te tehnološke forme je VNM prepoznala. Rezultati simulacije za ovaj deo prikazani su slikom 5.3.b. Kao i u slučaju *Test-dela 1*, VNM je napravila i jednu grešku, prepoznavši ravnu stranu „A_F12”, kao otvor.

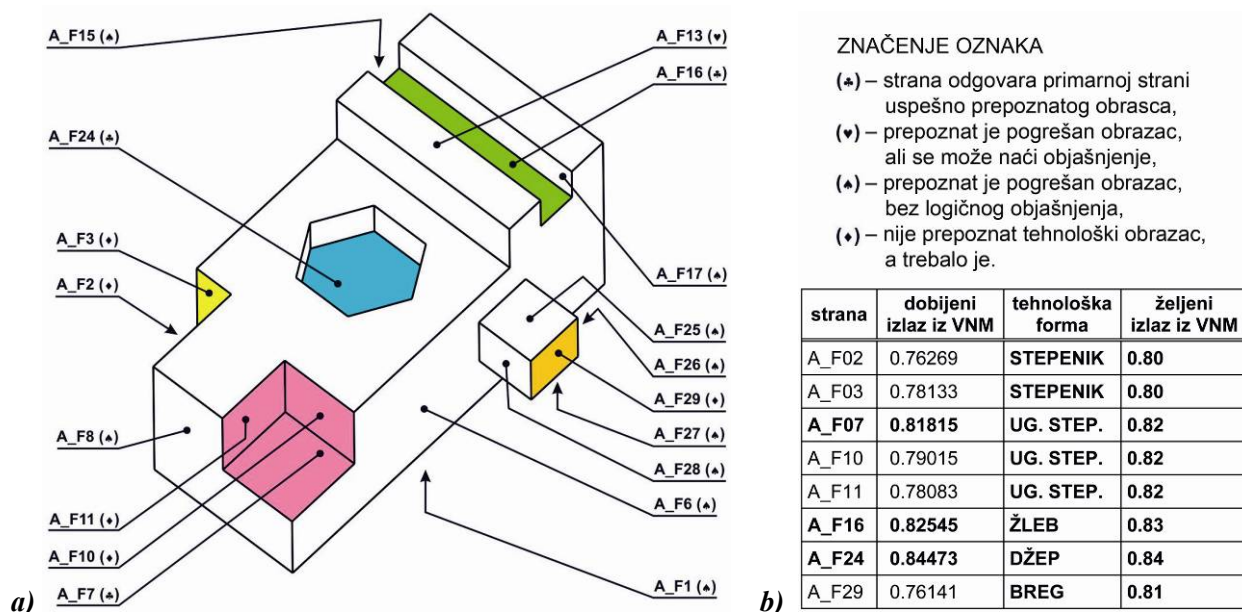
Na slikama 5.1 do 5.3 su žutom bojom naznačene one vrednosti koje odgovaraju rupama, narandžastom one koje odgovaraju otvorima, a crvenom pogrešno prepoznate strane. Neobične projekcije koje su na njima primenjene, posledica su želje da se sve prepoznate forme vide u jednom pogledu.

Na osnovu prethodno opisanih rezultata može se zaključiti da obučena VNM za prepoznavanje tehnoloških obrazaca rupa i otvora besprekorno prepoznaje sve forme koje odgovaraju pomenutim obrascima, ali povremeno napravi i grešku, tako što prepozna pojedine strane koje nisu primarne za rupe i otvore. Uzrok tome može da leži u činjenici da pri obučavanju mreže nisu kodirani željeni izlazi za strane koje nisu primarne za tehnološke obrasce otvora i rupa, pa se može desiti da slučajno neka od njih dobije vrednost na izlazu koja odgovara kodiranim izlazima za ove dve forme. Ova hipoteza je proverena pri obučavanju druge VNM, namenjene prepoznavanju „glodačkih” tehnoloških formi. Rezultati te provere, na raspoloživom trening-skupu, nisu dali pozitivne rezultate; ipak, može se pretpostaviti da bi na većem trening-skupu ta hipoteza možda mogla i da bude potvrđena.



Slika 5.3: a) Test-deo 3, b) Rezultati simulacije rada obučene VNM za rupe i otvore na Test-delu 3.

Simulacija rada obučene VNM za prepoznavanje „glodačkih” tehnoloških obrazaca izvršena je na *Test-delu 4* (slika 5.4.a), koji predstavlja uprošćenu verziju *Test-dela 1*. *Test-deo 4* sadrži po jednu instancu svakog od definisanih tehnoloških obrazaca. Nakon simulacije rada VNM, dobijeni su rezultati prikazani na slici 5.4.b. Ti rezultati su znatno lošiji nego u slučaju prethodne VNM, odn. prepoznavanje je izvršeno u približno 50% slučajeva. Pod uspešnim prepoznavanjem se smatralo ono kod koga je razlika između dobijene i željene vrednosti manja od 0.005. Relativno uspešno su prepoznati tehnološki obrasci *džepa*, *žleba* i jedna instanca *ugaonog stepenika*, dok ostale forme nisu prepoznate. Međutim, VNM je neke strane na *Test-delu 4* pogrešno prepoznala i u određenom broju slučajeva se za to može naći logično objašnjenje i predložiti korektivna mera.



Slika 5.4: a) Test-deo 4, b) Rezultati simulacije rada obučene VNM za „glodačke” forme na Test-delu 4.

Kao primer strane koju je VNM pogrešno prepoznala, a da se to može objasniti, navodi se strana A_F13. Ona je pogrešno prepoznata kao primarna strana *brega*, što se može objasniti geometrijskom sličnošću. Može se uočiti da su i ostale strane sa oznakom „♥” takođe pogrešno prepoznate kao *breg*, što je uzrokovano činjenicom da kod *brega*, posebno u slučaju većeg broja bočnih strana, sve one mogu imati veoma sličan FSV kao odgovarajuća primarna strana (razlikuje se 5. član, a ostali, u slučaju da primarna strana ima više od 8 ivica, mogu biti svi isti kao kod primarne strane). Ova bi se greška mogla ispraviti povećanjem trening-skupa za bregove.

Uočava se, takođe, da su tehnološke forme za koje je napravljen veći trening-skup, kao što je *žleb*, ili *ugaoni stepenik*, znatno bolje prepoznate od ostalih, pa se i za njih, kao korektivna mera, predlaže povećanje broja elemenata u trening-skupu.

6. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje je imalo za cilj da proveri naučnu hipotezu da je u okviru sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa za klasu delova koji se izrađuju na dvoiploosnim obradnim centrima (prizmatičnim delovima), moguće razviti modul za tehnološko prepoznavanje sa sledećim karakteristikama:

- potpuno zasnovan na STEP strukturi podataka definisanoj aplikacionim protokolom 224, koja se izdvaja direktno iz CAD modela dela,
- sa prikazom dela za identifikaciju tehnoloških formi dobijenim kodiranjem B-rep dela,
- sa primenom VNM za prepoznavanje tehnoloških obrazaca.

Nakon završetka obučavanja veštačkih neuronskih mreža i testiranja njihove sopstvene robusnosti, izvršena je i simulacija njihovog rada na nizu test-delova. Na osnovu rezultata te simulacije može se izvući nekoliko interesantnih i ohrabrujućih zaključaka:

- *Vektor zbira bodova strana* se može uspešno koristiti kao ključ za kodiranje B-rep u sistemima za APTF, jer u sebi nosi dovoljnu količinu specifične tehnološke informacije da može stranu za koju je definisan kvalifikovati kao primarnu stranu neke tehnološke forme, ili je diskvalifikovati u smislu da nema nikakvog tehnološkog značaja.
- Prethodni zaključak je posebno podržan u slučaju prepoznavanja „bušačkih” tehnoloških obrazaca (otvora i rupa), gde je na raspoloživom trening-skupu obučena VNM koja ima gotovo stoprocentnu tačnost prepoznavanja.
- U slučaju „glodačkih” tehnoloških obrazaca, procenat tačnosti prepoznavanja je oko 50 procenata, ali je uočena većina uzroka koji dovode do pogoršanja performansi. Uopšteno posmatrano, tehnološke forme sa većim brojem konkavnih ivica (džepovi, žlebovi ...) imaju mnogo bolji procenat prepoznavanja, što je i logično, jer se one direktno izrađuju u procesu obrade.
- Povećanjem trening-skupa, posebno elementima koji odgovaraju slabije prepoznatim tehnološkim formama, može se značajno popraviti uspešnost prepoznavanja. Takođe, nasuprot iskustvima nekih od istraživača koji su takođe eksperimentisali u ovoj oblasti [5], povećanje kompleksnosti arhitekture mreže davalo je svaki put sve bolje rezultate. S obzirom na to da ni za kompleksniju od dve projektovane mreže proces obučavanja nije bio duži od nekoliko minuta, moguće je da bi dalje usložavanje VNM dalo još bolje rezultate prepoznavanja.
- Originalna softverska rešenja razvijena za potrebe ovog rada, u kombinaciji sa pomenutim komercijalnim softverskim paketima, omogućila su potpuno automatizovani proces tehnološkog prepoznavanja, od CAD modela, do izlaza iz VNM, bez i jedne greške tokom čitavog procesa projektovanja trening i simulacionih skupova, koji je, u dosadašnjem toku istraživanja, ponovljen nekoliko stotina puta.

Na osnovu prethodno napisanog, može se dokazati hipoteza postavljena u ovom radu. Ipak, prostora za poboljšanja ima mnogo, a glavni pravci će biti klasifikovani prema ograničenijima koje ima opisani sistem u trenutnoj fazi razvoja.

Razvijeni sistem za APTF, predstavljen u ovom radu, pored toga što je predviđen samo za primenu na prizmatičnim delovima, ima još neka ograničenja. Naime, njime nije predviđeno prepoznavanje prelaznih tehnoloških formi kao što su oborene ivice ili zaobljenja. Međutim, pošto se pomenute forme ionako u procesu projektovanja modeliraju na kraju, moguće je izvršiti njihovu suspenziju u CAD modelu i eksportovati .stp fajl bez njih. Ovaj problem je zaokupljao pažnju i brojnih drugih istraživača, npr. [9] i [10], pa se u literaturi može naći nekoliko efikasnih algoritama za privremenu idealizaciju modela dela (prepoznavanje i privremeno uklanjanje prelaznih tehnoloških formi i njihovo ponovno pridruživanje reprezentaciji dela nakon prepoznavanja ostalih tehnoloških formi). Rešavanje pomenutog problema je predviđeno u narednim fazama ovog istraživanja.

Drugi nedostatak ovog sistema za APTF je što u njega nije ugrađena direktna mogućnost prepoznavanja preklapajućih tehnoloških formi, već se za njih mora koristiti dopunski algoritam, čije kreiranje predstavlja treći pravac daljih istraživanja. Ovaj nedostatak je delimično ublažen obogaćivanjem baze obrazaca tehnoloških formi pojedinim složenim, preklapajućim formama, kao što je, na primer, *ukršteni žleb*.

Opisani sistem ima mogućnost povezivanja sa ostalim podsistemima CAPP, preko svog izlaza koji čine prepoznate tehnološke forme. Tipske tehnološke forme se mogu dalje povezati sa bazama alata, pomoćnih pribora, režima obrade i slično. U tim daljim fazama zahteva se primena još brojnih drugih algoritama optimizacije kako bi se što bolje iskoristila tehnološka informacija dobijena iz sistema za APTF (na primer, kod otvora i rupa ujedinjavanje dve polucilindrične površi u jedinstvenu tehnološku formu; određivanje položaja susednih položaja bočnih strana na osnovu oblika primarne strane, radi izbora strategije putanje alata i sl.).

REFERENCE

- [1] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Model sistema za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima*, Zbornik 32. JUPITER konferencije, str. 2.18-2.26, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, Zlatibor, 2006.
- [2] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Primena veštačkih neuronskih mreža u sistemima za APTF*, Zbornik radova sa 30. Savetovanja proizvodnog mašinstva, str. 85-94, Vrnjačka Banja, 2005
- [3] Babić, B., Nešić, N., Miljković, Z., *A Review of Automated Feature Recognition with Rule-Based Pattern Recognition*, survey paper, Computers in Industry, Vol. 59, pp. 321-337, 2008.
- [4] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., Lazarević, I., *Softver za pretprocesiranje ulaza u veštačku neuronsku mrežu u sistemu za tehnološko prepoznavanje prizmatičnih delova*, Zbornik 33. JUPITER konferencije, str. 2.79-2.87, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, Zlatibor, 2007.
- [5] Nezis, K., Vosniakos, G., *Recognizing 2.5D shape features using a neural network and heuristics*, Computer-Aided Design, Vol 29. No. 7. pp. 523-539, Elsevier Science Ltd., 1997.
- [6] Li, W. D., Ong, S. K., Nee, A. Y. C., *Recognition of overlapping machining features based on hybrid artificial intelligent techniques*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Vol. 214, Part B, pp. 739-744, 2000.
- [7] Skapura, D. M., *Building Neural Networks*, pp. 34-37, ACM Press and Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1995.
- [8] Nešić, N., *Razvoj sistema za tehnološko prepoznavanje i projektovanje tehnoloških procesa za delove koji se izrađuju na obradnim centrima*, magistarski rad, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, Beograd, 2007.
- [9] Zhu, H., Menq, C. H., *B-rep model simplification by automatic fillet/round suppressing for efficient automatic feature recognition*, Computer-Aided Design, Vol. 34, pp. 109-123, Elsevier Science, 2002.
- [10] Li, B., Liu, J., *Detail feature recognition and decomposition in solid model*, Computer-Aided Design, Vol. 34, pp. 405-414, Elsevier Science Ltd., 2002.

Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z.

A DEVELOPED SYSTEM FOR AUTOMATIC FEATURE RECOGNITION ON PRISMATIC PARTS

Abstract: A prototype of a CAPP system, named CA4P (Computer-Aided Process Planning for Prismatic Parts) has been developed at the University of Belgrade, with an integrated automatic feature recognition (AFR) system, based on STEP AP224. The AFR system extracts the geometric and topological data on the part from the STEP file exported from the CAD part model using a specially designed B-rep Builder software. This software forms a boundary representation of the part and prepares it for coding which is executed afterwards by another originally developed software, FSV Builder, in accordance with the face score concept. During the coding process, this software is logistically supported by the Dijkstra Toolbox, programmed in Matlab[®]7 environment and intended for solving graph theory problems, as well as by several other commercial software for visualization and result presentation. The output of the given software is the face score vector (FSV), a nine-dimensional array, an integral carrier of technological information assigned to each of the faces in the part B-rep, which acts as input to the ANN for feature recognition. Two specialized ANNs, for the recognition of milling and drilling features, have been designed and trained using Matlab[®]7ANN Toolbox after experimenting considerably with numerous possibilities this outstanding software package offers. The best results were achieved by architectures of multi-layer perceptrons with signal feed-forward and error backpropagation.

Keywords: Software, Automatic Feature Recognition, B-rep, STEP, Artificial Neural Networks.



¹ IMPLEMENTACIJA EKSTERNOG PROGRAMA U MODULARNOJ ARHITEKTURI ZA PROVERU TRENUTNOG BROJA PRIJAVLJENIH KORISNIKA NA LINUX OS SYSTEM

**mr. Goran Vujačić dipl.inž., Viša železnička škola Beograd,
dr. Ljubomir Lukić dipl.inž., Mašinski fakultet Kraljevo**

Rezime : U ovom radu je predstavljen je jedan razvijeni plugin program kojim se proverava trenutni broj logovanih, odnosno prijavljenih korisnika na Linux system, uz primenu Nagios™ *open source* paketa, koji se koristi za nadzor i upravljanje računarskim mrežama. Ovo programsko rešenje je veoma fleksibilno za upotrebu i po kvalitetu ne zaostaje mnogo u odnosu na komercijalne pakete koji su prisutni na tržištu.

I UVOD

Sistemi za nadgledanje danas imaju cilj da razmatraju ponašanje fizičkog sistema u realnom vremenu i obaveštavaju korisnike (operatore na sistemu i inženjere sistema) o nepravilnostima u njegovom radu. Te nepravilnosti mogu biti različite ozbiljnosti i porekla, a izazvane su pojavom grešaka ili otkaza u sistemu. Dosadašnja rešenja sistema za nadgledanje tehničkih sistema na arhitekturnom nivou definišu dva ključna elementa: •Grupu senzora, kojima se prikupljaju sve neophodne informacije sa karakterističnih tačaka u sistemu, i •radnih konzola, koje putem svetlosnih i zvučnih efekata obaveštavaju operatera o nepravilnostima u radu.

Dobra strana ovakvog sistema je blagovremeno obaveštavanje o kvaru ili otkazu, a kao glavni nedostaci identifikuju se nemogućnost potpunog uvida u funkcionisanje sistema do trenutka kada je nepravilnost primećena i veoma teško utvrđivanje uzroka koji je doveo sistem u neispravno stanje. Takođe, nije moguće utvrditi da li se to i ranije dešavalo, a u slučaju da jeste, kako se postupalo prilikom identifikovanja problema tog tipa u ranijem periodu rada sistema. Jedan od načina za rešavanje prethodno navedenih problema je primena sistema za nadgledanje zasnovanih na primeni programa baziranih na open source paketima web tehnologijama. Primenom navedenih paketa omogućeno je korišćenje standardnih mehanizama komunikacije, koji su proverene pouzdanosti i koji se koriste u druge svrhe niz godina, kao i jednostavnost u izradi distribuiranih sistema. Obzirom na činjenice da je kod mnogih biznis korisnika, neprofitnih organizacija itd., IT budžet prilično skroman, a da pojedini *open source* paketi po kvalitetu ne zaostaju mnogo za komercijalnim, sve je više onih koji se odlučuju za primenu *open source* softverskih rešenja za upravljanje i nadzor svojih mreža. U ovom radu, će najpre biti predstavljene neke važnije karakteristike jednog takvog *open source* paketa, Nagios™[2]. U drugom delu rada biće dato programsko rešenje jednog eksternog napisanog plugin programskog rešenja koje je implementirano u jezgro Nagios™ *open source* paketa

II UKRATKO O NAGIOS™ PAKETU

Kao što je već rečeno, Nagios™ je veoma kvalitetan *open source* softverski alat namenjen nadgledanju stanja sistemskih i mrežnih resursa i komponenti. Originalno razvijen za rad pod Linux platformom, pri čemu odlično radi i pod svim ostalim UNIX kompatibilnim platformama. Licenciran je pod uslovima GNU GPL licence verzija 2 koju je objavila Free Software Foundation.

a) Pregled važnijih mogućnosti

Neke od mnogih mogućnosti Nagiosa uključuju:

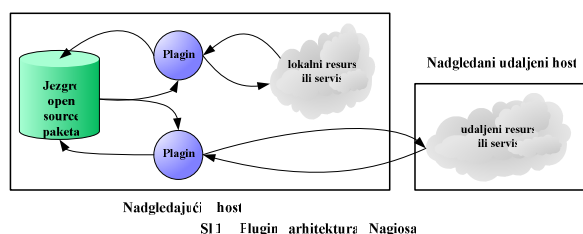
- nadgledanje dostupnosti mrežnih servisa (PING, DNS, HTTP, SSH, SMTP, POP3, IMAP, itd.),
- nadgledanje sistemskih resursa hostova (opterećenje procesora, iskorišćenost RAM memorije, opterećenje hard diskova, stanje mrežnih interfejsova, status vitalnih procesa, itd.),
- jednostavni plugin (*plug-in*) koncept koji dozvoljava korisniku da lako razvija i implementira sopstvene pluginove za nadgledanje specifičnih servisa,
- paralelno nadgledanje servisa,
- otkrivanje i razlikovanje hostova koji su nedostupni od onih koji su pali pomoću ugrađenog koncepta roditeljskih hostova i mrežne hijerar

¹ Mr. Goran Vujačić, Viša železnička škola Beograd goranv@nadlanu.com, Dr. Ljubomir Lukić, Mašinski fakultet Kraljevo

hije, • obaveštavanje u slučaju pojave neregularnog rada hostova ili servisa i njihovog oporavka (putem e-maila, pejdžera, SMS-a ili nekom drugom korisnički definisanom metodom), • mogućnost da se definišu hendleri događaja (*event handlers*) koji su aktivni za vreme izvršavanja servisa ili dešavanja događaja na hostu i koji mogu da rešavaju probleme proaktivno, • automatsku rotaciju log-a, • podršku za implementaciju redundantnih servera za nadgledanje mreže, • podršku za implementaciju distribuiranog nadgledanja mreže, • informativan web interfejs za uvid u tekući status mreže, poslata obaveštenja, istoriju problema, log datoteke, itd. i • jednostavna šema autorizacije na web interfejsu kojom se lako kontrolišu korisnička prava pristupa informacijama

b) Modularna plug-in arhitektura

Programski paket Nagios zasnovan je na jednostavnoj *plug-in* arhitekturi čiji koncept podrazumeva funkcionalnu podelu paketa na jezgro programa i eksterne programe koji se nazivaju pluginovima (engl. *plug-in*). Jezgro Nagios-a, koje čini centralni proces, u dokumentaciji još označavan kao *Nagios Process* ili *Core Logic*, ne poseduje nikakve interne mehanizme provere statusa nadgledanih objekata. Umesto toga, ono se u potpunosti oslanja na svoje pluginove koji obavljaju celokupni posao nadgledanja. Zahvaljujući ovakvom dizajnu Nagios je jako fleksibilan i lako se može integrisati sa raznim drugim *open source* paketima. O njemu se može razmišljati i kao o *framework-u* za kontrolu i nadzor mreža. Princip rada Nagiosa se ukratko može opisati na sledeći način. Nagios izvršava plugin kad god se stvori potreba za proverom statusa određenog servisa ili hosta koji se nadgleda. Plugin radi nešto (ovde treba uočiti ovaj uopšten izraz) da bi izvršio proveru i jednostavno Nagiosu vraća rezultate te provere. Primljeni rezultati se obrađuju i preduzimaju se neophodne akcije ako je tako nešto potrebno i, naravno, definisano u konfiguracionim datotekama (pokretanje *event* hendlera, slanje obaveštenja, itd.) Na slici 1. prikazan je način na koji su pluginovi odvojeni od jezgra programa. Nagios pokreće pluginove koji potom proveravaju lokalne ili udaljene resurse ili servise nekog tipa.



Slika 1. Plugin arhitektura Nagiosa

Kada pluginovi završe proveru resursa ili servisa, prosto predaju rezultate provere nazad Nagiosu na obradu. Dobra strana plugin arhitekture je što pruža praktično neograničene mogućnosti nadgledanja. **Ako se proces provere nečega može automatizovati, onda se to može nadgledati pomoću Nagiosa.** Uz Nagios distribuciju dolazi određeni broj standardnih pluginova koji pokrivaju provere gotovo svih uobičajenih mrežnih servisa i resursa kao što su dostupnost **TCP/UDP** portova, opterećenje procesora, popunjenost particija hard diska, brzina odziva pinga, nadgledanje SNMP promenljivih, itd. Imajući u vidu da plugin-ovi pristupaju *utmp* bazi (Linux sistem čuva podatke o trenutno logovanim korisnicima u vidu *utmp archive*) koja se sastoji od niza slogova koji sadrže korisničko ime, naziv virtuelnog terminala ili hosta sa koga se korisnik logovao, kao i vreme prijavljivanja na sistem, dužinu trajanja sesije, login shell i PID (*process id*) login procesa itd., lako je očitavanje i brojanje potrebnih podataka koji obradom preko plugin programa predaje rezultate Nagiosu kojiosle obrade na izlazu indikuje trenutno stanje mrežnih resursa.

Plugin sa komandne linije može primiti 3 argumenta:

- **-w**, ili **-warning** <br_korisnika>, broj korisnika na sistemu za koji će plugin vratiti **WARNING** Nagios status
- **-c**, ili **-critical** <br_korisnika>, broj korisnika na sistemu za koji će plugin vratiti **CRITICAL** Nagios status
- **-a**, ili **-all**, označava da li će plugin računati samo mrežne ili i lokalne i mrežne korisnike zajedno

III REALIZACIJA PROGRAMSKOG REŠENJA ZA PROVERU TRENUTNOG BROJA LOGOVANIH, ODNOSNO PRIJAVLJENIH KORISNIKA

U nastavku rada ukratko će biti opisano jedno programsko rešenje koje je implementirano u okviru jezgra *open source* paketa Nagios a koje ima primenu u distribuiranim sistemima nadzora nad industrijskim kontrolerima kao i komercijalnim računarskim mrežama kako na lokalnom tako i na širokom području. Da bi se koristio modularni koncept plugin-a, mora se imati instalirati *Python 2.3* ili veći i *pythonutmp 0.73* modul ili veći. Moram da napomenem da je ovo uprošćena verzija plug-ina. Nije dat listing čitavog programa jer bi zauzeo isuviše prostora. U listingu programa sam naveo samo minimalne programske delove koji su potrebni za zadovoljenje svih standarda pri pisanju **Nagios plugina**. Listing je i dosta iskomentaran, tako da se nadam da nećete imati problema pri njegovom čitanju.

Za računarski sistem na kome je instaliran razvijeni program za nadgledanje, monitoring server je iskorišćen sledeći računar: Pentium IV 1.8GHz, RAM 512MB, 80 GB hard disk. Zbog prirode svih korišćenih

softverskih paketa, na računar je instaliran operativni sistem Open Suse 10.0 (32bit), Open Suse 10.0 (64bit) distribucijama i LFS 6.1 (Linux from scratch), u slobodnom prevodu "Linux od nule" operativnom Sistemu". Za testiranje i demonstraciju rada su, pored gore navedenih, korišćeni i sledeći operativni sistemi: **Debian Sarge 3.1** (32 bit), **Windows XP**, **Windows 2003 Enterprise Server** i **LornaLinux 2005 Workstation** (32 bit). Zbog nepostojanja uslova za testiranje rada na realnom sistemu, kao i nepostojanja fizičke konfiguracije mreže i mrežnih komponenata, u radu je korišćen softver za virtuelizaciju, odnosno virtuelna mašina. Virtuelizacioni softver koji je korišćen je **VMWare Workstation 5.5** (verzije za Linux i za Windows platforme).

Listing 1.1. check_logged_on plugin

```
#!/usr/bin/env python
# Copyright (c) 2006 by Goran Vujacic
# This script is put into the public domain
#
# Ovaj skript implementira Nagios plugin za proveru
# korisnika trenutno logovanih na sistem
# Skript moze da razlikuje mrezne korisnike
# i lokalne korisnike
import os,sys
import utmp
from UTMPCONST import *
from optparse import OptionParser
#povratne vrednosti koje plugin vraca u skladu sa statusima servisa ERROR =
{'OK':0,'WARNING':1,'CRITICAL':2,'UNKNOWN':3,'DEPENDENT':4}
#funkcija koja vraca proces id, nazive i hostove logovanih korisnika
def getLogins():
    urecs = utmp.UtmpRecord()
    logins = [ ]
    pids = [ ]
    for urow in urecs:
        if urow.ut_type == USER_PROCESS:
            if urow.ut_host == "":
                urow.ut_host = "lokal"
            logins.append(urow.ut_user+" "+urow.ut_host)
            pids.append(urow.ut_pid)
    urecs.endutent()
    return pids,logins
if __name__ == "__main__":
    #opcije za parser predatih argumenata
    usage = """
    Ovaj plugin proverava broj trenutno logovanih korisnika.
    Plugin moze razlikovati da li su korisnici logovani lokalno
    ili preko mreze.\n
    """
    usage += "check_logged_on w <broj_korisnika> c <broj_korisnika> a"
    version = """%prog 0.95 Copyright(c) 2006 by Goran Vujacic
    ::sungod bless me with your rays::"""
    parser = OptionParser(usage,version=version)
    parser.add_option("w","warning",dest="warnlevel",
        help="Postavlja WARNING status ako je vise od WARNLEVEL \
        korisnika logovano",default=5,type="int")
    parser.add_option("c","critical",dest="critlevel",
        help="Postavlja CRITICAL status ako je vise od CRITLEVEL \
        korisnika logovano",default=10,type="int")
    parser.add_option("a","all",dest="showall",action="store_true",
        help="Da li da se racunaju logovani mrezni ili lokalni i \
        mrezni korisnici zajedno. Ako se ne navede samo \
        mrezni se broje",
        default=False)
    (opts,arg) = parser.parse_args()
    if len(sys.argv) == 1:
        print "Koristim podrazumevane vrednosti w=5,c=10,a=false"
```

```

#predate vrednosti za upozorenje i kritični nivo ne smeju biti <= 0
if opts.warnlevel <= 0:
    parser.error("WARNLEVEL ne sme biti manji ili jednak nuli")
if opts.critlevel <= 0:
    parser.error("CRITLEVEL ne sme biti manji ili jednak nuli")
(p,l) = getLogins()
#promenljiva sa brojem logovanih korisnika
count = 0
if opts.showall == True:
    count = len(l)
else:
    for i in l:
        if i.split(" ")[1] != "lokal":
            count += 1
# string koji se stampa a sadrzi izvestaj o statusu
# deo iza "|" znaka se koristi u performance data
# izvestavanje u Nagiosu
s = " %d korisnika trenutno logovano |users=%d;%d;%d;%d" \
    % (count,count,opts.warnlevel,opts.critlevel,0)
# u zavisnosti od statusa servisa stampamo izvestaj
# i vraćamo vrednost statusa provere
if count >= opts.critlevel:
    s = " LOGOVANI KORISNICI CRITICAL " + s
    if opts.showall:
        print "SVI" + s
    else:
        print "MREZNI" + s
    sys.exit(ERROR['CRITICAL'])
if count >= opts.warnlevel:
    s = " LOGOVANI KORISNICI WARNING " + s
    if opts.showall:
        print "SVI" + s
    else:
        print "MREZNI" + s
    sys.exit(ERROR['WARNING'])
s = " LOGOVANI KORISNICI OK " + s
if opts.showall:
    print "SVI" + s
else:
    print "MREZNI" + s
sys.exit(ERROR['OK'])

```

Kada Nagios pozove plugin, u zavisnosti od predatih argumenata, izlaz može biti sličan jednom od sledećih:

```

MREZNI LOGOVANI KORISNICI OK 3 korisnika trenutno logovano
|users=3;7;10;0
MREZNI LOGOVANI KORISNICI WARNING 15 korisnika trenutno logovano
|users=15;10;30;0
MREZNI LOGOVANI KORISNICI CRITICAL 30 korisnika trenutno logovano
|users=30;10;30;0
SVI LOGOVANI KORISNICI OK 1 korisnika trenutno logovano
|users=1;3;5;0
SVI LOGOVANI KORISNICI WARNING 25 korisnika trenutno logovano
|users=25;20;50;0
SVI LOGOVANI KORISNICI CRITICAL 40 korisnika trenutno logovano
|users=40;20;40;0

```

Da bismo mogli da koristimo plugin u Nagios konfiguracionom fajlu moramo navesti više opcija u konfiguracionim fajlovima. Prvo u konfiguracionom fajlu definišemo komande koje ćemo koristiti za proveru, a koje će koristiti naš plugin,

```

#komanda za proveru svih logovanih korisnika
define command{
    command_name check-all-loggedon

```

```

        command_line $USER1$/check_logged_on w $ARG1$ c $ARG2$ a
    }
#komanda za proveru svih logovanih mreznih korisnika
define command{
    command_name      check-net-loggedon
    command_line      $USER1$/check_logged_on w $ARG1$ c $ARG2$
}

```

\$USER1\$, \$ARG1\$ i \$ARG2\$ predstavljaju makroe koje Nagios menja u sledeće vrednosti: \$USER1\$ korisnički makro1 koji dobija naziv direktorijuma u kome su smešteni pluginovi, \$ARG1\$ i \$ARG2\$ predstavljaju pozicione argumente koje Nagios predaje našem pluginu za -w i -c opciju. Sada je potrebno definisati servise koji će za **check_command** opciju imati jednu od gore navedenih komandi:

```

define service{
    use generic-service
    host_name          localhost #ime hosta servisa
    service_description Provera svih logovanih korisnika
    max_check_attempts 5
    normal_check_interval 5
    retry_check_interval 1
    ... ostale opcije servisa ...
    check_command      checkallloggedon!5!7#nasa komanda
}

define service{
    use generic-service host_name localhost #ime hosta servisa service_description
    Provera mreznih logovanih korisnika
    max_check_attempts 5
    normal_check_interval 5
    ... ostale opcije servisa ...
    check_command      checknetloggedon!2!4 # nasa komanda
}

```

Znači potrebno je u definiciji servisa za vrednost opcije **check_command** navesti ime naše komande koju smo prethodno kreirali. Kao što se može uočiti iz primera argumenti našem pluginu se predaju poziciono i odvojeni su “!” znakom. Za prvi servis komanda **check-all-logged-on!5!7** bi bila ista kao da smo napisali **checkall-logged-on -w 5 -c 7 -a** (“a” se prenosi iz komande), shodno tome za drugi servis imali bi **check-net-logged-on -w 2 -c 4**. Pošto smo izmenili konfiguracione fajlove potrebno je poslati **SIGHUP**, odnosno reloadovati Nagios da bi ponovo iščitao svoju konfiguraciju i aktivirao nove servise i komande. Na opisani način kreirali smo plugin i definisali servis koji ga koristi.

IV ZAKLJUČAK

Da li kupiti komercijalni paket za desetine hiljada dolara ili se prepustiti Nagiosu? Definisanje organizacije i sadržaja konfiguracionih datoteka objekata u Nagiosu najvećim delom je prepušteno korisniku programa. Za inicijalno kreiranje konfiguracionih datoteka programa potrebno je dosta truda i napredno poznavanje Linux operativnog sistema, mrežnih protokola, a često i detaljno poznavanje servisa koje treba nadgledati. S jedne strane, ovo se može tumačiti kao ozbiljan nedostatak u odnosu na vrhunske komercijalne pakete koji automatski vrše otkrivanje uređaja u mreži, imaju čitave setove implementiranih metoda obaveštavanja, samostalno pokreću prikupljanje podataka, itd. S druge strane, komercijalni paketi su veoma skupi, i ako se tome pridodaju izuzetna fleksibilnost Nagiosa, njegov permanentni razvoj i činjenice da se Nagios posle inicijalnog konfiguracije relativno lako održava, ovaj paket je ipak u prednosti.

LITERATURA

- [1] <http://www.openview.hp.com/>
- [2] <http://www.nagios.org/>
- [3] <http://nsclient.ready2nin.nl/>
- [4] <http://www.net-snmp.org/>
- [5] <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/>
- [6] <http://www.gnokii.org/>
- [7] <http://www.linuxfromscratch.org>

34. JUPITER KONFERENCIJA

sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE

with foreign participants

ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS



14. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Beograd, jun 2008.

MENADŽMENT KVALITETOM QUALITY

Majstorović, V. NIVOI IZVRSNOSTI	5.1
Borojević, S., Jovišević, V. PRILOG RAZVOJU MODULARNOG PROJEKTOVANJA PROBORA NA BAZI KLASIFIKACIJE KOMPONENTI A ZA BAZIRANJE	5.12
Brzaković, R., Marjanović, Z., Radulović, Ž. UPRAVLJANJE RIZIKOM I KVANTITATIVNE METODE PROCENE RIZIKA	5.18
Davidović, N., Miloš, P. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE OPTIMALNIH REŽIMA PRIMARNE ZONE KOMORE SAGOREVANJA TURBOMLAZNOG MOTORA	5.23
Lozanović, J., Sedmak, A., Gubeljak, N., Rakin, M. PROGRAMSKI PAKET ZA ANALIZU DEFORMACIJA I PROCENU INTEGRITETA KONSTRUKCIJE	5.28
Marjanović, Z., Brzaković, R. RIZICI PRIMENE ASINHRONOG MOTORA KOD VOZILA SA TEHNIČKOG, EKONOMSKOG I EKOLOŠKOG ASPEKTA	5.34
Miloš, P., Prole, V., Davidović, N. RAZVOJ POVRŠI SAGOREVANJA POGONSKIH PUNJENJA ČVRSTIH RAKETNIH MOTORA.....	5.40
Prochaska, B., Gvero, P., Lekić, S. PRILOG RAZVOJU NOVOG PROIZVODA	5.46
Skoko, D., Crnojević, C., Ristivojević, M. ANALIZA IZBORA MERNE GLAVE DIFERENCIJALNOG PNEUMATSKOG KOMPARATORA	5.52
Veselinović, S., Đurić, S., Đorđević, L. ISKUSTVA VEZANA ZA DOGRADNJU SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM	5.60
Ćurčić, S., Nikolić, R., Šebeković, A., Milunović, S. EVIDENTIRANJE BIOMASE I OTPADNOG DRVETA I NJIHOV ENERGETSKI POTENCIJAL NA PODRUČJU OPŠTINA VRNJAČKA BANJA I NOVI PAZAR.....	5.66

← NAZAD



NIVOI IZVRSNOSTI

Prof. dr Vidosav D. MAJSTORVIĆ, Mašinski fakultet, Beograd.

Abstrakt

Svrha: U poslednjoj deceniji je došlo do intezivnog razvoja menadžment koncepata u organizacijama u razvijenim zemljama. Sa druge strane procesi globalizacije su takođe podstakli ove procese. Koncept izvrsnosti u poslovnu praksu organizacija razvijenih zemalja se počeo uvoditi početkom '80-tih godina prošlog veka. Od tada do danas, on je doživeo pet nivoa razvoja, tako da je sada u sebi integrisao nekoliko menadžment prilaza, koji teže održivom razvoju. On u suštini predstavlja "najbolju menadžment praksu" okrenutu perspektivi razvoja i rasta organizacije. Da bih u našoj zemlji pomogli našoj privredi u procesima uključivanja u EU, izvršena su ova istraživanja, koja na jednom mestu daju pregled nastanak, razvoj i evoluciju izvrsnosti kao savremenog menadžment koncepta.

Metodologija: Da bi se došlo do odgovora – kada, kako i gde je nastao menadžment koncept izvrsnosti, izvršena je analiza menadžmet prilaza u kompanijama razvijenih zemalja u poslednjih pedeset godina. Na taj način je napravljen presek svetske dobre prakse menadžmenta u navedenom periodu, kao osnove iz koje je nastala izvrsnost. Sve ovo je posebno analizirano iz ugla menadžmenta kvalitetom.

Rezultati: Dobijeni su nivoi/etape u razvoju izvrsnosti sa posebnim karakteristikama menadžment koncepta na tom nivou, čime je omogućeno i "prepoznavanje" nivoa izvrsnosti svoje organizacije. Ovo je posebno važan aspekt primene izvršenih istraživanja.

Ograničenja u istraživanju: Osnovna ograničenja ovih istraživanja ogledaju se u tome, da je koncept izvrsnosti, kao dobra menadžment praksa analiziran isključivo u odnosu na primenu u kompanijama razvijenih zemalja. Nije urađena komparativna studija, da li i kako se ovaj koncept razvijao u Srbiji, zbog toga što je prvo bilo potrebno definisati strukturu i zahteve svakog nivoa izvrsnosti. To je jedino bilo moguće uraditi za razvijene zemlje, što je na ovom nivou izvršenih istraživanja i urađeno.

Praktične implikacije u primeni: Sada, kada je dobijen okvir menadžment koncepta izvrsnosti za razvijene zemlje, stvorene su osnove za istraživanja u Srbiji, kroz sledeći prilaz: (i) kako koncept izvrsnosti definisati, prepoznati i primeniti u menadžment praksi srpskih kompanija, i (ii) kako definisati i primeniti roadmap izvrsnosti za srpske kompanije? Buduća istraživanja će ići u tom pravcu.

Orginalnost i vrednosti: Ova istraživanja su prvi put realizovana na Zapadnom Balkanu i sa aspekta teorije i prakse ove sredine predstavljaju orginalnost. Iz toga proističe njihova vrednost, kao osnova za buduća istraživanja u ovoj oblasti. Ovaj rad daje nastanak i pregled razvoja koncepta izvrsnosti sa posebnim naglaskom na njegovoj integraciji sa konceptom menadžmenta kvlaitetom i održivim razvojem. Ovakav način razmatranja koncepta izvrsnosti je posebno važan za organizacije u Srbiji, koje izgrađuju novi poslovni ambijent u procesu integracije sa EU.

Vrsta rada: Naučno/istraživački rad.

Ključne reči: Izvrsnost, Razvoj, Menadžment kvalitetom.

1.0. UVOD

Izvrsnost, kao menadžment koncept organizacije, prvi put je detaljno predstavljen stručnoj javnosti '80-tih godina prošlog veka [15,20]. Od tada je prošlo više od dve decenije, a ovaj koncept je doživeo svoju evoluciju, kao dobra menadžment praksa organizacije, koja se rasprostire od vrha do dna menadžment strukture jedne organizacije.

Osnovu za nastanak, razvoj i primenu ovog koncepta čini organizaciona teorija. Kako se ona razvijala u poslednjem veku? U ovom periodu, nastalo je i razvilo se više različitih škola menadžmenta, koje su definisale "svoj put za dostizanje izvrsnosti" [2], i to: (i) klasična menadžment škola, predstavljena kao Taylor-ov mehanističkih (mechanistic) pogled na menadžment. Menadžment principi su definisani kroz naučnu teoriju organizacije rada, zasnovanu na hijerarhijskoj strukturi i koordinaciji, kao osnovi organizacione izvrsnosti, (ii) menadžment škola zasnovana na odnosima

među zaposlenima (the human relations school), stavlja u centar dostizanja organizacione izvrsnosti, zaposlenog. Cilj je uspostaviti takvu hijerarhijsku strukturu i odnose među zaposlenima, gde će oni biti motivisani da ostvaruju poslovnu izvrsnost, (iii) *socio-tehnička menadžment škola* (the socio-technical school), posmatra organizaciju kao otvoren sistem, na globalnom nivou, koji je ograničen sa ljudskim i tehničkim mogućnostima. Ona se posmatra kao dinamički sistem, podložan promenama, ali sa jednostavnom, odnosno redukovanom organizacionom strukturom, povezanom sa okruženjem. Ovaj koncept danas ima dosta sličnosti sa konceptom menadžmenta kvalitetom, koji se danas primenjuje, (iv) *menadžment škola zasnovana na strukturi sistema*, posmatra organizaciju kao celinu, koja treba da dostigne izvrsnost. Ovaj prilaz je zasnovan na analogijama sa prirodnim naukama i predstavlja vezu između njih i menadžment teorije, (v) *neo-klasična škola menadžmenta*, ima zajedničku osnovu sa klasičnom školom, baziranoj na induktivnim i mehaničkim operacijama. Tako ona predstavlja pragmatični put dostizanja organizacione izvrsnosti, koja u sebi obuhvata najvažnije menadžerske, strategijske i teorije slučaja, definisane '80-tih godina prošlog veka, i (vi) *sociološka škola menadžmenta*, predstavlja široku mešavinu prethodnih prilaza. Naime, ona se zasniva na organizacionoj analizi dostignutih ciljeva iz ugla socioloških parametara (zaposlenih, partnera, itd.).

Ovi prilazi su imali značajan uticaj i na *razvoj koncepta menadžmenta kvaliteta, kao baznog koncepta poslovne izvrsnosti*. Poslednju deceniju dvadesetog veka karakteriše eksplozivan razvoj i primena modela menadžmenta totalnim kvalitetom, koji prerastaju u modele izvrsnosti, zato što: (i) globalno tržište vođeno zahtevima za kvalitet kupaca, teži predviđanju njegove percepcije i ispunjenju njegovih očekivanja i osećanja za kvalitet, (ii) nove tehnologije i njihova primena, najviše utiču na određivanje zahteva i parametara proizvoda, koji determinišu uspeh na tržištu, i (iii) novi modeli poslovanja se razvijaju ka izvrsnosti, kao modelu kompanije za dvadesetprvi vek. Nagrade za kvalitet (kompanijske, regionalne, nacionalne, međunarodne) su bile generatori razvoja novih i unapređenja postojećim modela menadžmenta kvalitetom, koji su danas prerasli u modele izvrsnosti. Polazeći od toga izvrsnost se danas definiše na sledeći način: »Organizacije lideri kvaliteta na svetskom tržištu se prepoznaju po razvoju i konzistentnoj primeni modela izvrsnosti na bazi TQM-a, kao podloge za ostvarivanje i unapređenje tog liderstva«.

Ova analiza nam omogućuje da za analizirane menadžment koncepte organizacije iz kojih je nastao koncept izvrsnosti, definišemo dva zaključka: (i) *nastanak i razvoj izvrsnosti je bio u osnovi vezan za ostvarivanje organizacione izvrsnosti*, i (ii) postoje razlike u konceptu ''dostizanja izvrsnosti'' i ''održavanja i unapređenja izvrsnosti'', što je detaljnije objašnjeno u daljem tekstu.

2.0. NIVOI MODELA IZVRSNOSTI

Teorija i praksa izvrsnosti organizacija u poslednje tri decenije, od kada je ovaj menadžment koncept stupio na javnu scenu, razvijeno je i primenjeno pet nivoa različitih modela [3]. Oni su se razvijali pre svega imajući u vidu vremensku i naučno-tehnološku dimenziju industrijskog razvoja.

2.1. Prvi nivo izvrsnosti – duboke promene menadžment prakse

Rane '80-te godine prošlog veka, karakterišu se dubokim promenama menadžment prakse. One su pre svega nastale zbog gubitka udela na svetskom tržištu severno-američkih i evropskih firmi, od strane japanskih organizacija, koje su preuzele primat zahvaljući kvalitetu svojih proizvoda i prihvatljivoj ceni za kupce. Ovi trendovi su naterali zapadne kompanije da istražuju osnove japanskog uspeha, pre svega model primenjenog menadžmenta.

U [4] su ovi procesi analizirani sa holističke i kulturne tačke gledišta kompanije. Zaključeno je da su sledeća dva faktora osnovni razlog za uspeh japanskih kompanija: (i) davanje prednosti ljudskom faktoru (zaposleni, kupci) u organizaciji u odnosu na ekonomske pokazatelje, i (ii) najvažnije je jasno definisati pokretačke elemente vizije organizacije. Analize izvršene u to vreme su pokazale da upravo ovi elementi nedostaju zapadnim kompanijama. Istraživanja pokazuju da model izvrsnosti prve

generacije se može definisati kroz "7 s", koji obuhvata: (i) tri *hard* promenljive: strategiju, strukturu i sistem, (ii) tri *soft* promenljive: zaposeni, tržišne vrednosti i stil, i najzad, kao sedma zavisna promenljiva, u odnosu na šest navedenih – iskustvo. One predstavljaju okvir koji definiše sve relevantne informacije za ocenu nivoa izvrsnosti organizacije na bazi dobre menadžment prakse. Zato se *izvrsnost prve generacije* može definisati kao: "*Izvrzne organizacije svoju snagu zasnivaju na inovacijama, a sposobnost ka promenama se ostvaruje kroz liderstvo sopstvenih vrednosti i akcije*". Može se reći da organizacije ovog nivoa imaju šest karakterističnih atributa: (i) sposobnost za akciju, (ii) kupac je uvek na prvom mestu, (iii) autonomiju i partnerstvo, (iv) produktivnost zaposlenih (ne samo mašina), (v) menadžment vođen vrednostima organizacije (value driven management), i (vi) kros-funkcionalni menadžment.

2.2. *Drugi nivo izvrsnosti – samo su promene i unapređenja stalna*

Organizacije treba stalno da rade na *razvoju inovativnih proizvoda i usluga za svoje kupce*. Oni znače nove dodatne vrednosti (new value added) za kupce, što kompanijama obezbeđuje najmanje dve kompetitivne prednosti: kvalitet i fleksibilnost. Ovaj koncept izvrsnosti je definisan krajem '80-tih i početkom '90-tih godina prošlog veka [5], a njegove osnovne karakteristike su: (i) fokus kroz organizaciju na zahteve kupca, (ii) menadžment koncept je zasnovan na promenama ali inovacije imaju sledeći najviši prioritet, (iii) razvijen je i primenjen sistem za merenje uspeha primenjenog menadžment koncepta, i (iv) fleksibilnost se ostvaruje kroz kosekventan horizontalni menadžment proces.

Sve ovo je dovelo do nove definicije izvrsnosti: "*Stalne promene su karakteristike menadžment koncepta organizacije*".

U ovom periodu, koncept izvrsnosti počinje da se posmatra ne samo iz ugla organizacije, već i iz ugla pojedinca i društva. Tako se u raspravama o izvrsnosti organizacija sve više koriste psihološki i socijalni modeli organizacija. Naime, govori se o "idealnom" i "izvrsnom" zaposlenom i/ili kupcu. Postavlja se pitanje i traži odgovor – da li "idealni" zaposleni predstavljaju dobru osnovu za uspostavljanje "izvrzne" organizacije?

Ovaj koncept izvrsnosti se može posmatrati i iz još jednog ugla. Naime, tradicionalna društva se zasnivaju na prilazu "*postojanje*", koji se iskazuje paradigmom "*to sam – što sam*". Moderne zapadna društva se zasnivaju na prilazu "*imam*", za koga važi paradigma "*koliko imam - toliko vredim*". Izgradnja modela izvrsnosti u organizacijama iz navedenih društava, mora da uzme u obzir sledeće aspekte: ekonomske karakteristike, ekološke performanse, socijalni i kulturni razvoj i psihološki balans među ljudima.

2.3. *Treći nivo izvrsnosti – organizacija koja uči*

Na ovom nivou ostvarivanje izvrsnosti se realizuje kroz šest prilaza, koji se definišu kao [15,17]: (i) definisati i pratiti faktore proizvodnje, (ii) promene u poslovanju prihvatiti kao uticaje okruženja, (iii) znanje u organizaciji prihvatiti kao njenu kompetitivnu prednost, (iv) kupci imaju sve veće i veće zahteve, (v) nezadovoljstvo (kupaca, zaposlenih, partnera, ...) mora biti stalna briga menadžmenta, i (vi) kompetencije zaposlenih sve više dobijaju na značaju.

Organizacija koja uči mora kontinualno da radi na razvoju sledećih karakteristika: (i) definisanju i praćenju jasnih ciljeva, (ii) razvoju i primeni efektivne komunikacije, (iii) stalnoj obuci zaposlenih o svim aspektima poslovanja, (iv) fleksibilnoj organizaciono-poslovnoj strukturi, (v) menadžmentu inovacijama i kontinualnim unapređenjima. Sve ove karakteristike se moraju koristiti u razvoju koncepta menadžmenta znanjem kroz: sistemsko rešavanje problema, učenje eksperimentisanjem, učenje na bazi iskustva, transfer i transformacija znanja.

Danas se na Dalekom istoku koncept menadžmenta znanjem u organizaciji u organizaciji koja uči realizuje kroz holistički pristup, dok se u ostalom delu sveta, učenje u organizaciji se raelizuje kroz usavršavanje pojedinaca i predstavlja deo kulture (pojedinaac, organizacija).

Evo dve karakteristične definicije organizacije koja uči: *''grupa ljudi koja kontinualno uvećava svoje sposobnosti, znajući da kreira nove vrednosti''*, i *''organizacija koja zna da koristi iskustvo, kreirajući, obezbeđujući i transformišući znanje, menjajući sebe i okolinu''*. U prvoj definiciji su ključne reči: sposobnost i nove vrednosti, a u drugoj: iskustvo i promene. Vršeci dublju analizu ovih definicija, možemo zaključiti da su one iste, pa se za organizaciju koja uči može zaključiti: (i) najvažnije je da brže uče od svojih kupaca (prednjače ispred njihovih zahteva) i konkurencije, čime stiči kompetitivnu prednost, i (ii) novi menadžment i strategijski stil su u korelaciji sa vizijom i misijom organizacije.

Međutim ovaj nivo izvrsnosti ima i neka ograničenja: (i) organizacija koja uči se bazira na ukupnoj poslovnoj strategiji, što znači da paradigma menadžmenta mora biti realno primenljiva, (ii) ovaj prilaz je kompatibilan sa modelima za unapređenje kvaliteta (predviđanje zahteva kupaca), i (iii) fokus poslovanja je na internim procesima, pri čemu rizik poslovanja povećavaju eksterni procesi.

Važan aspekt razvoja ovog nivoa izvrsnosti je unapređenje prakse menadžmenta kvalitetom. Evolucija organizacije koja uči preko menadžmenta kvalitetom, može se definisati preko tri nivoa: (i) unapređenje kvaliteta konformnosti / proizvodnje, (ii) unapređenje kvaliteta kao koncept QM-a, (iii) QM praksa kao istitucionalizovano učenje. Ovaj, poslednji nivo je definisao Deming kao koncept transformacije menadžmenta kroz *''produbljeno znanje''*. On ovaj prilaz definiše kao interakciju četiri elementa sistema: strukturisanje i razumevanje sistema, statistika, teorija znanja i psihologija. Teoretičari menadžmenta, posebno u SAD, ovaj Demingov koncept smatraju esencijalnom menadžment filozofijom organizacije koja uči.

2.4. Četvrti nivo izvrsnosti – svetska priznanja za poslovnu izvrsnost / kvalitet

Ovaj nivo se isključivo odnosi na organizacije, nosioce najpoznatijih nagrada za poslovnu izvrsnost / kvalitet [1–9,12]: Deming-ova nagrada za kvalitet (Japan), MBNQA (SAD) i EQA (EU). Prvi cilj primene ovih modela je unapređenje prakse QM, koja teži izvrsnim poslovnim procesima, čime se povećava nivo zadovoljstva svih interesnih grupa organizacije (kupci, zaposleni, vlasnici, partneri i društvo). Organizacije koje dosledno primenjuju zahteve (kriterijumi/pod-kriterijumi) ovih modela teže *''izvrsnim organizacijama''*. *Nosioci nagrada za navedene modele postaju ''izvrsne organizacije''*. Zato oni predstavljaju holistički okvir za najbolju menadžment praksu QM, koja je istovremeno i benchmarking model za ovu oblast. Na ovaj način modeli izvrsnosti postaju standardizovani okviri za poređenje i samo-ocenjivanje.

Dosadašnja primena modela izvrsnosti, posmatrana iz ugla dostizanja poslovne izvrsnosti ima i neka ograničenja: (i) kriterijumi/pod-kriterijumi imaju definisane težinske faktore, koji nisu fleksibilni – nemaju istu specifičnu težinu za različite organizacije, i (ii) okviri modela po pravilu nisu primenljivi za različite tipove organizacija.

Ovi modeli su bili generatori razvoja velikog broja modela izvrsnosti, razvijenih i primenjenih na nacionalnom i kompanijskom nivou, koji su razvijeni u poslednjoj deceniji. Sve ovo je doprinelo do brze difuzije ovih modela izvrsnosti u praksu uspešnih organizacija.

2.4.1 Razvoj modela poslovne izvrsnosti na bazi kvaliteta

Osnova svih današnjih nagrada za kvalitet je TQM, koji nema još uvek jednoznačno prihvaćenu definiciju, a ovde se navodi jedna od mogućih [12]: *»TQM je menadžment pristup koninualnom unapređenju procesa u organizaciji, koji se izvode na bazi definisane strategije, vizije i*

misije okrenute potpunom zadovoljenju zahteva kupaca, sa ciljem postizanja svetske klase kvaliteta proizvoda«. Iz ove definicije se može zaključiti da su u njoj ključne reči: kontinualna unapređenja, zadovoljenje zahteva kupaca i svetska klasa kvaliteta, što u stvari predstavlja i osnovne odrednice TQM-a.

Dosadašnja svetska teorija i praksa je dala sledeće generacije TQM-a, koje su doprinele razvoju nagrada za poslovni izvršnost / kvalitet na današnjem nivou [14-21]: (i) prva generacija se odnosi na TQM modele svetskih gurua za kvalitet, iz kojih je nastala prva i danas najpriznatija nagrada za kvalitet – Demingova nagrada, (ii) druga generacija ovih modela se odnosi na poznate svetske nagrade za kvalitet a na bazi primenjenog TQM modela, (iii) treću generaciju TQM-a predstavljaju: novi model TQM-a EFQM-a, koji se zasniva na samoocenjivanju (self-assesment) na osnovu koga se danas dodeljuje EQA (evropska nagrada za kvalitet) kao i novi japanski model za poslovnu izvršnost, i (iv) najnoviju generaciju TQM-a čini njegov model, koji je predmet istraživanja, a poznat je pod nazivom Re-TQM, koji predstavlja model buduće nagrade za kvalitet za digitalne fabrike/kompanije.

Modeli poslovne izvršnosti prve generacije. Svoje teorijske i praktične prilaze unapređenju kvaliteta u Japanu i Americi gurui: *E. Deming, J. Juran, A. Feigenbaum, K. Ishikawa, G. Taguchi i P. Crosby*, su definisali tako da oni danas predstavljaju postavke klasične TQM filozofije. Interesantno je ovde napomenuti da su svi oni, osim P. Crosby-ja, svoje teorijske postavke primenili prvo u unapređenju kvaliteta japanske privrede, od 1946. godine do danas. Zbog svega toga, japanska privreda je bez premca u svetu, što se tiče kvaliteta velikog broja njihovih proizvoda [2]. Svi ovi modeli su doprineli na svoj način razvoju i primeni u praksi novog koncepta kvaliteta, inagursanog znatno ranije.

A. Deming je sopstveni model TQM-a definisao kao projekat za organizaciju koji ima četrnaest faza, koje treba realizovati da bi se model primenio u praksi. Osnovni postulati Demingovog modela su: (i) smanjenje varijacija procesa i odstupanja procesa (pre svega tehnoloških), koja utiču na kvalitet proizvoda, (ii) neophodna participacija i učešće svih zaposlenih u organizaciji u procesima unapređenja kvaliteta, i (iii) davanje menadžmentu organizacije liderske uloge u unapređenju kvaliteta u organizaciji. Na ovaj način je uspostavljen konzistentan model/projekat za unapređenje kvaliteta proizvoda. Drugi doprinos E. Deminga u razvoju svog modela TQM-a je PDCA koncept, koji u izvornom obliku znači: (i) plan (P) – šta treba rešiti (prepoznavanje potreba), (ii) do (D) – kako treba rešiti (primena teorijskih modela), (iii) check (C) – rešiti i pratiti rezultate (praćenje primenjenih rešenja), i (iv) act (A) – ponovo unaprediti (novi zahtev). Ovde se posebno napominje da je ovaj koncept (PDCA) osnova i modela ISO 9001:2000.

B. Juran kvalitet definiše kao osećaj za želje kupca i korisnika proizvoda, koje se ostvaruju u procesu proizvodnje proizvoda, zadovoljenjem tih zahteva. To znači, da se potrebe i zahtevi kupca prevode u karakteristike proizvoda i procesa, radi ostvarivanja visokog kvaliteta proizvoda. Njegov TQM model se bazira na konceptu trilogije kvaliteta, kao univerzalnom prilazu razmišljanja o kvalitetu, a njeni elementi su: (i) planiranje kvaliteta na bazi definisanih ciljeva kvaliteta, (ii) upravljanje kvalitetom kroz proces praćenja ciljeva kvaliteta u primeni, i (iii) unapređenje kvaliteta kroz proces podizanja performansi kvaliteta proizvoda i procesa. Kada se detaljno razmotri današnji, standardizovani model QMS, može se zaključiti da se i on bazira na istim principima. Projekat TQM-a koji je J. Juran razvio kao svoj model, realizuje se u sedam faza, koji u stvari predstavljaju i njegovu strukturu, a njegove osnovne karakteristike su: (i) vrhovni menadžment ima lidersku ulogu za kvalitet, (ii) poslovni plan obuhvata i plan kvaliteta, (iii) parametri unapređenja kvaliteta u organizaciji moraju da se prate preko pokazatelja: zadovoljstvo kupca, performanse poslovanja, troškovi škarta, itd., i (iv) menadžment kvalitetom mora biti integrisan u poslovni menadžment. Posebno se napominje da se prema ovom modelu dodeljuje Juranova nagrada za kvalitet, kojom upravlja Juranov institut.

C. Feigenbaum svoj model definiše kao integrisani sistem za razvoj, održavanje i unapređenje kvaliteta proizvoda i usluga, na bazi ekonomskih parametara, uz potpuno zadovoljenje zahteva kupaca.

U primeni ovaj model polazi od deset aksioma za kvalitet, a realizuje se kao projekat kroz deset podсистema u organizaciji. Tako se, na primer, počinje sa planiranjem kvaliteta proizvoda i procesa a završava sa specijalnim studijama o unapređenju kvaliteta proizvoda.

D. TQM model **K. Ishikawe** predstavlja tipičan primer CWQC, koji se definiše kao skup komunikacionih kanala u organizaciji, kroz koje protiču informacije i znanja o kvalitetu, a pomoću kojih se otkrivaju potencijalne greške kvaliteta i sprečava pojava lošeg kvaliteta (škarta). Ovaj model ima pet elemenata, a njegovu suštinu čini primena Demingovih principa, uz podršku sedam osnovnih alata statističke kontrole kvaliteta.

E. Svoj TQM model **G. Taguchi** definiše kroz prilaz projektovanju proizvoda za kvalitet, koji obuhvata pet koraka, a ključni su dva i tri, i oni glase: (i) projektovani parametri (ključni) proizvoda i procesa, moraju biti otporni na nekontrolisane uticaje (poremećajne faktore), čime se ostvaruje robusno projektovanje, a ako to nije moguće, onda troškovi koji u tom slučaju nastanu, moraju biti minimalni, i (ii) pažnja projektovanja mora biti usredsređena na postizanje planiranih karakteristika proizvoda (signal), a smanjenje na nulu ili blisko njoj mogućih poremećaja (šumova), tako da oni postanu ciljni elementi (parametri) projektovanja. Specifične tehnike inženjerstva kvaliteta, koje se koriste za smanjenje varijacija u TQM konceptu G. Taguchi-ja su: (i) konkurentno inženjerstvo (CE), (ii) robusno projektovanje (RD), (iii) QFD metoda, (iv) projektovanje na bazi eksperimenata (DoE), (v) upravljanje procesima preko statističkih parametara (SPC), i (v) troškovi nekvaliteta (CoPQ).

F. **Crosby**-jev TQM model ima četrnaest faza, a prva faza polazi od četiri paradigme, koje uspostavlja i njima upravlja menadžment organizacije: (i) kvalitet proizvoda treba definisati kao saglasnost sa zahtevima kupaca i tržišta, (ii) upravljanje kvalitetom se zasniva na prevenciji, (iii) standard performansi kvaliteta je nula škart, i (iv) mera uspešnosti upravljanja kvalitetom su gubici nesaglasnosti sa zahtevima. Posmatrano suštinski, Crosby-jev TQM model je okrenut optimizaciji troškova kvaliteta.

Sumarna analiza TQM modela prve generacije omogućuje da se zaključi sledeće [5]: (i) zadovoljstvo kupca je polazni element za definisanje primenjenog modela upravljanja kvalitetom, (ii) uloga menadžmenta u ovim modelima je leaderska, (iii) za kontinualno unapređenje kvaliteta proizvoda i procesa, koriste se različite tehnike inženjerstva kvaliteta, i (iv) podrška računara u različitom obliku i vidu, ovim modelima je neophodna.

Modeli poslovne izvrsnosti druge generacije. Ovi modeli predstavljaju drugu generaciju TQM-a, a nastali su osamdesetih godina prošlog veka, izuzev Demingove nagrade, koja je promovisana 1951. godine. Međutim, i ona je doživela evoluciju, pa se i za nju može reći, da njena najnovija, izmenjena i dopunjena verzija potiče iz tog vremena. Ovde je potrebno naglasiti da danas postoji veliki broj međunarodnih, nacionalnih i kompanijskih nagrada za unapređenje kvaliteta prema TQM modelu, ali su najznačajnije [5,7]: (i) Demingova nagrada (stari japanski model TQM-a), (ii) Malcolm Baldrige (MBNQA) nagrada (američki model TQM-a), i (iii) EFQM ili EQA nagrada (stari evropski model TQM-a). Značaj ovih modela je u sledećem: (i) oni su predstavljale geneatore razvoja i unapređenja kvaliteta u određenim regionima i zemljama, (ii) nosioci ovih nagrada su organizacije, koje važe za svetske lidere u kvalitetu, i (iii) one predstavljaju zrele modele TQM-a, koji su predmet daljeg usavršavanja, razvoja i prevođenja u modele (poslovne) izvrsnosti.

Kao ilustracija TQM modela ove generacije, ovde se daje najnoviji opšti model Demingove nagrade za kompaniju [3]. Ona ima šest elemenata, a orijentisana je poslovnim rezultatima i kontinualnim unapređenjima, koja se uspostavljaju preko budućih planova. Inače, Demingova nagrada ima šest kategorija: za pojedince, za primenu (kompanija, m/s organizacija, sektor/pogon), za fabriku i inostrane organizacije. Svaka od navedenih kategorija ima svoju detaljnu strukturu. Suština Demingove nagrade se najbolje objašnjava na primeru nagrade za kompaniju, iz sledećih razloga: (i) ovo je

osnovni model, ustanovljen 1951. godine, iz koga su kasnije izvedene sve ostale kategorije, i (ii) ona je poslužila kao model za razvoj Malcolm Baldrige nagrade.

Ovaj model TQM-a sadrži deset glavnih i 72 podkriterijuma, kojima se definišu aktivnosti za menadžment totalnim kvalitetom. Bazni elementi ove kategorije Demingovog TQM modela su: (i) aktivnosti kontinualnih unapređenja kvaliteta, u koje su uključeni svi stručni ljudi unutar kompanije, (ii) puna primena kocepta policy management (ciljno planiranje kvaliteta), (iii) audit, povratne veze i korektivne akcije, (iv) puna primena modela obezbeđenja kvaliteta, (v) primena kružoka kvaliteta, (vi) obrazovanje i obuka, i (vi) puna primena različitih tehnika inženjerstva kvaliteta, pre svega statističkih metoda. Ovde treba posebno istaći da je Demingova nagrada, prema svojim kriterijumima i sadržaju okrenuta proizvodnim organizacijama, što se može smatrati njenim najvećim nedostatkom. Naime, do sada su samo četiri uslužne organizacije, od 169 nagrađenih (od 1951.god.), dobile Demingovu nagradu. Zato se smatra, da će u budućnosti, JUSE posvetiti posebnu pažnju ovom problemu.

Sumarne karakteristike TQM modela druge generacije su: (i) upravljanje kvalitetom je postalo menadžment koncept široko primenjen u organizaciji, i (ii) oni su bili baza za donošenje i usavršavanje standarda sistema kvaliteta (QS) i menadžmenta sistema kvaliteta (QMS).

Modeli poslovne izvrsnosti treće generacije. Poslovna izvrsnost se kao prilaz unapređenja kvaliteta na bazi TQM modela, posebno se intenzivno razvija u Evropi. EFQM je 2000. godine inaugurisao novi EFQM TQM model, [4–6,22], pod nazivom *EFQM model izvrsnosti*. On ima devet kriterijuma (*pet* koji se odnose na *moгуćnosti*: liderstvo, zaposleni, politika i strategija, partnerski odnosi / resursi i procesi, kao i *četiri* koji se odnose na *rezultate*: rezultati u odnosu na zaposlene, kupce i društvo i ključne performanse). Svih devet kriterijuma su okrenuti konceptu PDCA kroz model inovacija, učenja i unapređenja. Dalja struktura ovog modela se zasniva na 32 potkriterijuma, a polazni elementi za izgradnju evropskog modela izvrsnosti su bili: (i) nove oblasti primene menadžmenta kvaliteta (na primer inovacije i partnerski odnosi), (ii) orijentacija na kupce i tržište zahteva definisanje mogućnosti organizacije, (iii) ciklus PDCA je uključen u svaki kriterijum/potkriterijum, i (iv) veza između kriterijuma i potkriterijuma je jednoznačna. U model je ugrađena RADAR metodologija, koja organizaciji u primeni omogućuje sledeće: (i) definisanje rezultata (R) (ciljeva) koji žele da se postignu, (ii) planiranje i razvoj prilaza (A) koji će se koristiti, (iii) sistematsko raspoređivanje (D) prilaza, i (iv) ocena i preispitivanje prilaza/modela (AR) u primeni. Bazni koncept projektovanja, razvoja i primene EFQM modela izvrsnosti polazi od osam fundamentalnih paradigmi, koje zajedno u sinergetskom dejstvu, jednoj organizaciji omogućuju dostizanje izvrsnosti. Danas struktura nagrada za EQA obuhvata: proizvodne organizacije, uslužne organizacije, SME's, obrazovne i zdravstvene organizacije. Posebno se napominje da se u osnovi svih ovih nagrada nalazi izloženi model.

Japanski model za poslovnu izvrsnost [2,3,22], nastao je usavršavanjem i razvojem postojećeg TQC koncepta, koji je široko primenjen u japanskoj privredi. Osnovna definicija novog TQM modela glasi: *To je model unapređenja kvaliteta, koji pod liderstvom menadžmenta organizacije, u svakom poslovnom okruženju teži sledećem*: (i) top menadžment uspostavlja jasnu srednjoročnu i dugoročnu viziju i strategiju, (ii) jasna upotreba koncepta, vrednosti i naučnih metoda u uspostavljenom TQM modelu, (iii) prihvatanje činjenice i njena primena, da su ljudski resursi i informacije vitalni elementi organizacione infrastrukture, (iv) pod odgovarajućim menadžment sistemom, efektivno realizovati sistem obezbeđenja kvaliteta u međufunkcionalni menadžment sistem koji obuhvata troškove, isporuku, okolinu i bezbednost, (v) uz podršku glavnih organizacionih snaga, kao što su ključna tehnologija, brzina i vitalnost obezbediti obostrano izvrsne odnose sa kupcima, zaposlenima, isporučiocima, akcionarima i društvom, i (vi) kontinualno realizovati korporativne ciljeve organizacije kroz njenu misiju, izgradnjom njenog respektabilnog ugleda i stalnog obezbeđenja profita. Ovaj TQM model u primeni podržavaju različite metodologije i alati [2,3,22], a to su: (i) integracija menadžment strategija i politike menadžmenta, (ii) integracija tehnologije marketinga sa razvojem novih proizvoda, (iii) sveobuhvatni menadžment kvalitetom i troškovima u razvoju novih proizvoda, (iv) obezbeđenje

kvaliteta u globalnom društvu, (v) koordinacija, fuzija i integracija sa međunarodnim trendovima u oblasti kvaliteta, (vi) informacioni sistemi kvaliteta i tehnologije zasnovane na IT tehnologijama, (vii) menadžment održavanja opreme, (viii) TQM metodologija za unapređenje tehnologije, (ix) novi SQC za analizu, sintezu i menadžment procesa, (x) metodologije za rešavanje različitih problema, (xi) zaposleni kao podrška promenama u proizvodnji, i (xii) razvoj ljudskih resursa u podsticanju kreativnosti. Ovaj TQM model ima deset glavnih elemenata u 40 podelemenata [2, 3], a strategija za razvoj i primenu ovog modela poslovne izvrsnosti obuhvata: (i) širenje TQM koncepta korak po korak u njegovom razvoju, (ii) primena razvijenih metodologija i alata, (iii) aktivno praćenje stanja projekta, i (iv) praćenje internacionalnih trendova. Ovaj model ima posebno definisanu strategiju za svoju primenu, koja ima četiri modula.

Modeli poslovne izvrsnosti četvrte generacije. Najnoviji istraživački model TQM-a, koji će predstavljati osnovu za nagrade za kvalitet u budućnosti je Re-TQM. On je danas predmet istraživanja, a polazi od koncepta reinženjeringa današnjih modela poslovne izvrsnosti primenom BPR prilaza [4,10,22]. Ovaj prilaz ima sledeće karakteristike: (i) kontinualno unapređenje kvaliteta se zasniva na primeni *ISEC* modela (I – analiza internog procesa, S – podržavati interni haos, E – novi eksterni mentalni model, i C – primena naučnih metoda i alata za radikalno unapređenje procesa za kvalitet), (ii) stvaranje i postizanje kompetencija organizacije za izvrsnost, (iii) ispunjenje latentnih i neočekivanih zahteva kupaca, čime se kreira atraktivni kvalitet, (iv) ispunjenje zahteva i ostvarivanje zadovoljstva svih interesnih grupa organizacije, i (v) proširenje intelektualnog kapitala organizacije a posebno volumena znanja, koje se čuva, proširuje i prenosi.

Polaznu osnovu za Re-TQM predstavlja reinženjering postojećih poslovnih procesa, čime se radikalno menjaju: model organizacije, model menadžmenta, odgovornosti, motivacija, način i model merenja performansi poslovanja, razvoj kadrova i kontinualno usavršavanje njihovog znanja. Sve ovo je podržano informacionim sistemima poslednje generacije na bazi koncepta digitalne kompanije. Procedura Re-TQM na bazi BRP se izvodi u sedam koraka: (i) definisati model i početi organizacione promene, (ii) projektovati i izraditi reinženjering organizaciju, (iii) identifikovati BPR mogućnosti i koristi, (iv) proučiti i shvatiti postojeći proces, (v) izvesti reinženjering procesa, (vi) projektovati novi poslovni sistem, i (vii) izvršiti transformaciju. Novi Re-TQM procesi treba da budu projektovani tako da: (i) mogu se primenjivati sada i u budućnosti (da budu fleksibilni), (ii) imaju mogućnost prihvatanja varijacije procesa (da budu robusni), (iii) budu vođeni intuicijom korisnika (model ekspanzivnog sistema), i (iv) budu zasnovani na interakciji kompleksnog modela (proizvoda, procesa). Ako se današnji aktuelni modeli nagrada za kvalitet (Demingov, MBNQA, EQA) dekonponuju preko opštih (zajedničkih karakteristika), može se identifikovati sedamnaest elemenata. Procesima reinženjerstva one se prevode u Re-TQM, a ovde se analiziraju samo neki od njih. Tako na primer proizvodnja proizvoda atraktivnog i izvrsnog kvaliteta zasniva se na novim prilazima razvoja proizvoda. On se bazira na primeni nove teorije projektovanja za kvalitet, koja integriše zahteve za kvalitet u životnom veku proizvoda. Aksiomatsko projektovanje je jedan od novih prilaza projektovanja za kvalitet, koji definiše sistemski prilaz razvoju proizvoda i sa njim povezanih procesa po modelu kooperativnog inženjerstva, paralelnim procesiranjem svih aktivnosti. Platforma za ovaj razvoj je digitalni multimedijalni sistem projektovanja, koji radi u internet okruženju. On omogućuje sistemsku integraciju metodologija, alata i aktivnosti timova na geografski udaljenim lokacijama. Na ovaj način se stvaraju digitalne fabrike, koje koriste prednosti lokalnih resursa (znanja, sirovina, radne snage). Cross-funkcionalni timovi omogućuju povezivanje znanja i sposobnosti pojedinaca, pri čemu se komunikacione tehnologije koriste kao interface između članova tima. Na ovaj način se prevazilaze kulturološka i psihološka ograničenja, kao i konfliktne situacije između članova tima. Ovo znači da sve poslovne aktivnosti treba projektovati i izvoditi tako da su u skladu sa ljudskim, psihičkim, emocionalnim i intelektualnim potencijalom ljudske ličnosti. Poseban važan aspekt Re-TQM je razvoj i primena modela samoocenjivanja, pomoću koga se utvrđuju slaba mesta a primenom različitih metoda i alata se projektuju novi procesi. Dakle, izloženi model Re-TQM biće osnova za razvoj nove generacije nagrada za kvalitet, jer on ustvari podržava i novu generaciju organizacija – digitalnih kompanija. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu u okviru Laboratorije za proizvodnu metrologiju i

TQM se istražuje i razvija model inteligentnog menadžmenta kvalitetom, koji predstavlja naš prilaz razvoju Re-TQM koncepta [22].

2.5. Peti nivo izvrsnosti – integrisane menadžment paradigme / integrisani razvoj

Ako se napred navedeni menadžment nivoi zajedno povežu i primene u organizaciji dolazi do promene menadžment paradigme [17-19]. Međusobno povezivanje i razvoj ovih koncepta generiše integrisani sistem. Međutim, ideja, koncept i model integracija nisu novi prilaz. Već su ranije različite socio-tehničke i socio-ekonomske škole, razvijale različite prilaze za integraciju nivoa izvrsnosti. Danas se ti prilazi u integraciji mogu posmatrati sa sledećih aspekata: (i) integracija na bazi strategije, kontinualnih unapređenja i transfera znanja, (ii) integracija na bazi vizije, strategije i učenja, i (iii) integracija na bazi "hard" i "soft" dimenzije menadžment koncepta. Svi ovi prilazi daju isti rezultat – integraciju izabranih nivoa izvrsnosti, koji ima zajedno povezan menadžment i korporativni razvoj.

Menadžment koncept u integrisanom prilazu se sastoji od normativne, strategijske i operativne dimenzije, a njegov razoj obuhvata aktivnosti, strukturu i odnose sa okolinom.

Korporativni razvoj se zasniva na fundamentalnom povezivanju strategijskog menadžmenta i promena. Strategijski menadžment obezbeđuje koherentnu vezu između strategijskih i operativnih ciljeva, vizije i misije. Međutim veza između holističkih, sistemskih i dinamičkih faktora može da generiše kompleksnu strukturu koja nije upravljiva.

3.0. ZAKLJUČCI

Izvrsnost na početku trećeg milenijuma, karakterišu [1-22]: (i) otpočinjanje primene modela poslovne izvrsnosti standardizovanog oblika, kao što je ISO 9004 : 2000, i (ii) primena modela TQM-a, koji predstavljaju kriterijume za ocenu/dodelu internacionalnih, nacionalnih, regionalnih i kompanijskih nagrada za kvalitet. Ovo znači, da se izvrsnosti u poslovanju posvećuje velika pažnja, a da mi u našoj zemlji, ovom izazovu možemo da odgovorimo na sledeći način: (i) nacionalnom strategijom za poslovnu izvrsnost, (ii) razvojem prilaza u organizaciji da su za nju važne sve interesne grupe (kupci, zaposleni, isporučiooci, vlasnici, društvo), (iii) svi oblici partnerstva sa inostranim organizacijama, kao što su zajednička ulaganja, zajednički razvoj, marketinška saradnja, zajednička obuka, itd., trebaju da se zasnivaju na primeni modela izvrsnosti, i (iv) unapređenju izvrsnosti u organizaciji treba posebnu pažnju posvetiti na nivou zahteva (kriterijum – podkriterijum – zahtev), jer se na tom nivou vrši projektovanje za konkretnu organizaciju).

Ovim prilazima treba dodati i globalne trendove u oblasti unapređenja kvaliteta, između dva milenijuma, koji se definišu kao: (i) kvalitet i menadžment poslovanjem su ključni faktori za rast i kompetentivno liderstvo organizacije, (ii) razviti i primeniti menadžment modele ciklusa inovacija proizvoda i usluga, (iii) razvijati dodatne vrednost za kupca, kao najvažnije faktore razvoja njegove lojalnosti, (iv) efektivni razvoj partnerstva sa isporučiocima, (v) internet i informacione tehnologije koristiti za unapređenje kvaliteta i efektivnosti, (vi) povećanje tržišta i rast organizacije je direktno povezan sa smanjenjem troškova nekvaliteta, (vii) integraciju organizacija radi stvaranja mreže kvaliteta vršiti kroz unapređenje odnosa sa kupcem, proizvođačem i isporučiocima, (viii) motivisati zaposlene da koriste alate i razvijaju okruženje za unapređenje kvaliteta, (ix) razvijati liderstvo u oblasti menadžmenta životnom sredinom, bezbednošću i zaštitom zaposlenih, i (x) menadžment sistema kvaliteta prihvatiti kao međunarodni jezik poslovanja između kompanija.

Nagrade za kvalitet na bazi izvrsnosti već predstavljaju budućnost koja je već počela. Za generaciju digitalnih fabrika se istražuje i razvija Re-TQM model, kao osnova za buduće nagrade za kvalitet [22]. Ovaj rad predstavlja rezultate istraživanja iz Projekta tehnološkog razvoja.

Reference

- [1]. Boys, K., et all, *Evolution Towards Excellence: Use of Business Excellence Programs by Canadian Organization*, IJ Measuring Business Excellence, Vol. 9, No. 4, pp. 4-15, 2005.
- [2]. Train, L., Williams, Ch., *Evolution of Quality Management*, The International Journal of Public Sector Management, Vol. 13, No. 6, pp. 526-539, 2000.
- [3]. Mele, C., Colurico, M., *The Evolving Path of TQM*, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 23, No. 5, pp. 464-489, 2006.
- [4]. Manglesdorf, D., *Evolution from Quality Management to an Integrative Management System*, The TQM Magazine Vol. 11, No. 6, pp. 419-424, 1999.
- [5]. McDonald, et all, *Sustaining and Transferring Excellence*, IJ Measuring Business Excellence, Vol. 6, No. 3, pp. 20-30, 2002.
- [6]. Darlympe, J., et all, *Next-Generation Quality Management*, The TQM Magazine, Vol. 11, No. 3, pp. 138-141, 1999.
- [7]. Hensler, D., Edgeman, R., *Modeling BEST Business Excellence*, IJ Measuring Business Excellence, Vol. 6, No. 2, pp. 49-54, 2002.
- [8]. Gilgeous, V., Gilgeous, M., *A Framework for Manufacturing Excellence*, IJ Integrated Manufacturing Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 33-44, 1999.
- [9]. Walden, J., *Performance Excellence – a QFD Approach*, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 20, No. 1, pp. 123-133, 2003.
- [10]. Terziovski, M., *The Relationship Between Networking Practices and BE – a Study of SMEs*, IJ Measuring Business Excellence, Vol. 7, No. 2, pp. 78-92, 2003.
- [11]. Meers, A., Samson, D., *BE Initiatives – Dependencies along the Implementation Path*, IJ Measuring Business Excellence, Vol. 7, No. 2, pp. 66-77, 2003.
- [12]. Ivanović, M., Majstorović, V., *Model Developed for the Assessment of Quality Management Level in Manufacturing Systems*, The TQM Magazine, Vol. 18, No. 4, pp. 410-423, 2006.
- [13]. Terziovski, M., *Achieving Performance Excellence Thought an Integrated Strategy of Radical Innovation and Continuous Improvement*, IJ Measuring Business Excellence, Vol. 6, No. 2, pp. 5-14, 2002.
- [14]. Wankhade, L., Dabade, B., *A Holistic Approach to Quality*, The TQM Magazine, Vol. 17, No. 4, pp. 322-328, 2005.
- [15]. Konidari, V., Abernot, Y., *From TQM to Learning Organization*, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 23, No. 1, pp. 8-26, 2006.
- [16]. Aubert, B., *Le Cout de l'Excellence*, Ed. Du Seul, Paris, 1992.
- [17]. Dervitsiotis, N., *The Challenge of Managing Organizational Change – Exploring the Relationship of Reengineering, Developing Learning Organizations and TQM*, Total Quality Management, Vol. 9, No. 1, pp. 109-122, 1998.
- [18]. Martensen, A., Dahlgaard, J., *Integrating Business Excellence and Innovation Management Developing Vision*, Total Quality Management, Vol. 10, No. 4&5, pp. 627-635, 1999.
- [19]. Milton, J., *Ethnics as Excellence – a Strategic Management Perspective*, Journal of Business Ethics, Vol. 14, No. 4, pp. 683-693, 1995.
- [20]. Senge, M., Carstend, G., *Innovating our Way to the Next Industrial Revolution*, MIT Sloan Management Review, Winter, pp. 24-38, 2001.
- [21]. Majstorović, V., *A Contribution to the Digital Quality Concept Research*, Keynote paper, pp. 27 -32, Proceedings of Third International Working Conference "Total Quality Management and Intelligent Approaches", 2005, Belgrade.
- [22]. Majstorović, V., *Upravljanje kvalitetom proizvoda I*, Univerzitetski udžbenik, Mašinski fakultet, Beograd, 2001.

LEVELS OF EXCELLENCE

Professor Dr. Vidosav D. MAJSTOROVIC
Mechanical Engineering Faculty, Belgrade University, Belgrade.

Summary

Purpose: *Intensive development of the management concept in the organizations of developed countries marked the last decade. On the other hand, the globalization processes, spurred these processes as well. The introduction of the excellence concept into the business practice in*

organizations of developed countries began during the eighties of the last century. It has gone through five levels of development from that time until today when it integrates several management approaches devoted to sustainable development. It essentially represents “the best management practice” aimed at the development and the growth perspective of the organization. These investigations, reviewing the appearance, development and evolution of excellence as an advanced management concept, have been undertaken to help the economy of our country in its processes of inclusion into the EU.

Methodology: In order to get the answer – when, how and where management excellence concept has emerged an analysis was made of management concepts applied during the last fifty years in companies of developed countries. The cross-section of good worldwide management practice for the above period thus served as a basis for excellence. All this was individually analyzed from quality management angle.

Results: Obtaining of excellence development levels/stages with specific management concept characteristics for each level thus enabled the “recognition” of excellence level of organization in question. This is a very important aspect of this research.

The constraints in the research: The main constraint in these investigations was that the application of excellence concept, as a good management practice, was analyzed exclusively in companies of developed countries. No comparative study was made as to whether and how this concept was developing in Serbia, because it required first the definition of the structure and the requirements of each excellence level. This could be done for developed countries only as it was done in this investigation.

Practical implications for application: The excellence management concept framework for developed countries now served as the basis of investigations in Serbia to be carried out through the following approaches: (i) how to define, recognize and implement the concept of excellence in the management practice of Serbian companies, and (ii) how to define and apply the excellence roadmap in Serbian companies. The future research will follow this direction.

The originality and values: This research was undertaken for the first time in the Western Balkans. In the theory and practice of this environment it is considered to be original. This gives rise to its value to be used for future research in this field. This paper describes the emergence and the development review of the excellence concept with special emphasis on its integration with the quality management concept and the sustainable development. This way of consideration of the excellence concept is very important for the organizations in Serbia which are now developing the new business ambience in the process of integration with the EU.

Type of paper: Scientific/investigation paper.

Key words: Excellence, Development, Quality management.

Stevo Borojević¹, Vid Jovišević²

PRILOG RAZVOJU MODULARNOG PROJEKTOVANJA Pribora NA BAZI KLASIFIKACIJE Komponenti A ZA BAZIRANJE

Rezime

U radu je prikazan model za izbor komponenti modularnih pribora za baziranje predmeta obrade. Predstavljena je struktura ovog modela, kao i njegov način funkcionisanja. Istaknut je značaj izbora komponenti za baziranje pri projektovanju modularnih pribora. Simulacija primjene razvijenog modela za izbor komponenti modularnih pribora za baziranje predmeta obrade izvršena je na konkretnom primjeru prizmatičnog radnog komada.

1. UVOD

U procesu mašinske obrade, geometrijska tačnost dijela bitno zavisi od relativne pozicije priprema u odnosu na rezni alat. Pribori su potrebni kako bi se odredio relativni položaj priprema u odnosu na rezni alat i kako bi obezbjedili kvalitet izvođenja tehnološkog procesa. Osnovni zahtjev za pribore je baziranje i obezbjeđivanje sigurnog položaja radnog komada u datoj poziciji, kao i orijentacije na radnom stolu u odnosu na rezni alat. Da bi radni predmet bazirali, oslonci se postavljaju u kontakt sa površinama radnog komada, kako bi mu oduzeli šest stepeni slobode, uključujući translatorska i rotaciona kretanja. Da bi se obezbjedila sigurnost radnog komada u samom priboru, koriste se stezači, kako bi se pomoću njih zadržala stabilna pozicija kao reakcija silama rezanja. Bazne površine na radnom komadu mogu biti ravne, koncentrične unutrašnje ili spoljašnje i profilne površine. Metode baziranja pri projektovanju pribora uključuju tri površine - metod 3-2-1, jedne ravni i dvije rupe (otvora), dvije ravni i jedne rupe, itd, kao i kratkih V-prizmi (V-ploča i V-blokova). Metode držanja (stezanja) mogu biti sa gornje strane i stezanje sa strane, koje obezbjeđuju normalne sile i sile trenja u procesu stezanja.

Kako bi se zadovoljio osnovni zahtjev pribora, kao i dodatna tačnost procesa proizvodnje, pribor bi trebao biti dovoljno krut, da se suprostavi štetnim uticajima deformacija i vibracija tokom procesa rezanja. Pri tom, metode stezanja i pozicije stezanja moraju biti pažljivo odabrane, kako bi se čvrsto pridržavao radni komad.

Kao dodatak osnovnim zahtjevima, pri projektovanju pribora su i drugi zahtjevi koji takođe moraju biti zadovoljeni, kao što je obezbjeđivanje produktivnosti (npr. lako postavljanje i skidanje radnog komada, korištenje automatskih ili poluautomatskih uređaja za stezanje, lako uklanjanje strugotine i ostalo), kao i efektivno smanjenje troškova (što se tiče materijala pomoćnih pribora, njihovog procesa izrade kao i korištenja standardnih elemenata sa prioritetima). Prema tome, projektovanje pomoćnih pribora je složen proces. Primjena ovih osnovnih principa na individualno projektovanje pribora zavisi prije svega od iskustva projektanta pri ručnom projektovanju pribora.

Prikupljanje i predstavljanje znanja - projektantskog iskustva je osnovna faza u razvoju modela računom podpomognutog projektovanja pribora.

¹ Asistent, Stevo Borojević, dipl. inž., Banja Luka, Mašinski fakultet, +387 51 468-320 stevoborojevic@hotmail.com

² Prof. dr Vid Jovišević, Banja Luka, Mašinski fakultet, +387 51 468-320 vid.jovisevic@blic.net

2. BAZIRANJE PREDMETA OBRADE

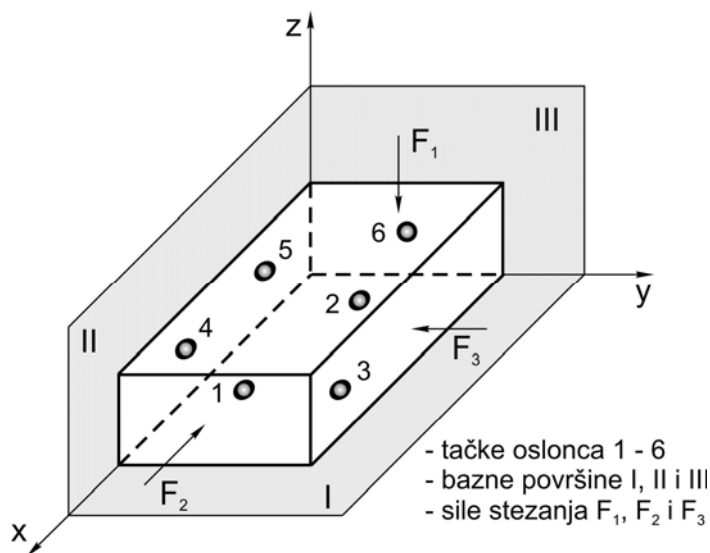
Baziranje predmeta obrade zasnovano je na oduzimanju stepena slobode kretanja u prostoru. Svaki predmet prizmatičnog oblika, ako se posmatra u prostornom koordinatnom sistemu, ima šest stepeni slobode kretanja. Da bismo predmetu obrade definisali položaj potrebno mu je oduzeti stepene slobode kretanja (slika 1).

Iz mehanike je poznato da svako čvrsto tijelo ima šest stepeni slobode kretanja i to: tri translatorsna i tri rotaciona. Da bi se ostvarilo eliminisanje svih šest stepeni slobode, neophodno je da se predmet obrade osloni na šest nepokretnih tačaka. Svaka nepokretna tačka eliminiše po jedan stepen slobode kretanja. Znači, pri pozicioniranju predmeta obrade potrebno je imati šest oslonaca-pravilo šest tačaka (slika 1).

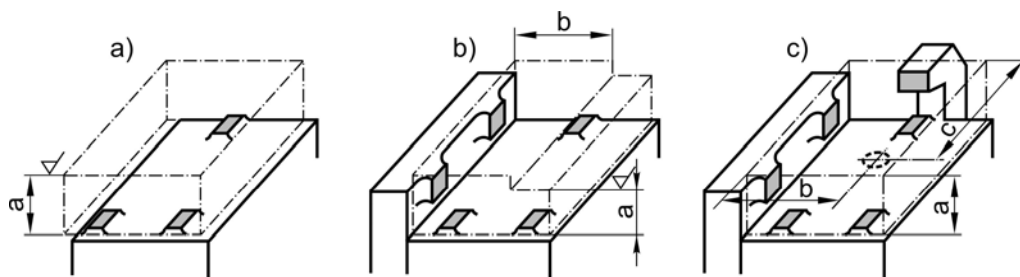
Predmet obrade može biti postavljen u alatu tako da bude (slika 2):

- polubaziran,
- baziran i
- totalno baziran.

Predmet obrade je polubaziran ako je postavljen na tri tačke u jednoj ravni. Baziran je ako je oslonjen još na dvije tačke u ravni upravnoj na prethodnu i potpuno baziran, ako je oslonjen na šest tačaka, tako da su mu poništeni svi mogući stepeni slobode kretanja.



Slika 1. Pozicioniranje predmeta obrade



Slika 2. Predmet obrade u alatu - a) polubaziran, b) baziran, c) totalno baziran

Prema tome, ako je broj tačaka za oslanjanja manji od šest, predmet obrade ima određen broj stepeni slobode. To znači da u pravcu u kojem ne postoji tačka oslanjanja, položaj predmeta obrade nije određen. Zamjena nedostajuće tačke za oslanjanje stezanjem u tom pravcu nije pouzdano.

Baziranje predmeta obrade u praksi, korišćenjem manje od šest tačaka je moguće i primjenjuje se često, jer broj tačaka za oslanjanje zavisi od metoda obrade i broja mjera koje se moraju održati. Od toga zavisi broj baza neophodnih za baziranje predmeta obrade a time i broj tačaka za oslanjanje.

3. MODULARNI PRIBORI

Modularni pribori se koriste u prerađivačkoj industriji već decenijama; oni su originalno razvijeni za potrebe pojedinačne ili maloseijske proizvodnje, kako bi se smanjili troškovi pribora, za proizvodnju za koju namjenski pribori nisu ekonomski opravdani. Modularni pribori se satavljaju preko izbora postojećih standardnih elemenata, principom kombinacija, koji u velikoj mjeri povećavaju funkcionalnost pribora, koristeći komponente pribora za opštu upotrebu. Fleksibilnost je ostvarena preko velikog broja konfiguracija pribora dobijenih iz različitih kombinacija elemenata pribora, koji mogu biti pričvršćeni na osnovnu ploču.

Komponente modularnih pribora mogu biti ponovo rastavljene, nakon što određena grupa proizvoda bude izrađena i nakon toga ponovo upotrebljena za nove pribore. Korištenje modularnih pribora smanjuje troškove steznih alata i veličine skladišta i skraćuje vrijeme ukupne proizvodnje. Projektant modularnih pribora razmišlja kao monter pribora i on pravi izmjene gdje god je to potrebno. Očigledno je da projektant pribora mora razumjevati zahtjeve svakog dijela i informacije koje su povezane sa operacijama obrade. Često se dešava da stvarni dio bude korišten pri projektovanju pribora i na taj način sam proces projektovanja i montaže pribora se učini efikasnijim. Posao komponovanja pribora je komplikovan i zahtjeva posjedovanje znanja i iskustva u oblasti ove tehnologije.

Postoje dva tipa modularnih pribora:

- ✓ pribori bazirani na T-žljebovima i
- ✓ pribori bazirani na elementima čivija- zavrtnaj.

4. SISTEM ZA IZBOR KOMPONENTI MODULARNIH PRIBORA

Prvi korak pri realizaciji automatizovanog sistema za projektovanje modularnih pribora predstavlja izbor i generisanje elemenata za baziranje i osnovnih (baznih) elemenata pribora. U elemente za baziranje modularnih pribora se ubrajaju tipske ploče za oslanjanje, pomoćne ploče za regulisanje visine, osloni čepovi, podesivi čepovi, čepovi za regulisanje dužine oslanjanja, čivije za baziranje, stezni zavrtnjevi i sl. Bazni elementi modularnih pribora su osnovne ploče, ugaone ploče i pomoćni ugaonici.

U ovom radu predstavljen je model za izbor osnovnih (baznih) elemenata, kao i elemenata za baziranje modularnih pribora. Elementi se biraju na osnovu interaktivnog dijaloga između korisnika i baze podataka, koji omogućuje razvijeni model za izbor komponenti modularnih pribora za baziranje predmeta obrade (slika 3).

Korisnik na osnovu realne geometrije dijela, zahtjeva tehnoloških procesa, kao i mogućnosti mašine, u interaktivnom dijalogu koristi razvijeni model i kao rezultat dobija generisane komponente za baziranje i oslanjanje, kao i bazne elemente pribora (osnovna ploča, ugaona ploča i sl.).

Razvijeni model funkcioniše na principu generisanja numeričkog koda iz projektovanog klasifikatora. Klasifikator je razvijen na principu geometrijskih i tehnoloških zahtjeva dijelova, mogućnosti mašine i ostalih važnih faktora koji karakterišu radni dio. Pri svakom novom koraku razvijeni model generiše po jednu ili više numeričkih oznaka i na osnovu formiranog koda vrši se izbor komponenti iz baze podataka.

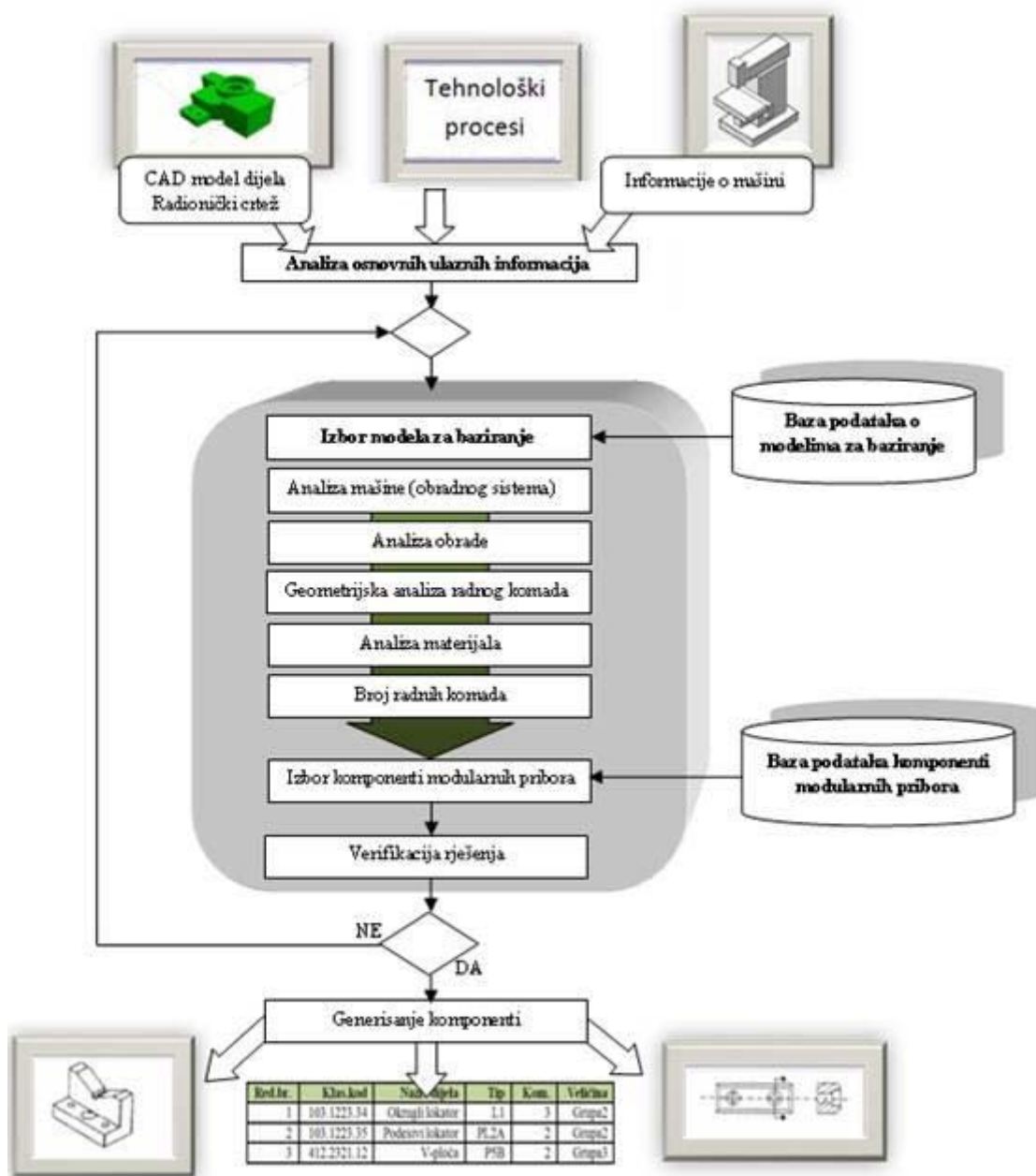
Razvijeni model je projektovan primjenom objektno orijentisanog programiranja i MySQL baze podataka. Baza podataka je povezana sa programskim paketom *SolidWorks*[®]. Kao izlaz iz razvijenog modela, preko klasifikacionog koda, generiše se potreban oblik i broj komponenti za baziranje.

Nakon definisanja komponenti za baziranje, generiše se osnovna (bazna) komponenta, upravo na osnovu zahtjeva izabranih komponenti i ostalih ranije definisanih zahtjeva.

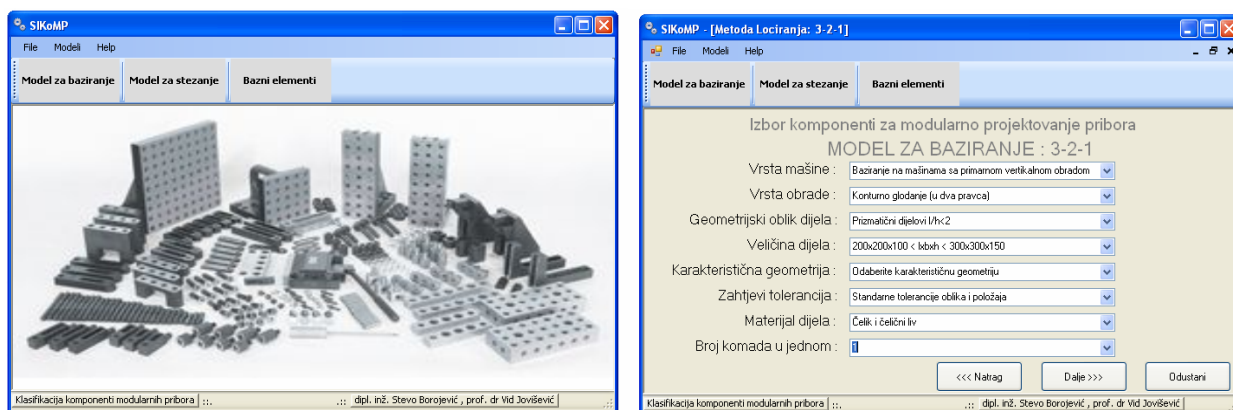
Komponente se mogu prikazati u 3D formi, u formi radioničkog crteža kao i preko sastavnice komponenti modularnih pribora.

Kao referentni modularni pribor usvojen je modularni pribor za obradu rezanjem *Bluco*[®]-Njemačka, sa svojim geometriski-tehnološkim karakteristikama.

Prikaz razvijenog modela preko formi interaktivnih dijaloga je dat na slikama 4a-d. Forme razvijenog modela su jednostavne za korištenje, a projektovane su u saglasnosti sa strukturom modela koja je data na slici 3.



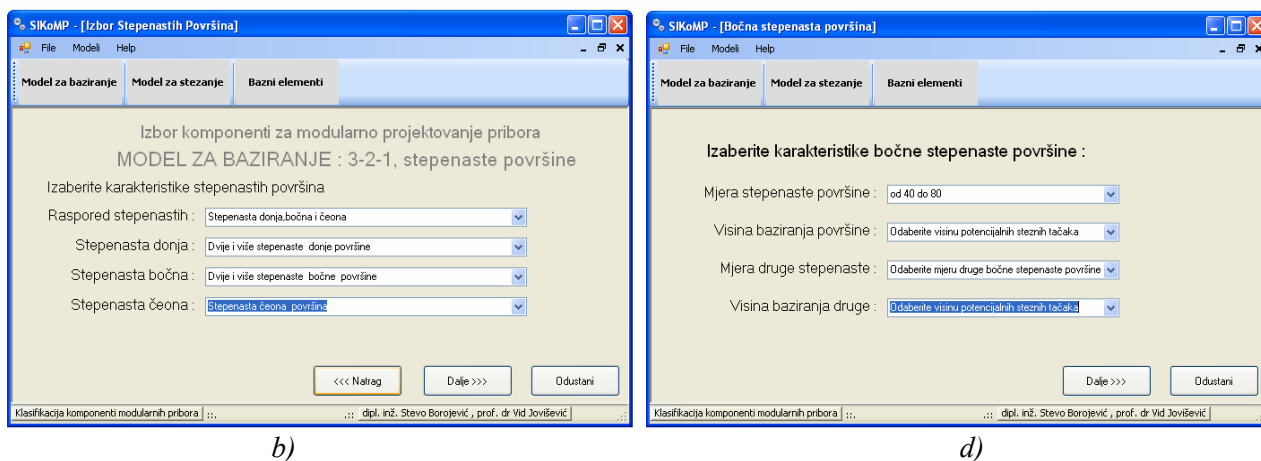
Slika 3. Algoritam modela za izbor elemenata modularnih pribora za baziranje



a)

b)

Slika 4. Prikaz razvijenog modela za izbor komponenti modularnih pribora (a,b)



b)

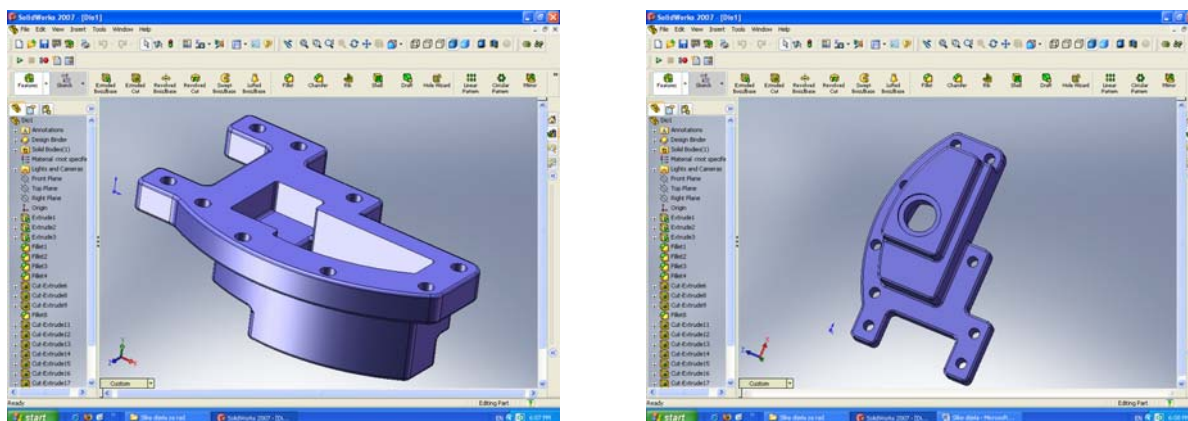
d)

Slika 4. Prikaz razvijenog modela za izbor komponenti modularnih pribora(c,d)

5. PRIKAZ REZULTATA

Simulacija primjene projektovanog modela za izbor komponenata modularnih pribora za baziranje izvršena je na konkretnom radnom predmetu koji je prikazan na slici 5.

Prikazani radni predmet po svojim geometrijskim karakteristikama spada u prizmatične dijelove sa stepenastim površinama. Na osnovu geometrijskih karakteristika radnog predmeta, dimenzija, tehnoloških karakteristika, projektovanog tehnološkog procesa, kao i raspoloživih mašina generisane su komponente modularnog pribora. Komponente su generisane u programskom paketu *SolidWorks*[®] - modulu za sklapanje *Assembly* i što je i prikazano na slici 6.

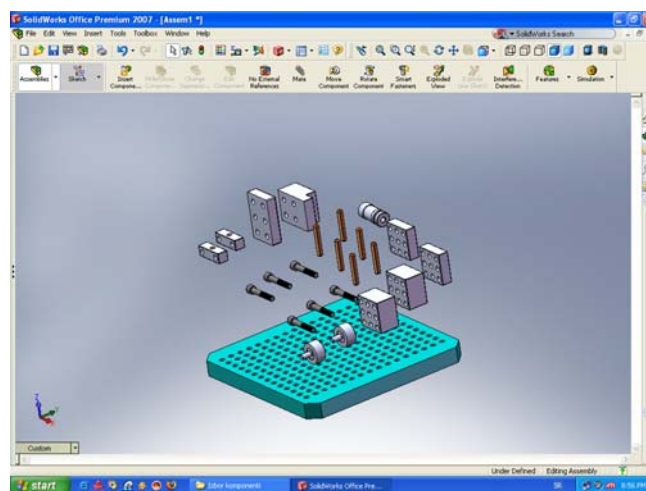


Slika 5. Radni predmet za simulaciju primjene projektovanog modela

Pored komponenti koje su prikazane u 3D formi, projektovani model za izbor komponenti pribora generiše i sastavnicu elemenata za baziranje, koja je za navedeni radni predmet data u tabeli 1.

Tabela 1.

Red. br.	Klasifikacioni kod	Naziv	Tip	Kom.	Grupa
1	1315.37122.211	Ploča	PP10	1	3
2	1315.37121.211	Oslona stepenasta ploča	SP10	1	3
3	1315.37222.211	Oslona ravna ploča H40	RP10-40	2	3
4	1315.37228.211	Oslona ravna ploča H20	RP10-20	2	3
5	1315.37227.211	Element za bočni oslonac	BE10-20	2	3
6	1315.32434.211	Ravni oslonac H20	RO10-20	2	3
7	1315.32456.211	Podesivi oslonac H28-56	PO10-56	1	3
8	1315.33113.211	Pozicionirajuće čivije H60	PČ10-60	6	3
9	1315.34113.211	Vijci H60	V-10-60	6	3
10	1315.31413.211	Osnovna ploča 350x350	OP-10-3	1	3



Slika 6. Izbor komponenata modularnih pribora za konkretan radni predmet (prikazan na slici 5.)

6. ZAKLJUČAK

Projektovani model izbora komponenti modularnih pribora predstavlja prvi korak pri automatizovanom projektovanju modularnih pribora. Na osnovu ulaznih informacija, projektant kroz jednostavan interaktivni dijalog efikasno i brzo vrši izbor komponenti za oslanjanje i baziranje radnog komada. Pri tome projektant ne treba imati visoko znanje iz oblasti projektovanja pribora jer dati model na osnovu projektovanih pravila i klasifikacionog sistema, generiše komponente potrebne za izvršavanje procesa baziranja.

7. LITERATURA

- [1] Rong K.Y., Zhu S.Y.: Computer Aided Fixture Design, Marcel Dekker, New York,Basel, 1999.
- [2] Mamula- Berđan T.S., Integracija baze znanja i baze podataka na primeru pomoćnih pribora fleksibilnih sistema LOLA CIM preduzeća : Magistarska teza, Beograd, 1999.
- [3] Stampfer M., Rétfalvi A. Integrated Process and Fixture Planning System, 4th Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems, Subotica, 2006.
- [4] Jovišević V.: Projektovanje tehnoloških procesa, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2005.
- [5] Bluco Corporation, web-site: www.bluco.com

CONTRIBUTION FOR DEVELOPMENT OF MODULAR FIXTURE DESIGN THROUGH CLASSIFICATION OF COMPONENTS FOR LOCATING

Summary

This paper describes a model for modular fixture component selections for locating of work piece. It presents a structure of this model and way of his functioning. It is emphasize the importance of modular fixture component selections, as part of modular fixture design. Simulation of usage development model, for modular fixture component selections for locating work piece, is applied on particular example of prismatic work piece.

UPRAVLJANJE RIZIKOM I KVANTITATIVNE
METODE PROCENE RIZIKARadomir Brzaković¹⁾, Zoran Marjanović²⁾, Željko Radulović³⁾

Rezime: Identifikacija rizika, odnosno faktora koji dovode do njihove pojave, a zatim njihova numerifikacija i obrada statističkim metodama u cilju sveobuhvatne analize i donošenja zaključaka o merama za njihovo minimiziranje i/ili izbegavanje može značajno uticati na poslovanje. Upravljanje rizikom treba da bude jedna od značajnih funkcija svakog preduzeća, a prihvatanje ove činjenice, kao i realne potrebe i shvatanja značaja teorije rizika, daje preduslove za pozitivne rezultate ne samo s aspekta poboljšanja bezbednosti proizvodnog procesa, već i sa aspekta u rastu produktivnosti, podizanju kvaliteta, i uopšteno efikasnim i sveobuhvatnim upravljanjem poslovanja preduzeća i izborom strategija poslovanja i njihovim razvojem. U ovom radu su razmotreni opšti principi upravljanja rizikom i kvantitativne metode procene rizika.

Cljučne reči: upravljanje rizikom, kvantitativne metode procene rizika, izloženost riziku

1. UVOD

U svakodnevnom životu, na svakom koraku postoje nepredviđeni potencijalni rizici, koje statističkim rečnikom možemo nazvati malo verovatnim slučajnim događajima, ili narodnim rečnikom: loša sreća, sudbina, maler. To se nekad odnosilo i na delatnosti ljudi, bilo da su proizvodne ili uslužne, ali nije trebalo puno vremena da se primeti, a nešto kasnije i statistički obradi, da su određeni rizici tipični za određene vrste delatnosti. Industrijsko-tehnološkim razvojem se znatno povećavala raznovrsnost delatnosti ljudi, a samim tim i raznovrsnost potencijalnih rizika u radnom okruženju i pri samoj radnoj aktivnosti. Što se tiče, uopšteno delatnosti ljudi, možemo reći da se svaka delatnost ostvaruje u nekom *okruženju*, sa nekom *aktivnošću* i u nekom *ambijentu*. Delatnost možemo modelirati na način prikazan na slici 1. Ovo je urađeno pošto se potreba za upravljanjem rizikom u poslovanju može ilustrovati u Gilb-ovom principu vezanom za rizike: "Ako ne napadnete aktivno rizike, oni će aktivno napasti vas". Identifikovanje i prioritetizovanje rizika omogućuje menadžmentu da se fokusira na oblasti koje imaju najveći uticaj na poslovanje. Koncept menadžmenta rizikom se zasniva na osnovnoj premisi da je menadžment rizikom planska, dalekovidna, struktuirana, informativna i stalno primenljiva tehnika. Ključ uspešnog menadžmenta rizikom je rano planiranje i agresivna implementacija. Dobro planiranje omogućava organizovani, sveobuhvatni i iterativni proces identifikacije i procene rizika, a zatim adekvatnog reagovanja.



Slika 1. Model delatnosti

¹⁾ Radomir Brzaković, dipl. inf., Zastava automobili, email : brzijax@yahoo.com 034/325220-lokal 49-61

²⁾ Zoran Marjanović, dipl. maš. ing., Zastava automobili, Kragujevac, 034/325220-lokal 48-15

³⁾ Željko Radulović, dipl. maš. ing., ZA-Informacioni sistemi

2. RIZIK I UPRAVLJANJE RIZIKOM

2.1 Potencijalni izvori rizika

- misija i ciljevi,
- donosioci odluka,
- rukovodioci organizacije,
- raspoloživa novčana sredstva i troškovi,
- razvojni proces,
- sredina u kojoj se razvija proces,
- osoblje,
- operativno okruženje
- nove tehnologije.

Moguće posledice za poslovanje obuhvataju :

- prekoračenje planiranih troškova,
 - vremensko prekoračenje,
 - neadekvatno funkcionisanje ,
 - kadrovske izmene,
 - nezadovoljstvo klijenata
- smanjenje ugleda organizacije,
- sudski postupak.

2.2 Podela rizika

- Tehnički rizici (problemi sa mašinama, alatom i materijalom, obimom poslovanja, metodima, standardima, ili procesima)
- Upravljački rizici (nedostatak/propusti u planiranju, nedostatak iskustva u upravljanju i obuci, komunikacioni problemi, nedostatak autoriteta i problemi sa kontrolama)
- Finansijski rizici (ograničen budžet, veliki novčani gubici)
- Pravni i ugovorni rizici (izmena zahteva, zdravstveno-bezbednosne činjenice, državna regulativa)
- Personalni rizici (slabosti osoblja, problemi sa iskustvom i obukom, problemi morala, konflikti, produktivnost)
- Ostali rizici resursa

2.3 Mere za suzbijanje rizika

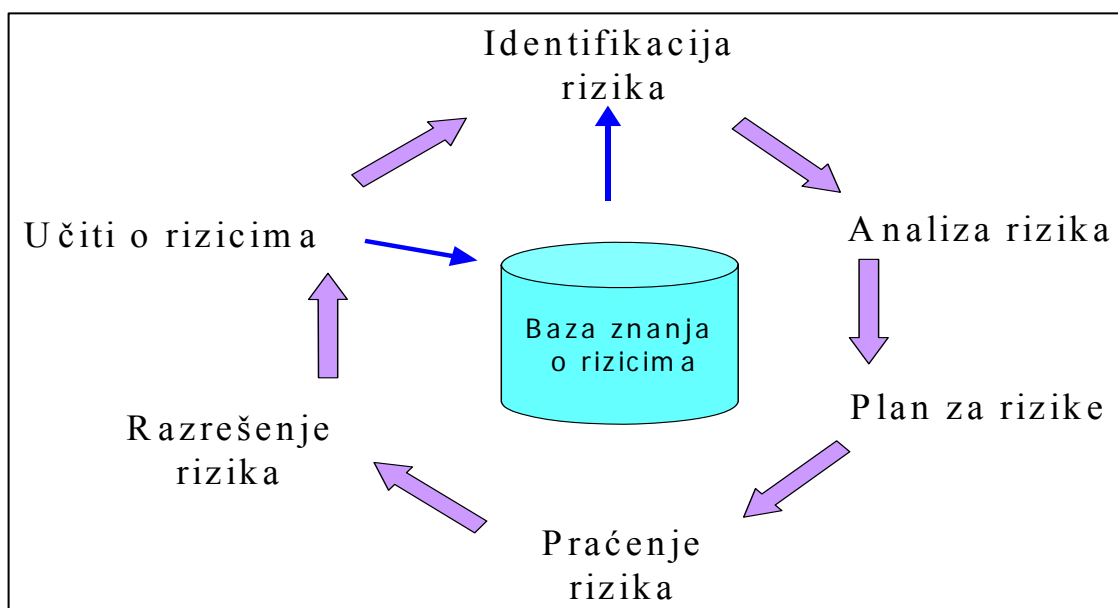
- Aktivne mere: mere kojima se sprečava incident, gubitak ili slično (sistem upravljanja, zaštitne mere, zakonske mere, periodične kontrole ...)
- Pasivne mere: mere kojima se ublažavaju posledice nastalog incidenta ili štete (osiguranja, zdravstvena zaštita, alternativni programi...)
- Konndicione mere: mere koje posredno umanjuju mogućnost nastanka incidenta ili štete (ergonomski uslovi, klimatski uslovi i slično)

2.4 Upravljanje rizikom

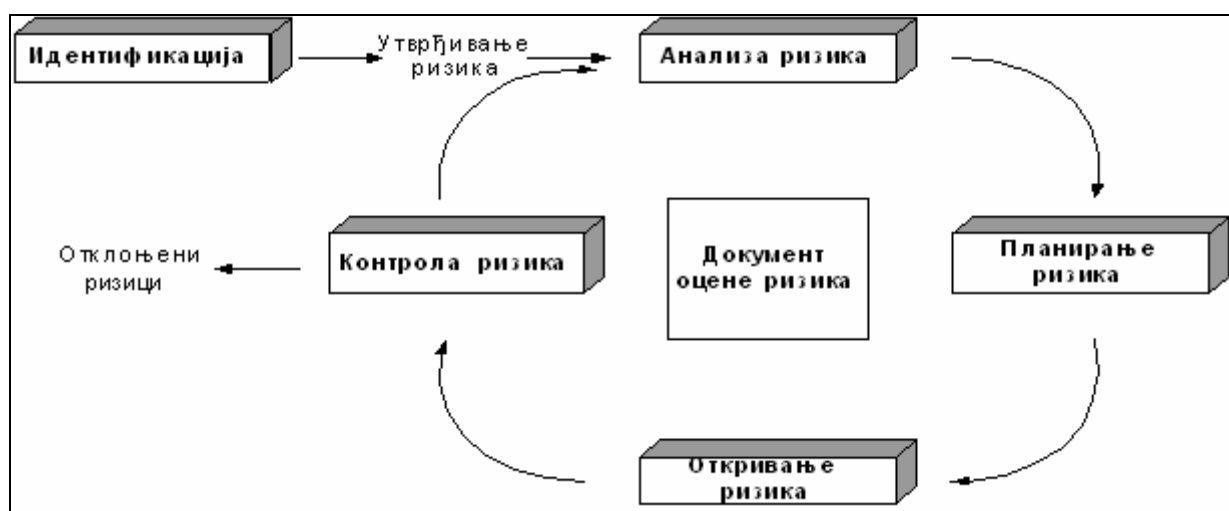
Upravljanju rizikom može se pristupiti na tri načina:

- Korišćenje čarobnog štapića - najveći rizici se identifikuju, ali se nikad eksplicitno ne vrši njihovo razmatranje
- Reaktivni pristup - reaguje se na posledice rizika, koji se javljaju tek kada se i one pojave
- Proaktivni pristup – postoji jasno određen proces upravljanja koji je izmeriv, može se ponavljati i usmeren je na okolnosti koje izazivaju rizike

Na slici 2 je prikazan opšti princip upravljanja rizikom, a na slici 3 proaktivni pristup upravljanju rizikom.



Slika 2. Proces Upravljanja Rizicima



Slika 3. Proces proaktivnog upravljanja rizicima

3. KVANTITATIVNE METODE PROCENE RIZIKA

Cilj primene kvantitativnih metoda procene rizika jeste da se nejansne i neprecizne kvalitativne ocene rizika zamene na činjenicama zasnovanim stavovima i numeričkim podacima. Ostvarenje ovog cilja ograničeno je, međutim, obimom i kvalitetom raspoloživih informacija

Procena zahteva za nadoknadu štete predstavlja bitnu komponentu procesa upravljanja rizikom.

U proceni zahteva za nadoknadu štete mogu se koristiti različite kvalitativne i kvanitativne metode.

Kvalitativne metode teže prevashodno identifikovanju mogućih rizika i izvora tih rizika i često predstavljaju osnovu da se u narednim fazama procesa upravljanja rizikom preciznije, na osnovu kvantitativnih metoda, izvrši procena mogućih gubitaka.

Najznačajnije kvalitativne metode procene rizika su: metod kontrolnih lista, metode analize organizacione strukture, metod dijagrama toka, analiza ugovora, fizički pregled objekata i sl.

Kvantitativne metode procene rizika zahteva za nadoknadu štete

Zahtev za nadoknadu štete predstavlja oblik kompenzacije potrošaču za štetu ili povredu nastalu nabavkom ili korišćenjem neispravnog proizvoda.

Zahtev za nadoknadu štete nastaje na osnovu verovanja potrošača da nastala šteta ili povreda opravdavaju određenu nadoknadu.

Najčešće do isplate zahteva za nadoknadu štete dolazi u nekom budućem vremenskom periodu.

U zavisnosti od informisanosti potencijalno odgovorne strane i ispunjenja njenih obaveza razlikuje se nekoliko vrsta zahteva za nadoknadu štete.

Prijavljen zahtev je takav zahtev o kome je potencijalno odgovorna strana obaveštena. U suprotnom zahtev je *neprijavljen*.

Zatvoren zahtev je takav zahtev po kome je obaveza plaćanja nadoknade štete prihvaćena od odgovorne strane, a isplata u potpunosti izvršena. U protivnom zahtev je *otvoren*, a procenjeni iznos obaveze naziva se rezerva.

Kako su broj, visina i raspored u vremenu zahteva za nadoknadu štete neizvesni, preduzeće mora proceniti ove elemente i predviđati.

Osnovu za predviđanje predstavlja iskustvo iz prošlosti samog preduzeća ili, u nedostatku podataka za preduzeće, podaci drugih sličnih preduzeća, grane ili grupacije kojoj pripada preduzeće.

Metod za procenu zahteva za nadoknade štete naziva se metod razvoja štete.

Ovaj metod polazi od proseka poznatih zahteva za nadoknadu štete kako bi procenio buduće zahteve za nadoknadu štete.

Pretpostavimo, radi ilustracije primene metoda razvoja štete, da menadžer rizika nekog preduzeća iz iskustva zna da u proseku jedna četvrtina zahteva za nadoknadu štete proisteklih korišćenjem neispravnog proizvoda preduzeću biva saopštena jednu godinu nakon početka prodaje proizvoda, a da ostale tri četvrtine zahteva za nadoknadu štete preduzeće dobija tokom narednih 10 godina. Odnos neprijavljenih i prijavljenih zahteva (3:1) može poslužiti kao osnova za procenu očekivanog broja krajnjeg broja zahteva za nadoknadu štete usled prodaje neispravnog proizvoda (tokom godine). Ovaj metod naziva se metod razvoja pretrpljene štete.

Na osnovu metoda razvoja pretrpljene štete moguće je proceniti broj kao i visinu zahteva za nadoknadu štete.

Za određivanje očekivanog krajnjeg broja zahteva kritična je veličina faktora razvoja.

Faktor razvoja izražava procenjen odnos krajnjeg broja i prijavljenog broja zahteva za nadoknadu štete.

Obaveze nadoknade štete mogu se proceniti i na osnovu podataka o *izloženosti riziku* ili nekog drugog standarda ne uzimajući neposredno u obzir prijavljene zahteve za nadoknadu štete korišćenjem metoda razvoja štete zasnovanog na izloženosti riziku ili, kako se još naziva, *tabelarnog metoda razvoja štete*.

Ovaj metod polazi od pretpostavke da zahtevi za nadoknadu štete proističu iz određenih aktivnosti koje se prema svom potencijalu stvaranja zahteva za nadoknadu štete mogu grupisati, a tim grupama je moguće odrediti određeni broj standardnih jedinica izloženosti riziku.

U tabeli 1 izložen je primer korišćenja metoda razvoja štete zasnovanog na izloženosti riziku ili tabelarnog metoda za procene očekivanog broja povreda na radu za različite poslove u jednom proizvodnom preduzeću. Pretpostavimo da se jedan proizvodni radnik u proseku povredi na radu svake 1,5 godina i da je njegova godišnja plata 24.000 din. Uz pretpostavku da je referentna jedinica izloženosti riziku povrede na radu jedna godina zaposlenja proizvodnog radnika ili 240 jedinica po 100 din. njegove plate, očekuje se da će referentna jedinica izloženosti riziku dovesti do 2/3 zahteva za obeštećenje usled povrede na radu.

Zanimanja	Broj potreban za jednu jedinicu izloženosti riziku	Broj očekivanih jedinica sledeće godine	Procenjene jedinice izloženosti riziku
Proizvodni radnici	1,00	274,50	274,50
Predradnici	12,00	138,00	11,50
Šefovi pogona	4,40	5,20	0,62
Radnici na održavanju	3,10	42,50	13,71
		Ukupno	300,33

Tabela 1.

Očekivani broj zahteva za obeštećenje je $(2/3) * (300,33) = 198,22$

Očekivani troškovi obeštećenja, 9.500 po zahtevu = 1.883.090 din.

Za ostala zanimanja u tabeli 1 na osnovu iskustva preduzeća iz ranijih perioda dat je pregled procenjenih jedinica izloženosti riziku, kao i očekivanog broja zahteva za obeštećenje i očekivanih troškova obeštećenja za preduzeće kao celinu.

Kao što se iz tabele 1 može videti ukupan broj procenjenih jedinica izloženosti riziku za preduzeće je 300,33, a očekivani broj zahteva za obeštećenje je 198,22. Uz pretpostavku da su prosečni troškovi nadoknade štete 9.500 din. po zahtevu, očekivani troškovi obeštećenja za preduzeće iznose 1.883.090 din.

4. ZAKLJUČAK

Za uspešnu primenu metoda razvoja pretrpljene štete od kritičnog značaja je tačno procenjivanje faktora razvoja. Pravilno grupisanje aktivnosti prema njihovom potencijalu stvaranja zahteva za nadoknadu štete i određivanje odgovarajućeg broja standardnih jedinica izloženosti riziku predstavlja pretpostavku uspešne primene metoda razvoja štete zasnovanog na izloženosti riziku.

Pored toga, da bi procenila adekvatan iznos obaveze za preduzeće po osnovu nadoknade štete procenjene novčane iznose treba svesti na vremeski uporedive iznose. U tom smislu izloženi metodi mogu se korigovati kao bi se utvrdila sadašnja vrednost zahteva za nadoknadu štete.

5. LITERATURA

- [1] Prof. dr A.Janković: *Skripta predavanja iz predmeta Bezbedno upravljanje proizvodima*, Centar za interdisciplinarne i multidisciplinarne studije i istraživanja, Kragujevac, 2005.
- [2] Prof. dr A.Janković: *Skripta predavanja iz predmeta Menadžment rizikom*, Centar za interdisciplinarne i multidisciplinarne studije i istraživanja, Kragujevac, 2004.
- [3] Prof.dr Njegoš B.Šolak: *Statistika za menadžere kvaliteta*, IGR "T&K PRINT", Mladenovac, 1996.
- [4] Z.Marjanović,R.Brzaković, „Elaborat zaštite na radu u servisu za održavanje motornih vozila“, seminarski rad iz predmeta „Projektovanje proizvoda sa aspekta bezbednosti“, Kragujevac, 2005
- [5] dr B.Paunović, „Određivanje rizika i neizvesnosti“, Power point prezentacija

RISK MANAGEMENT AND QUANTITATIVE METHODS FOR RISK ESTIMATION

Abstract: Risk identification, etc. parametars leading to their appearance and statistical processing, for a goal of their conceptual analysis, retraining conclusions about efforts for their minimizing and/or avoidance can affects in business. Risk management have to be one of most important activities of every company. This circumstance and unerstanding of importance of risk management gives prerequisite for positive results for various points of view: productivity, quality enhacement etc. This paper deals with universal principles of risk management and quantitative methods for risk estimation.

Key words: risk management, quantitative methods for risk estimation, exposed to risk

**EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE OPTIMALNIH REŽIMA PRIMARNE ZONE
KOMORE SAGOREVANJA TURBOMLAZNOG MOTORA***Rezime*

Izvršeno je ispitivanje optimalnih režima rada primarne zone komore sagorevanja turbomlaznog motora nazivnog potiska od 25 daN. Komora sagorevanja je prstenastog tipa sa prstenastim jediničnim isparivačem. Razmatrana su dva modela koja se principijelno razlikuju po raspodeli vazduha kroz isparivač i primarnu zonu. Optimalni režimi su određeni na osnovu izmerenih vrednosti i vizuelne ocene procesa u primarnoj zoni komore sagorevanja.

Ključne reči: komora sagorevanja, primarna zona, turbomlazni motor, ispitivanje.

1. UVOD

Komora sagorevanja je element turbomlaznog motora koji je najteže analitički predvideti. U njoj se istovremeno dešavaju procesi isparavanja goriva, mešanja isparenog goriva i vazduha, sagorevanja i mešanja vazduha i produkata sagorevanja. Organizacija svih ovih procesa se ostvaruje odgovarajućom strujnom slikom i distribucijom vazduha i odgovarajućom pripremom goriva pre ubrizgavanja u komoru. Zbog toga je uobičajeno da se pri razvoju nove komore analitički procene gabariti komore, distribucija vazduha i način uvođenja goriva, zatim se predložena konfiguracija simulira pomoću dostupnih CFD programa i na kraju ovog ciklusa se pristupa ispitivanju modela. Uobičajeno je da se komora prvo ispituje bez tercijarne zone na atmosferskom pritisku, i to iz najmanje dva razloga: moguće je videti šta se dešava u komori i drugo, to su najčešće najteži uslovi koje komora treba da zadovolji. U ovom radu je prikazano ispitivanje primarne zone komore sagorevanja turbomlaznog motora nazivnog potiska 25 daN. Maseni protok, temperatura i pritisak vazduha na ulazu u ispitivanu komoru su odgovaraju parametrima vazduha pri startovanju motora.

2. OPIS MODELA I ISPITNE INSTALACIJE**2.1 Opis modela**

U prstenastu komoru sagorevanja centralno je postavljen isparivač koji se proteže duž primarne zone. Smeša iz isparivača se ubrizgava u kontra-smeru. Generalno za oba modela, prečnik plamene cevi je $dk=0.124\text{m}$, dužina primarne zone $l_{\text{prim}}=0.06\text{m}$ i dužina isparivača $lk=0.05\text{m}$. Unutrašnji prečnik obloge komore sagorevanja je isti kod oba modela i iznosi 140mm. Gabariti isparivača su identični kod oba modela.

Model 1, ima na spoljašnjem zidu isparivača urezan navoj M71x1.5, dubine 0.5mm. Isparivač je iznutra podeljen na osam kanala. Gorivo se ubrizgava kroz 8 cevčica direktno na unutrašnji zid isparivača. Šešir isparivača ubrizgava smešu u primarnu zonu pod uglom od 165° u odnosu na pravac strujanja. Raspodela vazduha je prikazana u tabeli T-1. Model 1 je prikazan na slici 1.

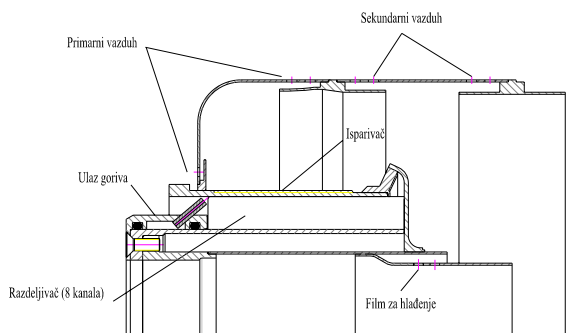
Model 2 se od modela 1 razlikuje po nepostojanju primarnog vazduha na čelu plamene cevi i po cevčicama za vazduh u sekundarnoj zoni koje su zamenile jedan od filmova za hlađenje. Usled toga je različita i raspodela vazduha koja je prikazana u tabeli T-1. Model 2 je prikazan na slici 2.

Raspodela protoka vazduha kroz isparivač i primarnu zonu je određivana ispitivanjem bez gorenja i kao takva je korišćena u radu. Raspodela vazduha kroz isparivač i primarnu zonu je data u procentima u odnosu na protok kroz celu komoru. Treba imati u vidu da je vazduh koji prolazi kroz isparivač sastavni deo vazduha primarne zone. Naravno u testovima gde je, zbog variranja raspodele vazduha u isparivaču i primarnoj zoni, protok vazduha koji ide kroz isparivač nezavisan od protoka koji ide kroz ostali deo komore ova raspodela nema smisla.

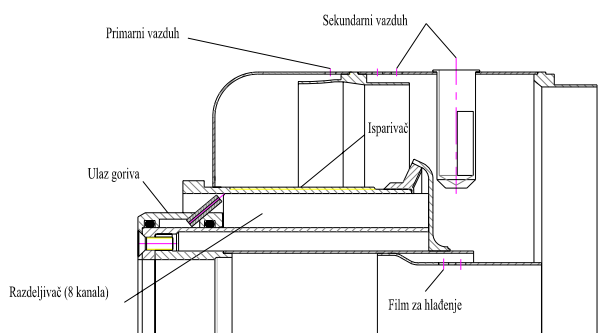
¹istr.saradnik dr Nikola Davidović, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, edepro@eunet.yu
istr.saradnik dr Predrag Miloš, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, beker@eunet.yu

<i>Model</i>	<i>Isparivač</i>	<i>Primarna zona</i>
<i>1</i>	8.6%	17.3%
<i>2</i>	10.5%	21%

Tabela T-1: Raspodela vazduha



Slika 1: Model 1



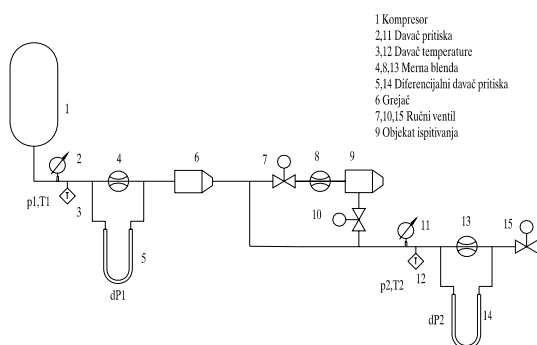
Slika 2: Model 2

2.2 Ispitna instalacija, merna mesta i oprema

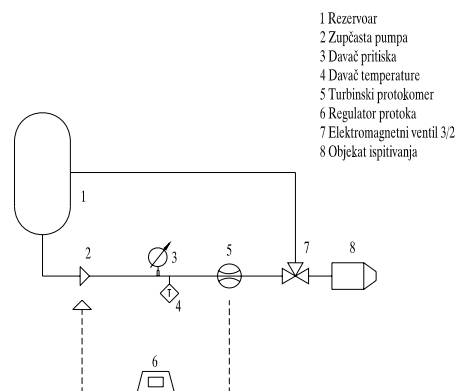
Instalacija za ispitivanje se sastojala od dve nezavisne instalacije, vazdušne i gorivne.

2.2.1 Vazdušna ispitna instalacija

Šema vazdušne ispitne instalacije je prikazana na slici 3. Vazduh se pod potrebnim pritiskom doprema iz kompresora, kapaciteta 1kg/s pri 10 bara. Protok se meri na dva ili tri mesta, zavisno od toga da li je otvoren ventil 10. Ako je ventil 10 zatvoren, protok se meri na blendama 4 i 13 preko gustine koja se dobija merenjem pritiska (2,11) i temperatura (3,12) i preko pada statičkog pritiska na blendama (5,14). Tada je protok vazduha kroz objekat jednak razlici protoka meren kroz blendu 4 i 13, respektivno. Raspodela vazduha između grana se obezbeđuje odgovarajućim položajem ventila (7,15). Ukoliko je ventil 10 otvoren, što je slučaj kada su protoci kroz isparivač i ostali deo komore nezavisni, tada se još jedna nepoznata pri merenju protoka dobija preko blende 8. Pored nje nisu prikazani davači pritiska i temperature zato što je ona u stvari oblikom lemniskatni uvodnik, a na njenom ulazu se mere totalni i statički pritisak i totalna temperatura, koja se koristi i kao ulazna temperatura vazduha u objekat ispitivanja 9. Bez grejača 6, koji je u stvari dodatna komora sagorevanja, mogu se ostvariti temperature do 50°C. Ukoliko je potrebna veća temperatura uključuje se grejač 6 koji koristi pomoćnu gorivnu instalaciju. Glavnu gorivnu instalaciju koristi objekat ispitivanja 9.



Slika 3: Vazdušna ispitna instalacija



Slika 4: Gorivna ispitna instalacija

2.2.2 Gorivna instalacija

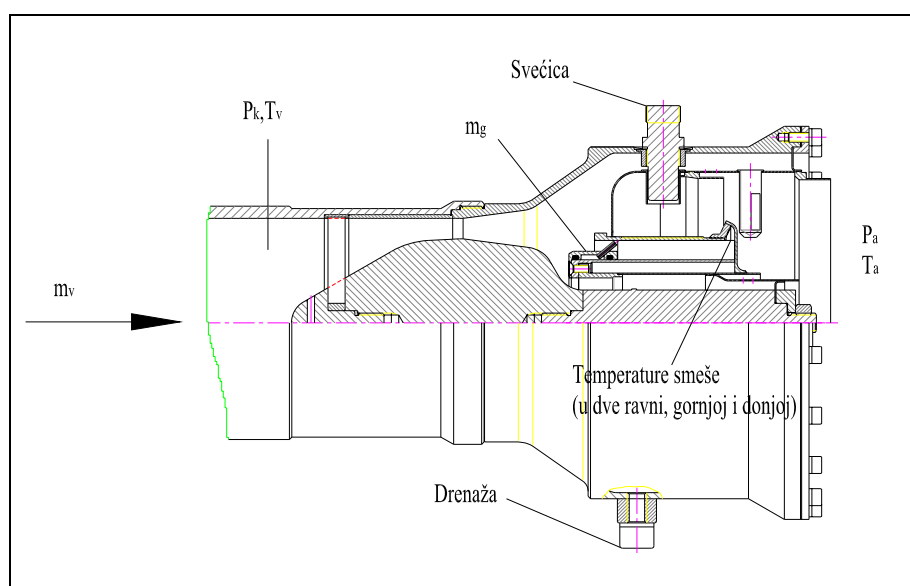
Šema gorivne instalacije je prikazana na slici 4. Zupčasta pumpa (2) gorivo uzima iz rezervoara (1), nakon čega se mere pritisak (3) i temperatura (4). Signal sa turbinskog protokomera se prenosi na računar (6) koji na osnovu željene i dobijene informacije preduzima mere. Kada je elektromagnetni ventil 3/2 (7) u stanju off put prema objektu (8) je zatvoren, te se gorivo vraća u rezervoar. Ovakvo stanje omogućava aktiviranje objekta sa tačno određenom količinom goriva. Stavljanjem ventila u položaj on otvara se grana prema objektu, a zatvara se povratna grana prema rezervoaru. Upravljanje protokom vrši čovek zadavanjem željenog protoka računaru.

2.3 Merna mesta i merna oprema

Merna mesta na modelima su prikazana na slici 5. Slika 5 je uvećana slika objekta ispitivanja sa slike 3, odnosno 4. U tom smislu veličine protoka vazduha i goriva, kao i temperatura goriva, su ulazne veličine u objekat ispitivanja jer su izmerene na vazdušnoj, odnosno gorivnoj instalaciji.

Pri ispitivanju primarne zone na atmosferskom pritisku, pored pritiska i temperature vazduha na ulazu u komoru, merene su temperature smeše vazduha i goriva na izlazu isparivača pomoću dva termopara tipa "K", u dve suprotne ravni. Merenje masenih protoka vazduha i goriva je opisano u vazdušnoj i gorivnoj instalaciji.

Svi pritisci su mereni davačima pritiska PX602, Omega i davačima diferencijalnog pritiska PX126 i PX142, Omega. Temperature vazduha na instalaciji su merene termoparovima PT100, dok su temperature na objektu merene termoparovima tipa "K", proizvođača Omega. Protok goriva je meren turbinskim protokomerom COX LF 6-0, proizvođača Ametek. Akvizicija merenih veličina je vršena pomoću opreme napravljene u Laboratoriji za mlaznu propulziju Mašinskog Fakulteta u Beogradu.



Slika 5: Merna mesta pri ispitivanju modela primarne zone na atmosferskom pritisku

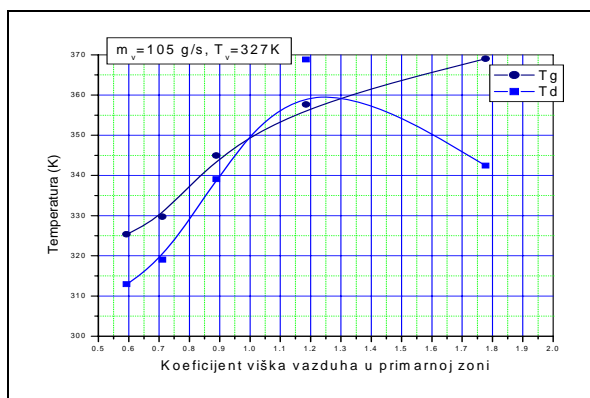
3. REZULTATI ISPITIVANJA

Pored merenih veličina vizuelno je analiziran proces koji se dešava u primarnoj zoni jer je komora u ovom slučaju "otvorena". Prikazana je zavisnost temperature smeše na izlazu isparivača od masenog protoka goriva i koeficijenta viška vazduha u primarnoj zoni. Zatim je razdвоен dovođ vazduha kroz isparivač i ostatak primarne i sekundarne zone da bi se analizirao uticaj odnosa vazduha koji ide kroz isparivač i ukupnog protoka kroz primarnu zonu. Gorivo korišćeno u testovima je bezolovni benzin BMB95. Koeficijent viška vazduha je definisan kao $m_v/(m_g L)$, gde su m_v -maseni protok vazduha, m_g -maseni protok goriva i L -stehiometrijski odnos mešanja za vazduh i benzin, $L=14.8$.

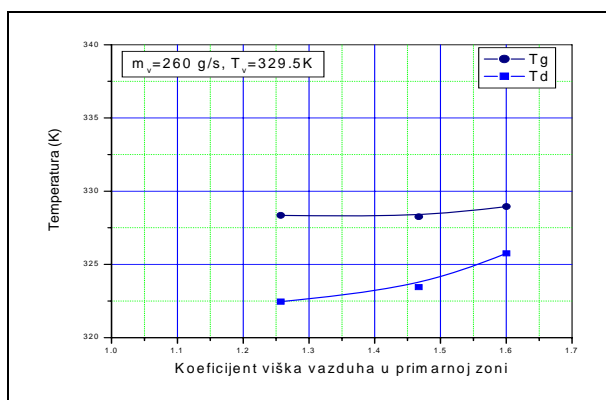
Na graficima 1.1 i 1.2 su prikazane zavisnosti temperature smeša na izlazu iz isparivača u zavisnosti od koeficijenta viška vazduha kroz primarnu zonu.

Na grafiku 1.3 je prikazan vizuelno optimalan odnos protoka kroz isparivač i primarnu zonu i masenog protoka goriva.

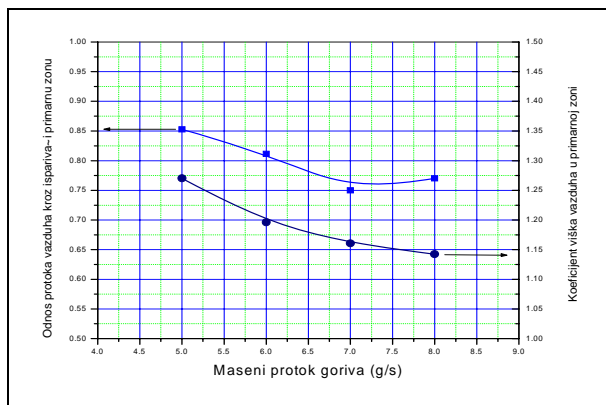
Na slici 6 je prikazana fotografija sa testa gde se vidi izgled optimalnog režima primarne zone.



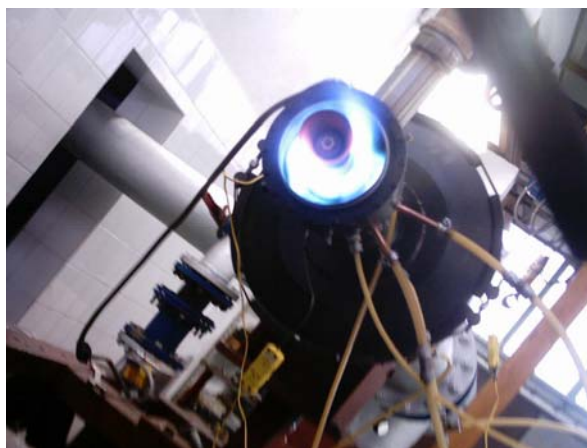
Grafik 1.1: Temperature smeše na izlazu isparivača Modela 1 u zavisnosti od koeficijenta viška vazduha u primarnoj zoni, donja i gornja polovina respektivno



Grafik 1.2: Temperature smeše na izlazu isparivača Modela 2 u zavisnosti od koeficijenta viška vazduha u primarnoj zoni, donja i gornja polovina respektivno



Grafik 1.3: Vizuelno optimalni režimi rada isparivača i primarne zone, Model 1



Slika 6: Fotografija sa testa, Model 2

4. ZAKLJUČAK

Na grafiku 1.1 su prikazane temperature smeše na izlazu isparivača Modela 1, pri protoku vazduha za oko 50% manjim od režima pri kome motor startuje i pri temperaturi vazduha koja odgovara režimu pri kome motor startuje. Temperature su merene u dve ravni, donjoj i gornjoj u odnosu na horizontalnu ravan. U bogatoj oblasti temperature smeše su manje od temperature vazduha, dok u siromašnoj smeši bivaju veće. Očigledno je da u bogatoj oblasti efikasnost primarne zone manja, dok se u siromašnoj oblasti pojavljuju “suve” zone na zidu isparivača te dolazi do većeg zagrevanja vazduha.

Na grafiku 1.2 su prikazane temperature smeše na izlazu isparivača Modela 2, pri režimu na kome motor startuje, a u funkciji koeficijenta viška vazduha u primarnoj zoni. Kao i u prethodnom slučaju, merene su dve temperature, u dve ravni. Srednja temperatura je nešto manja od temperature vazduha.

Na grafiku 1.3 su prikazani vizuelno optimalni režimi rada primarne i sekundarne zone. Režim je smatran optimalnim kada je primarna zona bila puna i kada plamen nije izlazio van okvira sekundarne zone. Koeficijent viška vazduha u primarnoj zoni i odnos protoka vazduha koji ide kroz isparivač i primarnu zonu su varirani tako što su razdvojeni protoci vazduha kroz isparivač i primarnu zonu. Ispitivanje je vršeno pri temperaturi vazduha na ulazu $T_v=323\text{K}$. Svi optimalni koeficijenti viška vazduha se nalaze u granicama između 1.15 i 1.25, dok je optimalan odnos protoka kroz isparivač i primarnu zonu bio između 0.75 i 0.85.

Analizom koeficijenta potpunosti sagorevanja u zavisnosti od koeficijenta viška vazduha u primarnoj zoni i odnosa protoka kroz isparivač i primarnu zonu će se pokazati da njihove optimalne vrednosti odgovaraju vizuelno određenim vrednostima [3]. Takođe, stabilan rad primarne zone odgovara stabilnom radu cele komore. Na taj način, ispitivanjem primarne zone na atmosferskom pritisku se mogu odrediti i makro-veličine vezane za rad cele komore i motora, kao što su potpunost sagorevanja i granice stabilnosti, ali i mikro-veličine koje su vezane sa konkretnu konstrukciju komore, kao što je u ovom slučaju ponašanje isparivača. Ovakva ispitivanja je praktično nemoguće simulirati i predstavljaju vrlo korisnu alatku, kako sa inženjerskog tako i sa naučnog stanovišta, jer je moguće dobiti veliki broj informacija na relativno jednostavan način.

LITERATURA

- [1] А.Лефевр, Процессы в камерах сгорания ГТД, Мир, Москва 1986.
- [2] В.Н.Афросимова, Е.И.Коезельский, С.А. Волошин, Малоразмерная пленочно-испарительная камера сгорания ГТД малой мощности, Авиационная техника, 1986/1, Москва
- [3] N.Davidović, Prilog istraživanju karakteristika centralnog isparivača prstenaste komore sagorevanja turbo-motora, Doktorska disertacija, Mašinski Fakultet Beograd, 2003.
- [4] N.Davidović, Mathematical model of turbojet engine combustion chamber primary zone, FME Transactions VOL 35 NO 1, Beograd 2007.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TURBOJET ENGINE COMBUSTION CHAMBER PRIMARY ZONE OPTIMAL REGIMES

Summary

Testing of nominal thrust of 25 daN turbojet engine combustion chamber primary zone optimal regimes was performed. Combustion chamber was of annular type with central positioned vaporizer. Two different models were tested, distinguishing by air mass flow distribution through vaporizer and primary zone. Optimal regimes were determined according to measured values and visual observation of primary zone processes.

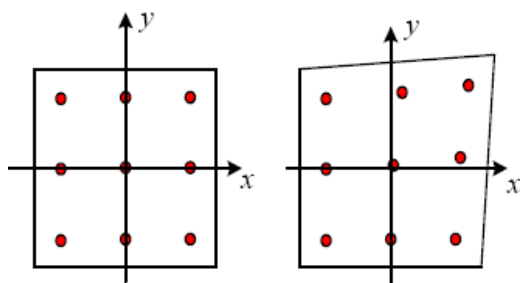
Key words: *combustion chamber, primary zone, turbojet engine, testing.*

PROGRAMSKI PAKET ZA ANALIZU DEFORMACIJA I PROCENU INTEGRITETA
KONSTRUKCIJEJasmina Lozanović¹, Aleksandar Sedmak², Nenad Gubelj³, Marko Rakin⁴¹Mašinski fakultet, Inovacioni centar, Univerzitet u Beogradu²Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu³Mašinski fakultet, Univerzitet u Mariboru, Slovenija⁴Tehnološko – metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu¹Mobilni tel. +381 63 633 767, e-mail: jlozanovic@mas.bg.ac.yu**Rezime**

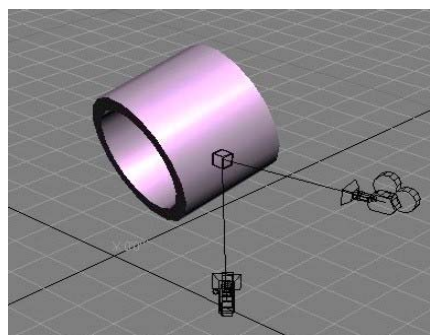
U radu je prikazan programski paket koji omogućava realizaciju bezkontaktnog trodimenzionog mernog sistema. Pomoću ovog softverskog paketa moguće je analizirati, izračunavati i dokumentovati podatke o deformacijama. Grafička prezentacija mernih podataka zahteva razumevanje karakteristike koja se meri. Kao i primer primene na stvarnoj konstrukciji u cilju određivanja integriteta i veka konstrukcije.

UVOD

Na osnovu izmerenog relativnog pomeranja odabranih tačaka segmenta površine mogu se proračunati lokalne deformacije i naponi. Na sl. 1.a. je prikazan segment površine elementa konstrukcije sa mrežom tačaka u neopterećenom stanju i njihovim položajem pri dejstvu opterećenja. Položaj tačaka se kontinualno prati u prostoru merenjem trenutnih koordinata [1,2]. Model ovakvog mernog sistema sa dve video kamere je prikazan na sl. 2.a.



(a)



(b)

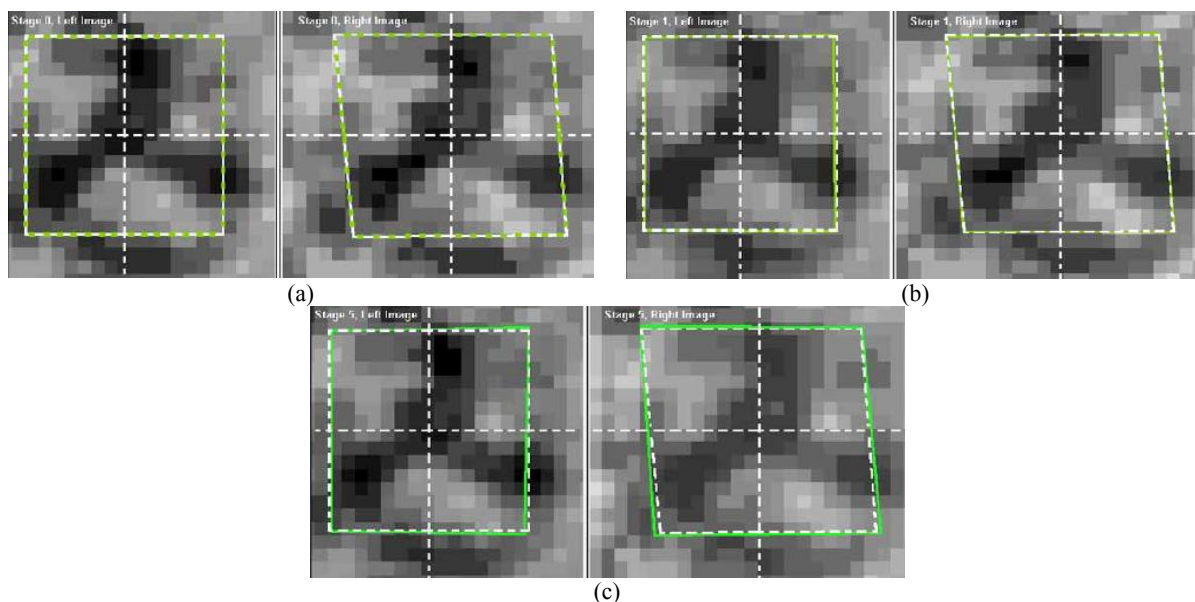
Slika 1. a) Položaj izabranih i obeleženih tačaka na segmentu površine u neopterećenom (levo) i opterećenom stanju (desno); b) . Snimanje konstrukcije video kamerama (shema) [3]

Za trodimenzionalna merenja koriste se *najmanje* dve kamere, stereometrijski sistem, prvobitno je potrebno kalibrisati merni sistem. Nakon kreiranja mernog projekta u softveru, slike se snime (monohromatski levom i desnom kamerom) u različitim naponskim stanjima uzorka. Tokom izračunavanja softverski se opaža deformacija preko slika u različitim varijantama kvadrata i pravougaonog detalja[4].

PRINCIP MERENJA

U opštem slučaju element senzora treba da zauzima optimalnu poziciju u odnosu na uzorak. Za trodimenzionalna merenja koriste se *najmanje* dve kamere, stereometrijski sistem, naravno neophodno je prvo kalibrisati merni sistem. Nakon kreiranja mernog projekta u softveru, slike se snime (monohromatski levom i desnom kamerom) u različitim naponskim stanjima uzorka. Tokom izračunavanja softverski se opaža deformacija preko slika u različitim varijantama kvadrata i pravougaonog detalja. Slika 2, prikazuje ravan 15×15 piksela sa dva piksela koja se preklapaju u stanju 0.

Mala površina se može podesiti u pikselima programski. U različitim naponskim stanjima površina se identifikuje na osnovu pojedinačnih struktura „sive skale“. U nastavku se prikazuje par (15×15) desne i leve kamere, sive vrednosti koje su vidljive kroz šest deformacija su stanja od 0 do 5. Stanje 0 je nedeformisano stanje, dok stanje 5 predstavlja konačno deformisano stanje. Na slici 2 bela isprekidana linija predočava nedeformisano stanje sa namerom da se stvori jasna realna relacija između površina i deformacija.



Slika 2. Deformisana stanja od nedeformisanog do potpuno deformisanog; nedeformisano stanje 0 (a); deformacija počenog stanja u toku (b); potpuna deformacija stanja (v);

Na slici 2 prikazana su deformaciona stanja 0,1 i 5, zabeležena uporedo i sa levom i desnom kamerom. Ovaj sistem determiniše dvodimenzionalne koordinate površine, koji zavisi od ugla tačaka zelene površine do dobijenog centra. Koristeći fotogrametrijski metod, dvodimenzionalne koordinate dobijene od leve kamere i dvodimenzionalne koordinate dobijene od desne kamere obično su dovoljne za determinisanje trodimenzionalnih koordinata.

Nakon uspešnog izračunavanja podaci mogu biti podvrgnuti daljoj obradi kako bi se na primer redukovao šum merenja ili izostavile druge lokalne perturbacije. Merni rezultat je sada dostupan kao trodimenzionalni pogled. Svi naredni rezultati biće prezentovani kao stohastički podaci paragrafi, izveštaji, itd. koji mogu biti izvedeni iz toga.

POSTUPAK TIPČNE MERNE PROCEDURE

Determinisanje broja merenja i pripremanje uzoraka. Početku merenja prethodi pretpostavka kojom objekt i njegovu deformaciju treba uklopiti u unapred odabrani broj u svim deformiranim stanjima.

Pripremanje uzoraka – ako uzorak ima samo jednu malu strukturu, onda njegovo pripremanje ne zahteva puno vreme, što će naknadno biti detaljno objašnjeno.

Kalibracija mernog sistema neophodna je svaki put kada se vrši stereometrijsko merenje koje kao rezultat ovog merenja treba da determiniše trodimenzionalnu sliku.

Kreiranje novog mernog projekta (dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog) i programsko determinisanje projekta.

Podšavanje načina snimanja – snimanje može biti brzo ili osnovno merenje.

Snimanje tokom merenja – može se vršiti snimanje uzoraka tokom ispitivanja uzoraka, jedan od karakterističnih primera je snimanje tokom zatezanja epruveta.

Definisanje maske – treba izvršiti definisanje oblasti koja se snima tako da merenje promena odgovarajuće oblasti uzoraka mogu biti izračunate.

Definisanje početne tačke – u odnosu na koju se vrše izračunavanja.

Projekt izračunavanja

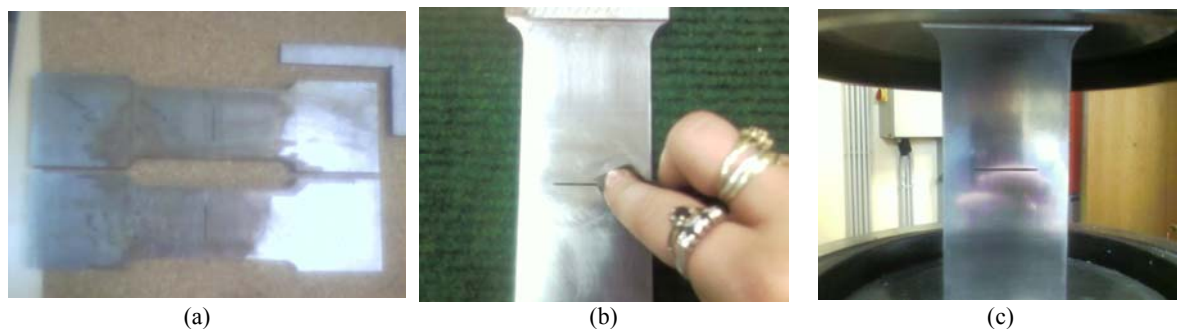
Odabir prezentovanja rezultata – u odnosu na vrednosti napona.

Transformacija projekta izračunavanja u definisani koordinatni sistem.
 Naknadna obrada podataka – podrazumeva izostavljanje šuma, interpolaciju nedostajućih tačaka isticanje lokalnih efekata.
 Definisanje elemenata analize – ili stanje tačaka za ocenu.
 Dokumentovanje rezultata.

PRIPREMANJE UZORAKA

Struktura površine je važna prilikom merenja. Pripremanje merenja podrazumeva pripremanje površine uzoraka i moraju se ispuniti stavke koje su navedene u nastavku:

- Površina mernog objekta mora se modelovati u pikselima u skladu sa slikama koje se dobijaju od kamera, stoga površina u pikselima je referentna sa slikom i mora se označiti odgovarajuća površina u oblasti slike.
- Površina definisana programskim paketom mora biti takva da prati stvarne deformacije uzoraka, jer merenje nije validno ukoliko dođe po loma uzorka na mestu koje se ne nalazi u oblasti slike, u laboratorijskim uslovima ispitivanja uzoraka ovo nije toliko komplikovano definisati.
- Optimalna površina uzorka je uglačana, zato što struktura površine uzoraka u velikoj meri doprinosi smanjenju problema identifikacije trodimenzionalnih tačaka u odgovarajućim ravnama.
- Uzorak na konstrukciji mora imati dobar kontrast boja, jer u suprotnom drukčije označavanje ne bi dovelo do ispravnog rada i proračuna mernog sistema.
- Površina uzorka mora biti tamna, zato što refleksija izaziva loš kvalitet reprodukovane snimljene slike uzorka. Osnovni problem je što se sa leve i desne kamere dobija slika sa različitom refleksijom i stoga nije moguća ispravna refleksija.
- S jedne strane, veličina karakteristične površine mora biti dovoljno mala da se složi sa finim izračunavanjem frontalne površine tokom procene uzorka. Sa druge strane površina uzorka obuhvaćena slikom mora biti dovoljno velika tako da su kritične oblasti uzorka u potpunosti obuhvaćene slikom sa kamera.
- Najpogodniji je stohastični uzorak koji je prilagođen mernoj vrednosti rezoluciji kamera i veličini površine. U dodatku za izračunavanje, prvobitni uzorak nema veliku površinu konstantne osetljivosti, na primer velike tačke. Strukture kod kojih se menja siva oblast što je čest slučaj kod proizvoljnih uzoraka, kod kojih su površine koje se ispituju i proračunavaju snimanjem kamera, zaklonjene.



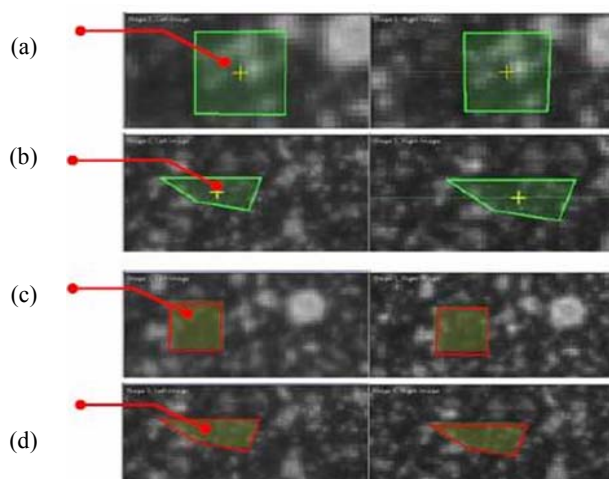
Slika 3. Nepripremljeni uzorci za stereometrijsko merenje (a); Pripremanje uzoraka (b); Pripremljeni uzorak u čeljustima kidalice (c);

DEFINISANJE POČETNE TAČKE

Za ravanska izračunavanja, sva stanja su potrebna za definisanje početne tačke. Uopšteni, početna tačka upućuje na istu ravan u svim stanjima. Moguće je raditi sa različitim početnim tačkama tokom merenja u okviru jednog istog mernog projekta, ovo se najčešće upotrebljava ukoliko dođe do loma uzorka a neophodno je dalje ispitivanje.

Početnu tačku možemo definisati manuelno ili automatski. Ukoliko početnu tačku definišemo manuelno tada sami biramo mesto njenog postavljanja, dok ukoliko se vrši automatsko postavljanje početne tačke tada programski paket u najvećem broju slučajju smešta tačku u centar izračunavanja.

Automatsko postavljanje početne tačke je ispravno ukoliko je uzorak takav da u svim stanjima nema velikih deformacionih koraka.



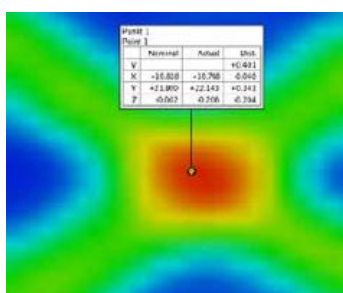
Slika 4. Postavljanje početne tačke; ispravno postavljena početna tačka tokom definisanja faze (a), (c); neispravno postavljena početna tačka tokom definisanja faze (b), (d);[3]

FUNKCIJE ANALIZE RASTOJANJA

U nastavku rada se prikazuju funkcije programskog paketa od izuzetne važnosti za analizu i prikazivanje rezultata deformacija uzorka čije deformacijsko stanje merimo, ovo nam je omogućeno upotrebom programskog paketa Aramis [5].

Pozicija tačke

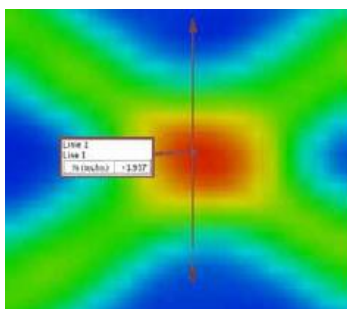
Upotrebom ove funkcije predstavljena su pomeranja pojedinih tačaka u odnosu na osnovno stanje. Kada dođe do promene stanja vrednost koja nas zanima menja se u odgovarajućem stanju.



Slika 5. Pozicija tačke.

Rastojanje tačaka

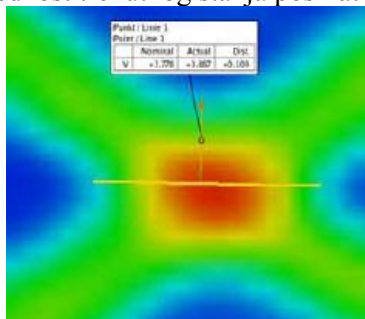
Ova funkcija podrazumeva da će prilikom merenja doći do pomeranja obeleženih tačaka objekta u odnosu na prvobitno stanje. Može se odrediti odgovarajuće referentno stanje elementa direktno odabirom tačaka. Rastojanje je prikazano strelicama. Odgovarajuća labela na slici 3.44. prikazuje odstupanja. Pri promeni stanja izračunata vrednost deformacije se takođe menja i predstavljena je odgovarajuća izmerena vrednost trenutnog stanja.



Slika 6. Rastojanje između dve tačke.

Rastojanje prave i tačke

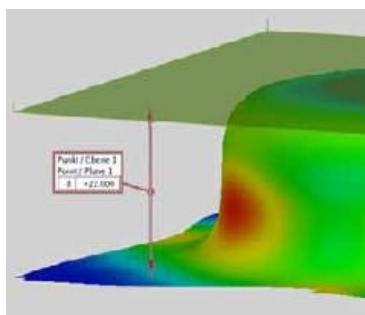
Ova funkcija podrazumeva merenje rastojanja između tačke i prave. Programski paketa ARAMIS uvek izračunava najkraće moguće rastojanje, linije i tačke. Rastojanje linije i tačke je predstavljeno strelicama. Odgovarajuća labela na slici 3.45, prikazuje odstupanja promenu vrednosti. Kada se menja stanje i prikazuje validna merna vrednost trenutnog stanja posmatranog uzorka.



Slika 7. Rastojanje tačke od prave.

Rastojanje tačke od ravni

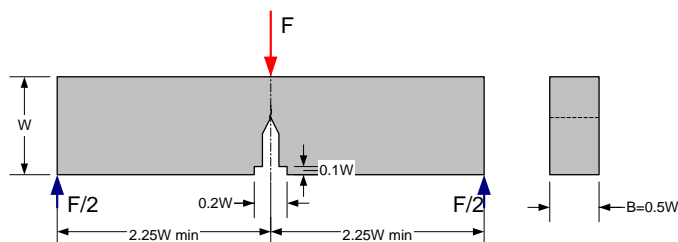
Funkcija rastojanja tačke od ravni podrazumeva promene rastojanja između tačke i ravni. Programski paket kao i u slučaju rastojanja tačke od ravni izračunava upravno rastojanje između tačke i ravni. Rastojanje je na na slici 8, prikazano strelicama, a odgovarajuća labela prikazuje promenu vrednosti rastojanja prilikom promene stanja.



Slika 8. Rastojanje tačke od ravni.

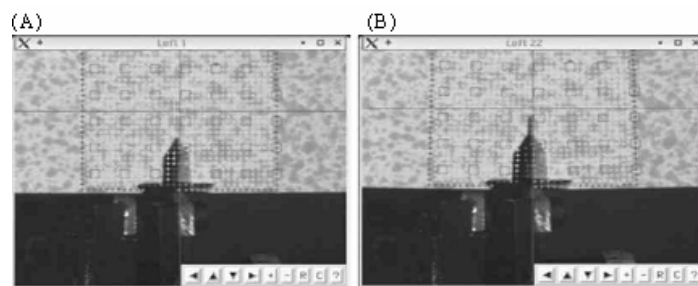
ANALIZA REZULTATA

Za posmatrani model epruvete dat na slici 9, vrši se eksperimentalna analiza deformacija softverskim paketom.

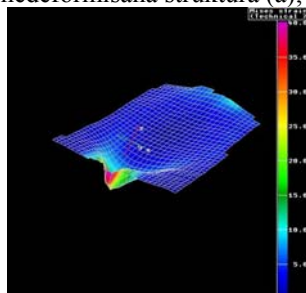


Slika 9. Epruveta za ispitivanje loma [7].

Posmatrajući, stvarni uzorak, stereometrijskim metodom i upotrebom programskog paketa moguće je izvršiti analizu rezultata i stvarno stanje deformacija na posmatranom uzorku.



Slika 10. Stvarni uzorak: nedeformisana struktura (a); deformisana struktura (b);



Slika 11. Stvarno stanje deformacija sa raspodelom napona.

ZAKLJUČAK

Softverski paket prikazan u ovom radu omogućava potpunu analizu rezultata bezkontaktnom - stereometrijskom metodom, koja će svojom primenom omogućiti analizu različitih industrijskih i građevinskih konstrukcija čiji se integritet i vek teže procenjuju nekom drugom metodom. Prikazani softver omogućava prikaz naponskog stanja i veličinu deformacija na osnovu čega je moguća ocena integriteta i veka konstrukcije.

LITERATURA

- [1] Gubeljak, N., Primena stereometrijskog merenja na integritet konstrukcija (Application of stereometric measurement on structural integrity), Integritet i vek konstrukcija, Vol. 6, br. 1-2 (2006), str. 65-74.
- [2] Kurai, J., Burzić, Z., Sedmak, S., Zrilić, M., Praćenje deformacijskog i naponskog stanja na cevima kotla pri probi hladnim vodenim pritiskom, (Stress and strain state monitoring on boiler tubes during cold water pressure proof test), 4. Godišnja konferencija DIVK, Beograd (2007), CD,
- [3] J. Lozanović, *Automatizacija stereometrijskog merenja prilikom određivanja naponskog stanja oko vrha prsline i procena integriteta konstrukcije*, doktorska disertacija u pripremi, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [4] Gubeljak, N., Lozanović, J., Sedmak, A., Crack tip strain and CTOD in situ measurement, First Serbian (26th YU) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Kopaonik, Serbia, April 2008.
- [5] Aramis GOM mbH, <http://www.gom.com>
- [6] Williams, D.R., Davidson, D.L., Lankford, J., Fatigue-Crack-Tip Plastic Strains by the Stereoimaging Technique, Experimental Mechanics 20 (1980), pp.134-139.
- [7] MOSTIS Eureka! Project



RIZICI PRIMENE ASINHRONOG MOTORA KOD VOZILA SA TEHNIČKOG, EKONOMSKOG I EKOLOŠKOG ASPEKTA

Zoran Marjanović¹⁾, Radomir Brzaković²⁾

Rezime: Menadžment rizikom se počeo razvijati tek pre nekoliko godina i još je u fazi proučavanja pojedinih faza menadžmenta. Postojeći standardi različito definišu i objašnjavaju faze menadžmenta rizikom, što daje prostora za primenu po različitim modalitetima. Zbog toga je potrebno razviti jedan sistemski pristup koji bi se koristio u upravljanju rizikom.

U ovom radu objašnjen je sistemski pristup u upravljanju tehničkim, ekonomskim i ekološkim rizikom primene asinhronog motora kod vozila.

Ključne reči: menadžment rizikom, sistemski pristup, asinhroni motor, kvalitet

1. UVOD

Trofazni asinhroni motori po broju ugrađenih jedinica, danas premašuju sve ostale vrste električnih motora. Zahvaljujući intenzivnom razvoju i primeni frekventnih pretvarača, asinhroni motor se, i po upravljačkim karakteristikama izjednačio s jednosmernim motorom, pa ga je moguće koristiti i u vrlo zahtevnim pogonima (kao što je pokretanje drumskih vozila).

Analizom rizika se smanjuje neizvesnost kod donošenja odluka. Analiza rizika pomaže da se ograničeni resursi usmere tako da se opasnost smanji, ili čak potpuno eliminiše.

O analizi rizika kod nas počelo se više pričati tek u poslednje vreme, kada je postalo jasno da i mi, hteli ili ne, moramo da se pobrinemo, između ostalog, za zaštitu životne sredine. U tom smislu i recikliranje asinhronih motora ima poseban značaj jer Evropa neće naše đubre, što je i potvrdila šaljući nam pomoć u vidu povećane količine kontejnera.

Bitno je, međutim, shvatiti da se analiza rizika ne ograničava samo na zaštitu životne sredine, već se ova univerzalna alatka može iskoristiti i kod analize rizika pri primeni asinhronih motora kod vozila.

Naročito je važna veza menadžmenta rizika i sistema kvaliteta. Osnovni cilj upravljanja kvalitetom je primena takvog strateškog plana upravljanja koji obezbeđuje zahtevani kvalitet sistema. Upravljanje rizikom je aspekt upravljanja kvalitetom i ima podržavajuću ulogu, tj. zadržavanje kvaliteta sistema i u slučaju eventualnih realizacija rizičnih događaja.

Suštinski zadatak savremenog menadžmenta rizikom svodi se na upravljanje promenama, za razliku od tradicionalne uloge koja je imala zadatak regulacije i kontrole tj. održavanje sistema u stabilnim uslovima [4]. Bitan proces menadžmenta rizikom je integrisanje u kome rizik pojedinca postaje rizik grupe, a ciljevi pojedinca se usklađuju sa ciljevima grupe.

Veza menadžmenta rizika i sistema kvaliteta dobija na značaju pojavom internacionalnih standarda serije ISO 9000, 1987. god. i njegovom revizijom 1994. i 2000. god. U međuvremenu, 1997. godine objavljena je i serija ISO 14000 (standard vezan za zaštitu životne sredine), a 1999. godine pojavljuje se specifikacija OHSAS 18000 (o zaštiti na radu). 1993. god. Evropska unija propisuje obaveznu primenu HACCP sistema radi proizvodnje bezbedne hrane. Najčešće, spoj predhodnih internacionalnih standarda (ISO 9000 + ISO 14000 + OHSAS 18000) predstavlja integrisani sistem menadžmenta.

¹⁾ mr Zoran Marjanović, dipl. maš. ing., Zastava automobili, Kragujevac, 034/325220-lokal 48-15

²⁾ Radomir Brzaković, dipl. inf., Zastava automobili, email : brzijax@yahoo.com 034/325220-lokal 49-61

2. DEFINICIJA RIZIKA

Rizik je nešto sa čime se suočavamo iz dana u dan. Svesno ili nesvesno ljudi stalno donose odluke zasnovane na riziku, pa se analizi rizika poklanja sve više pažnje u svim oblastima života. Rizik je postao ekonomski, javni i politički problem [6]. Na neki način, rizik ima svoju tržišnu vrednost, svoje tržište, kupce i prodavce. Prisutno je više definicija rizika. Po jednoj koncepciji, prema [7], rizik se definiše kao funkcija verovatnoće nastanka rizičnog događaja i posledice koje njegovom realizacijom nastaju.

Može se govoriti o nizu uslovnih verovatnoća:

- verovatnoća nastanka početnog događaja,
- verovatnoća nastanka neželjenog događaja,
- verovatnoća da opasnost traje dovoljno dugo da dođe do incidenta,
- verovatnoća da se u okolini gde se desio incident nađu ljudi i sl.

Povećanje verovatnoće nastajanja rizičnog događaja ili posledica koji ti događaji izazivaju utiču i na povećani ukupni rizik.

Po drugoj koncepciji, prema [7], rizik se definiše kao funkcija rizičnog događaja i strategije upravljanja rizikom. U tom slučaju dobro upravljanje rizikom podrazumeva da se identifikuje rizični događaj i obezbedi adekvatna strategija upravljanja istim, kako bi se izbegle ili umanjile posledice koje bi nastale realizacijom identifikovanog rizičnog događaja.

U tabeli 1 dati su termini i definicije prema ISO/TC Guide 51:1999.

Tabela 1. Osnovni termini i definicije prema ISO/TC Guide 51:1999, [5]

Rizik (engl. <i>Risk</i>)	Kombinacija verovatnoće pojavljivanja rizičnog događaja i njegove posledice tj. jačine.
Menadžment rizikom (engl. <i>Risk management</i>)	Sistemska primena politike menadžmenta, procedura i prakse u procesu analize, evaluacije i kontrole rizika.
Procena rizika (engl. <i>Risk assessment</i>)	Sveobuhvatni proces analize i evaluacije rizika.
Analiza rizika (engl. <i>Risk analysis</i>)	Planska upotreba raspoloživih informacija za identifikaciju i proračun rizika.
Evaluacija rizika (engl. <i>Risk evaluation</i>)	Na osnovu izvršene analize rizika vrši se procena da li je prihvaćeni rizik u okviru propisanih granica.
Kontrola rizika (engl. <i>Risk control</i>)	Proces provere uspešnosti primene donesenih odluka i preventivnih mera na smanjenju ili održavanju rizika u okviru propisanih granica.

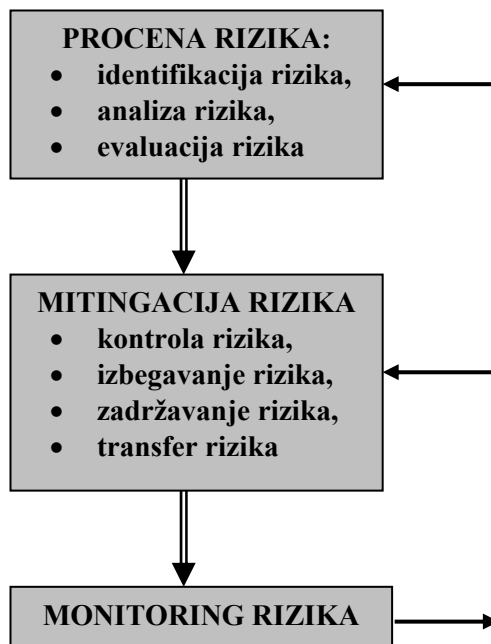
3. MENADŽMENT RIZIKOM

Danas je važnije da se rizik indentifikuje i da se njime upravlja, nego da se insistira na smanjenju rizika po svaku cenu. Koristeći različite mere koje u određenom stepenu omogućavaju prognozu nastupanja rizičnog događaja, rizikom se može upravljati i tako na vreme preduzeti odgovarajuće mere za smanjenje rizika. To je nova filozofija upravljanja, tzv. upravljanje prema riziku. Ustvari, upravljanje ili menadžment rizikom postaje neophodna i objektivna pretpostavka poslovnog uspeha.

Menadžment rizikom je proces identifikacije, kvantifikovanja i analize rizika, a zatim razvoja strategije za upravljanje rizikom [5]. U literaturi [7] se izdvajaju tri definicije menadžmenta rizikom:

- Menadžment rizikom je formalni proces kojim se faktori rizika sistematski identifikuju i izbegavaju.
- Menadžment rizikom je formalna i sistematska metoda koja obuhvata identifikaciju i kontrolisanje događaja koji potencijalno mogu da izazovu neželjene promene.
- Menadžment rizikom je umetnost i nauka identifikacije, analize i pružanja odgovora na faktore rizika kroz čitav životni ciklus.

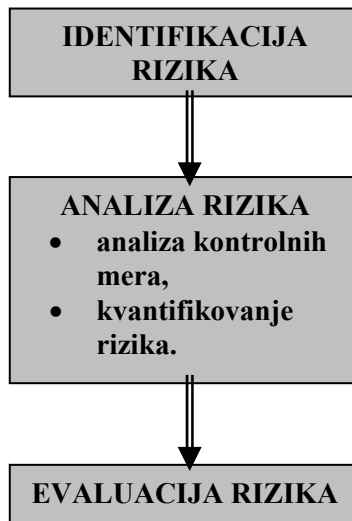
Menadžment rizikom, kao proces, obuhvata sledeće podprocese (slika 1): procenu rizika, mitingaciju rizika i monitoring rizika.



Slika 1. Podprocesi menadžmenta rizikom, [1]

4. PROCENA RIZIKA

Procena rizika je proces pregleda elemenata i procesa sistema kako bi se identifikovali, analizirali i evaluirali rizici (slika 2).



Slika 2. Proces procene rizika, [1]

5. PROCENA RIZIKA PRIMENE ASINHRONOG MOTORA KOD VOZILA

Svako vozilo predstavlja složen sistem koji je sastavljen iz velikog broja funkcionalnih celina. Zadatak vozila je ispunjavanje određene funkcije u okviru postavljenih tj. dozvoljenih odstupanja.

Najčešći rizici primene asinhronih motora kod vozila su:

- otkaz asinhronog motora,
- ekološki rizici primene asinhronih motora (problem njegovog recikliranja),
- ekonomski rizici primene asinhronih motora kod hibridnih i električnih vozila (visoka cena vozila).

Otkaz asinhronog motora predstavlja odstupanje rada motora od nazivnog. Posledica otkaza je nedozvoljena promena parametara zbog koje je onemogućen pravilan rad motora.

Na osnovu [5], uzroci otkaza tehničkih sistema pa i asinhronog motora, mogu biti:

- otkaz usled sopstvene slabosti sistema koja je prouzrokovana greškom pri izradi ili konstruisanju,
- usled pogrešne upotrebe sistema od strane rukovodioca,
- habanje, zamor ili starenje materijala,
- primarni otkazi, odnosno, kao njihova posledica i sekundarni otkazi,
- karakteristike električne energije (struje), maziva i dr.,
- karakteristike procesa održavanja (sadržaja i vremena sprovođenja postupaka održavanja),
- slučajni uzroci.

Kod asinhronih motora otkazi nastaju kao posledica različitih naprezanja, koja se mogu podeliti u nekoliko grupa [2]: termička naprezanja, elektromagnetska naprezanja, dinamička i dodatna mehanička naprezanja.

Uzroci naprezanja mogu biti različiti [2]: radni moment, torzione vibracije, rezidualne sile nastale u procesu proizvodnje (livenja, mašinska obrada...), magnetske sile kao posledica ekscentriciteta, centrifugalne sile, termička naprezanja usled zagrevanja kratkospojenih prstena, termička naprezanja tokom pokretanja motora zbog skin efekta, termička naprezanja nastala istezanjem štapova.

Mehanički otkazi - Tokom rada asinhroni motor je izložen velikim mehaničkim naprezanjima. Ležajevi su posebno izloženi mehaničkim naprezanjima. Neki od najčešćih mehaničkih problema koji se sreću pri radu sa asinhronim motorima su [3]: istrošenost i otkazi ležajeva, mehanička neuravnoteženost, vibracije na rezonantnim frekvencijama.

Otkazi sklopa statora - Otkazi sklopa statora javljaju se relativno retko. Problemi se pojavljuju kada među limovima jarma dođe do spoja. Takve se greške javljaju tokom proizvodnje ili prilikom ubacivanja rotora u stator. Na mestu na kojem se pojavio spoj, javljaju se struje koje pojačano zagrevaju oštećeno mesto. U slučaju dovoljno velikih struja ili njihovog trajanja, oštećeno mesto se zagreva i u ekstremnim slučajevima, može doći do otapanja materijala i njegovog oticanja u prostor namotaja, gde dolazi do oštećenja izolacije i kratkih spojeva. Takođe, ovakvi se otkazi često javljaju kao posledica vibracija ili oštećenja ležajeva, usled čega dolazi do zakačinjanja rotora o stator. Rani pokazatelji ovih otkaza su velike vrtložne struje, lokalna zagrevanja i oštećenja izolacije.

Otkazi sklopa rotora - Zbog postojanja velikih centrifugalnih sila, velikim naprezanjima izloženi su ne samo namotaji već i sklop rotora. Mala površinska oštećenja (naprsnina) može se vrlo brzo proširiti u slučajevima velikih zagrevanja rotora. Osim centrifugalnih sila, mehanička naprezanja stvaraju i prelazne pojave kojima je motor izložen tokom rada. U slučajevima kada dođe do pojave rezonancije, mogu se pojaviti velike torzione oscilacije. Ova pojava može stvoriti oštećenje rotora.

Otkazi rotorskih namotaja - Razlozi otkaza rotorskih namotaja leže u tehničko-tehnološkoj izradi i uslovima rada motora. Tokom rada asinhroni je motor izložen velikim termičkim i mehaničkim naprezanjima. Usled tih naprezanja na štapovima i spojevima štapova sa prstenom nastaju lomovi i pukotine, koje se daljim radom povećavaju i šire. Budući da zbog oštećenja struja ne može teći kroz oštećeni štap, deo struje koji bi prirodno tekao kroz njega preuzimaju ostali štapovi, prvenstveno susedni, koji su zbog toga još više izloženi naprezanjima. Kao posledica toga vrlo često nakon pucanja jednog štapa vrlo brzo dolazi do oštećenja susednih. Iako motor može nastaviti sa radom i u slučaju puknutog štapa, radne su mu karakteristike (moment, stabilnost brzine obrtanja...) narušene. Isto tako, može se desiti da oštećeni deo štapa mehanički ošteti glave statorskog namotaja, što drastično povećava troškove popravke. Oštećenja kaveza posebno su opasna u uslovima eksplozivne okoline zbog mogućnosti varničenja.

U slučajevima intermitiranog rada, kada je motor izložen velikim promenama brzine ili učestalim pokretanjima, postoji opasnost nastanka otkaza usled zamora materijala. Rani pokazatelji ovih otkaza su pulsiranja brzine obrtanja i statorske struje.

Oštećenja izolacije namotaja - Izolacija je jedan od najosetljivijih delova asinhronog motora i, posebno ranije, otkazi usled oštećenja i propadanja izolacije bili su vrlo česti. Moderne metode izoliranja, kao i najnoviji izolacijski materijali, poboljšali su mehaničke i izolacijske karakteristike. Ipak otkazi motora nastali isključivo zbog starenja izolacije, relativno su retki. Puno su češći otkazi nastali prodorom stranih materijala (ulje, metali...) u izolaciju. Iz tih je razloga neophodno u dijagnostička ispitivanja uključiti i ispitivanja izolacije.

U tabeli 2 dat je procentualni prikaz raspodele otkaza asinhronih motora u Kragujevačkoj Fabrici automobila za 2006. godinu (na popravci je bilo 180 asinhronih motora).

Tabela 2. Procentualna raspodela otkaza asinhronih motora u Fabrici automobila, 2006. godini, [1]

Otkaz	% ukupnih otkaza
Namotaja statora	12,94
Namotaja rotora	29,65
Sklopa statora	11,34
Sklopa rotora	13,25
Ležajeva	26,5
Ostalo	6,32

Vrednosti iz tabele 2 mogu poslužiti kao osnova za procenu verovatnoće nastanka identifikovanih otkaza pri primeni asinhronih motora kod vozila. Magnituda opasnosti za identifikovane otkaze asinhronih motora, najveća je kod otkaza namotaja rotora, jer pri ovom otkazu može doći do varničenja, a kako se asinhroni motor kod hibridnih vozila nalazi u eksplozivnoj sredini, to može da ima pogubne posledice (velika magnituda opasnosti). Za ostale otkaze magnituda opasnosti je srednjeg nivoa (videti sliku 3).

Ekološki rizici primene asinhronih motora odnose se pre svega na problem recikliranja asinhronih motora posle završenog radnog veka. Zato, posebnu pažnju treba posvetiti materijalu koji se koristi za izradu asinhronih motora (tabela 3).

Tabela 2. Prosečan sadržaj materijala koji se koristi kod asinhronih motora, [1]

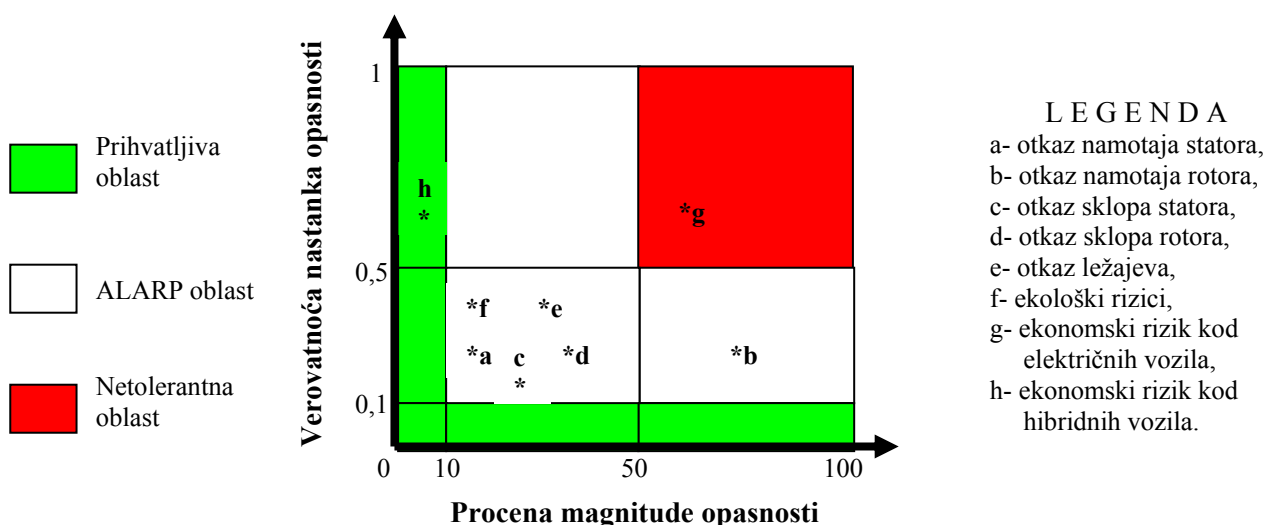
Čelik	46÷55%
Bakar	7÷12%
Liveno gvožđe	35÷45%
Aluminijum	0÷2%
Plastika, guma, izolacioni materijali itd.	1÷2%
Nerđajući čelik	<1%
Opasni otpad	<1%

Što se tiče procene verovatnoće nastanka ekoloških rizika, ona je za slučaj primene asinhronih motora kod vozila srednjeg nivoa, jer asinhroni motor uz korektno održavanje će biti radno sposoban dok i samo vozilo (oko 17 godina). Magnituda opasnosti za ekološke rizike primene asinhronih motora kod vozila je, takođe, srednjeg nivoa (veći problem za recikliranje predstavlja opasni otpad, iako je on u malim količinama).

Ekonomski rizici primene asinhronih motora kod vozila su:

- ekonomski rizik primene asinhronih motora kod električnih vozila (magnituda opasnosti je velika i ako bi broj ovih vozila bio veliki - velika verovatnoća, rizik bi bio u netolerantnoj oblasti),
- ekonomski rizik primene asinhronih motora kod hibridnih vozila (magnituda opasnosti je mala pa je rizik u prihvatljivoj oblasti).

Analiza ekonomskih rizika je urađena pomoću cost-benefit analize i upoređena sa benzinskim pogonom.



Slika 3. Analiza rizika primene asinhronih motora kod vozila

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu su opisane faze menadžmenta rizikom koje predstavljaju važan alat menadžerima za smanjivanje neizvesnosti kod donošenja odluka. Takođe, indentifikovali smo i analizirali najčešće rizike primene asinhronih motora kod vozila čime smo hteli dati odgovor na pitanje da li je preporučljivo, i koliki su tehnički, ekonomski i ekološki rizici, da se propagira uvođenje nekonvencionalnih (elektičnih i hibridnih) vozila u većem obimu od onoga što se danas radi. Polazeći od brojnih pojednostavljujućih pretpostavki, zaključujemo da to nije preporučljivo za akumulatorska električna putnička vozila. Očigledno, kada bi došlo do velikog tehnološkog proboja u proizvodnji akumulatora, to bi znatno poboljšalo performanse akumulatorskih električnih vozila (snižilo cenu vozila) i tada sigurno ne bismo mogli da odbacimo akumulatorska električna vozila. Za razliku od akumulatorskih električnih vozila, uvođenje hibridnih vozila pokazalo se profitabilno (mali rizici primene).

7. LITERATURA

- [1] Marjanović Z.: Rizik primene asinhronog motora kod vozila i mere upravljanja rizikom sa tehničkog, ekonomskog i ekološkog aspekta, Magistarski rad, CIMSI, Kragujevac, 2007,
- [2] Haji M., Toliyat A.: Pattern Recognition – A Technique for Induction Machines Rotor Broken Bar Detection, IEEE Trans. on Energy Conv., 2001
- [3] Thomson W. T.: A Review of On-Line Condition Monitoring Techniques for Three-Phase Squirrel-Cage Motors – Past Present and Future, IEEE SDEMPED '99, Spain, 1999
- [4] Nikolić V, Savić S, Stanković M.: Rizici u procesima globalizacije i obrazovanje za upravljanje rizikom, Zbornik radova JUSK, Kragujevac, 2003
- [5] Arsovski S., Savović I.: Dodatni zahtevi ISO 13485:103, zahtevi za menadžment rizikom, Zbornik radova “Festival kvaliteta”, Kragujevac, 2005
- [6] Stojković D.: Upravljanje rizikom projekta, Vojno-tehnički glasnik 1/102
- [7] Todorović J.: Razvoj nauke o održavanju tehničkih sistema, Vojno-tehnički glasnik 2/103

RISKS APPLICATION THE ASYNCHRONOUS ENGINE OF CARS WITH TECHNIQUES, ECONOMICS AND ECOLOGICS ASPEKTS

Abstract: Risk management is being developed in few past years. Some phase of this process is still in consideration. Standards different treated this process and gives possibility to use in various modality. There is a need for developing systematic approach in treated risk management.

Systematic approach in risk management application asynchronous engine of cars aside techniques, economics and ecologics, are explained in this paper.

Key words: risk management, system approach, asynchronous engine, quality

P. Miloš, V. Prole, N. Davidović¹

RAZVOJ POVRŠI SAGOREVANJA POGONSKIH PUNJENJA ČVRSTIH RAKETNIH MOTORA

Rezime

Kod projektovanja čvrstih raketnih motora od izuzetne važnosti je projektovanje pogonskog punjenja. Ono svojom geometrijom u principu definiše maseni dotok i na taj način radni pritisak i potisak motora tokom vremena rada. Zbog toga su tačnost i brzina proračuna površi sagorevanja ciljevi kojima teži svaki projektant. U ovom radu je prezentovana metodologija proračuna površi sagorevanja pogonskih punjenja uz pomoć komercijalnog računarskog programskog paketa. Na ovaj način je moguće vršiti analize bilo kog geometrijskog oblika pogonskog punjenja i to veoma brzo i tačno uz grafički prikaz i animaciju sagorevanja od početka do potpuno sagorelog svoda.

Ključne reči: projektovanje pogonskih punjenja, proračun pogonskih punjenja, čvrsti raketni motori

1. UVOD

U slučaju jedno-gorivnih pogonskih punjenja kada nema izraženog efekta erozivnog sagorevanja niti promene kritičnog preseka razvoj površi sagorevanja je praktično dominantni parametar rada motora. Pravilnim izborom geometrije pogonskog punjenja mogu se zadovoljiti različiti zahtevi za oblikom krive potisak-vreme (najčešće se koristi neutralna, ali je moguće ostvariti i druge dvo-režimska, regresivna, progresivna). Za najčešće korišćene oblike pogonskih punjenja (zvezda, cilindar, cilindar sa prorezima, čeon i sl.) postoje tačni matematički modeli koje opisuju sve faze gorenja, tako da je za njih vrlo brzo i jednostavno moguće izvršiti potrebne analize i naći optimalni oblik pogonskog punjenja prema postavljenim zahtevima korišćenjem računarskih programa za unutrašnju balistiku raketnih motora. Problem nastaje kada se javi potreba za pogonskim punjenjem koje nije standardnog oblika. Tada bi klasičan matematički metod iziskivao suviše vremena pogotovo imajući u vidu da bi se on morao dorađivati nakon svake promene, a čak i praviti iznova pri radikalnijim izmenama oblika pogonskog punjenja. U nekim slučajevima matematički model bi bio veoma složen i zahtevao numeričke metode za rešavanje što za posledicu ima utrošak jako mnogo radnog vremena i značajno povećava mogućnost grešaka pri izračunavanju. Takve greške u ozbiljnijim slučajevima bi mogle dovesti do potpuno neprihvatljivih rezultata rada motora pa čak i do njegovog razaranja.

Kao primer uzećemo pogonsko punjenje tipa čeon sagorevanje sa implementiranim metalnim provodnicima. Naravno sama metodologija se može primeniti na bilo koji drugi oblik pogonskog punjenja. Za analizu svakog slučaja i izračunavanje površine sagorevanja u funkciji sagorelog svoda koristi će se programski paket Pro/ENGINEER Wildfire.

Geometrijski model je iscrtan u Pro/ENGINEER-u i definisana su dva parametra: k (faktor povećanja brzine sagorevanja duž provodnika) i w (sagoreli svod). Preko relacija sa ovim parametrima su povezane ostale dimenzije pogonskog punjenja za vreme svih faza sagorevanja od početka do kraja svoda. Uvedeni su takozvani tipski elementi za analize koji predstavljaju površine i to:

- pojedinačne inhibisane površine (površine koje ne sagorevaju)
- ukupnu površinu modela
- površina sagorevanja koja se dobija uz pomoć predhodnih kada se od ukupne oduzmu sve inhibisane površine

Nakon toga se definiše analiza koja kao rezultat daje promenu površi sagorevanja u funkciji sagorelog svoda. Sagoreli svod se može menjati od minimalne vrednosti (koja je naravno nula) do maksimalne vrednosti (koja predstavlja trenutak kada je izgorelo svo gorivo i zavisi od geometrije

¹ istr. saradnik dr Predrag Miloš, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, beker@eunet.yu
samostalni projektant Velibor Prole, dipl. maš. inž., EDEPRO D.O.O. Beograd, edepro@eunet.yu
istr. saradnik dr Nikola Davidović, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, edepro@eunet.yu

pogonskog punjenja) ili na bilo kom među intervalu sa željenim korakom promene parametra sagorelog svoda. Takođe postoji mogućnost i simultanog prikaza modela pogonskog punjenja tokom promene sagorelog svoda tj. animacije sagorevanja.

2. POGONSKO PUNJENJE SA METALNIM PROVODNICIMA

Pogonska punjenja koja imaju čeono sagorevanje se odlikuju velikim stepenom punjenja i velikim svodom, ali i takođe imaju malu površinu sagorevanja. Da bi se to prevazišlo ugrađuju se u punjenja metalni provodnici koji kondukcijom menjaju oblik površine sagorevanja. U zavisnosti od pre svega tipa provodnika, njegove debljine i tipa samog čvrstog raketnog goriva brzina sagorevanja duž metalnog provodnika je obično 3-5 puta veća od brzine sagorevanja kada nema metalnih provodnika.

Sada se postavlja pitanje koliko je minimalno potrebno postaviti metalnih provodnika i na koji način da bi se postigao željeni efekat. Što je više metalnih provodnika to je tehnološki komplikovanija izrada takvog pogonskog punjenja, a u slučaju njihovog izuzetno velikog broja dolazi i do smanjenja same količine pogonske materije, a samim tim i totalnog impulsa. Važno je napomenuti da maksimalna površina sagorevanja uopšte ne zavisi od broja metalnih provodnika već samo od faktora povećanja brzine sagorevanja duž provodnika (u slučaju poređenja punjenja sa istim spoljašnjim prečnikom goriva) i ona iznosi:

$$S_{max} = k * \frac{D^2 \pi}{4}$$

gde je:

k - faktor povećanja brzine sagorevanja duž provodnika

D - Spoljašnji prečnik goriva

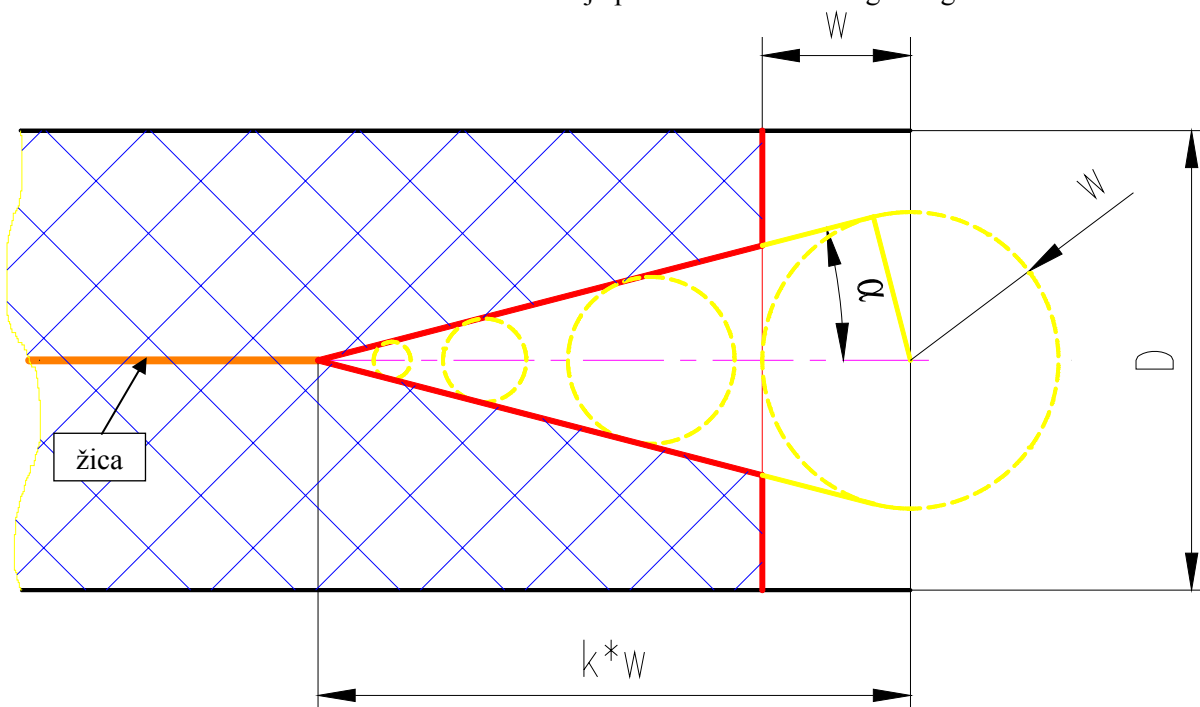
Takođe i početna površina sagorevanja nema nikakve veze sa metalnim provodnicima već samo sa početnom geometrijom tj. spoljašnjim prečnikom goriva.

$$S_0 = \frac{D^2 \pi}{4}$$

Iz ovoga sledi da je odnos maksimalne i početne površine sagorevanja jednak faktoru povećanja brzine sagorevanja duž provodnika.

$$\frac{S_{max}}{S_0} = k$$

Očigledno da problem nije u izračunavanju samog režima rada motora, već u izračunavanju prelaznih režima i to od početka sagorevanja do izlaska na režim i od početka silaska sa režima do potpunog sagorevanja celokupne raspoložive pogonske materije. Naravno, poželjno je da i izlazak na režim i silazak sa režima bude što brži odnosno da se to desi za što manje promene vrednosti sagorelog svoda.



Slika 1. Model sagorevanja sa metalnim provodnikom (žicom)

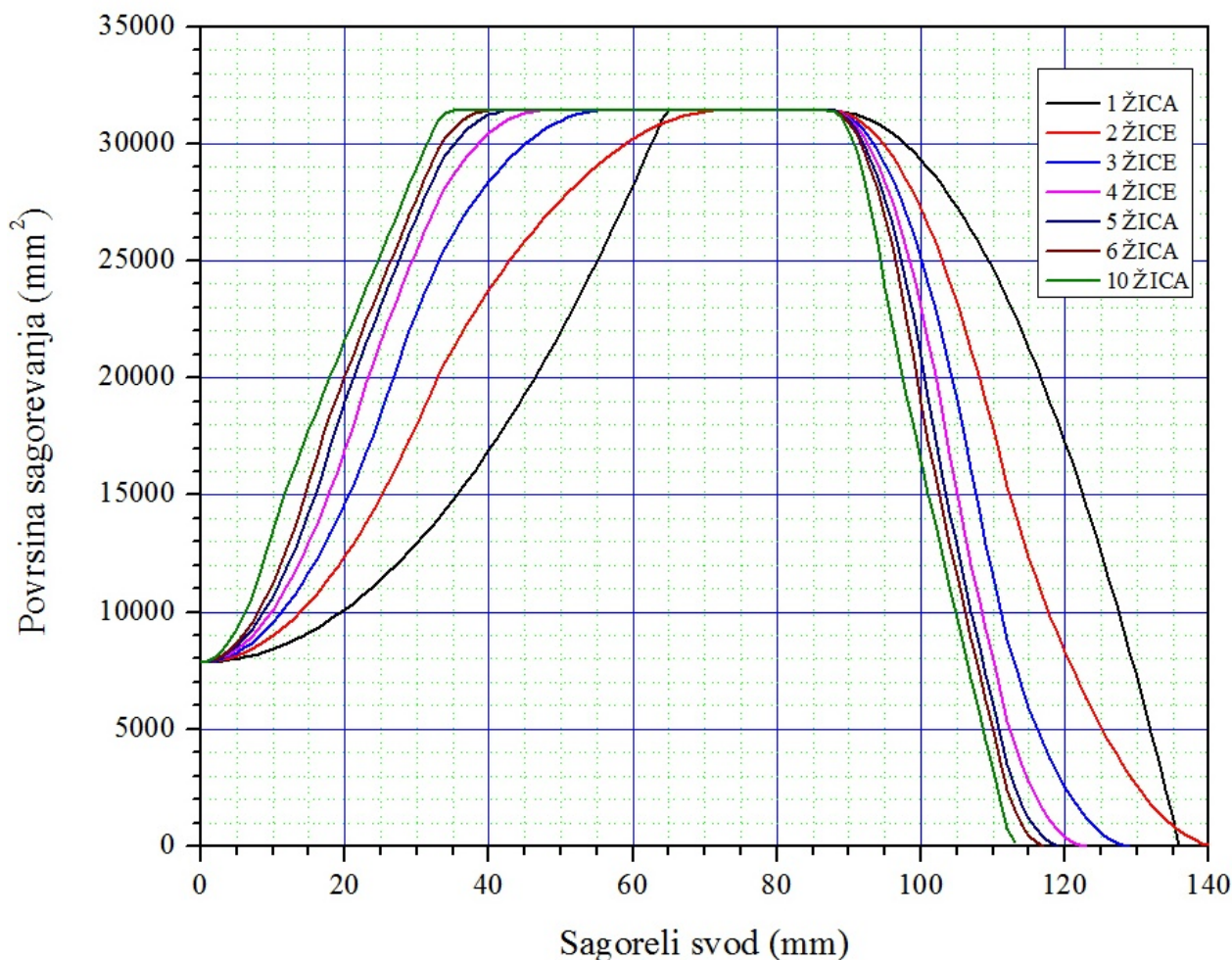
Kao što sa sa predhodne slike može videti ugao konusa α je u direktnoj vezi sa faktorom povećanja brzine sagorevanja duž provodnika (žice) k .

$$\sin(\alpha) = \frac{1}{k} = \text{const}$$

Kao primer uzećemo pogonsko punjenje koje ima spoljašnji prečnik pogonske materije $D=100\text{mm}$, ukupne je dužine $L=350\text{mm}$ i faktor povećanja brzine sagorevanja duž provodnika ima vrednost $k=4$. Samo prednje čelo je goruće, dok spoljašnji prečnik i zadnje čelo su inhibisani. Na slikama crvenom bojom je predstavljena pogonska materija, a zelenom inhibicija. Kao polazni slučaj uzećemo da pogonsko punjenje u sebi ima jedan metalni provodnik koji je postavljen u osi punjenja. Zatim ćemo izračunati i površine sagorevanja i za slučajeve sa više provodnika koji su simetrično raspoređeni po srednjem prečniku punjenja, u ovom slučaju to je prečnik od 50mm . Takođe će se osim uticaja broja provodnika na razvoj površi sagorevanja analizirati i uticaj njihovog rasporeda. Proračuni su vršeni za vrednosti svoda od nule do maksimalne vrednosti konkretnog slučaja sa korakom od 1mm .

3. REZULTATI

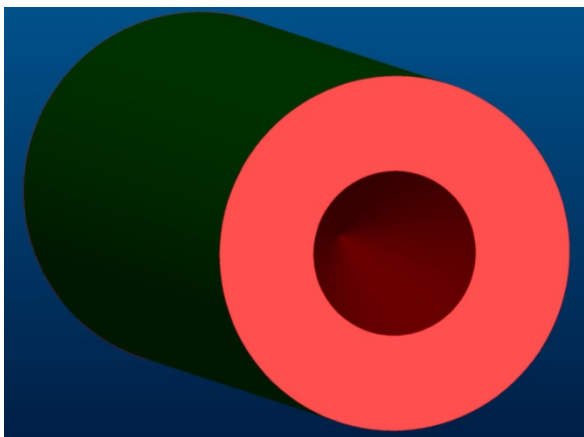
Rezultati proračuna površine sagorevanja u funkciji sagorelog svoda za slučaj jednog provodnika i slučajeve više provodnika simetrično raspoređenih po kružnici prečnika 50mm su dati na sledećem dijagramu.



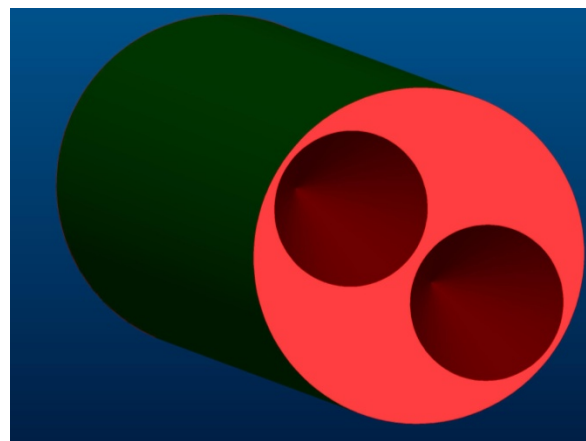
Slika 2. Uticaj broja provodnika na razvoj površi sagorevanja

Lako je uočljivo da je u slučaju samo jednog provodnika najsporiji kako porast u prvoj fazi izlaska na režim tako i pad površine sagorevanja u fazi silaska sa režima. Kako je već ranije napomenuto ovo je nepovoljna situacija jer ona dovodi do najnižeg srednjeg radnog pritiska u motoru, samim tim i do najmanjeg totalnog impulsa. Uvođenjem još jednog provodnika situacija se donekle menja na bolje jer je porast površine sagorevanja brži u većem delu prve faze, ali je sam izlazak na režim pri nešto većoj vrednosti sagorelog svoda. Takođe i vrednost maksimalnog svoda sagorevanja je nešto veća.

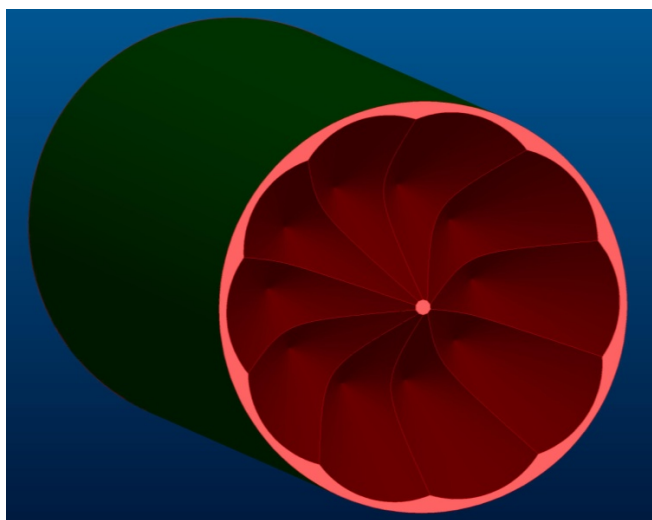
Daljim povećanjem broja provodnika se postižu sve bolji i bolji rezultati, ali je to poboljšanje sve manje i manje. Praktično nema značajnije razlike između modela sa šest i deset provodnika.



Slika 3. Jedan provodnik pri $w=30\text{mm}$



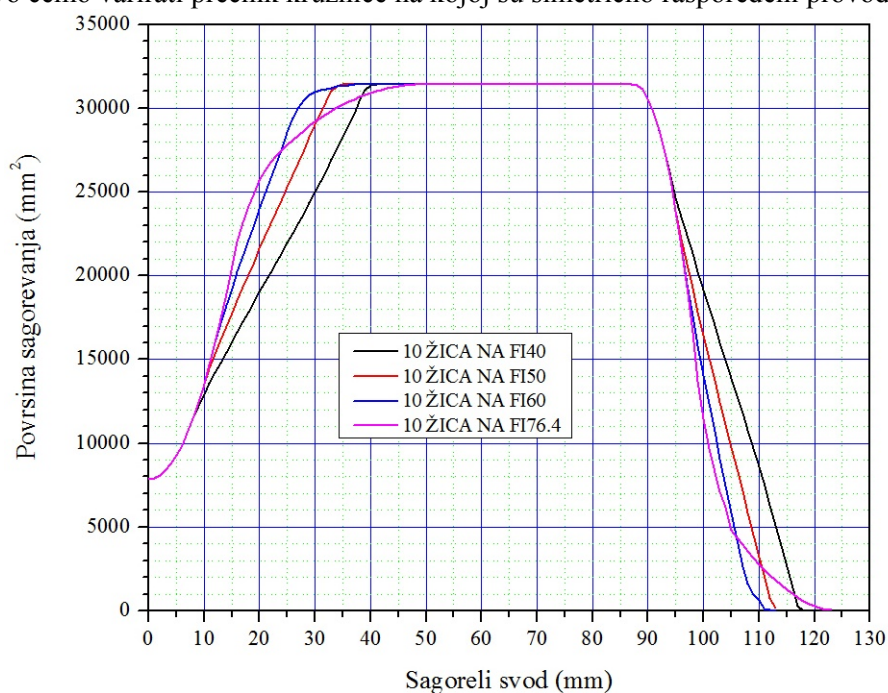
Slika 4. Dva provodnika na $\varnothing 50$ pri $w=30\text{mm}$



Slika 5. Deset provodnika na $\varnothing 50$ pri $w=30\text{mm}$

Na predhodnim slikama su prikazana pogonska punjenja u trenutku kada vrednost sagorelog iznosi 30mm, u slučajevima sa jednim centralnim provodnikom i sa dva i deset provodnika simetrično raspoređenih po kružnici prečnika 50mm.

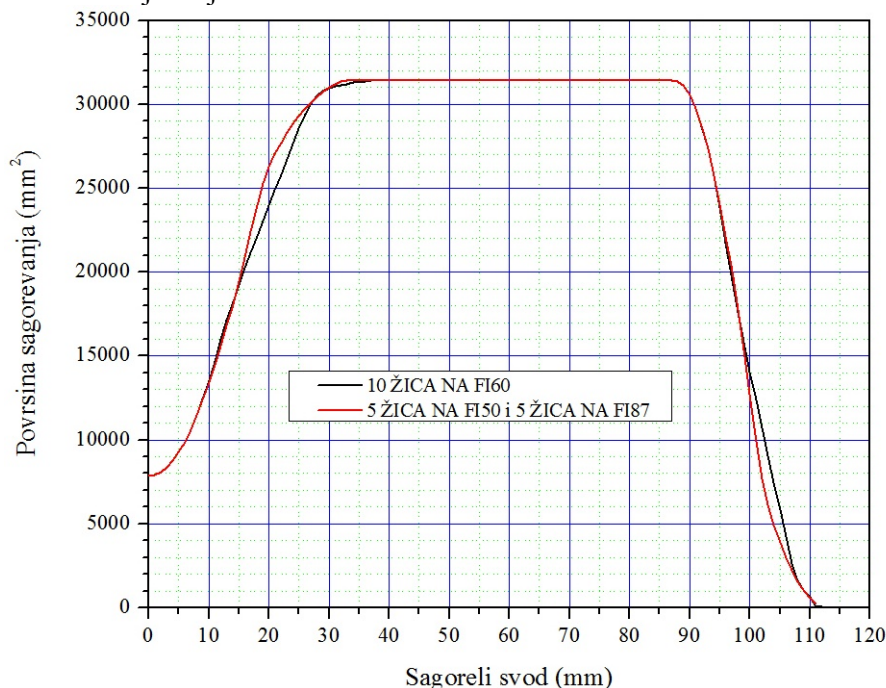
Radi analize uticaja rasporeda provodnika uzećemo kao referentni predhodni slučaj sa deset provodnika i prvo ćemo varirati prečnik kružnice na kojoj su simetrično raspoređeni provodnici.



Slika 6. Uticaj prečnika na kom su raspoređeni provodnici na razvoj površi sagorevanja

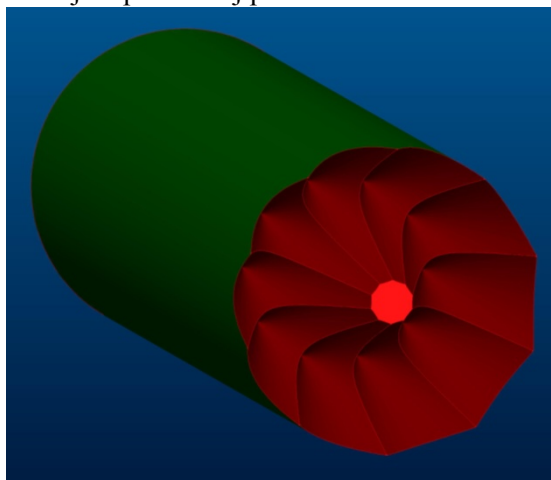
Kao što se vidi na predhodnoj slici 6. za naš slučaj sa deset provodnika optimalni prečnik kružnice na kojoj su simetrično raspoređeni provodnici je 60mm. U slučaju manjeg prečnika i izlazak i silazak sa režima je sporiji. Kod povećanja prečnika dolazi do bržeg porasta površine sagorevanja u početnom delu prve faze, ali sam izlazak na režim kasni dok vrednost maksimalnog svoda sagorevanja raste što zajedno daje nepovoljniji slučaj.

Drugi način za poboljšanje razvoja površi sagorevanja je da provodnici nisu raspoređeni samo po jednoj kružnici. Zato ćemo analizirati slučaj gde je 10 provodnika simetrično raspoređeno na dve kružnice (po 5 provodnika na svakoj kružnici) i najbolje rešenje uporediti sa najboljim rešenjem za 10 provodnika simetrično raspoređenim na jednoj kružnici.

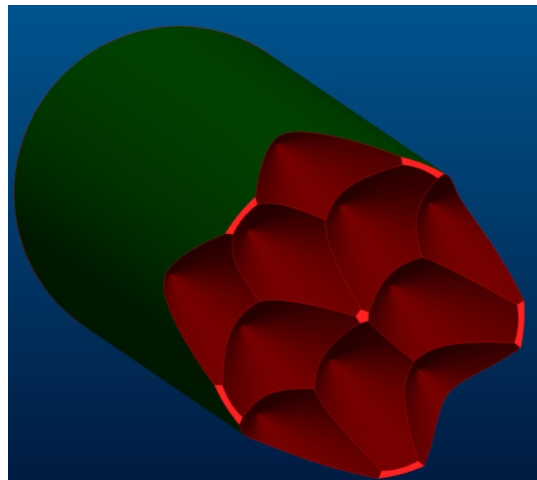


Slika 7. Uticaj rasporeda provodnika na razvoj površi sagorevanja

Rasporedom provodnika na dve kružnice se dobio nešto bolji slučaj, ali to verovatno nije od značaja u praktičnoj primeni.



Slika 8. Deset provodnika na $\varnothing 60$, $w=30\text{mm}$



Slika 9. Pet provodnika na $\varnothing 50$ i pet na $\varnothing 50$, $w=30\text{mm}$

4. ZAKLJUČAK

Očigledna je prednost savremenih CAD softverskih paketa u analizama složenih problema, kao u ovom slučaju razvoja površine sagorevanja pogonskih punjenja čvrstih raketnih motora sa metalnim provodnicima. Na taj način se štede vreme i novac potrebni za projektovanje, ali se u isto vreme i smanjuje mogućnost pravljenja grešaka jer vizuelizacija i animacija pomažu i neiskusnim inženjerima da lakše uoče nepravilnosti i samim tim da ih isprave na vreme. Prezentovani model se može primeniti i na bilo koji drugi oblik pogonskog punjenja. U slučajevima kada je neophodno izraditi poseban program za unutrašnju balistiku (jako izražen efekat erozivnog sagorevanja) pomoću prezentovanog modela je moguće jednostavno

i brzo proveriti rezultate zahtevanog matematičkog modela razvoja površi sagorevanja. U današnje vreme i kućni računari veoma brzo rešavaju i složene probleme što ih čini sa odgovarajućim softverskim paketima nezamenljivom alatkom svakog projektanta.

5. LITERATURA

- [1] Edited by Alain Davenas: *Solid rocket propulsion technology*, Pergamon Press Ltd., 1993.
- [2] PTC Global Services: *Fundamentals of Pro/ENGINEER*, Release 2000i², Parametric Technology Corporation, 2000.

SOLID ROCKET MOTOR PROPELLANT GRAIN BURNING SURFACE DEVELOPMENT

Summary

Propellant grain design is from crucial importance in designing solid rocket motors. Propellant grain with his geometry principally define mass flow rate and on that way working pressure and thrust of rocket motor during burning time. Due to that precision and fast calculation of burning area development is the goal of every engineer. In this paper is presented CAD methodology for calculation of propellant grains burning area development. On this way it is possible to run analyzes of any propellant grain shape, very fast and accurate with graphic representation and animation of burning from beginning up to complete burned out web.

Keywords: grain design, grain calculation, solid rocket motors.

PRILOG RAZVOJU NOVOG PROIZVODA

Biljana Prochaska, Petar Gvero i Sreten Lekić¹

Rezime

U ovom radu prikazan je dio istraživanja vezanih za razvoj fleksibilnih gorionika sa predmješanjem i sposobnostima velike modulacije snage, sa smanjenom emisijom štetnih produkata sagorjevanja, namjenjene za kondenzaione kotlove u sistemima grijanja.

Cilj istraživanja odnosio se na pronalaženje optimalne geometrije gorionika visokog stepena perforacije kojom se postižu nametnuti zahtjevi, kao i razvoj materijala koji bi te zahtjeve mogli izdržati. U okviru istraživanja rađene su simulacije kompleksnih pojava koje se odvijaju u toku rada gorionika. Ovdje će biti prezentirana analiza promjenljivih toplotnih naprezanja plašta gorionika u zavisnosti od režima rada i vrste materijala gorionika obavljenih uz pomoć računarske podrške FEA analiza.

Uvod

Niska cijena i fleksibilnost su ključne karakteristike da bi se postigao prodor naprednih tehnologija u zemlje Zapadnog Balkana, gdje je sastav prirodnog gasa promjenljiv u zavisnosti od mjesta i vremena. Razvoj novih fleksibilnih gorionika sa predmješanjem za jeftine, ekonomične sisteme grijanja prati ovaj trend. Cilj istraživanja je razvoj predmješanih cilindričnih gorionika za kućne sisteme grijanja, sledećih karakteristika:

- Niska cijena koštanja,
- Fleksibilnost sa aspekta goriva (mogućnost korišćenja različitih vrsta gasovitih goriva),
- Ekološka prohvatljivost,
- Viskok stepen modulacije snage.

Analiza toplotnih naprezanja gorionika je samo jedna u nizu analiza koja utiče na kvalitet rezultata konačnog istraživanja. Simulacija i analiza procesa sagorjevanja gasa, od prostog do složenog modela, urađena je uz pomoć CFD softvera STAR-CD 3.26 i softvera za simulaciju hemijske kinetike CHEMKIN 4.02, a dobijeni rezultati uspoređivani su sa experimentalnim mjerenjima na prototipu. Na ovaj način dobijeni su ulazni podaci toplotnog opterećenja i rasporeda toplote na vanjskom plaštu gorionika. Analiziran je i stacionarni nestacionarni režim rada gorionika.

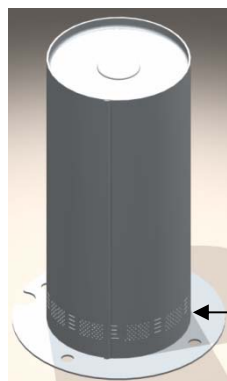
$$T = f(x, y, z, t)$$

Model gorionika

U sklopu istraživanja vezanih za toplotnu izdržljivost više vrsta novih materijala sa velikim promjenama režima rada i visokim stepenom perforacije modela moralo se početi od niza aproksimacija. Toplotno opterećenje u rasponu snaga od 5 do 50 kW uz zahtjev za sagorjevanjem u režimu plavog plamena uz malu emisiju štetnih produkata (neradijacioni režim) postavilo je visoke zahtjeve na materijal plašta gorionika, kao i na geometriju perforacije radne površine. Veoma velika složenost geometrije zahtjeva analizu najprije segmenata. Na slici 1 prikazan je gorionik, gdje se vidi zahtjevni vanjski plašt, cilindar prečnika $\phi 70\text{mm}$,

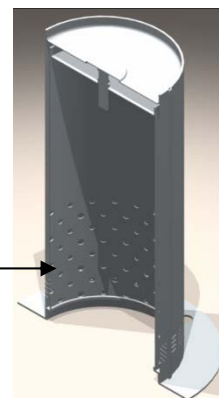
¹ Biljana Prochaska, dipl.ing.maš., Mašinski fakultet Banjaluka, e-mail: prochaska@urc.bl.ac.yu,
Doc. dr Petar Gvero, dipl.ing.maš., Mašinski fakultet Banjaluka, e-mail: pero@urc.bl.ac.yu,
Sreten Lekić, dipl.fiz., Prirodno-matematički fakultet Banjaluka, e-mail: slekic@blic.net

visine 154mm, sa 7280 rupa prečnika $\phi 0.8\text{mm}$ i drugih oblika otvora od čijeg rasporeda i izgleda uveliko zavisi ponašanje opterećenog gorionika sa debljinom stjenke 0.5mm. Visok stepen perforacije, odnosno veliki broj ponavljano niz otvora predstavlja problem za CAD sisteme, ali i za FEA pakete, bez obzira na moćne hardverske resurse. Treba napomenuti da gorionik ima i unutrašnji plašt manje zahtjevne perforacije, koji je daleko manje izložen toplotnom opterećenju slika 3.



Polazni model, cijelog gorionika sa oba plašta, ali u prikazu sa samo nekoliko redova otvora zbog opterećenja koje ova velika količina malih otvora stvara računar, dakle zbog velikih hardverskih, ali i softverskih zahtjeva za izvršenje ovog zadatka.

Presjek gorionika, unutrašnji plašt

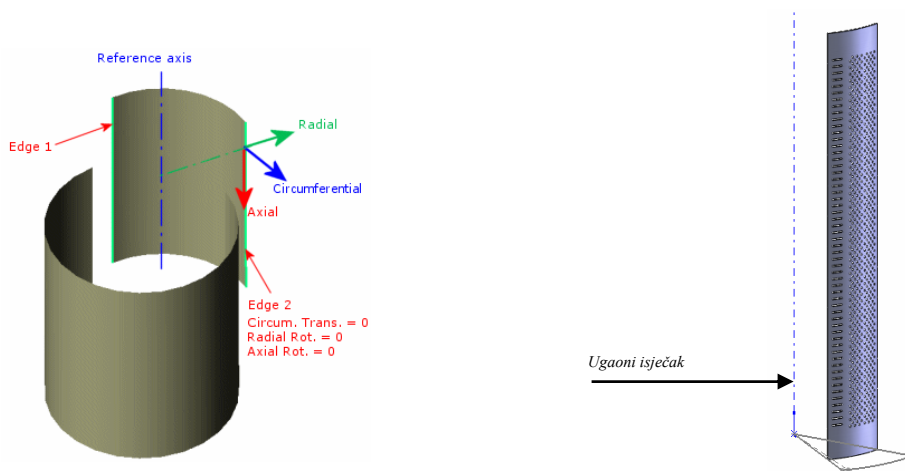


Sl.1 Gorionik

Sl.2 CAD model sa prikazom samo prvih par redova otvora

Sl.3 Presjek modela u kom se vidi i unutrašnji plašt, takođe sa prikazom prvih par redova otvora

Polazeći od uslova da je model osno simetričan u odnosu na referentnu osu tj. *axisymmetric*, te oblika mehaničkog i toplotnog opterećenja plašta, može se izdvojiti simetričan isječak, segment od 36° koji obuhvata ponavljani niz otvora cijelom dužinom gorionika. Na ovaj način redukovani model je dovoljan za simulaciju ponašanja cijelog gorionika, dakle ova aproksimacija je prihvatljiva za analizu.



Sl. 4 Osnosimetrični ugaoni isječak vanjskog plašta

Pristup izboru parametara proveden je na dva načina. Uvođenjem parametara očekivanih mehaničkih naprezanja na izdvojenom segmentu. Druga analiza je provedena postavljanjem toplotnog opterećenja izdvojenog segmenta u rasponu realnih vrijednosti od 5 do 50 kW, preuzetog iz CFD paketa izraženog u toplotnom fluksu $\Phi = \frac{dQ}{dt}$.

Opterećenje modela podrazumjeva i efekte ambijentalne temperature, efekte konvektionog hlađenja pristizućeg goriva i radijacije sivog tijela kao graničnih uslova, čije smo vrijednosti takođe varirali zavisno od uslova definisanih ulaznim podacima. Rezultati za izbor različitih opterećenja slike 8-13 i različitih materijala dati su u tabeli 1, tabeli 2 i tabeli 3.

Neki materijali koji su ovdje analizirani su sasvim nove legure čije su neke karakteristike još u fazi ispitivanja te se i u ovom koraku prije same analize, definisanje materijala moralo aproksimirati. Istraživanja

govore da do havarije gorionika dolazi najčešće zbog zamora materijala izloženog velikim toplotnim naprezanjima naročito u fazi paljenja i gašenja kada hladnija područja sprečavaju toplija da se slobodno šire. Ovdje je neophodno naglasiti da je jedan od ciljeva da se dođe do materijala čije će karakteristike biti dovoljno dobre za zahtjevanu konstrukciju gorionika, a čija cijena koštanja takođe neće odskakati od projektom zadatih vrijednosti.

Naredni korak bio je odabir realnih opterećenja za dvije različite vrste gasa, u ovom slučaju bili su to podaci za gas iz bušotina u okolini Zrenjanina i ruski gas.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{\rho c}$$

Fourier-ova diferencijalna jednačina provođenja toplote

Tek nakon precizno definisanih i uspostavljenih parametara koji figuriraju u analizi, uslijedila je i sama analiza uz pomoc dva razlicita FEA softvera CosmosWorks (kao modula u SolidWorks-u) i Pro/Mehanika (kao modula u Pro/Engineer-u), te uporedivanje dobijenih rezultata.

Mesh Details	
Study name	transient-20-0-2
Mesh type	Solid mesh
Mesher Used	Standard
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Smooth Surface	On
Jacobian Check for solid	4
Element size	1.13636 mm
Tolerance	0.056848 mm
Mesh quality	High
Total nodes	143603
Total elements	68808
Maximum Aspect Ratio	12.682
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	76.2
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0.00581
% of distorted elements (Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:09:04

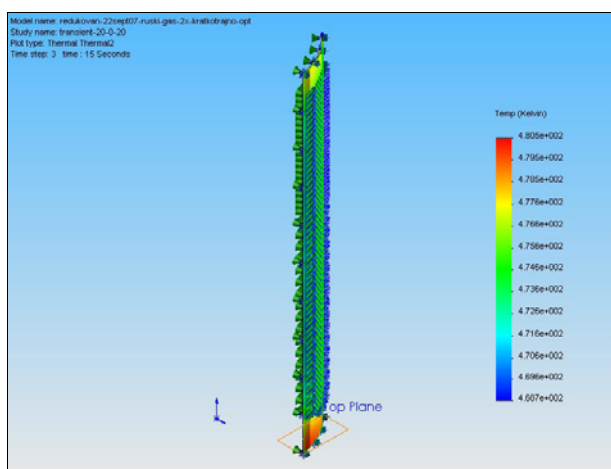


Sl.5 Isječak modela sa prikazom mreže konačnih elemenata

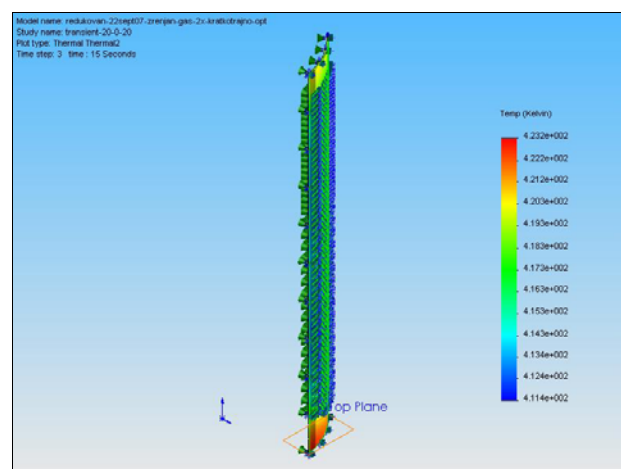
Sl.6 Detalji mreže konačnih elemenata

Nakon pažljivo kreirane mreže konačnih elemenata može se pustiti analiza postavljenog zadatka.

Toplotna analiza za kratkotrajno opterećenje

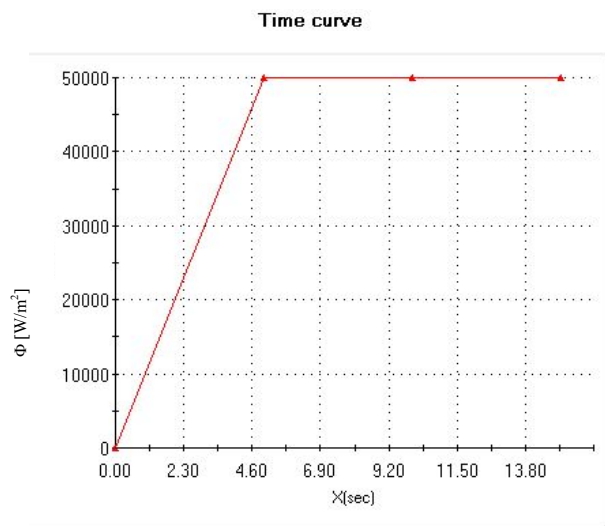


a) Ruski gas

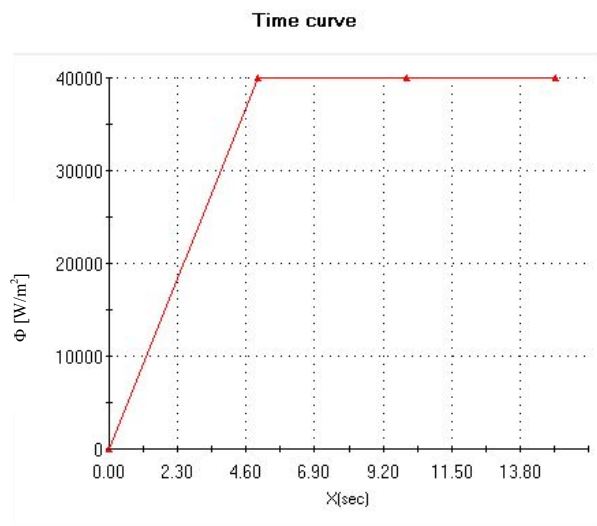


b) Zrenjaninski gas

Sl 7 Simulacija toplotnog naprezanja za kratkotrajno opterećenje i materijal AKsteel18SR



Sl.8 Kratkotrajno opterećenje- Ruski gas

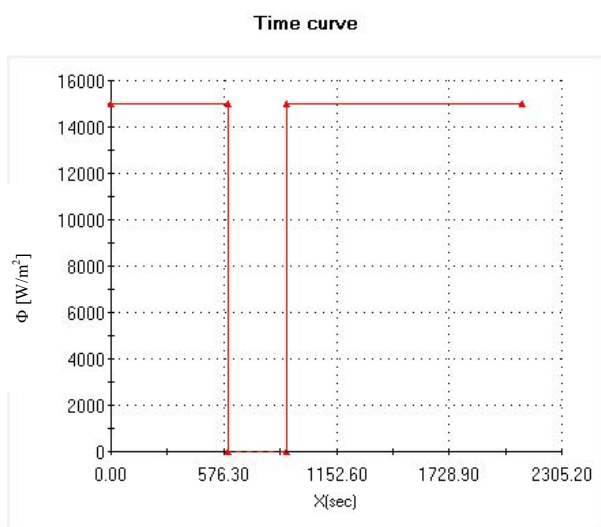


Sl.9 Kratkotrajno opterećenje-Zrenjaninski gas

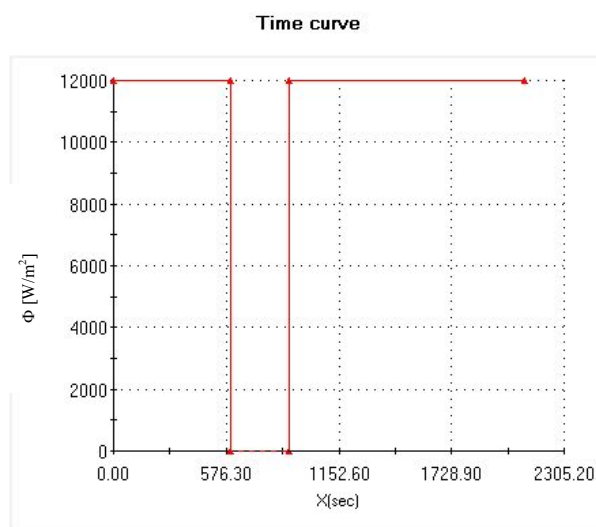
Tabela1.Uporedni rezultati dva različita materijala za dvije vrste različitog gasa i kratkotrajno opterećenje

	materijali	Min. opter. (Kelvin)	čvor	lokacija	Max. opter. (Kelvin)	čvor	lokacija
Ruski gas	AKsteel18SR	468.657	2607	(28.7215, 46.6061, -20.3498)	480.526	10495	(34.1219, 0, -6.30777)
	Haynes230	431.363	15967	(29.647, 106.735, -18.9761)	448.645	10495	(34.1219, 0, -6.30777)
Zrenjaninski gas	AKsteel18SR	411.379	2607	(28.7215, 46.6061, -20.3498)	423.22	10495	(34.1219, 0, -6.30777)
	Haynes230	379.358	15972	(29.6471, 104.864, -18.976)	396.367	10494	(34.1219, 0, -6.30777)

Toplotna analiza za nisko opterećenje



Sl. 10 Nisko opterećenje- Ruski gas

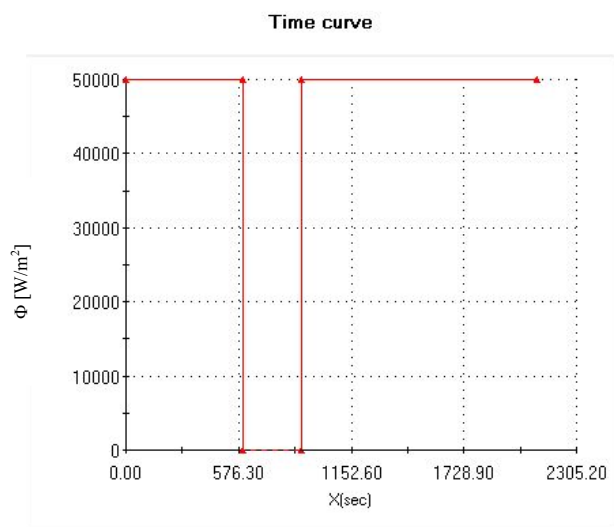


Sl. 11 Nisko opterećenje-Zrenjaninski gas

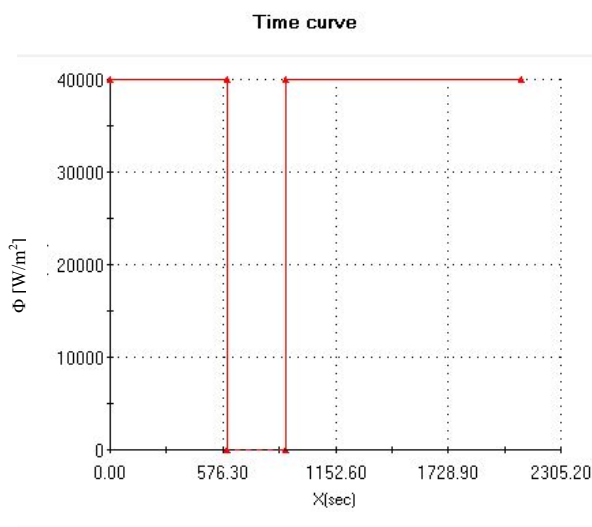
Tabela 2 Uporedni rezultati AKsteel18SR materijala za dvije vrste različitog gasa i nisko opterećenje

	materijali	Min. opter. (Kelvin)	čvor	lokacija	Max. opter. (Kelvin)	čvor	lokacija
Ruski gas	AKsteel18SR	904.549	18052	(33.886, 82.6618, -9.52775)	904.643	10495	(34.1219, 0, -6.30777)
Zrenjaninski gas	AKsteel18SR	811.957	17203	(34.2765, 89.9651, -8.01007)	812.025	10495	(34.1219, 0, -6.30777)

Toplotna analiza za visoko opterećenje



Sl 12 Visoko opterećenje - Ruski gas



SL 13 Visoko opterećenje - Zrenjaninski gas

Tabela 3 Uporedni rezultati dva različita materijala za dvije vrste različitog gasa i kratkotrajno opterećenje

	materijali	Min. opter. (Kelvin)	čvor	lokacija	Max. opter. (Kelvin)	čvor	lokacija
Ruski gas	AKsteel18SR	853.619	10931	(34.1435, 154, -8.55943)	853.701	642	(26.3158, 19.7465, -22.6179)
	Haynes230	849.2	17889	(33.886, 71.3382, -9.52775)	849.352	22159	(24.7163, 6.79412, -24.3555)
Zrenjaninski gas	AKsteel18SR	749.615	17889	(33.886, 71.3382, -9.52775)	749.669	1650	(26.3158, 34.1465, -22.6179)
	Haynes230	745.879	17889	(33.886, 71.3382, -9.52775)	745.982	10495	(34.1219, 0, -6.30777)

Zaključak

Analiza temperaturnog polja, temperaturnih vrijednosti i mehaničkih opterećenja pokazuje da je izuzetno gusta geometrija perforacije na plaštu dosta male debljine uzrok kritičnog naprezanja na većem dijelu gorionika. Redizajn gorionika bez obzira na kvalitet materijala zahtjeva uz već postojeća uzdužna uvođenje poprečnih polja bez perforacije za gorive otvore. Uz pojačan odvod toplotnom kondukcijom ovo bi ojačalo i mehaničku otpornost središnjeg dijala gorionika.

Još se mora napomenuti da se rezultati ovakve analize uz pomoć FEA moraju kombinovati sa experimentalnim podacima i podacima iz prakse, jer računar nije u mogućnosti nikad obuhvatiti sve uticaje koje podrazumjevaju realni uslovi eksploatacije.

Literatura

- [1] F.P.Incropera, D.P.DeWitt, *Introduction to Heat Transfer. Third Edition*, John Willez and Sons, 1996.
- [2] I.Glassman, Combustion, *Second Edition*, Academic Press, 1987.
- [3] Ilić, G., Radojković, N., Stojanović, I. *Termodinamika II-Osnovi prostiranja toplote*, Mašinski fakultet Niš, 1996.

Ovaj rad proizišao je kao dio rezultata istraživanja iz specijalno orjentisanog istraživačkog projekta, finansijski podržanog od Evropske Komisije u okviru FP6 (INCO), pod nazivom *Flexible Premixed Burners for Low-Cost Domestic Heating Systems-FlexHEAT*.

Abstract

In this paper, we present a part of our research on development of flexible premixed burners with large power modulation capability and reduced pollutant emission to be used for condensation boilers in heating systems.

The aim of investigation was to find optimal burner geometry with high perforation degree in order to achieve requirement properties as well as the development of appropriate materials to fulfill these conditions. We presented here analyses of heat stress of burner mantle vs. working regime and material types performed by FEA analyze computer software.

Dragiša Skoko, Cvetko Crnojević, Mileta Ristivojević¹

ANALIZA IZBORA MERNE GLAVE DIFERENCIJALNOG PNEUMATSKOG KOMPARATORA

Rezime: Diferencijalni pneumatski uređaj se koristi za kontrolu kvaliteta mašinskih delova u pogledu tačnosti dimenzija, položaja i oblika. Ovi uređaji imaju dominantnu primenu u kontroli mašinskih delova u velikoserijskoj proizvodnji, zbog velike tačnosti, pouzdanosti, jednostavnog rukovanja i održavanja. Tačnost i pouzdanost kontrole ovih uređaja zavisi od geometrije izlazne mlaznice i dimenzija merne glave. U radu je dat postupak određivanja dimenzija merne glave za kontrolu spoljašnjih i unutrašnjih mera.

1. UVOD

Uporedo sa razvojem proizvodnih mašina razvija se tehnika kontrole i merenja proizvedenih komada. Prvi uređaji za kontrolu su bili mehanički. Ovi uređaji su mogli da zadovolje potrebu u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji jednostavnih komada. Razvojem savremene industrije XX-tog veka, koju karakterišu velikoserijska proizvodnja komplikovanih oblika i velika tačnost izrade, mehanički uređaji nisu mogli da zadovolje u svim segmentima proizvodnje. To naročito dolazi do izražaja u automobilskoj i avio industriji. Za merenje i kontrolu razvijeni su potpuno novi uređaji: mehanički, optički, električni, pneumatski, hidraulički i laserki uređaji. Najvažnija prednost u odnosu na mehaničke je njihova tačnost. Tačnost mehaničkih uređaja je 1 μm , a pomoću savremenih uređaja mogu se meriti i deseti i stoti delovi mikrometra.

Pneumatski merni sistemi se intenzivno razvijaju tridesetih godina XX-tog veka, počev od najjednostavnijih [1], pa sve do vrlo savremenih uređaja [2]. Zbog velike mogućnosti primene, jednostavne konstrukcije, lakog održavanja, jednostavnog rukovanja a iznad svega velike tačnosti, ovi uređaji su dominantni u kontroli mašinskih delova. Prednost ovih uređaja, u odnosu na ostale, je što komprimovan vazduh koji izlazi iz mlaznica merne glave velikom brzinom, oduva mehaničke nečistoće i tanak sloj tečnosti za hlađenje komada i ostalih nečistoća. Na ovaj način se smanjuje mogućnost pojave greške pri merenju i kontroli. Druga prednost je što se može kontrolisati više mera istovremeno, bilo spoljašnjih ili unutrašnjih. Vrlo značajnu primenu ima dinamička pneumatska metoda koja se primenjuje kod obrtnih komada, znači u toku rada, bez zaustavljanja rada mašine, vrši se merenje i kontrola obratka.

Teorijske osnove ovog postupka su obrađene u literaturi [3], [4], [5]. Step en tačnosti kontrole mašinskih delova zavisi od: izbora izlazne mlaznice, pritiska napajanja p_a , prečnika prigušnice D u mernoj komori i prečnika merne glave. Uradu je prikazan postupak određivanja prečnika merne glave. Analiziran je uticaj pneumatske osetljivosti i odstupanja kontrolisanog mašinskog dela na izbor dimenzija merne glave.

2. MEHANIČKI MODEL PNEUMATSKOG KOMPARATORA

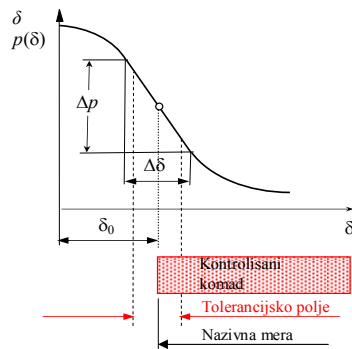
Za dobijanje karakteristika pneumatskog komparatora koristi se instalacija koja predstavlja diferencijalni pneumatski uređaj - komparator. Strujni prostor δ između izlazne mlaznice i površine mašinskog dela koji se kontroliše, predstavlja mikrokanal slika 2. Strujanje u mikrokanalu je vrlo komplikovano, zbog toga, sva eksperimentalna merenja u pneumatskoj metrologiji se baziraju na merenju polja pritiska na površini mašinskog dela koji se kontroliše. Detaljan opis instalacije je dat u radu [5].

Vazduh pod pritiskom izlazi iz mlaznice M i udara o površinu komada K čija se dimenzija kontroliše, slike 1. Pritisak p koji se meri na površini komada (totalni ili zaustavni pritisak), zavisi od više faktora i to od: pritiska napajanja p_a , prečnika prigušnice merne glave D , geometrijskog oblika izlazne mlaznice M , radialne kordinate r i aksijalnog rastojanja izlazne mlaznice od površine mernog komada δ .

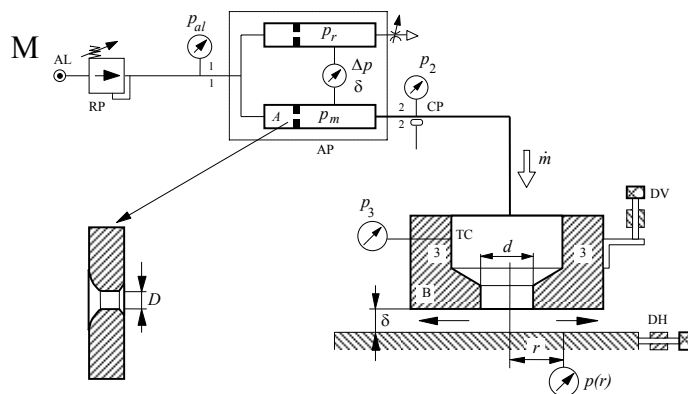
¹ Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16 Beograd

Dijagram zavisnosti $p(\delta)$ prikazan na slici 1. Za $\delta=0$, pritisak ima maksimalnu vrednost, tj. ima vrednost p_a . Sa povećanjem rastojanja δ pritisak naglo opada. Najveći pad pritiska je na **linearnom** delu zavisnosti $p(\delta)$ slika 1. Dalje, sa povećanjem vrednosti δ pritisak opada, zavisnost je nelinearna. Upravo, pravolinijski deo dijagrama $p(\delta)$, gde je linearna zavisnost pritiska od rastojanja δ , tj. dimenzija komada, koristi se u pneumatskoj metrologiji za kontrolu mašinskih delova. U pneumatskoj metrologiji može da se koristi i nelinearni deo dijagrama ali nije našao primenu radi potrebe uvođenja (poznavanja) funkcije $p(\delta)$.

Pneumatski uređaj za kontrolu dimenzija je specijalan manometar sa skalom, koji umesto skale pritiska ima skalu za očitavanje zazora δ (rastojanje vrha mlaznice i površine komada koji se kontroliše). Pneumatski komparator je transformisani manometar. Za zadati pritisak napajanja p_a , izabrani prečnik prigušnice D i izabranu mlaznicu M , na uređaju se očitava vrednost zazor kome odgovara vrednost pritiska. „Takode u konkretnim izvođenjima pneumatskih komparatora ne meri se pritisak $p(\delta)$ na površini komada koji se kontroliše, već pritisak u komori merne grane $p_{mg}(\delta)$, koji je zbog malih strujnih gubitaka približno jednak pritisku $p(\delta)$ “ (ref. [1]).

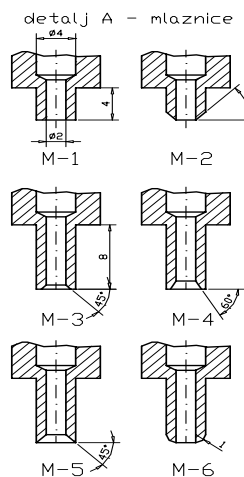


Slika 1 Shematski prikaz izlazne mlaznice i dijagram zavisnosti pritiska od rastojanja mlaznice i mernog komada[1]



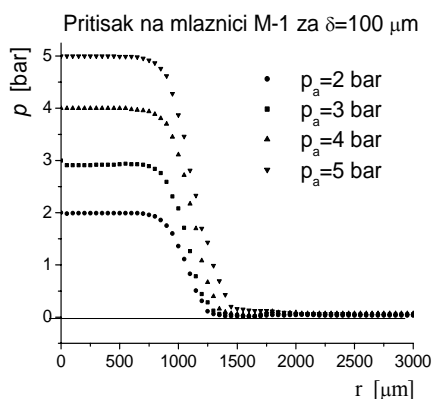
Slika 2 Šema merne instalacije [2]

3.1 Mlaznice

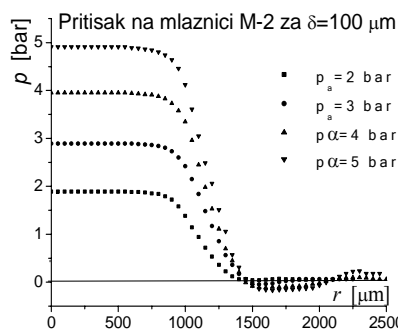


Slika 3 Geometrija izlazne mlaznice [5]

Polje pritiska na površini mašinskog dela koji se kontroliše zavisi od geometrije izlazne mlaznice. Analizom uticajnih faktora na polje pritiska, bira se takva mlaznica da se potpuno eliminiše podpritisk na komadu koji se kontroliše ili da taj pritisak bude, ako je moguće, što manji. Pojava podpritiska na mernom komadu je nepoželjna zbog skupljanja nečistoća, koje remeti ispravan rad komparatora. Takođe pogodnim odabirom geometrije izlazne mlaznice teži se da polje podpritiska bude što dalje od ose mlaznice. Analiza polja pritiska na rad pneumatskog diferencijalnog komparatora je data u radu [5]. Karakteristični oblici mlaznica su dati na slici 3.



Slika 4 $p=f(r)$ za M-1 i p_a



Slika 5 $p=f(r)$ za M-2 i p_a

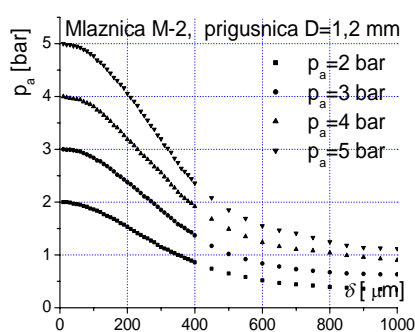
Analiza uticaja pritiska napajanja i geometrije izlazne mlaznice na polje pritiska na površini mašinskog dela koji se kontroliše prikazana je na dijagramima na 4 i 5.

Analizom dijagrama, slika 4, vidi se da je polje pritiska pozitivno za mlaznicu M-1 po celoj dužini i za sve pritiske napajanja. Polje pritiska za mlaznicu M-2 je pozitivno za $p_a = 2$ i $p_a = 3$ bar a za veće pritiske $p_a = 4$ i $p_a = 5$ bar je negativno, što nije dobro.

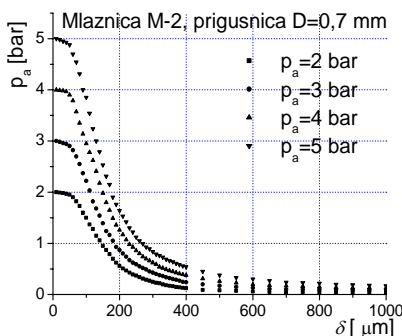
3.2 Pneumatska osetljivost

Oblast primene pneumatske metrologije je ograničena pravolinijskim delom dijagrama $p=f(\delta)$. Pogodnim odabirom prigušnice dobija se odgovarajuća karakteristika pneumatskog diferencijalnog uređaja - osetljivost uređaja. Pneumatska osetljivost S predstavlja odnos priraštaj pritiska Δp i rastojanja $\Delta \delta$ iz pravolinijskog dela krive zavisnosti totalnog pritiska od rastojanja mlaznice i površine mernog komada $S = \Delta p / \Delta \delta$ – ref [6]

Iz definicije pneumatske osetljivosti uređaja, proizilazi da pneumatski uređaj koji ima veće prigušenje ima veću osetljivost a pravolinijski deo krive zavisnosti pritiska i rastojanja δ ima veći ugao nagiba u odnosu na x osu tj. prava je strmija. Pneumatski diferencijalni uređaj koji ima manje prigušenje ulaznog pritiska u mernu komoru ima manju osetljivost a pravolinijski deo krive ima manji nagib u odnosu na x osu. Osetljivost uređaja je, dakle definisana nagibom krive. Osetljivost uređaja predstavlja tačnost uređaja. Opseg primene uređaja definisan je dužinom projekcije pravolinijskog dela krive na osu x. Uređaji koji imaju veću dužinu projekcije imaju veći opseg primene, tj. veću širinu tolerancijskog polja. Pneumatski diferencijalni uređaji koji su predviđeni da rade sa većim pritiskom napajanja imaju veći opseg primene.

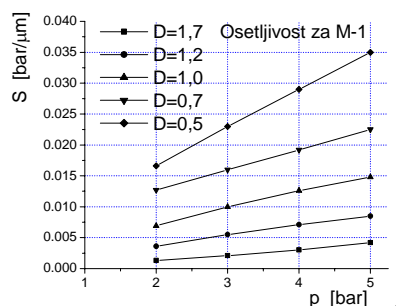


Slika 6 $p=f(\delta)$ za M-2 i različite p_a



Slika 7 $p=f(\delta)$ za M-2 i različite p_a

Na dijagramima sa slike 6 vidi se da je mala osetljivost zbog malog prigušenja $D=1,2$ mm. Na dijagramima, slika 7 se vidi da krive imaju veliki pad tj. veliko prigušenje $D=0,7$ mm i veliku osetljivost.

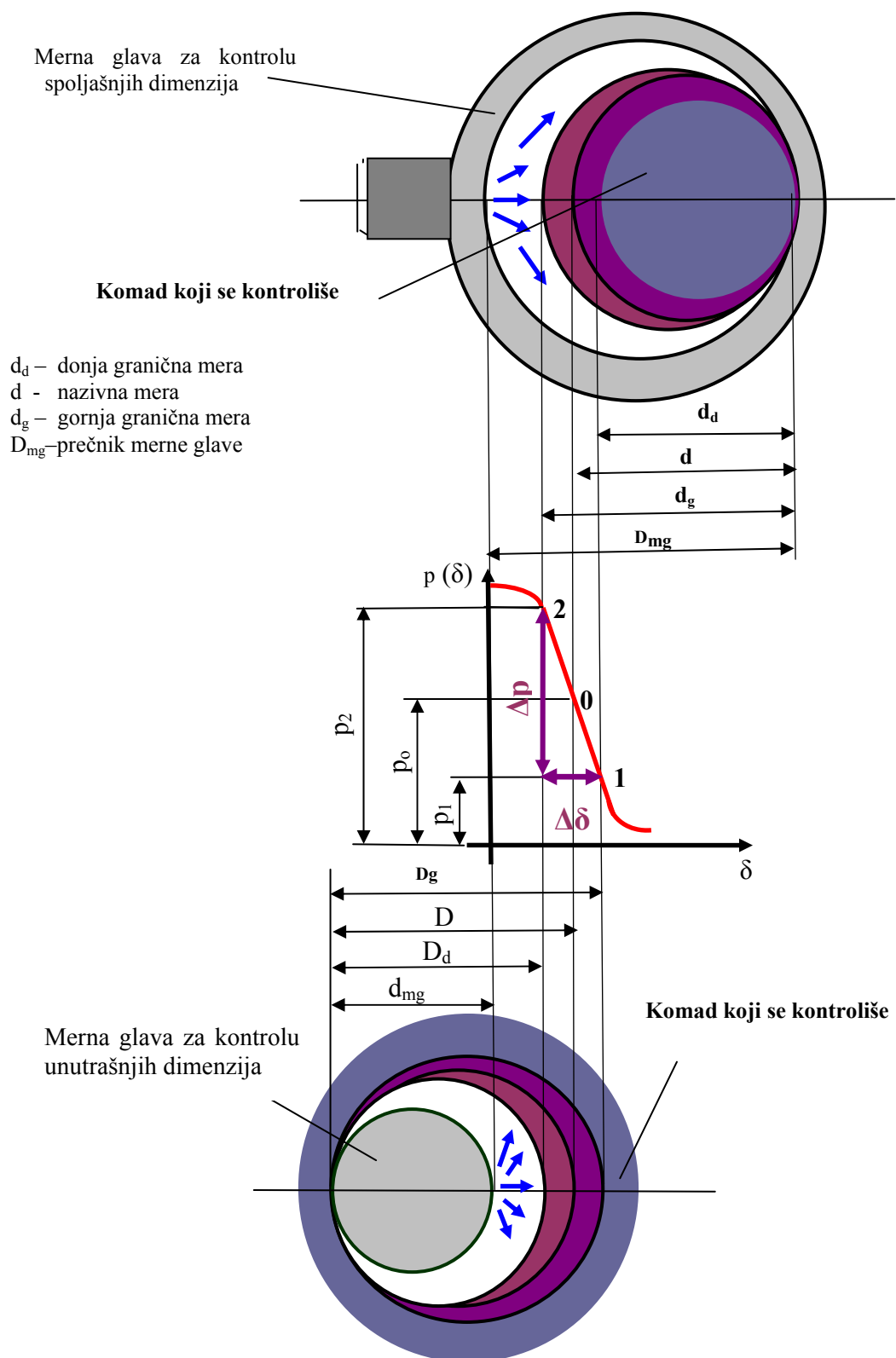


Slika 8 Osetljivost mlaznice M-1

Na slikama 8 data je osetljivost mlaznica M-1 i M-2 u zavisnosti od stepena prigušenja i pritiska napajanja p_a . Veliko prigušenje daje veliku pneumatsku osetljivost i obrnuto. Isto tako se vidi da je linearno povećanje osetljivosti sa povećanjem pritiska napajanja p_a . Takođe se vidi uticaj oblika mlaznice na osetljivost. Najveća osetljivost je za mlaznicu M-5, prečnik prigušnice $D=0.7$ mm i $p_a=5$ bar i iznosi $s=0,039$ bar/mm.

4. ODREĐIVANJE PREČNIKA MERNE GLAVE

Pneumatski uređaj za kontrolu dimenzija je specijalan manometar sa skalom, koji umesto skale pritiska ima skalu za očitavanje zazora δ (rastojanje vrha mlaznice i površine komada koji se kontroliše). Pneumatski komparator je transformisani manometar. Za zadati pritisak napajanja p_a , izabrani prečnik prigušnice D i izabranu mlaznicu M , na uređaju se očitava zazor δ za odgovarajuće vrednosti pritiska p_a . „Takođe u konkretnim izvođenjima pneumatskih komparatora ne meri se pritisak $p(\delta)$ na površini komada koji se kontroliše, već pritisak u komori merne grane $p_{mg}(\delta)$, koji je zbog malih strujnih gubitaka približno jednak pritisku p



Slika 9 Šematski prikaz dijagrama $p=f(\delta)$ i merne glave za kontrolu spoljašnje i unutrašnje mere [5]

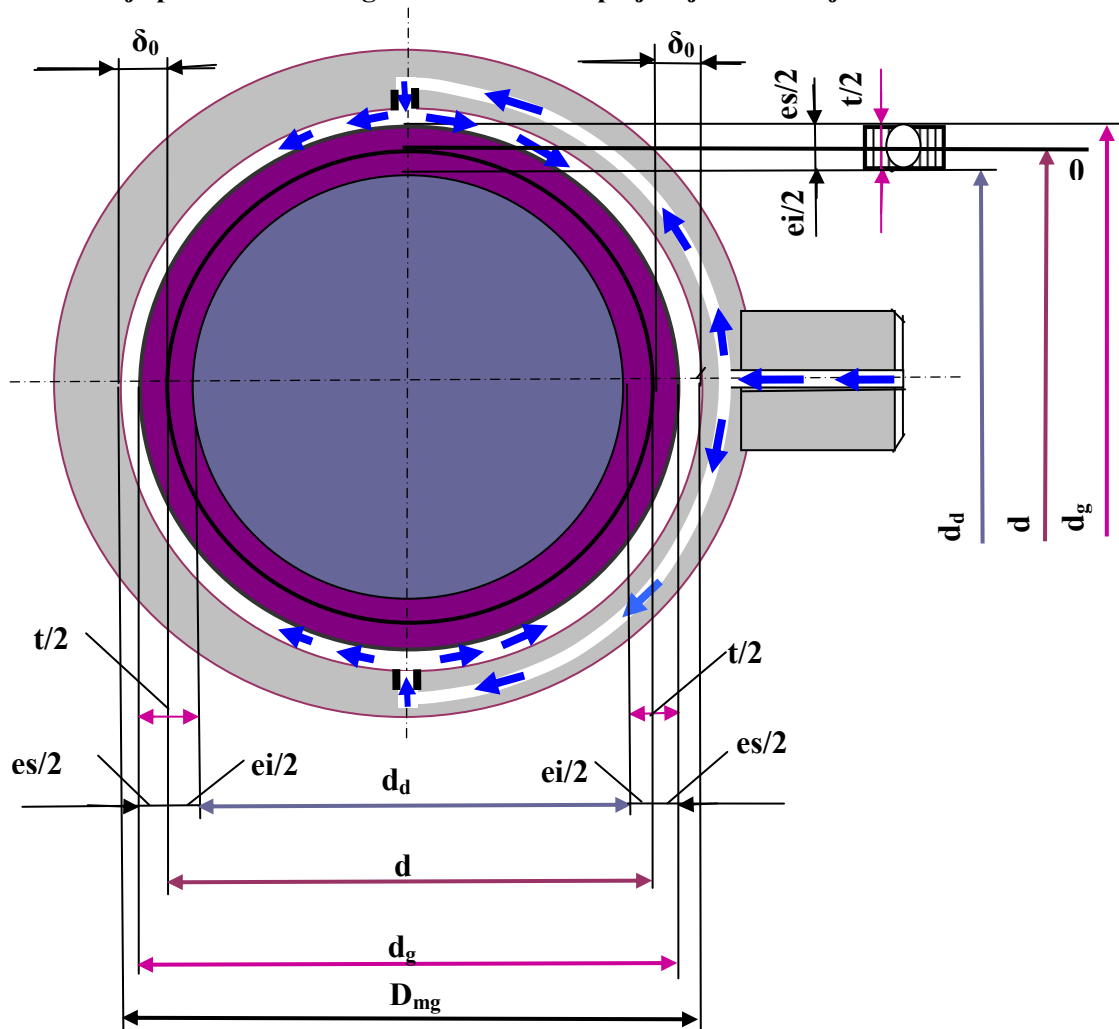
Zavisnost $p=f(\delta)$ prikazana dijagramom na slici 9. Na ovom dijagramu uočava se pravolinijski deo. Tačku 2 predstavlja početak pravolinijskog dela dijagrama i nju karakteriše povećan pritisak p_2 a male vrednosti δ . Na uređajima se ne koristi tačka 2 kao reperna, već tačka ispod nje „g”, koja ima karakteristiku manji pritisak a veće δ . Ta tačka predstavlja gornju granicu tolerancijskog polja komada koji se kontriliše.

Prevedeno u kontroli spoljašnjih dimenzija to je komad sa maksimalno dozvoljenom merom i na uređaj za očitavanje tu bismo stavili reper *es*, što predstavlja gornje granično odstupanje. Uobičajeno je da je taj reper na merilu plave boje. Komad koji bi imao veće odstupanje od zadatog bi morao da ide na doradu. Pri kontroli unutrašnjih dimenzija ova tačka bi predstavljala minimalnu dozvoljenu meru i na uređaj za očitavanje tu bismo stavili reper koji označava minimalno odstupanje *EI*. U tom slučaju ova tačka predstavlja donju graničnu meru.

Povećanjem rastojanja δ smanjuje se pritisak. Naredna karakteristična tačka na pravolinijskom delu dijagrama $p=f(\delta)$ je tačka „0”, koja uglavnom predstavlja sredinu dužine pravolinijskog dela dijagrama. Ovo je značajna tačka ovog dijagrama jer se koristi za određivanje dimenzija merne glave. Takođe njena horizontalna projekcija predstavlja nultu liniju u tolerancijama.

Treća tačka na ovom delu dijagrama je tačka „*d'*”. Karakteriše je manji pritisak i veliko δ . Ona predstavlja drugu granicu tolerancijskog polja komada koji se kontroliše. Pri kontroli spoljašnjih dimenzija to je minimalno dozvoljena mera. Na skali pneumatskog uređaja se stavi reper koji označava *ei*, i predstavlja donje granično odstupanje. Pri kontroli spoljašnje dimenzije komada, ako je stvarno donje odstupanje veće od zadatog, komad se odbacuje jer mu je stvarna mera manja od najmanje dozvoljene. To važi i za kontrolu unutrašnjih dimenzija. Horizontalna projekcija tačke „*d'*” na dijagramu koristi se kao reper na skali uređaju i predstavlja *ES*, gornje granično odstupanje. Svaka stvarna mera koja ima veće odstupanje od zadatog je loša mera i komad se odbacuje.

4.1 Određivanje prečnika merne glave za kontrolu spoljašnjih dimenzija



Slika 10 Prikaz simetričnog tolerancijskog polja spoljašnje mere [5]

Merna a za kontrolu spoljašnjih dimenzija je čaura koja po obimu ima dve ili više identičnih mlaznica. Svaka tolerisana mera ima parametre: d - nazivnu meru, d_g - gornju graničnu meru, d_d - donju graničnu meru, es - gornje granično odstupanje, ei - donje granično odstupanje i t - tolerancijsko polje. Za svako tolerancijsko polje odstupanja od nazivne mere se određuje potreban stvarni prečnik merne glave i on zavisi

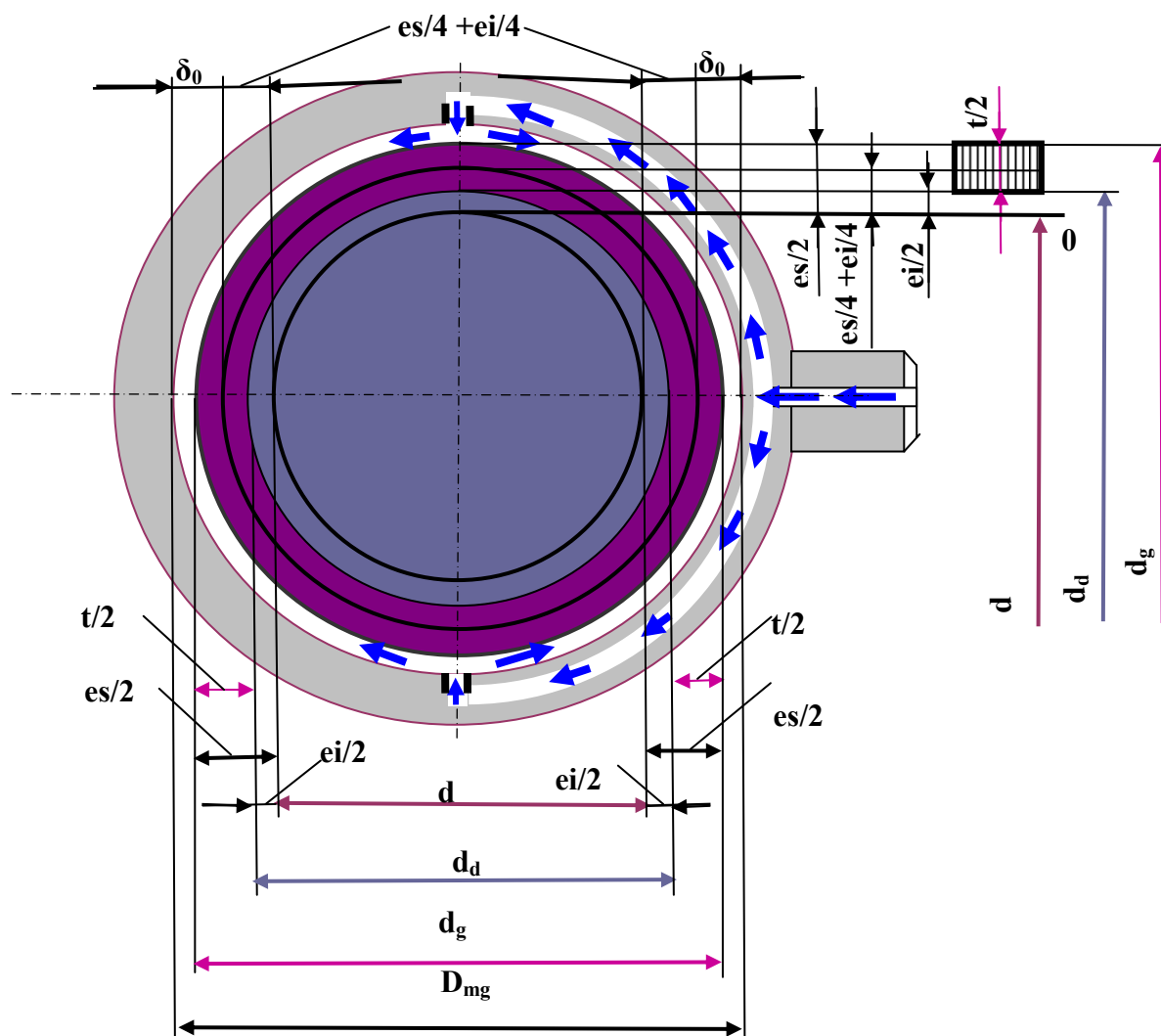
od: veličine nazivne mere mašinskog dela, propisano odstupanje od nazivne mere, karakteristike uređaja δ_0 . U radu je data analiza tri karakteristična slučaja:

1. Tolerancijsko polje spoljašnje mere je simetrično u odnosu na nultu liniju (j_s), slika 10, tj. odstupanja su ista $es = ei$ $D_{mg} = d + 2\delta_0$ - prečnik merne glave,

gde je: δ_0 - rastojanje merne glave od nazivnog prečnika površine komada koji se kontroliše (koordinata tačke „0”) na dijagramu $p=f(\delta)$, slika 9.

2. Tolerancijsko polje se nalazi iznad nulte linije slika 11. U cilju jednostavnije kontrole tolerancijsko polje kontrolisane mere se preslikava na tolerancijsko polje „ j_s ”. Dobijeno polje se naziva **ekvivalentno** tolerancijsko polje. Ovo transformisanje postiže se povećanjem prečnika merne glave za vrednost $a = ei/2 + es/2$.

$D_{mg} = d + 2\delta_0 + es/2 + ei/2$ - prečnik merne glave



Slika 11 Prikaz nesimetričnog tolerancijskog polja spoljašnje mere - tolerancijsko polje iznad nulte linije [5]

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih rezultata prikazanih u ovom radu dolazi se do opštih zaključaka:

- Iako se različita geometrija izlazne mlaznice prvenstveno koristi radi eliminisanja vrtložne zone između mlaznice i kontrolisanog komada (ref. [2] i [5]), dati rezultati merenja pokazuju da se geometrijom izlazne

mlaznice može uticati i na pneumatsku osetljivost komparatora i na promenu maksimalnog tolerancijskog polja kontrolisanog komada.

- Na pneumatsku osetljivost pneumatskog komparotera se prvenstveno utiče promenom prečnika konvergentno-divergentne mlaznice merne grane. Povećanje pneumatske osetljivosti se povećava smanjenjem prečnika mlaznice merne komore, ali se i na taj način i sužava maksimalno tolerancijsko polje kontrolisane mere. Za iste geometrijske parametre izlazne mlaznice i konvergentno-divergentne mlaznice merne grane pneumatska osetljivost se povećava porastom pritiska napajanja komprimovanog vazduha.
- Pomoću diferencijalnog pneumatskog komparatora kontrolišu se spoljašnje i unutrašnje tolerisane mere. Za svaku tolerisanu meru mora se odrediti prečnik merne glave D_{mg} i d_{mg} . Prečnik merne glave zavisi od položaja tolerancijskog polja u odnosu na nazivnu meu, pritiska napajanja p_a i δ_0 .

LITERATURA

- [1] Fortier, M.,: Application industrielles des écoulements gazeux à la vitesse critique, Revenu chaleur et Industrie, N°299, p.145.2. (1950)
- [2] Crnojevic C., Roy G., Bettahar A. and Florent P.: Influence of regulator diameter and injection nozzle geometry on flow structure in pneumatic dimensional control systems. Transactions of ASME, Journal of Fluids Engineering, Vol. 119., pp. 609-615 (1997).
- [3] Crnojević C., Skoko D.,: O nekim pojavama koje utiču na rad pneumatskog komparatora. XXXI JUPITER konferencija, Zlatibor 2005. Zbornik radova (na CD-u), str. 5.14-5.17.
- [4] Roy, G., Crnojevic C., Bettahar A., Florent P. and Vo-Ngoc, D., "Influence of nozzle geometry in radial flow applications," International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Proc. Vol. 1, pp.363-368 (1994), Bali, Indonesia
- [5] Skoko, D., Magistrski rad, Mašinski fakultet Beograd 2007.
- [6] Skoko D., Crnojević C., : Eksperimentalno određivanje osetljivosti pneumatskog komparatora. XXXII JUPITER konferencija, Zlatibor 2007. Zbornik radova , strana -5.43.

ANALISE DE CHOIS DE DIAMETRE TETE DE MESURE D'UN COMPAREUR PNEUMATIQUE

Resumé : Compateurs pneumatique s'utilisent pour contrôle de dimension et forme de pièces produits un grande series. Dont cette article on fait un analyse selon laquelle on peut déterminer le diametre de tête de mesure qui est la fonction complex de neumbreux paramètres.



ISKUSTVA VEZANA ZA DOGRADNJU SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM

Mr Svetlana Veselinović, dipl.inž.maš.¹, Sava Đurić, dipl.inž.maš.², dr Ljubodrag Đorđević, dipl.inž.maš.³

Rezime: IMK „14.oktobar“ AD Kruševac ima tradiciju u upravljanju sistemom kvaliteta. Krajem šezdesetih godina prošlog veka uspostavljen je uređen sistem kvaliteta po ugledu na najrazvijenije firme na zapadu. Bilo je potrebno samo da se postojeći sistem prilagodi i dogradi u skladu sa novim zahtevima standarda JUS ISO 9001:2001. U radu su data iskustva Instituta IMK „14.oktobar“ Kruševac vezana za dogradnju, ocenjivanje i sertifikaciju sistema menadžmenta kvalitetom koja mogu da posluže kao uzor drugima.

Ključne reči: sistem menadžmenta kvalitetom, procedura, poslovnik, standard, zahtev, dogradnja, ocenjivanje, sertifikacija

1. UVOD

Industrija mašina i komponenta IMK "14.oktobar" AD Kruševac, organizivana je kao akcionarsko društvo u mešovitoj svojini sa neograničenom odgovornošću.

U periodu od osnivanja do danas, u toku osam decenija postojanja i poslovanja u različitim uslovima IMK "14.oktobar" AD Kruševac je proizveo više desetina hiljada mašina i komponenta različite namene, na hiljade tona čeličnih konstrukcija, otkivaka i odlivaka, koji su našli svoje kupce širom zemljine kugle.

Za ostvarivanje ovakvih proizvodnih programa IMK "14.oktobar" AD Kruševac je stalno usavršavao organizacionu strukturu, osposobljavao kadrove i kapacitete. U ovom trenutku u IMK "14. oktobar" AD Kruševac radi oko 2.000 zaposlenih.

Posebna pažnja u cilju zadovoljenja zahteva tržišta i u cilju postizanja konkurentnosti posvećivana je razvoju i održavanju nivoa kvaliteta i na ovom planu postoje značajna iskustva i postizani su zavidni rezultati.

Poslovni sistem IMK "14.oktobar" AD Kruševac poseduje zajedničke funkcije Preduzeća kao što su razvojna, informaciona, kontrolna, finansijska, marketinška, komercijalna itd. U ovom radu posebno mesto, s aspekta menadžmenta sistemom kvaliteta posvećena je razvojnoj i kontrolnoj funkciji.

2. RAZVOJNA FUNKCIJA PREDUZEĆA

Institut IMK "14.oktobar" Kruševac je zajednička razvojna funkcija na nivou preduzeća. Postoje i neke razvojne funkcije u pojedinim organizacionim celinama koje su specifične samo za njih (livenje, kovanje, specijalni programi).

Institut IMK "14.oktobar" Kruševac je tvorac kompletne projektne, konstruktivne i alatne dokumentacije za sve proizvode iz proizvodnog programa IMK "14. oktobar" AD Kruševac, koji obuhvata građevinske,

¹ Mr Svetlana Veselinović, dipl.inž.maš., IMK „14.oktobar“ AD Kruševac, 37000 Kruševac, Jasički put 2

² Sava Đurić, dipl.inž.maš., IMK „14.oktobar“ AD Kruševac, 37000 Kruševac, Jasički put 2

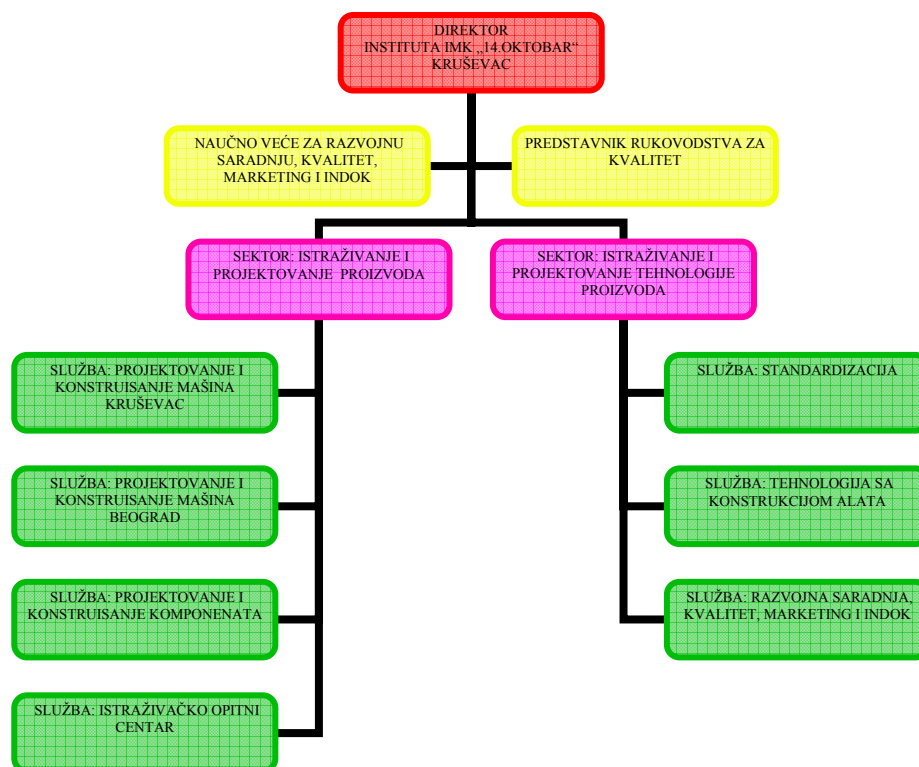
³ Dr Ljubodrag Đorđević, dipl.inž.maš., Fakultet za industrijski menadžment Kruševac, 37000 Kruševac, JNA 63

rudarske i poljoprivredne mašine i komponente za njih (**transmisije**, menjači, reduktori, upravljački i kruti pogonski mostovi, aksijalni ležajevi, hidrodinamičke spojnice, elementi i kompletni hodni strojevi za mašine na gusenicama itd.) mašine, opremu, uređaje i komponente specijalne namene, procesnu opremu i čelične konstrukcije.

Institut izdaje naučno-stručni časopis od nacionalnog značaja “IMK 14 - Istraživanje i razvoj”, ima Naučno veće, uspešan je organizator i domaćin naučno-stručnih skupova i seminara međunarodnog, nacionalnog i lokalnog značaja.

U ovom trenutku u Institutu IMK “14. oktobar” Kruševac radi oko 70 zaposlenih.

Organizaciona struktura Instituta IMK “14.oktobar” Kruševac prikazana je šematski na slici 1.



Slika 1. Organizaciona struktura Instituta IMK “14.oktobar” Kruševac

Za ispitivanje prototipova i komponenata Institut IMK “14.oktobar” Kruševac poseduje savremenu opremu i obučene kadrove.

Uveden je i sertifikovan sistem kvaliteta u skladu sa zahtevima standarda serije JUS ISO 9001:2001 (Slika 2).

Treba napomenuti da je Institut IMK “14.oktobar” Kruševac jedna od prvih naučnoistraživačkih organizacija u privredi i da je među prvim naučnoistraživačkim organizacijama uveo i sertifikovao sistem kvaliteta. Kao konsultantsku kuću zbog najpovoljnijih uslova angažovao je “Jugoinspekt” iz Beograda, a kao ocenjivačku “YUQS” iz Beograda.

Posebno treba naglasiti da je poslovni sistem u okviru zajedničkih funkcija na nivou preduzeća imao odlične preduslove za uspostavljanje menadžmenta sistemom kvaliteta jer je već imao izgrađen i dokumentovan sistem upravljanja procesima u preduzeću u vidu organizacionih propisa, internih standarda, uputstava, zapisa o kvalitetu, sistema izmena tehničke i druge dokumentacije, poslovnika i priručnika o kvalitetu, tehnoloških postupaka i procedura, propisa o kretanju dokumentacije i materijala itd. Bilo je potrebno da se deo dokumenata uskladi sa zahtevima standarda i nastavi sa radom.

I posle izmena standarda i usklađivanja dokumenata ponovo je sertifikovan sistem kvaliteta, a s obzirom da je na nivou poslovnog sistema dobar deo funkcija zajednički stvoreni su uslovi da se uz dogradnju sistema, odnosno uspostavljanje sistema menadžmenta kvalitetom na nivou celog poslovnog sistema u skladu sa zahtevima standarda.

Obavlja se stalna edukacija kadrova, vrše se izmene i usklađivanja dokumenata sistema menadžmenta kvalitetom u skladu sa potrebama, a sve interne i nadzorne provere služe za dogradnju i potvrdu da uvedeni sistem kvaliteta funkcioniše.



Slika 2. Sertifikati sistema menadžmentakvalitetom

3. KONTROLNA FUNKCIJA PREDUZEĆA

Sektor Sistem upravljanja kvalitetom je zajednička kontrolna funkcija nivou poslovnog sistema IMK "14.oktobar" AD Kruševac.

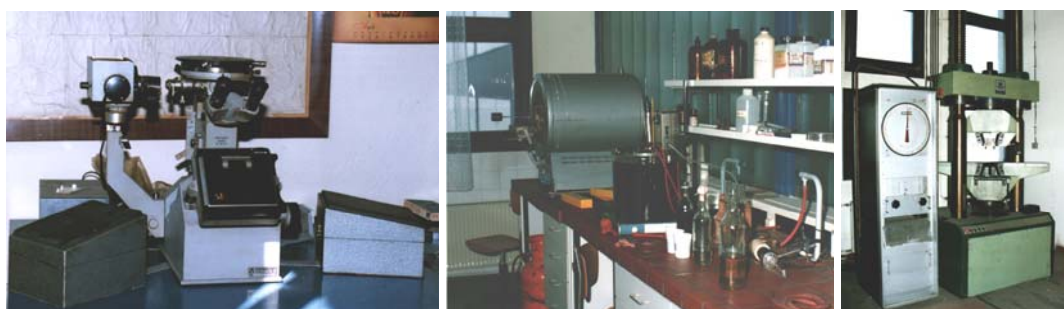
Organizaciona šema Sektora: Sistem upravljanja kvalitetom prikazana je šematski na slici 3.

Pored kontinuirane kontrole procesa po pojedinim funkcionalnim i organizacionim celinama u Sektoru sistem upravljanja kvalitetom postoje funkcije koje se brinu o razvoju sistema kontrole kvaliteta kao i metološka i laboratorija za ispitivanja, a u Sektoru su instalirani i probni ispitni stolovi za funkcionalno ispitivanje menjača, mostova, spojnice, itd.

U Laboratoriji za ispitivanja, ispituju se fizičko-hemijske i metalurške karakteristike materijala (metala i nemetala) i proizvoda, i vrši se vizuelna i dimenziona kontrola proizvoda, kao i druga ispitivanja kvaliteta uz primenu odgovarajućih uređaja i opreme. Deo opreme je prikazan na slici 4.



Slika 3. Organizaciona šema Sektora: Sistem upravljanja kvalitetom

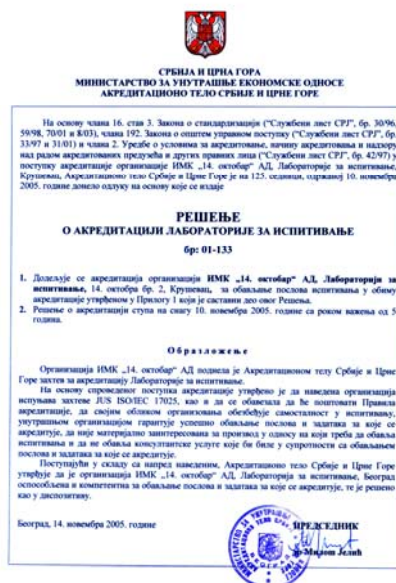


Slika 4 Deo laboratorijske opreme za ispitivanja

U laboratorijama se vrši ispitivanje materijala, komponenata mašina i proizvoda, prototipsko i funkcionalno ispitivanje komponenata i mašina.

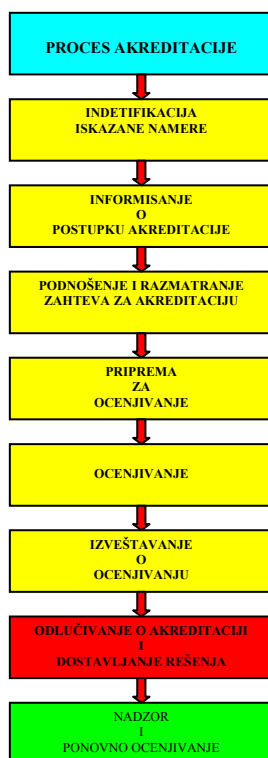
U laboratorijama rade obučeni stručnjaci i specijalisti za pojedine vrste ispitivanja sa položenim stručnim ispitima i završenim kursevima.

Laboratorija za ispitivanja je akreditovana od strane JUAT-a u skladu sa zahtevima standarda JUS ISO IC 17025 (Slika 5).



Slika 5. Rešenje o akreditaciji Laboratorije za ispitivanja

Akreditacija Laboratorije za ispitivanje Sektora: Sistem upravljanja kvalitetom u okviru poslovnog sistema IMK “14.oktobar” AD Kruševac urađena je u svemu prema Pravilima akreditacije JUAT-a, a u skladu sa zahtevima standarda ISO 17025 (Slika 6).



Slika 6. Aktivnosti na akreditaciji Laboratorije za ispitivanja

Posle odluke poslovnog rukovodstva IMK “14.oktobar”AD Kruševac da akredituje Laboratoriju za ispitivanje dostavljen dopis JUAT-u sa pismom o namerama da se akredituje Laboratorija ta ispitivanje i obaveštenje o namerama, usledila je poseta tima za predocenjivačku posetu koja je izvršila uvid u pripremljenost za ocenjivanje, stanje opreme, dokumentaciju i dokumentovanost ispravnosti opreme, obučenosti kadrova, opisu metodologije rada i zapisa o izvršenim ispitivanjima.

Posle pregleda dokumenata izvršena je Interna provera i JUAT je obavešten o spremnosti za Ocenjivačku posetu, koju je obavio tim ocenjivača.

Uz manje neusaglašenosti Laboratorija za ispitivanja je dobila pozitivnu ocenu i dodeljen joj je sertifikat.

Laboratorija za ispitivanja IMK "14.oktobar" AD Kruševac je uključena u sistem međulaboratorijskih ispitivanja (međulaboratorijska poređenja), a u toku su pripreme za nadzornu posetu.

4. ZAKLJUČAK

Sve aktivnosti na indetifikaciji postojećeg stanja, izradi novih i reviziji postojećih dokumenata uz učešće angažovanih konsultanata izvršili su radnici IMK „14.oktobar“ AD Kruševac. Uz edukaciju kadrova i uz podršku rukovodstva na osnovu instrukcija i uputstava i zahteva standarda uveden je sistem menadžmenta kvalitetom i sertifikovan, a isto tako i akreditovana laboratorija za ispitivanja. Treba napomenuti da uz uobičajene efekte i ispunjavanje zahteva tržišta i uslova za učešće na tenderima, da su ove aktivnosti doprinele da se „prodrma“ sistem, ukaže na značaj upravljanja kvalitetom i izvrši dopunska obuka i inovira znanje zaposlenih iz ove oblasti.

5. LITERATURA

1. Pravila akreditacije (JUAT-11-10-00-00)
2. Dokumenta JUAT-a
3. Serija standarda JUS/ISO/IEC 17000
4. JUS ISO/IEC 17025: 2001: Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje
5. Pravila akreditacije, drugo izdanje, JUAT, beograd, 2003.
6. JUS/ISO/IEC 170025:2001, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 2001.
7. Informacija o izmenama SCS ISO/IEC 17025:2006
8. Zakon o standardizaciji, Službeni list SRJ broj 30/96, Beograd, 2006.
9. Zakon o akreditaciji, Beograd, 2005.
10. Dokumenti sistema menadžmenta kvalitetom IMK „14.oktobar“ AD Kruševac

KNOWLEDGE RELATED TO UPGRADING OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Summary: IMK "14. oktobar" AD – Kruševac has a long tradition in managing of quality system. At the end of the sixties in the past century, very well organized system, in imitation of the most developed companies, was established. All that was necessary to do, was to adjust this system and upgrade it according to the new standard demands of JUS ISO 9001: 2001. In this paper is presented knowledge of Institute IMK"14. oktobar" AD – Kruševac regarding upgrading, valuation and certification of quality management system that can be used as model to the other.

Key words: quality management system, procedure, book of regulations, standard, demand, upgrade, valuation, certification



EVIDENTIRANJE BIOMASE I OTPADNOG DRVETA I NJIHOV ENERGETSKI POTENCIJAL NA PODRUČJU OPŠTINA VRNJAČKA BANJA I NOVI PAZAR

S. Ćurčić, R. Nikolić, A. Šebeković, S. Milunović¹

Rezime

Upravljanje biomasom kao izvorom energije u poslednjih 10 godina predstavlja praktičan i pouzdan način za dobijanje toplotne energije i tople vode u većini zemalja EU. Brojna naučna i praktična istraživanja usmerena su upravo na mogućnost upotrebe biljnih ostataka kao potencijalnog energenta. Sa aspekta održivog razvoja, biomasa je izvor energije koji ne zagađuje okolinu ispuštanjem CO₂. U ovom radu su evidentirane biomase na teritoriji opština Novi Pazar i Vrnjačka Banja, i ispitani njihovi energetski potencijali.

1. Uvod

Energija je jedan od najvažnijih činilaca razvoja i funkcionisanja privrede i društva i osnovni pokretač svih ljudskih aktivnosti. Raspoloživost korišćenja postojećih i pronalaženje novih izvora energije, racionalna transformacija u finalne oblike potrošnje, stabilnost i sigurnost upotrebe presudno utiču na dinamiku razvoja i rasta privrede. Biomasa u Srbiji predstavlja bitan energetski potencijal, posebno u delu šuma i šumskih otpadaka. Ukupna površina šuma i šumskog zemljišta je 2,5 miliona hektara. Šumovitost Srbije iznosi 23,7%, a razlikuje se po pojedinim regionima: Vojvodina 6,8%, Centralna Srbija 32,8%, Kosovo i Metohija 39,4%. Drvna zaliha u šumama Srbije iznosi oko 235 miliona m³, a tekući godišnji zapreminski prirast oko 6,2 miliona m³. U drvnoj masi se raspolaze potencijalom od 71000TJ/god., dok je otpadna biomasa ratarstva i voćarstva oko 160000TJ/god. Tehnologija iskorišćavanja energije otpada i njeno prevođenje u toplotnu energiju datira još od 1874. god., sa prvim prototipom elektrane na otpad u Engleskoj.

Sva dosadašnja istraživanja pokazuju da se u Srbiji trenutno koristi samo mali deo raspoložive biomase, ali da u budućnosti postoje značajne mogućnosti za povećanje tog udela. U Srbiji identifikacija potencijalne količine biomase kao sirovine je izuzetno teška, jer je praktično veoma teško utvrditi ko gazduje biodegradibilnim otpadom i u čijoj su nadležnosti njegova distribucija i prerada.

Tehnologije u kojima se može koristiti biomasa kao gorivo, pogotovo tehnologije sagorevanja, veoma su jednostavne tako da se lako mogu preneti na lokalnu privredu zemlje iz okruženja.

2. Evidentirane biomase i otpadno drvo na teritoriji opština Novi Pazar i Vrnjačka Banja

U toku istraživanja na Projektu iz nacionalnog programa energetske efikasnosti EE243005A evidentirane su sledeće vrste biomase i otpadnog drveta na teritoriji opština Novi Pazar i Vrnjačka Banja:

- Otpaci zeljastih biljaka i drugi zeleni delovi biljaka kao biomasa: trava iz redovnog održavanja i vanrednih radova na gradskom području, lišće koje se sakuplja u gradu i gradskim parkovima, zelene uvele mase kao rezultat održavanja gradskog groblja, trava i lišće koji se uklanjaju pored svih vrsta puteva i td.
- Otpaci drvenastih biljaka kao biomasa: deblja drvena masa nastala u procesu sečenja parkovskog drveća u gradu, tanje grane koje nastaju u procesu redovnog održavanja i orezivanja drvoreda u urbanoj sredini, biomasa nastala orezivanjem ukrasnog šiblja i sl.

Količine biomase i otpadnog drveta koje se sakupljaju na godišnjem nivou na teritoriji Vrnjačke Banje date su u Tabeli 1, a na teritoriji Novog Pazara u Tabeli 2. Evidentiranje koje je izvršeno na teritoriji Novog Pazara je aproksimativno, jer ne postoji potpuno precizna evidencija.

¹Dr Srećko Ćurčić, vanr. prof., Mr Rale Nikolić, asistent, Mr Aleksandar Šebeković, asistent, Mr Sandra Milunović
Tehnički fakultet, Svetog Save 65, 32000 Čačak, srekkoc@tfc.kg.ac.yu; rale@tfc.kg.ac.yu; sebek@tfc.kg.ac.yu;
smilunovic@tfc.kg.ac.yu

Valja napomenuti da se od prikazanih biomasa najveći deo baca na deponiju. Takođe, valja istaći da ako bi javna preduzeća održavala sve delove teritorija opština, mogle bi se prikupiti znatno veće količine biomase.

Napominjemo da jedan deo neevidentirane biomase i otpadnog drveta sakupi i radna organizacija Novi Pazar Put, ali pošto organizacija obuhvata teritorije puno opština, to se nije mogao dobiti precizan podatak za Opštinu Novi Pazar.

Tabela 1. Godišnje količine biomase i otpadnog drveta koje se sakupljaju na teritoriji Opštine Vrnjačka Banja.

Vrsta biomase	Količine koje je sakupilo “Gradsko zelenilo”
Biomasa od košenja travnjaka (površina 1 216 431 m ³)	270 m ³
Biomasa od opalog lišća (površina 683 927 m ³)	330 m ³
Biomasa od orezivanja ograde (površina 15 200 m ²)	9 m ³
Biomasa od orezivanja šiblja (ukupno 1 500 komada)	14 m ³
UKUPNO	623 m³
Biomasa od orezivanja granja	70 m ³
Deblje drvo (preduzeće “Borjak”)	15 000 m ³
UKUPNO	15 070 m³

Tabela 2. Godišnje količine biomase i otpadnog drveta koje se sakupljaju na teritoriji Opštine Novi Pazar.

Vrsta biomase	Količine koje je sakupilo JKP “Čistoća” Novi Pazar
Trava iz urbanog i ruralnog dela	170 m ³
Uvelo cveće, trava sa gradskog groblja	25 m ³
Lišće (opalo)	300 m ³
Ukrasno šiblje i živa ograda	20 m ³
UKUPNO	515 m³
Granje pri orezivanju drveća	300 m ³
Drvo – deblje	200 m ³
UKUPNO	500 m³

3. Energetski potencijal biomase iz opština Novi Pazar i Vrnjačka Banja

Toplotna moć otpadne biomase je oko 15MJ/kg, a prosečna masa razmatranih biomasa je oko 150kg/m³. Dakle, toplotna moć 1m³ otpadne biomase iznosi 2250MJ/m³. Iz Tabela 1 i 2 se vidi da u Opštini Vrnjačka Banja ukupna toplotna moć koja bi se mogla sakupiti iznosi 623m³·2250MJ/m³ = 1401750MJ ≈ 1400GJ, a u Opštini Novi Pazar 515m³·2250MJ/m³ = 1158750MJ ≈ 1160GJ.

Toplotna moć otpadnog drveta je 15MJ/kg, a prosečna masa je 500kg/m³. Dakle, toplotna moć 1m³ otpadnog drveta je 7500MJ/m³. Iz Tabela 1 i 2 zaključujemo da bi se u Opštini Novi Pazar moglo sakupiti 7500MJ/m³·500m³ = 3750000MJ = 3750GJ, a u Opštini Vrnjačka Banja 15070m³·7500MJ/m³ = 113025000MJ = 113025GJ.

Lako se dolazi do zaključka da je energetski potencijal otpadne biomase u Opštini Novi Pazar oko 4910GJ, a u Opštini Vrnjačka Banja 114425GJ.

Primena biomasa ima značajnu ulogu u ukupnom ugljeničnom toku. Ugljendioksid i voda imaju mali udeo u ukupnom sagorevanju produkata biomasa.

Zaista, kompostirana biomasa u godišnjoj ukupnoj ceni učestvuje sa 32% u emisiji CO₂ i 7% metana (CH₄). Kako je ukupna biomasa sa teritorije ove dve opštine 1138m³, to znači da bi u emisiji CO₂ imali oko 364m³, a u emisiji metana oko 80m³. Kao rezultat višegodišnjih međunarodnih analiza efekta staklene bašte, primene sagorevanja, koje su rađene u Kini, Indiji i Tajlandu, došlo se do nekih podataka o emisiji gasova pri proizvodnji drvenog uglja. Naime, za sušenje kamenog uglja obično se koriste košnice od cigle. Tu su meren koncentracije raznih gasova u vazduhu. Za nas su svakako najznačajniji CO₂ i CH₄. Emisioni faktori CO₂ su pronađeni u deljenju ukupne količine CO₂ emitovane u ukupnoj količini drveta korištenog u peći pri procesu proizvodnje drvenog uglja. Emisioni faktori za druge vrste mogu se pronaći putem emisionog odnosa sa CO₂. Rezultati su dati u tabeli 3.

Tabela 3.

	CO ₂	CH ₄
Prosečni emisioni faktori, grama po kilogramu, zagađenja pri proizvodnji drvenog uglja	966	31,8
Prosečni emisioni faktori, grama po kilogramu, zagađenja produkta drvenog uglja	322	10,6
Prosečni emisioni faktori, grama po kilogramu, ugljenika u drvetu	350	31,7
Prosečni emisioni faktori, grama po kilogramu, ugljenika u drvenom uglju	199	18

S obzirom na podatke iz Tabela 1, 2 i 3, zaključujemo da bi pri proizvodnji drvenog uglja imali emisionu zastupljenost CO₂ od oko 15070m³ · 500kg/m³ · 0,966 = 7278810kg ≈ 7300t u Opštini Vrnjačka Banja, a u Opštini Novi Pazar oko 500m³ · 500kg/m³ · 0,966 = 241500kg ≈ 242t. Što se tiče metana, njegova emisija pri proizvodnji drvenog uglja na teritoriji Opštine Vrnjačka Banja bila bi 15070m³ · 500kg/m³ · 0,0318 = 239613kg ≈ 240t, a na teritoriji Opštine Novi Pazar oko 500m³ · 500kg/m³ · 0,0318 = 7950kg ≈ 8t.

4. Zaključak

Korišćenje biomase za proizvodnju energije alternativno, tehnički i ekonomski opravdano rešenje, jer postoje bitne količine biomase na mestima gde je neophodna toplotna energija koja je po kvalitetu ista kao energija proizvedena sagorevanjem klasičnih fosilnih goriva. Razvoj ekonomičnog gorivnog lanca od mesta formiranja biomase do mesta korišćenja je prioritetni zadatak da bi se biomasa pojavila kao značajno gorivo na tržištu. Perspektiva korišćenja energije biomasa zasniva se na kontrolisanoj i stimulisanoj upotrebi izvora na pojedinim lokacijama kako bi se izbeglo neracionalno korišćenje ovog značajnog prirodnog resursa i sprečilo zagađenje životne sredine.

Ako bi sva javna komunalna preduzeća koja sakupljaju i transportuju otpadne biomase i drvo našla odgovarajući interes za njihovo korišćenje, prethodno navedene količine bi se uvećale za 2 do 3 puta, što bi značajno povećalo energetske potencijal otpadnih biomasa sa teritorija opština Novi Pazar i Vrnjačka Banja.

5. Literatura

- [1] Nikolić M., Milanović Z., Mandal Š., *Ekonomika energetike*, Ekonomski fakultet u Beogradu, 2003.
- [2] Pantelić T., Ćurčić S., *Logistički sistemi*, Tehnički fakultet Čačak, 2006.
- [3] Nenковиć M., Pucar M., *Supstitucija tradicionalnih izvora energije korišćenjem geotermalnih izvora i energije biomase u banjama Srbije – teritorijalna rasprostranjenost i mogućnost primene*, 36. Međunarodni kongres o KGH, (2005), Beograd, Zbornik radova, str. 129-138.
- [4] Ćurčić S., Bjekić M., Dragičević S., *Energetski potencijal biomasa i otpadnog drveta iz urbanog dela Čačka*, Naučno stručni časopis “Energetske tehnologije”, Godina 4, Broj 1, Januar 2007, str. 26-28.
- [5] Interna dokumentacija “JKP Čistoća” Novi Pazar, 2007.
- [6] Interna dokumentacija “JKP Borjak” Vrnjačka Banja, 2007.
- [7] Interna dokumentacija “JKP Gradsko zelenilo” Vrnjačka Banja, 2007.
- [8] Cehlar M., *Management technology of wood waste for energetic purposes*, METABK, 43 (4), 2004, pp. 339-342.
- [9] Đajić N., *Energija za održivi svet*, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2002.
- [10] Strategija razvoja Republike Srbije do 2015. god., Beograd, 2002.
- [11] www.stips.minpolj.sr.gov.yu
- [12] www.balkanenergy.com

34. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

34th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



POKROVITELJI

Beograd, jun 2008.

POKROVITELJI

Organizacioni odbor **34. JUPITER KONFERENCIJE** se najsrdanije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su ličnim angažovanjem i konstruktivnim delovanjem pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo kompanijama koje su svojim aktivnim učešćem kroz prezentacije proizvodnih programa i tehničkim demonstracijama podržali inicijativu JUPITER asocijacije u uspostavljanju klastera domaćih tehnoloških platformi za razvoj novog tehnološkog jezgra proizvodnog inženjerstva Republike Srbije.

Kompanije partneri koje su aktivno podržale organizaciju 34. JUPITER konferencije:

ABS Holdings
ALUMIL
BEL Systems
CAD - CAM Data
CAD Professional
Electrocoil PHOENIX
Electronic Design
Gartner
HENKEL Loctite
IDES Consulting
IGUS
IMI International - NORGREN
INDAS
IZOTEH
LOLA Audio
MAGMASOFT
MD & PROFY
MICROSOFT
MIKROKONTROL
OSA Računarski inženjering
ROBOTAKT
SEW
SOLFINS
SPINNAKER Comtrade Group
Tehnomarket
TRIMO
VESIMPEKS
Water Jet

(navedeno po abecednom redosledu)

[← NAZAD](#)

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

658.5:004.384(082)(0.034.2)
004.896(082)(0.034.2)
621.7/.9-52(082)(0.034.2)
007.52:658.5(082)(0.034.2)
005.6(082)(0.034.2)

ZBORNIK radova = Proceedings
[Elektronski izvor] / [27. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala [i] 21. simpozijum CAD/CAM [i] 30. simpozijum NU - ROBOTI - FTS [i] 36. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala [i] 14. simpozijum Menadžment kvalitetom [sve ovo u okviru]] 34. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem = 34th Jupiter Conference with Foreign Participants, Beograd, jun 2008. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet = [University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering]. - Beograd : Mašinski fakultet, 2007 (Beograd : Planeta print). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM); 12 cm

Nasl. sa naslovnog ekrana. - Radovi na srp., engl. i rus. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200. - Bibliografija uz većinu radova. - Summaries.

ISBN 978-86-7083-628-0

1. Уп. ств. насл. 2. Јупитер конференција (34 ; 2008 ; Београд)
3. Симпозијум СИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала (27 ; 2008 ; Београд) 4. Симпозијум CAD/CAM (21 ; 2008 ; Београд) 5. Симпозијум NU - ROBOTI - FTS (30 ; 2008 ; Београд) 6. Симпозијум Управљање производњом у индустрији прераде метала (36 ; 2008 ; Београд) 7. Симпозијум Менаџмент Квалитетом (14 ; 2008 ; Београд) 8. Машински факултет (Београд)
а) СИМ системи - Зборници б) CAD/CAM системи - Зборници с) Машине алатке - Нумеричко управљање - Зборници д) Роботи - Зборници е) Флексибилни технолошки системи - Зборници ф) Металоперађивачка индустрија - Управљање - Зборници г) Управљање квалитетом - Зборници
COBISS.SR-ID 148982540

