

32. JUPITER KONFERENCIJA

32nd JUPITER CONFERENCE

**ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS**



MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
UNIVERSITY OF BELGRADE**

Zlatibor, maj 2006.

32. JUPITER KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

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



19. simpozijum
CAD/CAM

28. simpozijum
NU – ROBOTI – FTS

34. simpozijum
**UPRAVLJANJE PROIZVODNOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

12. simpozijum
MENADŽMENT KVALITETOM

Organizator:

MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

Zlatibor, maj 2006.

32. JUPITER KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

Organizator:

MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija i Crna Gora

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

El. pošta: jupiter@mas.bg.ac.yu

Tehnički urednici:

Prof. dr Ljubodrag Tanović

Doc. dr Radovan Puzović

Mr Mihajlo Popović

Nenad Nešić, dipl. maš. ing.

Zlatibor, maj 2006.

Tiraž: 200 primeraka

Štampa: **Planeta print**,

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

ISBN 86-7083-557-6

32. JUPITER KONFERENCIJA

PROGRAMSKI I NAUČNI ODBOR

Predsednik:

Prof. dr Ljubodrag Tanović, Mašinski fakultet Beograd

Članovi:

Prof. dr Slavko Arsovski, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Bojan Babić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miodrag Bulatović, Mašinski fakultet Podgorica • Dr Mirko Bućan, LOLA Korporacija Beograd • Mr Goran Vujačić, Viša politehnička škola Beograd • Prof. dr Radomir Vukasojević, Mašinski fakultet Podgorica • Akademik Miomir Vukobratović, Institut "M. Pupin" Beograd • Prof. dr Ratko Gatalo, FTN Novi Sad • Prof. dr Miloš Glavonjić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragan Domazet, Mašinski fakultet Niš • Dr Mirko Đapić, LOLA Institut Beograd • Prof. dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miodrag Lazić, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Vojkan Lučanin, Mašinski fakultet Beograd • 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, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Petar Petrović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miroslav Pilipović, Mašinski fakultet Beograd • Doc. dr Radovan Puzović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Zoran Radojević, FON Beograd • Prof. dr Ranko Rakanović, Mašinski fakultet Kraljevo • Doc. dr Sreten Savićević, Mašinski fakultet Podgorica • Prof. dr Žarko Spasić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Ilija Čosić, FTN Novi Sad • Dr Nebojša Čović

ORGANIZACIONI ODBOR

Predsednik:

Doc. dr Radovan Puzović, Mašinski fakultet Beograd

Sekretar:

Asist. mr Mihajlo Popović, Mašinski fakultet Beograd

Članovi:

Asist. mr Božica Bojović, Mašinski fakultet Beograd • Asist. pripr. Željko Vasić, Mašinski fakultet Beograd • Asist. mr Saša Živanović, Mašinski fakultet Beograd • Asist. mr Radomir Ivanović, Mašinski fakultet Beograd • Asist. pripr. mr Živana Jakovljević, Mašinski fakultet Beograd • Asist. mr Branko Kokotović, Mašinski fakultet Beograd • Asist. pripr. Borislav Kovljenić, Mašinski fakultet Beograd • Asist. pripr. Nenad Nešić, Mašinski fakultet Beograd • Asist. mr Goran Slsvković, Mašinski fakultet Beograd • Asist. pripr. Kosta Herman, Mašinski fakultet Beograd

ZAHVALNICA

Organizacioni odbor **32. JUPITER KONFERENCIJE** se najsrdahnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo pokroviteljima:

Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine



regionalna privredna komora
regional chamber of commerce
south/western serbia užice

Regionalna Privredna Komora, Užice



CAD Professional, Beograd



Ikarbus, Beograd

PREDGOVOR

Svrha postojanja JUPITER asocijacije (asocijacije industrije, fakulteta, instituta, viših škola i komora) je da pomogne da najnovija dostignuća u oblasti proizvodnog mašinstva u najkraćem roku "stignu" do naučno istraživačkih institucija i industrije.

Kao verodostojan dokaz aktivnosti JUPITER asocijacije je JUPITER Konferencija koja ove godine, po 32. put okuplja istraživače, naučne radnike i menadžere da razmene iskustva i prikažu rezultate svog rada. Rad konferencije će se odvijati kroz tradicionalne simpozijume i plenarne sednice a predviđeno je i održavanje okruglog stola.

Pet simpozijuma: 25. simpozijum "CIM u strategiji tehnološkog razvoja", 19. simpozijum "CAD/CAM", 28. simpozijum "NU-Roboti-FTS", 34. simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala" i 12. simpozijum "Menadžment kvalitetom", svojim temama uključuju nove tehnologije, bez čijeg uvođenja u industriju prerade metala nema održivosti njene konkurentne sposobnosti. Spomenute tehnologije bazirane su na komunikaciono-informacionim tehnologijama, primeni kompjutera u projektovanju proizvoda, tehnologija i samoj proizvodnji i izložene su brzim promenama na globalnom-svetskom nivou.

Njihova pravovremena primena, kako u velikim tako i u srednjim i malim preduzećima, su od velikog značaja za integraciju informacija, znanja, ljudskih i drugih resursa kompanija, razumevanje zahteva kupaca, uspešno uključivanje u svetsku podelu rada i održavanje konkurentnog položaja u svetskim razmerama.

JUPITER Konferencija je mesto za razmenu iskustava i rezultata domaće nauke i industrije i definisanje budućih aktivnosti i pravaca daljeg razvoja. Na plenarnoj sednici i u okviru okruglog stola razmotriće se stanje industrije prerade metala u SCG i dati neki odgovori na pitanje kako izaći iz krize.

Primena novih tehnologija biće demonstrirana učesnicima Konferencije od strane više domaćih kompanija na tehničkim prezentacijama.

Organizator Konferencije, Mašinski fakultet u Beogradu-Centar za nove tehnologije poziva učesnike da kroz druženje, razmenu iskustava i znanja, daju svoj doprinos bržem razvoju i transferu novih i savremenih tehnologija za potrebe domaće industrije prerade metala.

Dobro došli na 32.JUPITER Konferenciju.

U Beogradu, 08.05.2006. godine.

Doc. dr Radovan Puzović

PREFACE

The purpose of JUPITER Association (association of industry, faculties, institutes, high schools and chambers) is to help the latest achievements in the field of Production Engineering to “reach” the scientific and research institutions and industry.

As a real proof of JUPITER association activities is the JUPITER Conference which gathers for the 32nd time researchers, scientists and managers to exchange their experience and present the results of their work. The Conference will work within traditional symposia, plenary sessions and round table discussions.

Five symposia including 25th Symposium “CIM in Manufacturing Development Strategy”, 19th Symposium “CAD/CAM”, 28th Symposium “NU-Robots-FTS”, 34th Symposium “Production Control in Metal-Working Industry” and 12th Symposium “Quality” by their topics include new technologies whose application in metal-working industry is essential for sustenance of its competitive capacity. Modern technologies are based on communication and information technologies, computer aided product and technology design. As such they are exposed to rapid changes at the global worldwide level.

Their introduction both in big, medium and small-size enterprises are of considerable importance for the integration of information, human knowledge and other corporal resources, understanding of buyer demands, successful inclusion into the world division of labor and maintenance of a competitive position in the world.

JUPITER Conference is a place for the exchange of experiences and results achieved by domestic science and industry and determination of future activities and development. At the plenary session and within round table discussion, the position of metal-working industry in Serbia and Montenegro will be analyzed and some solutions will be given to overcome the crisis.

Practical examples of the application of new technologies will be demonstrated to the Conference participants by several domestic companies.

The organizer of the Conference, Mechanical Engineering Faculty in Belgrade – Center for Advanced Technologies is inviting the participants to contribute through association, exchange of experiences and knowledge towards faster development and transfer of new and advanced technologies for the need of national metal-working industry.

Welcome to the 32nd JUPITER Conference.

Belgrade, 8 May, 2006.

Ass. Prof. Dr Radovan Puzovic

Izaberite simpozijum JUPITER Konferencije

UVODNI RADOVI – TEMATSKI FORUM
ROUND TABLE

**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

Avakumović, Č., Avakumović, J. UTICAJ POSLOVNOG OKRUŽENJA NA ORGANIZACIJE ZA PRERADU METALA	4.11
Babić, A., Miodragović, G., Petrović, A., Ilić, N. ВАРИЈАНТЕ НОЖЕВА ЗА ОБРАДУ ИНФРАСТРУКТУРНИХ ОБЈЕКТА И ЊИХОВА ГЕОМЕТРИЈА	3.79
Bojanić, P., Ivanović, R. PRISTUP IZGRADNJI FUNKCIONALNOG DEFORMABILNOG GEOMETRISKOG MODELA LJUDSKE GLAVE	2.1
Bretcu, A. THE IMPORTANCE OF THE INFORMATIONAL SYSTEM FOR THE TOTAL QUALITY MANAGEMENT	5.1
Bulatović, M. INVESTICIONI AMBIJENT U PROCESU EVROPSKIH INTEGRACIJA	TF.18
Bulatović, M. PROCESNI PRISTUP U ODLUČIVANJU	5.5
Chioncel, C., Chioncel, P., Gillich, G., Gillich, N. SIMULATION OF A DIGITAL CONTROL CASCADE IN SCILAB/SCICOS.....	4.28
Coman, L. SOME CONSIDERATIONS REGARDING FRICTION PROCESSES IN SHEET METAL FORMING	3.83
Dihovični, Đ., Nedić, B. STABILNOST SISTEMA NA KONAČNOM PROSTORNOM INTERVALU SISTEMA SA RASPODELJENIM PARAMETRIMA SA DISTRIBUIRANIM UPRAVLJANJEM.....	3.21
Dimitrijević, D., Dimitrijević, P., Radojević, M., Vučićević, M. POSTIZANJE KVALITETA VODA OPTIMIZACIJOM PARAMETARA FILTRACIJE.....	5.9
Đapić, M., Lukić, L. UNAPREĐENJE KONCEPTUALNOG PROJEKTOVANJA KORIŠĆENJEM EVIDENCIONIH SISTEMA	4.1
Đukić, R. PREDVIĐANJE I RANGIRANJE MOGUĆIH TRENDOVA PROGRAMSKE ORIJEKTACIJE	4.15
Erić, J., Obućina, V., Babić, A. VARIJANTNO MODELIRANJE KOMPLEKSNOG PROIZVODA	2.41
Gillich, G., Chioncel, C., Ianici, S., Chioncel, P. BEHAVIOR OF VEHICLE ON UNEVEN ROADS.....	4.22
Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S. TROOSNI PARALELNI MEHANIZAM SA SPECIFIČNIM REŠENJIMA PASIVNOG TRANSLATORNOG ZGLOBA	3.1
Grbović, A. PARAMETARSKA OPTIMIZACIJA REBRA KRILA AVIONA „LASTA“.....	2.65
Herman, K., Spasić, Ž. INFORMACIONA INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA NA PRIMERU DVA CIM- PODSISTEMA	1.7
Ivanović, R., Bojanić, P. RAZVOJ INFORMACIONE PODRŠKE ZA SISTEM ZA PLANIRANJA PROIZVODNJE	4.5
Jakovljević, Ž., Petrović, P. PREPOZNAVANJE PREKIDA U PROCESU STRUGANJA PRIMENOM LINEARNOG KLASIFIKATORA	3.47
Jankulović, A., Spasić, Ž., Slavković, G. UPRAVLJANJE LANCIMA SNABDEVANJA U FUNKCIJI UVOĐENJA CIM SISTEMA SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN A FUNCTION OF CIM SYSTEM IMPLEMENTATION	1.16

Jevtić, M., Vukićević, V., Zeljković, V., Komadinić, V. NOVA METODA REPARACIJE RUKAVACA TEŠKE ROTACIONE OPREME U SOPSTVENIM LEŽIŠTIMA	3.102
Kovljenić, B. MODEL FUNKCIJE CILJA ZA OPTIMIZATOR KROJENJA PLOČASTIH MATERIJALA.....	2.100
Крыжановский, В. РАСЧЕТ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ПАКЕТЕ MATLAB	3.92
Krivošić, I., Petrović, D., Škatarić, D. ANALIZA NAPONA KOD KONTAKT PROBLEMA SA TRENJEM PRIMENOM MKE	2.45
Kršljak, B. RASECANJE DRVETA TRAKASTIM TESTERAMA	3.75
Lazarević, I., Miljković, Z. PRIMENA OPC SERVERA U AKVIZICIJI STANJA TEHNOLOŠKIH SISTEMA	3.9
Lazarević, M. MODELIRANJE I SIMULACIJA ELEKTROMEHANIČKIH ROBOTSKIH SISTEMA POGONJENIH JEDNOSMERNIM MOTORIMA U MATLAB OKRUŽENJU	3.25
Lukić, L., Jaraković, I. RAZVOJ FORMING MAŠINA SA MIKROPROCESORSKIM UPRAVLJANJEM	3.5
Majstorović, V. ISTRAŽIVANJA QM PRAKSE U SERTIFIKOVANIM ORGANIZACIJAMA	5.13
Majstorović, V., Šibalića T. MANUFACTURE IN SERBIA ?	TF.23
Makragić, S. MODALNA ANALIZA NOSEĆE STRUKTURE RADNOG TOČKA ROTO-BAGERA	2.77
Manasijević, S., Brauner, J., Ačimović-Pavlović, Z., Tripković, S. TERMOGRAFSKO SNIMANJE USLOVA RADA KLIPOVA ZA VISOKO OPTEREĆENE DIZEL MOTORE.....	2.89
Mandić, V., Ćirović, M. FEM SIMULACIJA PROCESA NET-SHAPE IZRADE ZAVRTNJA SA SFERNOM GLAVOM	2.12
Мельничук, П., Лоев, Е., Головатенко, О. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРЦЕВЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ.....	3.69
Mijanović Markuš, M. PROGRAMABILNI AUTOMATIZACIONI KONTROLER BUDUĆNOST U INDUSTRIJSKOM UPRAVLJANJU.....	3.13
Milačić, V. NACIONALNA STRATEGIJA SRBIJE ZA ULAZAK U EVROPSKU UNIJU – Nomenklatura za strategiju	TF.22
Nedić, B. DINAMIČKA STABILNOST ALATA U OBRADI STRUGANJEM.....	3.59
Nedić, N., Dihovićni, Đ. STABILNOST SISTEMA SA RASPODELJENIM PARAMETRIMA NA KONAČNOM INTERVALU OPISANIH JEDNAČINAMA OBLIKA	3.17
Nenadić, D. OBRAZOVANJE NA DALJINU – STVARANJE NOVOG AMBIJENTA ZA UČENJE UZ PODRŠKU TEHNOLOGIJE	5.18
Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z. MODEL SISTEMA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE TEHNOLOŠKIH FORMI NA PRIZMATIČNIM DELOVIMA	2.18
Nijemčević, S. AKTUELNI TRENUTAK I PERFORMANSE SRPSKE PRIVREDE U PERIODU 2006 – 2012. ..	TF.29

Pavlović, Ž. SERIJSKA IZRADA MATRICNI I ČAURA NA ŽIČNOJ EROZIJI SA TOLERANCIJOM ODSTUPANJA OSA SPOLJNJEG I UNUTRAŠNJEG PREČNIKA MANJOM OD 0.01	3.108
Perušić, M., Pejović, B., Mičić, V. O JEDNOJ MOGUĆNOSTI PRIMENE LAGRANGEVIH POLINOMA KOD EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA FUNKCIJA OBRADLJIVOSTI	3.87
Petrović, D., Bugarić, U. SKLADIŠNI SISTEM FABRIKE BOJA.....	2.27
Petrović, P., Jakovljević, Ž. OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA EKSTRUDERA ZA ISTISKIVANJE ELASTOMERA - DEO I: Analitički model	3.29
Petrović, P., Jakovljević, Ž. OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA EKSTRUDERA ZA ISTISKIVANJE ELASTOMERA - DEO II: Primer optimizacije pužnog vretena ekstrudera D250.....	3.39
Petrović, P., Veljković, R., Ilić, B., Spasić, Ž., Pilipović, M. REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEĐUNARODNOM TRŽIŠTU – CILJEVI, REZULTATI I PLANIRANE ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNE AKTIVNOSTI NA PROJEKTU TR-6362A.....	1.1
Petrović, S., Drndarević, D., Panić, S. SIMULACIJA KRETANJA ALATA ZA PRESOVANJE METALNOG PRAHA POMOCU CAD PAKETA.....	2.85
Petrović, Z., Stupar, S., Simonović, A., Stanojević, M. RAZVOJ REPNOG ROTORA HELIKOPTERA SAVREMENIM SOFTVERSKIM ALATIMA	2.57
Popović, D. MAŠINOGRADNJA I PROBLEMI TRANSFORMACIJE I RAZVOJA (preduslov Evropskih integracija)	TF.30
Pozhidaeva, V., Takov, G., Živković, D. MAINTENANCE OF BUCKET ELEVATORS IN CROP ENSILAGES	5.22
Radanov, B. AUTOMATIZACIJA ETALONA SILE.....	5.26
Radojević, Z., Stojanović, D. CIM SISTEM KAO INTEGRALNI DEO PROJEKTANTSKO-KONSTRUKCIONE PRIPREME PROIZVODNJE	1.12
Radosavljević, D., Panić, S. MODELIRANJE I SIMULACIJA VENTILA SA 11 POZICIJA	2.81
Randelović, S., Milosavljević, P., Mladenović, S. INTEGRISANI PROCESNI MODEL ZA RAZVOJ NOVOG PROIZVODA.....	5.30
Sidorenko, S., Dukovski, V., Vuchkov, I. FOUR KNOWLEDGE-BASED CONCEPTS FOR VIRTUAL NC MANUFACTURING.....	2.31
Simonović, A., Stupar, S., Komarov, D., Stanojević, M. SAVREMENE METODE PROJEKTOVANJA VETROGENERATORA.....	2.53
Slavković, R., Jugović, Z., Golubović, D. PRIMER REŠENJA FUNDIRANJA TEHNOLOŠKE OPREME U SPECIFIČNIM USLOVIMA RADNE SREDINE	3.51
Sorak, M., Božičković, R., Gojković, P. METODOLOGIJA PRIMJENE PROCESNOG PRILAZA SISTEMU MENADŽMENTA KVALITETOM.....	5.34
Spasić, Ž. EVROPSKE INTEGRACIJE - SUDBINA DEZINTEGRISANE SRBIJE	TF.6
Spasić, Ž. INFORMACIONA INTEGRACIJA DIGITALNE FABRIKE I DIGITALNOG UNIVERZITETA.....	1.20

Stupar, S., Simonović, A., Komarov, D., Stanojević, M. PARAMETARSKO GENERISANJE GEOMETRIJE LOPATICE VETROGENERATORA U CATIA V5.....	2.61
Suciu, L., Raduca, M., Raduca, E., Tatucu, I. THE MODELLING OF LASER CUTTING: A COMPLEX PROCEEDINGS COMBINATION.....	3.97
Škatarić, D., Krivošić, I., Petrović, D. PROCENA VELICINE OSTECENJA ELEMENATA KONSTRUKCIJE ZA KOMBINOVANI NISKO I VISOKO CIKLICNI SPEKTAR OPTERECENJA	2.49
Šotra, D., Šotra, V. NEKE MOGUĆNOSTI PRODUZENJA RADNOG VEKA LAKIH KONSTRUKCIJA.....	2.73
Šotra, V., Šotra, D. BRZINA RASTA NAPRSLINE I RADNI VEK KONSTRUKCIJE.....	2.69
Tabaković, S., Zeljković, M., Zeljković, Ž. GREŠKE APROKSIMACIJE SLOŽENIH PUTANJA ALATA U SAVREMENIM CAM PROGRAMSKIM SISTEMIMA	2.6
Tanović, L.J. PRIVREDA REPUBLIKE SRBIJE – STANJE I PERSPEKTIVA	TF.1
Teslić-Aleksić, M., Teslić, M. UNAPREĐENJE SISTEMA KVALITETA U ZAVODIMA ZA METROLOGIJU I INTELEKTUALNU SVOJINU	5.37
Tomić, M. PRILOG IZRAČUNAVANJA TROŠKOVA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA	4.19
Trišović, N. SENSITIVITY ANALYSIS IN STRUCTURAL DYNAMIC.....	2.35
Vasić, Ž., Nešić, N., Stojković, S., Popović, M. MODELIRANJE I ANALIZA NAPONA I DEFORMACIJA CEVI REAKTORA POSTROJENJA ZA MEHANIČKO-BIOLOŠKI TRETMAN KOMUNALNOG OTPADA.....	2.93
Vasić, Ž., Kalajdžić, M. UTICAJ ZAVOJNE BURGIIJE NA DINAMIČKO PONAŠANJE MAŠINSKOG SISTEMA.....	3.55
Velikić, G., Nikolić, B., Gavanska, L., Velikić, Z. RAZVOJ I UVOĐENJE MENADŽMENTA SISTEMA KVALITETA U VIŠOJ TEHNIČKOJ ŠKOLI U NOVOM SADU	5.41
Vidojković, S., Grujić, B. TUMAČENJE NAJNOVIJEG EN STANDARDA ZA KVALITET NAPOJNE VODE KOTLOVSKIH POSTROJENJA.....	5.45
Выговский, Г., Громовой, А., Бушля, В. ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО ТОРЦОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ СВЕРХТВЕРДЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	3.63
Vujačić, G., Lukić, L. JEDNA REALIZACIJA SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE RAČUNARSKIM MREŽAMA U CIM TEHNOLOGIJAMA BAZIRANOG NA OPEN SOURCE PAKETU NAGIOS™.....	1.26
Živković, D., Pozhidaeva, V., Takov, G. THE NUMBER OF FAILURES ON SPRAYING MACHINES FOR THE PROTECTION OF PLANTS AS A MEASURE OF PREVENTIVE MAINTENANCE QUALITY.....	5.47
Živković, S. INSPEKCIJA GEOMETRIJE SEKTORA CIKLOTRONA "TESLA"	5.51

SPISAK AUTORA
LIST OF AUTHORS

AČIMOVIĆ-PAVLOVIĆ, Z.
AVAKUMOVIĆ, Č.
AVAKUMOVIĆ, J.

BABIĆ, A.
BABIĆ, B.
BOJANIĆ, P.
BOŽIČKOVIĆ, R.
BRAUNER, J.
BRETCU, A.
BUGARIĆ, U.
BULATOVIĆ, M.

CHIONCEL, C.
CHIONCEL, P.
COMAN, L.

ĆIROVIĆ, M.

DIHOVIČNI, Đ.
DIMITRIJEVIĆ, D.
DIMITRIJEVIĆ, P.
DRNDAREVIĆ, D.
DUKOVSKI, V.

ĐAPIĆ, M.
ĐUKIĆ, R.

ERIĆ, J.

GAVANSKA, L.
GILLICH, G.
GILLICH, N.
GLAVONJIĆ, M.
GOJKOVIĆ, P.
GOLUBOVIĆ, D.
GRBOVIĆ, A.
GRUJIĆ, B.

HERMAN, K.

IANICI, S.
ILIĆ, B.
ILIĆ, N.
IVANOVIĆ, R.

JAKOVLJEVIĆ, Ž.
JANKULOVIĆ, A.
JARAKOVIĆ, I.
JEVTIĆ, M.
JUGOVIĆ, Z.

KALAJDŽIĆ, M.
KOMADINIĆ, V.
KOMAROV, D.

KOVLJENIĆ, B.
KRIVOŠIĆ, I.
KRŠLJAK, B.

LAZAREVIĆ, I.
LAZAREVIĆ, M.
LUKIĆ, L.

MAJSTOROVIĆ, V.
MAKRAGIĆ, S.
MANASIJEVIĆ, S.
MANDIĆ, V.
MIĆIĆ, V.
MIJANOVIĆ MARKUŠ, M.
MILAČIĆ, V.
MILJKOVIĆ, Z.
MILOSAVLJEVIĆ, P.
MILUTINOVIĆ, D.
MIODRAGOVIĆ, G.
MLADENOVIĆ, S.

NEDIĆ, B.
NEDIĆ, N.
NENADIĆ, D.
NEŠIĆ, N.
NIKOLIĆ, B.

OBUĆINA, V.

PANIĆ, S.
PAVLOVIĆ, Ž.
PEJOVIĆ, B.
PERUŠIĆ, M.
PETROVIĆ, A.
PETROVIĆ, D.
PETROVIĆ, P.
PETROVIĆ, S.
PETROVIĆ, Z.
PILIPOVIĆ, M.
POPOVIĆ, D.
POPOVIĆ, M.
POZHIDAEVA, V.

RADANOV, B.
RADOJEVIĆ, M.
RADOJEVIĆ, Z.
RADOSAVLJEVIĆ, D.
RADUCA, E.
RADUCA, M.
RANĐELOVIĆ, S.

SIDORENKO, S.
SIMONOVIĆ, A.
SLAVKOVIĆ, G.
SLAVKOVIĆ, R.

SORAK, M.
SPASIĆ, Ž.
STANOJEVIĆ, M.
STOJANOVIĆ, D.
STOKKOVIĆ, S.
STUPAR, S.
SUCIU, L.

ŠIBALIJA, T.
ŠKATARIĆ, D.
ŠOTRA, D.
ŠOTRA, V.

TABAKOVIĆ, S.
TAKOV, G.
TANOVIĆ, L.
TATUCU, I.
TESLIĆ, M.
TESLIĆ-ALEKSIĆ, M.
TOMIĆ, M.
TRIPKOVIĆ, S.
TRIŠOVIĆ, N.

VASIĆ, Ž.
VELIKIĆ, G.
VELIKIĆ, Z.
VELJKOVIĆ, R.
VIDOJKOVIĆ, S.
VUCHKOV, I.
VUČIĆEVIĆ, M.
VUJAČIĆ, G.
VUKIĆEVIĆ, V.

ZELJKOVIĆ, M.
ZELJKOVIĆ, V.
ZELJKOVIĆ, Ž.

ŽIVANOVIĆ, S.
ŽIVKOVIĆ, D.
ŽIVKOVIĆ, S.

БУШЛЯ, В.

ВЫГОВСКИЙ, Г.

ГОЛОВАТЕНКО, О.
ГРОМОВОЙ, А.

КРЫЖАНОВСКИЙ, В.

ЛОЕВ, Е.

МЕЛЬНИЧУК, П.

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



UVODNI RADOVI
TEMATSKI FORUM

Zlatibor, maj 2006.

UVODNI RADovi

Tanović, L.J. PRIVREDA REPUBLIKE SRBIJE – STANJE I PERSPEKTIVA	TF.1
Spasić, Ž. EVROPSKE INTEGRACIJE - SUDBINA DEZINTEGRISANE SRBIJE	TF.6
Bulatović, M. INVESTICIONI AMBIJENT U PROCESU EVROPSKIH INTEGRACIJA	TF.18

TEMATSKI FORUM

Milačić, V. NACIONALNA STRATEGIJA SRBIJE ZA ULAZAK U EVROPSKU UNIJU – Nomenklatura za strategiju	TF.22
Majstorović, V., Šibalija T. MANUFACTURE IN SERBIA ?	TF.23
Nijemčević, S. AKTUELNI TRENUTAK I PERFORMANSE SRPSKE PRIVREDE U PERIODU 2006 – 2012. ..	TF.29
Popović, D. MAŠINOGRAĐNJA I PROBLEMI TRANSFORMACIJE I RAZVOJA (preduslov Evropskih integracija)	TF.30

[← NAZAD](#)



LJ. Tanović¹

PRIVREDA REPUBLIKE SRBIJE – STANJE I PERSPEKTIVA

Rezime

Period koji je pred nama doneće dalekosežne promene u svetskoj ekonomiji koja će bazirati na uspostavljenim trgovinskim blokovima, integraciji preduzeća u saveze, poveravanju spoljnim saradnicima poslove koji neće pružiti mogućnost napredovanja i uspostavljanju novih odnosa u upravljačkim strukturama kompanija.

U radu je dat pregled stanja privrede Republike Srbije iskazane kroz spoljnotrgovinsku razmenu u 2005.g. i januar-februar 2006.g sa opštim preporukama koje moraju prihvatiti naša preduzeća kako bi se integrisala u evropske tokove.

1. UVOD

Analizirajući stanje privrede Republike Srbije kroz ekonomska kretanja u proteklom periodu i sada, moguće je konstatovati da je karakteriše naglašena sporost u uvođenju novih proizvoda i tehnologija zbog nedovoljne inovativne aktivnosti u preduzećima i zbog niskog nivoa SDI (stranih direktnih investicija).

Tehnološki nivo većeg dela izvoza Srbije nije prilagođen konkurenciji na svetskom tržištu (kvalitet proizvoda, cena, istraživanje tržišta) a priliv SDI ima odlučujuću ulogu u transformaciji proizvodne strukture privrede i transfer znanja kojom se povećava izvozni potencijal zemlje.

Najvažniji makroekonomski agregat jeste bruto domaći proizvod koji predstavlja meru ukupne ekonomske aktivnosti svih institucionalnih jedinica, pri čemu je obuhvaćena proizvodnja materijalnih dobra i svih vrsta usluga i svih nematerijalnih usluga (sektor države, zdravstva, obrazovanja, finansija itd).

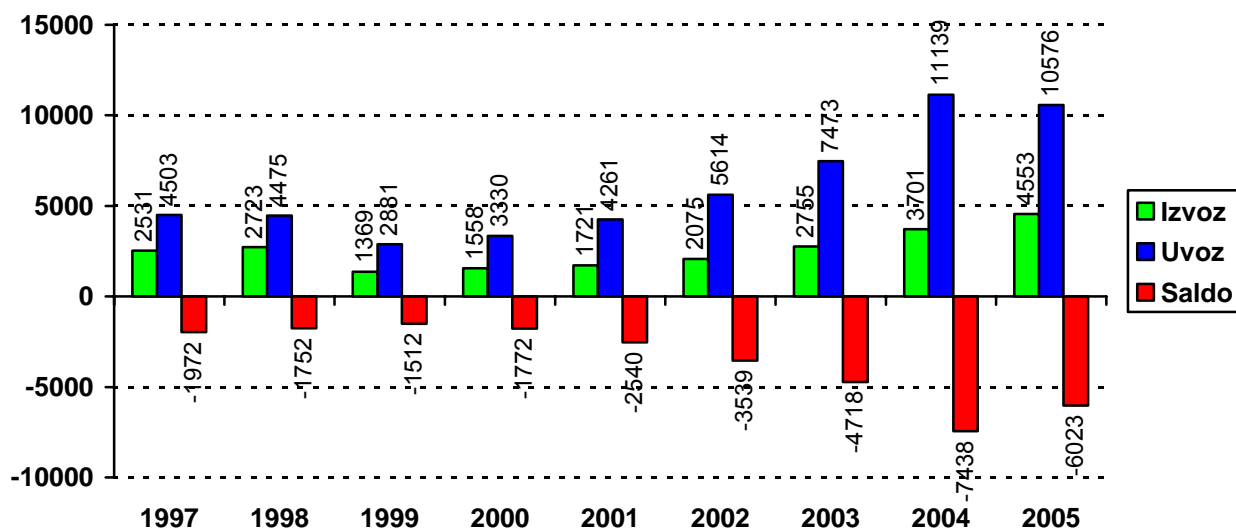
Ukupne ekonomske aktivnosti u 2005 godini, merene bruto domaćim proizvodom i iskazane u cenama 2002 god, imaju rast od 6,5% u odnosu na 2004 god. Posmatrano po aktivnostima najveći rast beleže: sektor trgovine, saobraćaja i finansijskog posredovanja. Svi ostali sektori beleže znatno manji rast izuzev sektora poljoprivrede (-5,3%), šumarstvo, ugostiteljstvo (-2,3%) i turizma koji imaju pad u 2005 god.

Industrijska proizvodnja u 2005 god. beleži rast od 1,3% prevashodno zahvaljujući rastu sektora proizvodnje električne energije, gasa i vode koji je bio na nivou 6,7%.

2. SPOLJNOTRGOVINSKA RAZMENA

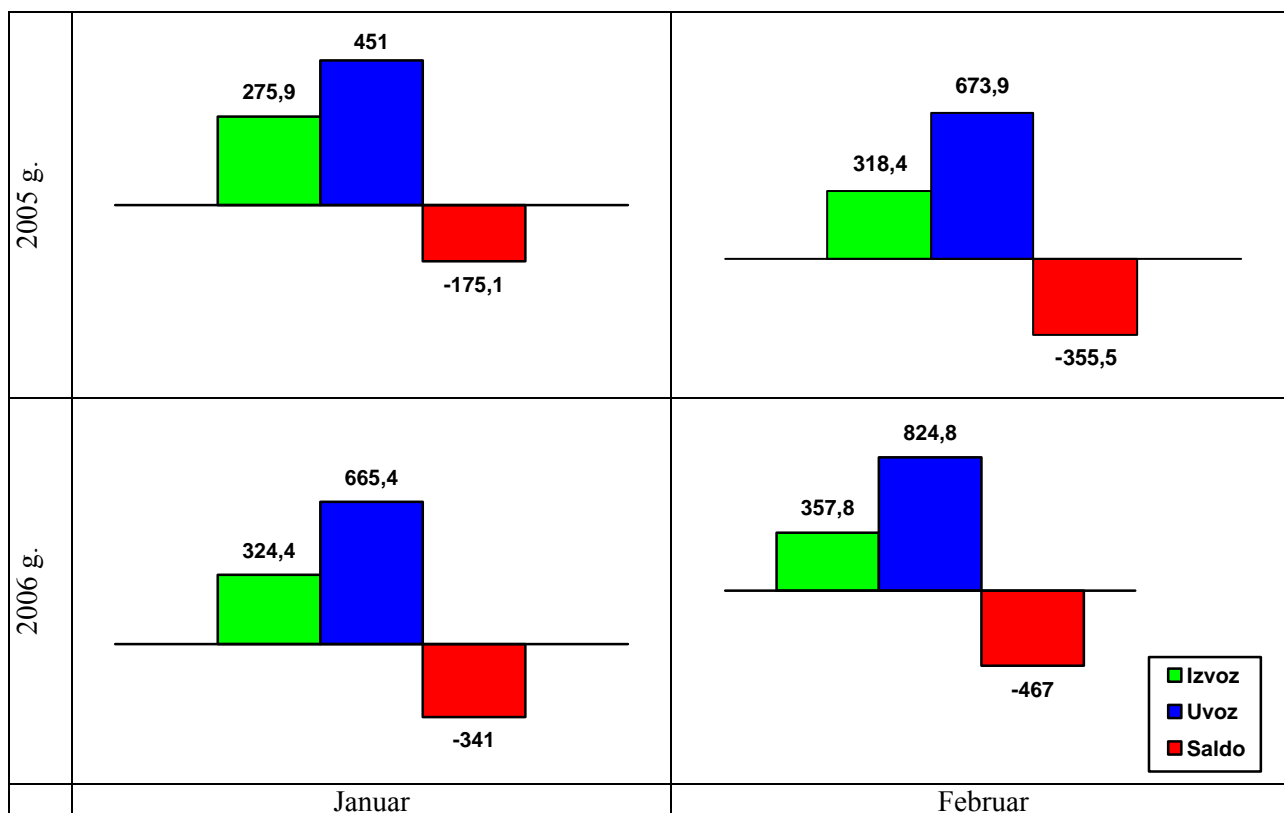
Analizirajući bilans spoljnotrgovinske razmene Republike Srbije u poslednjih devet godina ne možemo se njime pohvaliti jer je prisutan konstantan spoljnotrgovinski deficit koji je u poslednje četiri godine dostigao nivo od 21,7 milijardi \$ (sl. 1).

¹ Prof. dr Ljubodrag Tanović, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, ltanovic@mas.bg.ac.yu



Slika1. Spoljnotrgovinska robna razmena u periodu 1997 – 2005 g. [4], [7]

Negativan trend je nastavljen i u 2006. godini sa ostvarenim spoljnotrgovinskim deficitom na nivou od 808 miliona \$ u prva dva meseca (sl. 2).



Slika2. Spoljnotrgovinska razmena januar-februar2006 [4], [7]

Dobra strana je svakako povećanje izvoza koji je nastao kao rezultat:

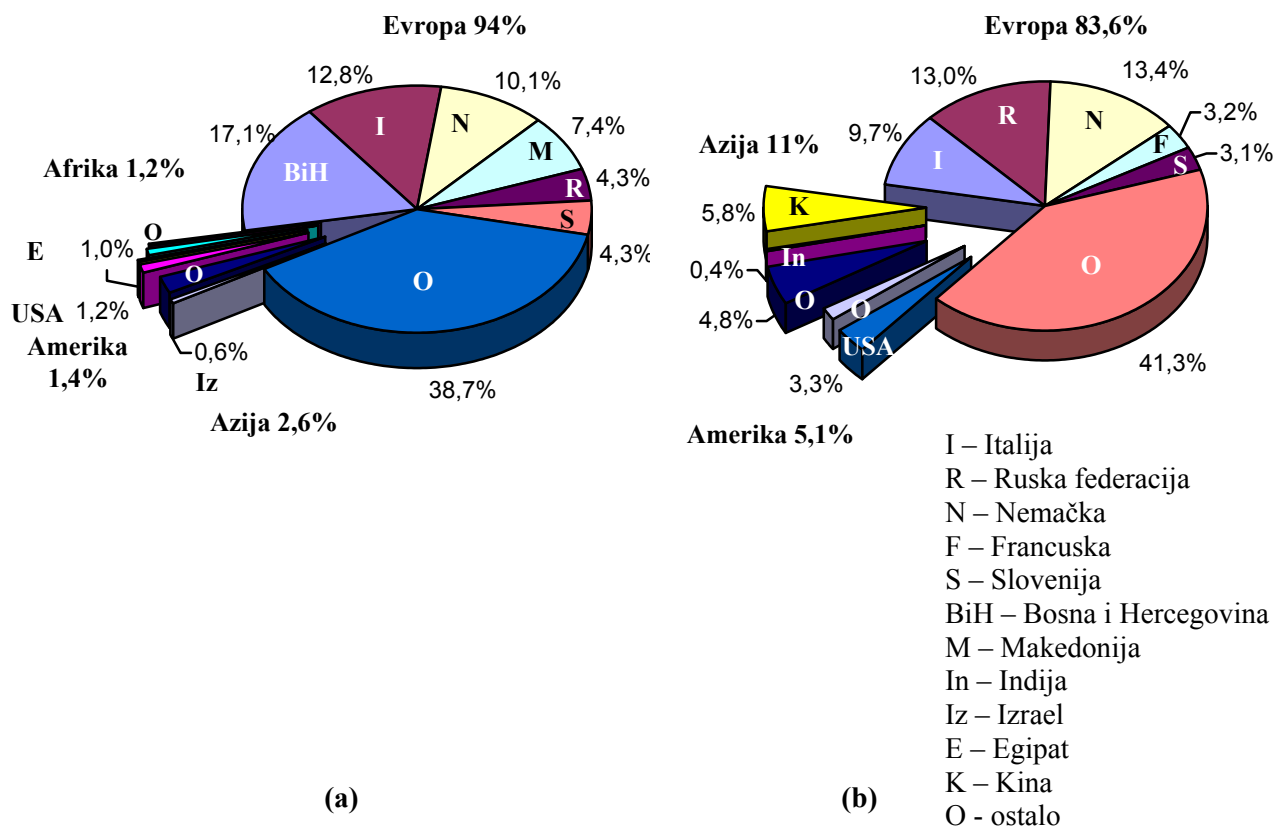
- Do sada obavljena privatizacija i restrukturisanje preduzeća kao i potpisanih i ratifikovanih ugovora o slobodnoj trgovini sa zemljama potpisnicima Pakta o stabilnosti;
- suficita u razmeni gotovih tekstilnih proizvoda, zahvaljujući potpisanom sporazumu o preferencijalnom statusu koji uživaju naše robe; i

- porasta svetskih cena osnovnih metala.

Loša strana je svakako visok nivo uvoza koji je neznatno manji u odnosu na 2004. godinu.

U uvozu, u posmatranom periodu, glavni spoljnotrgovinski partneri su zemlje iz Evrope 83,6% (Italija, Ruska Federacija, Nemačka, Francuska i Slovenija), Azije 11% (Kina, Indija) i Amerika 5,1%.

U izvozu, u posmatranom periodu, glavni spoljnotrgovinski partneri su zemlje iz Evrope 94% (BiH, Italija, Nemačka, Makedonija, Ruska Federacija i Slovenija), Azije 2,6% (Izrael) i Amerika 1,4%. (sl. 3).



Slika 3. Zemlje sa najvećim učešćem u izvozu (a) i uvozu (b) [5], [6], [7]

2.1 Pokazatelji iz 2006. godine

Upoređujući izvozne rezultate u periodu januar-februar 2006. g. u odnosu na 2005. g. prisutno je povećanje od 24,8% što je duplo manje u odnosu na uvoz koji beleži rast od 43,6%.

Povećanje uvoza, posledica je:

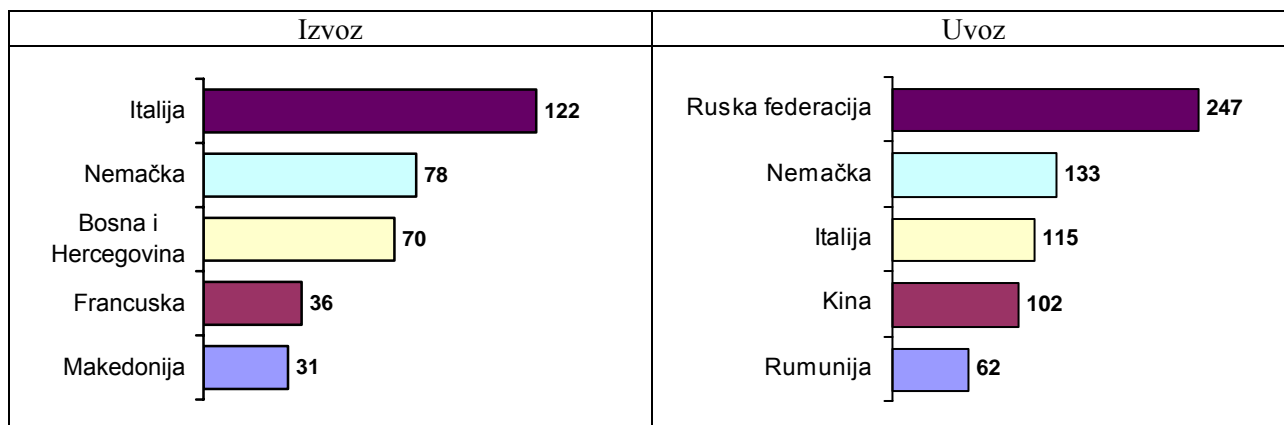
- uvoza energenata (nafta, gas, struja, koks, butan, dizel), čini 18,3% ukupnog uvoza, što iznosi 272 miliona \$;
- uvoza rude bakra i gvožđa, 31 milion \$;
- rasta javne i lične potrošnje, naročito kroz rast kredita, koja je uticala na uvoz drumskih vozila koji je iznosio 101 milion \$ ili 6,8% ukupnog uvoza.

Pokrivenost uvoza izvozom iznosi 45,8% i manja je u odnosu na pokrivenost u istom periodu prethodne godine kada je iznosila 52,8%.

Prema odsecima u izvozu najveće učešće imaju: gvožđe i čelik (96 miliona \$); obojeni metali (84 miliona \$); odeća (42 miliona \$); proizvodi od kaučuka (34 miliona \$) i žitarice (33 miliona \$) što čini 42,4% ukupnog izvoza.

Prvih pet odseka sa najvećim učešćem u uvozu su: gas - prirodni i industrijski (150 miliona \$); nafta i naftni derivati (123 miliona \$); drumski vozila (101 milion \$); električni aparati, uređaji i mašine (61 milion \$); mašine opšte namene (55 miliona \$), što čini 32,9% ukupnog uvoza.

Na sl. 4 prikazan je izvoz i uvoz po spoljnotrgovinskim partnerima za mesec februar 2006. g.



Slika 4. Spoljnotrgovinski partneri iz februara 2006 g. (milioni \$) [7]

3. SAGLEDAVANJE PRIVREDE U BUDUĆNOSTI

Uprkos tendenciji robnog izvoza, brojni su problemi izvoznika i ograničenja sa kojima se suočavaju u izvozu, pre svega: visoke kamatne stope na domaćem tržištu, ino banke prednost daju kreditiranju domaće potrošnje, restriktivna monetarno-kreditna politika umanjuje kreditni potencijal banaka, nedostatak obrtnog kapitala za finansiranje proizvodnje. Sve ovo navedeno otežava mogućnost domaćeg izvoza i tendenciju njenog rasta.

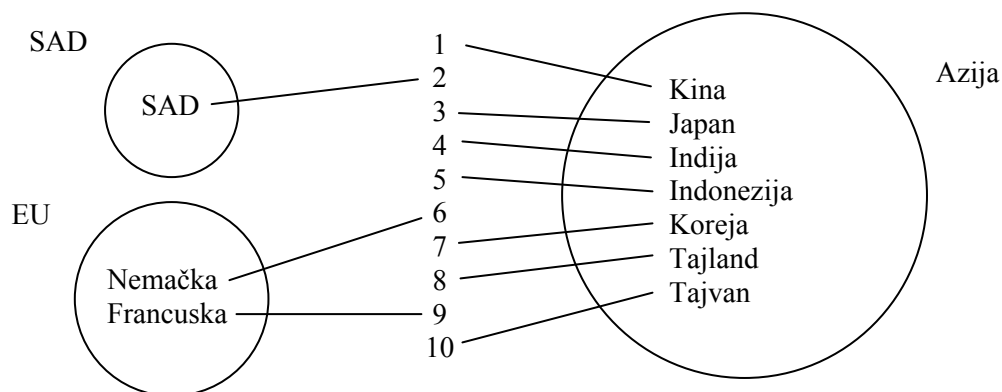
S druge strane, ekonomska saradnja je malo zastupljena u odnosu na privrede Srbije sa inostranstvom što dovodi do smanjenja uticaja međunarodnih ekonomskih odnosa. Rast i funkcionisanje nacionalne privrede Republike Srbije u velikoj meri zavisi od veza i odnosa koje su uspostavljene sa ostatkom sveta.

U periodu 2001-2005. god. priliv SDI u privredu Srbije je iznosio oko 4.000 miliona \$, 2004. – 560 miliona \$; 2005 – 1.300 miliona \$), uz konstataciju da su te investicije išle na servisiranje javne potrošnje, a negde oko 180 miliona \$ na grinfild operacije. Treba naglasiti da SDI vodi ka monopolizaciji tržišta i gašenje pojedinih sektora domaće privrede, obedinjuju se tokovi trgovine, kapitala i tehnologija pod jedinstvenu kontrolu i upravljanje čime se ostvaruje uticaj na efikasnost funkcionisanja ukupne svetske privrede.

Sprovedena privatizacija dovela je do pozitivnih efekata u pojedinim industrijskim granama, ali se oni ne vide iz dva razloga: deo profita odlazi izvan zemlje i sve većeg raslojavanja.

Period koji je pred nama dovešće do novih ekonomskih odnosa u svetu u kojima treba da nađe prostor i industrija Srbije.

Kao prvo ekonomski odnosi će se uspostaviti između tri trgovinska bloka Istočno-Azijskog – SAD – Evropske unije. Predviđa se da će privreda 2020 godine prema vrednosti društvenog bruto proizvoda biti rangirana prema sl. 5.



Slika 5. Očekivani društveni proizvod 2020 god. (rang lista) [3]

Kao drugo, multinacionalne kompanije (njih oko 400) poseduju oko 2/3 bogatstva sveta i vodeći su nosilac progressa i tehnologija čija snaga počiva na:

- Proizvodnji na lokacijama sa najpovoljnijim uslovima sa aspekta cene radne snage i raspoloživih resursa;
- Planiranju proizvodnje na period narednih 15-20 godina;
- Posedovanju tehnološkog liderstva zahvaljujući: kadrovskom potencijalu najvišeg nivoa, tehnološkom znanju i ključnoj ulozi u kompleksu mikroelektronike, biotehnologija, novih materijala i izvora energija.

4. UMETO ZAKLJUČKA

Danas smo suočeni sa veoma intenzivnim promenama u tehnologiji, globalizacijom tržišta i promenama u domenu radne snage. Uporedo sa ovim promenama menja se i način na koji roba stiže do kupca, kao i mesto na kome se odvija prodaja/kupovina.

Da bi održalo poziciju u bilo kojoj razvijenijoj zemlji jedno preduzeće sve više mora da se angažuje i da bude sposobno i spremno da aktivnosti istraživanja, razvoja, projektovanja i organizaciju i proizvodnju realizuje u bilo kom delu razvijenog sveta, kao i da ostvari transfer izvoza prema potrebi.

Svaka kompanija mora posedovati metodologiju organizovanog odustajanja od proizvoda i proizvodnji koje pripadaju prošlosti i uvođenja inovacija. Svaki proizvod zastareva istog trenutka kada su troškovi njegove proizvodnje i prodaje isti, a to ukazuje da usavršavanje, razvoj i inovacije nisu na nivou koji obezbeđuju konkurentnost.

Visina nadnica radnika u industriji ima sve manji značaj u okviru konkurentnosti, produktivnost je veoma važna uz kvalitet, dizajn i marketing. U svetu postoji pravilo da inoproizvodnja mora biti jeftinija za najmanje 5% u odnosu na domaću kako bi se nadoknadili troškovi transporta, razmena informacija, putovanja itd, kako bi proizvod bio konkurentan. U visoko razvijenim zemljama sveta (SAD, Japan) troškovi radne snage u metaloprerađivačkoj industriji kreću se 15-18% ukupnih troškova uz tendenciju njihovog sniženja i stalnog rasta produktivnosti. Kako sada stoji, metaloprerađivačka industrija i kompanije koje posluju bivaju zaostale u konkurentnoj trci kada troškovi radne snage pređu 18% ukupnih troškova.

Kod nas su donedavno, mada i sada je delimično prisutno, industrijski radnici neizbežno kontrolisali društvo, politiku i tržište uz tendenciju promena u pravcu njihove zamene sa društvom u kojem pristup poslovima zavisi isključivo od znanja i obrazovanja.

U ovom trenutku svaka kompanija mora postati i škola u kojoj će se realizovati učenje, obuka odraslih i edukovanje zaposlenih.

Literatura

- [1] Tanović Lj, Bojanić P., Industrija prerade metala Republike Srbije sa aspekta spoljnotrgovinske razmene, 31 JUPITER Konferencija, Zlatibor, 2005, S1-S7.
- [2] Tanović Lj. Bojanić P., Industrija prerade metala Republike Srbije – neophodne promene, Transfer tehnologije za evropsku Srbiju, Zbornik radova, Mašinski fakultet, Beograd, 2006.
- [3] Transfer tehnologije za evropsku Srbiju, Zbornik radova, Mašinski fakultet, Beograd, 2006... (radovi Kovačević R., Levi-Jakšić M., Vojnović M., Mandal Š.).
- [4] Narodna banka Srbije (izvor podataka)
- [5] Zavod za statistiku SCG, Saopštenje, 008, 2006.
- [6] Republički zavod za statistiku – Saopštenje, 85, st.13, 2006.
- [7] Republički zavod za statistiku – Saopštenje, 323, KS 10, 2005.



Ж. Спасић¹

ЕВРОПСКЕ ИНТЕГРАЦИЈЕ - СУДБИНА ДЕЗИНТЕГРИСАНЕ СРБИЈЕ²

Резиме

Ко се боји европских интеграција? Успавани универзитет или дезоријентисана индустрија под утицајем политичара без стратегије и визије? Иако не постоји други пут, ми се не сналазимо најбоље на путу ка европским интеграцијама. Изгубили смо све компаративне предности које смо имали после Другог светског рата у односу на већи број земаља Европе. Зато је неопходна анализа процеса европске интеграције, од идеје, па све до данашњих дана. Упоредни преглед догађања са другима на примеру суседне Мађарске је такође илустрација наше честе дезоријентације у простору и времену. Лако је рећи да је неко други за све то крив. Али изгледа да је тешко да доносимо праве одлуке у интересу свих нас. У закључку овог текста постоји оптимизам да се изгубљено време може да надокнади.

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Од Октобарске револуције 1917. године па до рушења берлинског зида 1989. године европска политичка сцена је доживела знатне промене које су окарактерисале тај, сада већ прошли XX век. Уједињење Немачке симболизује почетак пада свих модела комунизма и социјализма у Европи и могућност повратка извесног броја земаља Средње, Источне и Југоисточне Европе демократским принципима будуће знањем и образовањем интегрисане Европе без социјалних и етничких напетости. И поред свести о националним посебностима новонасталих држава Европе, постоји њихова спремност за прихватање заједничких тековина у интегрисаној Европи. Репформа високог образовања Србије и промене на универзитетима се одвијају у контексту европских интеграција, па је неопходно разумевање тог комплексног процеса.

Сам интеграциони процес у дугом временском периоду је у неким европским земљама био често пропраћен кризама поверења. Ратификација *Уговора* из Мастрихта је била дуготрајна и непредвидива. Становници Данске су се са 50,7 % изјаснили да не прихватају овај *Уговор* угрозивши тиме његове друге позитивне вредности. Норвешка и Швајцарска нису чланице Европске уније. Француска и Холандија нису на својим референдумима прихватиле текст *Устава* Европе па се најављује поступак модификације и усаглашавања овог текста. Ипак, у свакој кризи компликованог начина одлучивања и недовољно дефинисане улоге Европског парламента, увек су се налазила накнадна решења за наставак започетих интеграционих процеса. Скоро да је немогуће да се све поруши и да се Европа врати ранијим моделима организације.

Инструменти дугорочног процеса функционалне интеграције су споразуми о сарадњи, трговински споразуми, споразуми о партнерству, споразуми о стабилизацији и придруживању, програми у образовању и истраживању, помоћ и подршка процесима транзиције и слично. Привреде САД и Јапана као мерила моћи на светском тржишту су надмашивале могућности појединих европских националних држава, а развијају се и нове будуће регионалне привредне силе (Кина, Индија и друге). Зато је циљ европске интеграције остваривање демократски уређене, економски стабилне и просперитетне Европе, са академским слободама и потпуном мобилношћу (кретање људи, идеја, робе, информација и капитала за заједничка инвестирања). Таква Европа била би заснована на знању заједничког образовног и истраживачког простора.

Различите су полазне основе интеграције и различити модели интеграције за поједине државе Европе. Још увек постоје националне странпутице и нова осећања заједништва. Флексибилност у интегрисању појединих држава је наша шанса да надокнадимо непотребно изгубљено време. Али пре свега, морамо да разумемо шта нам се дешавало и са каквим разлозима, да бисмо били у стању да направимо тај неопходан просперитетни корак у будућност.

2. ИНТЕГРАЦИЈА ЕВРОПЕ

Европа већ дуго тражи свој пут интеграције политичким и економским удруживањем европских држава у оправдано комплексној процедури проширења. Да би се добро разумео интеграциони процес полази се од хронологије главних догађаја у европским интеграцијама. Затим се даје приказ организације и институција

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

² Овај текст је скраћена верзија рада *Европске интеграције – Од идеје до данашњих дана* који је саопштен [1] на научном скупу "Трансфер технологије за европску Србију".

Европске уније. Посебно се издваја текст о европској политици у образовању, истраживању и технолошком развоју индустрије које су у интеракцији са европским политикама за друге области. Проблеми у сталним променама граница Европе и сарадња региона Европе су важне теме за разумевање неизбежне судбине Југославије, Србије и Црне Горе у посматраном интеграционом процесу Европе.

2.1. Хронологија главних догађаја европске интеграције

Интеграција земаља у оквиру Европске уније је дугорочан процес који се од прве идеје па све до данашњих дана одвија на постепен и често корективан начин. Тешко предвидиви и сложени социјално-политички догађаји као што су интеграција Немачке рушењем берлинског зида и дезинтеграција СССР и Југославије на већи број нових европских земаља су унели нове димензије у интеграционом процесу. Пут до пројектованог европског друштва заснованог на знању са високом 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 [2] који се даје у табели 1 за период од 1946 – 2006. године. Из наведених догађаја се јасно види да је то период успеха и падова ради нових успеха.

Табела 1. Значајни догађаји европских процеса интеграције

ВРЕМЕ	ДОГАЂАЈИ У ЕВРОПСКИМ ИНТЕГРАЦИЈАМА
1946. г.	Винстон Черчил је у Цириху дефинисао визионарску идеју за интеграцију будућих сједињених држава Европе.
1948. г.	Европски конгрес у Хагу је усвојио резолуцију којом тражи да се створи уједињена демократска Европа и да се оснује Савет Европе. То је значило одустајање од строго националних у корист европског суверенитета.
1949. г.	У Лондону је основан Савет Европе са седиштем у Стразбуру.
1951. г.	У Паризу је потписан уговор о оснивању Европске заједнице за угљ и челик – ЕЗУЧ (<i>Париски уговор</i>) од стране 6 земаља (Белгија, СР Немачка, Француска, Италија, Луксембург и Холандија).
1953. г.	Ствара се заједничко тржиште за угљ, гвоздену руду и метални отпад, као и заједничко тржиште за челик.
1957. г.	Шест земаља у Риму потписују <i>Уговор о стварању Европске економске заједнице (ЕЕЗ) и Европске заједнице за атомску енергију - Еуроатом (Римски уговор)</i> .
1959. г.	Државе чланице Организације за европску економску сарадњу (Данска, Велика Британија, Аустрија, Норвешка, Португалија, Шведска и Швајцарска) донеле су одлуку о стварању Европске зоне слободне трговине (ЕФТА).
1963. г.	У Паризу је потписан Немачко-Француски <i>Уговор о пријатељству (Јелисејски уговор)</i> који је требало да представља покретачку снагу политичког уједињења Европе.
1965. г.	Споразумом се спајају извршни органи три Европске заједнице (ЕЗ) – ЕЗУЧ, ЕЕЗ и Еуроатом.
1966. г.	Потписивањем важног документа (<i>Луксембушки споразум</i>) прекинута је криза ЕЕЗ укидањем одлучивања већином гласова у Министарском савету и одлуком да се за спорна питања треба да постигне консензус.
1968. г.	Ствара се Царинска унија увођењем заједничке спољне царине. Заједничко тржиште рада ЕЗ гарантује свим запосленим слободу кретања.
1969. г.	Председници држава и влада ЕЗ доносе у Хагу закључке о убрзаном интеграционом процесу и о постепеном стварању Европске монетарне уније (ЕМУ). Почињу преговори са Данском, Великом Британијом, Ирском и Норвешком о пријему у ЕЗ.
1970. г.	Спољнотрговинску надлежност држава чланица преузима ЕЗ.
1971. г.	Заједница дефинише систем општих царинских преференцијала који ће се примењивати у трговини са 91 земљом у развоју.
1972. г.	Потписивање уговора о приступању Данске, В. Британије, Ирске и Норвешке Европској заједници. Исте године становништво Норвешке на референдуму одбија приступање ЕЗ. Одлуком председника држава и влада проширене ЕЗ у Паризу Европска заједница прераста у Европску унију .
1973. г.	Проширење Европске заједнице на укупно 9 земаља ступа на снагу уз искључиву надлежност за вођење заједничке трговинске политике.
1974. г.	У Паризу се доноси одлука о редовном заседању Европског савета. Прва седница је одржана у Даблину наредне године.

1978. г.	Европски савет у Бремену доноси одлуку о стварању Европског монетарног система (ЕМС) и европске монетарне јединице.
1979. г.	У девет држава се организују први општи и непосредни европски избори за Европски парламент. Прва седница је одржана у Стразбуру (седиште Парламента) а први председник је Симон Вејл.
1983. г.	Европски савет у Штутгарту потписује документ " <i>Свечана декларација о Европској унији</i> ".
1986. г.	Европска унија се проширује на 12 чланица пријемом Шпаније и Португалије.
1990. г.	Уједињење СР Немачке и Немачке Демократске Републике је ново проширење Европске уније.
1991. г.	У Мастрихту је завршена реформа <i>Римских уговора</i> и потписан <i>Уговор о стварању Европске уније</i> .
1992. г.	Чланице Европске уније и чланице Европске зоне слободне трговине (ЕФТА) потписали су споразум о заједничком економском простору (ЕЕП)
1993. г.	Уговор из Мастрихта ступа на снагу.
1995. г.	Нови чланови Европске уније су Финска, Аустрија и Шведска. Шенгенски споразум ступа на снагу. Европски савет доноси одлуку да је европска монета "Евро".
1997. г.	Европски парламент представља пројект " <i>Агенда 2000 – Јача и проширена Европска унија</i> ". Шефови држава и влада потписују <i>Уговор из Амстердама</i> .
1999. г.	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. У Сарајеву се оснива " <i>Пакт стабилности Балкана</i> ". Европски савет доноси одлуку о формирању јединственог правног простора Европе.
2000. г.	Документ <i>Лисабонска стратегије</i> поставља индикаторе развоја појединих земаља до 2010. године.
2001. г.	Европски савет у Гетеборгу доноси став да је процес проширења Европске уније незаустављив .
2004. г.	Ново проширење Европске уније. Нове земље чланице су Чешка Република, Естонија, Летонија, Литванија, Мађарска, Пољска, Словачка, Словенија, Малта и Кипар.
2005. г.	Позитивна <i>Студија изводљивости</i> и почетак преговора за стабилизацију и придруживање Србије и Црне Горе Европској унији. Француска и Холандија на референдумима не прихватају <i>Устав</i> Европске уније. Велика Британија одлаже изјашњавање о <i>Уставу</i> .
2006. г.	Опозвани преговори о закључивању <i>Споразума о стабилизацији и придруживању</i> (03.05.2006. г.)

Дугорочни домети и последице европске интеграције постају све тежи за анализе због комплексности и динамике догађања. Ипак, анализирајући табеларно приказане главне догађаје у европским интеграцијама можемо да изведемо закључке који проистичу из нашег угла гледања. Пре свега, сигурни смо да су поједине земље Европе имале различите интеграционе путеве и решења. Али какви су путеви интеграције наше државе "дуплог колосека" (за сада и до референдума у Црној Гори) и каква је улога универзитета Србије у томе ?

Грчка је 1961. године потписала споразум о придруживању Европској економској заједници. Захтев за приступање Европској унији Грчка је поднела 1975. године, да би 1981. године постала десета по реду интегрисана држава Европе. Поступак у пријему и развој у интегрисаној заједници држава Европе треба да укаже нашим скептицима да се вредности различитих вера и другачијих писама не губе чланством у Европску унију. Процес интеграције Турске ће вероватно изазвати веће полемике око рационалности проширења Европе, више због опасности настављања већ сада претераног усељавања становништва Турске у неке развијене земље уједињене Европе, неко што би то могао да буде верски проблем.

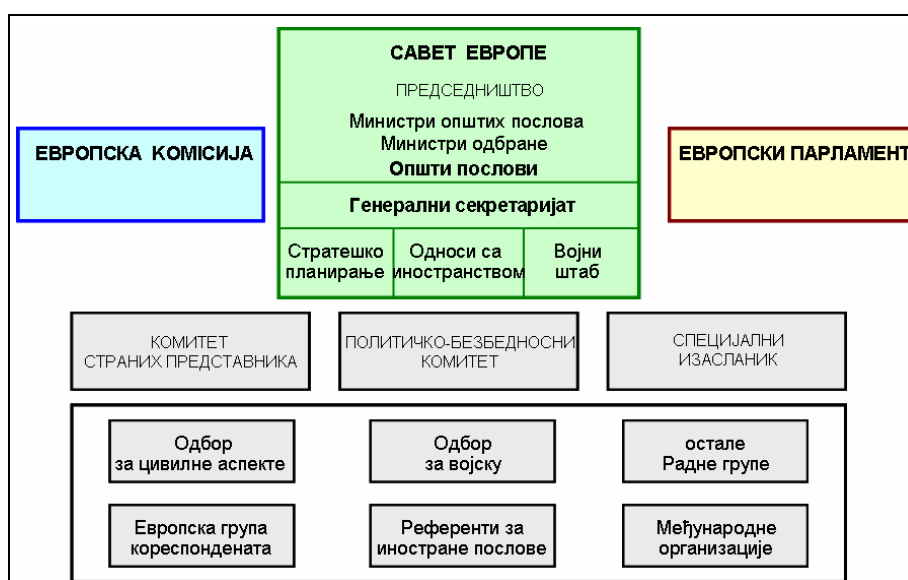
Велика Британија је имала почетне тешкоће у процесу европске интеграције пошто је Француска, за време генерала Шарла де Гола, 1969. године, одбила могућност приступања Велике Британије и ширења Европе на север. За време наредног председника Жоржа Помпидуа донета је одлука о проширењу Европске заједнице на север. Преговори о приступању Велике Британије, Данске, Норвешке и Ирске су вођени од 1970-72. године, а британски *Доњи дом* је већ 1971. године донео позитивну одлуку о приступању.

Норвешка је 1959. године, са још шест других држава чланица *Организације за европску економску сарадњу*, донела одлуку о стварању *Европске зоне слободне трговине* (ЕФТА). Норвешка је 1962. године и, касније 1967. године, поднела и обновила захтеве за пријем у Европску заједницу. Године 1972. долази до потписивања уговора Норвешке (заједно са Данском, Великом Британијом и Ирском) о приступању Европској заједници, али се је исте године становништво Норвешке изјаснило противу тог приступања. Наредне 1973. године се са Норвешком потписује само *Споразум о слободној трговини*. Године 1992. Норвешка подноси захтев за приступање Европској унији, али 1995. године Норвешки бирачи гласају поново противу приступања. Иако није члан Европске уније, Норвешка је 1996. године приступила Шенгенском споразуму. Превише чврста Унија једноставно није била по укусу становника Норвешке, иако Норвешка успешно примењује европске стандарде и издваја средства за помоћ другим европским земљама.

Немачка је данас једна од економски најснажнијих и најутицајнијих држава Европске уније са јасним опредељењем за интегрисану Европу. Приликом уједињења две немачке државе 1990. године, Немачка је економски и политички преузела пет нових савезних покрајина и апсорбовала постојеће разлике.

Мађарска је 1991. године (заједно са ЧССР и Пољском) потписала у Брислу *Европски споразум*. Године 1994. Мађарска је поднела захтев за приступање Европској унији. На Самиту у Мадриду државе НАТО упућују позив за преговоре о пријему Мађарске у НАТО (заједно са Чешком Републиком и Пољском). Године 1997. Европски савет доноси одлуку да са Мађарском започне преговоре о чланству. Преговори се успешно завршавају 2004. године и Мађарска постаје члан Европске уније. Тиме је дефинисана наша нова *"Шенгенска"* граница са измењених режимом који се разуме из наредног текста.

Све компаративне предности које смо имали за време постојања два супротстављена блока (НАТО и Варшавски пакт) смо дефинитивно изгубили, пре свега својим заблудама и у својој дезоријентацији. За време Владе Анта Марковића у бившој Југославији, а непосредно пре распада у бурним догађајима, било је предлога о подношењу захтева за пријем Југославије у Европску заједницу. Јасно је било зашто су Словенија и Хрватска биле противу ове идеје. Али није јасно зашто је и режим у Србији био противу тога, покушавајући узалудно и без разумевања да заустави дезинтеграцију Југославије на сасвим други и немогућ начин. Уместо неизвесне будућности после невероватних жртава, сада бисмо били европска држава која по економској снази не би била слабија од Португалије или Ирске, у то време најсиромашнијим земаљама у чији је развој Европа, управо због тога и по правилима уједначавања, највише инвестирала.



Слика 1. Организациона структура Европске уније

2.2. Организација и институције Европске уније

Постављени дугорочни циљ европских интеграција је остваривање политичких, грађанских и других права на нивоу Европске уније, а то је пут од Европе грађана до држављанства Уније. Грађанин Европске уније поседује држављанство једне од земаља, њених чланица и има права и дужности држављанина те државе која су садржана у прописима потписаних уговора са Европском унијом (право боравка, слобода кретања, право за оснивање предузећа и друго).

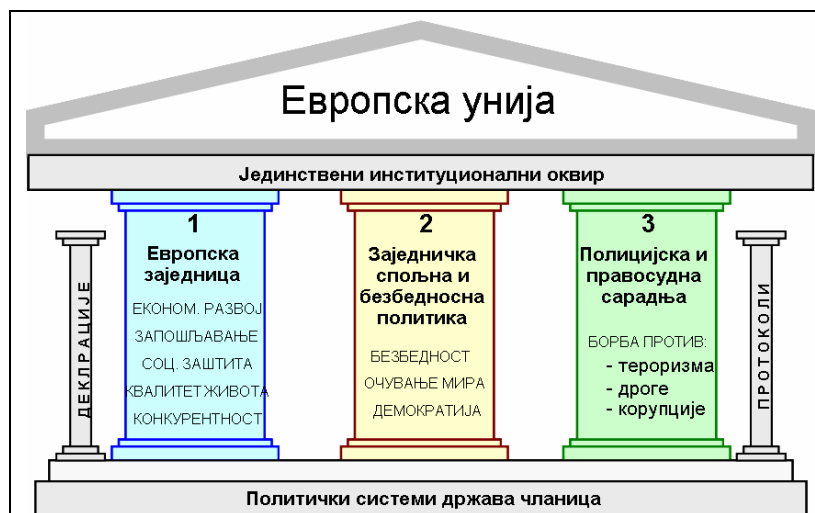
Европска унија у својој структури има Европску комисију као управни орган, Европски парламент као законодавни орган и Савет Европе као извршни орган (слика 1). Политички и безбедносно-политички комитет у чијем су саставу амбасадори у сталним представништвима земаља чланица у Брислу обављају функцију [2-8] централног и садржајног повезивања политичког и административног нивоа. Улоге Савета Европе, Европске комисије и Европског парламента су :

Савет Европе: Савет Европе је основан 1949. године ради промовисања демократије и заштите владавине права. Савет чине шефови држава и влада чланица као и председник Европске комисије са министрима спољних послова и једним чланом Европске комисије.

Европска комисија: Европска комисија (до 1993. године Комисија) је један од државних органа Европске уније који обухвата комплексан административни апарат од преко 16.000 сталних радних места. Основни задатак Европске комисије је стално надгледање поштовања права Уније са гаранцијом регуларног функционисања и развојем заједничког тржишта. То је покретач интеграције и управна власт Уније са централном улогом приликом усвајања одлука у виталним политичким областима.

Европски парламент:

Европски парламент је непосредно изабрани комуникациони, интеракциони и контролни орган Европске уније који представља народе њених држава. Парламент одлучује простом већином гласова, а у поступку сарадње и у одлукама о давања сагласности, апсолутном већином гласова. Европски парламент има начелно саветодавна и контролна овлашћења, изгласава неповерење Комисији, даје право сагласности на избор нове Комисије, именује председника Комисије, даје именовање за избор омбудсмана грађана, контролише буџетска права, поступак сарадње у области монетарне уније, саодлучивање у законодавству у области унутрашњег тржишта, заштите животне средине, технологије, образовања и привреде.



Слика 2. Институционални оквир Европске уније

После усвајања јединственог европског акта, *Римски уговор* је дефинисао Европску унију коју чине три стуба који симболизују квалитет европске интеграције. То су Европска заједница, заједничка спољна и безбедносна политика и сарадња правосудних и органа унутрашњих послова (слика 2).

2.3. Политика у образовању, истраживању и индустрији

Деловање Европске уније огледа се у реализацији постављених стратешких политика за све релевантне области. 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). Неки истраживачки програми су засновани на подели трошкова између истраживачких центара и заинтересованих предузећа – корисника резултата истраживања, чиме се остварује замисао о европској технолошкој заједници.

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.

2.4. Проблеми у сталним променама граница Европе

Пријем осам нових чланица Европске уније 2004. године из Централне и Источне Европе је представљао до тада највеће просторно и бројно проширење. За Европску унију то су сада нове спољне границе Европе

према истоку (и око Балкана) које треба да се заштите од криминала, шверца дроге и илегалних усељавања. То је знатно дужа и тешко контролисана граница са сиромашним суседним земљама и регионима са политичком тензијом, иако су многе земље превазишле дуготрајне анимозитете, нарочито оне проистекле из вођених ратова. Тиме је вероватно промењена и стратегија евентуалног будућег пријема у чланство Европске уније.

Социјалистичке земље Варшавског пакта су својевремено контролисале путовања становништва не само у смеру од истока на запад, већ и унутар земаља овог блока. Процедура добијања пасоша од локалних ауторитета ових ауторитарних режима била је недемократска. Кризе у Мађарској (1956), Чехословачкој (1968) и Пољској (1980/81) су тада комплетно затвориле њихове границе. После Другог светског рата део Немачке је дат Пољској а део Пољске Украјини са неразумним расељавањем становништва. Визни режим у Србији у току и после ратних догађања такође је знатно смањио мобилност, нарочито млађих особа и студената. Сада говоримо о Шенгенском режиму кретања без пасоша и контроли екстерних граница Европске уније са одређеним визним режимом. У Шенгенској зони отворене су границе за пословање и запошљавање.

Перманентност у интеграционим променама Европе са изазовима на почетку новог Миленијума не мења само географски границе Европе већ и политичке, економске, духовне и културолошке границе. У Југоисточној Европи карактеристични су сукоби везани за етнички проблем мађина, сецесионистичке тежње, угрожени територијални интегритет, невероватне демографске експлозије, присилна исељавања, порозне границе које други чувају, нестабилне политичке системе, неразвијено грађанско друштво и лош менаџмент привредне транзиције. Земље Балкана у својој дезоријентисаности после конфликтне и ратне декомпозиције Југославије са наслеђеним проблемима представљају посебан проблем у могућностима да остваре прикључења Европи са огромним закашњењем. То је могуће да се превазиђе коришћењем *Пакта стабилности Југоисточне Европе*. Са друге стране, Русија и Украјина се, стратешким партнерством са Европом укључују у НАТО партнерство за мир, а за коначну европску интеграцију је неопходно њихово прилагођавање због комплексних система и историјских наслеђа. За ЕУ је атрактивна Русија као енергетска сила која уме и да (као недавно) заврне вентиле. Интеграције сиромашне Молдавије и још недовољно демократске Белорусије су такође дугорочније. Континент мора да се мења уз заједничко разумевање перспективе комплексне заједнице као што је Европска унија.

Перспектива интеграције у Европску унију често се користи у неким земљама као подстицај за њихов демократски и привредни развој. Политичко, финансијско и војно ангажовање Европске уније објашњава се потребом за високи безбедносно-политички значај свих региона Европе. Европска унија дуго није имала стратегију стабилизације којом би се супротставила динамици сукоба и насиља међу државама које су настале распадом вишенационалне Југославије. На предлог Европске уније, земље Г8 су на Самиту у Келну 1999. године усвојиле "*Пакт стабилности Југоисточне Европе*" у коме учествује више од 40 земаља, међународне организације (Уједињене нације, ОЕБС, ЕУ), при чему је Европска унија преузела одговорност за привредну обнову Косова и Метохије. Тежишта *Споразума о стабилизацији и придруживању* су отварање перспективе за потпуну интеграцију у структуру Европске уније ради стицања политичког статуса кандидата за Европску унију. То су унапређење демократије, стварање правних држава, одговарајући привредни развој, регионална сарадња, промерене структуре јавних управа, стандарди у правосуђу и унутрашњим пословима, преференцијална трговина, слободне трговинске зоне, привредна и финансијска помоћ. За већ остварене и будуће интеграције усвојено је следеће груписање земаља:

Државе Средње и Источне Европе: Бугарска, Чешка Република, Естонија, Летонија, Литванија, Мађарска, Пољска, Румунија, Словачка, Словенија.

Државе Југоисточне Европе: Албанија, Босна и Херцеговина, Хрватска, Македонија (Бивша Република Југославије), Србија и Црна Гора (дупли колосек промена у придруживању).

Нове независне државе: Азербејџан, Белорусија, Грузија, Јерменија, Казахстан, Киргистан, Република Молдавија, Руска Федерација, Таџикистан, Туркменистан, Украјина, Узбекистан.

Из прве групе земаља само Бугарска и Румунија нису завршиле процес европске интеграције. То је шанса Србије и Црне Горе да убрзаним поступком буде интегрисана у Европску унију, заједно са овим и неким другим земљама Балкана. То би био услов и једина шанса да задржимо лидерску позицију у региону са врло неповољном алтернативом да својом пасивношћу изгубимо још неке важне кораке. Европски интеграциони процес може да се одвија [2] кроз неколико различитих сценарија као што је то графички приказано на слици 3:

Сценарио а: "*Продубљивање пре проширења*" је сценарио по коме се земља кандидат развија и прилагођава да би била интегрисана у Европску унију. Период прилагођавања зависи од земље кандидата.

Сценарио б: Сценарио "*проширење пре продубљивања*" састоји се у повећавању броја чланица ЕУ утврђивањем тренутног политичког и институционалног статуса земље кандидата. Ово је био случај на почетку развоја Европске уније.

Сценарио ц: То је еволуциона стратегија са истовременим "*проширењем и продубљивањем*" као оптималним начином интеграције неке земље у Европску унију.

Сценарио д: То је поступак по коме се *флексибилност и диференцирања* у процесу интеграције одвија паралелно уз појачану сарадњу са земљом кандидатом. То значи да је интеграција *степенаста* за све обавезујуће циљеве које земље чланице испуњавају према својим приликама и могућностима.

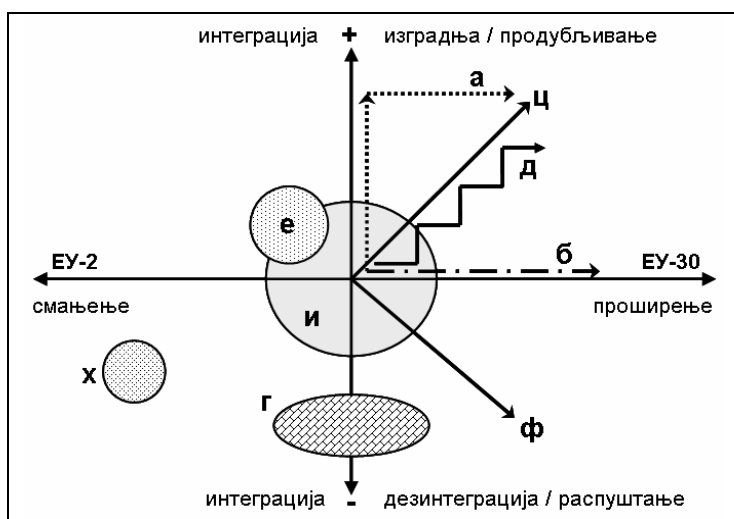
Сценарио е: Овај сценарио се односи на стратегију "језгра Европе" или "центра гравитације" у коме Европски монетарни систем и Шенгенски споразум представљају општи институционални оквир.

Сценарио ф: То је начин проширења броја чланица Европске уније који поставља проблем рационализације и опасности губитка политичке и правне вредности заједнице. Опасност представља враћање на националне нивое услед додатног оптерећења од проширења новим чланицама.

Сценарио г: То је сценарио који је негативан за даље проширење Европске уније пошто заговара решења изван јединственог правца развоја за која су заинтересоване неке државе ("Европа *à la cart*").

Сценарио х: По овом сценарију владе мањих држава Европе настоје да европска питања покрену у мањем поверљивом кругу (пример су контакт групе за Босну и Косово).

Сценарио и: Стратегија "концентричних кругова" се односи на разне облике географских и функционалних облика сарадње (на пример, Европски економски простор и ЕФТА).



Слика 3. Стратегије и сценарији европских интеграција

На путу ка пуноправном чланству у Европској унији свака земља пролази кроз 7 добро дефинисаних фаза. Са датумима који се односе на Србију и Црну Гору 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 и опозив преговора 03.05.2006. године).
- Фаза 4: Потписивање и спровођење Споразума о стабилизацији и придруживању.
- 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 на почетку Фазе 3 Србија и Црна Гора имају предност у односу на остале земље региона у тренутку њиховог започињања исте фазе јер су нека усаглашавања са стандардима Европе већ остварена. Албанија је, на пример, започела ову фазу још 2003. године, док је Македонија поднела кандидатуру за чланство 2004. године. Када се потпише коначан Споразум о приступању Европској унији, потребна је његова ратификација од стране свих земаља које су већ примљене, као и коначно одобрење Споразума од стране Савета министара Европске уније.

Различите брзине савладавања свих фаза у интеграционом процесу до пуноправног чланства су наша шанса да надокнадимо изгубљено време због деловања ауторитарних режима, ратова и бомбардовања, страначких препуцавања, трговине моралом посланика, чудних коалиција и санкција, неспособношћу да се донесе нови Устав, пасивности и поновне учмалости универзитета, бесперспективности индустрије, као и притајених отпора неопходним променама. Интелектуални потенцијал за неопходне промене постоји али је пасиван, дезоријентисан и без механизма за деловање. Реформски потенцијал за неопходне промене у земљи ипак постоји (према истраживањима јавног мњења) али га смањују вербална залагања за европску интеграцију оних за које је јасно да то не желе (радије би да буду са друге стране гвоздене завесе!). Нестабилан процес одлучивања у Скупштини Србије условљен корупционом трговином профитерским посланицима је неодржив за даљи процес европске интеграције. Нажалост, он се рефлектује и на друге области рада у Србији (просвета,

здравство, индустрија, правосуђе, економија, уметност и друге). Многи неспособни за европске интеграције чекају у заседи иза гласачке кутије која је неким постала идол.

Ако знамо да процес интеграције највише зависи само од нас самих, онда постојећи реформски потенцијали све наведене фазе могу да савладају за знатно краће време него остале земље Западног Балкана. У Европи је могућ застој у пријему нових земаља због финансијске исцрпљености Европе услед великог броја новопримљених земаља и озбиљних примедби на *Устав* Европске уније са негативним резултатима референдума у неким водећим земљама. Свака година одлагања пријема Србије и Црне Горе у Европску унију значи велики губитак средстава за наш даљи развој. Зато не треба да распредамо приче о неким далеким годинама пријема у другој деценији овог Миленијума. Треба да поставимо себи за циљ да завршимо наш део посла убрзано, како бисмо ушли у Европску унију заједно са Бугарском, Румунијом и Хрватском. У супротном, не постоје шансе да будемо регионална сила на овим просторима ако се Европа и остале њене чланице мењају много брже него ми сами и са стеченим предностима активно учествују у нашим приватизацијама и транзицији.

3. УПОРЕДНИ ПРЕГЛЕД СА ДРУГИМ ЗЕМЉАМА

За упоредни преглед протеклих историјских, политичких и других догађаја и активности наше земље са другим земљама Европе изабрана је Мађарска из више разлога. Пре свега, то је суседна земља сличне величине и броја становника, али различитог пута развоја и различитих судбина, од доласка предака на просторе Балкана, па све до данашњих дана [9-15]. Нарочито је интересантан период после Другог светског рата (табела 2) у коме је тешко да се разумеју и објасне судбоносни нагли падови и нагли успони посматраних земаља.

Продирање Словена на Балкан поклапа се са великим померањима и сеобама племена и народа још у II веку, када је моћна Римска Империја почела да се повлачи пред њиховом навалом са севера и истока. Појаве Словена у подручја око Дунава су истовремене са готским повлачењем и хунским надирањем. Користећи касније (VI, VII век) заузетост Византијске империје кризама на истоку, Словени су прелазили Дунав у непрестаној борби за опстанак и територије и даље надирали на Балкан тако да у VII веку постоје јаке и сталне словенске колоније на Балкану. Јужни Словени су тада дошли под сферу утицаја латинске културе упознавши се са основама хришћанског васпитања. Први заједнички покрет Срба, Хрвата и Словенаца се везује за Франачку државу Карла Великог која је допирала све до Сингидунума (Београд од IX века). Тада је поглавар Паноније, Људевит Посавски покренуо груписане и од Бугара одметнуте представнике Тимочана, као и покорене Словенце и Хрвате у тежњи да ограничи франачку самовољу и власт домаћих вођа. Срби су признавали врховну власт Византије а српским земљама су управљали домаћи владари и велики жупани по праву наслеђа. Осетивши опасност од агресивних Бугара, српска племена су се чвршће збијала око Рашке. Под српским именом за време Часлава Клонијевића се обухватају племена Рашана, Босанаца, Требињаца, Конављана, Дукљана, Захумаца и Неретљана. Политичка активност Стевана Немање била је условљена борбом између Византије и Угарске о превластима у деловима Балканског полуострва. Тада је настала прва српска држава средњег века као трајна државничка творевина која је превазишла супарништво Рашке и Зете. Хиландар на Светој Гори је 1199. године постао расадник црквене културе, писмености и образовања за монахе. У великим променама политичких односа на Балканском полуострву средином XIII века, Србија је показивала западњачку оријентацију (новац, извоз производа преко Котора и Дубровника и друго). Период Душанове владавине је свакако врхунац моћи Српског царства. Србија је тада била најмоћнија држава на Балкану са великим утицајем на судбине других суседних држава.

Мађари су крајем IX века продрли на просторе данашње Мађарске (обале Тисе у Средњој Европи и Северном Балкану), дошавши из азијских предела источно од Урала, преко Бесарабије и Молдавије. Организовани као ратничка коњичка хорда под Арпадом водили су борбу са словенским племенима па су уништили 906. г. Веломоравску државу овладавши већим делом Паноније. Одбачени с немачке границе, Мађари се упућују према Балканском полуострву, Хрватској и Млетачкој. Тако су Мађари дошли у везу са Србима балканског подручја и од тада имају утицаја на њихов политички живот. На пример, Мађари су, користећи сукоб Вукана и Стефана, продрли и покорили Србију 1202. године на основу чега је Вукан постао угарски вазал и добио рашке земље и нишку област (Стефан се после годину дана вратио на престо уз помоћ Бугара). Мађари су помагали и краља Драгутина у борби противу оца Уроша. С друге стране српско-угарске везе биле су снажне за време српско-бугарског рата 1253-54. године.

Интензивнија сеоба Срба до Будима, Сент-Андреје и Коморана је настала 1690. године пошто су Турци заузели Приштину и кренули ка Београду. За војском се према Београду повлачио и народ са патријархом Арсенијем III и свештенством. Документом "*Привилегија*" или "*Диплома*" Србима је загарантована слобода вере, употреба старог календара и право избора архиепископа, што је допринело јединству српског живља у хапсбуршким земљама. Угарски сталежи и католички клер су се противили оваквом положају Срба тражећи да Срби постану кметови и захтевајући од њих десетину. Карловачка митрополија, издељена на епархије обухватала је све православне Србе у Банату, Румунији, Угарској, Хрватској и Славонији.

Југославија и Мађарска су имале релативно добре међусобне односе за време комунистичког периода са сарадњом и олакшаним путовањима. Године 1950. је граница била затворена због сукоба Југославије са Совјетским савезом. Мађарска је држала отворену границу са Србијом током 1990. године и касније, упркос сукоба на Балкану, међународним санкцијама и НАТО бомбардовању. Сада је Мађарска граница "шенгенска"

граница за Србију са визним режимом који дуго покушавамо да ублажимо. Пријемом Мађарске у ЕУ настао је други гранични режим са напуштањем војске и потпуним преузимањем границе од стране полиције.

За нас су значајна многа питања на које треба да нађемо одговоре. Да ли смо могли да боље искористимо компаративне предности које смо у једном дужем периоду после Другог светског рата очигледно имали? Или на пример, да ли се ситуација у Европским интеграцијама трајно преокренула у корист суседне земље? Упоредни преглед карактеристичних догађаја за две суседне земље, пропраћених неким додатним подацима, даје се у наредној табели 2.

Табела 2. Упоредни преглед догађаја у Србији, Југославији (СЦГ) и Мађарској

ВРЕМЕ И ДОГАЂАЈИ	ДОГАЂАЈИ у СРБИЈИ, ЈУГОСЛАВИЈИ и СЦГ	ДОГАЂАЈИ у АУСТРО-УГАРСКОЈ и МАЂАРСКОЈ
<i>Општи подаци</i>	СРБИЈА И ЦРНА ГОРА (Државна заједница) <i>ПОВРШИНА: 102.173 Км²</i> <i>СТАНОВНИШТВО: 8.148.000 (без Косова)</i> <i>ДУЖИНА МЕЂУ-ГРАНИЦЕ: 151 Км</i> <i>РЕЛИГИЈА: православље</i> <i>НОБЕЛОВЕ НАГРАДЕ (1): Иво Андрић</i>	РЕПУБЛИКА МАЂАРСКА <i>ПОВРШИНА: 93.030 Км²</i> <i>СТАНОВНИШТВО: 10.700.000</i> <i>ДУЖИНА МЕЂУ-ГРАНИЦЕ: 151 Км</i> <i>РЕЛИГИЈА: католицизам, протестантизам</i> <i>НОБЕЛОВЕ НАГРАДЕ (1): Имре Кертес</i>
<i>На Балкан</i>	II век	IX век
<i>Турци</i>	Маричка битка (1371. г.) – пораз. Косовски бој (1389 г.) – пораз	Пораз од Турака (Мохач, 1526.г.). Турска окупација 150 година.
<i>Пашалуци</i>	Београдски пашалук (1459 – 1801. г.).	Будимски пашалук (1541 – 1686. г.).
<i>1690. г.</i>	Сеоба Срба у Угарској. Арсеније III Чарнојевић.	Леополд I издаје документ под називом "Диплома" или "Привилегија".
<i>1702 - 03. г.</i>	Прекретница за Србе у Угарској и Аустрији. Војна граница (Потиско-Поморишка).	Карловачки мир Аустрије и Турске (1699).
<i>1742 - 83. г.</i>	Просветитељске активности у друштву и књижевности (Доситеј Обрадовић).	Престижни односи Мађара и Аустријанаца. Јосиф II уводи народни језик.
<i>1848 - 49. г.</i>	Српски покрет за јачање словенских веза. Војводина и војводство. Светозар Милетић. Народни сабор у Карловцу.	Мађарска буржоаско-демократска револуција (Лајош Кошут). Неправилан став према немађарским народима.
<i>1867. г.</i>	Срби у Хрватској и Војводини су потчињени.	Аустро-Угарски дуализам власти.
<i>1878. г.</i>	Сан-Стефански мир (незадовољство Србије). Берлински конгрес (ревизијом Србија и Црна Гора добијају признање независности).	Успех Аустро-Угарска Монархије која добија БиХ. Жели и Новопазарски санџак да би <u>раздвојила</u> Србију и Црну Гору
<i>1914. г.</i>	Атентат Гаврила Принципа на Франца Фердинанда. Млада Босна.	Ултимагум Аустрије. Ватра на Аустро-Угарску војску као повод за рат.
<i>1914 – 18. г.</i>	Први светски рат. Церска и Колубарска битка – победе Срба. Команда: Радомир Путник, Степа Степановић, Живојин Мишић. Солунски фронт.	Аустро-Угарска војска. Пораз и повлачење Аустрије. Feldcaigmeister Оскар Поћорек. Слом Аустро-Угарске војске са савезницима.
<i>1917. г.</i>	Краљевина Срба, Хрвата и Словенаца. Уједињење Војводине са Србијом.	Пропаала идеја о триализму Аустро-Угарске са словенским народима.
<i>КПЈ, КПМ</i>	Основана КПЈ (1919). Од 1952 (СКЈ). Јосип Броз Тито на челу ЦК КПЈ (1937).	Основана КП Мађарске (1918). М. Ракоши (1946), Јанош Кадар (1962).
<i>1919. г.</i>	Преговори о миру у Паризу и околини.	Мађарска Совјетска Република (Бела Кун) срушена интервенцијом Антанте.
<i>1920. г.</i>	Версајски мир	Распад Хабсбуршке монархије. Територија Мађарске смањена. Режим Хортија.
<i>1921. г.</i>	Југославија, Чехословачка и Румунија формирале Малу Антанту.	Репресије фашистичког режима регента Хортија.
<i>1939. г.</i>	Непопуларна Влада Драгише Цветковића.	Мађарска приступа Тројном пакту.
<i>1941. г.</i>	Фашистички напад на Југославију.	У нападима учествује и Мађарска која добија Бачку, Барању и Међумурје.
<i>1941-45. г.</i>	Други светски рат .	Мађарска без већег отпора фашизму.

	Београд бомбардован 6 априла 1941. г.	Будимпешта није бомбардована.
1945. г.	Ослобођење.	Улаз Црвене Армије у Мађарску. Народна влада објавила рат Немачкој.
После 1945. г.	Неопредељеност. Покрет несврстаности. Модел самоуправног социјализма.	Варшавски пакт. Социјализам совјетског модела.
1948. г.	Резолуција информбироа. Граница према Мађарској затворена.	Понашање Мађарске према диктату Совјетског савеза (групе на граници).
1955. г.	Комуне у управљању. Самоуправљање.	Постаје члан Варшавског пакта.
1956. г.	Самоуправљање. Раднички савети. Осуда интервенције СССР у Мађарској.	Револуција противу Стаљинизма. Совјетске групе ушле у Будимпешту.
1990. г.	Почетак кризе и распада. <i>Високе информационо--комуникационе технологије. Чланство у EMUG (YUMUG)</i>	Мађарски Демократски Форум. <i>Високе информационо--комуникационе технологије. Чланство у EMUG (HMUG)</i>
1991. г.	PHARE-програма Европске уније. <i>Број TEMTUS-пројеката: 63 Србија (20), Словенија (22), БиХ (2), Хрватска (15), Македонија (3), ЦГ (1), СИМ OSA Interest Group (ESPRIT 688).</i>	PHARE-програма Европске уније. <i>Број TEMTUS-пројеката: 95 Не учествује</i>
1992. г.	Санкције Савета безбедности УН.	Совјетске групе напустиле Мађарску.
1994. г.	Хиперинфлација. Аврамовићев програм.	Тражи чланство у ЕУ.
1996. г.	Изборне крађе. Студентски протест '96/97. Грађански протест.	Мађарска позвана у ОЕЦД.
1998. г.	Framework-програма истраживања (FP5) <i>Европска FP5 конференција (Гетеборг) 2 учесника</i>	Framework-програма истраживања (FP5) <i>Европска FP5 конференција (Гетеборг) 1 учесник</i>
1999. г.	Рат противу НАТО. <i>ICDE светска конференција (Беч) за Distance Education. 2 учесника.</i>	Чланство у НАТО. <i>ICDE светска конференција (Беч) за Distance Education. 15 учесника.</i>
2000. г.	Демократске промене у Србији. ДОС има две трећине мандата у Скупштини. СРЈ поново примљена у Уједињене нације.	Развојни пут ка европским интеграцијама. Преговори о пуноправном чланству у ЕУ.
2001. г.	Изабрана нова реформска Влада Србије. Председник Владе је Зоран Ђинђић.	Развојни пут ка европским интеграцијама. Преговори о пуноправном чланству.
2003. г.	Уставна повеља о државној заједници Србија и Црна Гора. Председник Светозар Маровић. Убијен је премијер Зоран Ђинђић.	Развојни пут ка европским интеграцијама. Преговори о пуноправном чланству у ЕУ.
2004. г.	Председник Србије је Борис Тадић. Премијер Владе је Војислав Коштуница.	Мађарска постаје пуноправни члан Европске уније. Визе за грађане СЦГ.
2005. г.	Студија изводљивости. Преговори о стабилизацији и придруживању ЕУ. Резолуција Савета Европе о мањинама.	Границу Мађарске и Србије напушта Војска СЦГ. На међу-границама само полиција. Незадовољство инцидентима у Војводини.

Из табеларног приказа се види да су обе земље и њихово становништво током својих дугих историја на Балкану, као раскрсници путева многих сила и народа, имале судбоносне успоне и падове. Чињенице из прошлости нису само за препричавање, било да се хвалишемо или да се јадамо. Оне служе да се из те перспективе сагледа будућност и предвиде просперитетни кораци. Једино сталне промене у нашој земљи и отвореност према свету могу да промене наш садашњи негативни тренд развоја. Изгледа да само нама није јасно да ли то и заиста желимо! Или бар да знамо чега се то плашимо у процесу европских интеграција, овако дезинтегрисани са порозном јужном границом, са две валуте и неколико химни!

4. ПЕРСПЕКТИВА ЕВРОПСКОГ ИНТЕГРАЦИОНОГ ПРОЦЕСА

Интеграциони кораци до сада нису, нити могу да се спроведу 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. Спутување 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".

Према извештају *Лондонског центра за европску реформу* за 2005. годину, Данска је на првом месту у остваривању циљева које Европа треба да достигне до 2010. године. Показатељи привредног напретка земаља чланица су: *Продуктивност рада по запосленим, Стопа запослености (укупно, за жене и за старије особе), Ниво образовања младих (20-24 године), Процент 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 бајте, Енергетска интензивност, као и Обим транспорта.*

5. ЗАКЉУЧАК

Европска интеграција је комплексан и дугорочан процес који је неповратан и који мора да буде комплетан интеграцијом свих земаља. Приликом задњих неколико промена председништва у Европској унији (Грчка, Италија, Ирска, Велика Британија, Аустрија) увек је истицана неопходност да Балкан комплетно буде интегрисан у Европу. Европа не сме да поново афирмише ранију идеју тзв. "гвоздене завесе" која ће је делити као граница. Зона слободе и просперитета мора да укључи целу Европу флексибилним интегрисањем преосталих земаља и праведним решавањем пратећих проблема.

За Србију и Црну Гору Европа је 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. Поставља се питање каква је наша интеграција у Европу са губитком од скоро 400.000 образованих младих људи без којих је Србија остала из познатих разлога.

Неодложно прилагођавање и Србије и Црне Горе 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. Неопходно је да се искористи флексибилност у пријему земаља различитом брзином како би се ухватио корак са Румунијом, Бугарском и Хрватском и одржао историјски статус водеће регионалне силе. 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 [16].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Спасић, Ж., *Европске интеграције – Од идеје до данашњих дана*, Научни скуп "Трансфер технологије за европску Србију" поводом сећања на професора Радојицу Дубоњића, Машински факултет, Београд, 2006, стр. 149-170.
- [2] Weidenfeld, W., Wessels, W., *Europa von A bis Z*, Taschenbuch der europäischen Integration, Europa Union Verlag GmbH, Bon, 2002.
- [3] Batt, J., *The EU's New Borderlands*, Centre for European Reform, London, 2003.
- [4] European Council, *Thessaloniki Agenda for Western Balkans: moving towards European integration*, Thessaloniki, 2001.
- [5] Porto Carras Document, *EU – Balkan countries Cooperation in Science and Technology*, Porto Carras, 2003.
- [6] Ministry of Foreign Affairs, Hellenic Republic, *Greek EU Presidency's priorities for the Western Balkans region*, Conference "The Greek Presidency's Balkan-European process: Where do we go from here?", Porto Carras, 2003.
- [7] Sighele, D., *Integration of Western Balkans in the EU? It risks not to being a priority for the Italian semester*, Conference "The Greek Presidency's Balkan-European process: Where do we go from here?", Porto Carras, 2003.
- [8] Koulouri, Ch., *Clio in the Balkan – The Politics of History Education*, Centre for Democracy and Reconciliation in Southeast Europe, Thessaloniki, 2002.
- [9] Јиричек, К., Радонић, Ј., *Историја Срба*, Културна историја, Књига II, Слово Љубве, 1978.
- [10] Ћоровић, В., *Историја Срба*, Књиге 1-3, Београдски издавачко-графички завод, Београд, 1989.
- [11] Просвета: *Историја народа Југославије*, Књига II, XVI – XVIII век, Београд, 1960.
- [12] Знање - Накладни завод: *Приручни лексикон*, III проширено издање, Загреб, 1967.
- [13] Просвета: *Општа енциклопедија*, Књиге 1-2, Београд, 1972.
- [14] Британика: *Енциклопедија Британика*, Књиге 1-10, Сажето издање, Политика - Народна књига, 2005.
- [15] Ћоровић, В., *Илустрована историја Срба*, Књиге 1- 6, Политика – Народна књига, Београд, 2006.
- [16] Спасић, Ж., Недељковић, М., Бошњак, С., Обрадовић, А., *Машински факултет Универзитета у Београду – Мисија на путу ка европској интеграцији*, Машински факултет, Београд, 2003.

Ž. Spasić

EUROPEAN INTEGRATIONS – DESTINY OF DESINTEGRATED SERBIA, Keynote paper

Abstract. *Who's afraid of European integrations? Sleepy university or disoriented industry under the influence of politicians without strategy and vision? We are not able to find our way out, even if we have no alternative way to the European integrations. We lost all comparative advantages we have had after the World War II, comparing with many countries in Europe. It is necessary to analyse the process of the European integration, from the first idea until nowadays. A comparing review of events with neighbouring country Hungary is also the illustration of our disorientation during the time and in the space we live. It is easy to see others as culprits for all our problems. But, it seems to be difficult to make right decisions, with interest for all of us. As the conclusion of the paper there is some optimism to compensate the lost time in the European integrations.*

Key Words: *European Union, European integration, Regional collaboration, University, Industry*

Miodrag Bulatović¹

INVESTICIONI AMBIJENT U PROCESU EVROPSKIH INTEGRACIJA

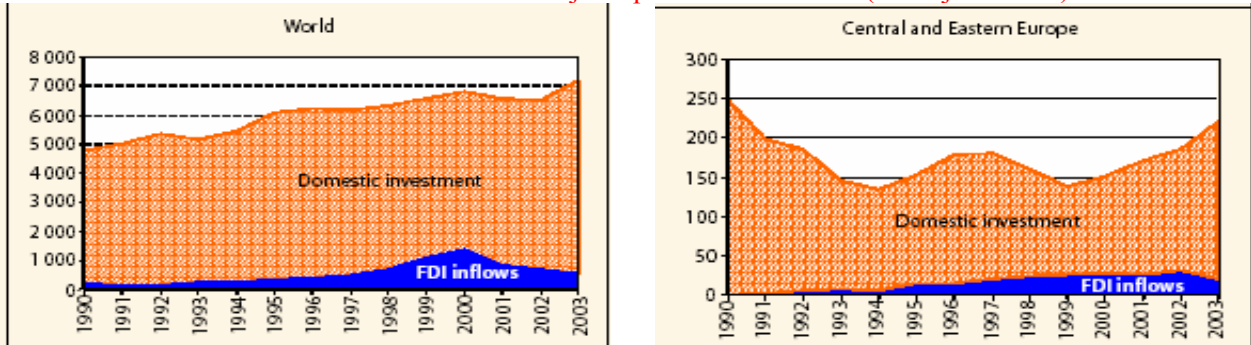
REZIME

Strane direktne investicije (SDI) predstavljaju jedan od najvažnijih instrumenata posredstvom kojih nacionalna ekonomija ima mogućnost za povećanje proizvodnje, uvoz know how-a, rast zaposlenosti, poboljšanje infrastrukture, smanjenja siromaštva. Privilegija potenciranja ovih sredstava u strategiji privrednog rasta više ne pripada zemljama u razvoju, danas su i razvijene zemlje zabrinute zbog velikog pada SDI. U tom pravcu politika SDI u svijetu ide uzlaznim trendom liberalizacije režima upliva SDI i stvaranja agencija za prepoznavanje i kontaktiranje potencijalnih investitora. Mlade tranziciona ekonomija, moraju da se brzo prilagođavaju trendovima u okruženju u cilju poboljšavanja svojih pozicija za privlačenje stranog kapitala. Strani investitori će biti privučeni i sa nastavkom i intezifikacijom procesa privatizacije u manjim zemljama Centralno-Istočne Evrope (Rumunija, Bugarska, Bosna i Hercegovina, Albanija, Hrvatska, BJR, Srbija i Crna Gora) gdje će se najviše ulagati u još uvijek neprivatizovana preduzeća u oblasti proizvodnje i usluga.

1.SVJETSKI TREND OVI KRETANJA MEĐUNARODNOG KAPITALA

Kada su u pitanju direktne strane investicije (SDI) na svjetskom tržištu u 2003. došlo je do opadanja **priliva SDI** za 18 % (560 milijardi \$), nadovezujući se na opadajući trend koji je započeo poslije 2001., kada je na trzistu SDI došlo do izrazitog pada od 41% (sa 1.4 biliona \$ na 818 milijardi \$), koji se nastavio u 2002. od 17% (679 milijardi \$). Danas, SDI iznose 8% domaćih investicija na globalnom nivou, pri čemu je taj procenat nešto viši u zemljama Centralne i Istočne Evrope zaslugom procesa privatizacije i pridruživanja EU (nekih od njih), koji je aktuelan na tom prostoru.

Prikaz 1: Odnos SDI i domaćih investicija za period 1990.-2003. (u milijardama \$)



Izvor: UNCTAD, 2004;

Kao **glavne uzroke globalnog pada SDI** u periodu 2000-03.g. UNCTAD navodi makroekonomske, mikroekonomske i institucionalne promjene. Na makroekonomskom planu većina zemalja imala je nedovoljan privredni rast, što je uslovalo opreznije ulaganje stranih investitora.

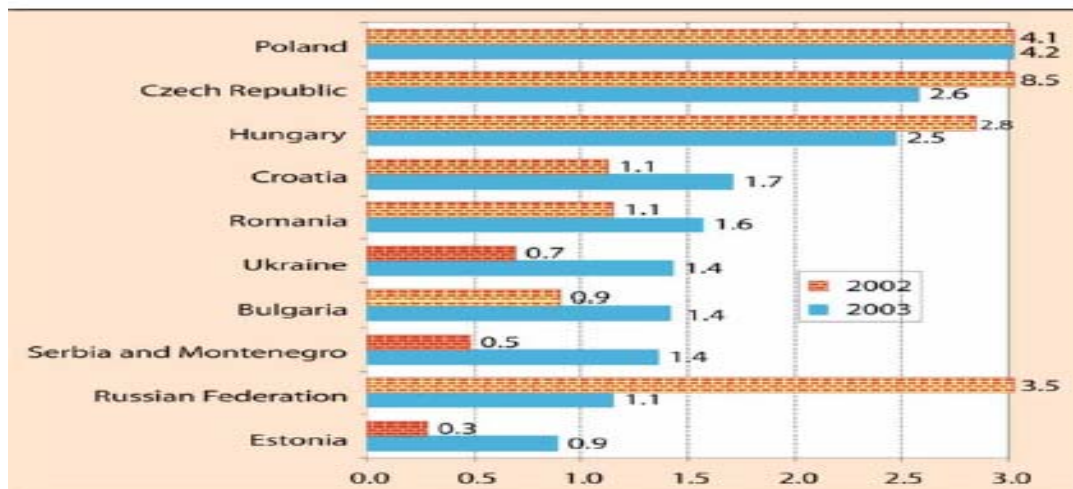
1.2.1 Centralna i istočna Evropa

Pad direktnih investicija u zemljama Centralne i Istočne Evrope (CIE) koji se suprotno od prognoza UNCTAD-a desio u 2003., objašnjava se završetkom privatizacije u Češkoj Republici i Slovačkoj, koje su bile glavni korisnici SDI sredstava. Međutim, nove tzv. “Greenfield “ industrije koje su predstavljale glavne oblasti ulaganja u Češku i Slovačku u 2003., nisu uspjele svojom veličinom da zamjene SDI uplive koji su ulagani u postojeće firme teške industrije ovih zemalja. Automobilska industrija Toyota (Česka) i Hyundai (Slovačka), koji su se stacionirali u ovim zemljama, izazvaće dalje uplive FDI u 2005. i 2006.. Što se tiče ostalih zemalja CIE kada su u pitanju SDI u 2003. došlo je do pada sa 9 na 8 milijardi \$ pri čemu eksperti UNCTAD-a i pored ovog pada u daljem periodu očekuju rast SDI ulaganja u ovim zemljama.

Kada govorimo o zemljama Jugoistočne Evrope primjećen je dalji porast SDI (Rumunija, Bugarska) koji sada čini 45% SDI u zemljama CIE, a predstavlja posljedicu privatizacionog procesa koji je aktuelan u ovim

¹ Prof. dr Miodrag Bulatović, akad. JINA, Mašinski fakultet u Podgorici, e-mail: bulatovm@yahoo.com

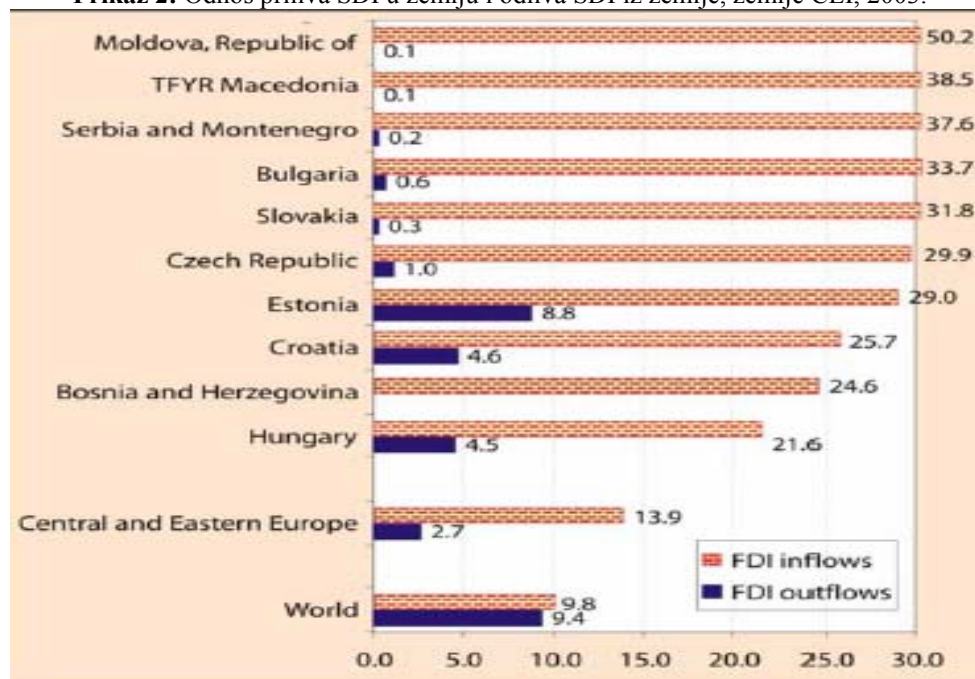
zemljama, a koji je mnogo manji od privatizacije u Češkoj i Slovačkoj. Srbija i Crna Gora predstavlja zemlju koja zajedno sa Makedonijom i Moldavijom imaju najveće učešće SDI u bruto nacionalnom fiksnom kapitalu koji se opravdava malom veličinom ovih ekonomija.



*Izvor: baza podataka UNCTAD, FDI/TNC (www.unctad.org)

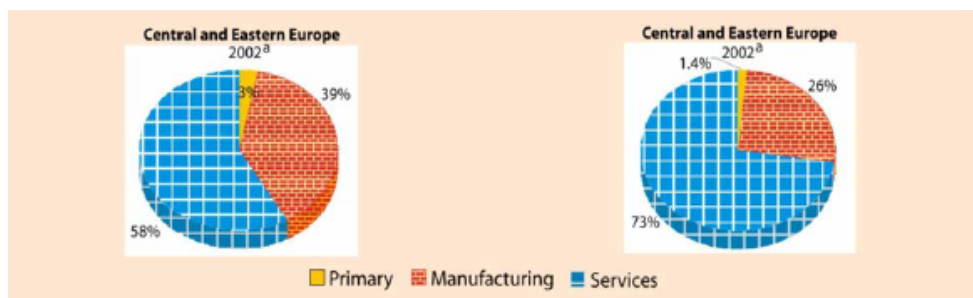
Sl.2: Pregled 10 zemalja – najvećih primaoca stranih direktnih investicija u periodu 2002.- 2003. (u milijardama \$)

Prikaz 2: Odnos priliva SDI u zemlju i odliva SDI iz zemlje, zemlje CEI, 2003.



*Izvor: baza podataka UNCTAD, FDI/TNC (www.unctad.org)

Kada govorimo o strukturnim promjenama ulaganja SDI u zemlje CIE prvo zapažanje je se SDI sve više usmjeravaju na **uslužne djelatnosti** (bankarstvo, telekomunikacije).



Sl.3: Sektorska distribucija SDI u zemlje CIE (Uporedni podaci 1990. & 2002.)

5. SDI I INDUSTRIJSKI POTENCIJALI U CRNOJ GORI

SDI u Crnu Goru - U Crnoj Gori u 2003. došlo do pada SDI od 32% u 2003.g. u odnosu na 2002.g., sa 74.26 miliona \$. na 50.5 miliona \$. Obzirom da je Crna Gora mala ekonomija, značajan pad SDI se objašnjava činjenicom da je u toku 2002., čak 75% SDI priliva ostvareno po osnovu priliva od prodaje Jugopetrola. Što se tiče trenda sektorskog ulaganja, SDI u Crnoj Gori su takođe pratile trend koji je karakterističan za zemlje CIE. U toku 2003. najviše SDI je bilo u oblasti usluga 54%, finansijskih institucija 28%, proizvodnje 5% i Greenfield projekata 3%.

Tabela 1: Strane direktne investicije (SDI) u Crnoj Gori u 2003 (u USD)

	Ukupno	Novi objekti	Postojeći objekti
SDI u proizvodne djelatnosti	2,456,010.49	1,328,107.05	1,127,903.44
SDI u uslužne djelatnosti	28,013,173.98	259,886.45	27,753,287.53
SDI u finansijske organizacije	13,967,006.03	-	13,967,006.03
Prodaja nekretnina	6,075,082.82	-	6,075,082.82
UKUPNO	50,511,273.32	1,587,993.50	48,923,279.82

Izvor: statistika platnog prometa sa inostranstvom CBCG za 2003.g.

Industrijski potencijali u Crnoj Gori se uglavnom zasniva na postojećim resursima i najveće učešće ima rudarsko-energetsko-metalurški reprolanac. Postojeći resursi daju osnovu za mnogo razvijeniju prerađivačku industriju od postojeće.

Crna Gora raspolaže sa kapacitetima za proizvodnju 400.000 tona sirovog čelika, 800.000 tona crvenog boksita, 280.000 tona glinice, 100.000 tona aluminijuma, 45 - 50.000 tona morske soli, 2.000.000 tona mrkog lignitnog uglja, i 250.000 tona mrkog uglja a elektroenergetski kapaciteti (Hidroelektrane Perućica i Piva i Termoelektrana Pljevlja) proizvode oko 3. milijarde KWh godišnje.

Bazna privredna struktura dopunjena je kapacitetima u metaloprerađi, mašinogradnji, preradi drveta, tekstilnoj i hemijskoj industriji, industriji kože i obuće, konfekciji, industriji bijele tehnike, industriji građevinskih mašina i šumske mehanizacije i značajnim kapacitetima građevinske operative.

U Crnoj Gori postoje značajni kapaciteti industrijske prerade i dorade poljoprivrednih proizvoda: klanice, fabrika prerade ribe, mlinovi za žito sa silosima, mljekare, pekare, fabrike piva i sokova, fabrike za preradu voća, kapaciteti za preradu grožđa i vinski podrumi, preradu ljekovitog bilja, fabrike za proizvodnju cigareta i konditorskih proizvoda, preradu kafe itd.

Da bi se postojeći kapaciteti stavili u funkciju, neophodno je da se putem rekonstrukcije, stečaja, kao i procesom privatizacije obezbijede novi vlasnici, tj. nove investicije.

Crna Gora posjeduje ogromno **rudno bogatstvo**. U Pljevaljskom bazenu nalaze se rezerve oko 205 miliona tona mrko-lignitnog uglja, pri čemu su eksploatacione rezerve oko 175 miliona tona. U Berankom bazenu, takođe, postoje značajne zalihe mrkog uglja. Procjenjuje se da su eksploatacione rezerve oko 17 miliona tona. S tim u vezi, razmatra se izgradnja drugog bloka TE Pljevlja, snage 210 MW, i prosječne godišnje proizvodnje 1100 GWh. Razmatra se i mogućnost izgradnje termoelektrane-toplane Berane.

Crna Gora ima značajne mogućnosti u korišćenju alternativnih izvora energije: sunčeva energija, energija vjetra, biomasa.

Ipak, kao što se vidi iz tabela 1, strane direktne investicije (SDI) u Crnoj Gori u 2003 usmjerene su uglavnom na uslužne djelatnosti. Da li je to nepovjerenje stranih investitora u proizvodne sposobnosti i eksploataciju rudnih bogatstava, što se, s obzirom na tehnološku zaostalost posljednjih 15 godina, može razumjeti? Da li je to neatraktivna količina proizvodnje i prometa, osim u slučajevima Kombinata aluminijuma, Željezare, Jugopetrola i još par većih preduzeća, što nije provlačno za strane investitore? Da li je iznuđena privredna politika zemlje? Ta i druga pitanja za sada ostaju u domenu nagađanja ili možda i ne nagađanja.

6. PRIORITETI ZA RAZVOJ BIZNISA I INVESTIRANJE

U skladu sa OECD – IC instrumentima i izvorima, **mreža Saveza stranih investitora Jugoistočne Evrope** je identifikovala **osam najprioritetnijih reformi** koje reprezentuju osnovne prepreke za razvoj biznisa i

investiranje, a koji su uglavnom zajednički za svne strane investitore u zemljama jugoistočne Evrope. Ti prioriteti su:

1. **Pojednostaviti regulativu** - procedure u oblasti urbanističkih I građevinskih nadležnosti,
2. **Pojednostaviti procedure registracija** preduzeća,
3. osnovati i/ili realizovati **rezervne fondove za finansijsku podršku** i podsticaj za mala i srednja preduzeća,
4. **Unaprijediti zakonski okvir za mala i srednja preduzeća**,
5. Osnovati **nezavisna tijela za konkurenciju i regulativu**,
6. Unaprijediti **zakonski okvir za konkurenciju i upravljanje u javnim i privatnim preduzećima**,
7. Usvojiti i implementirati **zakonske propise o konfliktu interesa** među funkcionerima,
8. Uvesti i implementirati **transparentne procedure**, ograničiti diskreciono pravo u administraciji i ojačati ovlaštenja i sredstva agencija za borbu protiv korupcije.

7. KONSTATACIJE I ZAKLJUČNE OCJENE

Na bazi prethodne analize, moguće je definisati nekoliko osnovnih konstatacija vezano za ocjenu ukupnog investicionog ambijenta u Crnoj Gori, što se može odnositi i na Srbiju:

1. **Trendovi SDI** - Kada su u pitanju dosadasnja kretanja SDI ona su pratila trend koji se dešavao u zemljama Centralne i Istočne Evrope. Proces privatizacije u ovim zemljama i pad prosječne stope profita razvijenih zemalja uslovio je priliv SDI iz razvijenih zemalja u zemlje CIE i Jugoistočne Azije. Analitičari OECD-a smatraju da je za podsticanje priliva SDI u zemlju najvažnije: 1. preciznije ciljanje potencijalnih investitora, 2. dodatne podsticajne mjere, i 3. dalja liberalizacija. **Priliv SDI u zemlje CIE sve je veći u sektoru usluga.**
2. Najznačajnije zemlje investitori po obimu ulaganja bile su Grčka 45.5 miliona eura, Slovenija 12.8 miliona eura i Rusija 3.3 miliona eura.
3. **Perspektive SDI** - eksperti UNCTAD-a projektuju poboljšanje priliva SDI u 2004-05. godini, a veličina priliva će zavisiti prvenstveno od iznalaženja strateških investitora za preduzeća u kojima će se vršiti privatizacija.
4. **Zakonska regulativa i rast kapaciteta institucija** - poslovni ambijent je značajno pobošljan tokom poslednjih nekoliko godina. Usvojeno je niz zakona koji su usaglašeni sa standardima EU, i koji su postavili dobar institucionalni okvir za podsticanje ulaganja i sprovođenje ekonomske politike u cjelini čiji okvir daje strateški dokument (Agenda ekonomskih reformi u Crnoj Gori).

INVESTMENTS AMBIENT IN PROCESS OF EUROPIAN INTEGRATION

RESUME

Direct foreign investments (DFI) are one of the most important instruments for improving of national economy and production, growing of employment rate, importing of know-how, decreasing of poverty and improving of infrastructure. Foreign investments are not important only in developed countries. So called "rich countries" are worried about big decrease of DFI and their strategy for development is focused on making an effective instruments for DFI attraction. Today, FDI policy is based on liberalisation of market and creating of special agencies for contact with potencial investors. Young economies in transition have to be conformed to modern trends because of improvement of its positions for foreign investments attraction. Foreign investors will be attracted by countinuing of intensive privatisation process in smaller countries (Romania, Bulgaria, Bosna and Herzegovina, Albania, Croatia, Macedona, Serbia and Montenegro). This is area for the biggest investments in companies which are not yet in process of privatization (mostly in production and servicies companies).



32. JUPITER
konferencija
Zlatibor 2006

TEMATSKI FORUM

V. Milačić¹

**NACIONALNA STRATEGIJA SRBIJE ZA ULAZAK U EVROPSKU UNIJU
– Nomenklatura za strategiju**

¹ Prof. dr Vladimir R Milačić, redovni profesor u penziji, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd.



MANUFUTURE IN SERBIA ?

Prof. dr Vidosav D. MAJSTOROVIĆ, Mr. Tatjana ŠIBALIJA¹

Summary:

This paper represents elaborated Manufuture vision towards a Strategic Research Agenda (SRA) – the roadmap for European industrial transformation, with prioritised technology and research areas, requirements and implementation plans for initiatives/activities.

It also considers possibility to initiate Manufuture Cluster in Serbia, based on experience of such initiatives at European level, EU Members States levels – national and regional levels, taking in account specific conditions, requirements, limitations and needs of manufacturing industry in Serbia.

Key words: *Manufuture, Strategic Research Agenda, European Technology Platform, ...*

1. INTRODUCTION

The *Manufuture* initiative was officially launched by the *European Commission* in December 2003 at a conference held in Milan, Italy, with the stated aim of catalysing dialogue on scientific, technological, organisational and industrial issues related to manufacturing. It was triggered by a widespread concern about the intense and growing pressure from overseas competitors. A high level group of European industry experts has prepared a vision document as part of the preparation for a *Technology Platform* covering the future of manufacturing in Europe. The *MANUFUTURE* vision is to transform European manufacturing from a resource-intensive to a knowledge-intensive, innovative sector with all the strengths necessary to achieve and maintain leadership in the global marketplace.

Manufuture represents the broad horizontal European initiative creating high level synergy between the vertical sector- or technology-specific action plans and the Technology Platforms, that are already in place -or under preparation- to respond to the purpose of assuring Manufacturing in Europe at EU, national and regional level.

The importance of manufacturing activities to Europe are proven through the facts - as the source of 75% of EU GDP and 70% of direct and indirect employment. The economic importance of sustaining a strong manufacturing base in Europe is indicated by the fact that it provides jobs for around 27 million people, and produces an added value exceeding €1 300 billion from 230 000 enterprises with 20 and more employees (2001). Some 70% of this total derives from six main areas – automotive engineering, electrical and optical equipment, foodstuffs, chemicals, basic and fabricated metal products, and mechanical engineering [1]. But, from the other side, research investment continues to lag behind that of the USA and Japan. The next issues are: how to use the structural funds to drive research and innovation; how to improve SMEs' access to funding; and how to persuade industry and academia to forge stronger links by operating in new networks and clusters. In the high - tech sector, especially, other developed economies pose the greatest threat. On the other hand, manufacturing in more traditional sectors (mature sectors) is increasingly migrating to low-wage countries such as China and India. And these, too, are rapidly modernising their production methods and enhancing their technological capabilities [1].

¹ Prof. dr Vidosav D. MAJSTOROVIĆ, Mr. Tatjana ŠIBALIJA
MEF, Belgrade, Serbia

2. MANUFACTURE STRATEGIC RESEARCH AGENDA

According to *MANUFACTURE – A VISION FOR 2020*, new business models will be required, in which [1]:

- Much closer coordination exists between the demand and supply sides;
- Self-sustaining innovation permits efficient uptake of new technologies in parallel to the development of new products – thereby reducing time to market;
- Sharing of knowledge within and between organisations becomes the norm;
- Supply chains take the form of flexible collaborations, networks of specialised small and medium-sized enterprises (SMEs) and ‘virtual enterprises’;
- Well-defined work procedures and specifications are commonly used to maximise efficiency;
- Social, environmental and economic considerations get equal weight in decision making; and
- Provision of services, rather than the outright supply of goods, facilitates the transition towards sustainability.

The competitive and sustainable reaction to such challenges is seen in terms of FIVE PILLARS and their associated enabling technologies.

In the medium-term – i.e. up to the 2015 time horizon of the *Manufacture* vision – foresight studies indicate both demand and opportunities for manufacturing. In summary, the main drivers of change are [1]:

- competition, especially from emerging economies,
- the shortening life cycle of enabling technologies,
- environmental and sustainability issues,
- socio-economic environment,
- regulatory climate,
- values and public acceptance,

The competitive and sustainable reaction to such challenges is seen in terms of five pillars and their associated enabling technologies [1]:

- new, added-value products and services,
- new business models,
- new advanced industrial engineering,
- new emerging manufacturing science and technologies,
- transformation of existing R&D and education infrastructure to support world-class manufacturing.

2.1 New, added-value products and services

To improve European products/services competitiveness, European products must evolve into high-added value product/services. According to this, emphasises are on:

- continuous innovation in manufacturing processes as well as in products;
- increase Engineering and Design strengths, as the main European advantages, by enhancing science and R&D position;
- enabling technologies, such as innovative materials (smart materials, intelligent and adaptive structures), nanotechnologies, ICT and mechatronics, and incorporate them into product designs;
- customised and with short delivery times products – to fulfil and even exceed customer’s expectations, regardless of their geographical location; the business focus will increasingly shift from designing and selling physical products only, to selling a system of products and services (described as ‘product/services’ or ‘extended products’) that are jointly capable of fulfilling specific users’ demands;
- life-cycle orientation, to gain more opportunities for innovation and market development, more and longer-term customer relationships and better feedback from consumers.

2.2 New business models

Changes required in business models are:

- Strategic competitive response of the individual firm to the market to determine how the business generates revenue.
- Visible changes:
 - Globalisation and leaning of the supply chain,
 - Transition from products to services,

- Reduction in vertical integration in large businesses,
 - Increasing collaboration of small businesses in networks,
 - Environmental drivers emphasise whole life cycle view,
 - Opportunities to leverage European culture and traditions.
- Need also to reap business benefit of new science and emerging markets to create new businesses, industries and sectors.

The environmental perspective will modify business models by emphasising the whole product life cycle. With the continuing globalisation of manufacture and the political integration of an enlarged EU, there is a need for European manufacturing Industry to enhance its business models, to:

- identify and exploit new opportunities for maximising value in the product life cycle;
- embrace global change in industry and business structures and their value systems;
- establish partnerships for economically sustainable manufacturing in an enlarged Europe that works with the rest of the world;
- understand how to realise and supply manufacturing and other technology/knowledgebased services;
- embrace innovation and entrepreneurship as the routes to successful and secure business growth;
- recognise the product opportunities that emerging markets and new global science offer for the growth of manufacturing businesses.

2.3 Advanced industrial engineering

For European industry to play a leading role at global level based on the RTD-to-market value chain, the factory itself has to be approached as a new and complex type of product with a long life cycle, but able to adapt continuously to the needs and requirements of markets and economic efficiency [1].

New complex products and process, together with production systems, will be developed through efficient reuse of technical/scientific, business, and process knowledge to make accurate decisions. Shared knowledge of material and process properties and their interactions will support optimised process design and total understanding of complex transformations and interactions at the micro- and macro-levels [1]. Creating new markets/industries, or gaining share in existing markets, will come through radical science-based product innovations (comparable in impact to the. walkman, cell phone, jet engine, semiconductor, laser, etc.) [1].

Enterprises will seamlessly interconnect between their internal functions, and with external partners and stakeholders. This will permit operation of open, complex distributed engineering and supply chains and extended enterprises that function as integrated entities. Networking will improve the efficiency of information exchange in terms of inventory levels and production/delivery schedules. The research focus will be upon [1]:

- adaptive network, systems, machines, intelligent controls and functional elements and partial autonomy;
- interoperability and ongoing standardisation efforts that benefit Europe's 'open' approach;
- integrated and product life-cycle-oriented ICT infrastructures, providing the means for secure and reliable communication in terms of both space and time; methods and tools for knowledge management and collaborative environments related to either products, processes and markets.

2.4 New emerging manufacturing science and technologies

Future advances will derive from fundamental knowledge of processes, and the successful incorporation of that knowledge into intelligent solutions. These will enable manufacturing systems to transcend current technical limitations in order to reach higher levels of performance and efficiency in terms of [1]:

- new product properties (dimension, flexibility, deformation, bending);
- production scalability/volumes;
- production speed, cost and quality;
- energy and materials consumption;
- operating precision (zero defect rates); and,
- waste and pollution management.

Pursuing specific objectives by R&D can give rise to desirable new product characteristics, such as the reduction of weight – often leading to reduced energy consumption – through the use of new materials, new design and new bonding technologies. Many more product functionalities can be improved by manufacturing technologies. Other functions depend on optimisation of the reproducibility of production. Overcoming

current manufacturing limitations by introducing new manufacturing sciences and technologies will help to drive innovation towards new industrial capabilities and the sustainable business of the future.

2.5. Transformation of existing R&D and education infrastructure

As the basis to attain strategic target N.7, European wide cooperating RTD infrastructure, systems and education should:

- favours collaborative research efforts for manufacturing excellence,
- promotes technology transfer and market take-up of R&D results,
- provides competitive technical assistance,
- improves long-life learning and re-training of aging work force and displaced workers.

Major RTD actors in this dynamic knowledge value-adding network are [1] :

- universities, where basic scientific and technical education and training takes place;
- research centres, in which graduate and postgraduate students can to gain confidence and build mature experience in dealing with new sciences and technologies;
- applied research organisations, providing professional know-how transfer by means of projects or knowledge transfer, in solving real problems of manufacturing and with researchers moving from institutes into enterprises;
- knowledge-intensive SMEs (e.g. spin-offs), which can transform the knowledge produced by applied research into products and services for manufacturing industry;
- manufacturing enterprises, equipped to incorporate the knowledge acquired along the value chain into products and processes with the qualities needed to support enhanced competitiveness.

3. IMPLEMENTATION OF SRA

The approaches used for the necessary transformation of European industry, and of the related RTD and educational infrastructures, and the results obtained can be transferred to sectoral domains, under headings that correspond to each of the five pillars, according to their specific needs.

Two pillars dedicated to implementation of SRA are:

- Collective action - encouraging pan-European convergence between regional centres of industrial competitiveness, by coordination of policies, high level R&D and standardisation at the European level; support of SMEs, education and adaptation of national regulations.
- The SMEs - create an environment for local actions such as technology transfer, aid to SMEs and cluster formation at the regional level.

4. SME and MANUFUTURE SRA

The effectiveness of the *Manufuture* research agenda for industrial transformation and for enhancing the capability of European regions to attract high value manufacturing industry even from outside Europe is highly dependent upon the readiness of European industry (the majority of which is composed of SMEs and other companies with less than 500 employees) to adapt continuously to change in an open, dynamic and global industrial economic environment [1]. Three criteria of excellence define the ability of organisations to enhance their management of performance within the results-oriented framework that would be created by widespread take-up of this SRA [1]:

1. Delivery of ever-improving value to customers, contributing to greater marketplace success;
2. Improvement of overall effectiveness and capabilities such as networking, adapting and knowledge acquisition;
3. Continuous learning by organisations.

The starting point will be the definition of the new higher-added-value products and services that will be the outcomes of industrial transformation.

Next, innovative models of production will be required, in order to enable new factories effectively to deliver such products. This will demand [1]:

- new business models;
- a new culture of advanced industrial engineering;
- emerging manufacturing sciences and technologies.

According to Figure 16, SMEs are key to the Transformable Enterprise Unit.

In this sense, innovative SMEs is priority, due to the following facts:

- Innovative SMEs are of outstanding general importance; They will reinforce the ability to achieve:
 - rapid and reliable progress,
 - from research results towards marketable products;
- They are essential links in the value-chain;
- They are essential in EMIRA (*European Manufacturing Innovation and Research Area*).

SMEs should be considered an integral part of the manufacturing organism everywhere in the SRA.

According to this premise, requests for SMEs are:

- essentiality in an effective industrial transformation,
- they should be ready to adapt continuously to change,
- they should develop in-built capability to transform rapidly to changing business conditions,
- they should be responsive enough to be the glue to integrate networks.

4.1. Innovative SMEs

The research output of innovating SMEs is a key value-adding component of the SRA.

Innovative SMEs can function in a new knowledge-based world, with following concepts:

- to test, validate and demonstrate solutions suitable for other small enterprises,
- new Innovating SME platforms,
- with possible virtual factory concepts.

In the new advanced industrial engineering, these would test and clarify the environment of innovating production, as well as whether the deployment of innovating production could cope with growing complexity of network operations transform in a robust and application-oriented environment.

SMEs are the critical component of the European manufacturing fabric. According to this, it is necessary to provide:

- integrated set of actions at EU and Member State Level,
- favourable framework conditions to do all of this,
- challenging schemes at educational level.

5. MC SERBIA

European industries and research providers achieve high levels of productivity in delivering, transferring and exploiting research outputs through co-ordinated and collaborative partnership schemes, according to following [1]:

1. The *Manufuture* initiative advocates the promotion of change towards manufacturing paradigms with high industrial application and value-generation potential, with particular respect to:
 - life-cycle orientation of the manufacturing industries;
 - implementing knowledge in products, processes, enterprises; and,
 - development of product/process-oriented services.
2. The setting of favourable framework conditions depends upon:
 - a blend of basic, sector-specific and regionally focused application-oriented research in:
 - new business models;
 - advanced industrial engineering;
 - emerging manufacturing science and technologies;
 - development of a cost effective and robust shared research infrastructure capable to deliver results according to the current and future needs of Europe's manufacturing industry.
3. Because RTD processes are long and complex, involving several layers of society, an integrated set of actions is required at national level. In addition to pan-European efforts, national and regional authorities must participate, either independently or in a complementary manner, by
 - fostering the creation of clusters (sector, technological or other) at national and/or regional level, creating local research and transfer nodes/centres of excellence, and integrating SMEs into networks. These can then join and support the creation of clusters at EU level;
 - developing competence in high-end manufacturing technologies;

- and establishing local centres of excellence in manufacturing, incorporating a *Manufuture* network of educational and research communities, to permit the involvement of university researchers, knowledge transfer to industry and the formation of spin-off companies.
4. At Educational level, the *Manufuture* recommendations are to
- build strong links between industry and academia, by establishing joint postgraduate degrees, postgraduate industrial training and industrial real-life-driven courses, as well as manufacturing departments and/or universities driven by industry;
 - develop schemes to help to create knowledge-SMEs that should foster a new industrial model in terms of the links with research centres and this group on enterprises. These SMEs will act as tool for linking academic/research centres with large manufacturing industries;
 - integrate all manufacturing qualifications of EU Member States into European engineering curricula;
 - introduce new teaching principles and industry-based case studies that will promote concrete expertise in manufacturing;
 - re-organise educational programmes around new engineering disciplines with a high potential impact on EU manufacturing competitiveness. Such disciplines need to address all levels of the extended products, systems and embedded services of the manufacturing sector;
 - activate an appropriate *Manufuture* International School, leading to Masters and PhD qualification in industrial research, based on research institutes and leading manufacturing companies.
5. Finally, *Manufuture* Platform defines a consensus vision of the research and innovation needs for high-added-value manufacturing. This vision should be used by stakeholders to integrate and coordinate research in a ‘European Research and Innovation Area for Manufacturing – EMIRA (Fig. 17) within the European Research Area (ERA).
This coordination should take account of regional and national needs, and recognise Europe’s wider role in the global RTDI network.

It also considers possibility to initiate *Manufuture* Cluster in Serbia, based on experience of such initiatives at European level, EU Members States levels – national and regional levels, taking in account specific conditions, requirements, limitations and needs of manufacturing industry in Serbia.

6. CONCLUSION

Manufacturing is, and will continue to be, a significant component of economic activity in Europe. In a turbulent and highly competitive global environment, it must continuously evolve and embrace transformational change in order to maintain and increase its economic impact. European manufacturing must drive to increase its ability to add high value, meant as hi-tech competitive advantage, by generating and exploiting new knowledge in manufacturing within a globalisation context; this value is the leverage to achieve dominance in markets, beyond costs. This requires step changes in manufacturing engineering capabilities and the engineering tools that are applied; skills in innovation and entrepreneurship must be enhanced.

Research should be focussed on new business models, new products and services and new processes. Open standards are key enablers. New manufacturing sectors must be grown; Europe must be ready to manufacture products for emerging markets and to leverage its cultural traditions in new generations of products. New manufacturing industries exploiting the results of new science must be created.

Globalisation impact will make traditional industries a fertile ground for new processes, new technologies and new business models thus becoming a target for the *Manufuture* strategy. Europe must focus its efforts to transform itself by co-ordinating research in manufacturing and innovation – and by exploiting, through collaboration efforts, through pre-competitive collaboration, the strength and diversity of its businesses and regions [1]

7. REFERENCE

- [1] *Various Authors from different organisations* – Materials of limited circulations, form 2002 to 2006.



32. JUPITER
konferencija

Zlatibor 2006

TEMATSKI FORUM

S. Nijemčević¹

**AKTUELNI TRENUTAK I PERFORMANSE SRPSKE PRIVREDE
U PERIODU 2006 – 2012.**

¹ Srećko Nijemčević, dipl. inž., generalni direktor, IKARBUS AD, Autoput Beograd-Šid 24, 11080 Zemun



Dragutin Popović¹

MAŠINOGRADNJA I PROBLEMI TRANSFORMACIJE I RAZVOJA (preduslovi Evropskih integracija)

Rezime.

Namena ovog papira je da ukaže na glavne probleme transformacije industrije SCG. Verujem da je pravi način sa se to uradi, da se prikaže i objasni njihova puna složenost i međuzavisnost, preko skupa međupovezanih tema i/ili teza koje tretiraju tehnologiju i sposobnost za inovaciju - sržne kompetentnosti koje moraju posedovati i svako preduzeće i industrija, da bi bili uspešni i spremni da se integrišu u industrije razvijenih zemalja Evrope.

Razlog za ovakav prilaz leži u činjenici da su skoro sva pitanja navedena u datim temama, čini se, potpuno ignorisana, neprepoznata i neshvaćena u tekućim idejama i akcijama. To može samo da vodi promašajima ili bar teškim nedostacima u formulisanju i usvajanju strategija i posledično greškama u konkretnim akcijama transformisanja industrije u realizaciji takvih strategija..

1.0 UVOD.

Projekt nacionalne strategije treba da omogući formalne i faktičke promene u društvenom i privrednom sistemu – da on funkcioniše onako kako se to radi u svetu, da se na najvišem nivou upravljanja obezbedi ambijent za rast i razvoj.

Postoje različiti oblici i intenziteti razvoja entiteta privrede (a u okviru industrije: grane, grupacije, programa), ali se sve planira i programira kao celina, tako da ona daje optimalne rezultate. Delovi (podsistemi) se razvijaju tako da celina daje optimalne efekte (sistemski prilaz).

Ako je cilj transformacije ulazak u Evropu, šta su uslovi – kako Srbija treba da izgleda i kako da funkcioniše da bi bila deo Evrope. Dva uslova za priključenje Evropskoj uniji:

1. Biti dovoljno razvijen da bismo mogli da prihvatimo obaveze članova (članstva);
2. Biti sposoban za efikasnu konkurenciju na slobodnom tržištu.

Za organizacije u industriji:

Efikasan za konkurenciju podrazumeva – inovativnost i produktivnost, parametre konkurentnost:

- Performanse proizvoda / karakteristike proizvoda
- Produktivnost rada i sredstava (Drucker).

Transformacija i razvoj u naslovu, nije slučajno rečeno: - prvo je potrebno iz sadašnjeg stanja prevesti organizacije u neko drugo novo polazno stanje da se može uklopiti u svetsku industriju – da može da radi kao ta industrija – da omogući saradnju, i drugo, novo stanje sadrži parametre osobina da se dalje samo razvija . da se prilagođava i predupređuje zahteve promena – predviđanje, strateško planiranje.

Ako je transformacija industrije sredstvo poboljšavanje pozicije nacionalne ekonomije u širem (evopskom) okruženju i pripreme - osposobljavanje za integraciju u to okruženje, **po hijerarhijskoj prirodi stvari**, ciljevi i zadaci te transformacije proizilaze iz ciljeva i strategija viših nivoa, nacionaknog nivoa, a potom i nivoa privrednog sistema kao celine. Transformacija znači promene u postojećoj situaciji. Projektovanje promena prvo podrazumeva **definisanje problema** kao najvažniji korak u osmišljavanju i projektovanju tih promena. Tako je i ovaj rad koncipiran i u tom okviru osnovu sadržaja čine glavne teme i/ili teze, za koje se može smatrati, da njihovo nabranjanje i isticanje može dobro poslužiti akterima formulisanja programa i elemenata promena i odnosnih akcija i njihove realizacije.

¹ Dr h.c. Dragutin Popović, red.profesor u penziji, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, , 11120 Beograd, Kraljice Marije 16, tel- 011-3302-302, e-mail: dpopovic@mas.bg.ac.yu

2.0 ZA DEFINISANJE PROBLEMA TRANSFORMACIJE.

Situacija problema transformacije industrije SCG je veoma složena i traži punu angažovanost odgovarajućeg prilaza proučavanju i identifikaciji problema, njihove hijerarhije (po važnosti), a vreme na raspolaganju veoma ograničeno i za analizu i posebno za akcije : za projektovanje neophodnih promena postojeće situacije da bi se došlo do preduzeća i industrije koji mogu da se uključe u evropske industrije po svim njenim karakteristikama kakve su one danas i kuda se kreću da budu sutra.

Za okvirnu analizu situacije i identifikaciju relevantnih problema i mogućnosti njenih promena, može se okvirno koristiti prvi deo tzv, Soft systemske metodologije. (Vidi Prilog br. 1 i 2 – Soft sistem metodologija).

Prvo se postavljaju pitanja – ko se transformiše - u šta se transformiše.

Industrija je podsistem privrednog sistema kao *holonske* strukture..(O holonu vidi prilog br.3)

Ostvarivanje ciljeva transformacije industrije – to je proces promena (neophodnih) da se ona adekvatno preobrazu i osposobi za članstvo u Evropskoj privrednoj strukturi, ako hoće da postane njen deo. Prvi zadatak pred nama: definisati strategiju, akcije i odnosni skup aktivnosti.

Sve počinje sa proučavanjem i sagledavanjem situacije na osnovu čega se identifiuju čvorni problemi – relevantni za situaciju, čijim rešavanjem se uvode promene u postojeće stanje i situacija se poboljšava – dovodi u stanje postavljeno ciljevima..

Problemska situacija postoji unutar određenih okruženja koja se menjaju, pa se i situacija menja, ali uvek sadrži strukturu (statička) i procese (dinamički). Struktura je okvir unutar koga se odvijaju procesi. Struktura se može ispitati kao fizički layout (koji često utiče na procese i na međusobne odnose – klimu), zatim kao hijerarhijska struktura i kao obrazac komunikacije formalne i neformalne. Proces, u bilo kom kontekstu, analizuje se u smislu osnovnih aktivnosti : planiranja (da se nešto uradi), rada (izvršavanja toga) i praćenja kako se to dobro radi, spoljnih efekata i preduzimanja akcija da se isprave odstupanja.

Centar ove analize je „klima“ – odnosi između strukture i procesa..

Na osnovama analize postulišu se definicije relevantnih problema - sistema ili sistema za koje se smatra da su relevantni za situaciju problema.

Potom dolazi faza konceptualizacije – gradnja konceptualnog modela sistema koji su relevantni za situaciju problema i za koju postoji osnovna definicija. Cilj je da se kreira nešto što se može uporediti, formalno i specifično, sa slikom situacije dobijenom analizom. Eksplicitno upoređivanje sa onim što postoji u datoj situaciji problema i služi da se identifikuju moguće promene, **bira poželjna i moguća promena**, projektuje i uvodi, sa ciljem da se situacija promeni i poboljša. Na kraju preostaje proveravanje i prihvatanje ili iteracija (sve do promene definicije problema ako rezultat promene nije zadovoljavajući).

Situaciju oko problema transformacije opisuju stanje danas – gde smo danas, kuda možemo, šta hoćemo i kuda želimo. Ograničenja, raspoloživi resursi i mogućnosti.

Iz analize situacije identifikuju se problemi čijim rešavanjem se obezbeđuju promene situacije u smislu njenog poboljšavanja u skladu sa postavljenim ciljem.

Ovde se neće govoriti o propisima, nego o dimenzijama promena same industrije – grane, grupacije, preduzeća. Za preduzeće šire okruženje ide od industrijske grane kojoj pripada, zatim je to sopstvena privreda zemlje kao podsistem društvenog sistema, kao i spoljne okruženje.

Iz skupa problema privrede zemlje, da izdvojimo dva međupovezana, koji se mogu smatrati ključnim, a koji se najvećim delom odnose na sposobnost industrije, odn. njene programske strukture i procesa (planiranja, rada i organizacije i upravljanja):

(1) Problem – kandidat 1: Debalans u spoljnotrgovinskoj razmeni – uticaj u tome proizvoda industrije i tehnologije. Ciljevi transformacije industrije u ovoj oblasti su uravnotežavanja bilansa u razmeni roba i tehnološkog znanja.

(2). Problem – kandidat 2: Konkurentnost: inovaciono osposobljavanje i produktivnost. Inovaciono osposobljavanje je prvi cilj za obezbeđivanje konkurentnosti na otvorenom tržištu. Osnov čini tehnološki faktor (razvoj i korišćenje tehnološkog znanja).

Šta su u tome zadaci i uloge preduzeća, šta vlade, šta naučnoistraživačkog sektora, šta obrazovanja.

U kojim oblastima (programskim) se može ostvariti uspešno prilagođavanje i uključivanje u evropski sistem, a koja područja i procesi su kritični za konkurentnost privrede zemlje i popravljene nepovoljnih kretanja bilansa u spoljnotrgovinskoj razmeni.

Neki podaci po pitanju debalansa u spoljnotrgovinskoj razmeni, mogu da posluže za ilustraciju teze da je oblast razvoja i proizvodnje mašinogradnje, odnosno industrije tzv. inženjerskih proizvoda kritična

tačka problema debalansa u spoljnotrgovinskoj razmeni sa svetom. (Vidi Prilog br. 4 –Arhiva Temazskog foruma.)..

Sa ovim je očigledno najneposrednije povezan drugi problem – kandidat 2 : konkurentnost tj. osnovni faktori konkurentnosti - tehnologija, inovacija i produktivnost..

Svaka strategija transformacije i razvoja industrije bez shvatanje tehnologije kao i inženjerskog kadra u tome, prazna je priča.

3.0 MAŠINOGRADNJA/INDUSTRIJA INŽENJERSKIH PROIZVODA,

Prvi (uslovno) nivo transformacije – transformacija privrede (struktura, procesi).

Tri aspekta u proučavanju problema i projektovanju strategija i programa i projekata transformacije privrede - tri glavna problema postojeće situacije::

1. Bilansi u međunarodnoj razmeni
2. Transfer tehnologije i pozicija u razvoju i razmeni tehnoloških znanja.
3. Postojeća preduzeća – programi (struktura) i kadrovski i proizvodni kapaciteti (za transformaciju).

Drugi nivo - mesto i uloga industrije inženjerskih proizvoda u razrešavanju navedenih problema u transformaciji privrede, ilustruju sledeći podaci:.

(1) BDP (GNP) zemalja po stanovniku u direktnoj korelaciji su sa razvijenošću proizvodnje i bilansima u izvozu i uvozu proizvoda industrije inženjerskih proizvoda..

Prema podacima za 2003.godinu, industrija inženjerskih proizvoda u SCG učestvuje u ukupnom izvozu zemlje sa 400/ 2477 miliona \$ ili sa 16%, a u izvozu industrije sa 17%. S druge strane ta ista proizvodnja učestvuje u ukupnom uvozu zemlje sa 2472/7333 ili sa 34%, a u uvozu industrije sa 36%. Tako je učešće ovih vrsta proizvoda u ukupnom debalansu spoljnotrgovinske razmene na nivou od 2005/4861 ili preko 41%. Industrija učestvuje u ukupnom izvozu sa 2327/2477 ili 94, a u ukupnom uvozu sa 6679/7333, ili 91%. Rezultat toga je učešće industrije u ukupnom debalansu 4452/4861 ili 91,6%, od čega samo na inženjerske proizvode otpada 45%. Interesantno je to da privatni sektor čini u tome čitavih 80%, ili 33% ukupnog debalansa zemlje.

(2) Tehnološki faktor, nivo tehnološke razvijenosti je osnova uspešnosti zemalja i preduzeća.

(3) Industrija prerade metala Srbije predstavljala je najveću grupaciju grana industrije u strukturi industrije bivše SFRJ. Sredstva rada – mašine i uređaji – oprema koju razvija i proizvodi mašingradnja (u daljem tekstu često se koristi ovaj termin, a podrazumeva ukupna industrija inženjerskih proizvoda): :

- Obezbeđuju industriji - korisnicima opreme viši kvalitet njihovih proizvoda i/ili niže troškove proizvodnje (višu efikasnost proizvodnje); .

- Zajedno sa korisnicima opreme za novo razvijene proizvode i/ili procese proizvodnje obezbeđuje sredstva za rad, koja često uslovljavaju mogućnosti potpuno nove proizvodnje postojećih proizvoda (za novorazvijeni proces): ili novu proizvodnju novih (novorazvijenih).proizvoda.

Međupovezanost razvoja novih proizvoda i procesa proizvodnje –preduzeća korisnika opreme i preduzeća proizvođača opreme je uslov uspešnosti industrije u celini.(uključno tehnološki razvoj). Tu dolazi i još jedan izuzetno važan ekemenat – uticaj i korišćenje državnih nabavki na razvoj posebno ove oblasti industrije. (Preduzeća industrije i preduzeća proizvođače opreme u svetu po pravilu, povezuje isti kapital, prati ih ista banka isl., a isto tako predstavljaju celinu u strategijama tehnološkog i privrednog razvoja. Slično je i sa slučajem državnih ili javnih nabavki. Te stvari se svugde sinhronizovano planiraju i realizuju).

Programi i projekti istraživanja i razvoja procesa za novu proizvodnju moraju sadržati i programe i projekte razvoja odnosno opreme kao jednog od osnovnih nosilaca (tzv. ugrađenog) tehnološkog znanja..

Specifičnosti industrije inženjerskih proizvoda:

1. uticaj na uravnotežavanje razmene tehnološkog znanja
2. instrument uravnotežavanja uvoznog/izvoznog bilansa.

U promeni strukture industrije – jedna od prioritarnih je jačanje industrije inženjerskih proizvoda (po određenim programima različito eventualno po jednom od ovde navedenih scenarija ili njihove kombinacije)..

Razvoj industrije inženjerskih proizvoda je neizbežna i urgentna potreba, s jedne strane, a s druge, industrija prerade metala Srbije je bila najveća u bivšoj SFRJ i makoliko bila (uslovno rečeno) uništena, današnja Srbija raspolaže još uvek dobrom kadrovskom osnovom na svim nivoima – od

visokokvalifikovanih radnika do inženjera, sa znatnim tehnološkim iskustvom i znanjima, kao i znatnim delom uslovno upotrebljivih proizvodnih tehničkih kapaciteta.

Kako obnoviti i razvijati preduzeća industrije inženjerskih proizvoda – kapitalnih dobara; korišćenje postojećih (delova) preduzeća ove industrije i njihovih resursa (postojećih znanja, kadrova, proizvodnih kapaciteta – njihovo reprojekovanje, osavremenjavanje i osposobljavanje za usvajanje tekućih tehnologija i njihovo stalno dalje unapređivanje i održavanje na svetskom nivou). Traže se putevi da se transformisana preduzeća po izboru dobrih programa, osposobe za konkurentnu proizvodnju – da kreiraju inovativne proizvode i efikasnu proizvodnju – spektra od sopstvenih finalnih proizvoda, preko komponentnih podсистema, komponenata i elemenata za zajedničku proizvodnju (sa „strateškim partnerima“), sve do proizvodnje rezervnih delova i usluga montaže i održavanja

U ovom okviru (investiciona) ulaganja i kreditiranja prvenstveno usmeravati na nova preduzeća inovativno orijentisana (i mala i srednja i velika), a proces privatizacije korigovati u smislu obezbeđivanja što povoljnijih efekata koji se mogu očekivati samo celinskim prilazom transformaciji i razvoju industrije.

U ovom okviru sada na nivou industrije, odnosno preduzeća, mogu se definisati tri glavna problema relevantna za transformaciju:.

- razvoj i uvođenje strateškog planiranja u preduzećima – korporacijama – programi, projekti.
- orijentacija preduzeća na inovaciju - razvoj klime i stimulisanje inovacija,
- jačanje funkcije istraživanja i razvoja odn. razvoja i projektovanja u preduzećima .

4.0 STRATEŠKO PLANIRANJE I UPRAVLJAČKE (MENADŽMENT) STRUKTURE.

4.1 Strateško planiranje.

Nedopustivo i neoprostivo je konstatovati danas: Srbija nema viziju ni strategiju ekonomskog razvoja ! Formulisanje i usvajanje strategije (uopšte) nije ad hok aktivnost.

Razviti – hitno uspostaviti sistem strateškog dugoročnog planiranja na svim nivoima – od državnog do preduzeća i drugih organizacija.

Strateško planiranje je stalna aktivnost najvišeg upravljačkog sloja na nivou države, na nivou privrede, na nivou preduzeća. Taj vrh je krajnji donosilac strateških odluka i odgovoran za uspeh – rast i razvoj.

U projektovanju nacionalne strategije i razvojnih strategija u svim sektorima zameniti pogubni fragmentarni pristup (svako za sebe) – veoma prisutan danas na svim nivoima upravljanja. Nacionalna privreda je holonska struktura međupovezanih i međuzavisnih podсистema (koji su i sami holonske strukture).

Složenost i međuzavisnost traži sistemski prilaz, uvažavanje holizma – holističkog pogleda. (Prapočetci se nalaze sa Hamurabijevim zakonima, sa Aristotelom...). To je ugrađeno u sistemski pokret i sistemski prilaz projektovanju promena..

Treba imati u vidu da se svaki podsystem planira i projektuje tako da celina – sistem na višem nivou, daje optimalne efekte..

Hijerarhija:

Privredni sistem kao podsystem društvenog sistema

Privredni sistem SCG kao podsystem Evropskog privrednog sistema

Industrija kao podsystem privrednog sistema

Dalje grana, grupacija, pa Preduzeće kao podsystem grane industrije

Situaciju karakterišu struktura i procesi i odnosi (klima) između njih na svakom od nivoa.

Isto tako, postoji neophodnost razvoja sistema izvora informacija za strateško planiranje, tehnološke i privredne prognoze za izbor i kupovinu ideja, rešenja proizvoda i/ili proizvodnje. Institucije za strateška istraživanja, proučavanje situacije i predlozi scenarija privrednog (u rom okviru i industrijskog) razvoja – podloge za donosioce odluka na odnosnim nivoima : na nivou države prvo. Preduzeća i sistemi uopšte koji ne koriste informatičku tehnologije nemaju šanse za razvoj i opstanak.

Komorski sistem izvor informacija . berza tehnologija. Fakulteti, instituti kao pomoć.

4.2. Upravljačke – menadžment strukture i procesi.

Glavne slabosti upravljačke strukture na svim nivouima su:

- ne shvatanje značaja i uticaja tehnološkog faktora i inovacija – tehnologije na uspešnost preduzeća (sve do privrednog sistema zemlje u celini)

- ne bavi se na odgovarajući način planiranjem – nedostatak vizije, ne definišu se ciljevi i strategije za njihovo dostizanje; preovlađuje fragmentacija – odsustvo celinskog pristupa.

- ne oslanja se na funkciju (drugu po redosledu posle funkcije planiranja) istraživanja i razvoja, odn. razvoja i projektovanja.

Kritična tačka je upravljačka struktura na svim nivoima. Nezadovoljavajuća u prvom redu po viziji i shvatanju situacija i stvari, u prilazima rešavanju problema, u izboru – kadrovskim rešenjima,

Što je viši nivo to se odgovornost upravljačke funkcije premešta i koncentriše na dugoročno planiranje i strateške odluke. Nema improvizacije ni voluntarizma. Postoje li institucije za podršku . institut državni za strateško planiranje (!?)

U postojećoj situaciji kritični su – nedostaci znanja i nerazvijenost dve ključne funkcije za obezbeđivanje opstanka, rasta i razvoja (na svim nivoima). To su funkcija (sistema) (strateškog) planiranja i funkcija istraživanja i razvoja, odn. razvoja i projektovanja za inovaciju proizvoda, proizvodne tehnologije, marketinga, organizacije i upravljanja (menadžmenta).

Po hijerarhiji : Vizije, ciljevi, strategije - putevi za dostizanje ciljeva, programi i projekti. Za transformaciju upravljačke strukture poznati su osnovni elementi i na raspolaganju je bogatstvo raspoloživih menadžmentskih metoda, podrška: institucija, korišćenje informacione tehnologije (podaci, informacije, znanja, računarska podrška.)

.5.0 OKO TEHNOLOGIJE I TRANSFERA.

Tehnološko znanje (tehnološka kompetentnost), transfer tehnologije i razvoj, razmena i pribavljanje.

Ko, kada, kome i na koje načine prodaje, a ko kupuje tehnologiju.

Naše zablude: tehnologija je kao i svaka druga roba; može se kupiti. E to baš i nije tako.

Vlasnik tehnološkog znanja, u prvom periodu njegovog korišćenja, po pravilu ne prodaje tehnologiju. Postavljaju se čak i barijere: ograničenja i zabrane (do političkih, ako se radi o strateškim tehnologijama).

Prvi vlasnik tehnološkog znanja počinje sa prodajom tek kad se na tržištu pojavljuju i drugi sa istim znanjima. Oblici su : licence, Know-how, a često i u najvećem obimu u obliku tzv. **ugrađeno znanje** – novi materijali, oprema (mašine, uređaji i drugi inženjerski proizvodi).

U ovom svetlu treba i razumevati termin : transfer tehnologije. Ovaj termin se primenjuje i u procesu razvoja tehnološkog znanja - transfer od naučnih otkrića, preko razvoja resursa tehnoloških fundamentalnih znanja i elementarne tehnologije do njene primene u razvoju konkretnih tehnoloških sistema. To se naziva vertikalnim transferom. Za razliku od toga, horizontalni transfer je prenošenje znanja razvijenih u jednoj oblasti na primenu u drugoj, a u tom okviru i prodaja u različitim oblicima. A ovde, u slučajevima kupovine tehnološkog znanja, postavlja se pitanje kojom robom se obezbeđuju sredstva (finansijska) za tu kupovinu, posebno ugrađenih znanja - opreme. Bilo koja ? **E to nije svejedno.** Cilj bi morao biti da se to ostvaruje razmenom dobara približno istog nivoa ugrađenog znanja – ugrađenog tehnološkog sadržaja..

6.0 INOVACIJE I FUNKCIJA I&R. RAZVOJ I PROJEKTOVANJE.

6.1 Sposobnost za inovaciju.

„Bela Knjiga“: “Buduća konkurentnost skoro svih (evropskih) firmi biće tesno vezana za njihovu sposobnost da kreiraju inovativne proizvode“.

Inovaciona sposobnost i aktivnost su ključni faktor rasta, razvoja i opstanka. Proizvodi se stalno pojavljuju: novi – bolji – više – jeftinije

Ovo generiše odgovarajuću neophodnost za upravljanje (menadžment) procesima razvoja proizvoda u evropskim preduzećima.

Procesi razvoja i projektovanja proizvoda moraju biti efektivniji – da se rade prave stvari, efikasniji - to što se radi da se radi na najbolji način u smislu smanjivanja složenosti, koncentrišući se na više kompetentnosti. Oni moraju biti fleksibilniji u odnosu na zahteve koji se menjaju.

Novac se ne pravi finansijskim transakcijama (od nule), nego proizvodnjom i uslugama. Finansijske manipulacije mogu obezbediti da se *ново створена вредност производње optimalно* iskoristi ulaganjima u najvrednije stvari – pogotovu one koje se mogu dalje oploditi.

Stidljivo u zemlji se izjašnjavamo – treba imati konkurentan proizvod, pa prema tome ulagati u istraživanje i razvoj. To kao parola nije dovoljno.

Treba obezbediti kriterijume efektivnosti (da se rade prave stvari) i efikasnosti (da se to radi na najbolji način), a za to najpre izabrati prava sredstva (efficacy).

Koje stimulacije i podrške ima onaj koji ulaže u inovacije. Drugo je pitanje praćenja i kontrole pravilnog korišćenja efekata tih mera. U celom svetu investicije ravnopravno obuhvataju ulaganja u tzv. fiksne fondove i u nematerijalne fondove (istraživanje i razvoj, razvoj i projektovanje . inovacije).

Jedna od bitnih i osnovnih pretpostavki je promena u ponašanjima, politikama i strategijama razvoja u preduzećima uopšte, ako se rukovode ciljevima nacionalne strategije i strategije ekonomskog razvoja u celini, to je **Multi kompanijska kooperacija u razvoju i povećanje ulaganja u razvojne aktivnosti u samim preduzećima. Jačanje ključne funkcije preduzeća -funkcije istraživanja i razvoja, razvoja i projektovanja**

Osnovna funkcija u preduzeću je funkcija istraživanja i razvoja, odnosno razvoja i projektovanja.

Organizacija istraživačko-razvojne i razvojno-projektne aktivnosti u preduzećima, a potom na nivoima korporacija su čvrsta promena za transformaciju preduzeća i industrije u celini.

Kooperacije opstaju i razvijaju se na čvrstoj kompetentnosti zasnovanoj na inženjerstvu.

Preduzeće će shvatiti da će konkurentnost u sve većem stepenu biti definisana kroz njegovu sposobnost da se prilagodi novom okviru tržišta. Traži se novo globalno međupovezano razmišljanje.

Ovo proširuje tradicionalne faktore konkurentnosti (preduzetnički duh, timski rad i kooperacija unutrašnjih organizacija firme). **Njihov pozitivan uticaj može doneti potpuni plod samo uspešnim korišćenjem informacione tehnologije.(IT).**

Firme koje koriste informacionu tehnologiju su u vrhu i teraju druge da razmisle – promisle svoju organizaciju i strategije na sličan način. Više nema biranja: da li ili ne prilagoditi se razvoju u polju informacione tehnologije.

Ovde je sad pitanje podloga – sistema njihovih razvijanja i dostupnosti. Gde da nađe, od koga da dobije informacije o potrebama, o prognozama, o promenama koje se dešavaju i koje dolaze. Naročito važno za mala i srednja preduzeća. Na koga mogu da se oslone – komorski sistem – bilten ponuda tehnologije (berza tehnologija - ponude (tehnološkog) znanja, mogućih novih proizvoda, proizvodnih kapaciteta, usluga).

Mere vlade i države za stimulisavanje istraživačko-razvojne i inovativne aktivnosti u preduzećima. Ove aktivnosti tretirati kao investicije (u nematerijalne fondove).

O kojim vrstama inovacija je reč, kao i gde su izvori za inovacije za različite vrste proizvoda i na kraju, za različite stadijuma razvoja i korišćenja inovacija neka posluže dve tabele – Prilog br.5 u arhivi Tematskog foruma.

6.2 Konkurentnost

Šta treba da karakteriše savremeno preduzeće – za evropsku (i svetsku) integraciju? Preduzeća treba da su fleksibilna, da se adaptiraju promenama okvira tržišta i tehnologije, a da iz toga izvlači koje su akcije, projekti i aktivnosti neophodne da se to prilagođavanje obezbedi. Koje promene su ključne od izbora programa proizvodnje, promene strukture i procesa.

Prvi element konkurentnosti je inovativnost preduzeća. Buduća konkurentnost skoro svih evropskih firmi biće tesno vezana za njihovu sposobnost da kreiraju inovativne proizvode.

Razvoj i projektovanje novih proizvoda - ključna aktivnosti za opstanak i razvoj preduzeća

Funkcija istraživanja i razvoja, odn. razvoja i projektovanja.traži - multiorganizacijsko povezivanje; primenu savremenih razvijenih metoda i metodologija (koje stoje na raspolaganju za izbor odgovarajuće (prema oblasti i vrsti projektnog problema - nema univerzalnih metodologija), kao i računarske podrške koja omogućuju povećavanje efikasnosti procesa razvoja i projektovanja: Sistemski prilazi i sistemske metodologije, CE, SE, CSE, Cals, Calce itd.

Drugi element konkurentnosti je produktivnost – rada i sredstava (Drucker), neka ostane za drugu priliku. Ne zato što je manje važna. U svakom slučaju treba da bude sastavni deo celine prilaza rešavanja složenih problema transformacije industrije. A ovde samo da se istakne problem tehnološke discipline..

7.0 UMEŠTO ZAKLJUČAKA.

Ovo nije ni strategija ni program ni projekat. Samo neke teze o problemima transformacije i ukazivanje na nekolike važne elemente koji treba da budu uvaženi i shvaćeni u akciji od osmišljavanja programa do konkretnih mera za realizaciju

Ovaj papir i izlaganje – namenjen – svrha da doprinese boljem razumevanju situacije i definisanju glavnih problema, programa i akcija da se oni razreše. To je put da se preduzeća pomene u smislu da se osposobe za konkurentnu proizvodnju – da kreiraju inovativne proizvode i efikasnu proizvodnju – spektra od sopstvenih finalnih proizvoda, preko komponentnih podsistema, komponenata i elemenata za zajedničku proizvodnju (sa. Strateškim partnerima), sve do proizvodnje rezervnih delova i usluga montaže i održavanja.

Sve te teme . debalans u spoljnotrgovinskoj razmeni – uzroci i posledice, neophodnost postojanja strategija i strateškog planiranja, značenje i funkcija koje obzbeđuju inovacionu sposobnost preduzeća, fragmentacija u odlučivanju o planovima, projektima i upravljanju pruvredom i njenim razvojem, transfer tehnologije, upravljačka struktura (menadžment), industrija inženjerskih proizvoda i savremeni prilazi u rešavanju složenih problema (holonska priroda i sistemske metodologije), neposredno su vezane za predstojeće (tekuće?) akcije oko transformacije industrije za evropske integracije.

Literatura.²

1. Popović, D., 'Glavni pravci razvoja mašinogradnje Jugoslavije', u: *Tehnologija i razvoj*, Jugoslovenska naučna tribina, Beograd, 1989.
2. Popović, D., *Strategija tehnološkog razvoja mašinogradnje i elektromašinogradnje* (svodna verzija), Zajednica mašinogradnje i elektromašinogradnje., Beograd, 1986.
3. Popović, D., Zelenović, D., 'Inovacije u procesu revitalizacije u industriji'. Naučna konferencija "Industrijski sistemi – IS 90", Novi Sad, 1990.
4. Popović, D., 'Strateško planiranje i poslovne strategije za razvoj preduzeća', Naučna konferencija "Industrijski sistemi – IS 90", Novi Sad, 1990.
5. Popovic, D., 'Projektovanje za inovaciju i mala i srednja preduzeća', XI Naučna konferencija "Industrijski sistemi ISS 99", Zbornik proširenih apstrakta, FTN Novi Sad, 1999.
6. Bulletin Statistics on World Trade in Engineerings Products, New York 1077 – 1988.
7. Statistički godišnjak Jugoslavije 1989
8. Statistički godišnjak Srbije 2004.

Abstract

The purpose of this paper is to point to the main problems of the transformation of the SCG industry.

I believed that a proper way to do it was by explaining its full complexity and an interdependence of a set of themes and or thesis that treat the technology and innovation capability as core competencies which every company or industry must possess in order to be successful and ready to be integrated with industries of the developed European countries.

The reason for this approach lies in the fact that almost all of the questions listed in the presented themes seem to have been fully ignored, unrecognized and misunderstood. This can lead to failure in formulation and adoption of strategies and subsequently to the failures in the industry transformations based on such strategies.

² Uz ovo, pripremljen je jedan broj priloga dopuna, proširenja objašnjenja tema i sl., nalaze se u arhivi Tematskog foruma

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



25. simpozijum

CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA

Zlatibor, maj 2006.

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

Petrović, P., Veljković, R., Ilić, B., Spasić, Ž., Pilipović, M. REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEĐUNARODNOM TRŽIŠTU – CILJEVI, REZULTATI I PLANIRANE ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNE AKTIVNOSTI NA PROJEKTU TR-6362A.....	1.1
Herman, K., Spasić, Ž. INFORMACIONA INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA NA PRIMERU DVA CIM- PODSISTEMA.....	1.7
Radojević, Z., Stojanović, D. CIM SISTEM KAO INTEGRALNI DEO PROJEKTANTSKO-KONSTRUKCIONE PRIPREME PROIZVODNJE	1.12
Jankulović, A., Spasić, Ž., Slavković, G. UPRAVLJANJE LANCIMA SNABDEVANJA U FUNKCIJI UVOĐENJA CIM SISTEMA SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN A FUNCTION OF CIM SYSTEM IMPLEMENTATION	1.16
Spasić, Ž. INFORMACIONA INTEGRACIJA DIGITALNE FABRIKE I DIGITALNOG UNIVERZITETA.....	1.20
Vujačić, G., Lukić, L. JEDNA REALIZACIJA SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE RAČUNARSKIM MREŽAMA U CIM TEHNOLOGIJAMA BAZIRANOG NA OPEN SOURCE PAKETU NAGIOS™.....	1.26

← NAZAD



P.B. Petrović¹, R. Veljković², B. Ilić³, Ž. Spasić¹, M. Pilipović¹,
Ž. Jakovljević¹, K. Herman¹, J. Radulović²

REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEĐUNARODNOM TRŽIŠTU – CILJEVI, REZULTATI I PLANIRANE ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNE AKTIVNOSTI NA PROJEKTU TR-6362A

Rezime

U okviru ovog rada izloženi su organizacija, sadržaj planiranih istraživanja i ciljevi na projektu TR-6362A koji zajednički realizuju Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Trayal Korporacija iz Kruševca i Informatika AD iz Beograda. Takođe, u radu se navode rezultati istraživačkih aktivnosti sprovedenih u toku 2005 godine i sa tim povezana iskustva koja se primenjuju u tekućim istraživačkim aktivnostima sa ciljem podizanja nivoa praktične primenljivosti ovih istraživanja na unapređenje tekućeg stanja proizvodnih resursa Trayal korporacije. Pored toga u radu se navode i neka opšta razmatranja stanja tehnologije u domaćoj industriji prerade gume i procesa privatizacije, koji je strateško opredeljenje Vlade Republike Srbije. Navode se neka iskustva koja postoje u transformaciji gumarske industrije Ruske federacije i zemalja bivšeg SSSR-a, sa kojima postoji intenzivna saradnja firme Informatika u delu modernizacije i implementacije novih tehnologija.

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

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 Radiša Veljković, dipl. ing., Jovan Radulović, dipl. ing., Trayal korporacija, Kruševac, Miloša Obilića bb.

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

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 I CILJEVI

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. Dugi period potpune ekonomske izolacije srpske privrede imao je za posledicu uništenje jednog vrlo važnog segmenta svakog proizvodnog sistema, a to je sistematski razvoj i kontinualna implementacija mehanizama za podizanje konkurentnosti na dinamičnim tržištima, kao što je tržište Evropske unije ili tržište SAD. Ključni element ovakvog mehanizma je sposobnost sredine da se menja, da usvaja nova znanja i da kroz tehnološke inovacije stvara 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.

Trayal korporacija je jedna od retkih velikih kompanija u Srbiji koja je posle dugog perioda izolacije naše ekonomije zadržala sposobnost da proizvodi, da se razvija kroz osvajanje novih proizvoda i da svoje potencijale valorizuje i u izuzetno konkurentskim i dinamičnim sredinama kao što je tržište Evropske Unije i SAD. Preko 70 procenata ukupne godišnje proizvodnje putničkih, teretnih i pneumatika za industrijske potrebe realizuje se na tržištu Evrope (Nemačka, Belgija, Engleska), SAD, zemljama Južne Amerike, Afrike i u okviru novonastalih država bivše Jugoslavije. Posebno značajna činjenica je ta da kompanija u celosti funkcioniše bez podrške države u smislu finansijskih ili nekih drugih dotacija. Trayal korporacija je kompanija koja autonomno egzistira i živi realnim životom u još uvek specifičnim i ne baš najpogodnijim uslovima za proizvodnju kakvi danas vladaju u srpskoj ekonomiji. Trayal kompanija ima dugogodišnju uspešnu saradnju sa Mašinskim fakultetom iz Beograda, kroz različite projekte tehnološkog razvoja koji su po pravilu kao svoj izlaz imali nove proizvode, tehnološke linije ili tehnološke postupke. Sve prethodno navedeno je bilo odlučujuće kod uključivanje Trayal korporacije u konzorcijum projekta, kao kompanije od ključnog značaja za njegovu realizaciju.

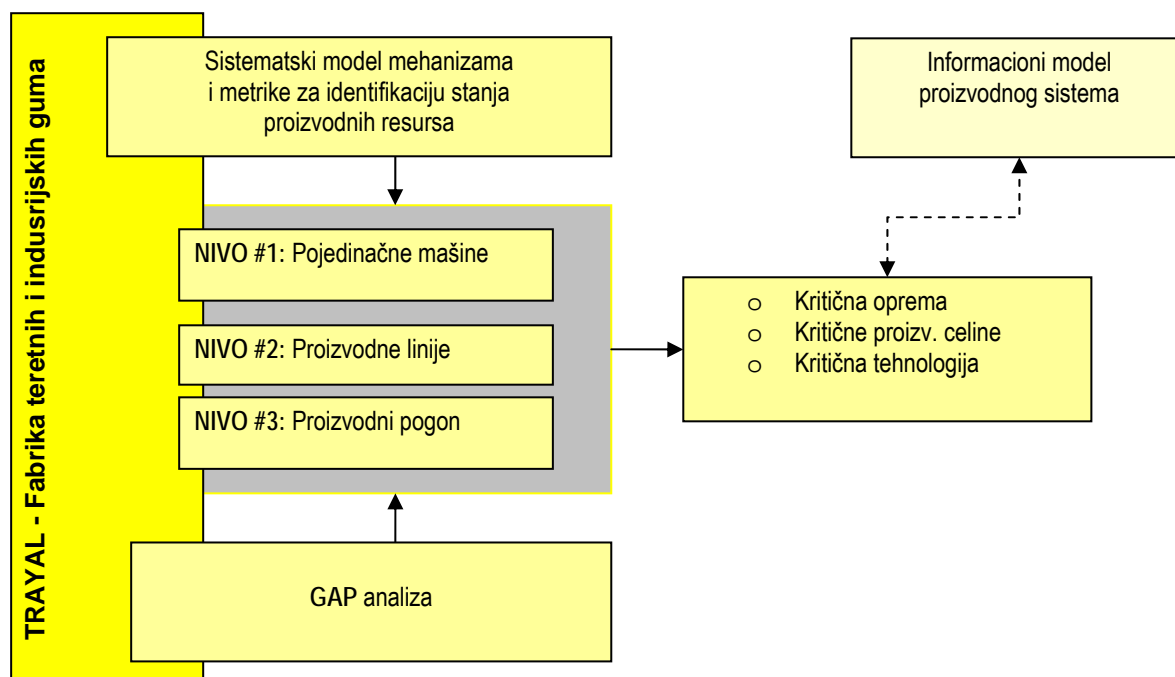
Informatika AD je kompanija koja trideset godina egzistira u domenu razvoja i primene informacionih tehnologija u oblasti poslovnih informacionih sistema i u oblasti automatizacije proizvodnih procesa. Informatika je pored prisustva na domaćem tržištu gde je lider u IT segmentu, prisutna dugi niz godina na tržištu zemalja bivšeg SSSR-a gde je izgradila svoj imidž ekselentne kompanije u oblasti industrijske automatizacije, saradujući sa velikim brojem ruskih kompanija na projektima modernizacije tehnoloških linija i ostalih proizvodnih resursa. Posebno značajno je prisustvo Informatike na tržištu bivšeg SSSR-a u segmentu gumarstva, gde je jedna od vodećih kompanija, sa velikim brojem referenci i lider u primeni laserskih tehnologija za oblast dimenzione metrologije. Informatika po svom obimu spada u grupu malih i srednjih preduzeća. Sve prethodno navedeno, nametnulo je uključivanje Informatike u konzorcijum projekta TR-6362A kao člana koji je u potpunosti kompatibilan sa cijeovima i sadržajem projekta, posebno u delu modernizacije proizvodnih resursa u gumarstvu, i kao člana koji projekat TR-6362A približava organizacionom modelu projekata Evropske Unije.

U istraživačkom domenu, projekat je organizovan u četiri istraživačka radna paketa [1], odnosno, četiri istraživačka modula:

- Modul 1:** Izgradnja opšte metodologije za sistematsku identifikaciju stanja proizvodnih resursa
- Modul 2:** Integracija proizvodnih informacionih tokova
- Modul 3:** Sprovođenje operativnih aktivnosti podizanja tehnološkog nivoa i raspoloživosti proizvodnih resursa
- Modul 4:** Istraživanje specifičnih aspekata interakcije univerziteta i industrije (nove granice i modeli obrazovanja)

Ovi moduli su međusobno povezani i u istraživačkom smislu čine jednu integrisanu celinu sa jasno definisanim izlazima, praktično upotrebljivim u proizvodnim pogonima Trayala.

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 identifikacije 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 proizvodnje jedinične količine proizvoda. Generalno, tehnologija ekstruzije i tehnologija vulkanizacije su dve tehnologije koje se kao prioriteta moraju rešavati u Trayal korporaciji.



Slika 1: Modul 1 – struktura i ciljevi.

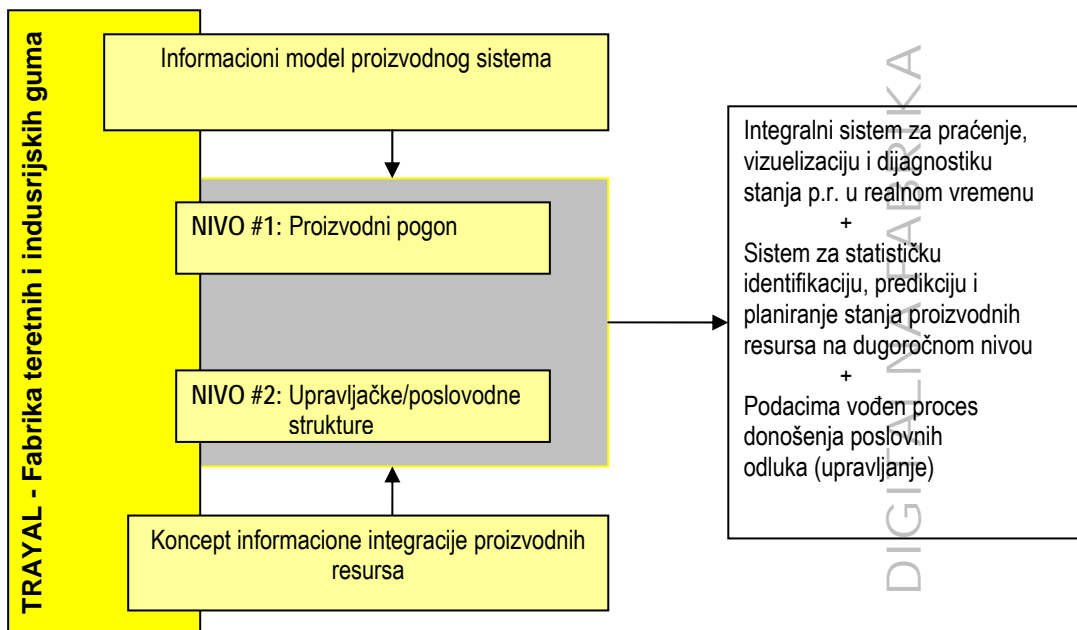
U skladu sa prethodim, u istraživačkoj 2005. godini preduzete su intenzivne aktivnosti na modernizaciji ekstrudera Francis Shaw D250 i linije za izradu protektora kojoj on pripada. Takođe u sklopu ovih aktivnosti razmatraju se i aspekti pripreme gumene smeše koja se dovodi na liniju ekstrudera u cilju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

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

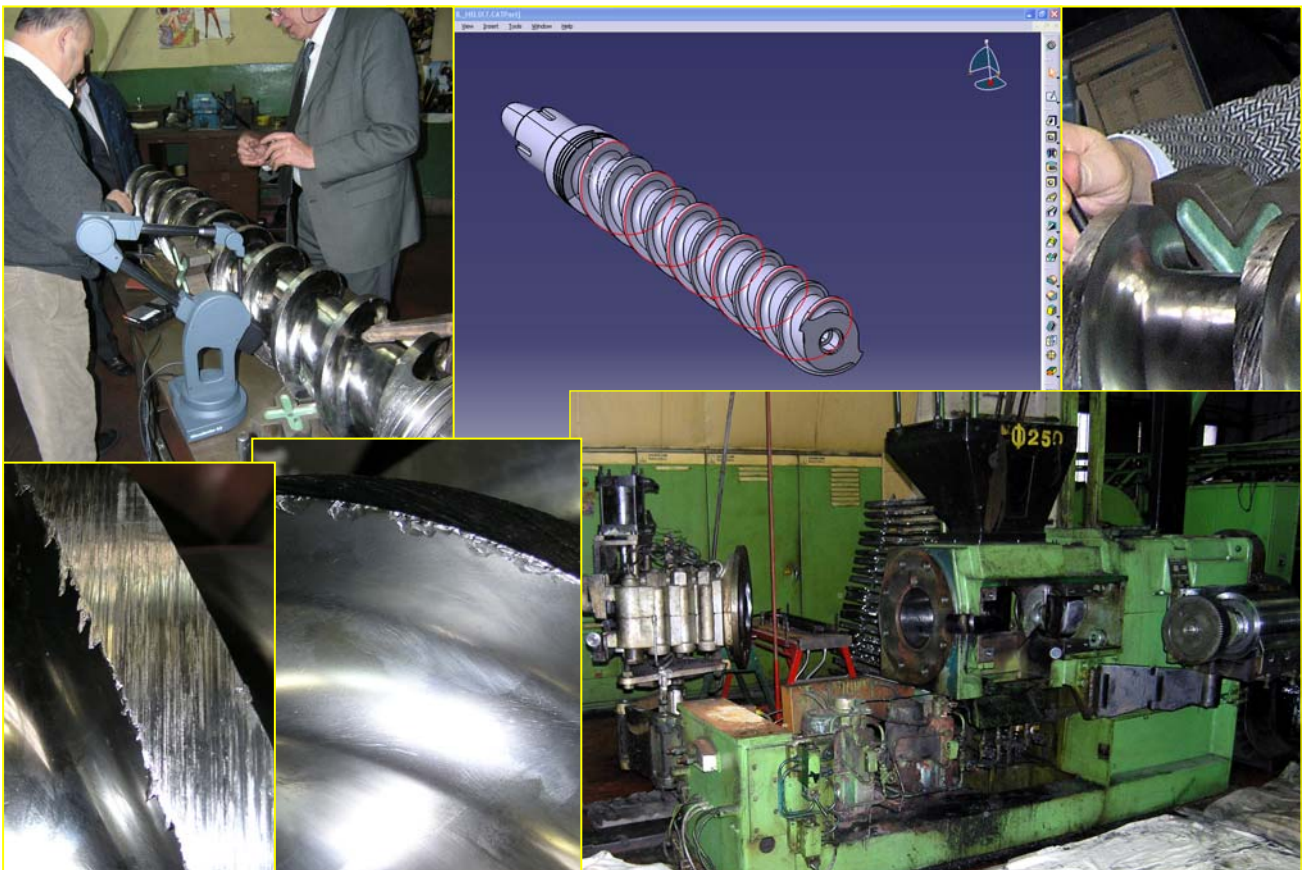
Modul 2 je povezan sa izgradnjom kompleksnog informacionog sistema za praćenje stanja i sistematsku obradu informacija o proizvodnim resursima Trayal FTIP. Istraživačko razvojne aktivnosti se ovde protežu na nivo proizvodnog pogona i upravljačke/poslovne strukture FTIP i Trayal Korporacije u celini, 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.



Slika 2: Modul 2 – struktura i ciljevi.



Slika 3: Neki momenti u nizu aktivnosti na modernizaciji ekstrudera na liniji protektora, koje su sprovedene u okviru istraživačkog Modula 3.

Realizacija ovog modula u istraživačkoj 2005. godini odnosi se samo 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 i specijalnog 3D grafičkog interfejsa koji po konceptu i tehničkim atributima gravitiraju konceptu 'digitalne fabrike'.

Modul 3 je u organizacionom smislu direktno povezan sa modulom 1 i 2 i njegov sadržaj su neposredne korektivne akcije na kritičnoj opremi, koja je definisana u skladu sa objektivnim tehnološkim stanjem i poslovnim politikom tehnološkog razvoja Traylor korporacije. Na slici 3 su prikazane neke od aktivnosti identifikacije stanja i modernizacije ekstrudera Francis Shaw D250 [2].

U razvoju savremenog sistema obrazovanja, interakcija univerziteta i industrije kao važnih faktora razvoja društva je od posebnog značaja [3]. Industrija i univerzitet su u aktivnoj interakciji u komunikacijama povezanom svetlu 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.

U okviru ovog modula, tokom 2005. godine održana su 4 jednodnevne radionice sa različitim temama osavremenjavanja znanja zaposlenih Traylor korporacije iz domena tehnologije prerade elastomera.

Traylor se u ovom trenutku nalazi u stanju privatizacije koja će odrediti njegov budući razvoj i egzistenciju na domaćem i inostranom tržištu. Domaći segment kompanija koje se bave preradom gume obuhvata kompaniju Rumaguma iz Rume, Rekord iz Beograda, Traylor iz Kruševca i Tigar iz Pirota, kao najznačajnije kompanije po ekonomskom potencijalu.

Rumaguma (Galaxy Tire & Wheel Inc., USA) i Rekord (Vizahem, Ruska federacija) su privatizovani. Proizvodnja u ovim kompanijama je podignuta na nivo maksimalnih kapaciteta proizvodne opreme, mada u poslovnom smislu postoje problemi, pre svega u delu cena energenata, koje su veće u odnosu na matične zemlje kompanija koje su kupile Rumagumu i Rekord.

Kompanija Tigar je delimično privatizovana, ali faktički je pod punom kontrolom i poslovno spregnuta sa francuskom kompanijom Michelin. Tigar beleži intenzivni rast proizvodnje, restrukturiranje proizvodnog programa i podizanje tehnološkog nivoa opreme.

Traylor je jedina kompanija iz gumarskog sektora koja do sada nije privatizovana i ovakvo stanje je osnovni faktor koji koči njen razvoj i tehnološku konsolidaciju.

Iskustvo ruskih kompanija pokazuje da je privatizacija i intenzivno ulaganje u tehnologiju jedini put koji vodi ka njihovom daljem razvoju. Sve značajne kompanije iz oblasti gumarstva u Rusiji su grupisane u tri velike korporacije AMTEL, SIBUR i TATNEFT, koje resursima i kapitalom u potpunosti kontrolišu ovaj industrijski segment. U tim kompanijama su prisutna intenzivna ulaganja u podizanje kvaliteta proizvoda, racionalizacije proizvodnje i unapređenja tehnologija. Interesantni su i slučajevi transfera tehnologija, tako što ove korporacije kupuju kompanije sa zapada (primer Vredestein NV iz Holandije koju je 2005. godine kupio AMTEL) i tako dolaze do vrlo delikatnih znanja i tehnologija čija je zatvorenost u okviru kompanija vrlo karakteristična za gumarstvo u celini.

3. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izložen je koncept, sadržaj i ciljevi istraživačkih aktivnosti na projektu TR-6362A koji zajednički realizuju Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Trayal korporacija i Inforamtika AD. U osnovnim crtama saopšteni su osnovni rezultati sprovedenih istraživanja u toku 2005. godine i naznačeni dalji pravci istraživačkih aktivnosti.

4. LITERATURA

- [1] Plan i program istraživanja na projektu TR-6362A, Interna projektna dokumentacija za 2005. godinu.
- [2] Revitalizacija linije protektora Francis Shaw D250 – elaborat, Interna projektna dokumentacija za 2005. godinu.
- [3] Alumni Fond Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu αMEβ, Saopštenja I Kongresa "Aktuelni zadaci mašinstva", Urednici: Spasić, Ž., Nedeljković, M., ISBN 86-7083-542-8, Mašinski fakultet, Beograd, 2005. Str. 152

REVITALIZATION AND INFORMATION INTEGRATION OF PRODUCTION RESOURCES IN THE SCOPE OF UPGRADE OF COMPETITIVENESS OF TRAYAL CORPORATION IN FOREIGN MARKET – OBJECTIVES, RESULTS AND PLANNED RESEARCH ACTIVITIES IN PROJECT TR-6362A

Abstract

This paper presents organization, contents and objectives of research project TR-6362A which is jointly realized by Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade, Trayal Corporation form Krusevac and Informatika from Belgrade. In addition, paper gives results of research activities carried out during 2005 research year as well as related experiences which are implemented in current research activities aiming to upgrade level of practical implementation of these research in upgrade of production resources in Trayal Corporation. Besides, paper gives some general analysis of the state of technology in Serbian rubber processing industry and of the privatization process, which is strategic orientation of Serbian Government. Some experiences in rubber processing industry transformation from Russian Federation and former USSR republics are given as well.



K. Herman, Ž. Spasić¹

INFORMACIONA INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA NA PRIMERU DVA CIM-PODSISTEMA²

Rezime

Informaciona integracija proizvodno-poslovnih funkcija Cp12: Održavanje sa dijagnostikom i Cp13: Praćenje proizvoda u eksploataciji (Cpi – CIM-podsistemi; $i = 1, \dots, 22$) obezbeđuje funkcionisanje i drugih opštih, inženjerskih, proizvodnih, poslovnih i finansijskih funkcija CIM-preduzeća integrisanih tehnologija. U integraciji CIM-podsistema i CIM-modula koristi se OSI-model sistema otvorenih za povezivanje (OSI – Open System Interconnection) i CIMOSA model (OSA – Open System Architecture) konzorcijuma ESPRIT programa istraživanja Evropske unije. Time se informaciono povezuju proizvođači proizvoda sa kupcima, dobavljačima i drugim poslovnim partnerima.

1. UVOD

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 [1]. Usvojen je model informacione integracije [2] i koncept integracije CIM-podsistema i CIM-modula koji podrazumeva razvoj referentnog CIM/QA modela u parcijalne i partikularne modele prema CIMOSA standardima ESPRIT programa Evropske unije [3]. Obezbeđivanje sistema kvaliteta (QA – Quality Assurance) je neophodno i univerzitetima (fakultetima) i industriji [4, 5]. Time je ostvarena razmena informacija u elektronskom poslovanju CIM-preduzeća sa poslovnim partnerima (kupci, dobavljači, kooperanti, univerziteta, banke i drugi).

Razumevanje integracionih trendova, kao i poznavanje proizvodnih i poslovnih procesa i aktivnosti CIM-preduzeća su preduslovi za 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 [1] 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. Funkcije *održavanja sa dijagnostikom* i *praćenja proizvoda u eksploataciji* su projektovana rešenja koja komercijalni sistemi za upravljanje proizvodnjom nisu sadržali. Okvirni model informacione integracije je prezentiran na ESPRIT konferenciji [2] na kojoj su definisani prioriteta za FP5 program (5th Framework Programme) istraživanja Evropske unije, posle čega su uvedene sankcije.

¹ **Kosta Herman**, dipl. inž. maš., Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: kherman@mas.bg.ac.yu
Profesor dr **Žarko Spasić**, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu

² Rad je deo projekta **TR-6362A: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju postizanja konkurentnosti TRAYAL korporacije na međunarodnom tržištu**. Projekt finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Srbije uz participaciju korisnika TRAYAL korporacije i integratora CIM-komponenti Informatike AD. Jedan od predviđenih rezultata Projekta je i magistarska teza pod naslovom "Informaciona integracija poslovnih funkcija održavanja i praćenja proizvoda u eksploataciji".

2. INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA CIM-PODSISTEMA

Na osnovu analize poslovnih funkcija *održavanja sa dijagnostikom* i *praćenja proizvoda u eksploataciji* (interne i eksterne usluge ili servisi takođe su deo sistema kvaliteta) izvršena je sinteza (projektovanje) odgovarajućih CIM-podsistema, CIM-modula i CIM-interfejsa.

2.1. CIM-podsistem Cp12: Održavanje sa dijagnostikom

CIM-podsistem *Održavanje sa dijagnostikom* obuhvata nekoliko grupisanih kompjuterizovanih aktivnosti za planiranje održavanja, upravljanje održavanjem, dijagnostiku, upravljanje rezervnim delovima, analitiku održavanja sa dijagnostikom, kao i za druge aktivnosti opšteg značaja. Time su obuhvaćene sve aktivnosti i metode održavanja kao što su plansko, korektivno i preventivno održavanje i otklanjanje uzroka otkaza.

Na osnovu predviđenih grupa aktivnosti CIM-podsistem *Održavanje sa dijagnostikom* sadrži deset CIM-modula (Cmj – CIM-moduli; j = 1, ... , 10). To su: Cm1: *Planiranje održavanja i dijagnostike*; Cm2: *Upravljanje aktivnostima održavanja*; Cm3: *Praćenje aktivnosti održavanja*; Cm4: *Dijagnostika*; Cm5: *Upravljanje zalihama rezervnih delova*; Cm6: *Zastoji opreme i statistika održavanja i dijagnostike*; Cm7: *Troškovi održavanja i dijagnostike*; Cm8: *Objekti održavanja i dijagnostike*; Cm9: *Tehnologije održavanja i dijagnostike*; Cm10: *Informaciono-komunikacioni modul*.

2.2. CIM-podsistem Cp13: Praćenje proizvoda u eksploataciji

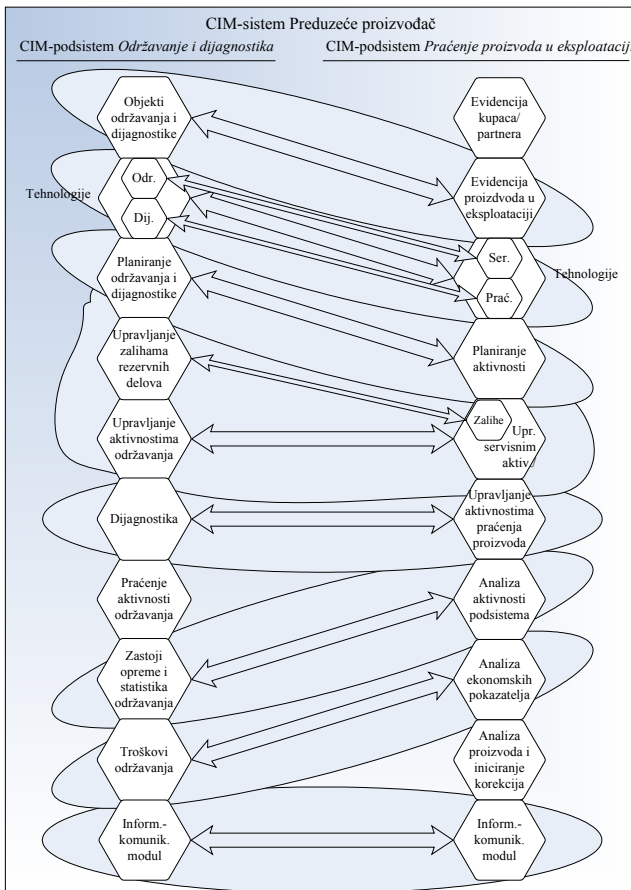
CIM-podsistem *Praćenje proizvoda u eksploataciji* obuhvata grupisane aktivnosti kao što su evidencija kupaca sa isporučenim i instalisanim proizvodima, praćenje proizvoda u eksploataciji, upravljanje poslovima servisiranja, analitika praćenja proizvoda u eksploataciji i druge aktivnosti opšteg značaja.

Na osnovu pomenutih aktivnosti CIM-podsistem *Praćenje proizvoda u eksploataciji* sadrži takođe deset CIM-modula. To su: Cm1: *Planiranje aktivnosti*; Cm2: *Upravljanje aktivnostima praćenja proizvoda*; Cm3: *Upravljanje servisnim aktivnostima*; Cm4: *Evidencija kupaca/partnera*; Cm5: *Evidencija proizvoda u eksploataciji*; Cm6: *Tehnologije*; Cm7: *Analiza proizvoda i iniciranje korekcija*; Cm8: *Analiza aktivnosti podsistema*; Cm9: *Analiza ekonomskih pokazatelja*; Cm10: *Informaciono-komunikacioni modul*.

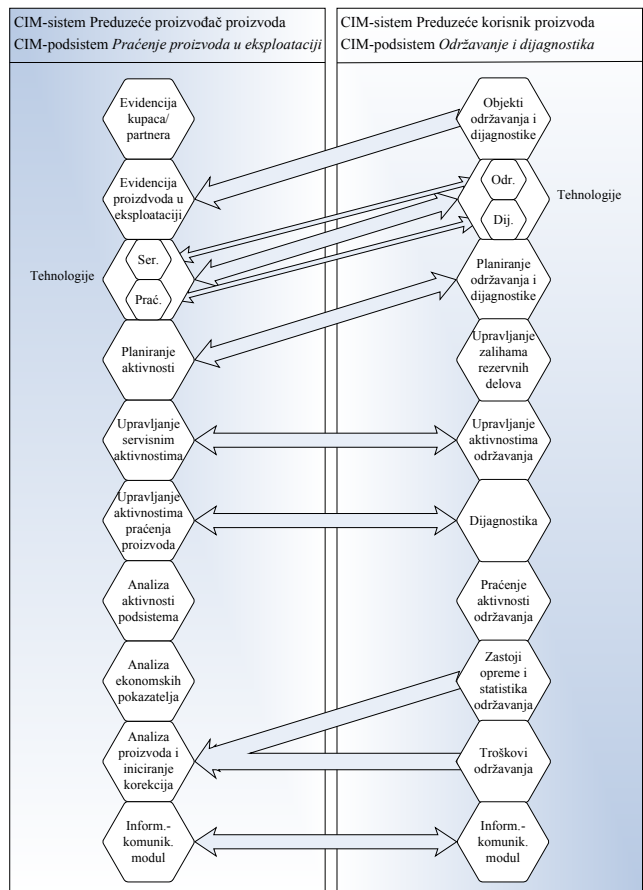
3. INTEGRACIJA CIM-PODSISTEMA POSMATRANIH FUNKCIJA

CIM-podsistemi *Održavanje sa dijagnostikom* i *Praćenje proizvoda u eksploataciji* sadrže veći broj istih ili sličnih funkcija i aktivnosti, kao i visoki stepen međuzavisnost. Polazna osnova CIM-integracije podsistema je analiza podudarnosti funkcija i podfunkcija i analogija između dva podsistema [5]: aktivnosti održavanja - aktivnosti servisiranja; resursi održavanja – resursi servisnih aktivnosti; plan održavanja – servisni plan; tehnologije održavanja - tehnologije servisiranja; radni nalog održavanja – servisni nalog; prijava kvara – reklamacija kupca; radnik na održavanju – serviser; rezervni deo – deo za zamenu; analitika održavanja – analitika servisnih aktivnosti; dijagnostika – praćenje proizvoda u eksploataciji; resursi dijagnostike – resursi za praćenje proizvoda u eksploataciji; plan dijagnostike – plan praćenja proizvoda u eksploataciji; tehnologije dijagnostike – tehnologije praćenja proizvoda u eksploataciji; radni nalog dijagnostike – radni nalog za praćenje proizvoda u eksploataciji; statistika dijagnostike – statistika praćenja proizvoda u eksploataciji; analitika dijagnostike – analitika praćenja proizvoda u eksploataciji.

Integracija projektovanih CIM-podsistema se realizuje u okviru CIM-preduzeća (slika 1) i kroz eksternu informacionu integraciju sa poslovnim partnerima (slika 2). Prvi model integracije se vrši na osnovu analogija i sličnosti između podsistema, dok se drugi model zasniva prvenstveno na sprezanju i međuzavisnosti između funkcija u dva podsistema. Da bi se obezbedili podaci o ponašanju proizvoda u eksploataciji potrebno je da se sa poslovnim partnerima definišu procedure informacionog sprezanja i kompatibilnost informaciono-komunikacionih sistema.



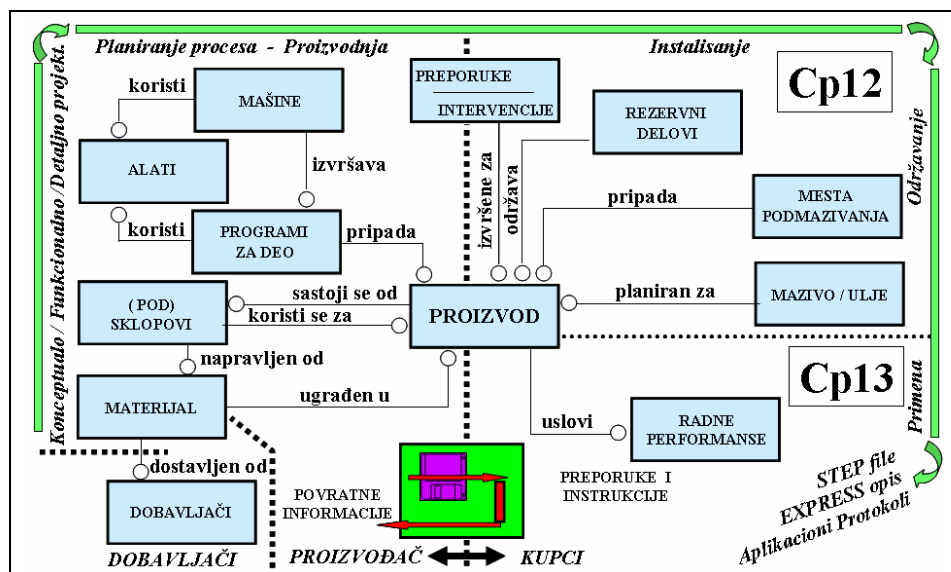
Slika 1. Integracija CIM-podsistema u CIM-sistem



Slika 2. Integracija CIM-podsistema proizvođača i kupca proizvoda

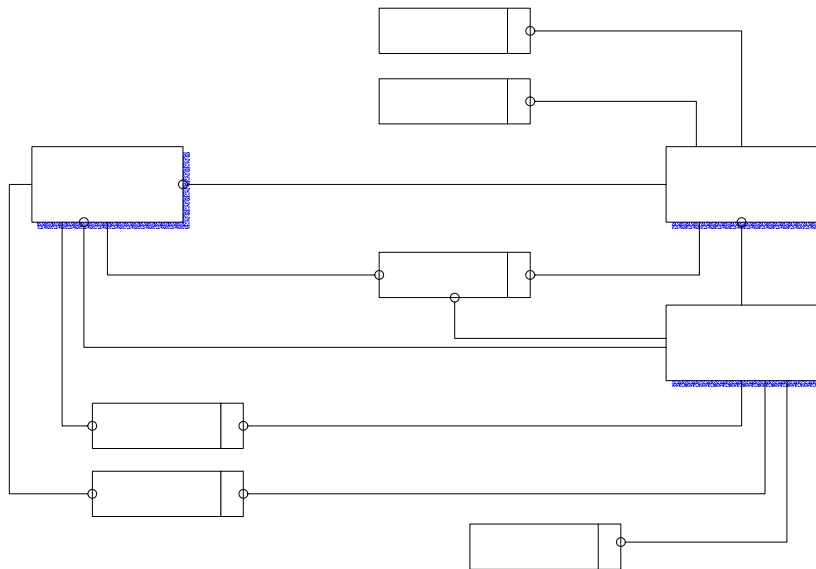
4. PRAKTIČNI REZULTATI INTEGRACIJE PODSISTEMA

Informaciona integracija podsistema Cp12 i Cp13 [9] (slika 3.) je ostvarena upotrebom neutralnog opisa podataka, STEP standarda i XML formatom kao standardom za razmenu podataka [6]. Neutralni opis povezuje informaciono proizvođača (CIM-preduzeće) i kupce proizvoda.



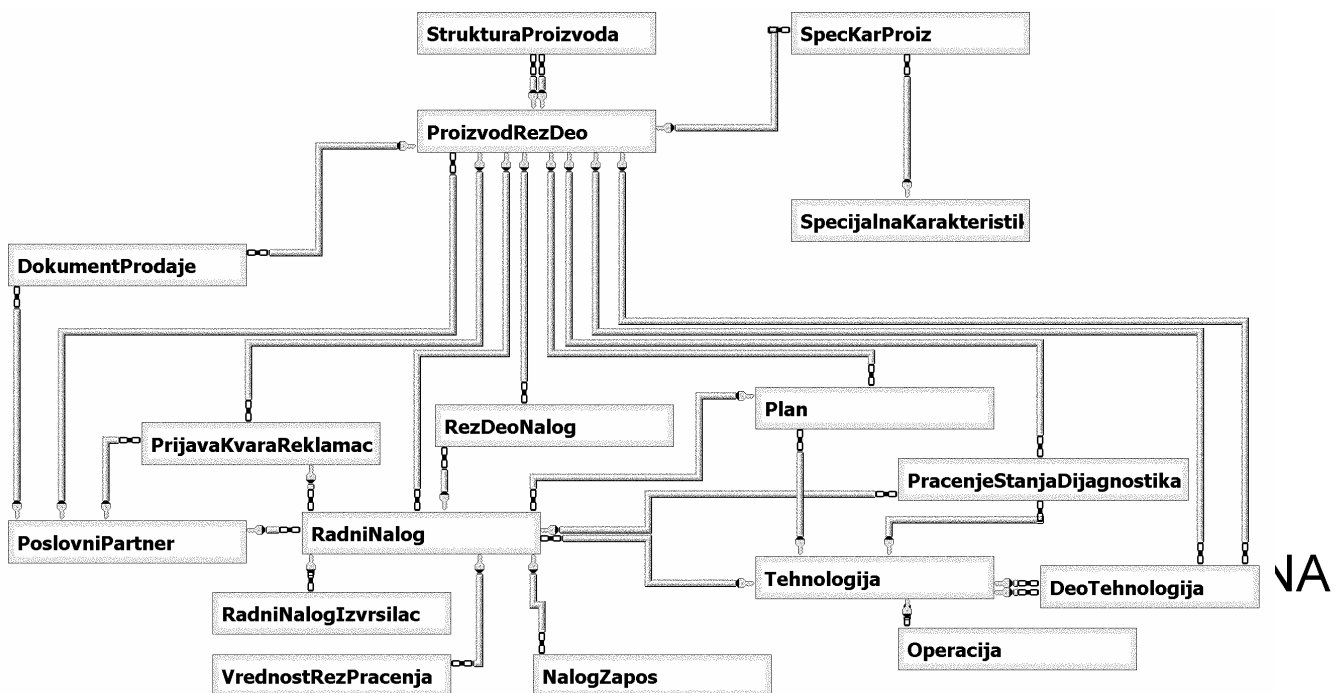
Slika 3. Integracija CIM-podsistema

Uobičajen način razmena podataka primenom STEP standarda između dva sistema se obavlja u dve faze. U fazi 1 podaci se prevode iz osnovnog formata pošiljaoca u neutralni ISO 10303 format, u fazi 2 se translacija vrši iz neutralnog u osnovni format primaoca. Stvarni medijum za razmenu podataka je ASCII tekstualni zapis. Obzirom da standard pravi jasnu razliku između informacionog modela i fizičke primene, omogućava da se ISO 10303 model koristi i u druge namene, potpuno je nezavisan od formata za prezentaciju podataka. U informacionoj integraciji primenjujemo metod ISO 10303-28 – XML reprezentacija EXPRESS shema i podataka, koji se koristi u vezi STEP standarda sa bazom podataka. Primer upotrebe EXPRESS sheme je tribološki opis za održavanje (slika 4.).



Slika 4. EXPRESS shema tribološkog opisa za održavanje

Informaciona integracija [6] je realizovana na konceptu troslojne arhitekture. Baza podataka (slika 5.) je projektovana tako da omogućava informacionu integraciju u okviru CIM-sistema i informacionu integraciju proizvođača i korisnika proizvoda. U bazi se nalaze isti entiteti za oba podsistema i slični entiteti koji su prošireni, tako da sadrže sve atribute oba podsistema. Atributi su usvojeni tako da mogu da se koriste u oba podsistema dok su razlike usklađene radi očuvanja integriteta baze podataka.



Slika 5. Deo ER dijagrama baze podataka projektovanih CIM-podsistema

Baza podataka povezuje nivoe poslovanja Trayala. Aplikativni sloj je jedinstven dok su korisničke forme i izveštaji specijalno projektovani u zavisnosti od potreba radnog mesta. Za zapisivanje i upravljanje nestruktuiranim podacima se koristi baza znanja realizovana sistemom za upravljanje dokumentima.

5. ZAKLJUČAK

Teorijska postavka integracije poslovnih funkcija je početni korak u realizaciji integracionih aktivnosti poslovnih funkcija. Poslovne funkcije održavanja i dijagnostike i praćenja proizvoda u eksploataciji poseduju veliki broj sličnosti, analogija, sprezanja i međuzavisnosti.

Informaciona integracija podсистema je ostvarena pomoću STEP i XML standarda. STEP obezbeđuje neutralni opis dela dok se za razmenu podataka upotrebljava XML. Realizovana je u troslojnom okruženju. Na nivou baze se nalazi integrisana baza podataka. Za zapisivanje i upravljanje nestruktuiranim podacima se koristi baza znanja realizovana sistemom za upravljanje dokumentima.

Baza podataka povezuje nivoe poslovanja Trayala. Ostvaruje se integracija uz podršku informacione integracije. Srednji, aplikativni sloj je jedinstven i integrisan dok su korisničke forme i izveštaji definisani u zavisnosti od potreba radnog mesta.

LITERATURA

- [1] Spasić, Ž., Pilipović, M., Stanojević, M., Jankulović, A., Stefanović, N., *Informaciono modeliranje PDM/CIM preduzeća*, Mašinski fakultet, CIM 02-02, 154002, Beograd, 2000.
- [2] 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.
- [3] Kosanke, K. et al., *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus*, Esprit Research Report 21859, CIMOSA Association, European Commission, Springer, Berlin, 1991.
- [4] 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.
- [5] Herman, K., Spasić, Ž., *Reinženjering poslovnih procesa u kompleksnim mašinskim sistemima*, I Skup privrednika i naučnika "Savremene tendencije u proizvodnji i uslugama u društvu", Beograd, 2003.
- [6] Herman, K., Spasić, Ž., *Realizacija informacione integracije podсистema*, 31. Jupiter konferencija, Zlatibor, 2005.
- [7] Kimber, E., *XML Representation Methods for EXPRESS-Driven Data*, National Institute of Standards and Technology. GCR 99-781, 1999.
- [8] Interna projektna dokumentacija Trayal korporacije.
- [9] Spasić, Ž., Tišma, S., Mladenović, I., *Extended Model for CIM/STEP Integration and International Standards*, 2nd International Conference on Engineering Design and Automation, EDA '98, Maui-Hawaii, USA, 1998. pp. CD.

K. Herman, Ž. Spasić

INFORMATION INTEGRATION OF BUSINESS FUNCTIONON ON EXAMPLE OF TWO CIM-SUBSYSTEMS

Abstract

Information integration of production-business functions Cp12: *Maintenance with diagnostics* and Cp13: *Monitoring of product behaviour in use* (Cpi – CIM-subsystem; $i=1, \dots, 22$) also provide functioning the other general, engineering, manufacturing, business and financial functions of CIM-enterprise which implement integrated technologies. In integration of CIM-subsystems and CIM-modules is used OSI model (Open System Interconnection) and CIMOSA model from ESPRIT consortium of EU research programme. Information interconnection is made between producers of products with buyers, suppliers and other business partners.



Z. Radojević, D. Stojanović¹

CIM SISTEM KAO INTEGRALNI DEO PROJEKTANTSKO-KONSTRUKCIONE PRIPREME PROIZVODNJE

Sadržaj – Projektovanje i konstruisanje proizvoda je jedna od najvažnijih funkcija u formiranju novog ili unapređenju postojećeg proizvoda. Projektovanje kao prva faza formiranja novog ili unapređenja postojećeg proizvoda saznaje preko marketinga sve zahteve kupaca, kao i predloge za novim proizvodom. Konstrukcija prati zahteve projektovanja, da bi se konstruisao jeftin, funkcionalan i kvalitetan proizvod. Zahvaljujući CIM sistemu, u okviru proizvodno-poslovnog sistema dolazi se do brzih i kvalitetnih informacija za željenim proizvodom, do lakog dizajniranja proizvoda i njegove proizvodnje.

1. UVOD

Upravljanje projektantsko-konstruktivnom funkcijom je složen zadatak. Ta složenost se ogleda u izradi kvalitetne tehničke dokumentacije. Pod kvalitetnom dokumentacijom podrazumeva se tačno dimenzionisanje elemenata iz kojih se sastoji podsklop, znači tačan i ekonomičan proračun, kao i crtež elemenata.

Upravljanje projektantsko-konstruktivnom podrazumeva izradu takvih projekata, koji će zadovoljiti zahteve kupaca, a čiji rad se kontroliše preko naloga za rad. Najznačajnije za svaki projekat – proizvod, je da se ispune zahtevi kupca kroz: funkcionalnost, dizajn, zamenljivost podsklopova, niska cena koštanja, lako održavanje i dugotrajna eksploatacija.

Rukovodilac projektnog biroa mora da koordinira rad između projektanta i konstruktora različitih struka, tako da projekat – proizvod bude kvalitetan.

2. IZRADA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Da bi neki proizvod mogao da se izradi, potrebno je da ima tehničku dokumentaciju koja definiše njegov oblik, dimenzije, dizajn, način pakovanja, uputstvo za upotrebu, način servisiranja i vek trajanja.

Izrada tehničke dokumentacije obuhvata: projektovanje, konstruisanje (proračun elemenata, podsklopova i sklopova proizvoda; stepen sigurnosti, tolerancije, izbor materijala za elemente), formiranje sastavnice proizvoda, način pakovanja i skladištenja, uputstvo za upotrebu, servisiranje proizvoda, umnožavanje i arhiviranje.

2.1 Projektovanje proizvoda

Projektovanje je zamisao – ideja nekog proizvoda, koji zadovoljava eksploatacione zahteve kupca. Projektovanje ima za cilj izradu projekta neke mašine, proizvoda ili druge funkcionalne celine i obuhvata određivanje glavnih karakteristika proizvoda, određivanje broja glavnih delova, njihovih osnovnih karakteristika, funkcija, uslova i međusobnih odnosa i rasporeda. Da bi se projektovao proizvod neophodno je savremeno poznavanje nauke i tehnike, kako bi proizvod bio u skladu sa zahtevima savremenog kupca. Današnji kupci su izbirljivi zbog standarda i velike raznovrsnosti proizvoda. Kupce je teško zadovoljiti i to je zadatak projekatana proizvoda. Projektovanje se svodi na određivanje i propisivanje osnovnih, polaznih uslova za dalju konstrukcionu razradu proizvoda. Pri projektovanju posebna pažnja se posvećuje mogućnosti korišćenja proizvoda, i zato treba voditi računa o: funkcionalnosti proizvoda, praktičnosti pri korišćenju, bezbednosti pri korišćenju, estetskom izgledu, održavanju i ceni proizvoda.

¹ Zoran Radojević, FON, Beograd, 011/3950-819, Jove Ilića 154

Dragana Stojanović, FON, Beograd, 011/3950-860, stojanovicd@fon.bg.ac.yu, Jove Ilića 154

Iz svega napred iskazanog, mora se zadovoljiti zahtev kupca, ali pri tome treba voditi računa i o opremi sa kojom realizujemo željeni proizvod. Mnogi zahtevi za kupovinom nove opreme povećavaju cenu proizvoda ili povećavaju učešće kooperantskog rada. Savremeni projektant mora dobro da poznaje tehnologiju proizvodnje, pri čemu treba dobiti jeftin, funkcionalan i kvalitetan proizvod. To se postiže na razne načine:

- izradom pomoćnih pribora, koji skraćuju vreme trajanja tehnoloških operacija (pri ovome se vodi računa da se u što kraćem vremenskom periodu isplate uložena sredstva),
- konstruisanjem uređaja koji ubrzava vreme trajanja tehnoloških operacija pri čemu se vodi računa o ekonomičnosti,
- spajanjem više tehnoloških operacija u jednu, čije je vreme trajanja kraće od zbira pojedinačnih,
- boljom organizacijom na radnom mestu, pri čemu se skraćuje vreme trajanja tehnološke operacije,
- tehničkim rešenjem međuoperacijskog transporta, pri čemu se gubici vremena svode na minimum uz mala ulaganja,
- unifikacijom i standardizacijom elemenata proizvoda, čija cena je u velikoj seriji niska,
- mehanizacija tehnološke linije za proizvodnju, koja se najčešće susreće u serijskoj proizvodnji, jer su velika ulaganja, pa se isplati samo ako se proizvodi veliki broj jedinica proizvoda,
- automatizacija tehnološke linije za proizvodnju, koja se najčešće susreće u masovnoj proizvodnji.

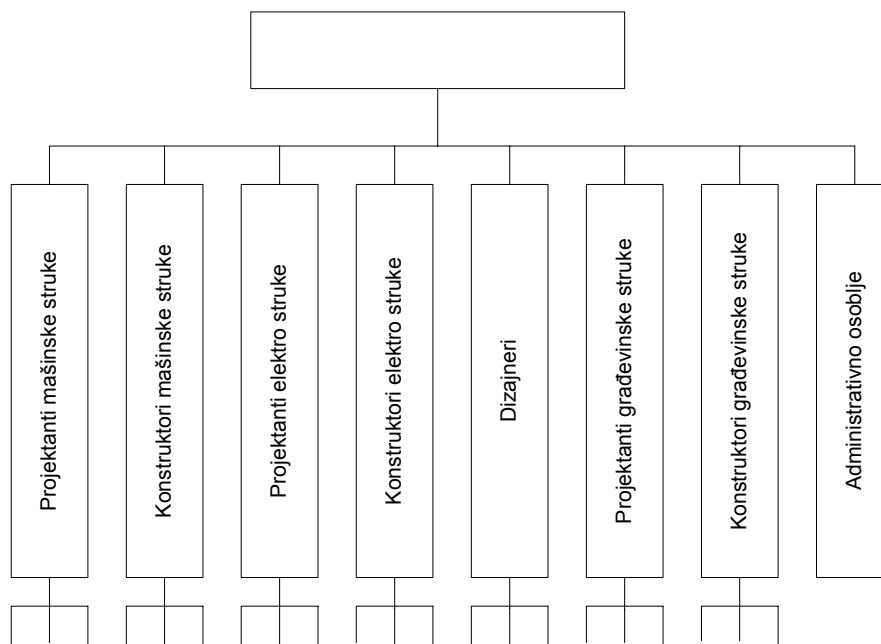
2.2. Konstruisanje proizvoda

Konstruisanje rešava pitanje oblika i dimenzija proizvoda tj. njihovih sastavnih delova koji se moraju ukomponovati u proizvod. Crteži sklopa i podsklopa su detaljno pozicionirani i svaka pozicija ima svoj detaljan radionički crtež. Konstruktor vrši proračun konstrukcije i elemenata kod kojih se pojavljuje naprezanje, deformacije i naponi.

Konstruktor na osnovu proračuna i svojih konstruktivnih rešenja, vrši izbor materijala za pojedine elemente, a samim tim za podsklopove, sklopove i proizvod. Izabrani materijal mora da odgovara konstrukcionim karakteristikama proizvoda i da odgovara predviđenom načinu proizvodnje pri izradi proizvoda. Na osnovu napred rečenog, konstruktor u procesu konstruisanja određuje: broj elemenata u proizvodu, metod i način povezivanja elemenata, oblike elemenata, specifikaciju materijala, dimenzije elemenata, zahteve tehnologije, tehničke uslove. Konstruktor treba da vodi računa da konstrukcija ispuni sledeće uslove: bezbednost pri izradi, ekonomična izrada, mogućnost obrade, mogućnost montaže, mogućnost pakovanja, transporta i smeštaja, prilagođena standardima, usklađenost tehničkog i ekonomskog veka proizvoda, ispunjenost svih zahteva koje je postavio projektant. Iz napred opisanog vidi se jasna podela posla između projektanta i konstruktora, mada to predstavlja kompletnu aktivnost koja iziskuje totalnu povezanost.

3. ORGANIZACIONA STRUKTURA PROJEKTANTSKO-KONSTRUKCIONE FUNKCIJE

Projektantsko – konstrukciona funkcija je deo tehničkog podsistema, u svakom proizvodnom sistemu. Najčešći model organizacione strukture za mašinske proizvodne sisteme je dat na slici 1.



Slika 1. Šema organizacione strukture projektno-konstruktivne funkcije

Projektanti usklađuju i daju na razradu projekta koji su dobili od razvojne funkcije. Takođe se bave i unapređenjem postojeće tekuće proizvodnje. Ukoliko razvojna funkcija nije razradila kompletne podsklopove ili sklopove novog proizvoda, onda to rade projektanti. Sem nabrojanog, učestvuju u izradi idejnog rešenja konstrukcije proizvoda, pa onda daju konstruktorima na dalju razradu. Konstruktori izrađuju kompletnu radioničku dokumentaciju za proizvod. Konstruktori vrše i proračunavanje i izbor kompletnih elemenata iz kojih se sastoji proizvod. Administratori koordiniraju dokumentaciju i dopunjuju opisnim delom projekat, koji je uradio projektant ili konstruktor. Oni kompletiraju i arhiviraju projekat i distribuiraju ga do kupca (investitora).

4. INFORMACIONI SISTEM PROJEKTANTSKO-KONSTRUKCIONE FUNKCIJE

Informacioni sistem je deo ukupnog CIM sistema, ukoliko je proizvodni sistem povezan računarima, kao i sve njegove celine. U ovom podsistemu postoji mali broj dokumenata koji cirkuliše unutar i van podsistema, i to su: nalog za rad, zahtev za izmenu projekta, odobrenje izmene projekta, izveštaj o završetku projekta i prijemnica projekta.

Nalog za rad je dokument koji opisuje kompletan radni zadatak, sa datumom početka i završetka kompletnog projekta. Ukoliko se projektuje i konstruiše nov proizvod, onda se nalog za rad dobija od razvojne funkcije. Ako se radi postojeći proizvod sa nekim manjim izmenama, koje su nebitne za funkcionalnost proizvoda, onda se nalog dobija od marketinške ili prodajne funkcije.

Zahtev za izmenu projekta je dokument kojim se predlaže izmena elemenata, podsklopova i sklopova proizvoda. Njime se obrazlaže predlog izmene i daju prednosti predloga u odnosu na postojeće stanje. Najpovoljnije je napraviti tehno-ekonomsku analizu novopredloženog rešenja u odnosu na postojeće. Zahtev može biti izdat od strane razvojnog, komercijalnog, nabavnog i proizvodnog sektora.

Odobrenje izmene projekta je dokument kojim se vrši izmena postojećeg projekta. To znači da se deo tehničke dokumentacije zamenjuje novom, što znači izmenu broja crteža na proizvodu, sklopu ili podsklopu, a takođe se izmenjeni broj unosi i u sastavnicu proizvoda. Odobrenje može biti izdato od strane projektanta, konstruktora ili dizajnera.

Izveštaj o završetku projekta je dokument kojim se obaveštava kupac ili naručilac da je projektantsko-konstruktivna dokumentacija završena.

Prijemnica projekta je dokument kojim se potvrđuje da je dostavljen projekat kupcu ili naručiocu.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega rečenog, CIM sistem igra vodeću ulogu u projektantsko-konstrukcionoj pripremi proizvodnje. Omogućava brzo i lako projektovanje proizvoda i njegovu proizvodnju. Njegove karakteristike omogućavaju da se projektuje jeftin, funkcionalan i kvalitetan proizvod. Takav proizvod ima dobru poziciju na tržištu, što je cilj savremene proizvodnje.

LITERATURA

- [1] Folkestad J., Johnson R.: *Resolving the Conflict between Design and Manufacturing: Integrated Rapid Prototyping and Rapid Tooling*, *Journal of Industrial Technology*, Vol. 11, No. 4, 2001. www.nait.org
- [2] Heizer J., Render B.: *Principles of operations management*, Pearson Education, New Jersey, 2004.
- [3] Radojević Z.: *Planiranje i priprema savremene proizvodnje*, Službeni list SRJ, Beograd, 1997.
- [4] Radojević Z., Radojević M., Bošković D.: *Mesto i uloga CIM sistema u JIT proizvodnji*, Jupiter Konferencija, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.

Abstract: Product design and construction is one of the most important function in the new product development. Design as the first phase of new product development is receiving customer requirements and suggestions from marketing function. Construction follow design requirements for low cost, dynamic, and quality product construction. Thanks to CIM system, business system has fast and quality information about new product and soft product design and manufacturing.

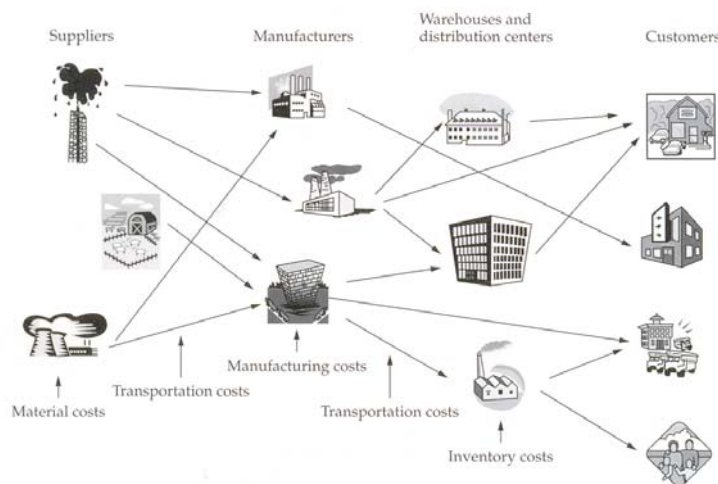
Jankulović A.¹, Spasić Ž.², Slavković G.³

UPRAVLJANJE LANCIMA SNABDEVANJA U FUNKCIJI UVOĐENJA CIM SISTEMA

Rezime: CIM sistemi realizuju savremene trendove u automatizaciji poslovnih funkcija i integraciji procesa stvaranja novog proizvoda, proizvodnje, isporuke i usklađivanja ponude i potražnje kupaca-korisnika primenom integralnih informacionih sistema. Informaciono povezivanje potražnje kupaca, maloprodaje, veleprodaje, distribucije, proizvodnje i isporuke dobavljača u okviru jedinstvenog i integrisanog sistema upravljanja lancima snabdevanja predstavlja jedan od najvažnijih segmenata za realizaciju CIM sistema.

1. UVOD

Upravljanje lancima snabdevanja i oblast operativnog menadžmenta u svetu sve više pažnje poklanja integrisanom razmatranju sistema, od isporuke materijala za proces proizvodnje, preko proizvodnje, veleprodaje i maloprodaje do zahteva kupaca. Analizom je utvrđeno da proizvod najveći deo vremena provodi u nizu operacija koje nisu direktno vezane za sam proces proizvodnje. Takođe velika odstupanja od planiranih karakteristika procesa u sistemu, vezani su za parametre koji utiču na neizvesnost procesa u promenljivom odnosu ponude i potražnje, isporukama od dobavljača, količinama zaliha i skladištenja. U okviru navedenih izvora varijabilnosti formiraju se izvori troškova koji utiču na poslovanje sistema (slika 1). Stoga se integrisanom, sistemskom pristupu i povezivanju svih činilaca u okviru lanca snabdevanja (dobavljač sirovina ili poluproizvoda, proizvođač, distributer, veleprodaja, maloprodaja) pridaje veliki značaj imajući u vidu zahteve tržišta i kupaca i sve oštrije konkurencije koja nameće snižavanje troškova. Osnov u integrisanom pristupu svim članovima u lancu snabdevanja predstavlja informaciono i komunikaciono povezivanje svih učesnika u procesu kao deo integrisanog CIM sistema.



Slika 1. Struktura troškova u okviru lanca snabdevanja

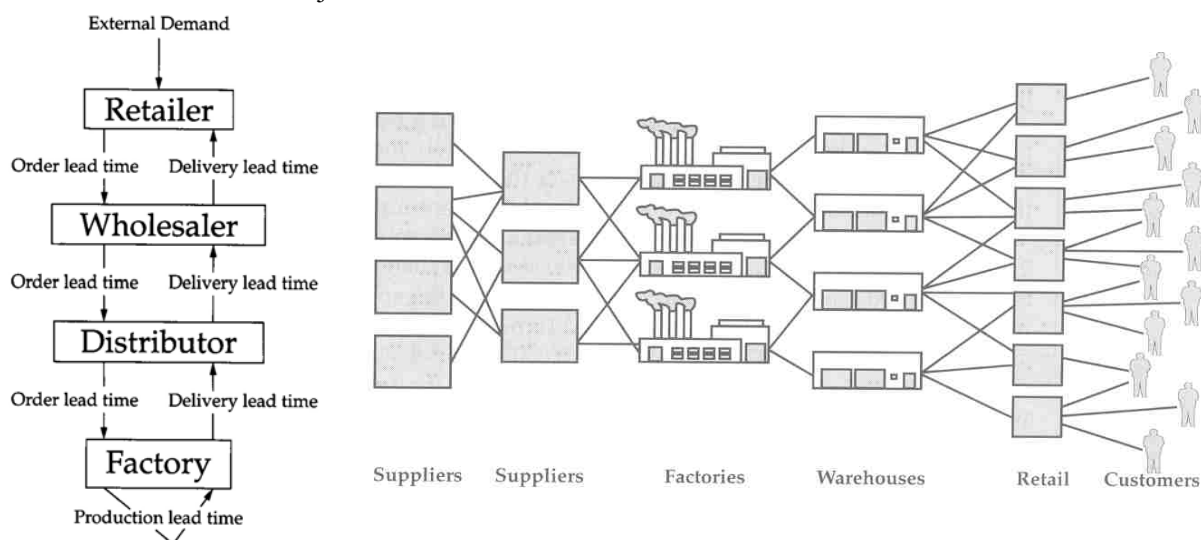
¹ Doc Dr Aleksandar Jankulović, dipl.ing.maš. Fakultet za menadžment N. Sad, Ritam Inženjering Beograd, jankulovic@yahoo.com

² Prof Dr Žarko Spasić, dipl.ing.maš., Mašinski fakultet Beograd, zspasic@mas.bg.ac.yu

³ Mr Goran Slavković, dipl.ing.maš.i el., Mašinski fakultet Beograd, gslavkovic@mas.bg.ac.yu

2. UPRAVLJANJE LANCIMA SNABDEVANJA

Lanci snabdevanja se u kompaniji definišu izborom određene proizvodne grupe i praćenjem toka materijala i informacija od krajnjeg korisnika preko distribucije i proizvodnje do isporučioaca sirovina za proizvodnju. Upravljanje lancima snabdevanja – “SUPPLY CHAIN MANAGEMENT”, obuhvata planiranje, dizajniranje i kontrolu protoka materijala i informacija duž lanca snabdevanja u cilju ispunjenja zahteva klijenata na efikasan način. Lanac snabdevanja podrazumeva razmenu materijala i informacija u procesima koja se proteže od prikupljanja sirovina do isporuke gotovih proizvoda krajnjem korisniku. Lanac snabdevanja počinje sa neobrađenim sirovinama i završava sa upotrebom gotovih proizvoda od strane krajnjeg korisnika, pri čemu povezuje mnoge kompanije. Velike svetske kompanije kao što su FORD, HEWLETT - PACKARD, 3M, PROCTER & GAMBLE, MOTOROLA, FEDERAL EXPRESS su neke od kompanija koje su među prvima primenile tehnike upravljanja lancima snabdevanja. Velike kompanije imaju nekoliko različitih lanaca snabdevanja u okviru svog proizvodnog programa. Kao primer mogu se navesti Procter & Gamble ili General Electric koji imaju između 50 i 100 različitih lanaca snabdevanja. Na slici 2 prikazane su dve strukture lanca snabdevanja.



Slika 2. Struktura lanca snabdevanja

Upravljanje lancem snabdevanja kao segment CIM sistema predstavlja:

- Optimizaciju celokupnog procesa snabdevanja, od narudzbine korisnika preko maloprodajnog objekta, distributivnog centra kod maloprodajnih objekata, veleprodaje, distributivnog centra proizvođača, fabrike za proizvodnju i snabdevača sirovinama,
- Upravljanje i kontrolu svih materijala i finansijskih sredstava i sa njima povezanih informacija,
- Sistemsku, stratešku koordinaciju tradicionalnih poslovnih funkcija i taktika duž poslovnih funkcija unutar određene kompanije i duž poslova unutar lanca snabdevanja sa svrhom dugoročnog poboljšavanja performansi kompanija pojedinačno i lanca snabdevanja u celini.

Upravljanje i komunikaciono povezivanje zavisi od toga da li su lanci snabdevanja vučeni “PULL” sistemi koji odgovaraju proizvodnji za porudžbine “make to-order” pri čemu poslednji član u lancu definiše količine poručivanja od prethodnih u lancu ili gurani “PUSH” sistemi koji odgovaraju proizvodnji za zalihe “make to-stock” na način da se količine proizvoda guraju bez obzira na zahteve i potražnju sledećih članova u lancu.

Jedna slaba karika u lancu obara ceo lanac bez obzira koji se sistem primenjuje. Pojedinačno unapređenje procesa poslovanja ne daje rezultate, već je neophodno izvršiti operativnu koordinaciju svih učesnika u lancu snabdevanja. U okviru koordinacije bitno je uskladiti interese svih učesnika u lancu snabdevanja koji često nisu isti. Određene poslovne odluke i aktivnosti dovode do povećanja profita jednog učesnika u lancu ali može dovesti do smanjenja kod drugog. Zbog toga se mogu javiti konflikti između učesnika u lancu. Maksimalni profit svih učesnika u lancu snabdevanja se može ostvariti samo integracijom procesa rada i aktivnosti svih učesnika. U smislu raspoređivanja profita u okviru lanca treba voditi računa o veličini udela preduzeća u ukupnom profitu i o veličini ukupnog profita ostvarenog u lancu. Umesto da se preduzeća u lancu dele oko podele “kolača” i da u tome unište njegov deo, oni moraju prvo da vide kako da povećaju “kolač” a zatim kako da ga podele bez njegovog umanjivanja.

3. ZNAČAJ KOMUNIKACIONOG POVEZIVANJA UČESNIKA U LANCU SNABDEVANJA

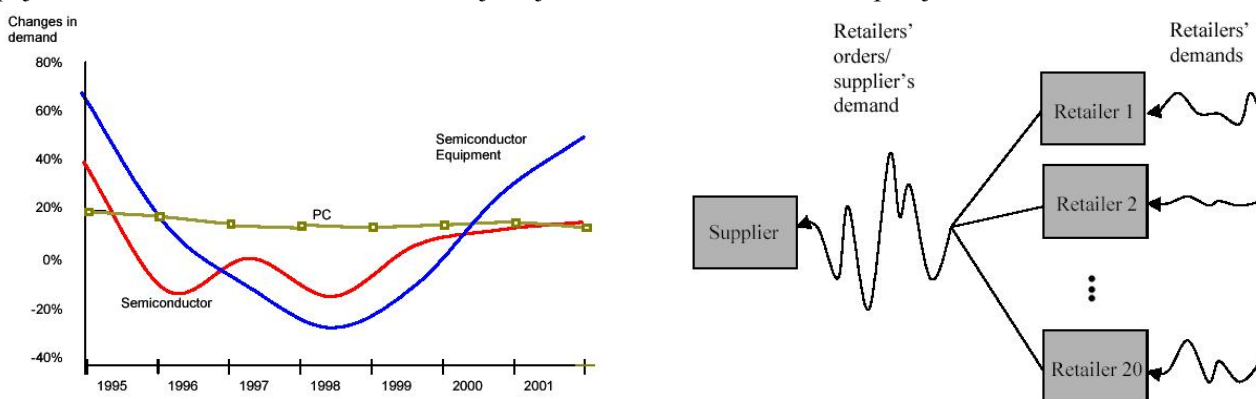
U povezivanju svih učesnika u lancu snabdevanja neophodna je informaciona i komunikaciona veza i kompleksno upravljanje velikim brojem informacija. Pravovremenom i potpunom informacijom između ostalog ostvaruju se i sledeći efekti:

- Smanjenje stohastičnosti,
- Podizanje tačnosti prognoziranja,
- Koordinacija tokova i rada sistema i primenjenih strategija,
- Podiže se nivo usluge korisnika,
- Omogućava se smanjenje vremena koje protekne od lansiranja porudzbine do isporuke robe,
- Omogućava se brži odziv lanca na promene na tržištu.

3.1 Bulwhip efekat kao posledica neintegriranosti sistema

Analizom je zapaženo je da zahtevi korisnika za određenim proizvodom ne variraju mnogo, ali zalihe znatno fluktuiraju duž lanca snabdevanja i neravnomernosti rastu počev od maloprodaje. Na maloprodajnom nivou skoro ravnomerna potražnja, na distributivnom nivou količine koje se naručuju mnogo više fluktuiraju od zahteva na maloprodajnom nivou, na Proizvodnom nivou količine koje se naručuju još više fluktuiraju od zahteva na distributivnom nivou a na nivou snabdevanja repromaterijalima proizvodnje je najveća fluktuacija količina koje se naručuju. Povećanje odstupanja duž lanca snabdevanja (distorzija porudžbina) naziva se “BULLWHIP” efekat. Posledice “BULLWHIP” efekta su: Povišen nivo sigurnosnih zaliha i troškova; Smanjen nivo usluge korisnika; Neefikasna alokacija resursa; Povećanje transportnih troškova.

U levom delu slike 3, prikazan je nivo promena u potražnji na 3 nivoa lanca: 1.Računari – 2.Processori i provodnici – 3.Oprema industrije procesora i provodnika, iz koje se vidi da neravnomernost raste od broja 1 ka broju 3. Na desnom delu slike prikazan je uticaj neravnomernosti 20 pojedinačnih maloprodajnih objekata na jednog isporučioaca, gde se vidi da je koeficijent varijacije isporučioaca daleko veći nego prosti zbir pojedinačnih koeficijenata varijacija potražnje kupaca od maloprodaje. Povećanje oscilacije potraživanja u toku lanca snabdevanja od maloprodaje ka proizvodnji raste sa svakim sledećim nivoom u lancu i takva pojava se naziva “BULWHIP” efekat. Pojava je uočena i definisana u kompaniji Procter & Gamble.



Slika 3. “Bulwhip” efekat

Smanjenje ili eliminisanje “BULLWHIP” efekta ostvaruje se razmenom informacija, između svih nivoa u lancu koja obezbeđuje pravovremene i pravilne procene u pogledu poručivanja i proizvodnje proizvoda. Kada proizvođač poseduje dnevne podatke stanja prodaje on može brže i adekvatno da reaguje. Ovaj proces razmene informacija naziva se “Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment”. Takođe je bitno da veleprodaja zna podatke o raspoloživosti kapaciteta proizvodnje isporučioaca. Efikasna razmena informacija ostvaruje se primenom informacionih sistema. Razmenom informacija i uvođenjem integralnog informacionog sistema kao osnove za primenu CIM sistema u određenim slučajevima rezultuje i strateškim partnerstvima. “Vendor Managed Inventory” (VMI), tehnika koju su među prvima primenile kompanije Wall Mart i Procter & Gamble, omogućuje da isporučilac određuje vreme i količinu isporuke. Stoga informacioni sistem isporučioaca koji definiše količine i vreme dopune mora da ima pristup informacijama distributera, veleprodaje i maloprodaje o stanju zaliha, prodaji, trendovima, planovima promocija proizvoda itd.

3.2 Uticaj elektronskog poslovanja i ERP sistema na integraciju sistema

Uvođenje elektronskog poslovanja omogućilo je interaktivnu razmenu informacija putem interneta. Razmena informacija je smanjila troškove poslovanja kompanija i ubrzala poslovanje svih učesnika u lancu snabdevanja. Sistem elektronske nabavke od dobavljača, igra sve značajniju ulogu u procesu nabavke i dopune neophodnim količinama materijala za proces proizvodnje. Sistem elektronskog poslovanja između ostalog omogućava kompanijama da razmenjuju informacije elektronskim putem "BtoB" vezama ("Business to Business"), u kojima imaju direktan pristup i mogućnost "on-line" razmene informacija. IBM je elektronski povezan sa preko 15.000 dobavljača sa kojima razmenjuje sve podatke, i sve njegove transakcije su zasnovane na internetu. Wall Mart takođe ostvaruje kompletnu razmenu informacija sa nekoliko hiljada svojih dobavljača o stanju proizvoda na zalihama, brzini potrošnje, promotivnim akcijama koje ubrzavaju prodaju, mogućnostima i kapacitetima za proizvodnju itd. Pored sistema elektronskog poslovanja primena ERP – "Enterprise Resource Planning" integrisanih informacionih sistema kao što su SAP/R3 ili MBS NAVISION predstavljaju u savremenom poslovanju osnovu za informacionu integraciju funkcija poslovanja preduzeća kao i informacionu integraciju i povezivanje učesnika u lancu snabdevanja.

3.3 Alati za simulaciju procesa u lancima snabdevanja

Na MIT-u u okviru radova na razvoju teorije "Systems dynamics" čiji je tvorac J.F. Forrester, potvrđena je neophodnost kompjuterske simulacije u cilju analize i modeliranja sistema koji su veoma kompleksni i koje je nemoguće sagledati bez primene računara. U okviru razvoja ove teorije Stermann je razvio kompjutersku simulacionu igru "BEER GAME" koja je postala široko popularna na mnogim fakultetima. Program daje mogućnost simulacije procesa u lancu snabdevanja, gde učesnik preuzima upravljanje jednim od učesnika u lancu (proizvođač, distributer, veleprodaja, maloprodaja). Na osnovu donetih odluka formiraju se troškovi za svakog učesnika, kako bi se mogao sagledati stepen uspešnosti upravljanja jednim članom lanca kao i posledice na poslovanje ostalih učesnika u lancu i neophodnost integracije. U cilju finansijske analize upotrebe centralizovanih ili decentralizovanih sistema isporuke proizvoda razvijeni su programi za definisanje raspodele rizika pri odlučivanju "RISK POOL GAME".

U oblasti simulacionih programa, jedan od najviše korišćenih u SAD je FLEXSIM, koji se masovno primenjuje u vodećim svetskim kompanijama kao i na prestižnim fakultetima za edukaciju studenata iz analize procesa rada, modeliranja, integracije i unapređenja procesa različitih sistema (proizvodni, saobraćajni, uslužni). Njegovom primenom mogu se simulirati različiti tipovi procesa rada, i njihov uticaj na efikasnost poslovanja sistema, iz čega proističe model optimalne varijante integrisanog kompjuterski upravljanoj CIM sistema.

4. ZAKLJUČAK

Informaciona integracija učesnika u lancu snabdevanja i sistemski pristup predstavljaju osnovu za ostvarenje strategije kompjuterski upravljanoj sistema – CIM sistema, bez čije implementacije u savremenim tržišnim okolnostima nije moguće biti prisutan i dugoročno opstati. Oblast Upravljanja lancima snabdevanja predstavlja naučnu oblast, koja se razvija i puno primenjuje u poslednje vreme, daje doprinos integrativnom sagledavanju i primeni različitih tehnika i alata, u cilju povezivanja kompanija koje saraduju u procesu stvaranja i isporuke proizvoda ili usluge do krajnjih kupaca ili korisnika. Šire posmatrano ona je deo napora u okviru oblasti Operativnog menadžmenta, Sistemskog inženjerstva i razvoja CIM sistema ka EFEKTIVNOM i EFIKASNOM poslovanju proizvodnog, saobraćajnog, uslužnog i drugih sistema.

5. LITERATURA

1. Roger G. Schroeder, Operations management, 2nd edition, Mc Graw Hill, 2003.
2. David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi, Designing and managing the supply chain, 2nd edition, Mc Graw-Hill Irwin, 2003.
3. Joseph G. Monks, Operations management, Schaum's outlines, 2nd edition, Mc Graw-Hill, 1996.

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN A FUNCTION OF CIM SYSTEM IMPLEMENTATION

Abstract: CIM systems realize new technologies in the aim of total automatization business processes and integration of new product development process, production, distribution, retail and supply demand mismatch with integartive information systems. Information integration of customer demand, wholesaler, retailer, distribution, production and supplier in common integrative system of supply chain management represent one of the most important components of CIM system implementation.



Ž. Spasić¹

INFORMACIONA INTEGRACIJA DIGITALNE FABRIKE I DIGITALNOG UNIVERZITETA²

Rezime

Univerziteti Srbije se nalaze u procesu reforme, usporeni i uspavani u otporima neophodnim promenama. Domaća industrija i privreda imaju neke druge specifične probleme u procesu tranzicije i privatizacije sa dekompozicijom velikih sistema na mala i srednja preduzeća. Izgleda da univerzitet i industrija imaju i neke zajedničke probleme – nedostatak kontinualnog razvojnog poslovanja na duži period. Treba da se zna da su obrazovanje, istraživanje, nove tehnologije i inovacije osnovne komponente za poslove u budućoj Evropi zasnovanoj na znanju. Zato i govorimo o informacionoj integraciji digitalnog univerziteta i digitalne fabrike. Izvrsnost i efektivnost obrazovanja i istraživanja ne mogu da se dostignu na nacionalnom nivou. Na putu ka evropskim integracijama treba da se nađe ravnoteža akademskog i industrijskog razumevanja tog problema.

Ključne reči: CIM, Informaciona integracija, Obrazovanje, Obezbeđenje kvaliteta, Bolonjska deklaracija.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine u trogodišnjem ciklusu istraživačkog programa za tehnološki razvoj industrije i Republike podržava projekt TR-6362A [1]. Konzorcijum projekta čine tri poslovna partnera različitih delatnosti poslovanja - Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu (koordinator Projekta), Trayal korporacija (korisnik rezultata istraživanja) i Informatika ad (isporučilac opreme i integrator sistema). Rad se odnosi na dva od ukupno četiri modula Projekta. To su *Modul informacione integracije CIM-preduzeća* i *Modul interakcije univerziteta i industrije/privrede*. Informaciona integracija je preduslov za povezivanje svih nivoa poslovanja digitalne fabrike ili preduzeća integrisanih tehnologija i zahteva istovremeno razumevanje akademskih i tehnoloških misija i vizija univerziteta i industrije.

Proizvodno CIM-preduzeće je kompleksan sistem sa inženjerskim, proizvodnim, uslužnim, poslovnim, finansijskim, opštim i drugim informaciono integrisanim aktivnostima. Prema modelu podacima/znanjem vođene fabrike budućnosti [2, 3] transfer informacija se ostvaruje horizontalnim i vertikalnim informacionim tokovima koji povezuju proizvodnu, kompjutersku i komunikacionu opremu kompjuterizovanih radnih mesta (funkcionalnih CIMOSA entiteta). Model integriše konvencionalne i inteligentne komponente (ekspert sisteme) koristeći jedinstven informacioni resurs – integrisanu bazu podataka/znanja i integrišući aktivnosti na različitim nivoima poslovanja [4, 5]. U primeni i razvoju informacionih i komunikacionih tehnologija Jupiter asocijacija je imala lidersku ulogu na celoj teritoriji bivše Jugoslaviji koordinirajući rad vodećih industrija svih republika koje su još tada uspostavile svoje strateške CIM-modele kroz članstvo u CIMOSA Interest Group i EMUG/YuMUG asocijaciji [6].

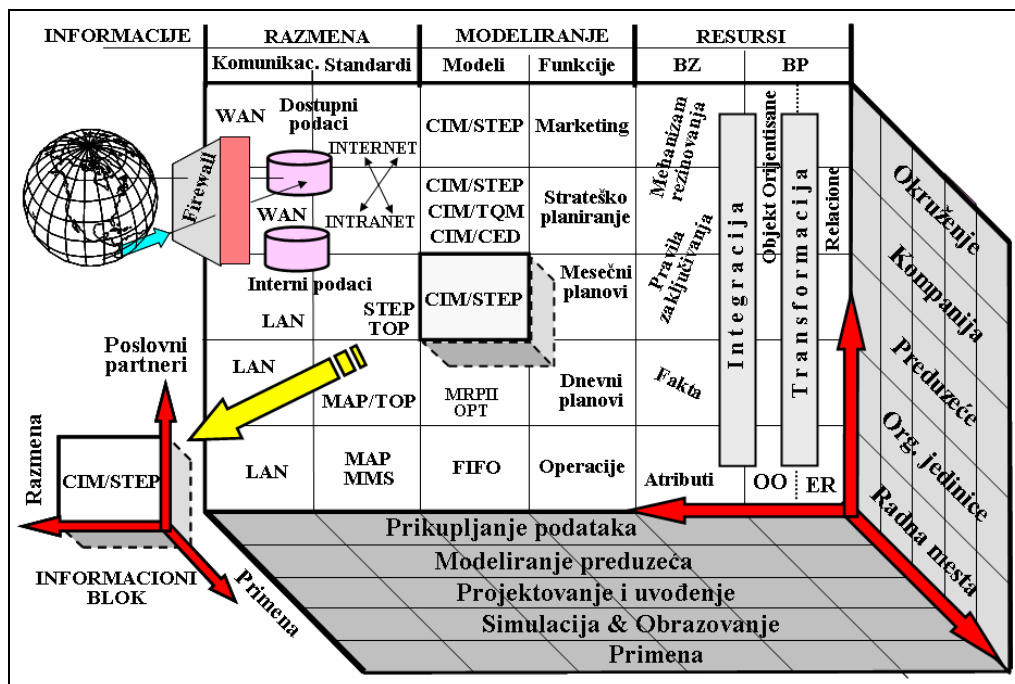
2. OKVIRNI MODEL INFORMACIONE INTEGRACIJE PREDUZEĆA

Na slici 1 prikazan je okvirni model informacione integracije CIM-preduzeća koji je prezentiran na ESPRIT konferenciji [7] kada su definisani prioriteti za istraživački program FP5 Evropske unije (the 5th Framework Programme). Iz reference se vidi da je još tada postojala težnja da se promeni ambijent u kome poslujemo sa industrijom, ali su ubrzo uvedene sankcije da bi ponovo dobili šansu za predstojeći FP7

¹ Profesor dr **Žarko Spasić**, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu

² Rad je deo projekta **TR-6362A: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju postizanja konkurentnosti TRAYAL korporacije na međunarodnom tržištu**. Projekt finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Srbije uz participaciju korisnika TRAYAL korporacije i integratora CIM-komponenti Informatike AD.

program. Model informacione integracije (i^2) ima tri dimenzije, osnovnu matricu "Komponente okvirnog modela – Poslovni nivoi" i treću dimenziju koja određuje "Programske aplikacije" (prikupljanje i logičko povezivanje podataka i informacija, informaciono i funkcionalno modeliranje kompjuterizovanih aktivnosti, projektovanje i uvođenje modula i podsistema, simulacije u virtuelnom preduzeću, obrazovanje i primenu CIM-sistema). Nivoi treće dimenzije modela imaju mogućnost modifikovanja baze podataka (BP), dopune baze znanja (BZ), i proširenja programskih aplikacija postepenom integracijom podsistema i modula (OSI – Open System Interconnection ili OSA – Open System Architecture). Podaci su organizovani u relacije (R), objektno-relacije i objektno orijentisane (OO) baze podataka. Informaciono modeliranje CIM-preduzeća podrazumeva primenu modela u koje su ugrađeni standardni interfejsi i koncepti (STEP, QA, CED, MRP, OPT), kao i funkcije svih nivoa poslovanja. Razmena informacija u globalnim Internet komunikacijama podrazumeva primenu komunikacionih protokola za LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network) i MMS (Manufacturing Message Services). Trodimenzionalni model je kibernetički prostor ili digitalna osnova (engl: *template*) za koordinaciju aktivnosti podacima/znanjem vođene **digitalne fabrike**.



Slika 1. Trodimenzionalni okvirni model informacione integracije preduzeća

3. DIGITALNA FABRIKA (DIGITALNO PREDUZEĆE)

Integracija kompjuterizovanih aktivnosti i svih nivoa poslovanja proizvodnog CIM-preduzeća (CIM – Computer Integrated Manufacturing) objedinjuje razne koncepte, prema strategiji same industrije, preduzeća ili kompanije. Referentni model CIM-preduzeća prema [8, 9] sadrži 22 CIM-podsistema (Cp_i, i = 1-22) koji su grupisani u četiri oblasti proizvodno-poslovnog sistema i okruženja CIM-preduzeća. To su:

Opšti CIM-podsistemi (OCP):

Cp1 - Klasifikacija elemenata poslovanja, Cp14 - Integralno upravljanje kvalitetom (CIM/QA), Cp20 - Zaposleni i novi radni sadržaji, Cp21 - Simulacije i statistika poslovanja, Cp22 - Obrazovanje.

Inženjerske aktivnosti (IA):

Cp2 - Projektovanje proizvoda (CAD), Cp3 - Metode inženjerskih proračuna (CAE), Cp4 - Poslovanje sastavnicama i normativi, Cp5 - Projektovanje tehnologije (CAM).

Proizvodno-poslovne aktivnosti (PPA):

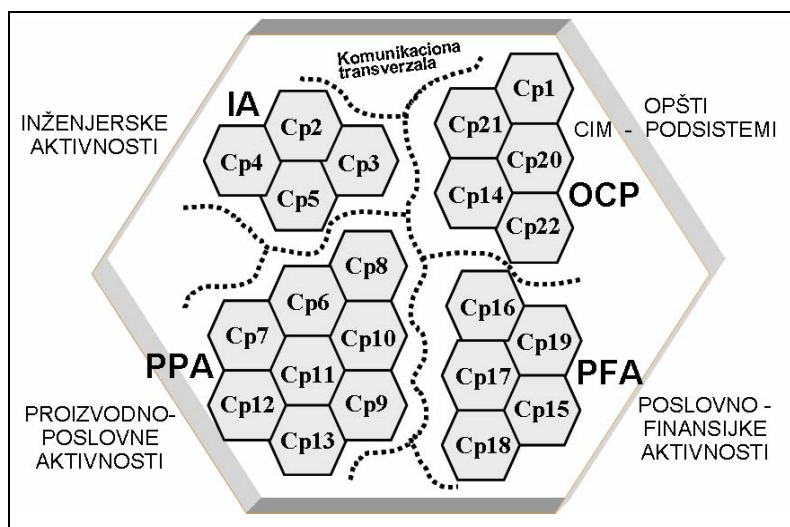
Cp6 - Planiranje i priprema proizvodnje, Cp7 - Terminiranje i praćenje proizvodnje, Cp8 - Upravljanje zalihama, Cp9 - Transport i skladištenje, Cp10 - Priprema i distribucija alata i pribora, Cp11 - Upravljanje mašinama, robotima i uređajima, Cp12 - Održavanje sa dijagnostikom, Cp13 - Praćenje proizvoda u eksploataciji.

Poslovno-finansijske aktivnosti (PFA):

Cp15 – Marketing, Cp16 - Nabavka, Cp17 - Prodaja, Cp18 - Ekonomija i finansije, Cp19 - Pravna regulativa i ugovori.

CIM-podsistemi integrišu CIM-module i međusobno razmenjuju informacije koristeći komunikacione transverzale internih i eksternih komunikacionih mreža CIM-preduzeća i njegovog poslovnog okruženja.

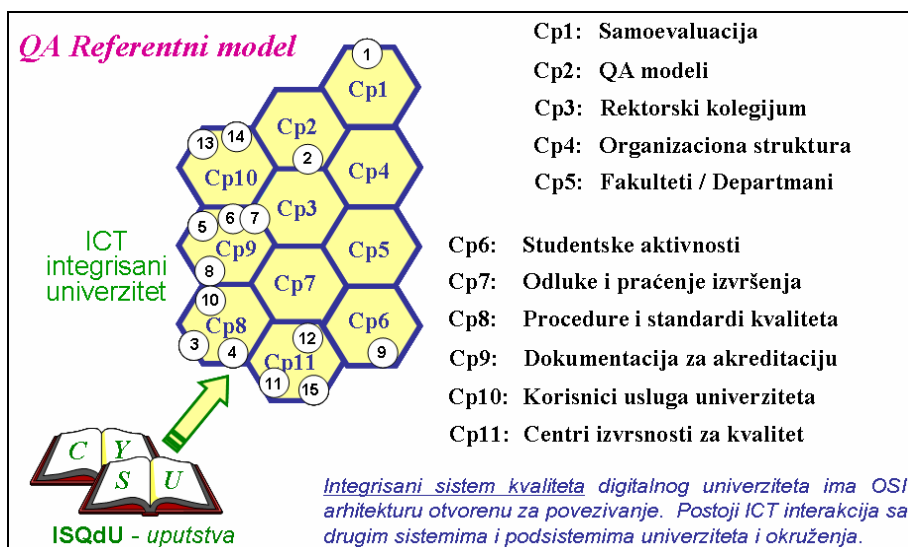
Specifikacije STEP standarda ISO 10303 (STEP – *Standard for the Exchange of Product Model Data*) definišu neutralan opis podataka o proizvodu u *Express* programskom jeziku koji je kompatibilan za primenu na različitim kompjuterskim sistemima [10]. Na taj način je omogućena razmena informacija o proizvodima između proizvođača (**digitalno CIM-preduzeće**) i poslovnih partnera (kupaca, dobavljača, kooperanata, banaka, univerziteta) u digitalnom formatu.



Slika 2. Referentni CIM-sistem digitalne fabrike

4. DIGITALNI UNIVERZITET

Integrirani sistema kvaliteta za univerzitet sadrži 15 kompjuterizovanih podsistema čijom se integracijom definiše [11, 12] referentni CIU/QA model (CIU/QA - *Computer Integrated University / Quality Assurance*) kontinualnog obezbeđivanja kvaliteta nastave i istraživanja. Iz referentnog modela izvode se parcijalni (za grupacije fakulteta) i partikularni QA modeli (za pojedine fakultete). Referentni model integriranih tehnologija predstavlja osnovu za projektovanje **digitalnog univerziteta**. Referentni, parcijalni i partikularni QA modeli su realna i fleksibilna rešenja za primenu u zajedničkom obrazovnom prostoru Evrope. Od posebnog je značaja da se u fazi reforme i neophodnih promena obezbedi sistemski pristup rešavanju problema kako bi se koordiniralo integracijom pojedinačnih rešenja.



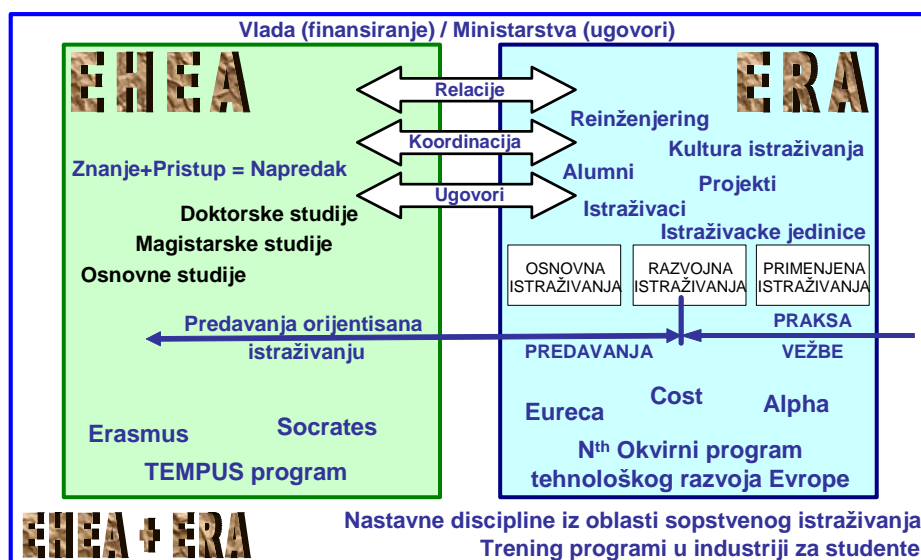
Slika 3. Referentni model digitalnog univerziteta

Referentni model digitalnog univerziteta definiše (slika 3) sledeće CIU/QA podsisteme: Cp1: *Samoevaluacija*; Cp2: *Modeli za obezbeđivanje kvaliteta*; Cp3: *Rektorski kolegijum*; Cp4: *Organizaciona struktura univerziteta*; Cp5: *Fakulteti / Departmani*; Cp6: *Studentske aktivnost*; Cp7: *Donošenje i praćenje izvršenja odluka*; Cp8: *Procedure i standardi kvaliteta*; Cp9: *Dokumentacija za akreditaciju*; Cp10:

Korisnici usluga univerziteta; Cp11: Centar izvrsnosti za kvalitet. Integrirani sistem kvaliteta nije nezavistan u ukupnoj integraciji digitalnog univerziteta, već je u interakciji sa drugim aktivnostima. Aktuelni korisnici usluga obrazovanja i istraživanja univerziteta i svih organizacionih jedinica imaju posebne zapise u bazi podataka/znanja i repozitorijumu univerziteta. Centri izvrsnosti za kvalitet na nivou univerziteta upravljaju svim aktivnostima obezbeđivanja kvaliteta u komplementarnim komunikacijama sa relevantnim centrima pojedinih fakulteta. Digitalni univerzitet ima precizno definisanu internu i eksternu razmenu informacija koristeći komunikacionu infrastrukturu. Celokupna dokumentacija i informacioni tokovi se izvode na osnovu digitalnih opisa i digitalne obrade podataka, informacija i znanja.

5. INTEGRACIONI TRENDOVI EVROPSKE UNIJE

Univerzitet i industrija predstavljaju važno poslovno okruženje jedno drugom, ali u međusobnoj saradnji oni imaju i zajedničko poslovno okruženje – svetsko tržište proizvoda, usluga i znanja. Proizvodi univerziteta su eksperti svih profila ekspertnosti koji treba da preuzmu obaveze u razvoju industrije. Dalji izazovi i prioriteti u razvoju evropskog obrazovnog prostora (EHEA - *European Higher Education Area*) i evropskog istraživačkog prostora (ERA - *European Research Area*) u okviru evropskih integracionih procesa (slika 4) podrazumevaju objedinjavanje ovih akademskih aktivnosti radi ostvarenja budućeg društva zasnovanog na znanju. Bergenski kominike kao izlazni dokument sa Ministarskog sastanka Evrope je istakao [13] značaj visokog obrazovanja u daljem unapređenju istraživanja, kao i značaj istraživanja u podržavanju visokog obrazovanja za ekonomski i kulturni razvoj evropskog informatičkog društva.



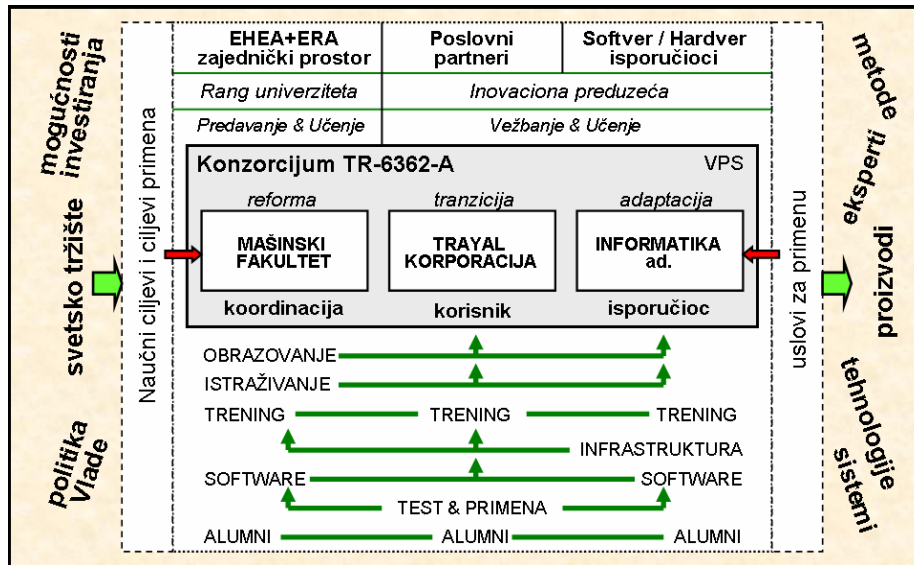
Slika 4. Integracija obrazovanja i istraživanja programima Evropske unije

Prema prikazanom modelu mnoge nastavne discipline osnovnih, a naročito "master" i doktorskih studija, treba da proisteknu iz oblasti sopstvenog istraživanja nastavnika u instituciji visokog obrazovanja. To znači da su predavanja orijentisana rezultatima istraživanja, a treba da postoje i projektima orijentisani nastavni moduli i programi. Studenti praksu stižu u industriji i privredi kao glavnim korisnicima rezultata razvojnih, primenjenih i osnovnih istraživanja. Posebni stručni treninzi za studente i eksperte iz industrije se organizuju na univerzitetu i u industriji. Studenti proveravaju teorijske modele i znanja stečena na predavanjima u realnim uslovima rada industrije i privrednih preduzeća, stičući potrebne inženjerske veštine. U drugom smeru edukacije, eksperti industrije treninzima na univerzitetu inoviraju ranije stečena znanja novim tehnologijama i sistemima, pripremajući se za nove radne sadržaje radi održavanja konkurentnosti industrije na strogom tržištu sa stalnim promenama i novim zahtevima.

Univerziteti treba da pripreme domaću industriju za integracione procese Evrope definisane Bolonjskom deklaracijom. Saradnja u zajedničkom {EHEA+ERA} prostoru Evrope je neophodnost koja zahteva posebno definisanje budućih zajedničkih projekata (na primer: Tempus + FP7). Primer takvog projekta za integraciju modula obrazovanja i istraživanja je dat na slici 5. Model integracije članova *Konzorcijuma projekta* uzima u obzir sve principe {EHEA+ERA} integracije koristeći visoke informaciono-komunikacione tehnologije. Konzorcijum projekta TR-6362A [1] čiji čine tri poslovna partnera različitih delatnosti poslovanja koji komplementarno i prema ekspertnosti dele obaveze u projektu. To su :

- **Mašinski fakultet** – Univerziteta u Beogradu (koordinator *Projekta*, projektant istraživanja, integrator finalnih projektnih rešenja, obrazovanje i inovacija znanja eksperata industrije, komunikacije sa univerzitetima),
- **Trayal korporacija** – Kruševac (korisnik rezultata istraživanja, studentska praksa, inovacija znanja eksperata),
- **Informatika ad** – Beograd (korisnik rezultata istraživanja, isporučilac opreme i programa, integrator sistema).

Povratne informacije dobijene od članova ALUMNI asocijacije i drugih korisnika obrazovanja i istraživanja povezuje više podsistema i modula integrisanog sistema obezbeđivanja kvaliteta na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu [14, 15]. Mnogobrojnim aktivnostima ALUMNI asocijacije kao i odgovorima na upitnike o ostvarenim očekivanjima koja se odnose na stečena znanja na univerzitetu, obezbeđuje se kontinualno i postepeno unapređenje kvaliteta obrazovanja i istraživanja.



Slika 5. Primer formiranja konzorcijuma projekta za EHEA+ERA koncept

Na taj način institucije koje formiraju Konzorcijum projekta predstavljaju virtuelni proizvodni sistem (VPS) sa komplementarnim aktivnostima istraživanja, primene rezultata istraživanja i obrazovanja za nove radne sadržaje koji proističu iz *Projekta*. Ciljevi Trayal korporacije i Informatike ad su da budu inovativna preduzeća, uspešna i konkurentna na svetskom tržištu. Cilj Mašinskog fakulteta je visok rejting na budućoj rang listi fakulteta i univerziteta Evrope kako bi i izdate diplome imale odgovarajuću vrednost.

6. ZAKLJUČAK

Sistem obezbeđivanja kvaliteta ima važnu integracionu ulogu u relaciji "Univerzitet -- Industrija" koja doprinosi uspostavljanju poslovne i informaciono-komunikacione veze akademskih institucija (univerziteti, fakulteti/departmani, instituti i centri) sa poslovnim okruženjem (industrija ili privreda). Parcijalne relacije su jednostrane ili obostrane i odnose se na obrazovanje, istraživanje, razvoj, konsultantske usluge, povratne informacije, zajednička ulaganja, tehnološke inkubatore i definisanje potreba za pojedinim profilima stručnosti. Univerzitet i industrija predstavljaju važno poslovno okruženje jedno drugom, ali u međusobnoj saradnji imaju i zajedničko poslovno okruženje – svetsko tržište proizvoda, usluga i znanja. Zato je od posebne važnosti da se definiše model zajedničke poslovne izvrsnosti po kome univerziteti treba da pripreme industriju za integracione procese Evrope definisane Bolonjskom deklaracijom. Saradnja u zajedničkom {EHEA+ERA} prostoru Evrope je neophodnost koja je ilustrovana *Projektom TR6362A*.

Sa usvojenim standardima za evropsku integraciju univerzitet predstavlja osnovnu instituciju za razvoj znanju orijentisanog društva i promovisanje eksperata za nove poslovne izazove. I univerzitet i industrija imaju zajednički problem u nedostatku kontinualnog razvojnog poslovanja na duži period. Novodošli rektori, dekani, direktori, predsednici i ministri sve počinju ispočetka i bez unapređenja rezultata prethodnika. Ali univerzitet i industrija imaju i svoje specifične probleme koje u tekstu identifikujemo da bi ih rešili.

Reforma univerziteta je usporena otporima neophodnim promenama na svim nivoima, a trenutni rang visokog obrazovanja Srbije u Evropi je katastrofalan. Oni koji sada odlučuju ne osećaju svoju odgovornost već su bezbrižni u uverenju da će se za posledice saznati tek kasnije, kada se objavi rang lista univerziteta Srbije i Evrope. Prema tom rangu će i vredeti diplome koje izdaju naši univerziteti. Novi nastavni programi se postavljaju stihijski i pojedinačno, bez jedino mogućeg sistemskog pristupa. Ne zna se odnos teorijskih i

stručnih nastavnih modula i predmeta, pa čak ni potrebna znanja ni stečene kvalifikacije i kompetencije profila posle prva dva ciklusa obrazovanja. Na univerzitetu i po fakultetima postavljanje novih predmeta prati glasačka grabež bez kriterijuma koji jedino treba da proističu iz rezultata nastavnika i saradnika. U sistemima kvaliteta prestižnih univerziteta sveta nastavnici su obavezni da osposobe saradnike za mlađe nastavnike aktuelnih nastavnih disciplina. Neki naši profesori ne bi da idu u penziju "jer su nezamenljivi".

Industrija nije dovoljno zainteresovana za razmenu ideja i projektnih rešenja na naučno-stručnim skupovima. Ministarstvo se nije izborilo za odgovarajući procenat izdvajanja u istraživanje i razvoj koji do 2010. godine za zemlje Evropske unije treba da iznosi 3% od njihovih BDP.

Ipak govori se informacionoj integraciji **digitalnog univerziteta** i **digitalne fabrike** budućnosti u Evropi zasnovanoj na znanju. To podrazumeva transfer znanja između pojedinih zemalja, a za pojedine discipline, od univerziteta ka industriji. Neophodna je aktivnija participacija industrije radi dobijanja povišenih vrednosti proizvoda i usluga. To je samo nama neophodno i ne prisiljavaju nas drugi na to.

LITERATURA

- [1] Petrović, P., Spasić, Ž., Pilipović, M., Jakovljević-Pajić, Ž., Herman, K., Veljković, R., Srećković, S., Ilić, B. et al., *Revitalizacija i informaciona integracija u cilju postizanja konkurentnosti TRAYAL korporacije na međunarodnom tržištu*, Projekt TR-6362A, Mašinski fakultet, Beograd, 2006
- [2] Spasić, Ž., Nikolić, S., *CIM Data/Knowledge Base and Information Flow in the Factory of the Future*, The International Conference on Manufacturing Systems and Environment – Looking Toward the 21st Century, MSET 21, Tokyo, 1990, pp 449-454.
- [3] Kosanke, K. et al., *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus*, Esprit Research Report 21859, CIMOSA Association, European Commission, Springer, Berlin, 1991.
- [4] Spasić, Ž., *Multilevel Architecture and Data Modelling in CIM-System Design*, ICCIM '91, The International Conference on Computer Integrated Manufacturing - Manufacturing Enterprises of the 21st Century, Singapore, 1991.
- [5] Spasić, Ž., Pilipović, M., Bućan, M., Kalajdžić, M., *FMS and Production Control Integration in a CIM-Enterprise*, SME Transaction, Vol. XXIV, No 1. Ann Arbor, 1996, pp 247-252.
- [6] Spasić, Ž., Milačić, V., *On Yugoslav CIM/MAP/TOP Activities*, EMUG I&A Seminar, D-Yu 001, Brussels, 1989.
- [7] 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, pp 735-744.
- [8] Spasić, Ž., Dimitrijević-Marković, Lj., Pilipović, M., *Informaciona integracija preduzeća - CIM integracija menadžmenta i kvaliteta*, Naučna knjiga, Beograd, 1994. P 234.
- [9] Spasić, Ž., Nedeljković, M., Bošnjak, S., *Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu – Misija na putu ka evropskoj integraciji*, Mašinski fakultet, Beograd, 2003. P 486.
- [10] Schenck, D., Wilson, P., *Information Modelling the EXPRESS Way*, Oxford University Press, Oxford, 1994.
- [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, P 56.
- [12] Spasić, Ž., Stefanović, V., Đurić, M., Nikolić, R., Dolićanin, Č., *Tempus IQASU Projekt: Od "BERLIN '03" zahteva do "BERGEN '05" očekivanja*, Konferencija: *Visoko obrazovanje u Srbiji na putu ka Evropi - Četiri godine kasnije*, Beograd, 2004.
- [13] Bergen Communiqué: *The European Higher Education Area – Achieving the Goals*, Bergen, 2005.
- [14] 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, Timisoara, 2005.
- [15] *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.

Ž. Spasić

INFORMATION INTEGRATION BETWEEN DIGITAL FACTORY AND DIGITAL UNIVERSITY

Abstract. Serbian Universities are in the actual reform process, slowly and sleepily in existing resistances to necessary changes. Industry and Economy have their own specific problems in the actual transition and privatisation processes with decomposition of some large business systems into small and medium enterprises. It seems that University and Industry have a common problem - the lack of the continuous development work for a long time. We have to know that education, research, advance technologies and innovations are significant components for creating jobs in the future Europe of knowledge. This is the reason we are talking about information integration of digital university and digital factory. The excellence and effectiveness of education and research cannot be achieved at national level. On the way to the European integration we have to find a balance of academic and industrial views.

Key Words: CIM, Information Integration, Education, Research, Quality Assurance, Bologna Declaration.



**JEDNA REALIZACIJA SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE RAČUNARSKIM
MREŽAMA U CIM TEHNOLOGIJAMA BAZIRANOG NA OPEN SOURCE PAKETU NAGIOS™**

G. Vujačić ,Lj. Lukić¹

Rezime : U ovom radu su predstavljene karakteristike Nagios™ open source paketa, koji se koristi za nadzor i upravljanje računarskim mrežama. Ovaj alat je veoma fleksibilan 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.

Danas kada računarske mreže i tehnologije doživljavaju veliku ekspanziju, više se ne može zamisliti rad bez mogućnosti pristupa Internetu, a e-biznis, intraneti i ekstraneti su neminovnost današnjeg poslovanja. Klijent-server revolucija donela je mnoge dobitke, uključujući lakši pristup podacima, brže odgovore na nove poslovne inicijative i veliku lakoću korišćenja. S druge strane, ova revolucija donela je niz problema. Pouzdanost i raspoloživost računarskih sistema i mreža na kojim se baziraju svi ovi servisi, postaje sve kritičnija te je od vitalnog interesa obezbediti adekvatan alat za njihovu kontrolu i nadzor. Trenutno je na tržištu prisutno mnogo komercijalnih alatki koje omogućuju nadgledanje i upravljanje mrežnim resursima. Kao tipičan primer jako dobrog alata koji je dugi niz godina vodeći u ovoj oblasti može se navesti *HPOpenView*[1], proizvod kompanije *Hewlett Packard*. S druge strane, svetska *open source* zajednica je poslednjih godina na ovom polju ponudila veoma kvalitetne alternativne pakete koji, za razliku od komercijalnih, dolaze pod GPL licencom i čije je korišćenje, menjanje i redistribuiranje izvornog koda potpuno slobodno. 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, najpre će biti predstavljene neke važnije karakteristike jednog takvog *open source* paketa, Nagios™[2]. U drugom delu rada dat je kratak osvrt na jednu realizaciju funkcionalnog i pouzdanog sistema za *fault i performace monitoring* mreže baziranog na paketu Nagios i još nekim *open source* paketima.

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*.

¹ Mr.Goran Vujačić ,Viša železnička škola Beograd gvujacic@ptt.yu, Dr. Ljubomir Lukić, Mašinski fakultet Kraljevo

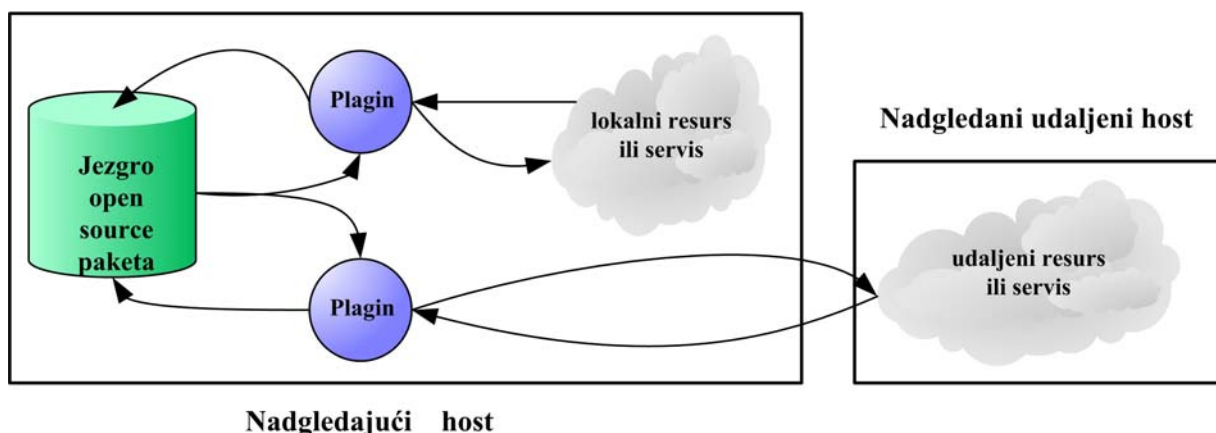
a) Pregled važnijih mogućnosti

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 hijerarhije,
- 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 Nagios-a 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.



Nadgledajući host

Slika 1. Plugin arhitektura Nagios-a

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 Nagios-a. 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. Programski kod uopštenog Nagios plugin-a napisanog u programskom jeziku C++ bi mogao da izgleda na sledeći način:

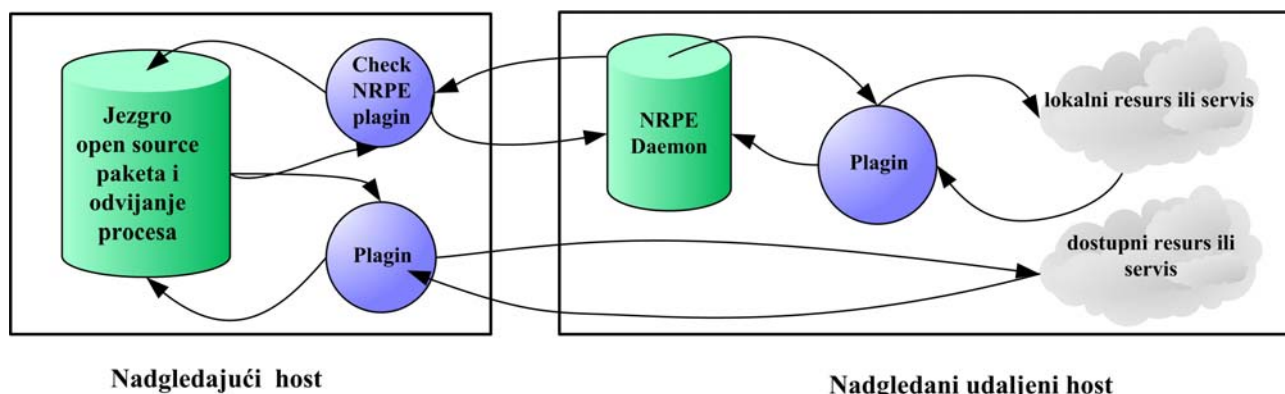
```
/* check sample.c */
#include ...
main(int argc, char **argv) {
    result = check();
    return result; }
}
```

Loša strana plugin arhitekture jeste činjenica da Nagios apsolutno nije "svestan" onoga što se nadgleda.

Nadgledani objekat može biti napon na procesoru, brzina nekog ventilatora, popunjenost hard diska, statistika mrežnog saobraćaja, temperatura u mašinskoj sali, ili nešto sasvim drugo. Kao takav, sam Nagios ne može da generiše grafike promena osim za diskretne vrednosti statusa resursa tokom vremena. Dakle, on može da prati samo promene statusa tih resursa. S druge strane, pluginovi su nezavisni programski moduli koji tačno "znaju" šta nadgledaju i kako da izvedu proveru za koju su specijalizovani. Takode, zajedno sa statusnim informacijama oni mogu opciono da vraćaju i podatke o performansama nadgledanog servisa ili resursa. Ovako dobijeni podaci o performansama se potom lako mogu predati nekoj eksternoj aplikaciji koja "ume" da generiše grafike performansi servisa (iskorišćenost diska, opterećenje procesora, saobraćaj određenog interfejsa rutera, itd).

c) Direktne i indirektne provere statusa hostova i servisa

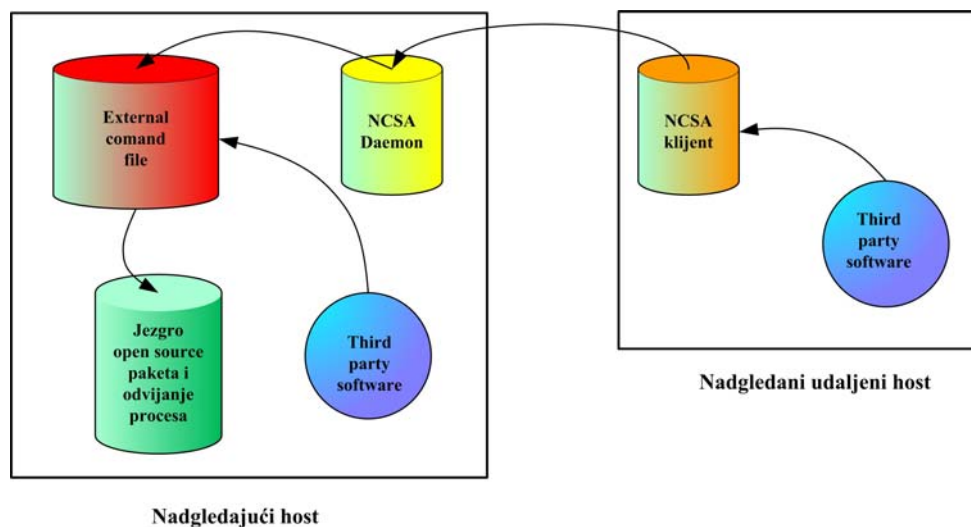
Najveći broj servisa i hostova u mreži može se nadgledati pomoću direktnog korišćenja pluginova sa računara koji hostuje Nagios. Primeri ovih direktno proverivih servisa su dostupnost web, email, ili FTP servera, i kao javno dostupni servisi mogu se direktno proveravati Nagiosovim pluginovima. U ovakvim slučajevima Nagios može koristiti SNMP agente koji su implementirani praktično na svim ozbiljnijim mrežnim uređajima.



Sl. 2. Direktne i indirektne provere

d) Pasivan i aktivan nadzor

Generalno gledano, po načinu prikupljanja informacija od interesa, u nadgledanju računarskih mreža se koriste dva opšta modela. To su *pull* i *push* model. Ideja *pull* modela je da centralna aplikacija koja vrši nadgledanje, aktivno "dovlači" informacije o statusu nadgledane mreže. U *push* modelu, informacije o statusu mreže se prikupljaju pomoću inteligentnih distribuiranih agentskih programa. Centralna aplikacija u ovom slučaju ne zahteva od agenata informacije o mreži. Prikupljene informacije se "guraju" od strane agentskih programa koji poseduju izvesnu inteligenciju da mogu samostalno da odluče kada je to potrebno. Osnovni nedostaci prvog modela su preopterećenje servera na kom se izvršava proces nadgledanja i značajno povećanje saobraćaja na mreži. Nedostatak drugog modela je smanjena pouzdanost dobijenih informacija. U ovom kontekstu, jedna od lepih osobina Nagiosa je da može da kombinuje upotrebu oba modela i da, pored aktivnog proveravanja servisa, može da obrađuje rezultate provere servisa koje su mu podnete od strane neke spoljne aplikacije. Provere servisa koje su izvedene i podnete Nagiosu od strane neke eksterne aplikacije nazivaju se pasivne provere. Pasivne provere se razlikuju od aktivnih samo po tome što ove provere servisa nisu inicijalizovane od strane Nagiosa. Na slici 3. prikazan je mehanizam podnošenja rezultata provera Nagiosu od strane eksternih aplikacija.



Sl.3. Podnošenje rezultata pasivnih provera

Svi rezultati se upisuju u tzv. datoteku eksternih komandi, odakle ih Nagios jezgro periodično iščitava. U slučaju udaljenih hostova, upis u datoteku eksternih komandi zahteva posredovanje neke aplikacije. Za upis

SNMP trap poruka, to može obaviti program *snmptrapd* iz NET-SNMP[4] *open source* paketa. U većini drugih slučajeva može se koristiti NSCA (*Nagios Service Check Acceptor*), pomoćni program koji je za ove potrebe razvio autor Nagios-a. Ovaj program se sastoji od serverskog dela koji se izvršava na Nagios hostu, *nsca*, i klijenta koji se izvršava na udaljenim hostovima, *send_nsca*. Server osluškuje konekcije od udaljenih klijenata, vrši proveru autentičnosti poslatih rezultata i potom ih direktno upisuje u datoteku eksternih komandi.

e) Logika i metode alarmiranja

Jedna od jako važnih funkcija ugrađenih u jezgro Nagios-a je alarmiranje ili obaveštavanje nadležnih kontakata u slučaju da određeni servis ili host dobije problematičan status. Sam mehanizam slanja obaveštenja je dosta složen i podrazumeva niz filtera koje potencijalno obaveštenje mora da prođe pre nego što bude smatrano za dovoljno važno da bi zaista bilo poslato. Zatim, logika obaveštavanja je obogaćena opcijom eskalacije obaveštenja. Ovim je korisniku omogućeno da precizno definiše praktično neograničen broj scenarija alarmiranja nadležnih kontakata za svaki pojedinačni problem u mreži. Dalje, shodno svojoj plugin arhitekturi, nijedna metoda obaveštavanja nije ugrađena u jezgro Nagios-a i posao obaveštavanja je prepušten spoljašnjem entitetu. Jezgro zahteva jedino da mu se u konfiguraciji definiše ime i putanja programa ili skripta kome se prosleđuju obaveštenja. Prednost ovog koncepta je što svaki korisnik može da u svoj sistem za nadgledanje integriše za njega najpodesniji način obaveštavanja, kako u smislu lakoće korišćenja, tako i u smislu platforme koju koristi i nivoa pouzdanosti koji želi da postigne.

f) Konfiguracija

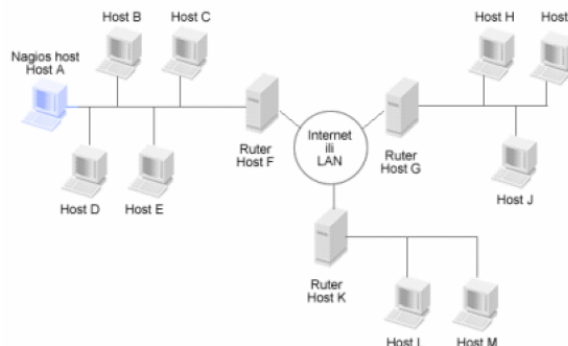
Nagios čuva svoju konfiguraciju u određenom broju tekstualnih datoteka ili u bazi podataka (MySQL ili PostgreSQL) koja sadrži tabele analogne konfiguracionim datotekama. Datoteke generalno mogu biti smeštene bilo gde na sistemu, ali dobra praksa je da sve budu smeštene u */etc/nagios/* direktorijumu. Osnovne konfiguracione datoteke su *nagios.cfg*, *cgi.cfg* i *resource.cfg*. Glavna konfiguraciona datoteka, *nagios.cfg*, sadrži brojne direktive kojim se globalno utiče na rad jezgra programa. U njoj se definišu imena i putanje do svih ostalih konfiguracionih datoteka uključujući i tzv. konfiguracione datoteke objekata. Pomenute konfiguracione datoteke objekata sadrže definicije objekata pri čemu se termin "objekat" koristi kao zajednički izraz za sve relevantne podatke koji Nagiosu opisuju nadgledanu mrežu. U ovim datotekama se čuvaju definicije svih servisa i hostova od interesa, definicije procedura kojim će se nadgledanje izvršavati, kao i definicije kontakata koji će se obavestavati u slučaju neregularnosti. Sve definicije objekata se u konfiguracione datoteke unose ručno što može da bude zametan posao, naročito kada je u pitanju veća mreža. Nagios kao i mnogi drugi *open source* projekti deo svoje funkcionalnosti temelji na drugim *open source* projektima kao što je na primer *Apache* HTTP server. Stoga je jasno da konfiguracija Nagios-a obuhvata i odgovarajuće konfiguracije dodatnih softverskih paketa na koje se Nagios oslanja. Na kraju, funkcionalnost Nagios-a se može proširiti korišćenjem brojnih Nagios-ovih dodataka. Najvažniji od njih su NRPE (*Nagios Remote Plug-in Executor*) i NSCA (*Nagios Service Check Acceptor*). Ovi dodaci poseduju zasebne konfiguracione datoteke koje kontrolišu njihov rad.

III JEDNA REALIZACIJA SISTEMA ZA NADZOR MREŽE BAZIRANOG NA OPEN SOURCE PAKETU NAGIOS™

U nastavku rada ukratko će biti opisano jedno rešenje sistema za nadzor mreže baziranog na paketu Nagios i još nekim dodatnim *open source* paketima. Sistem je moguće implementirati i koristi za nadzor mreže u firmama koje imaju u svojim pogonima integralno upravljnje proizvodnjom primenom programabilnih automata koji su međusobno povezani u jednu mrežu radi praćenja rada istih, kao i mrežu komercijalnih povezanih računara kako na lokalnom nivou tako i na širokom području.

a) Zahtevi za rešenjem

Rešenje mora da obezbedi pouzdan i neprekidan nadzor rada mrežnih i sistemskih resursa, i **pravovremeno alarmiranje mrežnih administratora** u slučaju otkaza bilo kog dela sistema. Mreža koja treba da se nadgleda prikazana na sl.4, sastoji se od Nagios hosta i još 9. hostova kao i 3. rutera koji se nalaze u Lan ili Internet okruženju.



Sl.4 Koncept lokalnih i udaljenih hostova

Mreža koja treba da se nadgleda prikazana na sl.4, sastoji se od Nagios hosta i još 9. hostova kao i 3. rutera koji se nalaze u Lan ili Internet okruženju. Pri tom, lokalni ruter je posredstvom WAN linkova povezan sa ruterima na udaljenim lokacijama, a lokalni serveri na kojima je instalirana određena poslovna klijent-server aplikacija koriste ovaj WAN za povezivanje sa dva udaljena servera. U posmatranoj mreži od značaja je bilo uspostaviti nadzor dostupnosti i raspoloživosti tri kategorije servisa: • mrežnih WAN linkova, • sistemskih resursa lokalnih servera, • servisa koje pružaju lokalni i udaljeni serveri.

b) Rešenje

Za sistem za nadgledanje, kao hardverska platforma za 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. Nadgledajući server je povezan u LAN zajedno sa dva lokalna servera i podržan uređajem za neprekidno napajanje. 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).

c) Nadgledani objekti

Na lokalnom ruteru pomoću SNMP protokola nadgledani su sledeći parametri koji bi mogli da ukažu na potencijalne probleme sa WAN linkovima: •status *Frame Relay* PVC kanala (*activelinactive*), •status serijskih interfejsa rutera (*upldown*), •broj grešaka na interfejsima (*ifInErrorsIfOutErrors*), • broj okteta na interfejsima(*ifInOctetsIfOutOctets*), •vreme od početka rada rutera - (*sysUptime*). Za nadzor pomoću SNMP protokola, koriste se **check_snmp** i **check_mrtgtraf** pluginovi koji zahtevaju da na monitoring serveru postoje instalirani, ispravno iskonfigurisani i pokrenuti NET-SNMP i MRTG[5] open source paketi. Pri tom paket **MRTG** predstavlja jednu od dodatnih aplikacija koje proširuju funkcionalnost Nagiosa obavljajući nadzor performansi WAN linkova. Takođe, Nagios svakih 5 minuta izvršava proveru WAN linkova **check_ping** pluginom koji koristi klasičnu **ping** komandu. Primera radi, ako je link sporiji od 100ms podiže se WARNING alarm, a ako je sporiji od 500ms podiže se **CRITICAL** alarm. Dostupnost udaljenih rutera nadgleda se samo pomoću **check_ping** plagina. U slučaju negativnog rezultata povere, podiže se odogovarajući alarm. Lokalni serveri su Windows platforme i nadzor privatnih resursa ovih računara mora da se vrši ili pomoću SNMP agenata ili pomoću agentskog programa NSClient i **check_nt** plagina. Zbog relativno prostijeg rada sa drugim programom, na serverima je kao agent instaliran NSClient. Pomoću ovog agenta na lokalnim serverima se proverava da li su pokrenuti svi servisi i procesi koji ili pripadaju pokrenutoj klijent-server aplikaciji ili na neki način obezbeđuju njen rad (na primer SQLmangr.exe). Pored toga, nadgledaju se i sledeći sistemski resursi koji mogu da uzrokuju ili indikuju problem sa aplikacijom od interesa: -vreme od početka rada sistema- SYS UP TIME, -popunjenost hard diskova-USED DISK SPACE, -angažovanost RAM memorije – MEMUSE, -opterećenje proesora – CPUUSAGE. Na kraju treba spomenuti da nadgledajući server na sličan način nadgleda i sopstvene sistemske resurse, kao i raspoloživost baterije UPS-a.

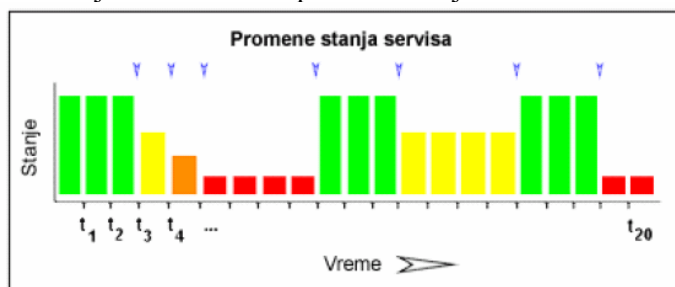
d) Metoda alarmiranja

Budući da se u slučaju otkaza nekog dela sistema zahtevalo pouzdano i pravovremeno alarmiranje nadležnih kontakata, implementirano je slanje SMS poruka kao najzgodnija metoda obaveštavanja. Kao dodatni paket za ovu funkcionalnost Nagiosa koristi se *open source* alat Gnokii[6] koji na jednostavan način omogućava slanje SMS poruka iz komandne linije. Alarmiranje je realizovano uz pomoć Nokia 6210 mobilnog telefona koji je pomoću DLR-3 data kabla vezan na serijski COM port monitoring servera čime je obezbeđena potpuna nezavisnost funkcije obaveštavanja od stanja u kom se nalazi nadgledana računarska mreža.

e) Krajnji rezultat

Realizovana konfiguracija Nagiosa sa dodatnim paketima predstavlja visoko prilagodeni efikasni sistem za nadzor mreže koji je u potpunosti koherentan sa početnim zahtevima. Administrator mreže sada ima potpun uvid u status svih delova sistema, prvi biva obavešten o nastalim problemima, a vreme otkaza sistema se minimizuje.

Na sl.5 ispod može se videti hronološki pregled promene stanja. OK stanja su prikazana zelenom bojom, WARNING stanja žutom, CRITICAL crvenom, a UNKNOWN stanja narandžastom bojom. Plave strelice pokazuju vremenske periode u kojima su se desile promene stanja.



Sl. 5 Pregled promene stanja

U daljem testu sledi opis i neki primeri plugin programa koji su korišćeni radi praćenja ponašanje fizičkog sistema u realnom vremenu i obaveštavanja korisnika (operatore na sistemu ili inženjere sistema) o nepravilnostima u radu računarskih sistema u CIM tehnologijama.

check_ping plugin

```
check_ping -H <host_address> -w <wrta>,<wpl>% -c <crta>,<cpl>%  
[-p packets] [-t timeout] [-L] [-4|-6]
```

Ovo je najčešće korišćen Nagios plugin. Ovaj plugin koristi spoljni ping program pomoću kojeg određuje statistike konekcije ka udaljenom hostu. Ovaj plugin određuje gubitak poslatih ICMP paketa u procentima (*percent packet loss*), kao i vreme povratka paketa (*round trip time*), naravno u milisekundama. Nagios (*percent packet loss*), kao i vreme povratka paketa (*round trip time*), naravno u milisekundama. Nagios standardno koristi ovaj program za određivanje statusa hostova koje nadgleda. Korisnik može i sam definisati komandu pomoću ovog plugina, ako želi da promeni argumente koji mu se predaju (*npr. za timeout*). Switc-evi

koje plugin prima su sledeći: *-H* ili *-hostname*, naziv hosta koji se želi pingovati, *-w* ili *-warnig* prag za koji će

plugin generisati WARNING Nagios status, *-c* ili *-critical* prag za koji će plugin generisati CRITICAL Nagios status, *-p* ili *-packets* broj paketa koji će biti poslani udaljenom hostu, *-t* ili *-timeout* vreme posle koga će se, ako host ne odgovori, smatrati da je host nedostupan, *-L* starija opcija za kreiranje *html* koda izlaza i više se ne koristi, *-4* i *-6* da li će se koristiti *IPv4* ili *IPv6* konekcija, respektivno. Opcije *-w* i *-c* mogu primiti dva dodatna tipa argumenata *rta* (round trip average time) prosečno vreme putovanja paketa i *pl* (percent loss) procenat gubitaka paketa. Ove opcije u sintaksi imaju *w* i *c* prefiks zbog toga što se odnose na neko od navednih stanja, tako se *wrta* se odnosi na round trip time koji će generisati WARNING status.

Primer korišćenja:

```
check_ping -4 -H 172.16.89.1 -w 250.0,30% -c 400.0,75% -p 10 -t 20  
check_dns plugin
```

```
check_dns -H host [-s server] [-a expected-address] [-A] [-t timeout]
```

Ovaj plugin koristi spoljni nslookup program da bi pronašao IP adresu za zadati host/domen upit. Moguće je navesti i opcioni DNS server koji će program koristiti. Ako se DNS server ne navede korišće se DNS server koji se prvi pronađe u */etc/resolv.conf* fajlu. Može se primetiti da je ovaj plugin sličan prethodnom i u suštini razlika se ogleda samo u eksternom programu koji se koristi.

Ovaj plugin ima sledeće opcije: *-H* ili *-hostname* predstavlja host čiju adresu tražimo, *-s* ili *-server* adresa DNS servera putem koga želimo da dobijemo adresu hosta, *-a* ili *-expected-address* očekivana IP adresa koju bi server trebao da vrati, *-A* ili *-expect-authority* označava da očekujemo da server koji se koristi bude autoritativan za poslani upit, *-t* ili *-timeout* broj sekundi za koji konekcija sa serverom treba da bude uspostavljena

Primer korišćenja:

```
check_dns -H mail.virtua.net -s 172.16.89.4 -a 172.16.89.16 -t 5
```

IV ZAKLJUČAK

Današnji način poslovanja se gotovo neizbežno bazira na servisima računarskih mreža i direktno zavisi od pouzdanosti i raspoloživosti IT infrastrukture. Firme koje žele da ponude pouzdan vid poslovanja moraju da obezbede tačne, detaljne i pravovremene informacije o svom informacionom sistemu kako bi u slučaju njeogovog otkaza mogle brzo da reaguju i minimizuju nastalu štetu. Da li kupiti komercijalni paket za desetine hiljada dolara ili se prepustiti Nagiosu? Definisane 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 uredaja 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>

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



19. simpozijum

CAD/CAM

Zlatibor, maj 2006.

CAD/CAM

Bojanić, P., Ivanović, R. PRISTUP IZGRADNJI FUNKCIONALNOG DEFORMABILNOG GEOMETRISKOG MODELA LJUDSKE GLAVE	2.1
Tabaković, S., Zeljković, M., Zeljković, Ž. GREŠKE APROKSIMACIJE SLOŽENIH PUTANJA ALATA U SAVREMENIM CAM PROGRAMSKIM SISTEMIMA	2.6
Mandić, V., Ćirović, M. FEM SIMULACIJA PROCESA NET-SHAPE IZRADE ZAVRTNJA SA SFERNOM GLAVOM	2.12
Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z. MODEL SISTEMA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE TEHNOLOŠKIH FORMI NA PRIZMATIČNIM DELOVIMA	2.18
Petrović, D., Bugarić, U. SKLADIŠNI SISTEM FABRIKE BOJA.....	2.27
Sidorenko, S., Dukovski, V., Vuchkov, I. FOUR KNOWLEDGE-BASED CONCEPTS FOR VIRTUAL NC MANUFACTURING.....	2.31
Trišović, N. SENSITIVITY ANALYSIS IN STRUCTURAL DYNAMIC.....	2.35
Erić, J., Obućina, V., Babić, A. VARIJANTNO MODELIRANJE KOMPLEKSNOG PROIZVODA	2.41
Krivošić, I., Petrović, D., Škatarić, D. ANALIZA NAPONA KOD KONTAKT PROBLEMA SA TRENJEM PRIMENOM MKE	2.45
Škatarić, D., Krivošić, I., Petrović, D. PROCENA VELICINE OSTECENJA ELEMENATA KONSTRUKCIJE ZA KOMBINOVANI NISKO I VISOKO CIKLICNI SPEKTAR OPTERECENJA	2.49
Simonović, A., Stupar, S., Komarov, D., Stanojević, M. SAVREMENE METODE PROJEKTOVANJA VETROGENERATORA	2.53

CAD/CAM - 2. STRANA

← NAZAD

Petrović, Z., Stupar, S., Simonović, A., Stanojević, M. RAZVOJ REPNOG ROTORA HELIKOPTERA SAVREMENIM SOFTVERSKIM ALATIMA	2.57
Stupar, S., Simonović, A., Komarov, D., Stanojević, M. PARAMETARSKO GENERISANJE GEOMETRIJE LOPATICE VETROGENERATORA U CATIA V5	2.61
Grbović, A. PARAMETARSKA OPTIMIZACIJA REBRA KRILA AVIONA „LASTA“	2.65
Šotra, V., Šotra, D. BRZINA RASTA NAPRSLINE I RADNI VEK KONSTRUKCIJE.....	2.69
Šotra, D., Šotra, V. NEKE MOGUĆNOSTI PRODUZENJA RADNOG VEKA LAKIH KONSTRUKCIJA	2.73
Makragić, S. MODALNA ANALIZA NOSEĆE STRUKTURE RADNOG TOČKA ROTO-BAGERA	2.77
Radosavljević, D., Panić, S. MODELIRANJE I SIMULACIJA VENTILA SA 11 POZICIJA	2.81
Petrović, S., Drndarević, D., Panić, S. SIMULACIJA KRETANJA ALATA ZA PRESOVANJE METALNOG PRAHA POMOCU CAD PAKETA.....	2.85
Manasijević, S., Brauner, J., Ačimović-Pavlović, Z., Tripković, S. TERMOGRAFSKO SNIMANJE USLOVA RADA KLIPOVA ZA VISOKO OPTEREĆENE DIZEL MOTORE.....	2.89
Vasić, Ž., Nešić, N., Stojković, S., Popović, M. MODELIRANJE I ANALIZA NAPONA I DEFORMACIJA CEVI REAKTORA POSTROJENJA ZA MEHANIČKO-BIOLOŠKI TRETMAN KOMUNALNOG OTPADA.....	2.93
Kovljenić, B. MODEL FUNKCIJE CILJA ZA OPTIMIZATOR KROJENJA PLOČASTIH MATERIJALA.....	2.100

CAD/CAM - 1. STRANA

← NAZAD

P. Bojanić¹, R. Ivanović²**PRISTUP IZGRADNJI FUNKCIONALNOG DEFORMABILNOG
GEOMETRISKOG MODELA LJUDSKE GLAVE³***Re z i m e*

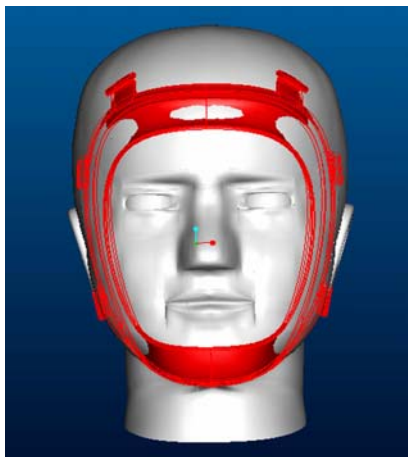
Komjuterski model ljudske glave je polazna osnova moderne tehnologije za projektovanje, ispitivanje i proizvodnju ličnih zaštitnih sredstava kakve su zaštitne maske. Izgradnjom deformabilnog 3D modela glave stvorila bi se mogućnost da se u fazi projektovanja vrši simulacija deformacije mekog tkiva lica u zoni naleganja maske i time oceni valjanost projektovanog pojasa naleganja pre izrade fizičkog prototipa.

Ključne reči: CAD, deformabilni model, model glave

1. UVOD

Problem geometrijskog modeliranja složenih proizvoda predstavlja nepremostivu prepreku pojavljivanju na svetskom tržištu tehnološki infeririornih kompanija ili zemalja. Ne ulazeći ovom prilikom u nabranje svih proizvoda iz ove kategorije, posvetićemo pažnju samo proizvodima lične zaštite kao što je zaštitna maska. Osnov projektovanja zaštitne maske je model ljudske glave koji pak nastaje na osnovu statističkih mera posmatrang uzorka. Koristeći komercijalne CAD/CAM pakete moguće je na osnovu datih mera i uz intuiciju i kretivnost projektanta doći do prihvatljivog geometrijskog modela glave. Značajni naponi u istraživačkim centrima u svetu [1-4], ulažu se na istraživanju geometrijskog modeliranja ljudske glave u cilju razvoja sistema za prepoznavanje lica i za simulaciju mimike i govora [6-7].

U našem razmatranju izgradnja geometrijskog modela ljudske glave predstavlja sastavni deo niza aktivnosti u projektovanju, ispitivanju i proizvodnji ličnih zaštitnih maski. Funkcionalni deo maske, koji naleže na lice korisnika obezbeđuje zaptivenost, stvarajući pritisak na mestima kontakta. Pojas naleganja na licu nije iste tvrdoće pa će neminovno dovesti do različitih deformacija mekog tkiva u pojasa naleganja, sl. 1. Sa slike se može uočiti da u predelu čela i predelu brade nema zadiranja poruba u tkivo lica, što znači da nema nikakvog pritiska u tim zonama. S druge strane, u delu lica u kome je došlo do prodora modela poruba u model glave ostaje nepoznato koliki su pritisci na delove lica u pojedinim zonama niti koliki je sloj mekog tkiva u svim zonama. 3D model glave kao i model poruba se tretiraju kao apsolutno kruta tela i kao takvi ne mogu se koristiti u simulacijama deformacija mekog tkiva. Zeleći da posmatramo kompjuterski model ljudske glave kao deformabilni model na kome ćemo moći pretiti promene u pojasa naleganja, neminovno se postavilo pitanje izgradnje



Slika 1 Interakcija poruba i glave

¹ Prof. dr Pavao Bojanić, dipl. maš. inž., Mašinski fakultet Beograd, e-mail pbojanic@mas.bg.ac.yu

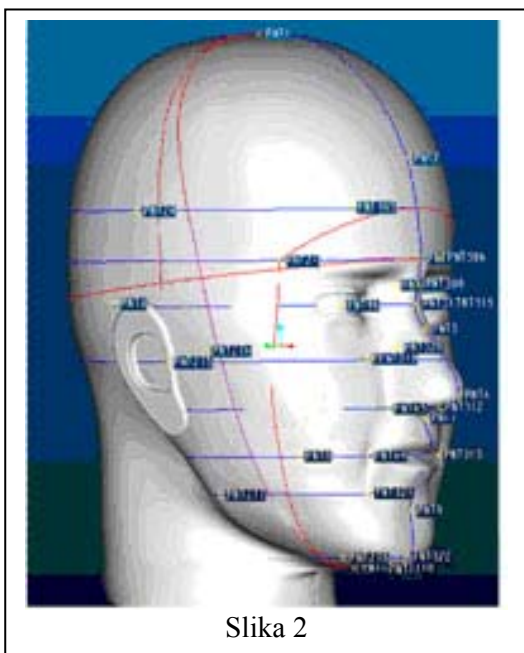
² Mr Radomir Ivanović, dipl. maš. inž., Mašinski fakultet Beograd, e-mail rivanovic@mas.bg.ac.yu

³ Rad je rezultat rada na projektu: "Razvoj nove generacije visoko produktivnih teških CNC alatnih mašina" broj 6332, kojeg finansira MNZZS Vlade RS.

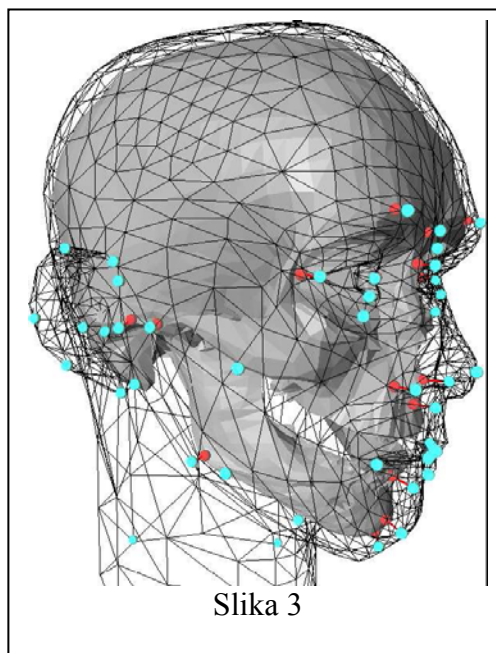
funkcionalnog modela koji će zadovoljiti ove zahteve. Kao preprema od koje se mora poći jeste činjenica da lobanja, odnosno kosti glave, predstavlja čvrsto telo a da mekim tkivom treba popuniti prostor između našeg modela glave i preptostavljenog oblika lobanje. Kombinujući model lobanje, geometrijski model glave i model mekog tkiva ili mišića doći ćemo do funkcionalnog modela u kome ćemo moći simulirati promene na licu prilikom interakcije sa porubom zaštitne maske.

2. IZGRADNJA POVRŠINSKOG MODELA GLAVE

U slučaju modeliranja ličnih zaštitnih sredstava, kakva je zaštitna maska, ulaz u proces geometrijskog modeliranja je skup ravanskih i lučnih mera glave, sl. 2, koje se dobijaju merenjem na statističkom uzorku. Da bi se obezbedila tačnost mera, potrebno je poznavati na glavi sve antropometrijske tačke, sl. 3, između

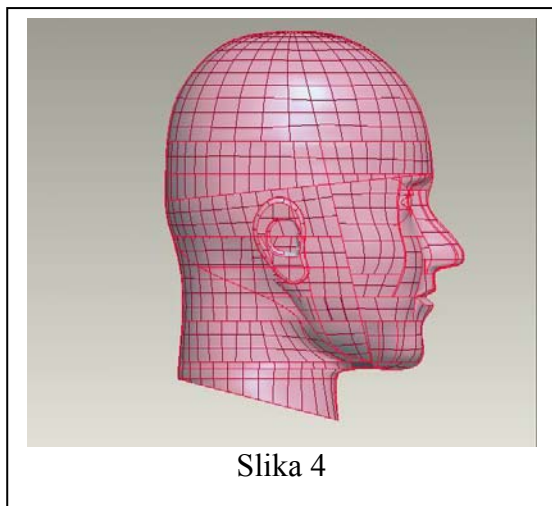


Slika 2



Slika 3

kojih se vrši merenje. Ma koliki broj mera imali, one nikada nisu dovoljne za jednoznačno oblikovanje modela glave. Intuicija projektanta ostaje kao vrlo važan faktor u procesu izgradnje internog modela ljudske glave. Izgrađeni model mora da zadovoljava date mere na ulazu i da ima skladne proporcije i fine prelaze sa jednih segmenta na druge. Zavisno od toga da li se dati model glave generiše od početka ili se startuje sa prilagođavanjem raspoloživog modela datom skupu mera, imaćemo različite grupe problema na putu do konačnog oblika modela. Poznata je činjenica da se matematički opis internog modela svodi na površine koje se aproksimiraju polinomom višeg reda. Problem konturnih uslova, sa jedne strane, lokalni oblik u blizini raspoloživih tačaka, sa druge strane, čini proces geometrijskog modeliranja višestruko neodređenim.



Slika 4



Slika 5 Izrada šupljine alata

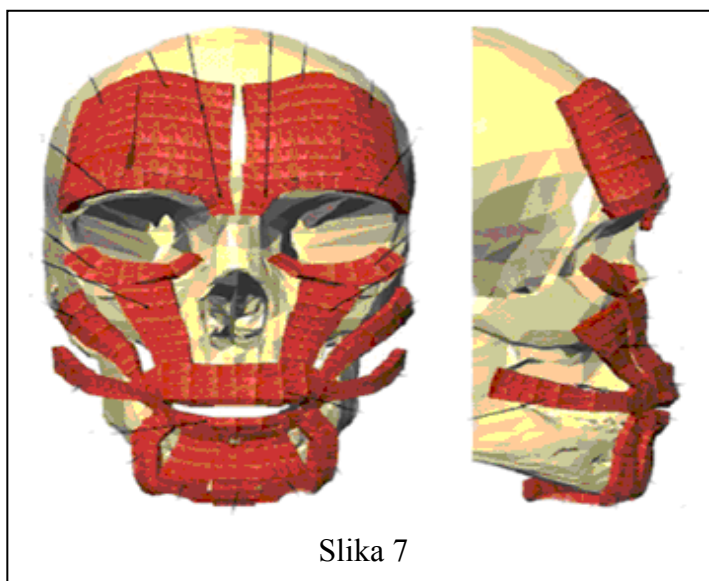
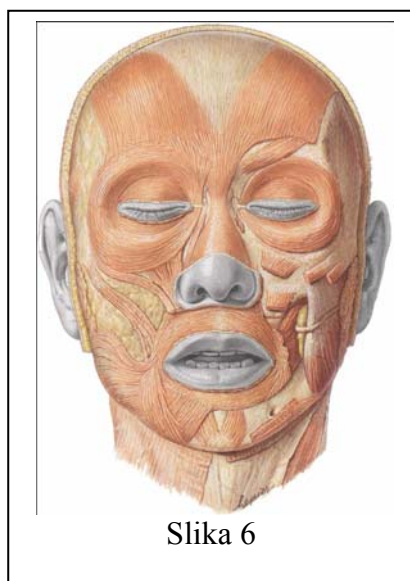
Koristeći površinski model, interno predstavljen krilastom ivicom, u laboratoriji Mašinskog fakulteta u Beogradu, generisani su geometrijski modeli familije modela ljudskih glava, sl.4, koje odgovaraju definisanom skupu mera datom na ulazu u proces projektovanja [5]. Pored kontrole mera na internom modelu, bilo je potrebno uraditi i stvarni model glava u cilju provere traženih mera. Budući da se ispitivanje takođe radi na polaznom modelu glave to je bilo potrebno uraditi model glave i alat za livenje glave, sl.5.

Posebno treba naglasiti da se pri modeliranju maske odnosno poruba, koji naleže na lice, polazi od generisanog geometrijskog modela glave. U postojećoj tehnologiji projektovanja i izrade nove maske, procesom geometrijskog modeliranja glave, poruba i maske završava se neophodna priprema za geometrijsko modeliranje alata za izradu.

Pokušaj istraživanja međusobne interakcije geometrijskog modela glave i poruba maske, nije dao željene rezultate. Osnovni razlog leži u tome što su oba modela apsolutna kruta.

3. IZGRADNJA DEFORMABILNOG MODELA GLAVE

Polazeći od anatomije odnosno od rasporeda mišića na licu, sl. 6, moguće je napraviti model mišića, sl.7, i rasporediti ih saglasno njihovom položaju na licu. Modelirani oblik mišića mora da odgovara prostoru koji ostaje slobodan kada se model lobanje oduzme od modela glave. Imajući u vidu funkcionalnost mekog tkiva lica neophodno je poznavati sve moguće efekte na funkcionisanje svih segmenata tkiva u funkciji spoljašnjeg pritiska koji dolazi od poruba zaštitne maske. Ovaj deo modela je elastičan i trpi deformacije pri korišćenju maske, a sa druge strane deformiše se prilikom pokreta mišića. U cilju sveobuhvatnije analize, potrebno je poznavati pravce pomeranja mišića odnosno mekog tkiva i saglasno tome stvariti model na kome će se moći vršiti simulacija deformacije tkiva.

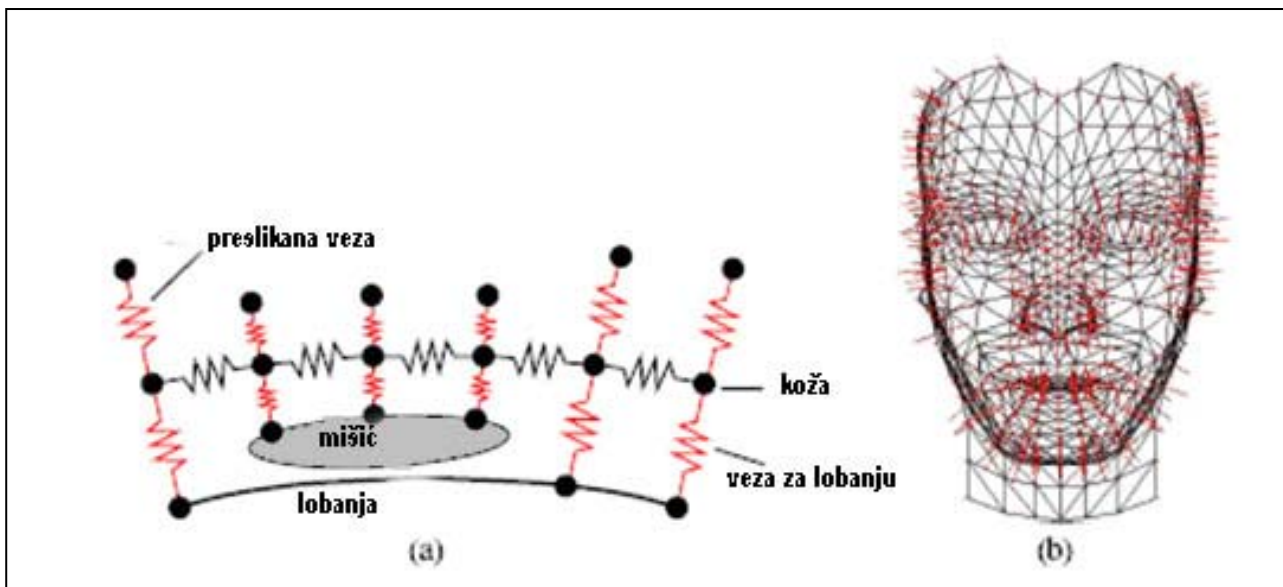


Pokušavajući doći do rešenja preko lančanog modela [5], ustanovljeno je da ovaj pristup ima niz nedostataka. Osnovni nedostatak je što se telo ne ponaša kao elastično telo i po prestanku sile ne može da se vrati u prvobitni položaj. Međutim pomenuti model ima znatnog uspeha ukoliko se vrši transformacija jednog modela glave u drugi. Naime, za pokrivanje potreba za zaštitnim maskama šire populacije od dece do odraslih, potrebno je za zvaku novu veličinu maske generisati odgovarajući model glave. Ulazni podaci samo donekle definišu konačan oblik glave što nameće potrebu posedovanja metodologije za lakšu transformaciju postojećeg modela glave u novi model.

Funkcionalni model glave mora da obezbedi mogućnost elastične deformacije mekog tkiva odnosno mišića lica. Tek u ovom slučaju mogli bismo govoriti o simulaciji interakcije zaštitne maske i lica. Takav model pretpostavlja uspostavljanje takvog modela u kome će koncentrisane mase na površini lica biti elastičnim vezama vezane za kosti lica odnosno lobanju. Lobanja u ovom slučaju predstavlja kruti oslonac. Imajući u

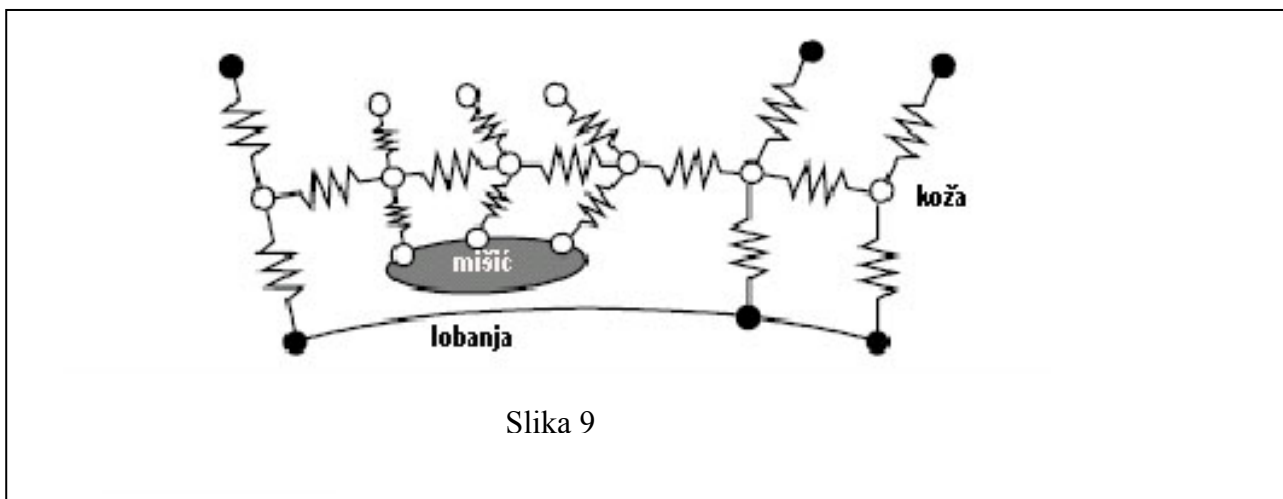
vidu elastična svojstva mekog tkiva moguće je inženjerski precizno proračunati pomeranja svih masa a time i elastične deformacije svake tačke na licu. Kao spoljašnje opterećenje javlja se sila pritiska koju proizvodi porub maske u kontaktu sa licem. Veličina poruba određivaće veličinu pritiska a time i funkcionalnu zaptivenost ali i komformnost zaštitnog sredstva. Komformnost maske utiče na vreme neprekidnog nošenja maske što je čini konkurentnom na tržištu ili ne.

Deformaciju mekog tkiva mogu da izazovu i voljna pomeranja mišića. Elastični model mekog tkiva lica može se prikazati kao na sl. 8. Tačke na modelu glave, o kojem je bilo reči u prethodnom poglavlju, predstavljaju u stvari tačke na površini kože. Na modelu taj nivo tačaka je označen na slici kao koža. Tačke na koži su međusobno povezane elastičnim vezama, a sa druge strane povezane su i sa mišićima. Nema svaka tačka na koži vezu sa mišićima dok neke tačke mogu imati elastičnu vezu sa lobanjom kao krutim osloncem. Ako se zna da je pokretima mišića moguće izazvati deformaciju lica samo u određenim pravcima, što je naznačeno na sl. 8b, to se mora uzeti u obzir prilikom analize deformacije lica usled pritiska poruba maske.



Slika 8

Da bi se Obezbedila mogućnost pravilne deformacije mekog tkiva usled pomeranja mišića, potrebno je u modelu postaviti preslikanu vezu sa lobanjom. U slučaju skupljanja mišića doći će do pomeranja tačaka kao što je to prikazano na slici 9. Deformisane tačke se prikazane nepopunjenim krugovima.



Slika 9

4. ZAKLJUČAK

Kompjuterski model ljudske glave predstavlja polaznu osnovu za projektovanje zaštitne maske kao i alata za proizvodnju iste. Međutim, površinski model kao prirodan oblik predstavljanja složene geometrije, u koje nesumnjivo spada i model ljudske glave, ne daje mogućnost ispitivanja međusobne interakcije projektovane maske i polaznog modela glave. Neophodno je iz površinskog modela preći u funkcionalni model koji će nam dozvoliti uvođenje sila i deformacija.

5. LITERATURA

- [1] Krause F.-L., Fischer A., Gross N., Barhak J.: Reconstruction of Freeform Objects with Arbitrary Topology Using Neural Networks and Subdivision Techniques. Annals of the CIRP Vol 52/1/2003, 125 - 128
- [2] Chellappa R., Wilson C.L., Sirehez S.: Human and machine recognition of faces: A survey. Proceedings of the IEEE 83, 5 (1995), 705-740.
- [3] Akimoto T., Suenaga Y., Wallace R. S.: Automatic creation of 3D facial models. IEEE Computer Graphics and Applications, 13, 5 (september 1993), 16-22.
- [4] P. Bojanić: Geometrijsko modeliranje i evolucija tehnologija za brzi razvoj proizvoda. 29 Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Beograd, 2002.
- [5] P. Bojanić: Mogućnost izgradnje 3D deformabilnog kompjuterskog modela ljudske glave. Zbornik radova 30. Jupirer konferencije, Zlatibor, 2005.
- [5] S. F. F. Gibson: Linked Volumetric Objects for Physics-based Modeling. Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc., Cambridge Reserch Center, 1994.
- [6] J. Park, S-Y.Kim, S-W. Kwon: Shape, Rtaining Chain Linked Model for Real-time Volume Haptic Rendering. Korea Science and Engineering Foundation, 2003.
- [7] D.E. Breen, S. Mauch, R. Whitaker, J. Mao:3D Metamorphosis Between Different Types of Geometric Models.Eurographics 2001.

THE POSSIBILITIES OF BUILDING 3D DEFORMABLE COMPUTER MODEL OF HUMAN HEAD

Summary

The computer model of human head is starting point for modern technology design, testing and manufacturing of protective devises like gas masks. Building deformable 3D model of human head would provide the opportunity to simulate deformations of soft facial tissue in the zone of mask contact during design faze and by that to evaluate the accuracy of projected contact area before making the actual prototype.

Tabaković, S., Zeljković, M., Zeljković, Ž.¹

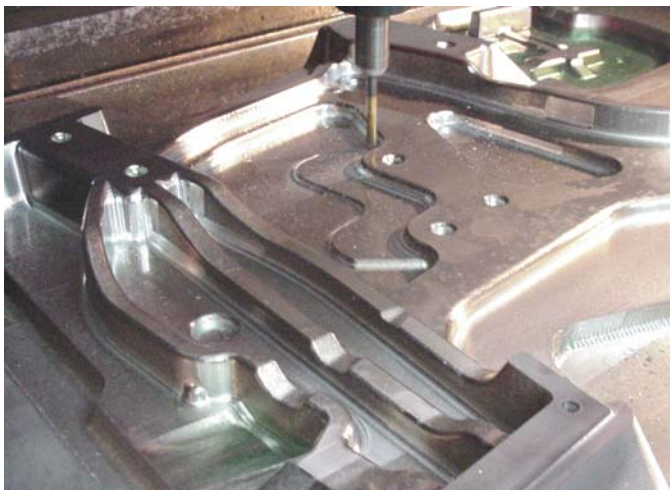
GREŠKE APROKSIMACIJE SLOŽENIH PUTANJA ALATA U SAVREMENIM CAM PROGRAMSKIM SISTEMIMA

Rezime:

Problematika aproksimacije krivolinijskih putanja alata i greške koja pri tome nastaju predstavljaju značajan problem u procesu definisanja upravljačkih programa za numerički upravljane mašine alatke. Na Institutu za proizvodno mašinstvo FTN se unazad nekoliko godina realizuju istraživanja vezana za ovu problematiku, koja uključuju razvoj algoritama za analizu krivolinijskih putanja i njihovu aproksimaciju kružnim segmentima. U radu je prikazan deo analiza realizovanih u okviru istraživanja sprovedenog sa ciljem utvrđivanja primenljivosti kompleksnih CAD/CAM programskih sistema u određenim oblastima proizvodnog mašinstva. U konkretnom slučaju analize su obuhvatile određivanje tačnosti aproksimacije krivih koje nastaju prilikom definisanja složenih putanja alata u određenim CAM programskim sistemima.

1.0 Uvod

Sve strožiji zahtevi koje tržište postavlja pred tehnološke sisteme, poslednjih godina nameću primenu najsavremenijih tehnologija u planiranju i pripremi proizvodnje. Takvi uslovi na tržištu podrazumevaju upotrebu kompleksnih CAD/CAM programskih sistema kao osnovnog alata u procesu definisanja tehnologije obrade i upravljačkih programa za numerički upravljane mašine alatke. To je naročito izraženo u procesima izrade obradaka povišene i visoke složenosti, u koje spadaju: kompleksne gravure kalupa za livenje (slika 1.a), turbinske lopatice (slika 1.b), i sl.



a)



b)

Sl 1. Primeri kompleksnih obradaka

Prilikom formiranja upravljačkih programa za numerički upravljane mašine alatke za složene krivolinijske putanje koje su sastavni deo pomenutih obradaka nastaje problem matematičke aproksimacije složenih krivih površina, matematički jednostavnim putanjama. Uzrok tome su nesavršenosti upravljačkih jedinica numerički upravljanih mašina alatki koje u prostoru mogu da opišu najčešće samo dva tipa putanja

¹ mr Slobodan Tabaković, dipl. ing., Prof. dr Milan Zeljković, dipl. ing., Željko Zeljković, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka - Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića Valtera 2

(linearnu i kružnu). Pri tome nastaje određena greška aproksimacije koja zajedno sa ostalim greškama nastalim u procesu obrade čini ukupnu grešku obrade.

Bez obzira na metodu aproksimacije krive linije u CAM programskom sistemu ovaj tip greške nije moguće izbeći (osim pri obradi jednostavnih putanja zasnovanih na linijama ili kružnicama). Upravo zbog toga je neophodno proučiti karakteristike programskih sistema koji se koriste za definisanje putanja alata pri obradi [5].

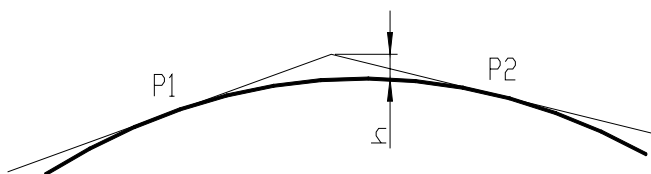
2.0 Problematika definisanja putanja alata kod kompleksnih obradaka

2.1 Uvod

Savremeni CAM programski sistemi kao deo kompleksnih CAD/CAM programskih sistema u potpunosti prate mogućnosti kako upravljačkih sistema koji se ugrađuju u mašine alatke poslednjih generacija tako i ranijih modela upravljačkih sistema. To znači da se aproksimiranje složenih putanja najčešće vrši njihovom podelom na linijske i kružne segmente, dok se u novije vreme sve češće koristi polinomna (spline) aproksimacija.

2.2 Linearna interpolacija

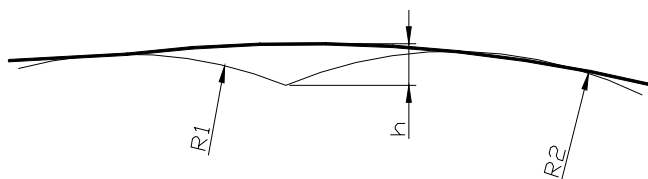
Primena linijskih segmenata u procesu opisivanja konture obradaka predstavlja metodu koja je u prošlosti uglavnom korišćena za potrebe ručnog definisanja upravljačkog programa za složene konture [3]. U današnje vreme se ova metoda uglavnom ne nalazi primenu u praksi, pre svega zbog dužine na taj način realizovanog programa, povećane greške aproksimacije krive (slika 2.) i vizuelno uočljivih nepravilnosti koje nastaju na obrađenoj površini čiji je uzrok promena koeficijenta pravca linearnih segmenata.



Sl 2. Prikaz aproksimacije krivolinijske putanje linearnim segmentima

2.3 Kružna interpolacija

Najveći broj upravljačkih sistema prisutnih u proizvodnim pogonima poseduje mogućnosti da osim linearnih putanja u ravni ili prostoru opišu i kružne segmente. Primenom savremenih CAM programskih sistema je moguće dobiti upravljačke programe zadovoljavajuće dužine koji omogućuju izradu delova sa odgovarajućom hrapavošću obrađene površine [1], [3], [4]. Pri tome treba voditi računa o greškama koje nastaju aproksimacijom krivolinijskih putanja, jer one u određenim uslovima mogu uticati na eksploatacionu funkciju obrađenog dela.



Sl 3. Prikaz aproksimacije krivolinijske putanje kružnim segmentima

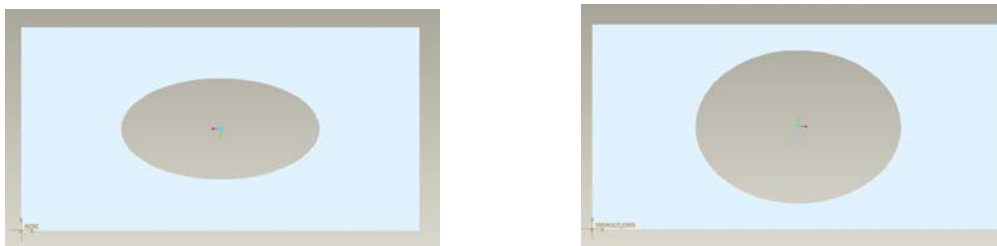
2.4 Polinomna interpolacija

Upravljački sistemi poslednjih generacija, najčešće baziranih na PC arhitekturi, koji se koriste u mašinama alatkama, poseduju unapređene mogućnosti interpretacije prostornih, krivolinijskih putanja što podrazumeva opis komplikovanih matematičkih krivih polinomnim funkcijama (splajn interpolacija) [6]. Složenost (stepen) polinoma koji opisuje krivolinijsku konturu je uslovljen karakteristikama upravljačkog sistema. Primena ove metode definisanja putanje alata znatno umanjuje greške aproksimacije koje nastaju pri obradi, ali treba imati u vidu da je ona i dalje prisutna.

3.0 Analiza eliptičnih putanja alata dobijenih u programskim sistemima Pro/Engineer i Catia

3.1 Uvod

U cilju što potpunijeg uvida u karakteristike putanje alata i upravljačkih programa, kao i grešaka koje pri tome nastaju, a koji se dobijaju primenom danas najrasprostranjenijih, kompleksnih CAD/CAM sistema, u radu je izvršena analiza putanja alata (CL data datoteka) generisanih u programskim sistemima Pro/Engineer i Catia za četiri tipa test obradaka. Test obradci su bazirani na eliptičnim geometrijskim oblicima dimenzija 100x25[mm] (duža i kraća osa elipse), 100x50[mm], 100x75[mm] i 100x90[mm] od kojih su neki prikazani na slici 4.



Sl. 4. Neki od test obradaka za analizu

Ovakav oblik test radnog predmeta je usvojen iz više razloga: pored evolvente i arhimedove spirale (analizirane u radu [5]) elipsa je u praksi najčešće obrađivana složena kriva. Ovaj oblik krive je veoma pogodan za analize kvaliteta aproksimiranja krivih sa određenim ekcentricitetom. Upravo zbog toga je analiziran proces aproksimacije četiri elipse sa istim vrednostima dužine jedne ose.

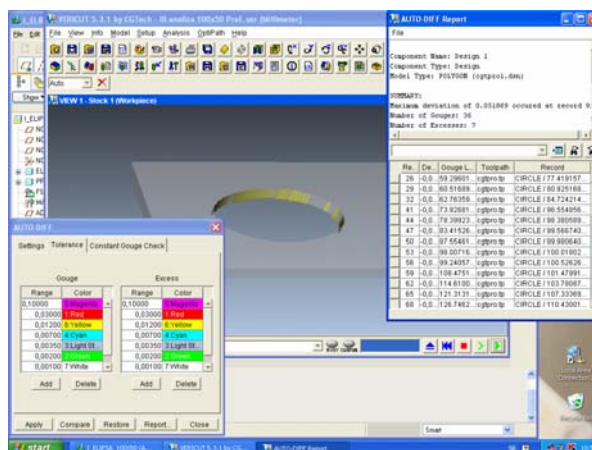
3.2 Parametri analize

U cilju što kvalitetnije analize dobijenih rezultata za sve računarske modele obradaka su definisane tehnologije obrade eliptične putanje profilnim glodanjem sa istim tehnološkim parametrima obrade (brzina rezanja, pomak, dubina, istosmerna obrada bez tangencijalnog ulaza u zahvat, kružna interpolacija, tolerancija obrade $\pm 0,01\text{mm}$ i sl.). Završna analiza je izvršena u programskom sistemu Vericut 5 uz primenu adaptacionih filtera za analiziranje CL datoteke iz programskih sistema Catia i Pro/Engineer. Posebno je interesantno znati maksimalna odstupanja aproksimirane putanje od teorijske, kako sa stanovišta ugaonog položaja tako i sa stanovišta vrednosti i smera odstupanja.

3.3 Metodologija analize

Analiza dobijenih, aproksimiranih putanja alata je vršena tako što su nezavisno u Vericut uvezeni model obrade (priprema, obradka i u ovom slučaju koordinatnog sistema) i CL data datoteka uz definisanje parametara alata i elemenata analize u samom programu.

Na slici 5. je prikazan interfejs programskog sistema Vericut sa rezultatima analize putanje CL data datoteke.

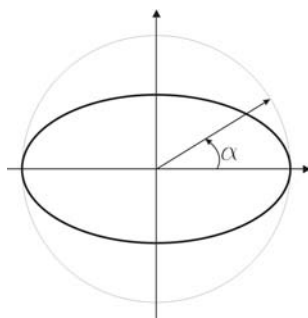


Sl 5. Analiza putanje alata primenom programskog sistema Vericut

Na osnovu dobijenih rezultata, koji u ovom programskom sistemu mogu biti prikazani u grafičkom obliku (u različitim bojama koje definišu zone odstupanja u pozitivnom i negativnom smeru od teorijskog profila) i u vidu tabelarnih informacija gde su data pojedinačna odstupanja od teorijskog profila uz koordinate mesta odstupanja, se može izvesti zaključak o tačnosti i kvalitetu aproksimacije zadatog profila. Detaljnije statističke analize dobijenih rezultata u cilju dobijanja srednjih vrednosti odstupanja od profila, kao i najmanje i najveće greške su vršene primenom Microsoft Excell programskog sistema uz primenu standardnih procedura za razmenu tabelarnih vrednosti.

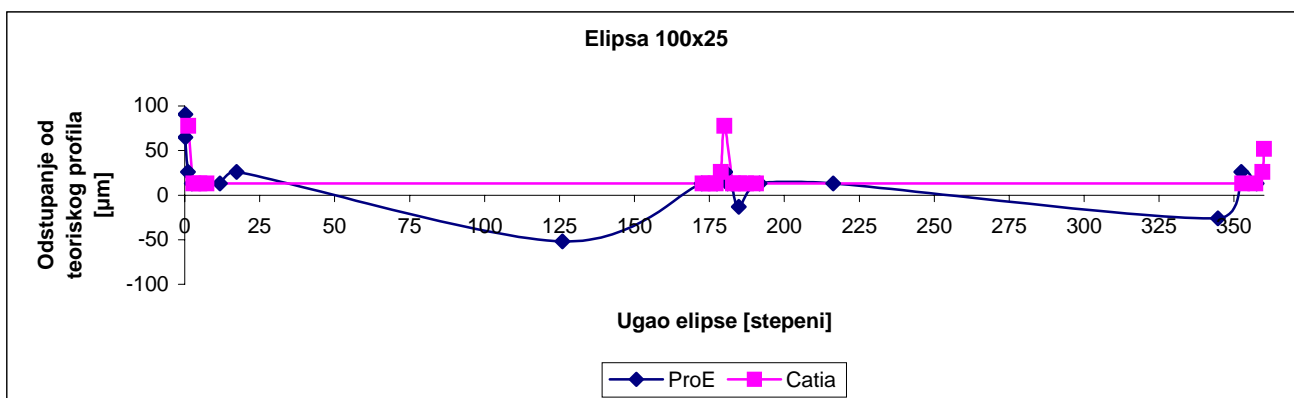
4.0 Rezultati analize

Sprovedene analize su pokazale da se za različite tipove elipsi za oba programska sistema dobijaju slični rezultati, uz određene razlike u pojedinim zonama putanje. Na graficima je prikazana zavisnost odstupanja aproksimiranog od teoretskog profila u funkciji ugla na krugu opisanom oko elipse čiji se profil analizira (slika 6.)

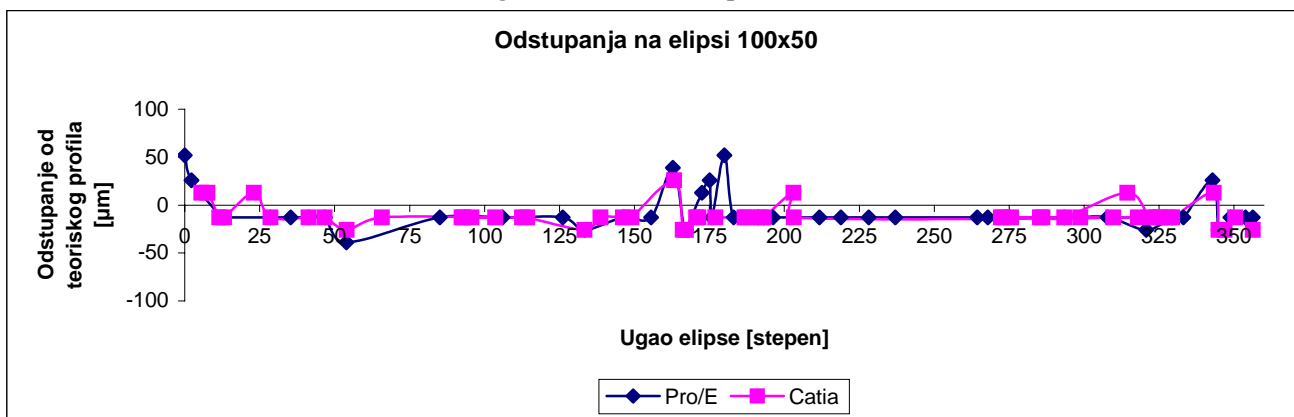


Sl 6. Ugao profila

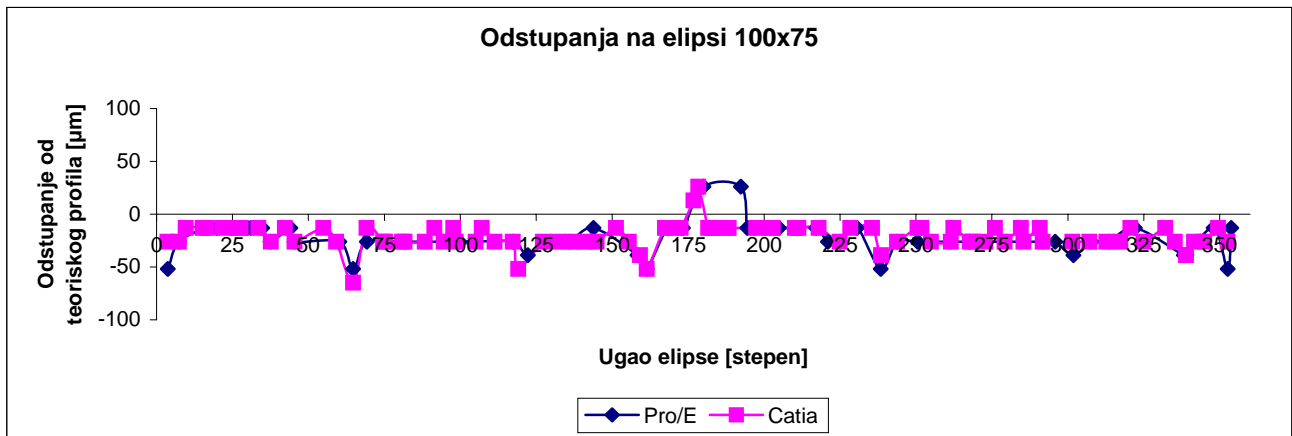
Na slikama 7., 8., 9. i 10. su prikazane grafičke zakonitosti greške aproksimacije profila u zavisnosti od ugla elipse, za oba posmatrana programska sistema za elipse 100x25, 100x50, 100x75, 100x90mm.



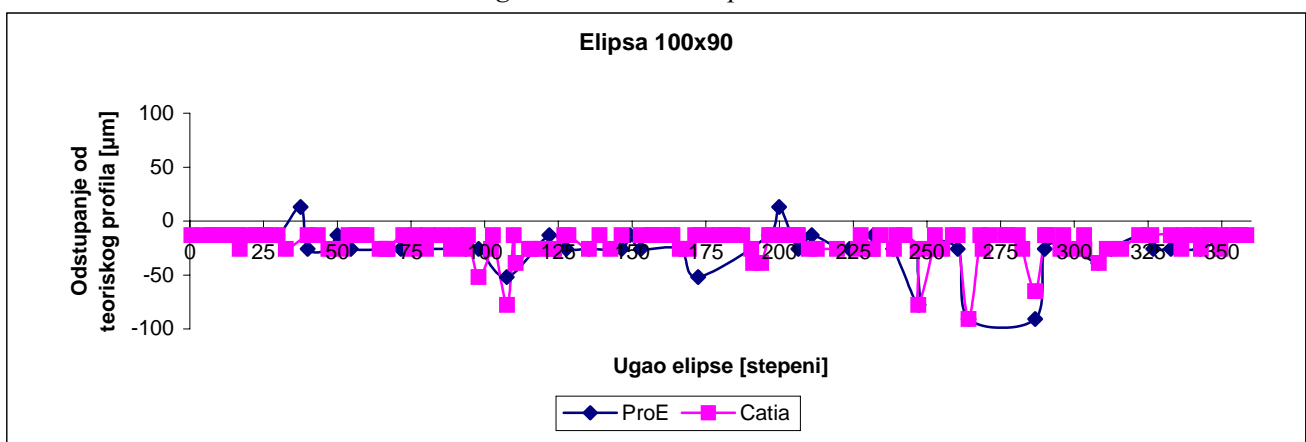
Sl 7. Zavisnost greške aproksimacije od ugla profila putanje realizovane u programskim sistemima Pro/Engineer i Catia za elipsu 100x25



Sl 8. Zavisnost greške aproksimacije od ugla profila putanje realizovane u programskim sistemima Pro/Engineer i Catia za elipsu 100x50



Sl 9. Zavisnost greške aproksimacije od ugla profila putanje realizovane u programskim sistemima Pro/Engineer i Catia za elipsu 100x75



Sl 10. Zavisnost greške aproksimacije od ugla profila putanje realizovane u programskim sistemima Pro/Engineer i Catia za elipsu 100x90

Neke karakteristične vrednosti dobijenih rezultata su prikazane u tabeli 1.

Elipsa	Broj odstupanja od zadate tolerancije/broj aproksimacija	Odstupanje u pozitivnom smeru (dodatak na teorijski profil) [μm]		Odstupanje u negativnom smeru [μm]	
		Vrednost odstupanja [μm]	Ugao [$^\circ$]	Vrednost odstupanja [μm]	Ugao [$^\circ$]
100x25 mm Pro/E	19/54	64.84	0.21	-51,87	125.95
100x25 mm Catia	17/43	77.8	180	-	-
100x50 mm Pro/E	43/62	51.87	0	-38,9	53.96
100x50 mm Catia	52/70	25.93	163.19	-25,93	Više pozicija
100x75 mm Pro/E	54/58	25,93	180	-51,87	3,73 i 161,3
100x75 mm Catia	85/95	25,93	178,35	-64,84	64,66
100x90 mm Pro/E	45/50	12,97	37,58 i 199,8	-90,77	264,16
100x90 mm Catia	129/133	-12,97	Više pozicija	-77,8	247,12

Tabela 1. Rezultati dobijeni analizom odstupanja aproksimacije zadatog profila

5.0 Završna razmatranja

Analizirajući dobijene rezultate može se uočiti da je kod oba programska sistema prisutno povećanje srednje greške aproksimacije profila što elipsa ima koeficijent ekcentričnosti ($e = \sqrt{1 - \frac{r_1^2}{r_2^2}}$) približniji

nuli, kao i da generalno u svim slučajevima greška ima negativnu vrednost, što treba imati u vidu prilikom planiranja procesa obrade.

Analize mogućnosti kompleksnih CAD/CAM programskih sistema na polju tačnosti aproksimacije složenih putanja omogućava krajnjim korisnicima pravilno definisanje tehnologije obrade utičući na potencijalnu grešku procesa obrade još u fazi pripreme proizvodnje.

6.0 Literatura

- [1] Chen, X., Yong, J., Zheng, G., Sun, J.: Automatic G1 arc spline interpolation for closed point set, Computer-Aided Design, Vol.36., pp. 1205–1218, 2004.
- [2] Hu, W.: Interpolation algorithm based on central angle division, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 42., pp. 473–478, 2002.
- [3] Hu, X.: Linear and Angular federate interpolation for planar implicit curves, Computer-Aided Design, Vol. 35., pp. 301-317, 2003.
- [4] Qiu, H., Cheng, K., Li, Y.: Optimal circular arc interpolation for NC tool path generation in curve contour manufacturing, Computer-Aided Design, Vol. 29, No. 11, pp. 751-760, 1997
- [5] Tabaković, S., Gatalo, R., Zeljković, M.: Analiza tačnosti aproksimacije profila pri generisanju upravljačkih programa za CNC mašine primenom programskog sistema Pro/ENGINEER, Zbornik radova, VIII Međunarodna konferencija MMA 2003 Fleksibilne tehnologije, Novi Sad, str. 117, 118., 2003.
- [6] Tsai, M.-C., Cheng, C.-W., Cheng M.-Y.: A real-time NURBS surface interpolator for precision three-axis CNC machining, International Journal of Machine Tools & Manufacture Vol. 43., pp. 1217–1227, 2003.
- [7] Yang, M., Hong, W.: A PC-NC milling machine with new simultaneous 3-axis control algorithm, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 41., pp. 555–566, 2001.

ERRORS APPROXIMATION COMPLEX TOOLPATH IN MODERN CAM PROGRAMMING SYSTEMS

Abstract:

Problems of approximation complex tool path and errors what by consequently made is important problem at process circumscription control data for numerical control machine tools. In Institute for production engineering of Faculty for technical sciences is realizes couple exploration for solving this problem. This exploration contains development algorithm for analysis curvilinear path and their approximation with section of circle. In this paper is presented a part of analysis to execute in exploration accompanying witch aim is finding applicability complex CAD/CAM programming system in some fields of producing engineering. In this paper is presented analysis for finding accuracy of approximation curvilinear what become on the occasion of circumscription complex tool path in certain CAM programming systems.

NAPOMENA:

Rad predstavlja deo rezultata istraživanja na projektu "Unapređenje sistema tehničke pripreme u uslovima maloserijske proizvodnje primenom savremenih programskih paketa univerzalne namene " broj TR 6330A, koji finansira Ministarstvo nauke i zaštitu životne sredine Republike Srbije i AD "FKL" – Temerin



V.Mandić, M.Ćirović¹

FEM SIMULACIJA PROCESA NET-SHAPE IZRADE ZAVRTNJA SA SFERNOM GLAVOM

Rezime: U radu je analiziran proces izrade jabučice (zavrtanj sa sfernom glavom) od Č4131, postupkom hladnog višefaznog zapreminskog oblikovanja u uslovima net-shape proizvodnje. Primenom konvencionalnih postupaka toplog kovanja, dolazi do stvaranja venca u sfernom delu obratka usled viška materijala a time i potrebe za naknadnom obradom struganjem. Cilj rada je da se korišćenjem numeričke FEM simulacije analizira mogućnost net-shape izrade ovakvih delova u postupku hladnog višepersonalnog oblikovanja, kao i da se takav proces optimizira sa ciljnom funkcijom pojave minimalne deformacione sile i dimenzione tačnosti obratka. U tu svrhu izvedena je serija «numeričkih eksperimenata», korišćenjem CAMPform 2D FEM programa, pri čemu su dobijene raspodele deformacionih, naponskih i brzinskih polja u obratku, kao i dijagram deformacione sile za četiri operacije procesa. Prikazani rezultati pokazuju optimalnu tehnologiju izrade, sa tačno definisanim geometrijama alata u svakoj operaciji procesa, i postizanje tražene tačnosti obratka, bez stvaranja venca uz dozvoljena opterećenja alata.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Net shape obrada podrazumeva izradu visokokvalitetnih delova složenijeg oblika, operacijom preciznog kovanja, bez naknadne obrade skidanjem strugotine [1]. Ovakvi procesi sve više privlače pažnju u industriji, jer povećavaju produktivnost smanjenjem vremena izrade i troškova i doprinose čuvanju energije i resursa. U praksi se često primenjuje i *near net shape* tehnologija, koja uključuje minimalnu obradu nakon operacije preciznog kovanja. Dosta automobilskih delova ima složenu geometriju, čija tradicionalna izrada operacijama kovanja i naknadnim operacijama sa skidanjem strugotine (glodanje, struganje, brušenje) čini proizvodnju veoma skupom. Osim toga, kvalitet površina (tvrdoća i hrapavost) delova sa finalnom obradom glodanjem i brušenjem nije kao u procesima hladne zapreminske obrade deformisanjem. Za takve delove, smanjenje troškova proizvodnje, kroz smanjenje vremena izrade i broja operacija i poboljšanje kvaliteta, može se ostvariti procesima hladnog preciznog kovanja na presama i alatima sa višestrukim dejstvom (*multi-action cold forging*).

Procesi hladnog višefaznog oblikovanja veoma se primenjuju u proizvodnji širokog spektra proizvoda zahvaljujući brojnim prednostima: dobrim finalnim površinama obradaka, odličnom dimenzionom tačnošću, poboljšanim mehaničkim svojstvima itd. Pravilan izbor tehnologije izrade zavisi od iskustva tehnologa i projekatana. Jedan od načina unapređenja projektovanja i same proizvodnje je primena ekspertnih sistema i FE simulacija za verifikaciju i kontrolu projektog rešenja. Zavrtnjevi sa sfernom glavom imaju primenu u spajanju mehaničkih elemenata sfernog zgloba upravljačkog ili sistema vešanja kod automobila (v. sl. 1 i 2).

2. RAZRADA TEHNOLOŠKOG POSTUPKA

Preporučeni, standardni tehnološki postupak izrade zavrtnjeva sa sfernom glavom postupkom hladne zapreminske obrade je sledeći: sečenje, zaobljavanje, istosmerno istiskivanje, pripremno kovanje, završno

¹ Dr Vesna Mandić, dipl.inž, docent Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, e-mail: mandic@kg.ac.yu
Miloš Ćirović, apsolvant Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, e-mail: miloscirovic@kg.ac.yu

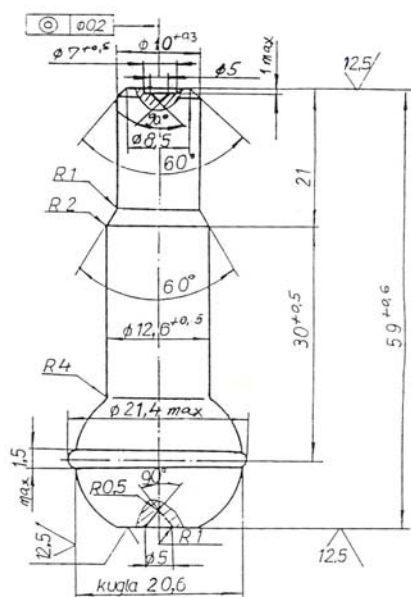
kovanje i eventualno sužavanje. Na slici 3 prikazan je preporučeni oblik obratka u svim operacijama, kao i preporuke vezane za oblik pripremnog kovanja u funkciji odnosa sabijanja.

Izgled i odgovarajuće dimenzije jabučice koja se izrađuje postupkom toplog kovanja u otvorenim alatima prikazani su na slici 1. Predmet istraživanja u ovom radu je ispitivanje mogućnosti izrade ove jabučice postupkom net-shape izrade, po preporukama prikazanim u radu i kroz numeričku optimizaciju procesa do dostizanja dimenzione tačnosti obratka u poslednjoj operaciji obrade.

Prema zadatim dimenzijama gotove jabučice i proračuna faza tehnološkog postupka, na osnovu preporuka iz literature [2-4], došlo se do traženih medjuoblika obratka po svim operacijama procesa, kao što je to prikazano na slici 4. Prva faza je zaobljavanje i istosmerno istiskivanje u cilju redukcije prečnika donjeg dela zakovice. U sledećoj operaciji se takođe u postupku istosmernog istiskivanja vrši dalja redukcija prečnika, i izduživanje zakovice. Formiranje konusnog predoblika glave zakovice se izvodi u trećoj operaciji prethodnog kovanja, a finalno oblikovanje sferne glave je u poslednjoj operaciji završnog kovanja, odnosno sabijanja. U ovakvom postupku sa prethodnim sabijanjem glave eliminisani su eventualni defekti iskrivljenja priprema i stvaranja preklopa. Operacija prethodnog sabijanja (v.sl.3) je neophodna. Svi oblici po operacijama su dobijeni u programskom pakjetu CATIA iz uslova jednakosti zapremena.

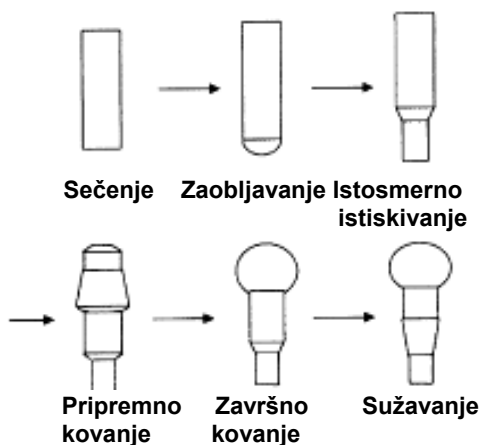
Materijal jabučice je niskolegirani čelik za poboljšanje Č4131, sledećeg hemijskog sastava C 0.4%, Cr 1%, Si 0.35%, Mn 0.75%. Polazna struktura materijala ispitana je u akreditovanoj laboratoriji Fabrike automobilskih delova u Gornjem Milanovcu. Kriva tečenja određena je testom pritiskivanja po metodi *Rastegajeva*, a njen aproksimativni matematički oblik je:

$$K=1116.795 \cdot \varepsilon^{0.214031}, \text{ Mpa} \quad (1)$$



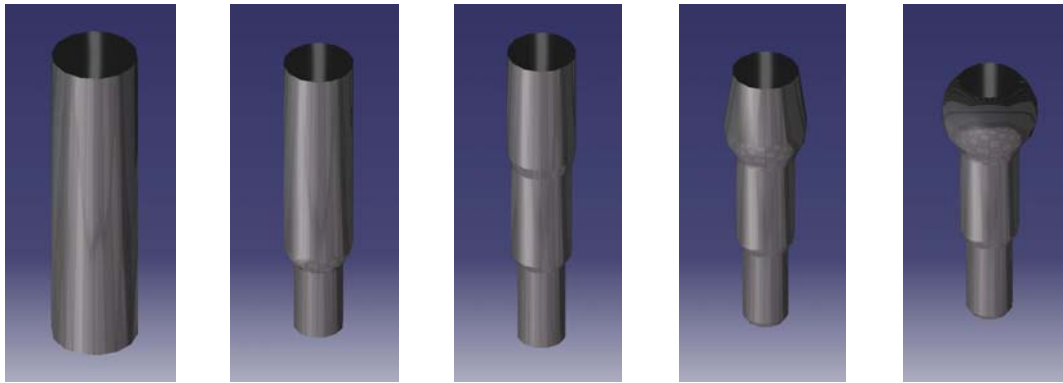
Slika 1 – Izgled i odgovarajuće dimenzije jabučice, proces toplog kovanja

Slika 2 – Zavrtnjevi sa sfernom glavom



Odnos sabijanja	~2.5	2.5~2.8	2.8~
Oblik pripremlka			

Slika 3 - Standardna procedura tehnološkog postupka izrade, geometrija pripremnog kovanja



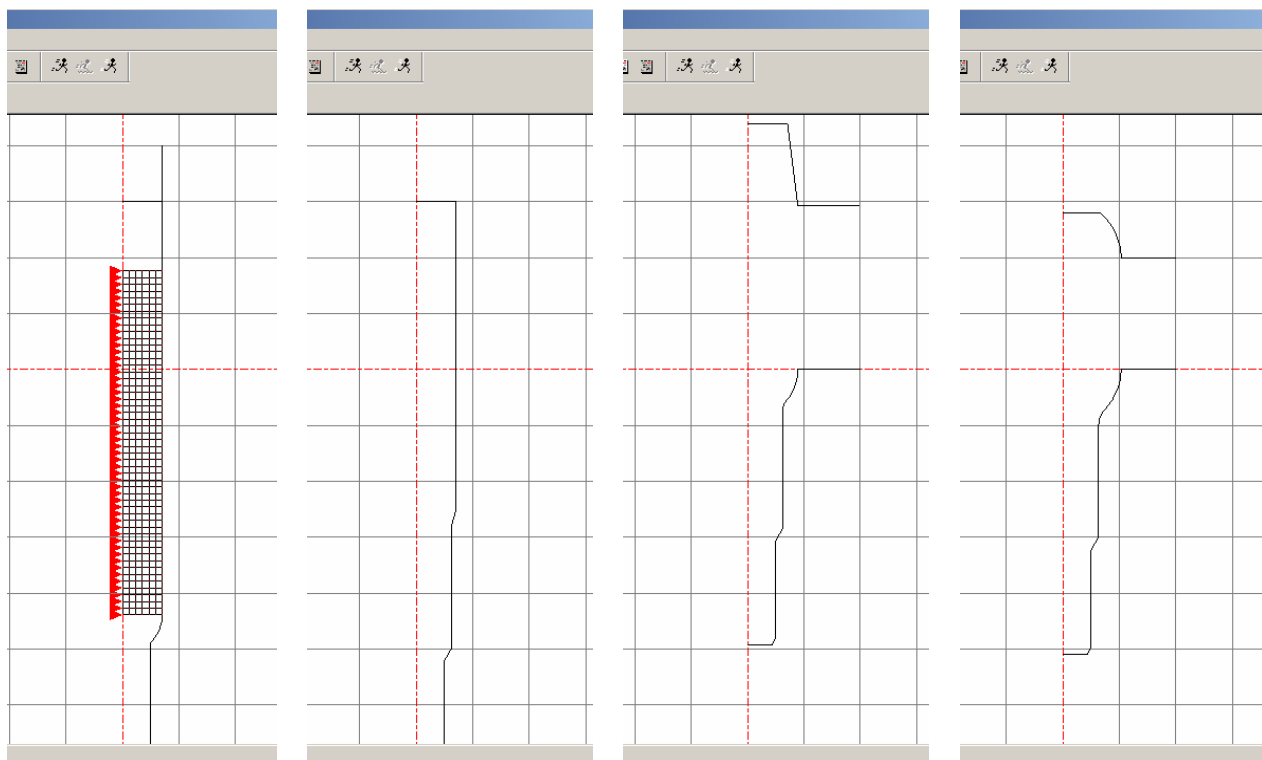
Slika 4 - Izgledi priprema po operacijama i konačan oblik jabučice

3. FEM SIMULACIJA

Programski paket CAMPform 2D korišćen je za numeričku simulaciju i naponsko-deformaciono-brzinsku analizu istraživanog procesa. Program je namenjen 2D FEM analizi procesa zapreminske obrade na bazi kruto-viskoplastičnog pristupa, a razvijen je na KAIST institutu [4]. Ima AMG modul za automatsko generisanje FE mreže i remeshing. Na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu koristi se poslednjih godina za numeričku simulaciju različitih procesa zapreminskog oblikovanja (kovanja, istiskivanja, vučenja, utiskivanja itd.) [5-8].

Za opisivanje plastičnog tečenja materijala koristi se kriva tečenja data jednačinom (1). Kontakno trenje je opisano preko modela konstantnog trenja, pri čemu je koeficijent trenja $\mu=0.07$, kojem odgovara faktor trenja $m=0.12$. Ovakve vrednosti koeficijenta/faktora trenja mogu se realno ostvariti samo sa hemijskom pripremom obratka i upotrebom kvalitetnog maziva. Brzina deformisanja odgovara laboratorijskim uslovima ispitivanja $v_p=10\text{mm/min}$. Pri numeričkim eksperimentima nisu uzeta u obzir medjuopraciona žarenja, što je inače neophodno u hladnom višeopercionom istiskivanju. Takvi aspekti će biti predmet daljih istraživanja ovog procesa.

Geometrija alata i početna FE mreža u CAMPform editoru prikazani su na slici 5. U svim operacijama pokretni su samo gornji delovi alata.

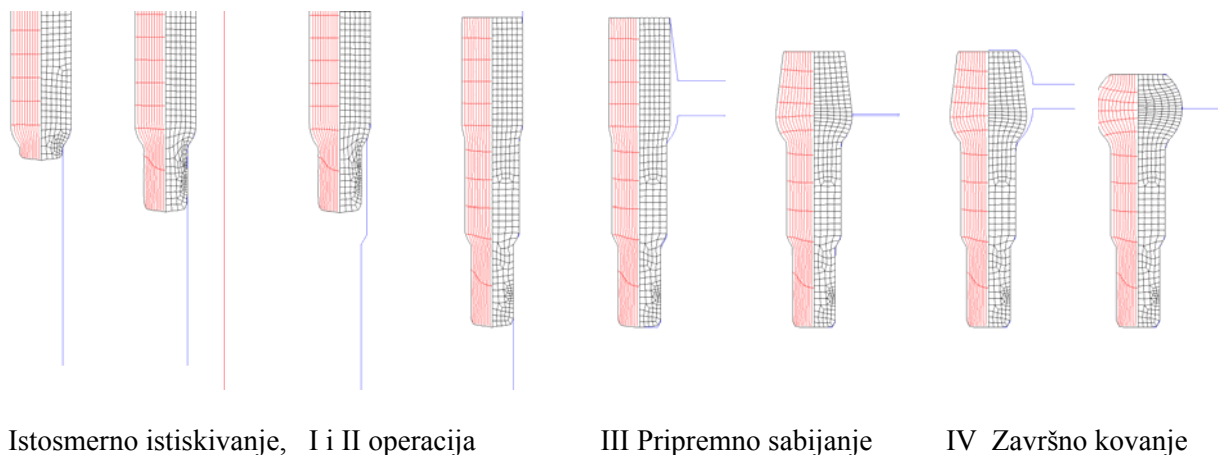


Slika 5 – Početna FE mreža i geometrija alata po operacijama

4. REZULTATI I DISKUSIJA

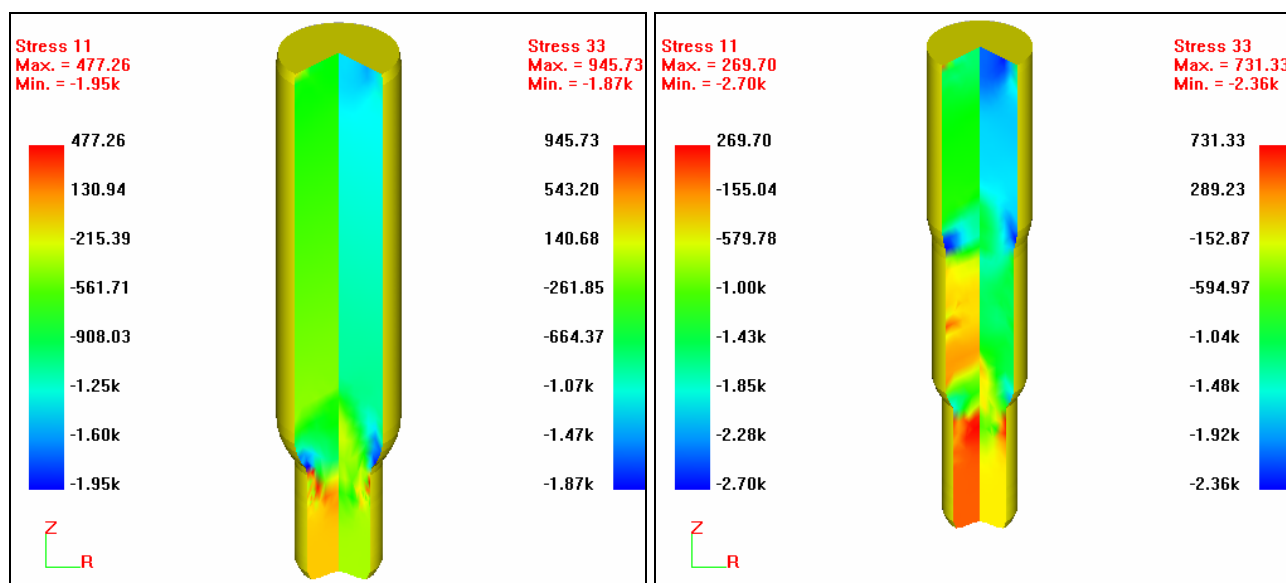
U toku numeričkih eksperimenata otkriveni su problemi u trećoj operaciji procesa. Naime, neophodno je veoma precizno definisati zapreminu materijala potrebnu za oblikovanje sferne glave i nju u operaciji prethodenog sabijanja oblikovati prema datim preporukama. Ukoliko je ta zapremina manja od tražene dolazi do nepopunjavanja sfernog dela alata pa glava jabučice nema zahtevani oblik. U slučaju veće zapremine dolazi do prepunjavanja alata i formiranja vena, kao i do pojave prekomernih pritisaka u materijalu što može dovesti do preopterećenja alata i njegovog loma.

Nakon čitave serije numeričkih eksperimenata (kojih je bilo više od deset) i podešavanja geometrijskih parametara alata, i preraspodele materijala po operacijama, došlo se do finalne varijante tehnološkog postuka, koji obezbeđuje kompletno popunjavanje alata bez pojave venca u trećoj i četvrtoj, finalnoj operaciji procesa. Plastično tečenje materijala i popunjavanje alata prikazano je na slici 6.



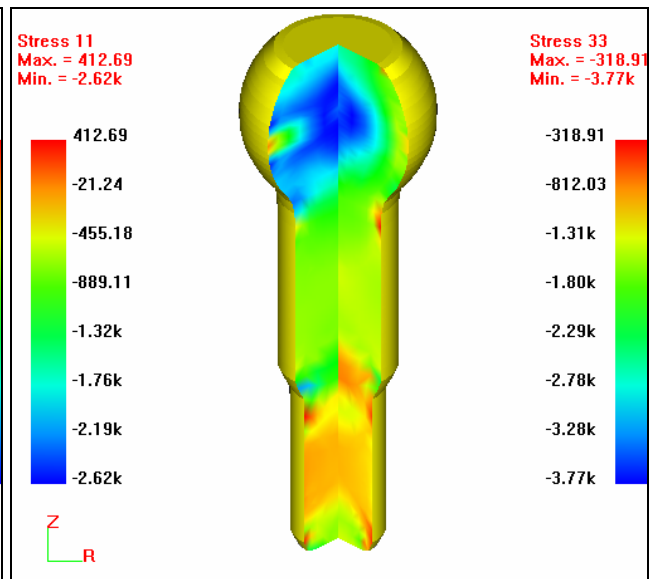
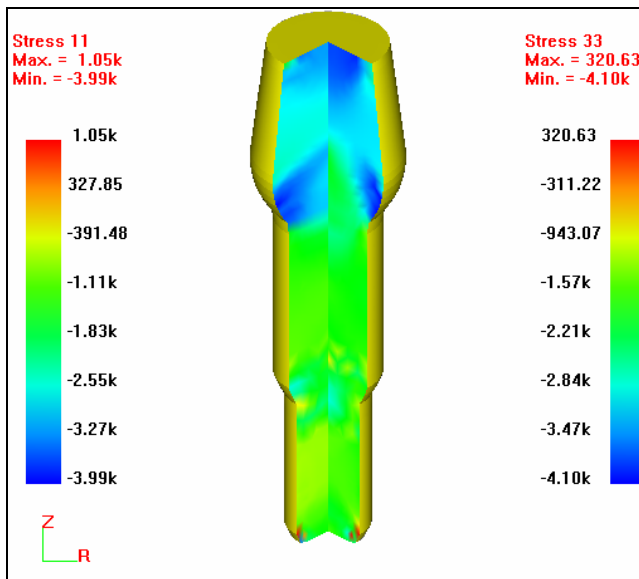
Slika 6 – Plastično tečenje materijala i popunjavanje alata u numeričkim modelima procesa

Izvedenom numeričkom simulacijom dobijene su distribucije deformacionih, naponskih i brzinskih polja. Na slici 7 i 8 prikazane su distribucije radijalnog (Stress 11) i aksijalnog (Stress 33) napona u obratku, na kraju prve i druge operacije istosmernog istiskivanja. Distribucije istih napona, u operaciji pripremnog sabijanja prikazane su na slici 9, dok su na slici 10 prikazane distribucije na kraju procesa, pri formiranju kugle. Numerička procena deformacione sile za četiri operacije hladnog kovanja jabučice prikazana je na dijagramu na slici 11, pri čemu je sila izražena u kN.



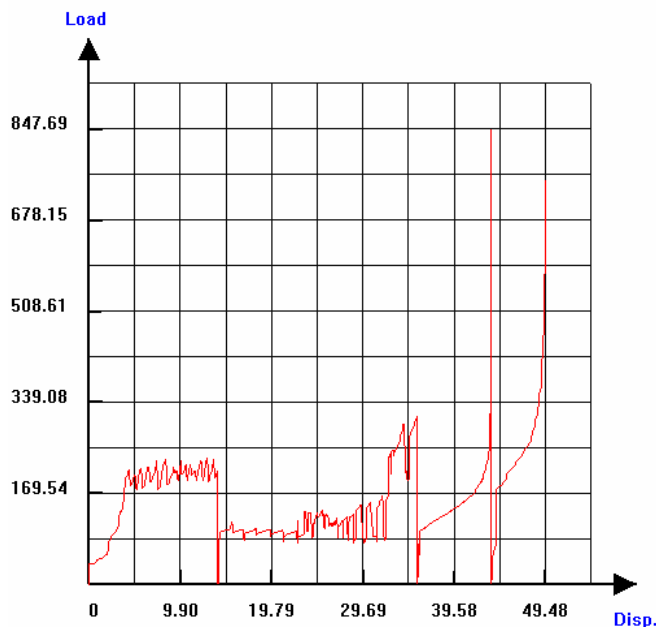
Slika 7 – Naponske komponente na kraju I operacije

Slika 8 – Naponske komponente u II operaciji



Slika 9 – Naponske komponente na kraju III operacije

Slika 10 -Naponske komponente na kraju procesa



Slika 11 – Dijagram deformacione sile procesa

Distribucije naponskih komponenti pokazale su velike vrednosti u oblastima prelaznih radijusa, što su inače kritična mesta u alatu za pojavu inicijalnih naprslina. Takođe su velike vrednosti naponskih komponenta prikazane i u sfernom delu jabučice. To ukazuje na neophodnost medjuoperacionog žarenja materijala, ojačanje matrice i alata, korišćenje matrica sa vertikalnom podelom na mestu kritičnih radijusa. Za takve analize neophodno je koristiti FE softvere koji omogućavaju korišćenje višekomponentnih alata, analizu sa prednaprezanjem alata i ostalo, čime bi se izvršile dodatne analize za optimizaciju procesa, pre same izrade alata i proizvodnje.

Dijagram deformacione sile prikazuje iznose sile po operacijama, pri čemu je dostignuta maksimalna sila u trećoj operaciji, gde je inače registrovana najveća vrednost komponentnih napona. Te vrednosti bi se mogle smanjiti pravilnijim tečenjem materijala i korekcijama

prelaznih radijusa u donjem delu alata, a naravno i medjuoperacijskim žarenjem, što će biti predmet daljih istraživanja na ovoj problematici.

5. ZAKLJUČCI

U prikazanom istraživanju, razvijen je tehnološki postupak za dobijanje jabučice net-shape postupkom, kroz numeričku FE simulaciju i optimizaciju procesa. Služeći se standardnim tehnološkim postupkom, prepuručenim u raspoloživim ekspertskim sistemima iz ove oblasti u i brojnim literaturnim preporukama, optimiziran je postupak i oblik obratka u svim opearcijama, iz uslova jednakosti zapremina i tražene dimenzione tačnosti jabučice, bez formiranja venca u završnim fazama. Dobijen je obradak, kao numerički model, dez navedenih defekata. Preporučeni postupak je dobar polaz za eksperimentalnu verifikaciju i dalju razradu tehnologije.

Dalja istraživanja trebaju uzeti u obzir efekte medjuoperacionog žarenja u numeričkim eksperimentima, elastičnu analizu alata i procenu njegovog veka, i ostrale aspekte vezane za samu proizvodnju. Dobijeni rezultati su pokazali značaj FE simulacija u projektovanju tehnološkog procesa u

višeoperacionom oblikovanju obradaka i ukazuju na neophodnost njihove veće primene u akademskom i industrijskom okruženju.

LITERATURA

- [1] R. Balendra, Net-shape forming – State-of-the-art, Jour. of Mater. Proc. Tech., 115 (2001), 172-179.
- [2] G. Navrockogo, Holodnaja objomnaja šampovka, Mašinsotroenie, Moskva, 1973.
- [3] Y.H.Song, Y.T.Im, Expert system for the process sequence design of a ball stud, Jour. of Mater. Proc. Tech., 89-90 (1999), 72-78.
- [4] H.S. Kim, Y.T. Im, An expert system for cold forging process design based on a depth-first search, Jour. of Mater. Proc. Tech, 95 (1999), pp. 262-274.
- [5] Y.T.Im, A computer-aided-design system for forming processes, Jour. of Mater. Proc. Tech, 89-90 (1999), pp. 1-7.
- [6] V. Mandić, Fizičko modeliranje i numerička simulacija kao osnova novog koncepta projektovanja alata za toplu zapreminsku obradu, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2002.
- [7] V. Mandić, B. Mišić, Stability of steel seam-welded tubes forming process – experimental and numerical investigation, 8th International Conference on Technology of Plasticity, ICTP, 9-13 October 2005, Verona, Italy, pp. 209.
- [8] V. Mandić, D. Vilotić, M. Plančak, M. Stefanović, Hladno višefazno zapreminsko oblikovanje osnosimetričnih obradaka – FEM simulacija i eksperimentalna verifikacija, 31. JUPITER Konferencija, 27. symposium NU-ROBOTI-FTS, Zlatibor 2005.

Abstract: *In this paper process of cold multi stage bulk forming of ball stud, made from C4131, in net-shape conditions, has been analyzed. By applying conventional treatment of hot open-die forging, due to waste of material, flash at sphere zone appears and then additional cutting operations are necessary. Aim of this investigation was analysis possibility of net-shape manufacturing of ball stud by using FEM numerical simulations, as well as optimization of this process with target functions of minimal forming loads and ball stud dimensional accuracy appearance. For that purpose, serial of “numerical experiments” performed, using CAMPform 2D software, whereby stress, strain and strain rate fields were obtained, as well as forming load diagrams for four process stages. Represented results show optimal manufacturing technology, with exactly defined geometry of tools at each process stage, and acquirement of demanded accuracy of ball stud and allowed tool stress, without flash formation.*

Nešić, N.¹, Babić, B.², Miljković, Z.³

MODEL SISTEMA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE TEHNOLOŠKIH FORMI NA PRIZMATIČNIM DELOVIMA

Abstrakt: U ovom radu predstavljen je model jednog sistema za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima. Ulaz u sistem predstavlja STEP fajl, ekportovan iz CAD modela napravljenog u Pro/E WF2. Specijalni program pretražuje dobijeni .stp fajl, formira B-rep dela, a zatim taj prikaz konvertuje u tzv. vektore zbira bodova strana, koji predstavljaju ulaz u veštačku neuronsku mrežu. Zadatak neuronske mreže, koja se projektuje i obučava korišćenjem MatLab ANN Toolbox-a, jeste da izvrši prepoznavanje tehnoloških formi na delu. Razvijeni delovi sistema su detaljno opisani, a date su i osnovne smernice za dalja istraživanja u ovoj oblasti.

Ključne reči: CAPP, automatsko prepoznavanje tehnoloških formi, B-rep, STEP, veštačke neuronske mreže.

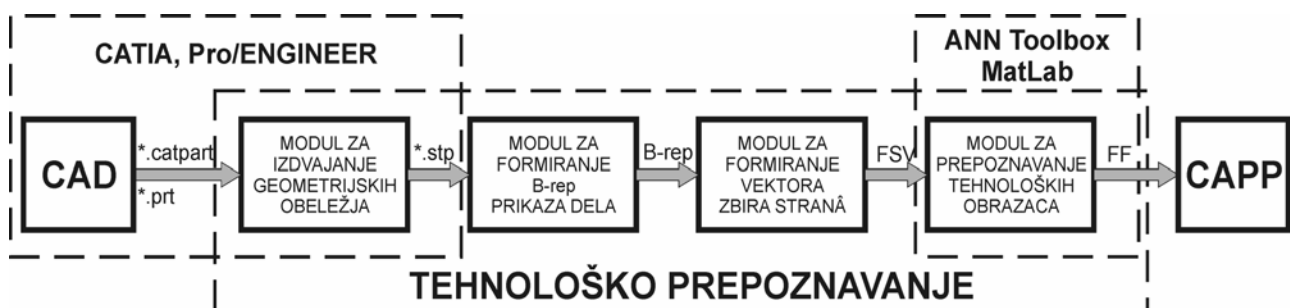
1. UVOD

Prizmatični delovi se mogu definisati kao komponente koje sadrže samo one tehnološke forme koje u geometrijskom smislu predstavljaju trag neke 2D figure, dobijen njenim kretanjem kroz prostor, u pravcu normale na ravan koja tu figuru sadrži. Iako zahtevaju najjednostavnije od svih „glodačkih” zahvata, ove tehnološke forme, koje se izrađuju na horizontalnim ili vertikalnim dvoiploosnim obradnom centrima, ipak predstavljaju izazov za automatizovanje i optimizaciju svih podistema CAPP sistema u okviru koga se izrađuju. Ulazni podsystem svakog potpuno automatizovanog CAPP sistema, čini sistem za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi (APTF). On treba da obezbedi rešenje tri međusobno povezana zadatka: (i) *izdvajanje geometrijskih obeležja dela iz CAD modela*, potrebnih za formiranje prikaza dela pogodnog za prepoznavanje tehnoloških formi, (ii) *formiranje prikaza dela pogodnog za identifikaciju tehnoloških formi* i (iii) *prepoznavanje tehnoloških obrazaca* – uparivanje identifikovanih formi sa prethodno definisanim obrascima u biblioteci tehnoloških formi.

U poslednjih nekoliko decenija učinjeni su značajni istraživački napori na projektovanju različitih sistema za APTF, čiji su karakteristike i oblasti primene detaljno opisani u [1] i [2]. U ovom radu predstavljen je model jednog sistema za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima i detaljno opisani njegovi moduli koji su već razvijeni.

2. STRUKTURA SISTEMA ZA APTF

Sistem za APTF, čija je struktura prikazana slikom 1, sastoji se iz četiri modula.



Slika 1: Struktura sistema za APTF.

¹ 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

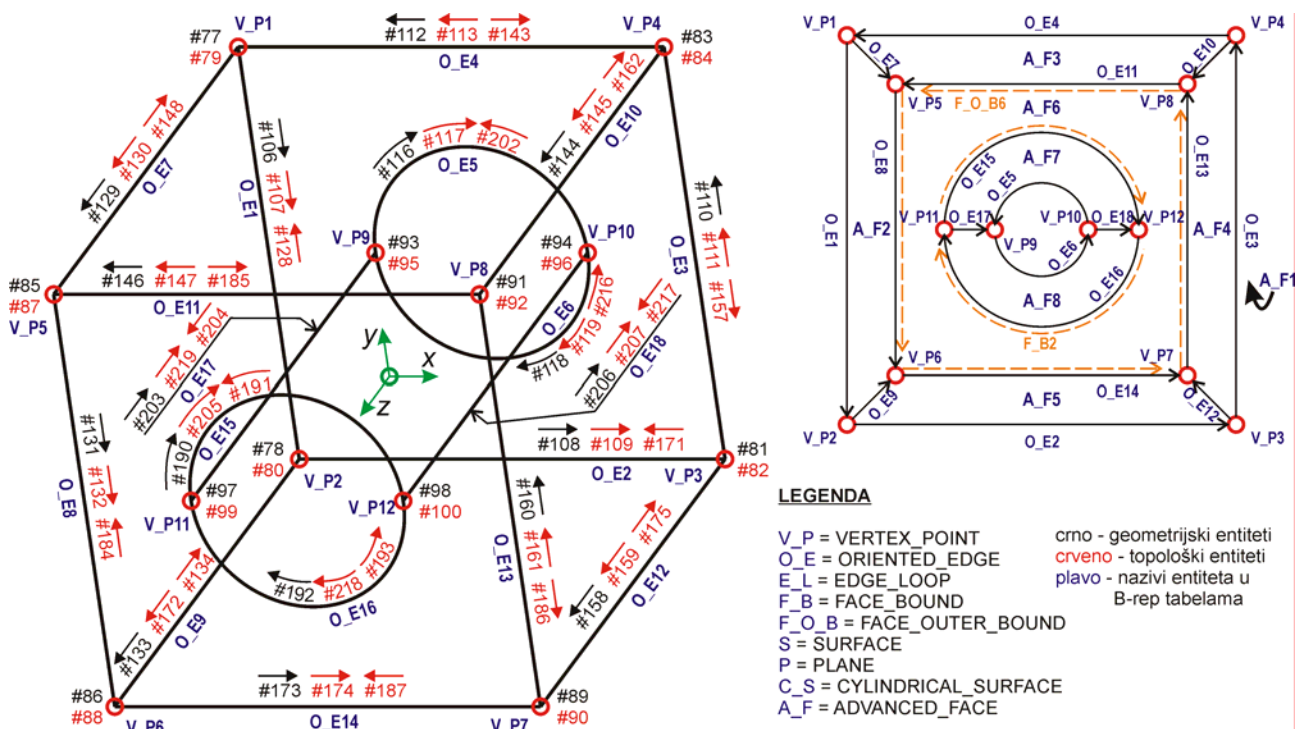
2.1. Modul za izdvajanje geometrijskih obeležja

U ovom modulu primenjen je tzv. eksterni metod za izdvajanje geometrijskih obeležja iz CAD modela [1], [3]. *Eksterni pristup* podrazumeva izvoženje CAD modela iz softvera u kome je napravljen u fajl u neutralnom formatu podataka u vidu ASCII datoteke, koja se zatim pomoću specijalnog softvera (moduli 2 i 3) prevodi u odgovarajući prikaz dela pogodan za izdvajanje tehnoloških formi. U ovom sistemu za APTF korišćen je neutralni format STEP, specificiran serijom standarda ISO 10303 [4]. STEP nudi mogućnost detaljnog opisa geometrije, topologije, tolerancija dela, odnosa sa drugim delovima, raznih atributa, pripadnosti dela odgovarajućem sklopu. U tu svrhu, STEP koristi formalni specifikacioni jezik EXPRESS (ISO 10303-11), koji omogućuje preciznost i konzistentnost prikaza dela i olakšava razvoj implementacionih modela. ISO 10303-42 daje integrisane generičke izvore – EXPRESS specifikacije – za geometrijsko i topološko predstavljanje dela. U svrhu razmene podataka EXPRESS specifikacije se prevode u neutralan ASCII fajl, metodologijom definisanom standardom ISO 10303-21.

Za svaku oblast primene STEP definiše poseban aplikacioni protokol, koji opisuje delokrug, informacije koje se razmenjuju ili arhiviraju, metodologiju testiranja i korisnički vodič za primenu aplikacije. Cilj je formiranje integrisane baze podataka koja je pristupačna i od koristi za sve resurse koji učestvuju u životnom ciklusu proizvoda. Standardom ISO 10303-224 definisan je aplikacioni protokol za tehnološke forme koje se koriste u planiranju procesa (AP224). On sadrži sve informacije potrebne da se napravi neki proizvod, uključujući i materijal, geometriju, dimenzije, tolerancije i prikaz priprema i gotovog dela kao i definicije različitih tehnoloških formi. Još jedan deo standarda ima specijalan značaj za projektovanje CAPP sistema – ISO 10303-324 daje uputstva za definisanje mašinskog proizvoda korišćenjem tehnoloških formi. Svi gore pomenuti delovi standarda su implementirani u sistem opisan u ovom radu.

Modul za izdvajanje geometrijskih obeležja u ovom sistemu APTF nije posebno razvijan, jer se u potpunosti mogu iskoristiti STEP fajlovi izvezeni iz komercijalnih 3D modelera. U ovom istraživanju testirana je primena CATIA-e i Pro/ENGINEER-a, sa podjednako uspešnim rezultatima, a u daljem tekstu, za objašnjenje funkcionisanja pojedinih modula, biće korišćen primer STEP fajla izvezen iz modela kocke sa otvorom koji je napravljen u Pro/E WF2, slika 2. Kocka je dimenzija 200×200 mm, koordinatni sistem modela smešten je u centar kocke, a osa otvora prečnika 100 mm poklapa se sa pravcem z-ose modela. Značenje svih detalja na slici 2 biće postupno objašnjeno u daljem toku teksta.

Veličina .stp fajla zavisi od toga kakva su podešavanja izvršena pri eksportovanju: ukoliko se izaberu opcije za izvoženje svih vrsta entiteta, .stp fajl za kocku sa otvorom može imati blizu 50000 karaktera, što usporava i otežava pretraživanje. Za potrebe ovog sistema dovoljno je da se izvezu samo informacije o solidima, što daje fajl približno četiri puta manji, a slikom 3 su dati samo njegovi delovi neophodni za objašnjenje rada ovog sistema.



Slika 2: Kocka sa otvorom.

```

ISO-10303-21;
DATA;
#1=DIRECTION(",(0.E0,-1.E0,0.E0));
#2=VECTOR(",#1,2.E2);
#3=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#4=LINE(",#3,#2);
#5=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#6=VECTOR(",#5,2.E2);
#7=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#8=LINE(",#7,#6);
#9=DIRECTION(",(0.E0,1.E0,0.E0));
#10=VECTOR(",#9,2.E2);
#11=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#12=LINE(",#11,#10);
#13=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#14=VECTOR(",#13,2.E2);
#15=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#16=LINE(",#15,#14);
#17=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,-1.E2));
#18=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#19=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#20=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#17,#18,#19);
#21=CIRCLE("C1",#20,5.E1);
#22=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,-1.E2));
#23=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#24=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#25=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#22,#23,#24);
#26=CIRCLE("C2",#25,5.E1);
#27=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,1.E0));
#28=VECTOR(",#27,2.E2);
#29=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#30=LINE(",#29,#28);
#31=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,1.E0));
#32=VECTOR(",#31,2.E2);
#33=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#34=LINE(",#33,#32);
#35=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,1.E0));
#36=VECTOR(",#35,2.E2);
#37=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#38=LINE(",#37,#36);
#39=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,1.E0));
#40=VECTOR(",#39,2.E2);
#41=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#42=LINE(",#41,#40);
#43=DIRECTION(",(0.E0,-1.E0,0.E0));
#44=VECTOR(",#43,2.E2);
#45=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,1.E2));
#46=LINE(",#45,#44);
#47=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#48=VECTOR(",#47,2.E2);
#49=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,1.E2));
#50=LINE(",#49,#48);
#51=DIRECTION(",(0.E0,1.E0,0.E0));
#52=VECTOR(",#51,2.E2);
#53=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,1.E2));
#54=LINE(",#53,#52);
#55=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#56=VECTOR(",#55,2.E2);
#57=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,1.E2));
#58=LINE(",#57,#56);
#59=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,1.E2));
#60=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#61=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#62=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#59,#60,#61);
#63=CIRCLE("C3",#62,5.E1);
#64=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,1.E2));
#65=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#66=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#67=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#64,#65,#66);
#68=CIRCLE("C4",#67,5.E1);
#69=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#70=VECTOR(",#69,2.E2);
#71=CARTESIAN_POINT(",(5.E1,0.E0,1.E2));
#72=LINE(",#71,#70);
#73=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#74=VECTOR(",#73,2.E2);
#75=CARTESIAN_POINT(",(5.E1,0.E0,1.E2));
#76=LINE(",#75,#74);
#77=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#78=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#79=VERTEX_POINT("V_P1",#77);
#80=VERTEX_POINT("V_P2",#78);
#81=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#82=VERTEX_POINT("V_P3",#81);
#83=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#84=VERTEX_POINT("V_P4",#83);
#85=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,1.E2));
#86=VERTEX_POINT("V_P5",#85);
#87=VERTEX_POINT("V_P5",#85);
#88=VERTEX_POINT("V_P6",#86);
#89=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,1.E2));
#90=VERTEX_POINT("V_P7",#89);
#91=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,1.E2));
#92=VERTEX_POINT("V_P8",#91);
#93=CARTESIAN_POINT(",(5.E1,0.E0,-1.E2));
#94=VERTEX_POINT("V_P9",#93);
#95=VERTEX_POINT("V_P9",#93);
#96=VERTEX_POINT("V_P10",#94);
#97=CARTESIAN_POINT(",(5.E1,0.E0,1.E2));
#98=CARTESIAN_POINT(",(5.E1,0.E0,1.E2));
#99=VERTEX_POINT("V_P11",#97);
#100=VERTEX_POINT("V_P12",#98);
#101=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,-1.E2));
#102=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,1.E0));
#103=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#104=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#101,#102,#103);
#105=PLANE("P1",#104);
#106=EDGE_CURVE("E_C1",#79,#80,#4,.T.);
#107=ORIENTED_EDGE("O_E1T",**,#106,.T.);
#108=EDGE_CURVE("E_C2",#80,#82,#8,.T.);
#109=ORIENTED_EDGE("O_E2T",**,#108,.T.);
#110=EDGE_CURVE("E_C3",#82,#84,#12,.T.);
#111=ORIENTED_EDGE("O_E3T",**,#110,.T.);
#112=EDGE_CURVE("E_C4",#84,#79,#16,.T.);
#113=ORIENTED_EDGE("O_E4T",**,#112,.T.);
#114=EDGE_LOOP("E_L1",(#107,#109,#111,#113));
#115=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B1",#114,.F.);
#116=EDGE_CURVE("E_C5",#95,#96,#21,.T.);
#117=ORIENTED_EDGE("O_E5T",**,#116,.T.);
#118=EDGE_CURVE("E_C6",#96,#95,#26,.T.);
#119=ORIENTED_EDGE("O_E6T",**,#118,.T.);
#120=EDGE_LOOP("E_L2",(#117,#119));
#121=FACE_BOUND("F_B1",#120,.F.);
#122=ADVANCED_FACE("A_F1",(#115,#121),#105,.F.);
#123=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#124=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#125=DIRECTION(",(0.E0,-1.E0,0.E0));
#126=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#123,#124,#125);
#127=PLANE("P2",#126);
#128=ORIENTED_EDGE("O_E1F",**,#106,.F.);
#129=EDGE_CURVE("E_C7",#79,#87,#30,.T.);
#130=ORIENTED_EDGE("O_E7T",**,#129,.T.);
#131=EDGE_CURVE("E_C8",#87,#88,#46,.T.);
#132=ORIENTED_EDGE("O_E8T",**,#131,.T.);
#133=EDGE_CURVE("E_C9",#80,#88,#42,.T.);
#134=ORIENTED_EDGE("O_E9F",**,#133,.F.);
#135=EDGE_LOOP("E_L3",(#128,#130,#132,#134));
#136=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B2",#135,.F.);
#137=ADVANCED_FACE("A_F2",(#136),#127,.T.);
#138=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,1.E2,-1.E2));
#139=DIRECTION(",(0.E0,1.E0,0.E0));
#140=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#141=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#138,#139,#140);
#142=PLANE("P3",#141);
#143=ORIENTED_EDGE("O_E4F",**,#112,.F.);
#144=EDGE_CURVE("E_C10",#84,#92,#34,.T.);
#145=ORIENTED_EDGE("O_E10T",**,#144,.T.);
#146=EDGE_CURVE("E_C11",#92,#87,#50,.T.);
#147=ORIENTED_EDGE("O_E11T",**,#146,.T.);
#148=ORIENTED_EDGE("O_E7F",**,#129,.F.);
#149=EDGE_LOOP("E_L4",(#143,#145,#147,#148));
#150=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B3",#149,.F.);
#151=ADVANCED_FACE("A_F3",(#150),#142,.T.);
#152=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#153=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#154=DIRECTION(",(0.E0,1.E0,0.E0));
#155=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#152,#153,#154);
#156=PLANE("P4",#155);
#157=ORIENTED_EDGE("O_E3F",**,#110,.F.);
#158=EDGE_CURVE("E_C12",#82,#90,#38,.T.);
#159=ORIENTED_EDGE("O_E12T",**,#158,.T.);
#160=EDGE_CURVE("E_C13",#90,#92,#54,.T.);
#161=ORIENTED_EDGE("O_E13T",**,#160,.T.);
#162=ORIENTED_EDGE("O_E10F",**,#144,.F.);
#163=EDGE_LOOP("E_L5",(#157,#159,#161,#162));
#164=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B4",#163,.F.);
#165=ADVANCED_FACE("A_F4",(#164),#156,.T.);
#166=CARTESIAN_POINT(",(1.E2,-1.E2,-1.E2));
#167=DIRECTION(",(0.E0,-1.E0,0.E0));
#168=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#169=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#166,#167,#168);
#170=PLANE("P5",#169);
#171=ORIENTED_EDGE("O_E2F",**,#108,.F.);
#172=ORIENTED_EDGE("O_E9T",**,#133,.T.);
#173=EDGE_CURVE("E_C14",#88,#90,#58,.T.);
#174=ORIENTED_EDGE("O_E14T",**,#173,.T.);
#175=ORIENTED_EDGE("O_E12F",**,#158,.F.);
#176=EDGE_LOOP("E_L6",(#171,#172,#174,#175));
#177=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B5",#176,.F.);
#178=ADVANCED_FACE("A_F5",(#177),#170,.T.);
#179=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,1.E2));
#180=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,1.E0));
#181=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#182=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#179,#180,#181);
#183=PLANE("P6",#182);
#184=ORIENTED_EDGE("O_E8F",**,#131,.F.);
#185=ORIENTED_EDGE("O_E11F",**,#146,.F.);
#186=ORIENTED_EDGE("O_E13F",**,#160,.F.);
#187=ORIENTED_EDGE("O_E14F",**,#173,.F.);
#188=EDGE_LOOP("E_L7",(#184,#185,#186,#187));
#189=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B6",#188,.F.);
#190=EDGE_CURVE("E_C15",#99,#100,#63,.T.);
#191=ORIENTED_EDGE("O_E15F",**,#190,.F.);
#192=EDGE_CURVE("E_C16",#100,#99,#68,.T.);
#193=ORIENTED_EDGE("O_E16F",**,#192,.F.);
#194=EDGE_LOOP("E_L8",(#191,#193));
#195=FACE_BOUND("F_B2",#194,.F.);
#196=ADVANCED_FACE("A_F6",(#189,#195),#183,.T.);
#197=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,1.E2));
#198=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#199=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#200=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#197,#198,#199);
#201=CYLINDRICAL_SURFACE("C_S1",#200,5.E1);
#202=ORIENTED_EDGE("O_E5F",**,#116,.F.);
#203=EDGE_CURVE("E_C17",#99,#95,#72,.T.);
#204=ORIENTED_EDGE("O_E17F",**,#203,.F.);
#205=ORIENTED_EDGE("O_E15T",**,#190,.T.);
#206=EDGE_CURVE("E_C18",#100,#96,#76,.T.);
#207=ORIENTED_EDGE("O_E18T",**,#206,.T.);
#208=EDGE_LOOP("E_L9",(#202,#204,#205,#207));
#209=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B7",#208,.F.);
#210=ADVANCED_FACE("A_F7",(#209),#201,.F.);
#211=CARTESIAN_POINT(",(0.E0,0.E0,1.E2));
#212=DIRECTION(",(0.E0,0.E0,-1.E0));
#213=DIRECTION(",(1.E0,0.E0,0.E0));
#214=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#211,#212,#213);
#215=CYLINDRICAL_SURFACE("C_S2",#214,5.E1);
#216=ORIENTED_EDGE("O_E6F",**,#118,.F.);
#217=ORIENTED_EDGE("O_E18F",**,#206,.F.);
#218=ORIENTED_EDGE("O_E16T",**,#192,.T.);
#219=ORIENTED_EDGE("O_E17T",**,#203,.T.);
#220=EDGE_LOOP("E_L10",(#216,#217,#218,#219));
#221=FACE_OUTER_BOUND("F_O_B8",#220,.F.);
#222=ADVANCED_FACE("A_F8",(#221),#215,.F.);
#223=CLOSED_SHELL(",(#122,#137,#151,#165,#178,#196,#210,#222));
#223=ADVANCED_BREP_SHAPE_REPRESENTATION(",(#224),#232);

```

Slika 3: Deo fajla Kocka_sa_otvorom.stp.

2.2. Modul za formiranje B-rep prikaza dela

Ulaz u ovaj modul predstavlja STEP ASCII fajl, izvezen iz modela dela, sa ekstenzijom .stp. Specijalan softver, trenutno još u fazi projektovanja, ima zadatak da u njemu pronade definicije svih geometrijskih i topoloških entiteta, prevedi ih u odgovarajuće entitete definisane AP224 i formira B-rep u vidu jedne relacione baze podataka. Način na koji su pojedini entiteti prikazani u .stp fajlu biće ilustrovan na primeru prednje strane kocke, odnosno strane A_F6 sa slike 2. Strana A_F6 predstavlja STEP entitet ADVANCED_FACE (strana), koji se prema ISO 10303-42 definiše kao: „dvodimenzionalni topološki entitet koji predstavlja orijentisan, povezan i konačan deo površi ograničen zatvorenim linijama”. ADVANCED_FACE mora imati bar jednu graničnu liniju i to spoljašnju, koja se definiše entitetom FACE_OUTER_BOUND, a može, ali ne mora, imati i konačan broj unutrašnjih graničnih linija, koje se definišu entitetima tipa FACE_BOUND. Granične linije se ne smatraju delom strane, ne smeju se međusobno presecati, niti unutrašnje granične linije smeju obuhvatati jedne druge. Strane su orijentisane na sledeći način: pridružuje im se topološka normala \hat{n} , takva da vektorski proizvod $\hat{n} \times \hat{t}$ bude usmeren ka domenu strane, gde je \hat{t} tangenta na graničnu liniju usmerena kao i sama granična linija. S jedne strane strane se nalazi materijal dela, a s druge prazan prostor; normala je usmerena ka praznom prostoru. STEP takođe daje i definiciju geometrijske površi kojoj strana pripada; ta površ takođe ima svoju normalu i u definiciji strane se dodaje atribut „T” (TRUE), ukoliko se te dve normale poklapaju, odnosno „F” (FALSE) ukoliko se ne poklapaju. Kao što se vidi iz tabele 1, strana A_F6 ima spoljašnju graničnu liniju F_O_B6, unutrašnju graničnu liniju F_2, pripada površi P6 i ima vektor normale suprotno usmeren od nje. Praktično, ukoliko posmatramo ADVANCED_FACE sa njene vidljive strane, moramo videti spoljašnju graničnu liniju usmerenu suprotno od kazaljke na satu, a unutrašnje granične linije usmerene u smeru kazaljke na satu. Granične linije se definišu preko petlje ivica (EDGE_LOOP), referenciranjem na odgovarajuću adresu u .stp fajlu i dodavanjem atributa T/F u zavisnosti od smera normale. Pettle ivica se sastoje od niza međusobno povezanih orijentisanih ivica (ORIENTED_EDGE), gde je kraj svake ivice istovremeno početak naredne i čine zatvorenu liniju. Svaka pojedinačna orijentisana ivica ima 2 topološke varijante, sa tzv. „T” i „F” smerom, u odnosu na geometrijski entitet EDGE_CURVE, koji služi za njeno definisanje. EDGE_CURVE se referencira na neki od geometrijskih entiteta CURVE (to može biti LINE, CIRCLE, ...), koji su opet definisani preko početnog i krajnjeg temena (VERTEX_POINT) i još jednog parametra koji zavisi od tipa krive koja povezuje temena. Ukoliko se npr. radi o liniji (LINE), ona se definiše preko koordinata početne tačke, smera jediničnog vektora (DIRECTION) i intenziteta tog vektora (VECTOR).

U tabeli 1 je prikazana specifikacija elemenata B-rep za stranu A_F6 sa njihovim adresama (#*nnn*) u .stp fajlu, prema redosledu kako su u njemu i definisani, dakle od temena ka sve složenijim elementima. Oznake pojedinih elemenata su ovde ručno unesene i u prikaz .stp fajla, na mestu predviđenom za komentar u okviru definicije svakog entiteta, radi pojašnjenja i ne predstavljaju deo originalnog fajla. Tabele B-rep sadrže još neke geometrijske i topološke informacije iz .stp fajla, potrebne za određivanje relacija susednosti između pojedinih entiteta u B-rep, a čiji će način dobijanja i uloga biti razjašnjeni u okviru sledeće tačke ovog rada.

2.3. Modul za formiranje vektora zbira stranâ

B-rep prezentacija dela predstavlja ulaz u sledeći modul, čiji je zadatak da tu B-rep prevede u prikaz pogodan za prepoznavanje tehnoloških obrazaca, odnosno identifikovanje pojedinačnih tehnoloških formi. Prepoznavanje tehnoloških obrazaca je zadatak četvrtog modula, koji u tu svrhu primenjuje veštačke neuronske mreže (VNM), čiji ulaz mora biti numeričkog vektorskog oblika, a to znači da takav mora biti i izlaz iz ovog modula.

Prikaz dela pomoću grafova je jako pogodan za formiranje ulaza za VNM, zato što se grafovi mogu prikazati u obliku dvodimenzionalnih vektora – matrica. Ova metoda zasnovana je na *atribuiranom grafu susednosti (AGS)* [1,2], kod koga čvorovi i grane reprezentuju topološku vezu ivica-strane ili temena-ivice u B-rep modelu. Uz topološku, čvorovi i grane AGS nose i deo geometrijske informacije o delu, jer su im pridružene numeričke karakteristike (atributi) koje daju jednoznačan opis karakteristike veza elemenata B-rep dela. Tehnološkim formama odgovaraju podgrafovi ukupnog AGS razmatranog dela. Osnovne mane primene grafova odnose se na veliko vreme potrebno za njihovo procesiranje i ograničene mogućnosti za tretiranje problema preklapajućih formi. Ovaj drugi problem se može ublažiti pedantnijim odabirom trening-skupa za VNM, dok se prvi problem može u potpunosti eliminisati dodatnim procesiranjem, zasnovanim na tzv. „kodiranju strana”.

Kodiranje strana predstavlja proces određivanja veličine koja se naziva *Vektor zbira bodova strana (Face Score Vector – FSV)*. FSV je promovisan u [5] i predstavlja jedan od najčešćih pristupa za formiranje ulaza za VNM u APTF. Svaka strana se boduje u zavisnosti od karakteristika njenih strana, ivica i temena i relacija susednosti između njih. Visok zbir poena ukazuje na to da je strana deo neke forme. Sve susedne strane koje imaju veliku razliku u zbiru bodova formiraju neki tip tehnološke forme.

Tabela 1: Specifikacija elemenata B-rep za stranu A_F6.

A_F6 VERTEX_POINTS

teme	geom. inform.	topol. inform.	orijent. ivica 1	orijent. ivica 2	orijent. ivica 3	strana 1	strana 2	strana 3
V_P5	#85	#87	O_E7	O_E8	O_E11	A_F2	A_F6	A_F3
V_P6	#86	#88	O_E8	O_E9	O_E14	A_F2	A_F5	A_F6
V_P7	#89	#90	O_E12	O_E13	O_E14	A_F5	A_F4	A_F6
V_P8	#91	#92	O_E10	O_E11	O_E13	A_F3	A_F6	A_F4
V_P11	#97	#99	O_E16	O_E15	O_E17	A_F6	A_F7	A_F8
V_P12	#98	#100	O_E15	O_E16	O_E18	A_F6	A_F7	A_F8

A_F6 ORIENTED_EDGES

teme	geom. inform.	top. inf. "T"	top. inf. "F"	početno teme	završno teme	strana 1	strana 2	konv.(+1) konk.(-1)
O_E8	#131	#132	#184	V_P5	V_P6	A_F2	A_F6	+1
O_E11	#46	#147	#185	V_P8	V_P5	A_F3	A_F6	+1
O_E13	#160	#161	#186	V_P7	V_P8	A_F4	A_F6	+1
O_E14	#173	#174	#187	V_P6	V_P7	A_F5	A_F6	+1
O_E15	#190	#205	#191	V_P11	V_P12	A_F7	A_F6	+1
O_E16	#192	#218	#193	V_P12	V_P11	A_F8	A_F6	+1

A_F6 EDGE_LOOPS

teme	topol. inform.	orijent. ivica 1	atr. T/F	orijent. ivica 2	atr. T/F	orijent. ivica 3	atr. T/F	orijent. ivica 4	atr. T/F	orijent. ivica ...
E_L7	#188	O_E8	F	O_E11	F	O_E13	F	O_E14	F	...
E_L8	#194	O_E15	F	O_E16	F					...

A_F6 FACE_BOUNDS

granica strane	topol. inform.	petlja ivica	atr. T/F	granica strane poz.(+1)/neg.(-1)
F_O_B6	#189	E_L7	F	+1
F_B2	#195	E_L8	F	+1

A_F6 SURFACES

površ	top. inf.	tip površi	tačka na površi	smer normale	smer nultog ugla
P6	#183	PLANE	#179	#180	#181

A_F6 ADVANCED_FACE

teme	topol. inform.	spoljaš. granica strane	unutraš. granica strane 1	unutraš. granica strane ...	površ koja je sadrži	atr. T/F	atribut tipa površi ravna(0)/krivolinij.(2)
A_F6	#196	F_O_B6	F_B2	...	P6	F	0

Pre nego što bude objašnjen princip formiranja FSV, potrebno je objasniti način prikazivanja cilindričnih površina u .stp fajlu. U ranijim pokušajima primene grafova za prikaz dela javljao se veliki problem sa površima tipa otvor ili rupa – činjenica da kružna ivica otvora ne sadrži nijedno teme, onemogućavala je topološku interpretaciju dela primenom grafa temena-ivice, a u slučaju primene grafa strane-ivice onemogućavala je jedinstvenost definicije ivica. Zato je u STEP interpretaciji cilindra uvedena konvencija da se postavljaju virtuelne ivice na mestu preseka ravni koja sadrži osu cilindra (z-osa koordinatnog sistema cilindra) i smer nultog ugla (x-osa koordinatnog sistema cilindra) sa omotačem cilindra (O_E17 i O_E18 u primeru na slici 2). Na taj način se dobijaju i četiri virtuelna temena (V_P9, V_P10, V_P11 i V_P12 u primeru na slici 2). Cilindrična površina (CYLINDRICAL_SURFACE) se prema ISO 10303-42 definiše preko pozicije centra jedne od osnova, radijusa cilindra i koordinatnog sistema, čiji je početak smešten u pomenutu tačku, z-osa u pravcu ose cilindra (usmerena ka njegovoj spoljašnjosti ukoliko se radi o konveksnoj, odnosno ka unutrašnjoj površi, ukoliko se radi o konkavnoj strani), dok je položaj x-ose arbitrararan u ravni koja sadrži osnovu cilindra (uz ograničenje da položaji x-osa na dvema osnovama cilindra moraju biti istog pravca i suprotnog smeru). Parovi virtuelnih temena koja pripadaju istoj osnovi su međusobno spojeni dvema ivicama oblika polukružnih lukova koje formiraju petlju. Te ivice su u geometrijskom smislu usmerene u pozitivnom matematičkom smeru. Na sličan način se definišu i prizme sa eliptičnom osnovom. Ukoliko se radi o površi koja je samo deo obvojnice cilindra, ne uvode se virtuelne ivice i temena. Kod drugih tipova prizmi sa krivolinijskom površi obvojnica virtuelne ivice se uvode na svakom mestu gde postoji prevojna tačka.

Primena ove metodologije za opisivanje cilindričnih površi u sistemu za APTF opisanom u ovom radu zahtevala je izvesne modifikacije procedure formiranja FSV u odnosu na ranije primere njegove primene, opisane npr. u [5], [6], [7], [8], [9] i drugim publikacijama.

Mašinski deo, kao i svaka tehnološka forma na njemu, u B-rep strukturi podataka predstavlja skup strana. Svaka strana ima n susednih strana. U cilju lakšeg utvrđivanja karakteristika susednosti moguće je konvertovati trodimenzionalni objekat (slika 5a) u dvodimenzionalni prikaz strana (slika 5b), što je na ovoj slici urađeno na jednostavnom primeru – otvoru. Definicija svake strane se zasniva na njoj geometriji i skupu temena i ivica koje je ograničavaju i za sve tri pomenute grupe entiteta moguće je definisati po jednu numeričku promenljivu čija bi vrednost zavisila od geometrijskih i topoloških karakteristika tih entiteta. Vrednosti tih promenljivih se zatim mogu konvertovati u tzv. *zbir bodova strane* (Face Score – F_s). U ovde opisanom sistemu za APTF korišćeni su sledeći obrasci za izračunavanje zbira bodova strane:

$$V = \sum_{i=1}^3 E_i \quad \text{ i } \quad F_s = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{n} + F + \sum_{k=1}^m L_k,$$

gde su E, V, n, F, L, j , redom: zbir bodova ivica, zbir bodova temena, broj temena na toj strani, broj bodova geometrije strane, broj bodova unutrašnjih graničnih linija i broj unutrašnjih graničnih linija.

U zavisnosti od njihovih geometrijskih i topoloških karakteristika elementima B-rep se dodeljuju sledeće vrednosti bodova (tabela 2):

Tabela 2: Bodovi koji se dodeljuju pojedinim elementima B-rep dela.

Bodovi za O_E (E)		Bodovi za F_B (L)		Bodovi za geometr. karakteristike A_F (F)	
„konveksna” ivica	+0.5	„pozitivna” F_B	+1.0	konveksna površ	+2.0
„konkavna” ivica	-0.5	„negativna” F_B	-1.0	konkavna površ	-2.0
„prevojna” ivica	0	„prevojna” F_B	0	ravna površ	0

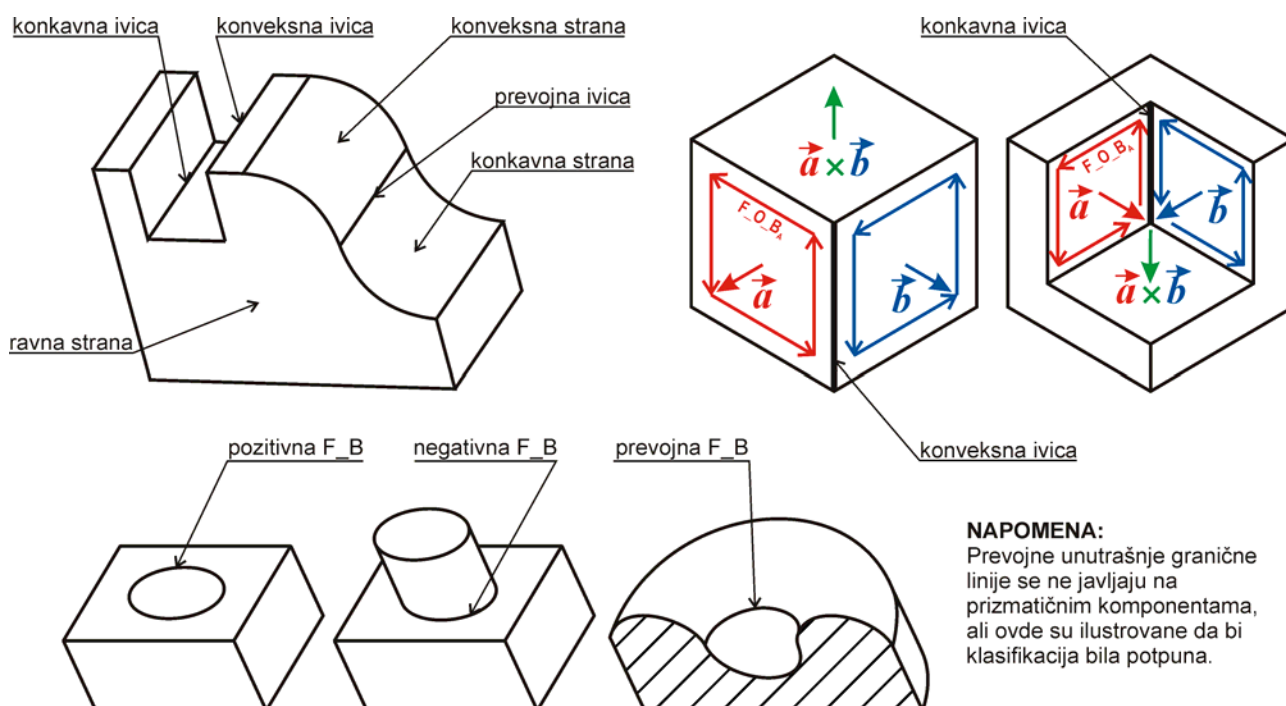
Slikom 4 je ilustrovano značenje pojedinih pojmova koji se javljaju u tabeli 2, ali je za potrebe projektovanja softvera koji bi automatski atribuirao elemente B-rep neophodno dati i preciznu matematičku definiciju ovih pojmova, koristeći entitete date .stp fajlom. Tip ivice E koju dele neke dve strane A i B je zavisi od rezultata sledećeg mešovitog proizvoda vektora:

$$\left(\begin{matrix} \vec{r} & \vec{r} \\ \vec{a} \times \vec{b} & \vec{r} \end{matrix} \right) \cdot \vec{e} = \begin{cases} +1, & \text{konveksna ivica} \\ 0, & \text{prevojna ivica} \\ -1, & \text{konkavna ivica} \end{cases}$$

gde su:

- \vec{a} – jedinični vektor normale strane A,
- \vec{b} – jedinični vektor normale strane B,
- \vec{e} – jedinični vektor orijentisane ivice E, usmeren kao i F_O_B strane A.

Unutrašnja granična linija je pozitivna ukoliko je formiraju samo konveksne, a negativna ukoliko je formiraju samo konkavne ivice. Strana je ravna ukoliko se referencira na površ tipa PLANE. Ukoliko se strana referencira na krivolinijsku površ, npr. tipa CYLINDRICAL_SURFACE i u definiciji sadrži atribut „T”, tada je ona konveksna; ukoliko sadrži atribut „F” radi se o konkavnoj površi.

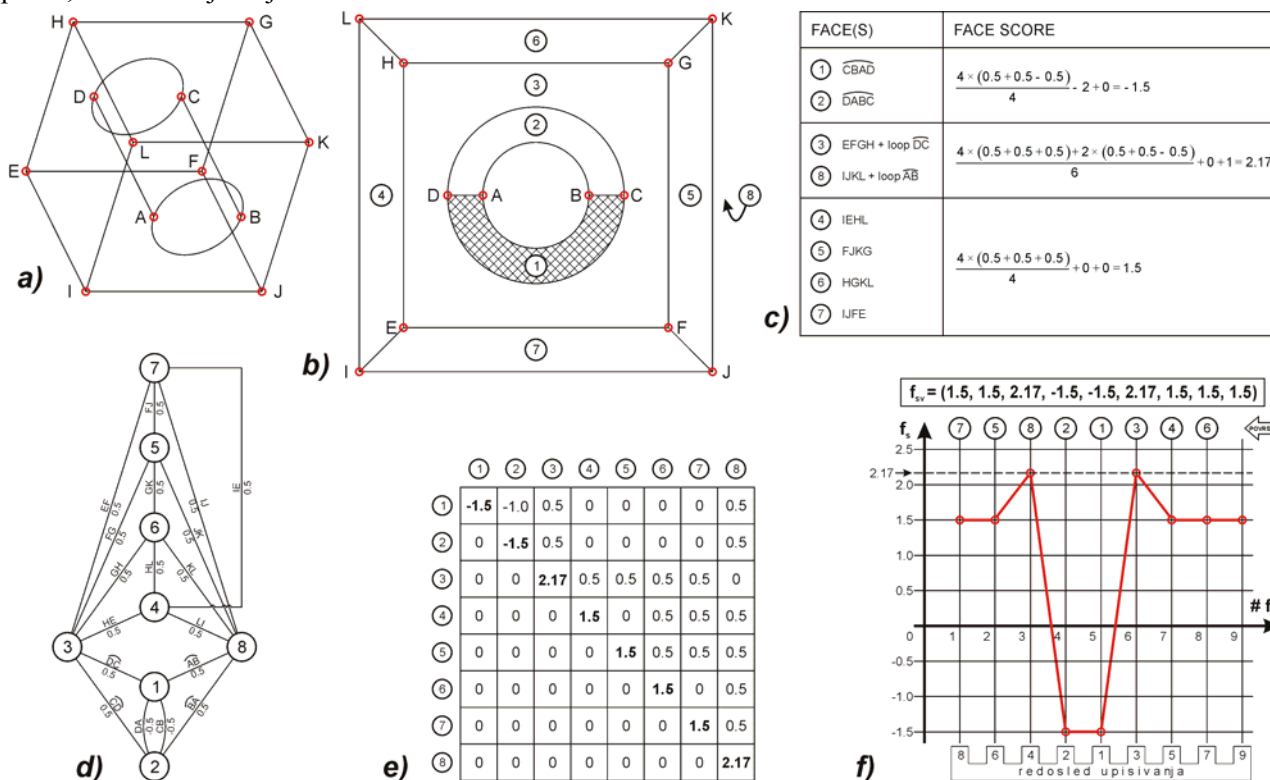


Slika 4: Klasifikacija elemenata B-rep.

Kao što se vidi iz prethodnog teksta, svi podaci potrebni za izračunavanje zbir bodova strane se lako mogu izvući iz .stp fajla. Na primeru otvora je prikazano izračunavanje zbir bodova svih strana te tehnološke forme, slika 5c. Sledeći korak u formiranju FSV jeste crtanje atribuiranog grafa susednosti za razmatranu stranu, u kome strane predstavljaju čvorove, a ivice postaju grane grafa, kojima se dodaju atributi (slika 5d). Razmatrana strana za otvor je strana broj 1 – tzv. *primarna strana* za ovu tehnološku formu (pojam primarne strane će biti objašnjen u daljem tekstu). Ovakav graf se lako može prevesti u matricni oblik, slika 5e, čime dobijamo tzv. *atribuiranu matricu susednosti* (AMS). AMS je trouglasta matrica u čijoj su dijagonali upisani zbrojevi bodova strana a u ostalim poljima zbrojevi bodova ivica koje dele pojedine strane. Sa slika 5b,d,e je veoma lako uočiti koje strane imaju međusobnu relaciju susednosti. AMS je oblik koji bi se mogao iskoristiti kao ulaz u VNN, ali zbog mana takvog pristupa, o kojima je ranije bilo reči, sprovodi se i poslednji korak u ovoj metodi, formiranje devetodimenzionog vektora zbir bodova strana $FSV = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9)$, prema sledećim pravilima:

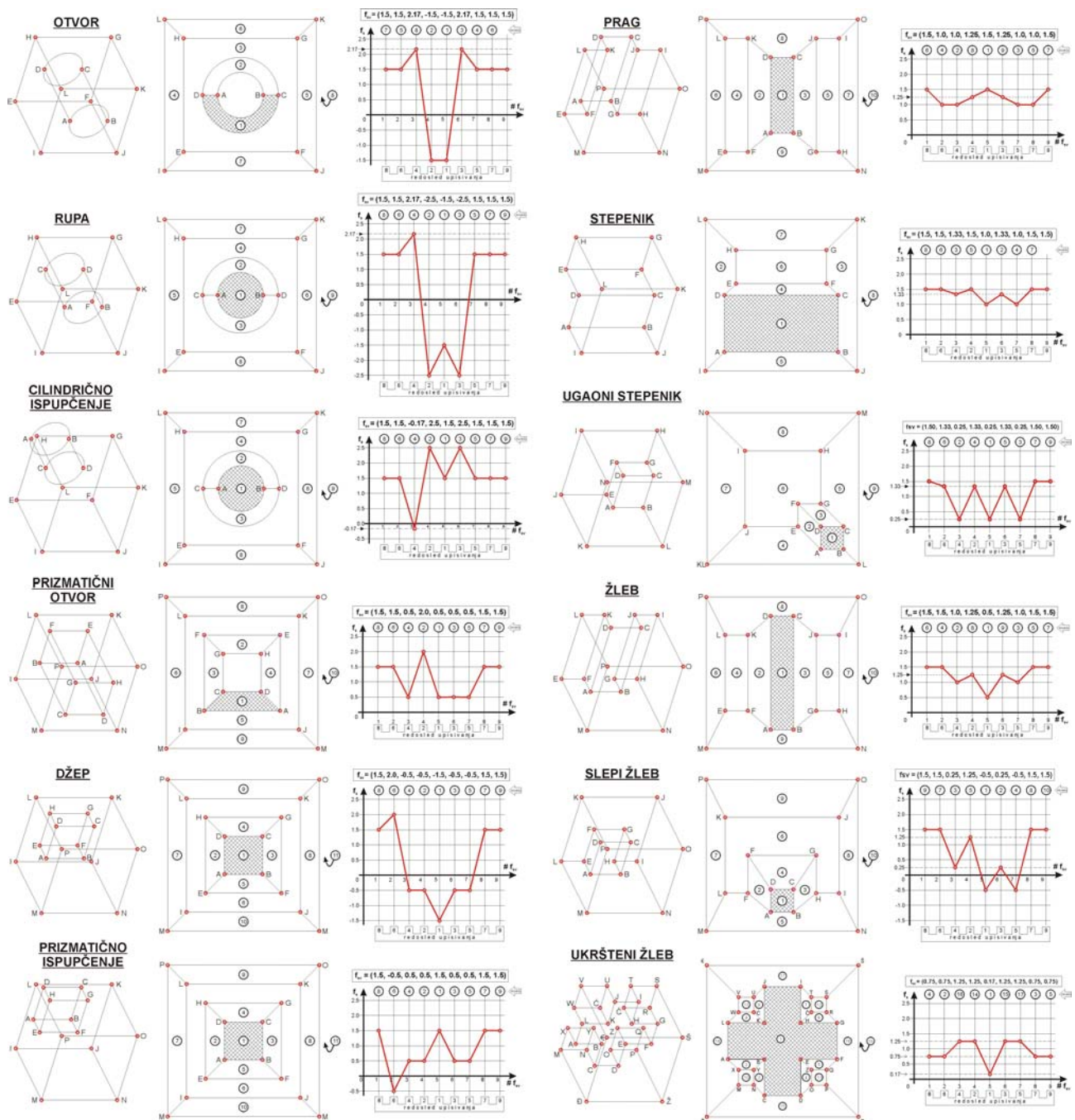
- peti element FSV (a_5) je zbir bodova strane koja se razmatra,
- zbrojevi bodova susednih strana formiraju $a_4, a_6, a_3, a_7, a_2, a_8, a_1, a_9$, u opadajućem nizu sve dok ima susednih strana,
- nepopunjena mesta se, prema istom pravilu $a_4, a_6, a_3, a_7, a_2, a_8, a_1, a_9$, popunjavaju zbrojevima bodova preostalih strana, takođe u opadajućem nizu sve dok ima preostalih strana,
- ukoliko telo ima manje od devet strana, preostala mesta se popunjavaju vrednošću 1.5.

Prateći ovu metodologiju, konačno je, za primarnu stranu otvora, formiran FSV (slika 5f). Pod primarnom stranom podrazumevamo onu stranu koja najbolje karakteriše neku tehnološku formu. Kod otvora, kružnih i prizmatičnih, to je neka od bočnih strana na koju se dodaju dodaci za obradu; kod protruzija to je vršna površ, kod intruzija to je dno.



Slika 5: Procedura formiranja FSV za primarnu stranu tehnološke forme otvor.

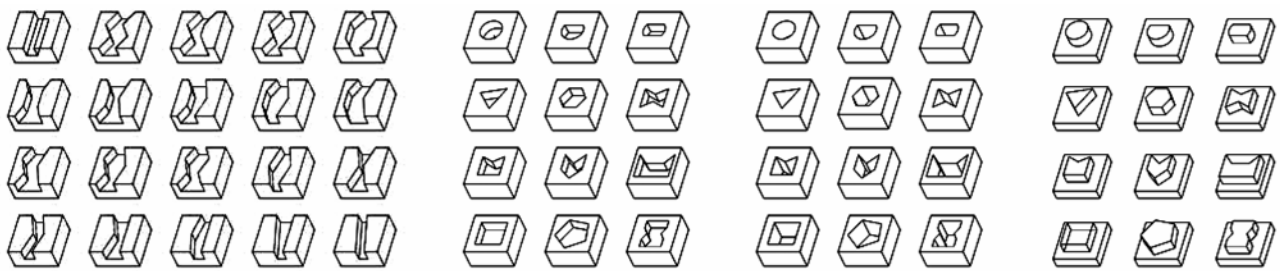
Slikom 6 prikazani su formirani FSV za još nekoliko osnovnih tehnoloških formi. U ovde predstavljenom modelu sistema za APTF, predviđeno je automatsko formiranje FSV za sve strane razmatrane komponente, pomoću programa čija projektovanje u toku. Među na taj način formiranim FSV, jasno će se izdvojiti FSV onih strana koje predstavljaju primarne strane pojedinih tehnoloških formi. Naime, zbir bodova strane je mera njene kompleksnosti na bazi konveksnosti i konkavnosti regiona koji je okružuje. Visoka mera kompleksnosti, ukazuje na moguće prisustvo neke tehnološke forme, zato što veliki broj konkavnih ivica, strana i F_B znači da je u tom regionu došlo do skidanja materijala, kao posledica mašinske obrade. Ukoliko se formira biblioteka FSV obrazaca karakterističnih tehnoloških formi, preostaje samo još da se projektuje sistem njihovog prepoznavanja među vektorima zbir bodova strana dobijenim iz modela neke komponente, što je zadatak četvrtog modula našeg sistema APTF.



Slika 6: FSV za primarne strane osnovnih tehnoloških formi.

2.4. Modul za prepoznavanje tehnoloških obrazaca

Prednosti primene veštačkih neuronskih mreža detaljno su obrazložene u [2]. Za potrebe ovog modula takođe nije predviđeno da se projektuje posebno softversko rešenje, već se koristi komercijalni softverski paket *MatLab*. Funkcionalnost sistema APTF zasnovanih na primeni VNM zavisi od: (i) karakteristika ulaza u VNM, (ii) primenjene arhitekture i tipa obučavanja VNM i (iii) karakteristika izlaza iz VNM. Ulaz u VNM u našem sistemu APTF predstavlja devetodimenzionalni vektor FSV, što podrazumeva devet neurona u ulaznom sloju. Najčešće primenjivani tip VNM u sistemima za APTF je perceptron, međutim *MatLab*, odnosno njegov *ANN Toolbox*, omogućava eksperimentisanje sa preko 15 različitih tipova VNM i 5 različitih algoritama za obučavanje, tako da je istraživanje optimalne konfiguracije VNM u našem sistemu APTF još uvek u toku. Broj izlaznih karakteristika odgovara broju predviđenih obrazaca tehnoloških formi i za sada on iznosi 12, mada se predviđa blago povećanje ovog broja u cilju obuhvatanja svih entiteta tehnoloških formi koji su specificirani standardom ISO 10303-324, a mogu se izraditi na dvoiploosnim obradnim centrima. Formiran je ogroman trening-skup koji sadrži veliki broj varijanti tehnoloških formi na prizmatičnim delovima, a jedan njegov deo je prikazan slikom 7. Nakon potpunog zaokruživanja softverske platforme za rad ovog sistema za APTF, predviđa se njegova verifikacija na test-primerima.



Slika 7: Deo trening skupa za obučavanje VNM za prepoznavanje tehnoloških obrazaca.

3. ZAKLJUČAK

Sistem za APTF, čiji je model predstavljen u ovom radu, pored toga što je predviđen samo za primenu na prizmatičnim delovima, ima još neka ograničenja. Naime, njime nije predviđeno prepoznavanje tehnoloških formi kao što su oborene ivice ili zaobljenja. Međutim, pošto se pomenute forme ionako u procesu projektovanja modeliraju na kraju, mogu se suspendovati u CAD modelu i eksportovati .stp fajl bez njih. Druga mana je što u njega nije ugrađena direktna mogućnost prepoznavanja preklapajućih tehnoloških formi, već se za njih mora koristiti dopunski algoritam, čije kreiranje predstavlja prvi pravac daljih istraživanja.

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 određivanja putanje alata i sl.) i njihovo projektovanje predstavlja drugi pravac naših daljih istraživanja u ovoj oblasti.

REFERENCE

- [1] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Pregled pristupa za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi sa prepoznavanjem obrazaca na bazi logičkih pravila*, Zbornik 31. JUPITER konferencije, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- [2] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Primena veštačkih neuronskih mreža u sistemima za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi*, Zbornik radova sa 30. Savetovanja proizvodnog mašinstva, str. 85-94, Vrnjačka Banja, 2005
- [3] Miao, H. K., Sridharan, N., Shah, J. J., *CAD-CAM Integration Using Machining Features*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, No. 4, pp. 296-318, Taylor & Francis, 2002.
- [4] ISO 10303, parts 1, 11, 21, 42, 224, 324, ISO, Geneva, 1994-2000.
- [5] Hwang, J.-L., Henderson, M.R., *Applying the perception to the three-dimensional feature recognition*, Journal of Design and Manufacture, Vol. 2, No. 4, pp. 187-198, 1992.
- [6] Chen, Y.H., Lee, H.M., *A neural network system for two-dimensional feature recognition*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 11, No. 2, pp. 111-117, Taylor&Francis, 1998.
- [7] Lankalapalli, K., Chatterjee, S., Chang, T.C., *Feature recognition using ART2 - a self-organizing neural network*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 8, pp. 203-214, Chapman&Hall, 1997.
- [8] Onwubolu, G.C., *Manufacturing features recognition using back propagation neural networks*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 10, pp. 289-299, Chapman&Hall, 1999.
- [9] Öztürk, N., Öztürk, F., *Neural network based non-standard feature recognition to integrate CAD and CAM*, Computers in Industry, No. 45, pp. 123-135, Elsevier, 2001.

Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z.

MODEL OF A SYSTEM FOR AUTOMATED FEATURE RECOGNITION ON PRISMATIC PARTS

Abstrakt: Model of a system for automated feature recognition on prismatic parts is presented in this paper. The input of the system is a STEP file, exported from CAD model of some component, which had been made in Pro/E WF2. A special software browses the obtained .stp file, creates B-rep of the component and afterwards converts it in a set of Face Score Vectors, which are to be the input of an artificial neural network. The ANN, designed and trained in MatLab ANN Toolbox-a environment, performs feature pattern recognition. The modules of the system that have already been developed are depicted in detail.

Keywords: CAPP, Automated Feature Recognition, B-rep, STEP, Artificial Neural Networks.

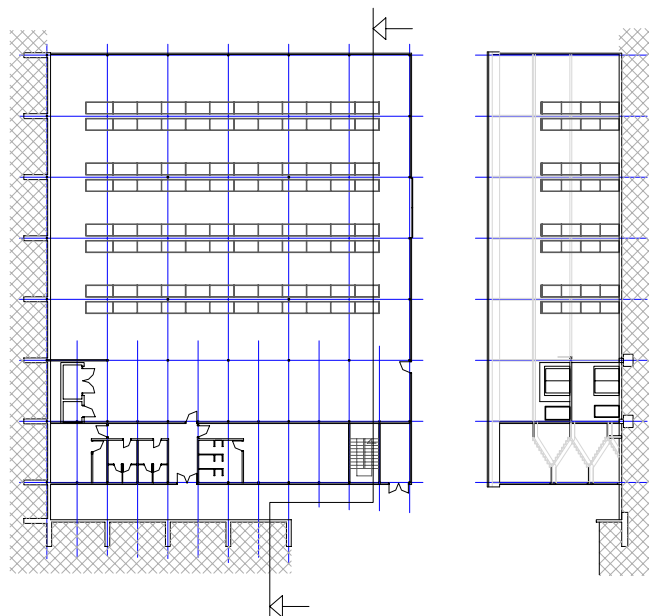
D.Petrović, U.Bugarić¹**SKLADIŠNI SISTEM FABRIKE BOJA****REZIME**

Rad obuhvata analizu skladišnog sistema fabrike boja koji se sastoji iz više manjih skladišta koja su dislocirana u krugu fabrike i nastala su razvojem proizvodnih kapaciteta fabrike. Racionalizacija skladišnog sistema i optimizacija postojećih skladišnih kapaciteta posle sprovedene analize rezultirala je centralizovanjem skladišta sa podizanjem tehnološkog nivoa i uvođenjem savremenih dostignuća iz ove oblasti. Ostvareno je veće površinsko i zapreminsko iskorišćenje. Obezbeđeni su potrebni preduslovi za uvođenje informacionog sistema za upravljanje radom skladišnog sistema. Omogućeno je optimalno iskorišćenje skladišnog prostora i skladišne mehanizacije, praćenje dinamike ulaza i izlaza iz sistema kao i praćenje vremenskog zadržavanja roba u sistemu, što predstavlja osnovu za službu nabavke i proizvodnju.

UVOD

Fabrika boja i lakova koja je u svom razvojnem konceptu uslovljenom stalnim uvođenjem novih proizvoda i tehnologija bila prinuđena da u postojećem fabričkom krugu postavlja nove objekte i rekonstruiše postojeće kako bi održala korak sa potrebama tržišta. Ovo je imalo za posledicu formiranje skladišnih kapaciteta za sirovine u okviru svake proizvodne tehnološke celine, što je u postojećem stanju rezultiralo postojanjem sistema malih skladišta sirovina koja su razučena po fabričkom krugu.

Od postojećih skladišta sirovina analizom se izdvaja jedno koje svojom lokacijom i veličinom omogućuje koncept centralizacije skladišta sirovina za potrebe cele fabrike. Sadašnji tehnološki nivo ne zadovoljava ovu koncepciju ali ima potrebni tehnološki potencijal (malo površinsko i zapreminsko iskorišćenje, ne adekvatna skladišna mehanizacija i oprema, nepostojanje informacionog i kontrolnog sistema itd.). (slika 1.)



Slika 1. Postojeće skladište sirovina

¹ dr Dušan Petrović, docent, dr Uglješa Bugarić, docent, tel. 011/3302-347

Katedra za Industrijsko Inženjerstvo, Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd

Ostala skladišta sirovina su formirana kao priručna ispred proizvodnih linija ili u prostorima koji su se nekad koristili kao proizvodni pa su napušteni usled promene proizvodne tehnologije. To su uglavnom ne adekvatni skladišni prostori ne adekvatne visine bez mogućnosti korišćenja skladišne mehanizacije (viljuškara) i u većini slučajeva spratne konfiguracije. Kao posledica svega navedenog javlja se otežan prijem i otprema robe sa izuzetno velikim udelom manuelnog rada sa velikim brojem angažovanih radnika.

Ovakva organizacija skladišta uslovlila je: dislociranje istih sirovina na više skladišnih lokacija (izrazito uvećanje zaliha sirovina), korišćenje većeg broja uređaja skladišne mehanizacije i otežano praćenje, kontrolu i nabavku sirovina.

PROJEKTNO REŠENJE

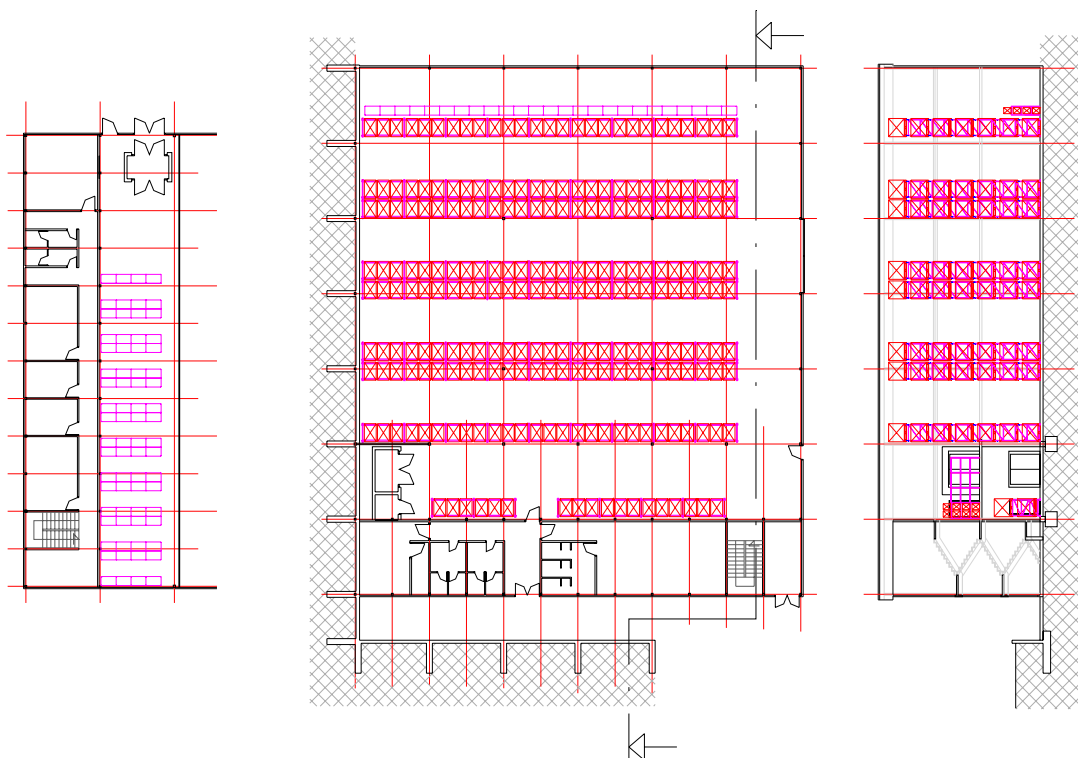
Analiza postojećeg stanja iskorišćena je za dobijanje osnovnih tokova materijala sa definisanjem lokacija postojećih skladišta. Sprovedena je analiza kapaciteta postojećih skladišta sa osvrtom na površinsko i zapreminsko iskorišćenje i logističku vezu sa ukupnim tokovima sirovina u proizvodnom sistemu fabrike. Posebno je razmatrana raspoloživa mehanizacija sa aspekta kapaciteta i upotrebljivosti u postojećim uslovima kao i broj zaposlenih.

Rezultati analize su iskorišćeni za projektovanje novog rešenja koje je bazirano na formiranju centralnog skladišta sirovina u objektu najvećeg postojećeg skladišta sirovina (slika 1.). Od postojećeg skladišta iskorišćen je samo građevinski objekat i njegove postojeće saobraćajne komunikacije sa ostalim delovima fabrike.

Urađena su dva varijantna rešenja sa novim layout-om skladišnih regala. Varijanta 1 podrazumeva korišćenje standardnih skladišnih viljuškara, dok varijanta 2 podrazumeva korišćenje specijalnih skladišnih viljuškara sa okretnom glavom.

Predlog rešenja skladišta sirovina (varijanta 1) – manji kapacitet

Predviđeno je formiranje regalnog skladišta za standardne euro palete dimenzija 1200x800 mm i maksimalne mase robe sa paletom 1000 kg. Kapacitet skladišta: 1296 paletnih mesta odnosno 1296 tona. Postavlja se 8 paletnih regala (u 4 hodnika) sa modulom 2880 mm po dužini za smeštaj tri palete i svaki regal ima 9 modula po dužini i šest paleta po visini. (slika 2.)



Slika 2. Skladište sirovina (varijanta 1) – manji kapacitet.

Ispod postojećeg podesta postavljaju se paletni regali za smeštaj sirovine koja je procesu prijema ili otpreme. Kapacitet ovih regala je 36 paletnih mesta, 6 modula po dužini i dva nivoa po visini. Pored regala ostaje prostor za smeštaj polica koje su predviđene za sirovinu manjih gabarita i mase u pakovanjima koji mogu da se ručno opslužuju. Predviđeno je postavljanje 30 dužnih metara polica sa po 4 nivoa po visini. Pored toga moguće je povećati kapacitet ovog dela skladišnog sistema postavljanjem podesta (jedan ili dva) sa odgovarajućom metalnom konstrukcijom.

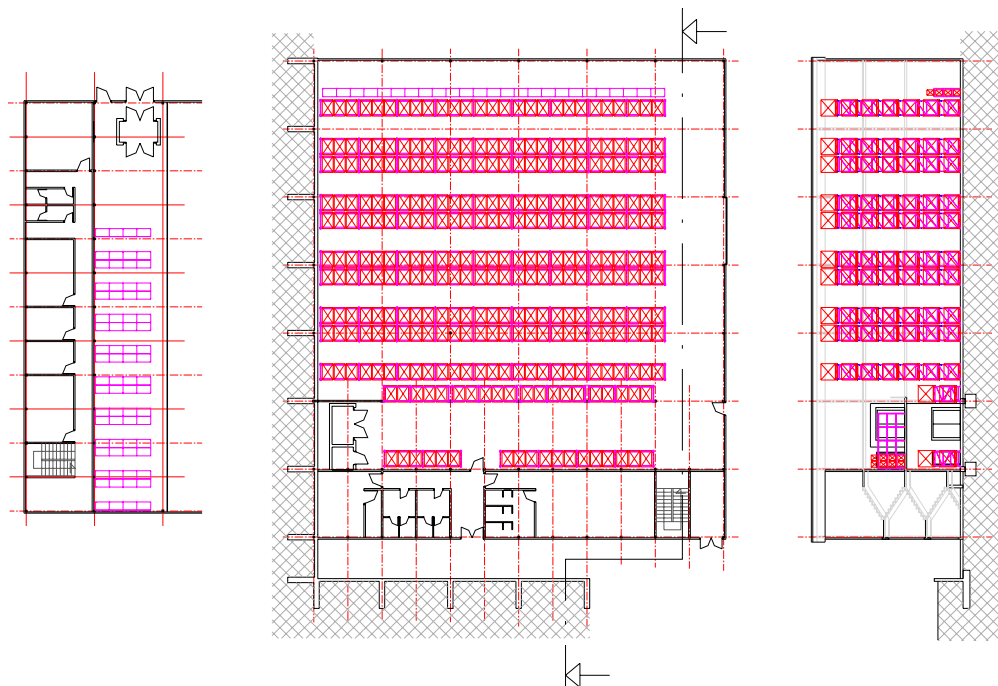
Na postojećem podestu predviđeno je postavljanje polica za sirovinu manjih gabarita i mase u pakovanjima koji mogu da se ručno opslužuju. Približno 72 dužna metra polica sa 4 nivoa po visini.

Predviđeno je korišćenje jednog bočnog elektro paletnog viljuškara nosivosti 1600 kg, sa visinom dizanja 8500 mm i potrebne širine prolaza 3000 mm. Za istovar i utovar kamiona koriste se postojeći čeonog viljuškari. Za pomoćni transport i transport pri procesu komisioniranja koriste se 4 ručna paletna kolica.

U skladištu radi jedan rukovaoc bočnog elektro paletnog viljuškara, čiji je posao transport – uskladištenje i iskladištenje paleta u/iz skladišta i jedan rukovaoc postojećeg čeonog viljuškara koji radi na poslovima istovara i utovara kamiona. Četiri radnika rade na poslovima transporta, komisioniranja i manipulacije unutar skladišta. Rukovodilac skladišta je zadužen za upravljanje radom i kontrolu izvršenog posla.

Predlog rešenja skladišta sirovina (varijanta 2) – veći kapacitet

Predviđeno je formiranje regalnog skladišta za standardne euro palete dimenzija 1200x800 mm i maksimalne mase robe sa paletom 1000 kg. Kapacitet skladišta: 1620 paletnih mesta odnosno 1620 tona. Predviđeno je postavljanje 10 paletnih regala (u 5 hodnika) sa modulom 2880 mm po dužini za smeštaj tri palete i svaki regal ima 9 modula po dužini i šest paleta po visini. (slika 3.)



Slika 3. Skladište sirovina (varijanta 2) – veći kapacitet.

Ispod postojećeg podesta postavljaju se paletni regali za smeštaj sirovine koja je procesu prijema ili otpreme. Kapacitet ovih regala je 76 paletnih mesta sa dva nivoa po visini.

Pored regala ostaje prostor za smeštaj polica koje su predviđene za sirovinu manjih gabarita i mase u pakovanjima koji mogu da se ručno opslužuju. Predviđeno je postavljanje 30 dužnih metara polica sa po 4 nivoa po visini. Pored toga moguće je povećati kapacitet ovog dela skladišnog sistema postavljanjem podesta (jedan ili dva) sa odgovarajućom metalnom konstrukcijom.

Na postojećem podestu predviđeno je postavljanje polica za sirovinu manjih gabarita i mase u pakovanjima koji mogu da se ručno opslužuju. Približno 72 dužna metra polica sa 4 nivoa po visini.

Predviđeno je korišćenje jednog elektro paletnog viljuškara sa okretnom glavom nosivosti 1000 kg, sa visinom dizanja 8500 mm i širinom prolaza 1500 mm. Za istovar i utovar kamiona koriste se postojeći

čeonu viljuškari. Za pomoćni transport i transport pri procesu komisioniranja koriste se 4 ručna paletna kolica.

U skladištu radi jedan rukovaoc elektro paletnog viljuškara, čiji je posao transport – uskladištenje i iskladištenje paleta u/iz skladišta i jedan rukovaoc postojećeg čeonog viljuškara koji radi na poslovima istovara i utovara kamiona. Četiri radnika rade na poslovima transporta, komisioniranja i manipulacije unutar skladišta. Rukovodilac skladišta je zadužen za upravljanje radom i kontrolu izvršenog posla.

ZAKLJUČAK

Novo projektovano rešenje formirano je na bazi centralnog skladišta sirovina koristeći postojeći građevinski objekat i njegove logističke veze sa ostalim delovima fabrike. Ponudjenja su dva projektna rešenja nove tehnologije sa različitim layout-ima i različitom skladišnom mehanizacijom. Prvo varijantno rešenje obezbeđuje kapacitet skladišta od 1296 paletnih mesta što uveliko premašuje postojeći kapacitet skladišta sirovina. Kod ovog rešenja koristi se standardni bočni paletni viljuškar koji za ovu vrstu posla ima zadovoljavajuće tehnološko tehničke karakteristike. Drugo varijantno rešenje obezbeđuje veći skladišni kapacitet od 1620 paletnih mesta, što predstavlja uvećanje kapaciteta od 25%. Ovo je posledica uvođenja viljuškara sa okretnom glavom koji može da opslužuje regale u hodniku od samo 1500 mm čime se postiže veće površinsko iskorišćenje skladišnog prostora.

Kod drugog varijantnog rešenja nivo celokupne investicije je veći zbog većeg broja paletnih mesta (većeg broja regala) i veće cene elektro paletnog viljuškara sa okretnom glavom.

Oba varijantna rešenja zadovoljavaju postavljene uslove projektnog zadatka, a konačnu odluku o usvajanju jedne od varijanti treba da donese investitor na osnovu dugogodišnje razvojne politike u smislu potrebne količine sirovina koje će se nalaziti u okviru sistema fabrike. Drugi kritejijum za odlučivanje biće željeni nivo investicije u ovaj segment fabrike.

LITERATURA

1. Petrović, D., Bugarić., U.: Projekat rekonstrukcije skladišnog sistema fabrike boja i lakova "DUGA" a.d. Beograd, rađeno za "DUGA" a.d. Beograd, Beograd 2004/2005.
2. Katalozi proizvođača skladišne i transportne opreme: Linde, Jungheinrich, Yale, Schafer, Bito Lager Technick.

WAREHOUSE SYSTEM OF THE PAINT FACTORY

SUMMARY

This paper presents the analysis of the warehouse system of paint factory, which consists of several dislocated smaller warehouses within the factory. Rationalization of warehouse system and optimization of the existing warehouse facilities according to the presented analysis resulted in a new warehouse system. The new system is on the higher technical and technological level. Bigger surface and volume utilization is obtained. All needed performances for introducing the information and control system were obtained. Optimal utilization of the warehouse system is provided by the new warehouse design, together with using and controlling of warehouse mechanization, regarding to the material flow of the whole system.



FOUR KNOWLEDGE-BASED CONCEPTS FOR VIRTUAL NC MANUFACTURING

Sidorenko Sofija¹, Dukovski Vladimir², Vuchkov Ilija³

Abstract: *In this paper is presented a complex system of CAD/CAM intelligent modules, created as an upgrade of a commercial graphical package. The system is based on four virtual concepts: virtual NC machine with integrated knowledge data, geometric product modeling with integrated knowledge data, virtual NC machining and virtual product evaluation. The intelligent module that enables virtual NC machining involves the implication of all the participants' features in the virtual NC machining process: virtual NC machine, virtual tools, initial part and NC program. The result is virtual product that could be compared with appropriate designed product in order to perform NC program correctness evaluation, without real experiments.*

Key words: CAD, CAM, virtual NC machining, virtual product.

1- INTRODUCTION

Several simulation systems for milling operation have been developed for the last years. Takata [4] has integrated the geometric simulation and physical simulation to evaluate the cutting process. In this system the cutting force and machining error can be predicted in various cutting conditions. Using the simulator, a machining scenario can be generated automatically. Leu [2] introduced the Sweep Differential Equation (SDE) approach in NC machining simulation and verification. This approach constitutes an effective NC simulation technique with capabilities for geometric verification and tolerance checking. Hirohisa [2] has developed PC-based virtual machining simulator (VMSim) in order to evaluate and modify the NC program before the real NC machining operation.

The main objective of our research is to enable computer visualization of part machining, according to a given NC program, using selected NC machine and set of tools, until the final virtual product production, that afterwards could be compared to the appropriate designed product. Using the principles of the object-oriented programming, knowledge-based programming and feature-based product modeling, four concepts were established: geometric product modeling with integrated knowledge data, virtual NC machine with integrated knowledge data, virtual NC machining and virtual product evaluation [3].

2- CONCEPT OF GEOMETRIC PRODUCT MODELLING

In order to obtain automation of the NC program generating process an easy access to the designed product's geometric information is necessary. Our concept for solution of this problem is the object-oriented product model with integrated knowledge data. The idea is to enable feature-based product modeling, thus all data obtained during the designing phase could be saved into a precisely defined knowledge data file.

The product modeling is elaborated analogously to the real machining by milling. From the initial part with simple geometric shape (box or cylinder) are removed features with precisely defined geometric attributes. The concept of geometric product modeling and NC program generation is defined in few subsequent steps. The first step is conceptual product modeling by selection of the basic shape and the features (Fig.1). It is carried out via automatic saving of the designed product geometric attributes in so-

¹ Sidorenko Sofija, Ph-D, Assistant professor, Faculty of Mechanical Engineering, Sts Kiril & Metodij University, Karpos II - bb, 1000 Skopje, Republic of Macedonia; mail: sofisido@mf.edu.mk, Phone: +389 2 3099 270

² Dukovski Vladimir, Ph-D, Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Sts Kiril & Metodij University, Karpos II - bb, 1000 Skopje, Republic of Macedonia; mail: dukovski@mf.edu.mk, Phone: +389 2 3099 255

³ Vuchkov Ilija, Student, Faculty of Mechanical Engineering, Sts Kiril & Metodij University, Karpos II - bb, 1000 Skopje, Republic of Macedonia; mail: ilijavuckov@yahoo.com, Phone: +389 70 749 749

called knowledge data file. The second step is definition of the product's solid model according to the created knowledge data (Fig.2). The product's solid model is afterwards applied in the phase of virtual product evaluation. The third step is tool path generation according to the product's knowledge data (Fig.3).

The method for product's conceptual designing performs selection of the initial part and automatic creation of appropriate knowledge data file. The other method creates the final product's solid model applying Boolean operations between solid model of the initial part and solid models of the features. The rough machining method creates tool's path until the rough shape of the feature is formed, while the fine machining method creates tool's path enabling final machining of the walls and the bottom part.

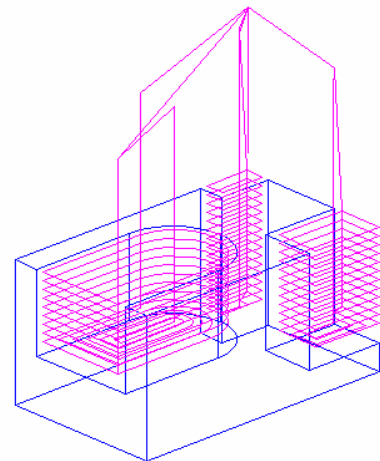
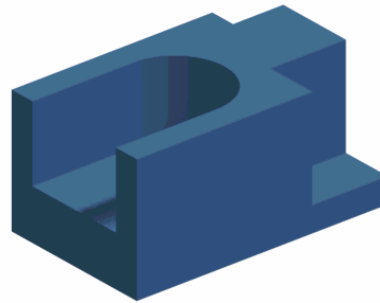
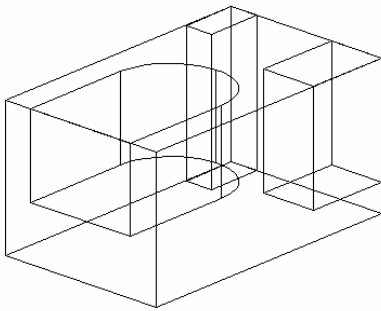


Fig.1 : Conceptual product designing

Fig.2 : Product's solid model

Fig.3 : Automatic tool path generation

3- VIRTUAL NC MACHINE CONCEPT

The necessity for easy accessible data for the virtual NC machine, as well as the methods to perform simulation of its working motions was a reason to develop virtual NC machine concept with integrated knowledge data. This concept applies the approach of modular composition of standard parts, allowing creation of many variations of solutions using different number of standard parts, different levels and ways of motions, in any position of the coordinate system. Procedure of composing is carried out via automatic saving of the virtual NC machine features in so-called knowledge data files, afterward being used for real time simulation for its presentation, and also when it is applied in virtual NC machining. The attributes and the motion limitations of the applied virtual NC machine parts have direct impact upon the virtual product in the virtual NC machining process.

According to the presented concept and previously obtained knowledge concerning the construction of the NC machines, an idea appeared to define object-oriented model for universal presentation of this kind of machines. Several methods for simulating NC machine's working motions are implemented (Fig. 4).

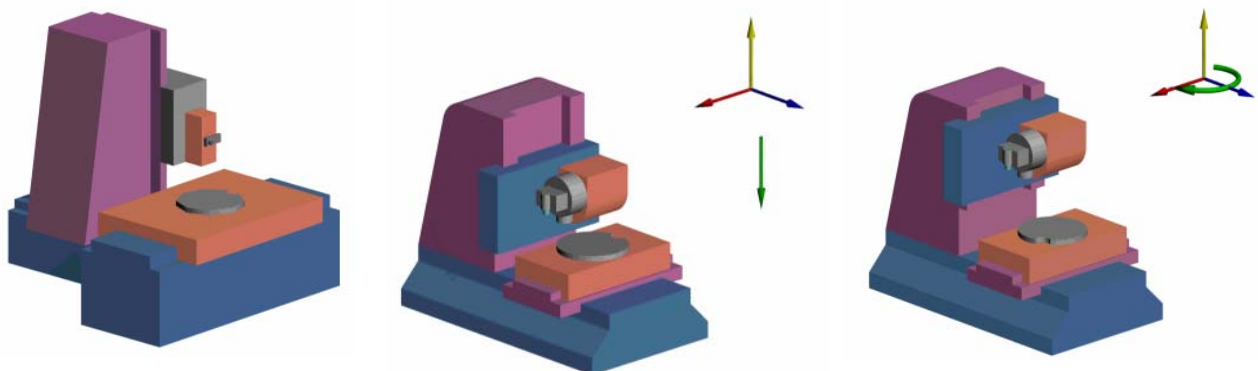


Fig. 4 Scenes of realized simulations of NC machine assembling and working motions

4- VIRTUAL NC MACHINING CONCEPT

NC machining is performed applying NC machine, a set of machining tools, machining part and NC program. Each NC machine has its own attributes and possibilities referring to the degree of complexity of the product geometry that can be realized. Thus, not every machine is appropriate to perform the production of a certain product.

Machining tools with its geometric attributes directly influence the final shape of the product. By selection of different tools a various effects on the product's geometry are achieved. On the other hand, material firmness of the tools is an additional important characteristic to its endurance, during all foreseen procedures by the NC program.

The main objective of the virtual NC machining concept is introduction of the implication of all participants in the NC machining process: NC machine and tools with their attributes, as well as the position and attributes of the machining part upon the final virtual product (Fig. 5). NC program contains commands to perform the machining of the part. Those commands are describing tools path, more precisely the movement of the machining part, together with the tools, to perform the machining by material removing. NC path is obtained using the previously described product model with integrated knowledge data.

The result of the virtual NC machining is a virtual product presented as a three-dimensional solid model (Fig. 6). The degree of similarity between the virtual product and the real product depends of the number of features of the involved machining elements in the virtual NC machining model and their correctness of implementation.

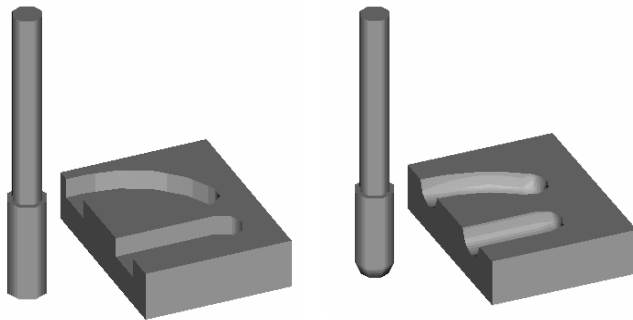


Fig. 5 Virtual tools with approximated geometry

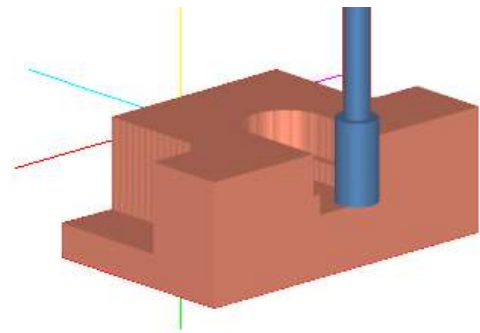


Fig. 6 Virtual NC machining simulation

The basic purpose of the presented virtual NC machining model is to provide a virtual product, as similar as possible to the real product. The second purpose is evaluation of the selected NC machine capability to perform the NC path instructions completely. In the case of instruction that is out of the NC machine's capability to perform it, the virtual NC machining is stopped sending a message for the reason. Another result of the virtual NC machining process is the calculation of the machining time.

On the other hand, this model enables NC path correction according to geometric inaccuracy of the applied NC machine. That means that NC machine, worn out due to a long-time utilization, without perfect geometric inaccuracy, can be used for creating correct products.

5- CONCEPT OF VIRTUAL PRODUCT EVALUATION

The main objective of this research is the verification of the virtual product correctness, which enables evaluation of the NC program accuracy. Correctness of the virtual product shall be a sufficient proof of correctness of the NC program, and accordingly, a sufficient precondition to start the real NC machining.

The product design phase results with a solid model of the designed product. The virtual NC machining phase as a result gives a virtual product solid model. Those solid models should be compared in order to check the degree of their similarity, so that a conclusion could be considered whether the generated tool path gives the desired results. The comparison is performed applying different operations upon the three-dimensional solid models. To simplify the analyses of both products as solid models, as well as their simultaneous performance, an object-oriented model of virtual evaluation was created.

There are several comparison methods implemented. The first of them performs sections upon both solid class objects, using selected plane, through selected point (Fig. 7). The obtained sections move to overlap to enable visual comparison (Fig. 8). They are also calculated and saved for final comparison.

One of the most important methods performs subtraction of the virtual product's solid model from the designed product's solid model (or vice versa). The result of this analysis is a solid model of the difference between the two volumes (Fig. 9). The color of the difference determines whether the product is over machined (red), or under machined (blue).

The other method performs physical analyses (volumes and areas) of the solid models of the objects and stores the data until the final results presentation. The volume of the difference is calculated and saved for the final result of evaluation. The final results of the evaluation methods implementation calculate the degree of similarity between the designed and virtual product.

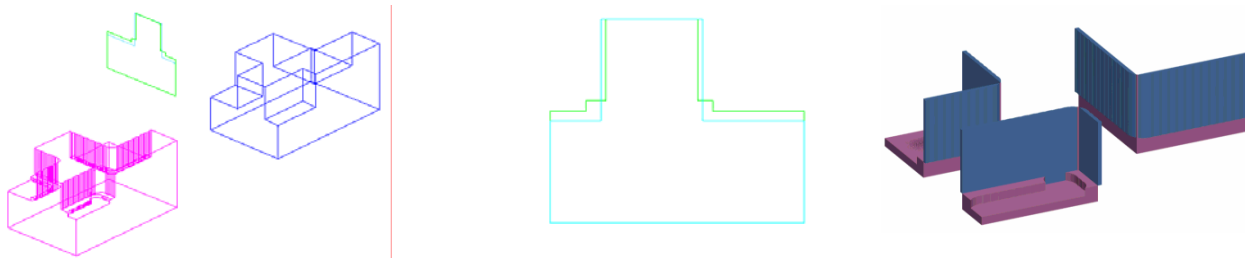


Fig. 7 Simultaneous sections of both products Fig. 8 Sections comparison Fig. 9 Difference between two volumes

6- CONCLUSIONS

The presented concepts are applied into a complex system of CAD/CAM intelligent software modules, created as an upgrade of a commercial basic graphical package.

The main advantage of the created models is the possibility to avoid costly experiments that most often mean significant time and material consumption, affecting the end product cost.

The presented concepts could be improved by introduction of parametric programming, which can affect the enhancement of their variation abilities and manipulation of numerous attributes.

The system as a whole can be extended with new software modules in order to develop the machining chain further, until total and complete automation and control of production is reached. System extensibility and flexibility allows easy connection of complete special purpose software modules: cinematic and dynamic errors of the machine, checking standard machine parts, designed product cinematic analyses module, tool error working examination module etc.

Bibliography

- [1]. Hirohisa N., Keiichi S., Hidefumi W. & Eiji A. (2000). Pre-Process Evaluation and Modification of NC Program Using Virtual Machining Simulator, Proceedings of 2000 JUSFA Conference, ASME, Technical Publishing Department, New York, ISBN 0-7918-1998-1
- [2]. Leu M. C.; Lu F. & Blackmore D. Simulation of NC Machining with Cutter Deflection by Modeling Deformed swept Volumes, Ann. of the CIRP, Vol.47/1, (1998) p.441-446.
- [3]. Sidorenko S., Object-oriented model of virtual NC machining, Doctor theses, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje, Macedonia, 2002.
- [4]. Takata S., Generation of a Machining Scenario and Its Applications to Intelligent Machining Operations, Ann. of the CIRP, Vol. 42/1, (1993) p.531-534.

Rezime: U ovom radu je pretstavljen kompleksni CAD/CAM sistem, izgradjen na osnovu komercijalnog grafičnog paketa. Sistem je baziran na osnovu četiri virtuelnih koncepta: geometrijski model proizvoda sa integrisanom bazom znanja, virtuelna NC mašina sa integrisanom bazom znanja, virtuelna NC obrada i evaluacija virtuelnog proizvoda. Softverski modul za virtuelnu NC obradu uključuje implikaciju svih učesnika u procesu virtuelne NC obrade: virtuelna NC mašina, virtuelni alati, obradljivi deo i NC program. Resultat je virtuelni proizvod koji može da se upoređuje sa konstruiranom proizvodu u nameri da se izvrši evaluacija ispravnosti NC trajektorije, bez realnih eksperimenata.

Cljučne reči: CAD, CAM, virtuelna NC obrada, virtuelni proizvod.



SENSITIVITY ANALYSIS IN STRUCTURAL DYNAMIC

Nataša Trišović¹

Several methods for a calculation of derivatives of eigenvectors with respect to design parameters are described here. These are the finite-difference method, the modal method, a modified modal method, Nelson's method, an improved first-order approximation of eigenvalues and eigenvectors and an iterative method. By combining the other structural reanalysis techniques and one of these sensitivity methods, it is possible to enhance the efficiency and the accuracy of structural optimization techniques for determining the optimum condition of mechanical structure specified by an analyst.

INTRODUCTION

A number of techniques exist that can be applied to the dynamic reanalysis of mechanical structures. One of the most popular of these is sensitivity analysis which has been developed and applied by several workers to the general eigenvalue problem [1] and, more specifically, to applications of structural dynamic modification analysis in references [2-3]. Some of the areas where sensitivity analysis has been applied include (i) system identification, (ii) development of insensitive control systems, (iii) use in gradient-based mathematical programming methods, (iv) approximation of system response to a change in a system parameter, and (v) assessment of design changes on system performance [4]. In this area, both first- and higher-order eigenvalue and eigenvector sensitivities have been investigated with a view to predicting the response of a modified structure from knowledge of its spatial and modal properties in the original, or unmodified, state. The sensitivity analysis of a mechanical structure is based on a Taylor expansion of eigenvalues and eigenvectors of the unmodified structure. Traditionally, a truncated Taylor or matrix power series evaluated at a nominal design point is used to approximate the eigen parameters of modified structures [5,6].

MODAL SENSITIVITY ANALYSIS

Modal design sensitivities are the derivatives of the eigensystem of a dynamic system with respect to those variables which are available for modification by the designer. A typical modification would be the change in diameter of a circular section. This would affect both the mass of the section, proportional to the square of the diameter, and its stiffness, which depends on the second moment of area of the section. A change in length would have a mass effect directly proportional to length, but a stiffness change depending on the cube of length. Changing material would similarly affect mass, stiffness and damping. The design variables depend on the type of optimization problem. In the design of structural components, such as stiffened panels and cylinders, the design parameters represent the spacing of the stiffeners, the size and shape of the stiffeners, and the thickness of the skin. If the skin and/or stiffeners are made of layered composites, the orientation of the fibers and their proportion can become additional variables. The sizes of the elements are design variables of a structural system of fixed configuration (frames, trusses, wings, fuselages, etc). The thickness of plates, cross-sectional areas of bars, areas, moments of inertia, and tensional constants of beams represent sizes of the elements. The parameters may be spatial if the optimization

¹ Nataša Trišović, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, SERBIA AND MONTENEGRO, tel: 011-3302-338, E-mail: nrt283507@EUnet.yu, ntrisovic@mas.bg.ac.yu,

includes configuration. Shape sensitivity analysis of physical systems under dynamic loads may be important from different points of view (i) to understand and model the system's behavior better with respect to shape, (ii) to optimize the physical shapes of the desired systems responses in a prescribed time interval, or (iii) to identify shapes by utilizing the system's measured response in time.

PROBLEM STATEMENT. DERIVATION

The matrix form of the equation of undamped motion of an FE model is:

$$[M] \cdot \{\ddot{x}(t)\} + [K] \cdot \{x(t)\} = \{0\} \quad (1)$$

The free-vibration natural frequencies and mode shapes of a linear structural system can be computed by solving the above eigenvalue problem

$$[K] \{Q_i\} = \lambda_i [M] \{Q_i\} \quad (2)$$

where $[K]$, $[M]$ are the structural stiffness and mass matrix, respectively. The system matrices are considered to be a general function of the design variables denoted by $\{V\} = \{v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_p\}$, and λ_i and $\{Q_i\}$ are the eigenvalue and the eigenvector of mode i , respectively. The eigenvalue and eigenvector derivatives can be calculated by performing partial differentiation of the equation (2) to an updating structural parameter v_j :

$$([K] - \lambda_i [M]) \frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} = \left(\lambda_i \frac{\partial [M]}{\partial v_j} + \frac{\partial \lambda_i}{\partial v_j} [M] - \frac{\partial [K]}{\partial v_j} \right) \{Q_i\}. \quad (3)$$

This is an equation for the eigenvector sensitivity and

$$\frac{\partial \lambda_i}{\partial v_j} = \{Q_i\}^T \left(\frac{\partial [K]}{\partial v_j} - \lambda_i \frac{\partial [M]}{\partial v_j} \right) \{Q_i\} \quad (4)$$

the formula for the eigenvalue sensitivity of the i^{th} mode to the j^{th} design parameter.

Equations (3-4) have been derived under the assumption that the baseline eigenvectors have been mass normalized: $\{Q_i\}^T \cdot [M] \cdot \{Q_i\} = 1$.

From this formula, it can be seen that the sensitivity of an eigenvalue to an design parameter can be calculated from the eigenvalue, the corresponding eigenvector, and the sensitivities of the stiffness and mass matrices to the design parameter (variable).

DESCRIPTION OF THE SENSITIVITY METHODS

There mainly exist three categories in the literature: the modal method, the direct method, and the iterative method. Several methods for calculating eigenvector derivatives, $\partial \{Q_i\} / \partial v_j$, are described. Every method, except the finite-difference method, requires the mass matrix and stiffness matrix derivatives, $\partial [M] / \partial v_j$ and $\partial [K] / \partial v_j$, respectively.

Finite-Difference Method

The most straightforward approach for calculating the derivatives is the finite-difference method. In the finite-difference method, Eq. (2) is solved for $\{Q_i\} = \{Q_i\}_{old}$, the j^{th} design variable is perturbed by Δv_j , and a new eigenvector $\{Q_i\} = \{Q_i\}_{new}$ is obtained by solving Eq. (2) again, where $v_{j,new} = v_{j,old} + \Delta v_j$. The derivative is approximated by the expression

$$\frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} = \frac{\{Q_i\}_{new} - \{Q_i\}_{old}}{\Delta v_j} \quad (5)$$

To reduce numerical errors associated with Eq. (5), attention should be paid to the step size Δv_j . An algorithm for determining the optimum step size has been developed to further reduce numerical errors and is described in Ref. [8].

Modal Method

The modal method expresses the derivative of an eigenvector as a series expansion of the system eigenvectors. Because this method is based on the series expansion of the eigenvalues and eigenvectors of the modified (perturbed) system, the efficiency of this method is limited. The approximate derivative is expressed as [11]:

$$\frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} = \sum_{k=1}^N A_{ijk} \{Q_k\}, \quad (6)$$

where the coefficients A_{ijk} are calculated using

$$A_{ijk} = \frac{\{Q_k\}^T \left(\frac{\partial [K]}{\partial v_j} - \lambda_i \frac{\partial [M]}{\partial v_j} \right) \{Q_i\}}{\lambda_i - \lambda_k}, \quad k \neq i. \quad (7)$$

Considering the orthogonality property of the eigenvector, $\{Q_i\}^T [M] \{Q_i\} = 1$, and partial-differentiating this equation with respect to the updating parameter, v_j , for $k \neq i$, it can be obtained that:

$$2\{Q_i\}^T [M] \frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} + \{Q_i\}^T \frac{\partial [M]}{\partial v_j} \{Q_i\} = 0. \quad (8)$$

The expression for $\partial \{Q_i\} / \partial v_j$ from Eq. (6) is substituted into Eq. (8), and using the orthogonality condition $\{Q_i\}^T [M] \{Q_i\} = 1$, the coefficients A_{ijk} are obtained:

$$A_{ijk} = -\frac{1}{2} \{Q_i\}^T \frac{\partial [M]}{\partial v_j} \{Q_i\}, \quad k = i. \quad (9)$$

Modified Modal Method

The modified modal method uses a pseudostatic solution of Eq (3) as an initial approximation to the mode shape derivative. This is similar in principle to the mode-acceleration method used in transient structural analysis [9]. Equation (3) is solved by neglecting the quantity $\lambda_i [M] (\partial \{Q_i\} / \partial v_j)$ and obtaining the pseudostatic solution for $(\partial \{Q_i\} / \partial v_j)_s$, which is

$$\left(\frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} \right)_s = [K]^{-1} \cdot \left(\lambda_i \frac{\partial [M]}{\partial v_j} + \frac{\partial \lambda_i}{\partial v_j} [M] - \frac{\partial [K]}{\partial v_j} \right) \cdot \{Q_i\}. \quad (10)$$

This pseudostatic solution is added to Eq. (6) to obtain

$$\frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} = \left(\frac{\partial \{Q_i\}}{\partial v_j} \right)_s + \sum_{k=1}^N \bar{A}_{ijk} \{Q_k\}, \quad (11)$$

where \bar{A}_{ijk} are coefficients for the modified modal method. To obtain the coefficients \bar{A}_{ijk} , Eq. (11) is substituted into Eq. (3), and the result is premultiplied by $\{Q_k\}^T$. When simplified, this result becomes

$$\bar{A}_{ijk} = \frac{\lambda_i \{Q_k\}^T \left(\frac{\partial [K]}{\partial v_j} - \lambda_i \frac{\partial [M]}{\partial v_j} \right) \{Q_i\}}{\lambda_k \cdot (\lambda_i - \lambda_k)}, \quad k \neq i, \quad (12)$$

$$\bar{A}_{ijk} = -\frac{1}{2} \{Q_i\}^T \frac{\partial[M]}{\partial v_j} \{Q_i\}, \quad k = i. \quad (13)$$

The relative convergence of the modified modal method vs the modal method for a given number of eigenvectors can be anticipated by dividing Eq. (12) by Eq. (7):

$$\frac{\bar{A}_{ijk}}{A_{ijk}} = \frac{\lambda_i}{\lambda_k} \quad (14)$$

Assuming that to calculate $\partial\{Q_i\}/\partial v_j$ accurately i modes or more are needed; then for $k > i$, \bar{A}_{ijk} is smaller than A_{ijk} , and Eq. (11) will converge faster than Eq. (6).

Nelson's Method

Nelson's method (the direct method) obtains an exact solution to Eq. (3). This method expresses the eigenvector derivative in terms of a particular solution $\{\xi_{ij}\}$ and a complementary solution $\{Q_i\} \cdot c_{ij}$ where c_{ij} is an undetermined coefficient. In this case, any solution for equation (3) can be written in the form of [7]:

$$\frac{\partial\{Q_i\}}{\partial v_j} = \{\xi_{ij}\} + \{Q_i\} \cdot c_{ij}, \quad (15)$$

The particular solution is found by identifying the component of the eigenvector $\{Q_i\}$ with the largest absolute value and constraining the derivative of that component to zero. Combining equations (15) and (8), it is shown that

$$2\{Q_i\}^T [M] \left(\{\xi_{ij}\} + \{Q_i\} \cdot c_{ij} \right) + \{Q_i\}^T \frac{\partial[M]}{\partial v_j} \{Q_i\} = 0. \quad (16)$$

The coefficient c_{ij} can be obtained by the following formula:

$$c_{ij} = - \left(\{Q_i\}^T [M] \{\xi_{ij}\} + \frac{1}{2} \{Q_i\}^T \frac{\partial[M]}{\partial v_j} \{Q_i\} \right) \quad (17)$$

Improved First-Order Approximation of Eigenvalues and Eigenvectors

A method based on reduced basis approximation concepts is presented for improved first-order approximation of eigenvalues and eigenvectors of modified structural dynamic systems [10]. The approximation procedure involves the use of the baseline eigenvector and the first-order approximation term as basic vector for Ritz analysis of the perturbed eigenvalue problem. An assumption is made that the eigenvector of the perturbed system can be approximated in the subspace spanned by $\{Q_i\}$ and $\{\Delta Q_i\}$, an approximation for the perturbed eigenvector can be written as

$$\{\hat{Q}_i\} = \zeta_1 \{Q_i\} + \zeta_2 \{\Delta Q_i\} \quad (18)$$

where ζ_1 and ζ_2 are undetermined scalar quantities in the approximate representation of the perturbed eigenvector. The assumption implicit in this proposition is that, even for moderate to large perturbations in the structural parameters, the first-order approximation yields a $\{\Delta Q_i\}$ vector, which usually gives a reasonable indication of the likely change of a baseline eigenvector, although the magnitude or even direction of change may be erroneous. Eq. (18) can be expressed in matrix form as

$$\{\hat{Q}_i\} = [T] \{Z\} \quad (19)$$

where $[T] = [Q_i, \Delta Q_i] \in \mathfrak{R}^{n \times 2}$ and $\{Z\}^T = \{\zeta_1, \zeta_2\} \in \mathfrak{R}^{1 \times 2}$.

Substituting equation (19) in to equation (2) and premultiplying by $[T]^T$, the resulting set of equations can be expressed as

$$[K_T] \{Z\} = \lambda [M_T] \{Z\} \quad (20)$$

where

$$[K_T] = [T]^T [K'] [T] \in \mathfrak{R}^{2 \times 2} \quad (21)$$

and

$$[M_T] = [T]^T [M'] [T] \in \mathfrak{R}^{2 \times 2}. \quad (22)$$

After mathematical transformation, the mass normalized perturbed eigenvector can be written as [10]:

$$\{\hat{Q}_i\} = \frac{1}{\{Z\}^T [M_T] \{Z\}} \cdot \left[\{Q_i\} - \frac{(k_{11} - \hat{\lambda}_i m_{11})}{(k_{12} - \hat{\lambda}_i m_{12})} \cdot \{\Delta Q_i\} \right]. \quad (23)$$

The following inequality relationship can be established as criteria for selection of the best approximation

$$\hat{\lambda}_i^{\min} \leq \lambda_i^{rqa0} \leq \hat{\lambda}_i^{\max} \quad (24)$$

where λ_i^{rqa0} is the zero order Rayleigh quotient approximation which is defined below as

$$\lambda_i^{rqa0} = \frac{\{Q_i\}^T [K] \{Q_i\}}{\{Q_i\}^T [M] \{Q_i\}}. \quad (25)$$

Hence, criteria for selection of the best approximation are (i) maximum value of $|\zeta_1 / \zeta_2|$, (ii) minimum distance from the zero-order Rayleigh quotient λ_i^{rqa0} , (iii) minimum distance from λ_i , (iv) minimum magnitude, (v) minimum distance from the root selected for the previous mode. This approximation procedure could also be interpreted as an improved Rayleigh quotient approximation procedure with one free parameter, i.e., $|\zeta_2 / \zeta_1|$.

Iterative Method for Calculating Eigenvectors Derivatives

The calculation of the eigenvector derivatives involves extensive computational effort. The direct method is one of the most efficient methods that produces exact solutions and does not need eigenvectors more than those whose derivatives are to be computed. But because its amount of computational effort is proportional to the number of eigenvector derivatives required, the application of the method becomes expensive when many eigenvector derivatives are demanded. On the other hand, the truncated modal method has an insuperable efficiency but suffers a serious accuracy problem. To improve the accuracy of the modal method, Wang [12] proposed a modified modal method, which was extended by Liu et al. [13] and Zhang and Zerva [14] to an *iterative algorithm* that can be used as an exact method as well as an approximate method and, just like the direct method, does not require additional eigenvalues and eigenvectors. The method assumes that the inverse stiffness matrix exists. Recently, Lin and Lim [15] and Zeng [16] presented an approach to deal with singular stiffness matrices. The convergence rate of the iterative method depends mainly on the ratio of the specified eigenvalue to the lowest unavailable one, and when the ratio approaches 1, the convergence rate of the corresponding eigenvector derivative will reduce quickly and the method becomes more expensive than the direct method. The iterative method used here was derived originally in Ref. [14]. The basic iterative equation after $p(p \geq 1)$ iterations is

$$\{V_{ku}\}_p = \sum_{i=q+1}^n \left[1 - \left(\frac{\lambda_k}{\lambda_i} \right)^p \right] \frac{\{Q_k\}^T \left(\frac{\partial [K]}{\partial v_j} - \lambda_i \frac{\partial [M]}{\partial v_j} \right) \{Q_i\}}{\lambda_i - \lambda_k} \{Q_k\} + \sum_{i=q+1}^n \left(\frac{\lambda_k}{\lambda_i} \right)^p \{Q_k\}^T [M] \{V_{ku}\}_0 \{Q_i\}, \quad (26)$$

$k < q; \quad p = 1, 2, \dots$

where

$$\begin{aligned} \{V_{ku}\} &= \text{component of } \partial \{Q_k\} / \partial v_j \text{ in the range of } \textit{unavailable} \text{ eigenvectors } \{Q_{q+1}\}, \dots, \{Q_n\}, \\ \{V_{ku}\}_p &= p\text{th iterative solution for } \{V_{ku}\}, \\ \{V_{ku}\}_0 &= \text{stands for the initial value.} \end{aligned}$$

The term $(\lambda_k / \lambda_i)^p$ represents the error because of the i th unknown eigenvector. When p tends to infinity, $(\lambda_k / \lambda_i)^p$ vanishes because $\lambda_k / \lambda_i < 1$, and $\{V_{ku}\}_p$ converges to the exact solution with any initial value. Equation (26) also suggests that $\{V_{ku}\}_0$ can be set equal to zero. Note that in each iteration, the roundoff error in the subspace spanned by the lower *available* eigenvectors $\{Q_1\}, \dots, \{Q_q\}$ will be automatically wiped out, which results in a very stable iterative process.

CONCLUDING REMARKS

This paper reviewed several methods for eigensensitivity analysis with respect to design variables. These were *the finite-difference method, the modal method, a modified modal method, Nelson's method, an improved first-order approximation of eigenvalues and eigenvectors and an iterative method*. *Nelson's method* was the least computationally intensive, and since it is an exact method, it is the method recommended. When the original mode shapes were used as initial approximations to the subspace eigensolution of the perturbed problem, *the finite-difference method* was competitive with *Nelson's method*. *The modified modal method* always converged faster than the modal method when at least as many modes were used in the approximation as the number of the mode shape being differentiated. *The modified modal method* can compete with *Nelson's method* for the first mode shape derivative when the number of modes needed in the summation was known before the eigensolution was performed. Detailed comparison *an improved first-order approximation* [10] with other approximation techniques indicate that significant improvements are achieved with a relatively small extra computational effort. An *iterative method* is simple, systematic, efficient and numerically stable.

REFERENCES

- [1] Jung, H., *Structural Dynamic Model Updating Using Eigensensitivity Analysis*, IC, Univ. of London, PhD, 1992.
- [2] Wang, J., Heylen, W. and Sas, P., *Accuracy of Structural Modification Techniques*, Proc. of the 5th Int. Modal Analysis Conf., 1987., pp. 65-71
- [3] Noor, A.K. and Whitworth, S., *Reanalysis Procedure for Large Structural Systems*, Int. J. Numer. Methods Eng. Vol. 26, 1988. pp. 1729-1748
- [4] Prasad, B. and Emerson, J.F., *A General Capability of Design Sensitivity for Finite Element Systems*, A Collection of Technical Papers, Part 2: Structural Dynamics and Design Engineering, AAIA/ASME/ASCE/AHS 23rd Structures, Structural Dynamics and Material Conf., May 1982, pp. 175-186.
- [5] Schmit, L.A. and Farshi, B., *Some Approximation Concepts For Structural Synthesis*, AIAA Journal, Vol. 2, No.5, 1974, pp. 692-699.
- [6] Minas, C. and Inman, D.J., *Matching Finite Element Models to Model Data*, ASME Journal of Vibration and Acoustics, Vol. 112, 1990.
- [7] Nelson, R.B., *Simplified Calculation of Eigenvectors Derivatives*, AAIA Journal, Vol. 14, 1976, pp.1201-1225.
- [8] Iott, J., Haftka, R.T., and Adelman, H.M., *On a Procedure for Selecting Step Sizes in Sensitivity Analysis by Finite Differences*, NASA TM-86382, Aug.1985.
- [9] Craig, R.R., Jr., *Structural Dynamics – An Introduction to Computer Methods*, Wiley, New York, 1981.
- [10] Nair, B.P., Keane, A.J., and Langley, R.S., *Improved First-Order Approximation of Eigenvalues and Eigenvectors*, AIAA Journal, Vol. 36, No. 9, September 1998, pp. 1722-1727.
- [11] Sutter, T.R., Camarda, C.J., Walsh, J.L., Adelman, H.M., *Comparison of Several Methods for Calculating Vibration Mode Shape Derivatives*, AIAA Journal, Vol. 26, No. 12, Feb. 1987, pp. 1506-1511.
- [12] Wang, B.P., *Improved Approximate Methods for Computing Eigenvector Derivatives in Structural Dynamics*, AIAA Journal, Vol. 29, No. 6, 1991, pp. 1018-1020.
- [13] Liu, Z.S., Chen, S.H., Yu, M., and Zhao, Y.Q., *Contribution of Truncated Modes to Eigenvector Derivatives*, AIAA Journal, Vol. 32, No. 7, 1994, pp. 1551-1553.
- [14] Zhang, O., and Zerva, A., *Iterative Method for Calculating Derivatives of Eigenvalues*, AIAA Journal, Vol. 34, No. 5, 1996, pp. 1088-1090.
- [15] Lin, R.M., and Lim, M.K., *Eigenvector Derivatives of Structures with Rigid Body Modes*, AIAA Journal, Vol. 34, No. 5, 1996, pp. 1083-1085.
- [16] Zeng, Q.H., *Highly Accurate Modal Method for Calculating Eigenvectors in Viscous Damping Systems*, AIAA Journal, Vol. 33, No. 4, 1995, pp. 746-751.

VARIJANTNO MODELIRANJE KOMPLEKSNOG PROIZVODA

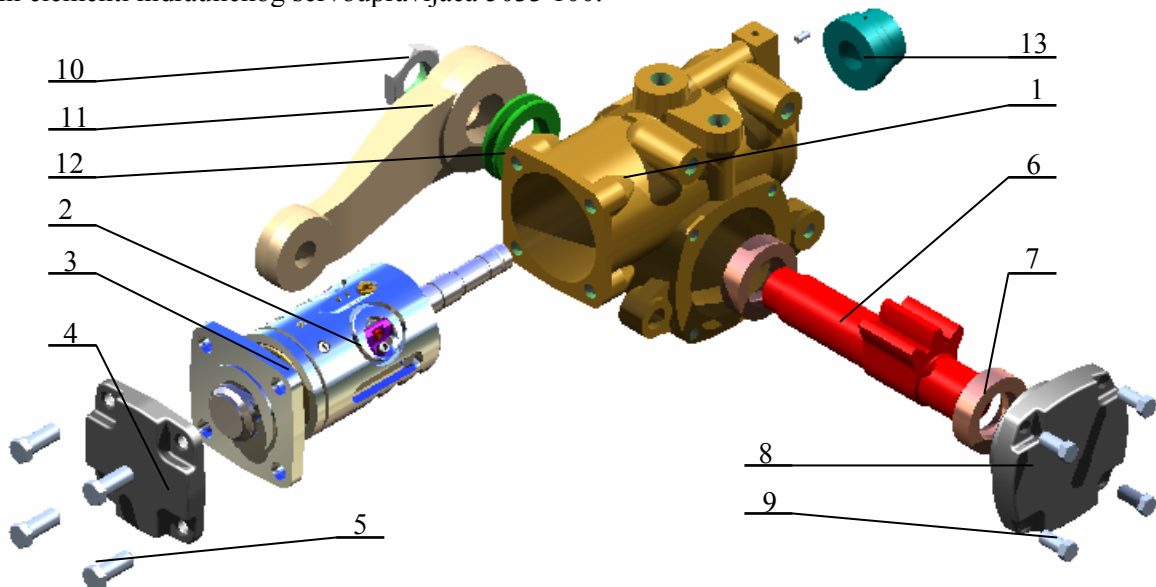
Abstrakt – U radu je dato geometrijsko modeliranje hidrauličkog servoupravljača korišćenjem računarski podržanog sistema Solid Edge-a. CAD programsko okruženje je korišćeno za modeliranje na komponentnom nivou, dok je CAA programsko okruženje primenjeno za modeliranje montažne strukture hidrauličkog servoupravljača. CAD/CAA modeli kao rezultat su dali sklop hidrauličkog servoupravljača sa podsklopovima.

Ključne reči: hidraulički servoupravljač, geometrijsko računarsko modeliranje

1. UVOD

Automatizacija projektovanja proizvoda se zasniva na formalizovanim znanjima tipiziranih i detaljno struktuisanih proizvoda. Aktivnosti projektovanja se odvijaju prema funkcionalnim zahtevima u odnosu na postavljena ograničenja. Ograničenja su najčešće postavljena sa gledišta integrisanog projektovanja proizvoda i projektovanja za proizvodnju. U stvari, opredeljenje u istraživanjima odnosi se na formiranje opštih modela proizvoda iz kojih je moguće generisati specifične modele za podršku pojedinih modula simultanog projektovanja. U teorijskom sagledavanju, modeliranje se oslanja na oblasti istraživanja kao što su: generisanje uzročno - orijentisanog modela proizvoda, konceptualno, preliminarno, i detaljno projektovanje pomoću primitiva, modeliranje primitivima na nivou komponenti i montažne strukture, integracije CA modula i generisanje specifičnih modela iz opštih.

Primena hidrauličkog servoupravljača kod nas najpre je počela na teškim teretnim vozilima i autobusima, zatim na srednje teškim, sa tendencijom primene i na lakšim privrednim vozilima.[2] Osnovna funkcija servoupravljača je da ostvare potrebne momente za zaokretanje upravljačkih točkova. Na slici 1. su dati osnovni elementi hidrauličkog servoupravljača 5033 100.



Slika 1. Osnovni elementi hidrauličkog servoupravljača [4]

Legenda: 1 – Kućište servoupravljača, 2 – Klip komplet (klip – sklop, vreteno klipa – sklop), 3 – Poklopac, 4 – Poklopac kućišta, 5 – Vijak duži, 6 – Segmentna osovina upravljača, 7 – Zaptivni prsten, 8 – Poklopac kućišta, 9 – Vijak kraći, 10 – Navrtka, 11 – Poluga, 12 – Oslona podloška, 13 – Zatvarač

¹Jelena Erić, dipl.maš.inž., Istraživač-stipendista Ministarstva, Mašinski fakultet Kraljevo, Dositejeva 19, 36000 Kraljevo, Srbija, jecaeric79@yahoo.com

¹¹Vladan Obućina, dipl.maš.inž., vladanobucina@yahoo.com

¹¹¹Dr Arandel Babić, van. profesor Mašinskog fakulteta Kraljevo, Dositejeva 19, 36000 Kraljevo, Srbija, babic.a@maskv.edu.yu

2. ANALIZA SOFTVERSKOG SISTEMA KORIŠĆENOG ZA CAD/CAA MODELIRANJE

Razvoj programskih paketa u oblasti simultanog projektovanja proizvoda i tehnologije je početkom trećeg milenijuma veoma mnogo dobio na značaju. Ovo se ogleda u veoma izraženoj mogućnosti razmene podataka između modela koji sačinjavaju simultani pristup projektovanju. Platforme nad kojima su razvijeni programski paketi omogućuju ispunjenje prvog uslova koji je definisan u simultanom modeliranju, a to je transparentnost. Na ovaj način je postignuto da se informacije iz CAD (Computer Aided Design) modela direktno prenose u module za CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing) i druge. [1]

Solid Edge je računarski podržan sistem za projektovanje proizvoda (CAD/CAA/CADD) razvijen na bazi tzv. „Stream“ tehnologije. Cilj primenjene tehnologije je da poveća performanse softvera i da uz odgovarajući interfejs obezbedi maksimalnu produktivnost i procenu opravdanosti ulaganja u nabavku.

„Stream“ tehnologija obezbeđuje suštinsku CAD korisničku produktivnost zahvaljujući novorazvijenom konceptu inženjerskog projektovanja tzv. solid modeliranju, (Parasolid). Kroz principe logičkog zaključivanja i upravljanja odlučivanjem „Stream“ tehnologija čini Solid Edge jednostavnim za korišćenje i veoma produktivnim. Proces projektovanja proizvoda u Solid Edge–u ne podrazumeva samo izradu trodimenzionalnog virtualnog prototipa proizvoda, već i usvajanje znanja koje proces inženjerskog projektovanja vodi ka preciznom rešenju oslobođenom grešaka.

2.1. CAD – programsko okruženje za modeliranje na komponentnom nivou

Kada se projektuju komponente u Solid Edge–u, sva geometrija se formira u kontekstu konstruisanih oblika. Softver zadržava konstrukcione elemente čineći ih dostupnim kada se želi dopuniti ili izmeniti oblik ili sakrivajući ih od pogleda dok se radi na drugim delovima projektovanja. Takođe je moguće dodavanje sopstvene konstrukcione geometrije kao što su: ekstruder, lofted i swept površine, isečene krivine (zavoji), projektovane krivine i isečene tačke.

U analizi procesa projektovanja familija proizvoda polazi se od toga da proizvod poseduje montažnu strukturu koja obuhvata podstrukture, odnosno komponente na najnižem nivou početne montažne ravni. Ovo ukazuje da navedeni elementi uspostavljenih relacija generišu izuzetno veliki broj kombinacija proizvoda i ugrađenih komponenata, odnosno veliki broj varijanata. Prema definiciji varijantan proizvod ima različit oblik od nekog sa kojim ima isto poreklo i stoji u prisnoj strukturnoj vezi.

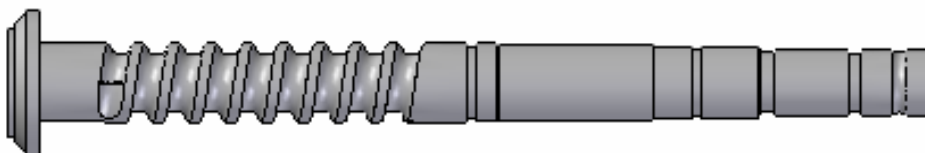
Simultano upravljanje procesom projektovanja proizvoda i tehnologije odgovarajuće varijantnosti ima za cilj da prilagodi proizvod različitim nivoima potreba kupaca i da, u krajnjem, svojom prodajom ostvaruje odgovarajući profit. Osnovni elementi koje proizvod treba da poseduje pri pojavljivanju na tržištu, uvažavajući navedene kriterijume, su:

- varijacija veličina,
- tržišna varijantnost uslovljena zakonima, standardima, kulturom i jezikom za geografsko područje (pravila za dodelu CE znaka),
- varijacija performansi,
- varijacija funkcionalnosti i
- estetska varijacija.

Očigledno je da se svi ovi elementi odnose na varijantnost proizvoda pri čemu svaka od navedenih osobina ima svoje elementarne zahteve i ograničenja. Pobražani elementi predstavljaju osnovu za kvalitetno konceptualno i preliminarno projektovanje proizvoda i tehnologije.

Jedna od prisutnih definicija familije proizvoda je: grupa srodnih proizvoda. Srodnost članova familije proizvoda, tj. varijanti proizvoda ostvarena je strukturom tih proizvoda. Struktura proizvoda opisuje elemente (sklopove, funkcije...) od kojih je proizvod sačinjen. Varijante srodnih proizvoda imaju zajedničku strukturu do određenog nivoa, tj. imaju zajedničke elemente i relacije ili sa aspekta funkcionalnosti ili montaže. Između (individualnih) varijanti proizvoda najnižeg nivoa elementi i relacije u njegovoj strukturi se ne mogu dalje deliti.

Kao primer modeliranja familije delova za proizvod–predstavnik prikazan na slici 2 uzima se puzno vratilo . Projektovanje puznog vratila odvija se u Solid Edge Part–u.



Slika 2. Puzno vratilo – komponenta sklopa hidrauličkog servoupravljača [5]

2.2. CAA – programsko okruženje za modeliranje montažnih struktura

Najvažniji deo proizvodnog procesa je sklapanje podsklopova u gotov proizvod. Glavna funkcija montaže je da spajanjem komponenti u podsklopove i sklopove formira gotov proizvod sa određenim karakteristikama. Pri tome svaka komponenta zadržava svoje geometrijske karakteristike, odnosno karakteristike kvaliteta (kvalitet obrađene površine, tolerancije oblika i položaja, itd.) čime ostvaruju ispravno funkcionisanje proizvoda. [1]

Montažno okruženje omogućuje učvršćivanje veza među delovima. Ove veze su automatski podržane kroz razvoj projektovanja da bi se sačuvala namera projektovanja. Na primer, kada su sparena dva profila dela, oni ostaju spareni i kada je svaki od njih modifikovan. Solid Edge automatski podržava ove veze kroz razvoj projektovanja proizvoda.

Solid Edge raspolaže modulom za projektovanje mašinskih sklopova koji omogućava kreiranje veoma kompleksnih montažnih struktura koje se sastoje od velikog broja komponentata i podsklopova. Montažno okruženje CAA (Computer Aided Assembly) poseduje komande za uklapanje delova prirodnim montažnim tehnikama kao što su sparivanje i centriranje.

3. CAD/CAA MODELIRANJE FAMILIJE HIDRAULIČKOG SERVOUPRAVLJAČA TIPA 5033 100

U osnovi analize formiranja primitiva montaže polazi se od funkcije navedenog sklopa. Na bazi funkcionalnih zahteva potrebno je prepoznati nosioce funkcija, odnosno izvršne organe za nivo na kojem se definiše primitiv, a zatim formirati skelet podsklopa odnosno sklopa.

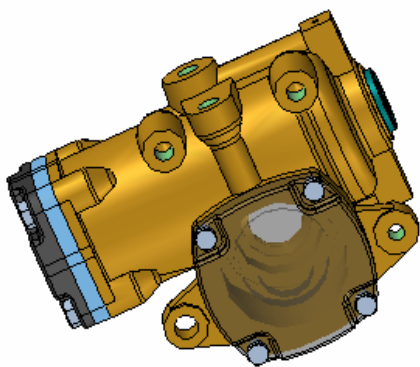
Definisanje montažne strukture zasniva se na postavkama projektovanja za montažu DFA kao glavne strategije simultanog projektovanja. Cilj ove strategije je proizvoditi lakše i jeftinije proizvode, pa se prema nekim autorima DFA (Design for Assembly) smatra ključem uspešnog projektovanja u konkurentnom okruženju.

Pri modeliranju za montažu definišu se i montažni primitivi, predstavljeni relacijama između funkcionalnih i efektivnih površina definisanih na komponentnom nivou, uz uvažavanje hijerarhijskog strukturisanja proizvoda.

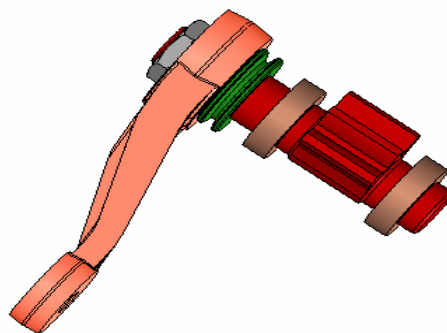
Sledeći korak pri modeliranju hidrauličkog servoupravljača jeste modeliranje podsklopova, kao elemenata višeg nivoa u hijerarhijskoj strukturi proizvoda u okviru montažnog (assembly) okruženja Solid Edge-a.

Modeliranje podsklopa kućišta zasniva se na povezivanju, odnosno sklapanju elemenata podsklopa kućišta: poklopaca kućišta, vijaka i zatvarača, u montažnom okruženju (slika 3.).

Modeliranje podsklopa segmentnog vratila u okviru montažnog okruženja podrazumeva povezivanje: segmentnog vratila, dva ležaja, poluge, remenice i navrtke (slika 4.).

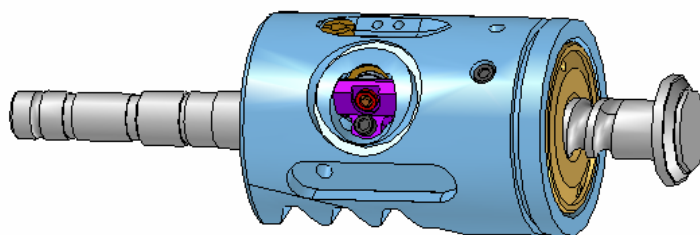


Slika 3. Podsklop kućišta [5]



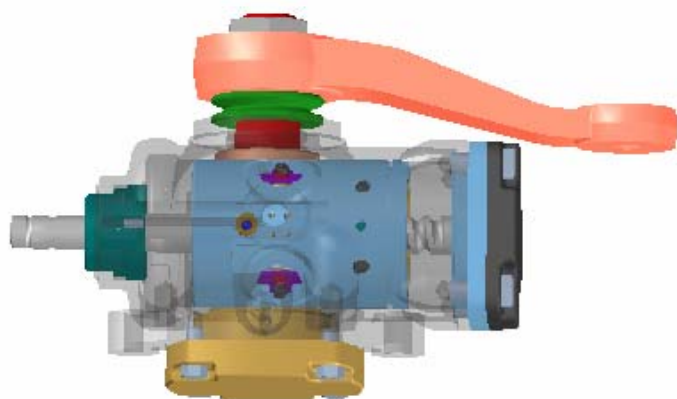
Slika 4. Podsklop segmentno [5]

Modeliranje podsklopa klipa obuhvata integraciju elemenata klipa, pužnog vratila, navrtke sa obrtačem, klipa povratnog dejstva naredbom mate u montažnom okruženju Solid Edge-a. Model podsklopa klipa dat je na slici 5.

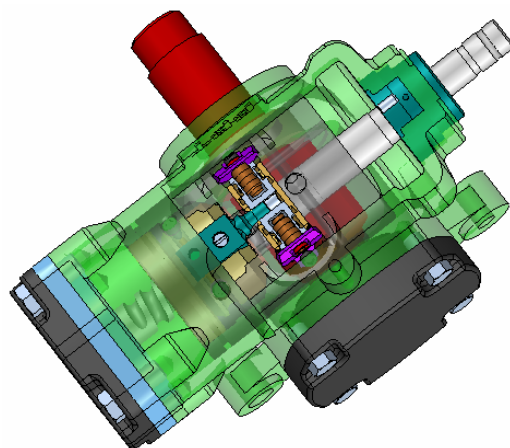


Slika 5. Podsklop klipa [5]

Na kraju kao završni proces u montažnom okruženju javlja se modeliranje sklopa hidrauličkog servoupravljača (slika 6.) koji predstavlja poslednji element hijerarhijske strukture posmatranog hidrauličkog servoupravljača.



Slika 6. Sklop hidrauličkog servoupravljača [5]



Slika 7. Model servoupravljača [4]

U modeliranju krajnjeg sklopa hidrauličkog servoupravljača, učestvuju navedeni podsklopovi: podsklop kućišta, podsklop klipa i podsklop segmentnog vratila.

Integrirano projektovanje montažno strukturisanih proizvoda prema CAD/CAA tehnologiji dato na primeru hidrauličkog servoupravljača ukazuje na veliki uticaj projektanata na povećanje kvaliteta proizvoda i smanjenje troškova projektovanja i montaže. Osnovni cilj u procesima integriranog projektovanja jeste da obezbedi kvalitetnu saradnju projektanata proizvoda i tehnologa montaže. Integracija i kooperacija znanja su preduslov za uspešnu primenu ekspertnih znanja. Kada saradnja izostane gubi se značajno na kvalitetu proizvoda i povećavaju se troškovi proizvodnje.

4. ZAKLJUČAK

Jedan od načina podizanja kvaliteta procesa projektovanja proizvoda i tehnologija se zasniva na primeni i razvoju CA tehnologija i njihovoj integraciji prema konceptu simultanog inženjerstva. Modeliranje proizvoda je koncept za prezentaciju svih inženjerskih informacija potrebnih u procesima projektovanja proizvoda i predstavlja osnovu te integracije. Računarsko modeliranje omogućava kreiranje modela na računaru tako da se istraživanja odvijaju na njima umesto na fizičkom modelu. U cilju bržeg i kvalitetnijeg ispunjavanja velikih i raznovrsnih zahteva koji dolaze sa tržišta, neophodno je ostvariti skraćeno vreme vezano za rađanje varijantnog ili potpuno novog proizvoda. Uvažavajući napred navedeno, tema ovog rada se i odnosi na hidraulički servoupravljač.

LITERATURA

- [1] A. Babić, *Tehnologija montaže*, Mašinski fakultet Kraljevo, 2005.
- [2] M. Minić, *Sistemi za upravljanje teretnih vozila*, ABC Glas, Beograd, 1992.
- [3] Katalog uređaja Prva Petoletka Trstenik
- [4] J. Erić, *Diplomski rad*, Mašinski fakultet Kraljevo, 2004.
- [5] V. Obućina, *Diplomski rad*, Mašinski fakultet Kraljevo, 2005.

STRUCTURAL GEOMETRIC MODELING ASSEMBLY OF HYDRAULIC SERVO STEERING GEAR

Abstract - In this paper is giving geometric modeling of hydraulic servo steering gear with using of computer's maintenance system Solid Edge. CAD program's round is using for modeling on component's level, while CAA program's round is applying for modeling assemble's structure. CAD/CAA models is delivering as product constitution hydraulic servo steering gear with his subassembly.

I. Krivosic, D. Petrovic, D. Skataric¹**ANALIZA NAPONA KOD KONTAKT PROBLEMA SA TRENJEM PRIMENOM MKE***Kratak sadržaj rada*

U ovom radu je analiziran uticaj trenja na elemente u kontaktu. Ukazan je uticaj trenja na raspodelu napona u elementima u zavisnosti od koeficijenta opterećenja. Zaključuje se da intenzitet napona u odnosu na uticaj trenja varira za 5 %. Ovaj podatak ima veliki značaj za konstruktore da prilikom analize delova u sklopu, metodom konačnih elemenata, u proračun uvedu trenje između kontaktnih površina.

Uvod

Kako se u praksi srećemo sa uređajima koji su sastavljeni od velikog broja delova, u većini slučajeva važno je da se poznaju stanja kontakta, da bi naponi, snaga i ostale mehaničke i električne karakteristike mogle tačno da se predvide.

U zonama kontakta, naponi, zahvaljujući kvazi-statičkom opterećenju, mogu da dovedu do trenja i do visokih napona, uz dodavanje zamora i erozije površina. Zbog toga je potrebno, u cilju projektovanja ovih elemenata da se predvide sile kontakta i naponi.

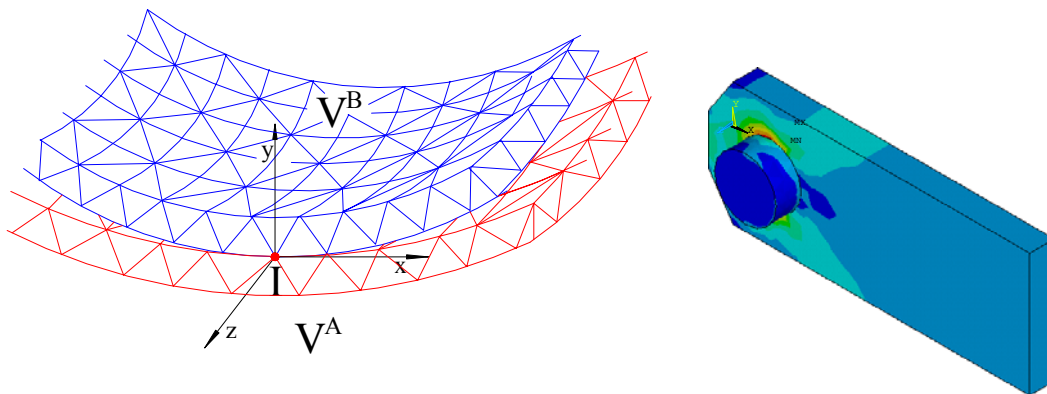
Pošto su najefikasnije metode one koje se zasnivaju na metodi konačnog elementa, izvršena je analiza kontakt problema pomoću programskog paketa ANSYS.

Formulacija problema kontakta

Osnovni uslovi duž površina kontakta su takvi da se ne može dogoditi materijalno preklapanje, a kao rezultat, kontaktne sile su stvorene da deluju duž zone kontakta na telo *A* i *B*. Ove sile su jednake i suprotne. Normalne sile mogu samo da vrše pritisak, a tangencijalne sile zadovoljavaju zakon otpornosti na trenje.

Ispitivanje elastičnog kontakta u ravni sa uticajem trenja

Ova metoda opisuje analizu elastičnog kontakta u ravni uz primenu metode konačnih elemenata. Delovi u kontaktu su diskretizovani konačnim elementima sa odgovarajućim parametrima u svakom čvoru. Suprotne čvorne tačke su definisane na dve površine, u zoni za koju se očekuje da bude u kontaktu pod opterećenjem.

*Slika 1*

¹ Dr Ilija Krivosic, Masinski fakultet, Beograd, Mr Dalibor Petrovic, Oficir vojske SCG, Sombor, Dr Dobrila Skataric, Masinski fakultet, Beograd

Formulacija problema

Jednačina ravnoteže za tela A i B u kontaktu može biti napisana kao:

$$\begin{bmatrix} K_a & 0 \\ 0 & K_b \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_a \\ q_b \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} F_{ac} \\ F_{bc} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_a \\ F_b \end{Bmatrix}$$

Gde su:

- $[K_a]$, $[K_b]$ - matrice krutosti
- $\{q_a\}$, $\{q_b\}$ - vektori pomeranja
- $\{F_{ac}\}$, $\{F_{bc}\}$ - sile kontakta
- $\{F_a\}$, $\{F_b\}$ - spoljašnje sile

Ovde su $\{F_a\}$ i $\{F_b\}$ poznate spoljašnje sile, a $\{F_{ac}\}$ i $\{F_{bc}\}$ nepoznate sile kontakta. Kako u jednačini ravnoteže imamo da je broj nepoznatih, $\{q\}$ i $\{F_c\}$ veći od broja jednačina, drugi uslov mora biti izložen, što znači da tačke tela A nisu nikad smeštene unutar tela B , i obrnuto.

$$(\bar{V}_k - \bar{V}_i) \times (\bar{V}_j - \bar{V}_i) \leq 0$$

gde je \bar{V}_l ($l = i, j, k$) suma vektora početnog položaja i vektora pomeranja čvorne tačke i, j, k .

Ako se analizira Kulonovo trenje, dobija se:

$$|\bar{R}_t| \leq \mu |\bar{R}_n| \quad (\text{nema klizanja})$$

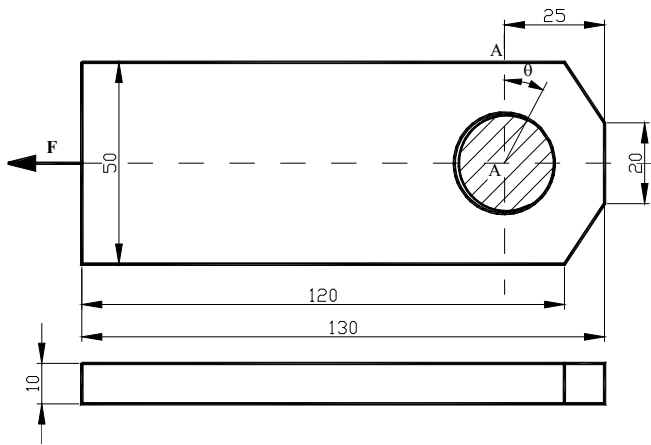
$$\bar{R}_t = \pm \mu |\bar{R}_n| \cdot \bar{t} \quad (\text{klizanje postoji})$$

Ovde je \bar{R}_t sila trenja, \bar{R}_n je normalna sila, μ je Kulonov koeficijent trenja i \bar{t} je jedinični tangencijalni vektor.

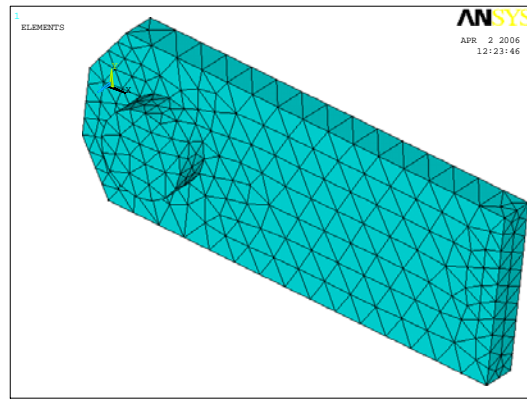
Geometrijska i statička stanja na površinama kontakta tretiraju se kao dodatna stanja koja su nezavisna od jednačina krutosti.

Proračun kontakt problema softverskim paketom ANSYS

Uticaj trenja kod kontakt problema analiziran je na primeru štapa koji je vezan vijkom i opterećen aksijalnom silom (slika 1). Karakteristike materijala za ova dva elementa su definisane pomoću Jangovog modula elastičnosti i Puasonovog koeficijenta. Karakteristike materijala štapa su: $E = 7390 \text{ daN/mm}^2$ i $\nu = 0,3$ a za vijak: $E = 21000 \text{ daN/mm}^2$ i $\nu = 0,3$.

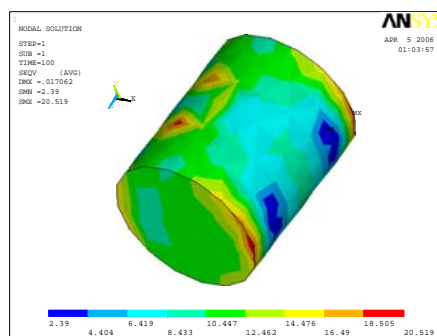
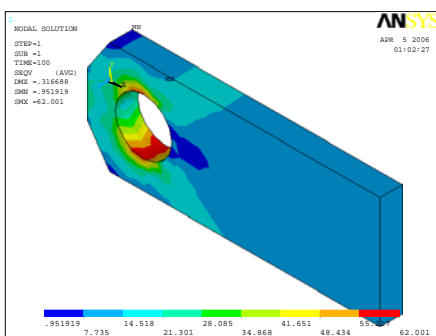


Slika 2 – Dimenzije modela

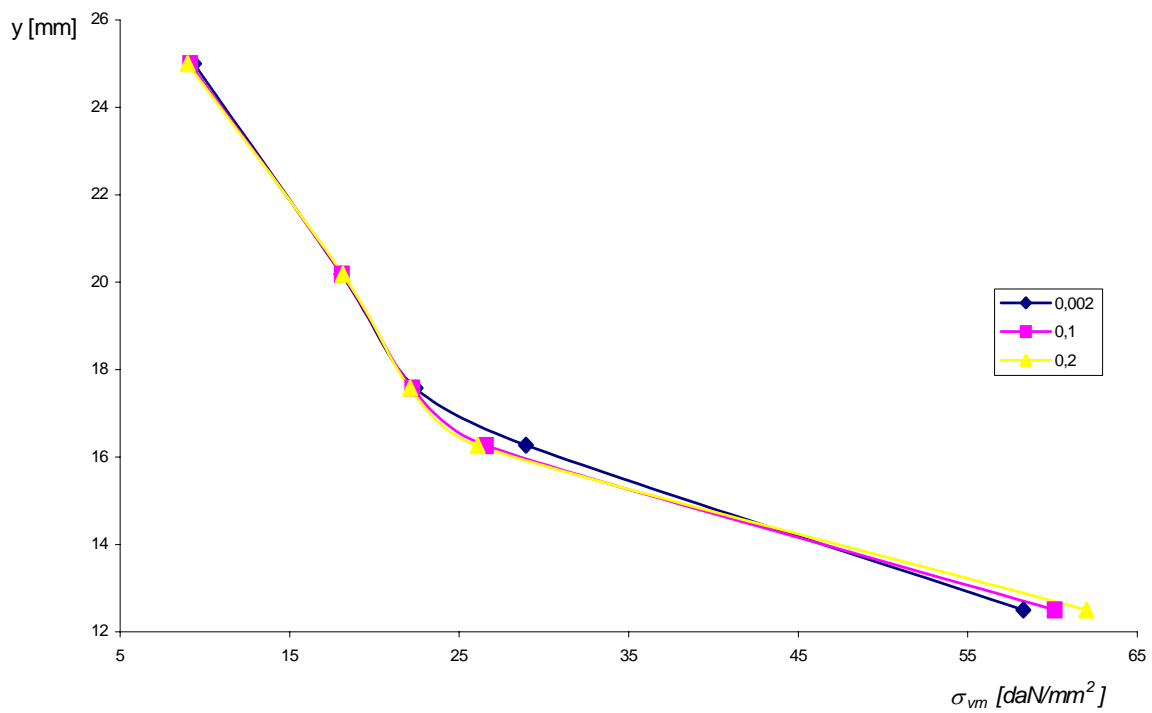


Slika 3 - Umrežen model

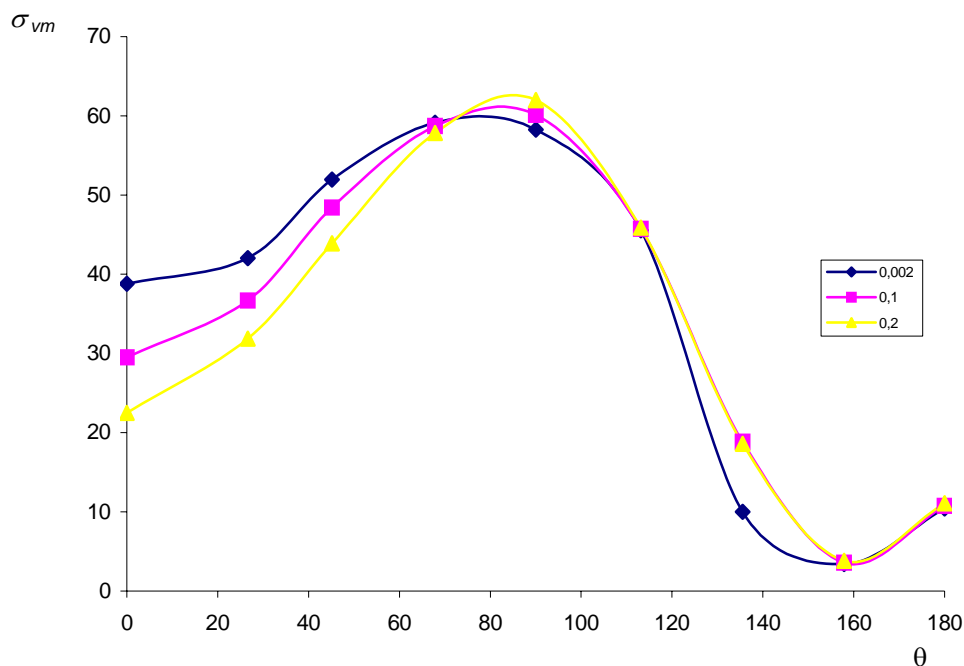
Oslonac će biti definisan po principu onemogućavanja pomeranja vijka u x, y i z pravcu.



Slika 4 - von Mises-ovi naponi za $\mu=0.2$



Slika 5 - Raspodela von Mises-ovih napona - za presek A-A



Slika 6 – Raspodela napona duž ugla θ

Zaključak

Kao što se vidi u ovom radu problemi kontakta su izrazito specifični i zahtevaju vrlo složene analize za njihovo rešavanje. Na slikama 5 i 6 prikazani su rezultati analize kontaktnog problema veze štapa i osovinice. Analizom ovog problema uočeno je sledeće:

- Sa povećanjem koeficijenta trenja između dodirnih površina povećava se i napon u štapu za oko 5 %, što ukazuje na potrebu uvođenja koeficijenta trenja u analizi kontaktnih problema.
- Sa promenom koeficijenta trenja u području od 0.002 do 0.2, došlo je promene položaja maksimalnog napona θ .

Imajući sve ovo u vidu može se zaključiti da je uvođenje koeficijenta trenja u analizi kontaktnih problema neophodno radi dobijanja tačnije slike raspodele napona, koja je izuzetno bitna u proceni veka strukturalnih elemenata pri analizi čvrstoće na zamor. Stoga, uvođenje trenja u kontaktni problem doprinosi tom poboljšanju.

Literatura:

1. A.Gakwaya, D.Lambert and A.Cardou, A boundary element and mathematical programming approach for frictional contact problems, *Comput. Struct.* 42, 341 - 353 (1992).
2. N. Chandrasekaran, W. E. Haisler, and R. E. Goforth, "Finite Element Analysis of Hertz Contact Problem with Friction", *Finite Elements in Analysis and Design* 3, 1987.
3. T. Tussman and Klaus-Jurgen Bathe, "A Finite Element Formulation for Nonlinear Incompressible Elastic and Inelastic Analysis", *Computers and Structures*, Vol. 26, Nos 1/2, 1987.
4. A.Klarbring, A mathematical programming approach to three-dimensional contact problems with friction. *Comput. Meth. Appl. Mech. Engng.* 58, 175 – 200 (1986).

Dr Dobrila Skararic, Dr Ilija Krivosic¹, Mr Dalibor Petrovic²

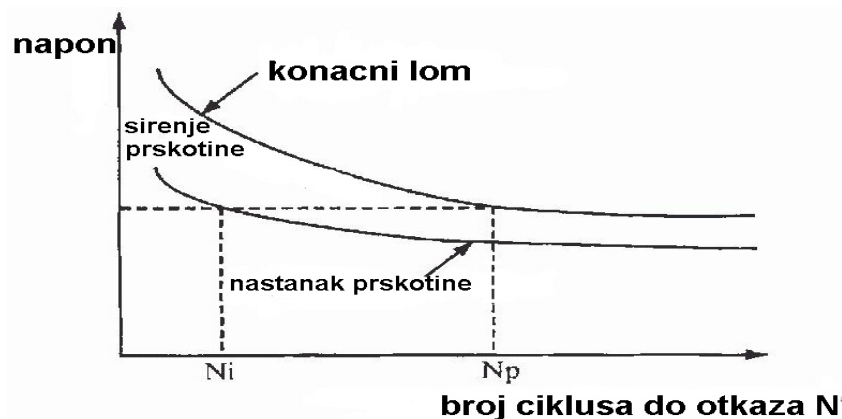
PROCENA VELICINE OSTECENJA ELEMENATA KONSTRUKCIJE ZA KOMBINOVANI NISKO I VISOKO CIKLICNI SPEKTAR OPTERECENJA

Kratak sadrzaj rada:

U radu je prikazan metod procene ostecenja i radnog veka elemenata konstrukcije kombinovani nisko i visoko ciklicni spektar opterecenja. Analizirana je pojava i razvoj ostecenja sve do loma. Polazi se od pretpostavke da su poznate kriva brzine rasta prskotine za izabrani materijal. U resenju je primenjena Palmgrin-Minerova hipoteza sabiranja oštećenja usled zamora

Veliki broj otkaza tehničkih komponenti u upotrebi je posledica zamora. Da bi se smanjio rizik od otkaza usled zamora neophodno je pouzdano odrediti radni vek konstrukcije. Prilikom eksploatacije tehničke komponente koja je izložena neprekidnim opterećenjima mnogo manjim od njene statičke čvrstoće, može se pojaviti jedna ili više prskotina i, ukoliko se opterećenje nastavi neke od ovih prskotina se mogu povećati i na kraju dovesti do potpunog loma strukture. Ovaj proces naziva se *zamor*.

Amplituda opterećenja svakog ciklusa nije dovoljno velika da sama od sebe izazove strukturalni otkaz. Ali otkaz se može dogoditi kada akumulirano oštećenje koje struktura trpi dostigne kritični nivo. Otpornost na zamor strukturalnog detalja je direktno povezana sa procesom zamora, koji se može (Sl.1.) podeliti u sledeće tri faze: pojava prskotine, širenje prskotine i konačni lom strukture.



Slika1. Prikaz otpornosti na zamor (faze nastanka i širenja prskotine)

S-N kriva koja se dobija testovima na zamor sa kontrolisanim naponom se izražava preko empirijskog izraza kao:

$$N = K \cdot S^{-m} \quad (1)$$

gde je:

N – broj ciklusa do otkaza,

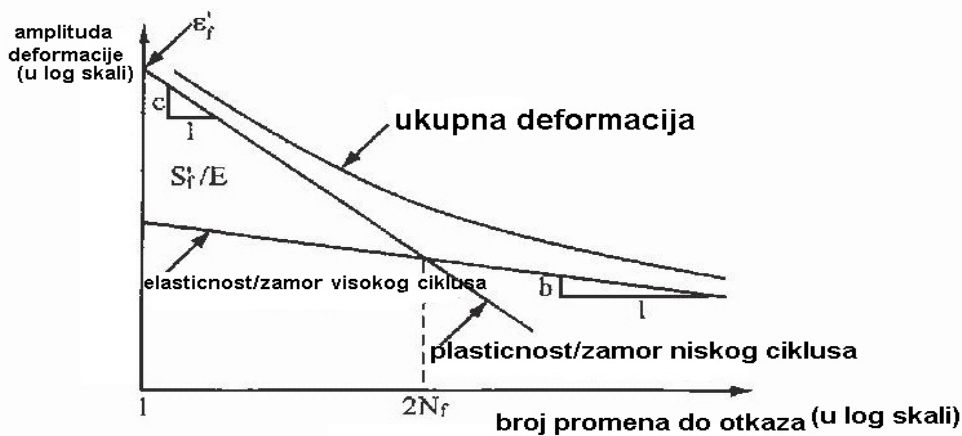
S – veličina napona,

K, m – konstante materijala i zavise od sredine, uslova testiranja itd.

¹ Masinski fakultet, Beograd

² Oficir Vojske SCG, Sombor

Generalno uvek imamo nekakvu kombinaciju zamora visokog i niskog ciklusa. Kriva ukupne otpornosti prema deformisanju se približava krivoj otpornosti prema plastičnoj deformaciji u zoni niskog ciklusa, a krivoj otpornosti prema naponu u zoni visokog ciklusa (Sl.2).



Slika2. Superpozicija krivih napona i deformacije

Faktor intenziteta napona **K** se može izraziti kao:

$$K = \sigma \sqrt{\pi a} F \quad (2)$$

gde je a širina prskotine, dok je F funkcija više faktora kao što su oblik početka prskotine, faktor prednje površine, faktor završne obrade, faktor konačne širine, faktor gradijenta napona itd.

Paris i Erdogan su pretpostavili da je najrelevantniji parametar za opisivanje širenja prskotine usled zamora faktor opsega intenziteta napona ΔK . Za regiju 2 prema slici 3. brzina rasta prskotine se generalno izražava Paris-ovom jednačinom (4):

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (3)$$

gde je: $\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$

Postoje četiri glavna metoda za procenu oštećenja nastalog usled akumuliranja zamora:

1. deterministička analiza zamora
2. uprošćeno određivanje zamora – metoda koja pretpostavlja da napon prati Vejbulovu raspodelu
3. spektralna analiza zamora
4. vremenski ograničena analiza zamora
5. određivanje oštećenja usled zamora zasnovano na mehanici loma

Prva četiri metoda procenjuju oštećenja usled zamora koristeći S-N krive, dok je poslednji model zasnovan na mehanici loma.

Da bi smo odredili velicinu oštećenja koristiceo uprošćenu procenu zamora zasnovanu na empirijskim vrednostima za Vejbulove parametre oblika. U ovom slučaju primenjiv je Palmgrin-Minerov zakon za kumulativna oštećenja usled zamora

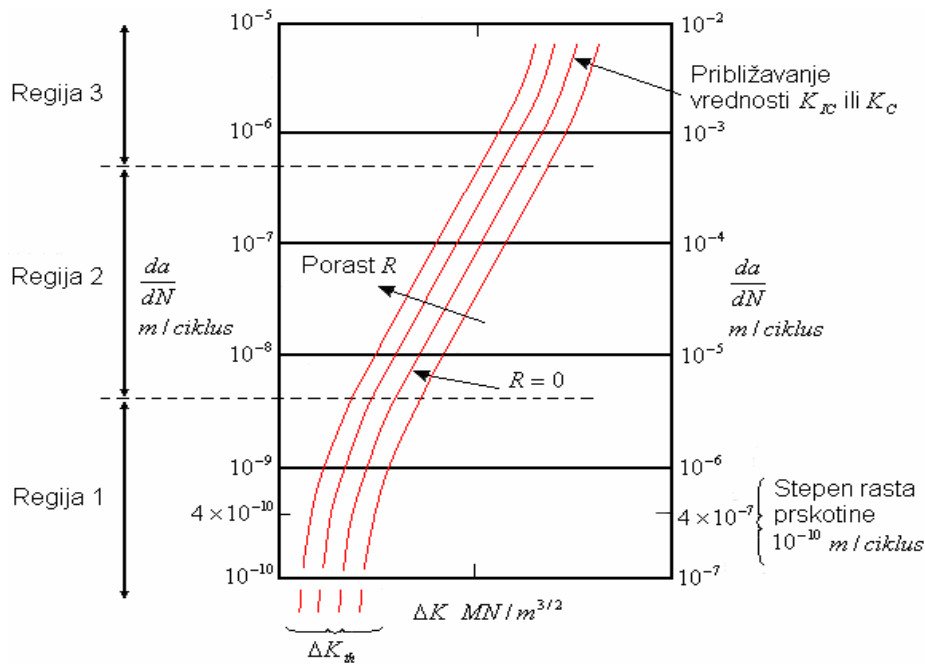
$$D_{fat} = \sum_{i=1}^l \frac{n_i}{N_i} \text{ koji u ovom slučaju možemo pisati kao:} \quad (4)$$

$$D_{fat} = \int_0^{\infty} \frac{N_0(S)}{N(S)} dS \quad (5)$$

gde je:

- N_0 – ukupan broj ciklusa (promena) u posmatranom periodu

- $f(S)$ – funkcija verovatnoće za opseg napona (što znači da je broj ciklusa za opseg napona S dat kao $N_0 f(S)dS$)



Slika 3. Kriva brzine rasta prskotine

Kao što je već pomenuto (Jed.1) S-N krive se mogu izraziti i kao $N = KS^{-m}$. Zamenom ove jednačine u jednačinu 5, dobijamo:

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} \int_0^{\infty} S^m f(S) dS \quad (6)$$

Uz pomoć gama funkcije koja se izražava kao $\Gamma(k) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{k-1} dx$ i korišćenjem poznatih matematičkih modela, dobijamo kumulativno oštećenje za duži vremenski period koje se izražava kao:

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} \left[\frac{S_0^{\xi}}{\ln N_0} \right]^{m/\xi} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (7)$$

gde su:

N_0 – ukupan broj ciklusa promena (u radnom veku)

S_0 – očekivani maksimalni napon u radnom veku

$P(S > S_0) = 1/N_0$ (opseg napona zamora S jednom premašuje S_0 svakih N_0 ciklusa)

ξ - parametar oblika Wejbulove raspodele

K, m – parametri materijala S-N krive

Imajući u vidu činjenicu da su S-N funkcije izražene kao bilinearne krive (Sl.2) oštećenje usled zamora se može dobro predvideti preko izraza:

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} \left[\frac{S_0^{\xi}}{\ln N_0} \right]^{m/\xi} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, z\right) + \frac{N_0}{C} \left[\frac{S_0^{\xi}}{\ln N_0} \right]^{r/\xi} \Gamma\left(1 + \frac{r}{\xi}, z\right) \quad (8)$$

gde se nepotpune gama funkcije definišu kao:

$$\Gamma(k, z) = \int_z^{\infty} e^{-x} x^{k-1} dx; \quad \Gamma_0(k, z) = \int_0^z e^{-x} x^{k-1} dx; \quad z = \left(\frac{S_l}{S_0} \right)^{\xi}; \quad (9)$$

ovde je S_i opseg napona u tački preseka dve S-N krive (npr. za otpornost na zamor za 10^7 ciklusa).

Postupak može biti pojednostavljen u slučaju da je vrednost m celobrojna i veća od 2 i da je faktor oblika F, za slučaj ploče beskonačne debljine ($F=1.0$), u slučaju da je $n \neq 2$, jednačina glasi:

$$[N]_{N_i}^{N_f} = \frac{1}{C[(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})\pi^{1/2}]^m} \left[\frac{a^{[1-(n/2)]}}{1-(n/2)} \right]_{a_i}^{a_f} \quad (10)$$

U slučaju kada se ove jednačine ne mogu analitički integrirati, mogu se koristiti grafička rešenja metodom korak-po-korak sumiranjem N preko diskretnih vrednosti da/dN i ΔK . U još kompleksnijim slučajevima, može se koristiti *Runge-Kutta metod*.

Literatura:

1. Osgood, C.C.: *Fatigue Design*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY., 1970
2. Ratwani M. M, "Repair/Refurbishment of Military Aircraft" AGARD Lecture Series 206, *Aging Combat Aircraft Fleets – Long Term Implications*, 1996.
3. EADS Airbus GmbH: *Advanced fuselage design with respect to fatigue and damage tolerance-- Airbus Conference Center Hamburg, January 2001*.
4. Paris, P.C., and Sih, G.C., "Stress Analysis of Cracks." *ASTM 1963, STP 381*.

Simonović A., Stupar S., Komarov D., Stanojević M.¹

SAVREMENE METODE PROJEKTOVANJA VETROGENERATORA

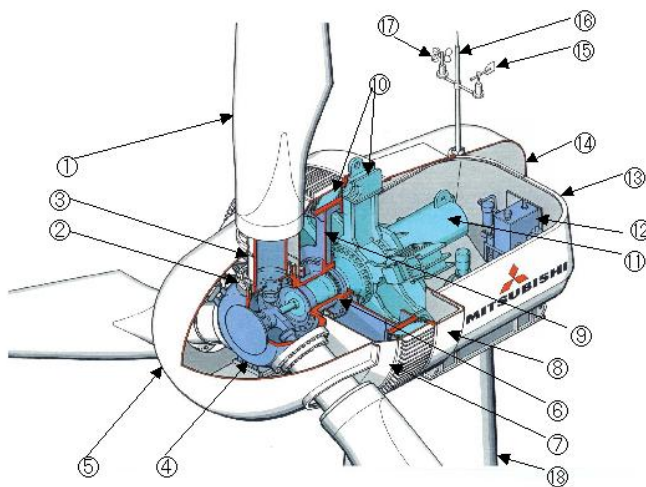
Rezime

Projektovanje vetrogeneratora je multidisciplinarni problem. Za realizaciju projekta savremenih vetrogeneratora potrebno je integrisati najnovija dostignuća aerodinamike, mehanike, aeroelastičnosti, elektrotehnike, tehnologija proizvodnje i savremenih softverskih alata. Trend integracije softvera za modeliranje, analizu i optimizaciju znatno olakšava i skraćuje vreme projektovanja složenog tehničkog sistema kakav je vetrogenerator.

1. UVOD – TRENDOVI RAZVOJA VETROGENERATORA

Zahvaljujući ogromnom tehnološkom napretku u poslednjih dvadeset godina moderni vetrogeneratori su postali pouzdani sistemi sa prosečnim radnim vekom od preko dvadeset godina. Snaga turbina je povećana oko 100 puta, troškovi proizvodnje energije su smanjeni, čime vetrogeneratori postaju konkurentni konvencionalnim izvorima energije. U isto vreme, razvijane su i metode projektovanja i računarski alati za implementaciju tih metoda koji su sposobni da odgovore zahtevima za povećanjem snage, efikasnosti, smanjenjem buke, narušavanja okoline itd. Još uvek postoje mnogi izazovi koji se postavljaju pred inženjere, što za sobom povlači dalje razvijanje metoda projektovanja, proizvodnje i izgradnje vetroturbina.

Eksploatacija energije vetra modernim vetroturbinama je moguća za širok raspon brzina vetra. Uprkos predviđanjima da će doći do prestanka rasta veličine rotora i da će se ustaliti upotreba rotora srednje veličine snaga do 1.5MW, on se nastavlja u komercijalnoj eksploataciji iz godine u godinu. Danas se mogu naći mašine sa rotorima prečnika preko 120m snage 5MW, koji su namenjeni kako eksploataciji vetroenergije na kopnu tako i na moru.



Slika 1. Moderna direct-drive vetroturbina

Na slici 1 prikazana je konstrukcija direct-drive megavatne turbine, koja se sastoji od rotora sa glavčinom i lopaticama, kućišta i stuba. Kod ovakvih konstrukcija vetroturbina glavčina rotora je direktno povezana sa elektrogeneratorom – ovakvi sistemi su poznati kao „direct drive“ sistemi. Ostali („drive – train“) sistemi, se sastoje od sporo rotirajućeg vratila rotora na jednoj strani, multiplikatora u kućištu i brzohodog vratila elektrogeneratora. Rotor i kućište su najčešće montirani na cevnu konstrukciju stuba.

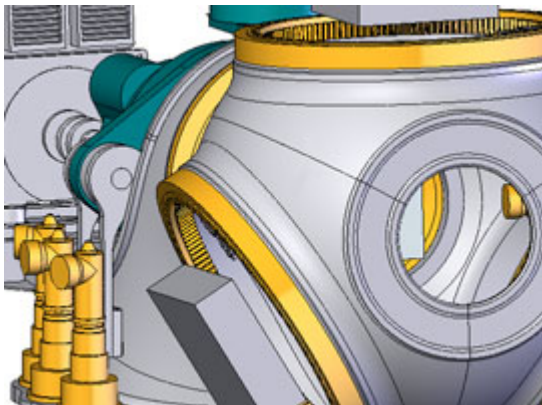
¹ mr Aleksandar Simonović, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
prof. dr Slobodan Stupar, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3370-303, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
Dragan Komarov, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: dkomarov@mas.bg.ac.yu
Marija Stanojević, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd

2. PROCES PROJEKTOVANJA (MODELIRANJA, ANALIZE I OPTIMIZACIJE)

Projektovanje jednog vetrogeneratora predstavlja kompleksan proces, počevši od zahtevanog dizajna preko modeliranja, proračuna, analiza i optimizacije, pa sve do usvojenih parametara odnosno postavljanja same konstrukcije. Sprovođenje ove procedure do kraja zahteva duži vremenski period što uslovljava veće troškove i uslozljavanje procesa proizvodnje. Isto tako, analize pri konstruisanju i sklapanju komponenti vetrogeneratora podrazumevaju interakciju većeg broja disciplina koju je moguće ostvariti uvođenjem integrisanih softvera.

Na osnovu izvršenih merenja brzine vetra na terenu i zahtevane snage vetrogeneratora vrši se aerodinamički proračun rotora i izbor osnovnih parametara neophodnih za konstrukciju. U okviru aerodinamičkog proračuna, prema određenoj brzini vetra i potrebnoj snazi, bira se odgovarajući prečnik rotora i broj lopatica. Pri usvajanju tipa aeroprofila, potrebno je izabrati aeroprofil sa kojim se postižu optimalne vrednosti sile uzgona, sile otpora, dužine tetive i nagiba lopatice u cilju funkcionalnosti rotora i maksimalnog iskorišćenja kapaciteta vetra. Nakon završetka aerodinamičkog proračuna i izbora parametara rotora, pristupa se definisanju ostalih konstruktivnih delova: transmissionog sistema, generatora, stuba vetrogeneratora.

Projektovanje vetrogeneratora je primer multidisciplinarnog problema u kome je potrebno istovremeno sagledati ponašanje konstrukcije sa aspekta aerodinamike, mehanike, aeroelastičnosti, elektrotehnike i interakcije ovih naučnih disciplina. Upotreba informacionih tehnologija znatno olakšava projektovanje, a u nekim slučajevima predstavlja i jedini način dobijanja pouzdanih rezultata. Neophodno je razvijanje softvera za povezivanje i transfer rezultata koji su dobijeni iz pojedinačnih disciplina. Realizacija ovog zadatka u praksi nije jednostavna, imajući u vidu veliki broj različitih razvojnih platformi, formata zapisa podataka i interno razvijanih softvera koji su nastali u prošlosti. Vodeći proizvođači današnjih komercijalnih CAE softvera pokušavaju da svoje proizvode osposobe za olakšano komuniciranje sa drugim programskim paketima u čemu delimično i uspevaju.

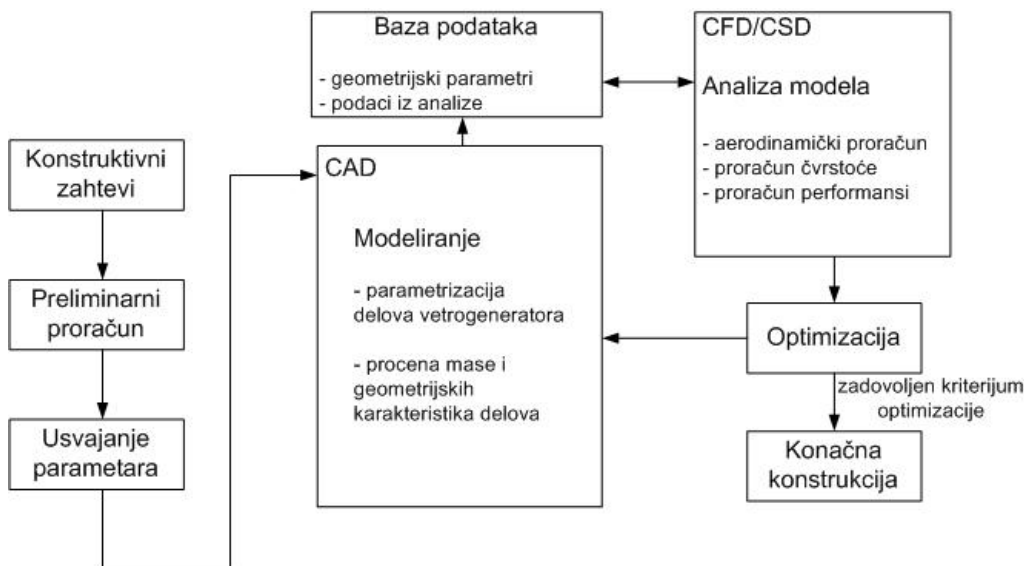


Slika 2. Model glavčine rotora

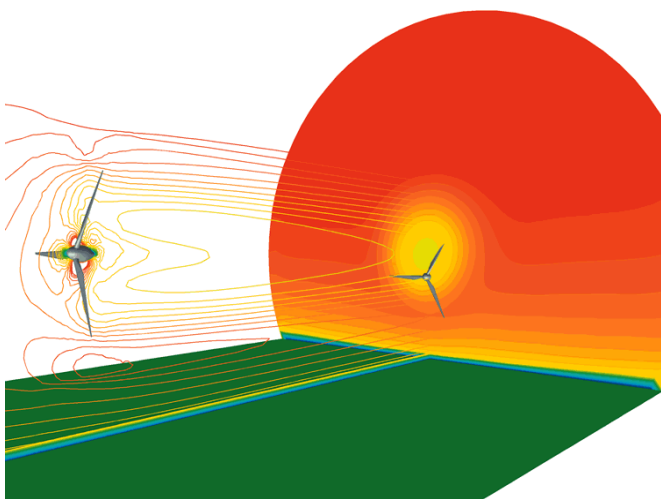


Slika 3. Model rotora vetrogeneratora

Složen sistem kakav je vetrogenerator ne može biti projektovan iz jedne iteracije. Zato je u inicijalnoj fazi projektovanja neophodno koristiti samo najvažnije podatke kako bi se procenila varijantna rešenja konstrukcije, što se značajno pojednostavljuje dobrom parametrizacijom delova. Pri usvajanju parametara treba voditi računa o efikasnosti i fleksibilnosti parametrizovanog modela. Naime, geometrijski oblici mogu biti definisani na više načina, koristeći manji ili veći broj parametara, što utiče na fleksibilnost i efikasnost definisane geometrije. Organizacija modela je takođe vrlo značajna, veliki broj podataka, delova, podsklopova i sklopova treba biti povezan tako da manipulacija i izmene na delovima budu što je moguće jednostavnije. Treba imati na umu da broj parametara i složenost modela treba redukovati za model koji se izvozi iz CAD softvera za strukturnu i aerodinamičku analizu u CSD/CFD programima.



Slika 4. Tok projektovanja vetrogeneratora

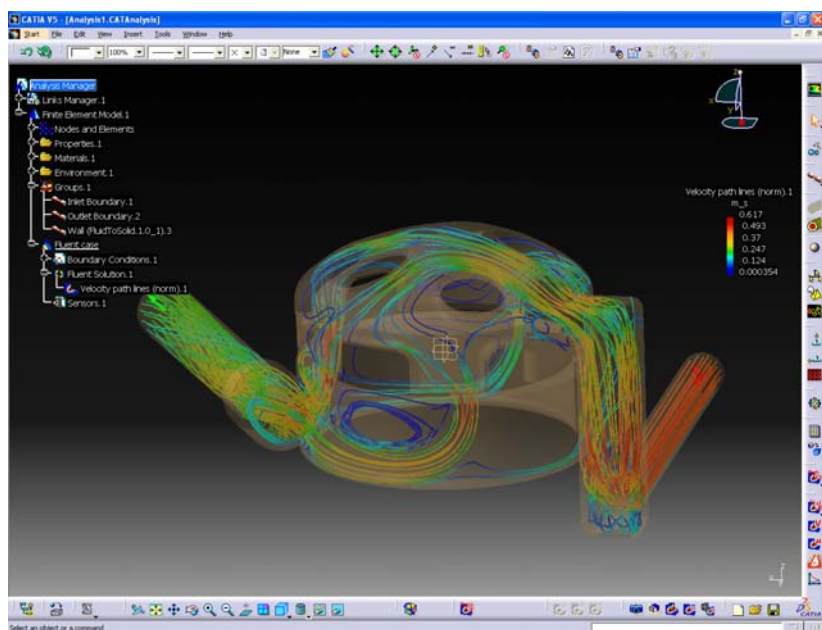


Slika 5. CFD simulacija strujanja oko rotora vetroturbine

Na slici 4 je prikazan proces savremenog projektovanja. Postupak će biti ukratko objašnjen na primeru rotora. Posle izvršenog preliminarnog proračuna na osnovu zahteva i usvajanja parametara rotor se modelira u CAD softveru. Parametrizovani model se smešta u bazu podataka. Za analizu modela se koriste specijalizovani programi za aerodinamički proračun, proračun čvrstoće i performansi. Dobijeni podaci vezani za dati model se pohranjuju u bazu podataka i koriste se kao inicijalni podaci za optimizaciju. Aerodinamička i strukturalna optimizacija su usko povezane sa softverom za analizu. Naime, u iterativnom postupku optimizacije mogu se iskoristiti postojeća softverska rešenja za aerodinamičku i strukturalnu analizu za izračunavanje veličina stanja nastalih variranjem oblika dela.

Ukoliko postoji rešenje optimizacionog problema, odnosno ako postoji konstrukcija koja ispunjava kriterijume optimizacije, dobijeni parametri se koriste za izradu konačnog modela i proveru njegovih aerodinamičkih i mehaničkih svojstava.

Iako implementacija metoda multidisciplinarnе aerodinamičke i strukturne optimizacije u proces projektovanja još uvek nije postala standard, usled naglog razvoja i povećanja mogućnosti računara to treba očekivati u bliskoj budućnosti. Pored hardverske zahtevnosti, multidisciplinarna optimizacija još uvek nema široku primenu i zbog toga što pojedinačne grane mašinstva i tehnike uopšte imaju različite potrebe i pristupe optimizaciji, a kao posledicu toga i razvijene različite specijalizovane alate. Međutim, u poslednjih nekoliko godina se sve češće sreću implementacije različitih multidisciplinarnih metoda optimizacije. Na primer, aeroelastičnu optimizaciju rotora vetrogeneratora je moguće izvesti ne oslanjajući se na različite pristupe i alate koji se koriste u aerodinamici i teoriji elastičnosti, koristeći zajednički geometrijski model. Poznato je da CFD simulacija (slika 5), za razliku od CSD simulacije zahteva formiranje proračunske mreže u prostoru oko modela. Mreža unutar modela nije potrebna. CSD mreža modela koji su sačinjeni od površi je formirana od ljuski, dok su za CFD 3D simulaciju potrebni zapreminski elementi. Moguće je formirati proračunsku mrežu koja bi bila korišćena za obe simulacije, ali na uštrb tačnosti rezultata. Alternativni način predstavljao bi formiranje dve različite mreže na osnovu istog geometrijskog modela koje bi koristili programi za simulacije. U tom slučaju se rezultati dobijeni korišćenjem jedne proračunske mreže koriste za modifikaciju druge mreže pomoću algoritama za interpolaciju. MpCCI (Mesh-based parallel Code Coupling Interface) je biblioteka koja omogućava sprezanje odvojenih simulacija i njihovu primenu za aeroelastičnu optimizaciju. Ovaj kod je razvijen na Fraunhofer institutu.



Slika 6. Integrisana numerička simulacija strujanja u CATIA-i V5

Tokom prethodnih godina, vodeće CFD kompanije (Fluent, ICEM CFD Engineering, CD-Adapco) su najavile svoje CFD softvere koji su integrisani u postojeće CAD programe (CATIA V5, Pro/Engineer, I-DEAS, SolidWorks, Unigraphics). Prednosti integracije su: eliminisanje upotrebe programa za pripremu proračunske mreže i potrebe za eksportovanjem modela, korišćenje parametarskih funkcija CAD sistema za pravljenje mreže, mogućnost uključivanja analize strujanja u ranim fazama projektovanja što rezultuje boljim performansama i skraćenom vremenu modeliranja. Jedno od takvih rešenja je Fluent za CATIA-u V5 predstavljen marta 2006. na konferenciji CATIA Operators Exchange.

3. ZAKLJUČAK

Savremeni trendovi razvoja vetrogeneratora zahtevaju primenu modernih softverskih paketa za modeliranje, analizu i optimizaciju konstrukcija. Upotrebom ovih alata vreme projektovanja i reprojektovanja se znatno skraćuje. Integracija programa za modeliranje, proračun čvrstoće i strujanja od strane vodećih softverskih kompanija u ovim oblastima će dodatno olakšati ovaj kompleksan proces. Povezivanjem ovih CAE programskih paketa se prevazilaze raniji problemi vezani za uvoz i izvoz modela iz programa za modeliranje u programe za analizu konstrukcija.

4. LITERATURA

- [1] Wind turbines, Erich Hau, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- [2] Multidisciplinary aircraft design and evaluation software integrating CAD, analysis, database, and optimization, H. Y. Hwang et al., Advances in Engineering Software 37, Elsevier Science Ltd. (2006)
- [3] Associative parametric CAE methods in the aircraft pre-design, Christof Ledermann et al. Aerospace Science and Technology 9, Elsevier SAS (2005)
- [4] A CAD-based design parameterization for shape optimization of elastic solids, Edwin Hardee et al., Advances in Engineering Software 30, Elsevier Science Ltd. (1999)

MODERN METHODS OF WINDTURBINE DESIGN

Abstract

Windturbine design is multidisciplinary problem. Design of modern windturbines considers integration of latest achievements of aerodynamics, mechanics, aeroelasticity, electrical engineering, production technologies and modern software tools. Design, analysis and optimization software integration reduce design time of complex technical systems such as windturbines and makes it significantly easier



RAZVOJ REPNOG ROTORA HELIKOPTERA SAVREMENIM SOFTVERSKIM ALATIMA

Rezime

Repni rotor helikoptera obezbeđuje bočnu silu koja kompenzuje dejstvo obrtnog momenta nastalog na glavnom rotoru. U radu je prikazano modeliranje repnog rotora vrlo lakog helikoptera primenom softverskog paketa CATIA V5 prema podacima dobijenim iz aerodinamičkog proračuna. Korišćenjem modernih softverskih alata procesi projektovanja i izrade komponenti su znatno ubrzani.

1. ULOGA REPNOG ROTORA

Najveći broj izvedenih konstrukcija helikoptera projektovane su sa jednim glavnim i jednim repnim rotorom. Dve najvažnije funkcije repnog rotora su:

1. ostvarivanje bočne sile za kompenzaciju ortnog momenta glavnog rotora
2. obezbeđivanje stabilnosti i upravljivost pri skretanju i manevrisanju letelicom oko vertikalne ose

Repni rotor je postavljen na zadnjem kraju repne grede. Sa glavnog reduktora, vratilom se vrši prenos snage (10% ukupne snage) do repnog reduktora koji je podsklop sistema repnog rotora. Usvojene konstruktivne karakteristike repnog rotora su njegov prečnik, broj obrtaja, broj lopatica i brzina vrha lopatica. Aerodinamičkim proračunom se dobijaju geometrijske karakteristike kao i opseg napadnih uglova lopatica repnog rotora.

Primarna uloga repnog rotora - obezbeđivanje bočne sile potrebnog intenziteta postiže se menjanjem napadnih uglova lopatica u okviru projektovanog opsega. Napadne uglove lopatica odnosno potisnu silu repnog rotora pilot kontroliše komandovanjem nožnim pedalama postavljenim na podu kabine. Repni rotor, takođe, obezbeđuje specifično ubrzanje pri skretanju, u uslovima dejstva bočnih vetrova, uzimajući u obzir moguće gubitke u efikasnosti usled interferencije između repnog rotora i vertikalnog stabilizatora, i ostvaruje silu shodno povećanju uzgona glavnog rotora.

Iako je energija buke proizvedena repnim rotorom samo deo one koja potiče od glavnog rotora, visoke frekvencije repnog rotora su neprijatnije te je u toku projektovanja i redizajna zbog savremenih propisa potrebno uticati na njihovo smanjenje.

Prema standardima, opterećenje diska repnog rotora treba da bude dovoljno veliko da bočno sletanje bude moguće bez ulaska repnog rotora u vrtložni prsten. Snaga na repnom rotoru zavisi od specifičnog opterećenja diska rotora koje je manje pri većem prečniku rotora. S druge strane zbog prostornih ograničenja kao i nepovoljnosti sa strukturno-dinamičkog aspekta nameće se gornja granica veličine rotora. Na osnovu ovih ograničenja zajedno sa aerodinamičkim parametrima može se dimenzionisati repni rotor.

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
Marija Stanojević dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd

Repni rotor se najčešće projektuje sa dve ili četiri lopatice, bez naglašene aerodinamičke prednosti jedne konstrukcije nad drugom. Lopatice su obično vitoperene u cilju smanjenja indukovane snage. Bez obzira na to, vrednost vitoperenja je mala da bi se izbegli gubici u efikasnosti (mogućnost zaustavljanja repnog rotora pri spuštanju).

Iako preseki dizajniranih lopatica nekih repnih rotora predstavljaju zakrivljene aeroprofile, većina rotora helikoptera koristi simetrične aeroprofile zbog dobrih performansi. Veće vrednosti maksimalne sile uzgona dobijene zakrivljenim aeroprofilima dovode do minimizacije dimenzija i težine rotora. Niže vrednosti brzine krajeva lopatica su pogodne za minimizaciju buke ali i povećavaju obrtni moment.

Potrebna snaga za operativnost repnog rotora nalazi se u opsegu 0.05-0.10 vrednosti snage glavnog rotora. Upotreba vertikalnih repnih površina za dobijanje bočne sile pri letu "unapred" može dovesti do smanjenja zahtevane snage repnog rotora. Ukoliko je rastojanje između vratila glavnog i repnog rotora označeno sa x_{TR} , sila potiska repnog rotora će biti:

$$T_{TR} = \frac{(P_i + P_o + P_p)}{\Omega x_{TR}}, \text{ gde je } \Omega \text{ ugaona brzina glavnog rotora.}$$

Interferencija između glavnog i repnog rotora kao i između repnog rotora i vertikalnog stabilizatora je obično zanemarena u preliminarnim analizama. Pri velikoj brzini leta, snaga repnog rotora se povećava kao i obrtni moment glavnog rotora. Zbog relativno male vrednosti snage utrošene za rad repnog rotora, prema prvim procenama performansi, snaga se može izraziti kao mali deo (oko 10%) ukupne snage glavnog rotora.

2. MODELIRANJE

Helikopter za koji se projektuje repni rotor pripada kategoriji vrlo lakih letelica, klasične koncepcije - sa jednim glavnim i jednim repnim rotorom. Projektovanje se vrši prema JAR VLR propisima, a maksimalna masa letelice na poletanju je 650 kg. Ovaj helikopter je dvosed, a pogonsku grupu čine dva motora ukupne snage 149kW pri broju obrtaja $n=5500 \text{ min}^{-1}$.

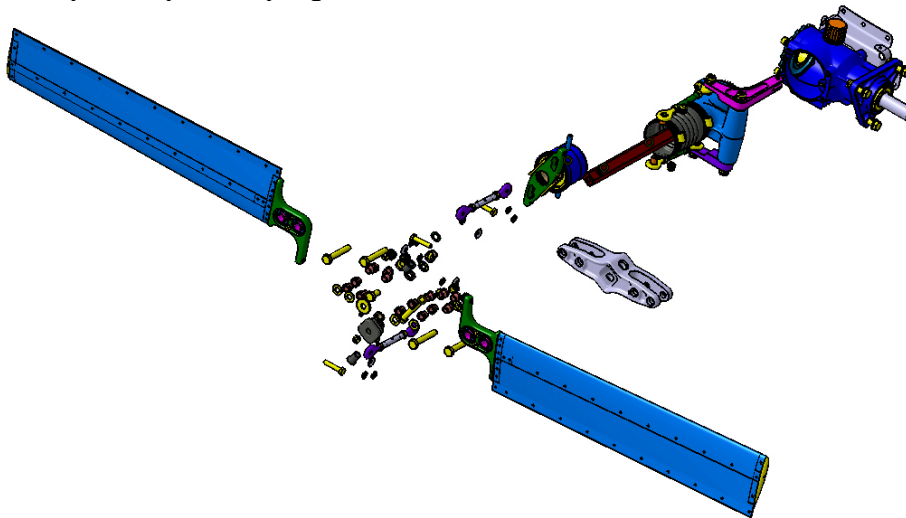
Konstruktivne karakteristike dobijene aerodinamičkim proračunom repnog rotora su:

Poluprečnik repnog rotora $R_r = 0.575 [m]$.

Tetiva lopatice repnog rotora $l_r = 100 [mm]$.

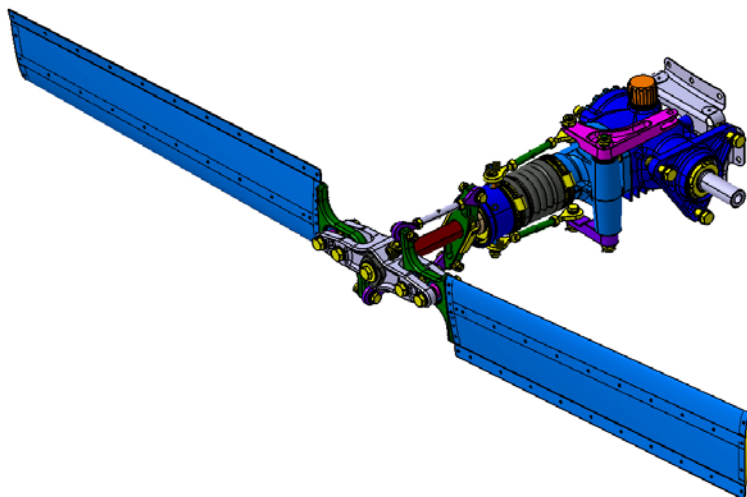
Broj obrtaja repnog rotora u minutu: $n = 2908 [ob/min]$. Odnos broja obrtaja repnog rotora i motora iznosi $n : n_E = 2908 : 5500 \approx 0.53$ na osnovu koga je izvršen proračun repnog reduktora.

Usvojeni aeroprofil lopatice repnog rotora: NACA 0015.



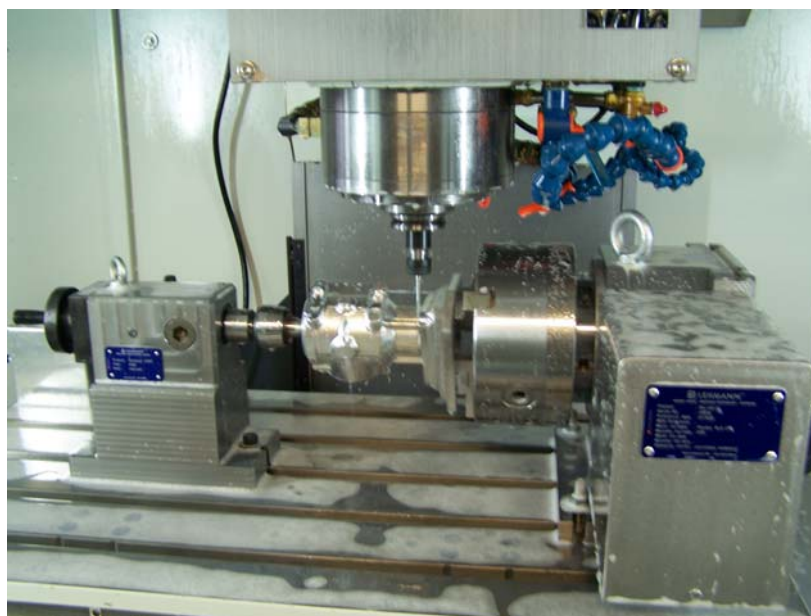
Slika 1. Podsklopovi i delovi sklopa repnog rotora

Modeliranje celokupnog sklopa repnog rotora helikoptera je izvršeno primenom CATIA V5 paketa. Na slikama 1. i 2. je prikazan CAD model repnog rotora koji se sastoji od podsklopova: repni reduktor sa kućištem, izlazno vratilo repnog reduktora, sistem za upravljanje nagibom lopatica, glava repnog rotora, lopatice i vezni elementi između lopatica i glave. Modeliranje ovog složenog sklopa sa više od 200 delova izvršeno je dizajniranjem pojedinačnih delova u okviru modula *Shape* i *Mechanical Design* primenom radnih okruženja *Sketcher*, *Part Design*, *Aerospace Sheet Metal Design*, *Assembly Design* i *Generative Shape design*.



Slika 2. Sklop repnog rotora

Dobijanje APT i NC koda kao i verifikacija putanje putanje alata je izvršeno u okviru *Machining* modula za pojedine delove sklopa. Njihova izrada je izvršena na numerički upravljanoj mašini (slika 3. i 4.)



Slika 3. Izrada kućišta reduktora repnog rotora



Slika 4. Izradjene komponente sklopa repnog rotora helikoptera

3. ZAKLJUČAK

Lopaticice repnog rotora su kompozitne strukture, dok su ostali delovi uglavnom izrađeni od duraluminijuma. Projektovanje komponenti repnog rotora predstavlja dugotrajan proces koji zbog svoje složenosti zahteva značajne ljudske i vremenske resurse. Primena CAD/CAM tehnologija i integrisanih softvera donosi ogroman napredak u dizajniranju i analizi, uštedu resursa, a ujedno omogućava i laku rekonstrukciju i modifikovanje delova. Postupak CAD/CAM modeliranja, od CAD do CAM modela, sa krajnjim ciljem obrade na mašini, omogućava dobijanje delova koji mogu da zadovolje visoke standarde u vazduhoplovstvu.

4. LITERATURA

- [1] CATIA V5 User's Documentation, Dassault Systemes, 2003.
- [2] Izveštaj „Aerodinamički proračun ultralakog helikoptera“, Mašinski fakultet, 2005.
- [3] Helicopter Dynamics, Bramwell ARS, 1976, Edward Arnold, London
- [4] CAD/CAM kompozitne lopaticice rotora helikoptera, A.Simonović, S. Živanović, 31.Jupiter konferencija, 18. simpozijum CAD/CAM, Zlatibor 2005.

MODERN SOFTWARE TOOLS HELICOPTER TAIL ROTOR DEVELOPMENT

Abstract

Helicopter tail rotor provides side force for main rotor torque compensation. This paper presents tail rotor modeling of very light helicopter with CATIA V5 according to data gained by aerodynamic calculation. Using modern software tools design and production time are considerably reduced.



Stupar S., Simonović A., Komarov D., Stanojević M.¹

PARAMETARSKO GENERISANJE GEOMETRIJE LOPATICE VETROGENERATORA U CATIA V5

Rezime

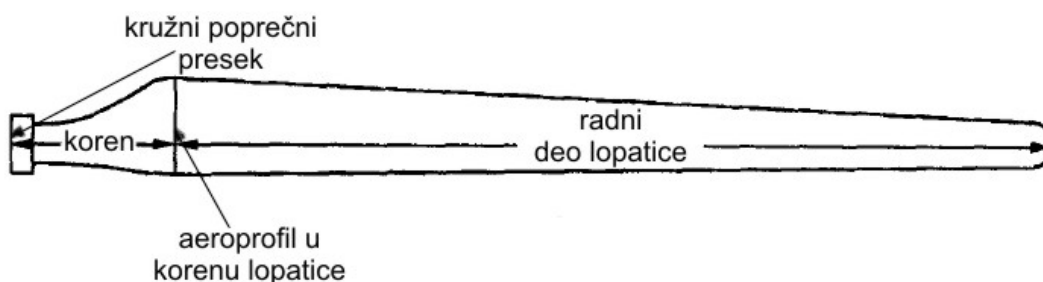
Konstruisanje lopatice vetrogeneratora je kompleksan zadatak. Oblik lopatice zavisi od velikog broja parametara čijim promenama se značajno utiče na karakteristike rotora vetrogeneratora i njegovu efikasnost. Parametrizacijom geometrije lopatice i korišćenjem mogućnosti savremenih softverskih paketa i naprednih CAD alata, kao što je CATIA V5 moguće je znatno skratiti vreme modeliranja i ubrzati proces optimizacije za predviđene eksploatacione uslove.

1. UVOD

Projektovanje lopatica rotora vetrogeneratora je multidisciplinarni problem, sa velikim brojem sukobljenih zahteva i ograničenja, kao što su postizanje maksimalnog iskorišćenja vetra uz minimalna opterećenja i buku. Vetrogeneratori rade u širokom opsegu radnih režima, od optimalnih do ekstremnih uslova. Stoga je razvoj metoda optimiziranja geometrijskog oblika lopatica kompleksan zadatak. Prvi korak u ovom procesu je kvalitetna parametrizacija oblika lopatice, čime se postiže olakšano naknadno modifikovanje geometrije uz minimalan utrošak vremena, što je za vetrogeneratore od velikog značaja s obzirom na potrebu za optimiziranjem konstrukcije u zavisnosti od osobina vetra na mestu instalacije i samih uslova eksploatacije. Dobro parametrizovana lopatica predstavlja osnovu za optimiziranje.

Geometrijski parametri potrebni za konstrukciju lopatice rotora vetrogeneratora se dobijaju iz aerodinamičkog proračuna koji se zasniva na nekoj od aerodinamičkih teorija rotora (teorija idealnog rotora, teorija elemenata lopatice, vrtložna teorija i dr.). Aerodinamičkim proračunom se definišu svi parametri koji su potrebni za modeliranje lopatice; za usvojene uslove strujanja i potrebnu snagu vetrogeneratora određuju se parametri lopatice: prečnik rotora, broj lopatica, aeroprofil lopatice, tetiva i debljina aeroprofila na različitim radijalnim rastojanjima od ose rotacije lopatice i nagib aeroprofila. Pored aerodinamičkih zahteva, lopatica mora ispuniti i postavljene zahteve sa aspekta čvrstoće i aeroelastičnosti. Lopatica mora biti konstruisana tako da izdrži sva radna opterećenja (nominalni radni režimi i preopterećenja izazvana naletima vetra) tako da ostane funkcionalna. Konstrukcija korena lopatice je upravo vezana za strukturne zahteve, koji određuju potrebnu debljinu aeroprofila u ovoj sekciji lopatice. Koren lopatice je vezan za glavčinu rotora. Prelaz aeroprofila korena lopatice na kružni poprečni presek korena koji se vezuje za glavčinu rotora mora biti gladak. Ovaj deo lopatice ne učestvuje u procesu razmene energije. Vitoperenje lopatice je definisano uglom nagiba aeroprofila oko uzdužne ose lopatice na njenim različitim sekcijama. Glavni kriterijum izbora ugla postavljanja aeroprofila je što je moguće ravnomernija raspodela opterećenja uz postizanje što većih sila uzgona duž lopatice, a samim tim i veće količine apsorbirane energije.

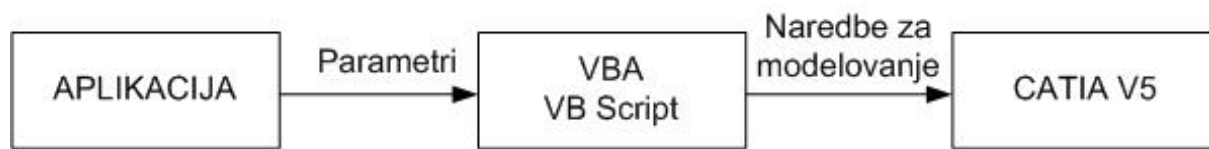
¹ prof. dr Slobodan Stupar, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3370-303, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
mr Aleksandar Simonović, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
Dragan Komarov, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: dkomarov@mas.bg.ac.yu
Marija Stanojević, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd



Slika 1. Lopatica vetrogeneratora – koren lopatice i radni deo lopatice

2. INTEGRISANJE SOFTVERSKIH APLIKACIJA I CATIA V5 PAKETA

U programskom paketu CATIA V5 proces modeliranja dela ili sklopa može biti značajno ubrzan upotrebom makroa i ugrađenih skript jezika. Na Windows platformi su podržani Visual Basic for Applications i Visual Basic Scripting Edition, preko kojih je moguće izvršiti parametrizaciju i ubrzavanje procesa projektovanja u okviru samog paketa CATIA V5, ali i povezivanje sa drugim aplikacijama. Na ovaj način je omogućen ne samo unos podataka iz gotovo svakog programskog paketa, već i kreiranje i manipulacija objektima u CATIA V5 iz drugih aplikacija, zahvaljujući postojanju velikog broja ugrađenih programskih klasa, metoda i naredbi.



Slika 2. Veza programskog paketa CATIA V5 sa spoljašnjim aplikacijama

U ovom radu je prikazan postupak modeliranja lopatice vetrogeneratora korišćenjem prethodno izračunatih podataka o sekcijama lopatice koji su uneti u MS EXCEL tabelu. Dati podaci su ulazni za VBA skript koji predstavlja vezu između dva programskih paketa. U skript programu se uneti parametri, zajedno sa odgovarajućim komandama, prosleđuju CATIA-i, npr.

Set Point = PtDoc.Part.HybridShapeFactory.AddNewPointCoord(X, Y, Z)

Set SplineCtrPt =

PtDoc.Part.HybridShapeFactory.AddNewControlPoint(ReferenceOnPoint)
spline.AddControlPoint SplineCtrPt

Na slici 3 je prikazan primer ulaznih podataka za skript program. U tabeli se pored geometrijskih parametara potrebnih za modeliranje lopatice, nalaze komande definisane u skript fajlu. Preko njih se ostvaruje veza sa odgovarajućim komandama u CATIA-i i automatsko iscertavanje prosleđenih elemenata (tačke, linije i površi).

Izvršavanje koda zavisi od tipa podatka u ćeliji tabele. Program prepoznaje da li se radi o komandi ili parametru modela (koordinate modela) i prema tome se donosi odluka o izvršavanju potrebnog potprograma.

	A	B	C
68			
69	StartLoft		
70	StartCurve		
71	48,3080544	-12,9372326	0
72	45,7323787	-11,1466787	0
73	38,0988344	-6,61385411	0
74	26,136345	0,19031131	0
75	11,0540713	6,81737527	0
76	-5,48258718	13,0497049	0
77	-21,890482	17,0878343	0
78	EndCurve		
79	StartCurve		
80	39,6663897	-5,21950139	500
81	37,4365825	-4,06811959	500
82	30,9088556	-1,26955184	500
83	20,7502395	2,57685854	500
84	8,05616032	6,56098342	500
85	-5,71056005	9,77833226	500
86	-19,1461449	11,2687619	500
87	-30,2279012	10,5285662	500
88	EndCurve		
89	StartCurve		
90	25,0052	0	1000
91	23,5296	0,53165	1000
92	19,25645	1,73355	1000
93	12,64795	3,2887	1000
94	4,4571	4,72245	1000
95	-4,3359	5,5936	1000
96	-12,7829	5,42165	1000
97	-19,58945	4,0594	1000
98	-23,82105	2,0397	1000
99	EndCurve		
100	EndLoft		
101	End		
102			
103			

Slika 3. Primer Excel tabele za direktno modeliranje oblika u CATIA-i

Podaci o lopatici		
$r(m)$	$l(m)$	$\theta(^{\circ})$
1,258	0,737	20,05
1,522	0,71	14,04
1,798	0,682	9,67
2,075	0,654	6,75
2,352	0,626	4,84
2,628	0,598	3,48
2,905	0,57	2,4
3,181	0,542	1,51
3,458	0,514	0,76
3,735	0,486	0,09
3,772	0,483	0
4,011	0,459	-0,55
4,288	0,431	-1,11
4,565	0,403	-1,55
4,841	0,375	-1,84
5,03	0,356	-2
5,118	0,347	-2,08
5,395	0,319	-2,36
5,533	0,305	-2,5

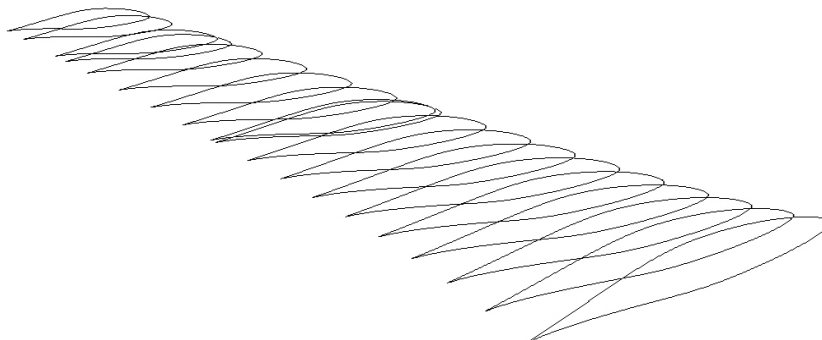
Tabela 1. Dužine tetiva i nagibi aeroprofila duž lopatice

3. PARAMETRIZACIJA I MODELIRANJE LOPATICE



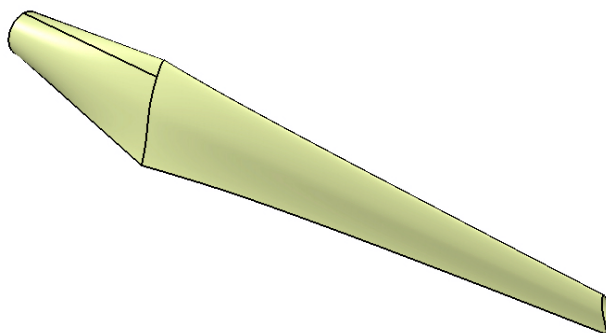
Slika 4. Aerofil modelirane lopatice

Oblik lopatice je definisan aeroprofilima čije se dužine tetiva i debljine dobijaju aerodinamičkim proračunom na više preseka duž lopatice. Za modeliranu lopaticu izabran je aerofil FX 66-196S. Broj preseka mora biti dovoljan za dovoljno precizno aproksimiranje oblika lopatice između dva proračunata preseka, obično se uzima između 15 i 20 sekcija za proračun. Proračun za lopaticu koja je prikazana na slici 6 je izvršen za devetnaest preseka, a izračunati parametri su prikazani u tabeli 1. Parametar r predstavlja radijalno rastojanje računatog preseka lopatice od ose rotacije, l je dužina tetive aeroprofila a θ je ugao nagiba lopatice.



Slika 5. Raspored aeroprofila duž lopatice

Za definisanje gornjake i donjake aeroprofila prikazanog na slici 4 korišćene su 52 tačke koje su zatim spajane zatvorenim splajnom krivom. Za date dužine tetiva računane su koordinate svake od pedesetdvije tačke koje su zatim transformisane tako da aeroprofil bude postavljen pod uglovima koji su dati u tabeli 1. Postupak se ponavlja za svih devetnaest preseka lopatice (slika 5). Tako pripremljeni podaci se prosleđuju VBA skriptu koji na osnovu njih iscrtava potrebne tačke, linije i površi u CATIA-i. Konačan model lopatice je prikazan na slici 6.



Slika 6. Lopatica sa osom rotacije aeroprofila na trećini tetive

4. ZAKLJUČAK

Određivanje oblika lopatice vetrogeneratora je složen zadatak. Zbog velikog broja promenljivih veličina čijim variranjem se dolazi do optimalnog oblika lopatice postoji zahtev za jednostavnom i efikasnom metodologijom njenog modeliranja. Primenom izloženog postupka se značajno skraćuje vreme trajanja ciklusa projektovanja. Dobijeni model lopatice se može koristiti, kao jedno od međurešenja, u optimizacionom procesu izvozom modela u nekom od formata koji je podržan od strane softverskih paketa za proračun čvrstoće i strujanja. Ukoliko se radi o konačnom modelu dobijena lopatica može biti upotrebljena za proces proizvodnje. Postojeći postupak, kao jedan od koraka u procesu optimizacije, je moguće dalje usavršavati, npr. povezivanje sa softverskim paketima za optimizaciju i automatsko menjanje ulaznih parametara, automatsko variranje zadatih geometrijskih parametara itd.

5. LITERATURA

- [1] Wind turbines, Erich Hau, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- [2] CATIA V5R15 User's Manual
- [3] Aeroprofil, Stefanović Z., Mašinski fakultet u Beogradu (2005)
- [4] Design of a Tapered and Twisted Blade for the NREL Combined Experiment Rotor, Giguere P., Selig M. S., NREL (1999)
- [5] CAD geometrije lopatice vetrogeneratora, Z. Petrović, S. Stupra, A. Simonović, 31. Jupiter konferencija, 18. simpozijum CAD/CAM, Zlatibor 2005.

PARAMETRIC GENERATION OF WINDTURBINE ROTOR BLADE GEOMETRY IN CATIA V5

Abstract

Windturbine blade design is complex task. The blade shape is a function of vast number of parameters which variations influence wind turbine's rotor characteristics significantly. Parameterization of blade geometry and usage of modern software capabilities with advanced CAD tools, such as CATIA V5, may reduce design time and process of optimization for expected conditions of exploitation. .



Grbović A.,...¹

PARAMETARSKA OPTIMIZACIJA REBRA KRILA AVIONA „LASTA“

U ovom radu prikazana je optimizacija geometrije rebra krila aviona „LASTA“. Varirano je 10 geometrijskih parametara dok je definisani parametar stanja bio maksimalni dozvoljeni napon. Cilj proračuna bio je minimalizovati zapreminu/masu ovog dela letelice. Proračun je sproveden u programskom paketu ANSYS. Optimizovana geometrija rebra lakša je za 7%.

UVOD

Optimalna težina vazduhoplova je jedan od najvažnijih konstruktivnih zahteva koji se postavlja pred vazduhoplovne inženjere. Opšte je poznato da performanse letelice u najvećoj meri zavise od njene ukupne težine što znači da svaka ušteda na masi komponenti ili sklopova letelice doprinosi povećanju brzine, manevarskih sposobnosti, nosivosti itd. Razvijen je veliki broj analitičkih metoda pomoću kojih se u fazi projektovanja mogu, sa velikom tačnošću, odrediti ukupna masa/težina kao i položaj težišta vazduhoplova. Naravno, tačne vrednosti moguće je odrediti tek kad se svi delovi letelice proizvedu, mada mnogi moderni softverski alati (CATIA, SolidWorks, ProEngineer...) imaju mogućnost proračuna mase i težišta na osnovu geometrije 3D modela projektovanih u njima. Međutim, tek proračun čvrstoće nosećih elemenata konstrukcije može da pruži odgovor na pitanje gde i kako možemo da uštedimo na masi delova letelice tj. gde konstrukciju možemo da olakšamo uklanjanjem suvišnog materijala, a da ne dovedemo u pitanje njenu nosivost ili aerodinamičke karakteristike. Na žalost, odgovor na ova pitanja (gde i kako promeniti geometriju?) nije nimalo jednostavan. Veliki broj geometrijskih parametara, zatim parametri stanja (naponi, deformacije) kao i njihovi međusobni odnosi imaju presudan uticaj na nosivost elemenata konstrukcije, pa je određivanje optimalnih vrednosti ovih parametara u prošlosti zahtevalo nedelje i nedelje mukotrpnog rada velikog broja inženjera.

Danas je situacija dosta povoljnija za konstruktore jer upotrebom moćnog hardvera, u kombinaciji sa programima za metodu konačnih elemenata (ANSYS, MscPatran/Nastran, ALGOR i dr.), probleme optimizacije moguće je rešavati veoma brzo i sa veoma visokim stepenom tačnosti. Upravo je svrha ovog rada da demonstrira metod pronalaženja optimalnog geometrijskog rešenja u situaciji kada se varira više od 10 parametara sa ciljem da se minimalizuje zapremina elementa konstrukcije što, posledično, dovodi i do smanjenja njegove mase.

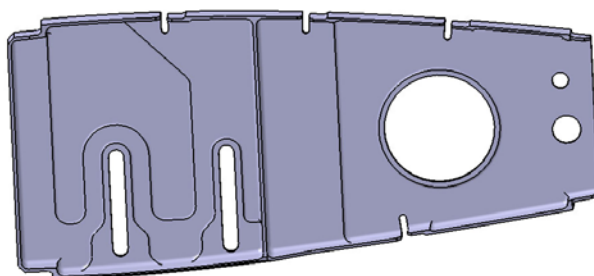
Za model je uzet deo rebra 'LASTE' koji je optimizovan za određeno pretpostavljeno spoljašnje opterećenje i shodno tome modifikovana je inicijalna geometrija, a zatim je proverena nosivost novodobijene geometrije. Proračun je sproveden u programskom paketu ANSYS.

POSTAVKA PROBLEMA I DEFINISANJE PARAMETARA OPTIMIZACIJE

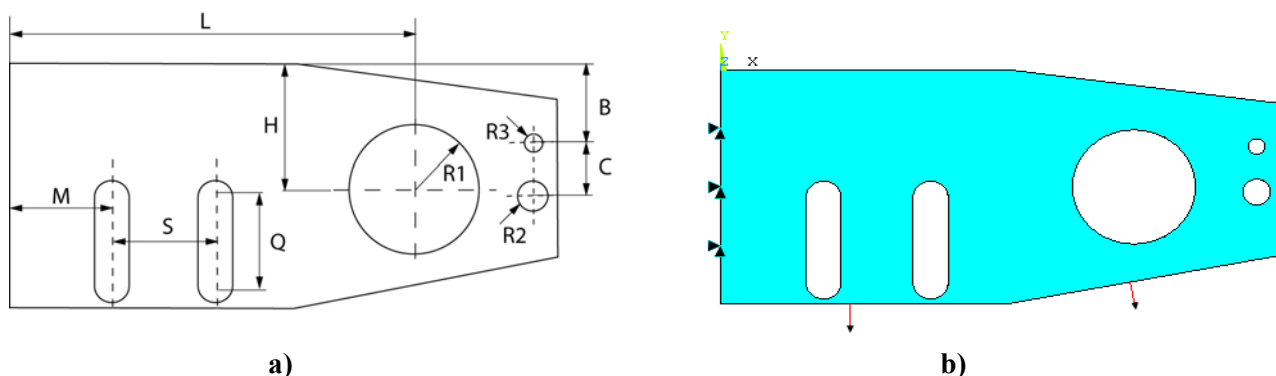
Inicijalna 3D geometrija rebra koje je bilo predmet optimizacije data je na slici 1. Na osnovu ove geometrije napravljen je nešto uprošćeniji model za proračun (zanemareni su otvori za uzdužnike i pojaseve ramenjače) predstavljen slikom 2-b. Razlog za uprošćavanje leži i u činjenici da su rebra tanki elementi opterećeni samo u svojoj ravni tako da imaju dvodimenzionalno naponsko stanje. Shodno tome, za konačni element usvojen je element PLANE82 koji se sastoji od 8 čvorova sa dva stepena slobode u svakom čvoru i kojem je moguće definisati određenu malu debljinu jednaku debljini rebra. Materijal rebra je legura aluminijuma ($E=71,018\text{MPa}$; $\nu=0,33$; zatezna čvrstoća $S_y=524\text{MPa}$). Na svojim krajevima ovaj je element vezan tako da mu je onemogućeno pomeranje, a opterećenje je uneto u vidu ravnomerno raspoređenog pritiska vrednosti 23Mpa

¹ Mr Aleksandar Grbović, Filip Janković, Mašinski fakultet Beograd, tel. 0113370336, e-mail: agrbovic@mas.bg.ac.yu

(slika 2-b). Za dozvoljeni napon usvojena je vrednost 1,5 puta manja od zatezne čvrstoće. Geometrijski parametri koji su optimizovani predstavljani su na slici 2-a, a minimalna i maksimalna vrednost svakog parametra (tj. opseg variranja svakog parametra) kao i granična razlika između dva iterativna koraka ispod koje se smatra da je proračun konvergirao dati su u tabeli 1. Ove vrednosti su usvojene na osnovu određenih fizičkih ograničenja u konstrukciji ovog dela rebra kao i težnje da se zadrže približni oblici gornje i donje ivice aeroprofila zbog željenih aerodinamičkih karakteristika krila. Mreža konačnih elemenata data je na slici 3.



Slika 1: Inicijalna geometrija rebra



Slika 2: a) Geometrijski parametri korišćeni pri optimizaciji, b) Opterećenje i način vezivanja rebra

Parametar	Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost	Tolerancija
B	73mm	80mm	<1mm
C	40mm	50mm	<1mm
H	100mm	140mm	<1mm
L	290mm	390mm	<1mm
M	30mm	100mm	<1mm
Q	80mm	150mm	<1mm
R_1	50mm	85mm	<1mm
R_2	10mm	20mm	<1mm
R_3	5mm	12mm	<1mm
S	50mm	100mm	<1mm

Tabela 1: Opseg dozvoljenih vrednosti parametara optimizacije

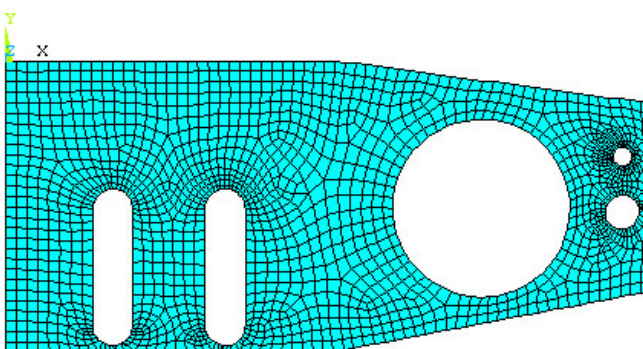
REZULTATI PRORAČUNA I ANALIZA DOBIJENIH VREDNOSTI

Početna geometrija proračunskog rebra imala je zapreminu 95162mm^3 , a konačna geometrija zapreminu od 88518mm^3 što predstavlja smanjenje mase za približno 7%. Proračun je konvergirao nakon 10 iteracija, a kako su se vrednosti parametara optimizacije menjale tokom ovih koraka prikazano je izlaznim listingom programa, dok je slikom 4 prikazana novodobijena, optimizovana geometrija rebra:

LIST OPTIMIZATION SETS FROM SET 1 TO SET 10 AND SHOW ONLY OPTIMIZATION PARAMETERS. (A "*" SYMBOL IS USED TO INDICATE THE BEST LISTED SET)

	SET 1 (FEASIBLE)	SET 2 (FEASIBLE)	SET 3 (FEASIBLE)	SET 4 (FEASIBLE)	SET 5 (FEASIBLE)	SET 6 (FEASIBLE)	SET 7 (FEASIBLE)	SET 8 (FEASIBLE)	SET 9 (FEASIBLE)
(FEASIBLE)									
MISSES_MAX(SV)	349.02	321.25	315.60	327.91	332.77	332.19	335.83	336.03	337.43
B (DV)	77.700	77.698	77.629	77.605	77.577	77.577	77.583	77.584	77.589
C (DV)	45.900	45.909	45.896	45.780	45.656	45.655	45.656	45.655	45.653
H (DV)	118.43	118.86	119.27	119.55	119.89	119.89	119.90	119.89	119.90
L (DV)	386.73	386.62	388.71	388.31	387.84	387.84	387.89	387.86	387.85
M (DV)	96.000	96.722	97.083	96.930	95.068	94.740	94.279	93.411	86.950
Q (DV)	86.000	85.350	86.613	90.223	94.126	94.116	94.132	94.211	94.571
R1 (DV)	57.650	57.480	59.657	65.423	71.845	71.952	71.960	72.017	72.354
R2 (DV)	13.000	13.095	13.387	13.630	13.896	13.896	13.891	13.890	13.896
R3 (DV)	7.8000	7.9323	7.9199	7.8358	7.7452	7.7450	7.7337	7.7331	7.7338
S (DV)	98.000	96.518	96.322	93.558	90.147	90.127	89.919	90.266	91.686
ZAPREMINA(OBJ)	95162.	95252.	94343.	91823.	88777.	88730.	88726.	88695.	88518.

	SET 10 (FEASIBLE)
MISSES_MAX(SV)	336.86
B (DV)	77.589
C (DV)	45.653
H (DV)	119.90
L (DV)	387.85
M (DV)	86.934
Q (DV)	94.571
R1 (DV)	72.354
R2 (DV)	13.896
R3 (DV)	7.7338
S (DV)	91.687
ZAPREMINA(OBJ)	88518.



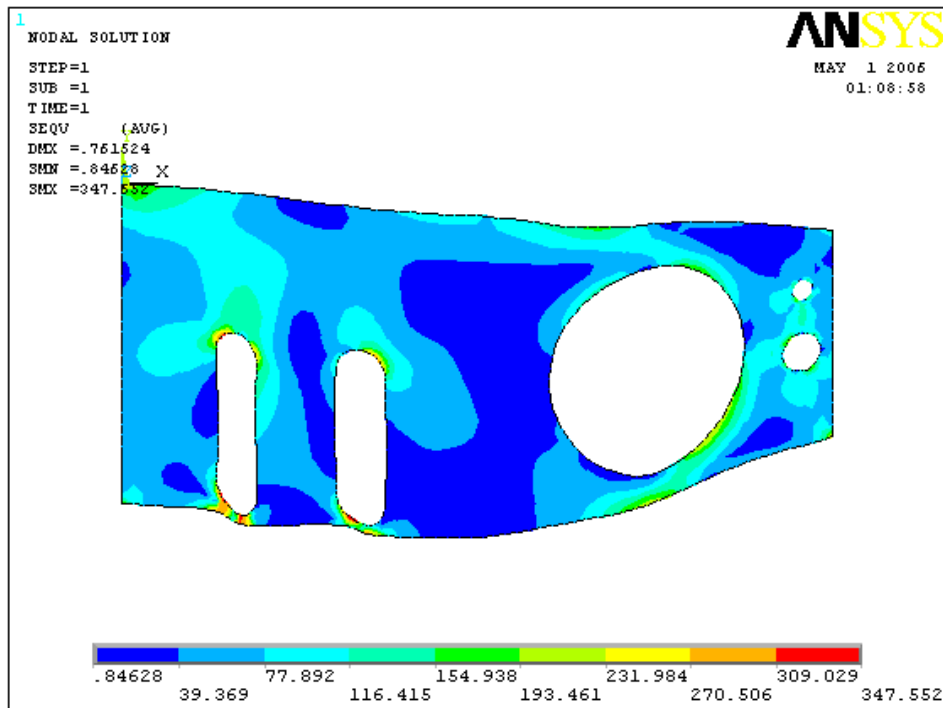
Slika 4: Izlazni listing programa i geometrija optimizovanog rebra

Poređenjem slike 4 i slike 3 (ili posmatranjem izlaznih vrednosti) lako je uočiti da su najviše promenjeni poluprečnik otvora R_1 i rastojanje Q (vidi sliku 2a) tj. najveći otvori su dodatno prošireni a da to nije znatno uticalo na vrednost ukupnog napona na rebru. Prateći promenu zapremine rebra tokom 10 koraka optimizacije primetno je da se tokom prvih nekoliko koraka njena vrednost ubrzano približava optimalnoj i da nakon toga konvergira na osnovu zadatog kriterijuma. Na slici 5 dato je naponsko stanje (von Mises napon) optimizovanog rebra pod dejstvom opterećenja 23MPa. Maksimalni napon ne prelazi dozvoljeni napon od $S_y/1,5=350\text{MPa}$ i iznosi 348MPa, dok je maksimalna deformacija približno 0,7mm (deformacije na slici 5 su uvećane više puta).

ZAKLJUČAK

Sprovedeni postupak optimizacije doveo je do smanjenja mase rebra za približno 7% što je sasvim zadovoljavajući rezultat iako se, na prvi pogled, čini da to i nije velika ušteda. Međutim, treba imati u vidu da je u vazduhoplovstvu svaka ušteda na masi od suštinskog značaja za stabilnost i performanse letelice, ali i ekonomičnost leta. Ukupna ušteda od 7% na letelici mase približno 1000kg znači da ona može poneti još jednog putnika ili teret težine 700N što, tokom dugog vremena eksploatacije letelice, omogućuje njenom vlasniku da ostvari značajnu finansijsku dobit. Ova činjenica danas ima veoma veliku specifičnu težinu, jer biti uspešniji od konkurencije predstavlja glavni pokretački motiv modernih avio-prevoznika.

Što se samog proračuna tiče on je trajao nepunih 10 minuta (na računaru sa Intel procesorom na 1,7MHz i 512Mb memorije) što demonstrira brzinu kojom je moguće izvršiti ovako složenu optimizaciju sa čak 10 geometrijskih parametara i dva zadata uslova (minimalna zapremina i maksimalni dozvoljeni napon). Ovim parametrima moguće je dodati još neke kao npr. maksimalnu dozvoljenu deformaciju ili pak, sprovesti inverzan proračun: za definisanu geometriju odrediti maksimalno opterećenje koje ona može da nosi a da ne dođe do neželjenih deformacija i napona. Sve ove varijante je moguće proračunati veoma brzo i tako doći do zadovoljavajuće geometrije mnogo pre ulaska u proizvodni proces kada je izmene na modelu već daleko teže sprovesti.



Slika 5: Naponsko stanje optimizovanog rebra

U ovom radu je umesto realne 3D geometrije rebra korišćena pojednostavljena ravanska geometrija sa definisanom debljinom rebra. Pretpostavka autora je da dobijeni rezultati sa realnom geometrijom ne bi mnogo odstupali od postojećih, ali bi vreme proračuna bilo znatno uvećano zbog složenijih graničnih uslova i većeg broja čvorova. No, cilj ovog rada je da demonstrira sam metod optimizacije, a optimizovanje složenijih geometrijskih modela je izazov sa kojim će se autori u budućnosti sa zadovoljstvom baviti.

Shape Optimal Design of “Lasta” Aircraft’s Rib

Improvement in flight performance is one of the most important criteria in the design of aerospace structures. Weight reduction measures, coupled with compliance to strength, stiffness and stability requirements are very important. Investigators have long been in search of structures that have less weight as well as sufficient strength. This paper shows design optimisation of “Lasta” aircraft’s rib. Ten design variables were varied while the allowable stress was assumed to be $S_y/1.5$. The objective of design was to minimize volume/weight of this particular part of the “Lasta” aircraft. Minimum weight design was performed in ANSYS. Optimised wing’s rib is lighter by 7%.

LITERATURA

[1] ANSYS V7 User’s Manual

Mr. Vesna Sotra, Dr. Dusan Sotra¹

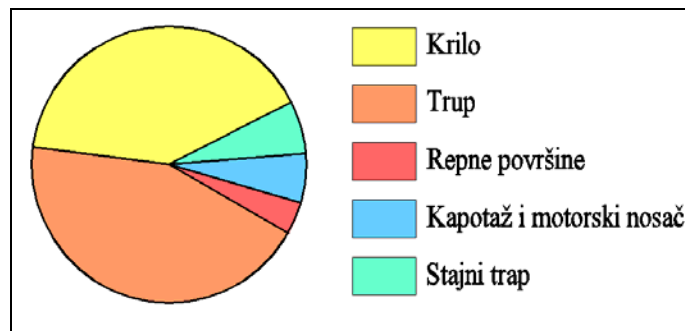
BRZINA RASTA NAPRSLINE I RADNI VEK KONSTRUKCIJE

Kratak sadržaj rada:

U radu je analizirana brzina rasta naprsline kao faktor radnog veka konstrukcije. Dati su odgovarajući izrazi kojima se može opisati brzina rasta naprsline kao i rezultati dobijeni ispitivanjem. Ukazuje se da svi sklopovi, podsklopovi i elementi konstrukcije nisu podjednako ugroženi sa aspekta pojave zamornog loma. Analizirana su dva tipa elemenata konstrukcije: bezbedni ("safe life") i pouzdani ("fail safe").

Nastanak i rast zamorne naprsline je nemoguće sprečiti ili zaustaviti, ali se njihov uticaj može uzeti u obzir u toku projektne faze, faze izrade i u toku eksploatacionog perioda, a sve u cilju dobijanja maksimalno pouzdane konstrukcije za ceo radni vek letelice. Dakle, postojanje inicijalnih naprslina u strukturi se prihvata, ali se njihov rast kontinualno kontroliše.

Iskustvo je pokazalo da svi sklopovi, podsklopovi i elementi konstrukcije letelice nisu podjednako ugroženi sa aspekta pojave zamornog loma (sl.1.). Iz tog razloga obavlja se lokalna analiza pojedinih elemenata: oplata, ramenjača, uzdužnici, rebra i okviri trupa, komponente komandnih površina, okovi, motorski nosač.



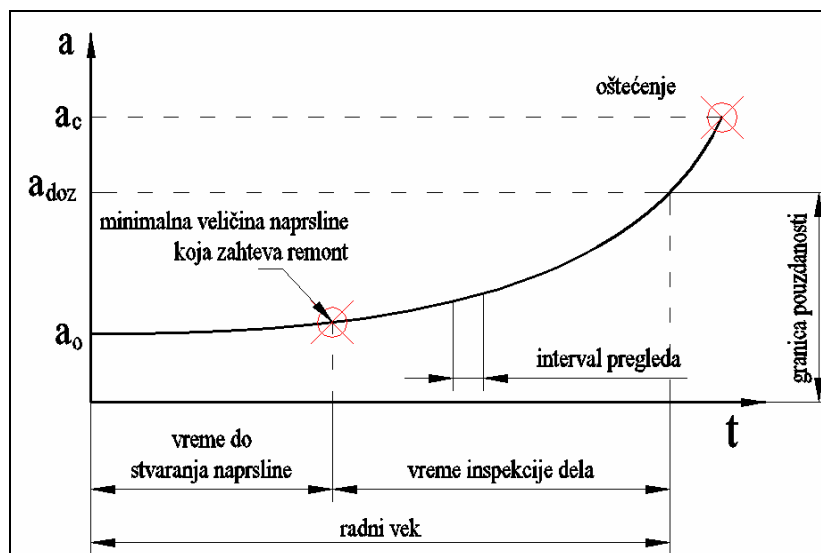
sl.1. Primer distribucije lomova na konstrukcionim podsklopovima letelice na osnovu 31429 problema snimljenih na 12 tipova vojnih aviona:

Na bazi pomenutih koncepata nastala su dva tipa elemenata konstrukcije: bezbedni ("safe life") elementi i pouzdani ("fail safe") elementi.

Optimalno projektovanje u odnosu na zamor materijala obezbeđuje visoku verovatnoću rada bez kvarova u cilju postizanja operativne gotovosti i ekonomske opravdanosti – koncept pouzdane ("fail safe") konstrukcije. Pri tome, interval pouzdanosti je razumno dug, čime se postiže ekonomičnost pri održavanju (smanjen broj pregleda i intervencija).

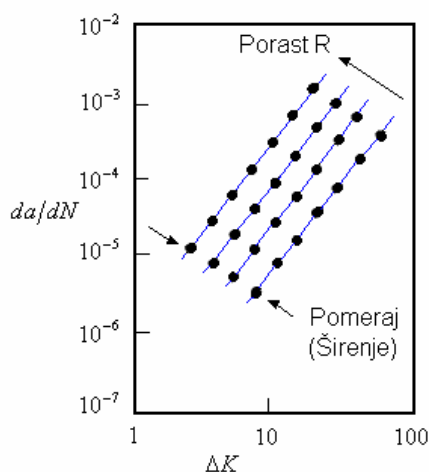
Projektovanje avionskih konstrukcija pouzdanih na zamor obezbeđuje i velike materijalne uštede ne samo usled produženja eksploatacionog perioda, već i iz razloga smanjenja troškova održavanja, reparacije i zamene delova. Samim tim, smanjen je i broj udesa, što je značajno sa aspekta bezbednosti leta.

¹ Viša tehnička škola, Novi Beograd



Sl.2. Određivanje radnog veka letelice

U eksploatacionoj fazi, u cilju pravovremenog otkrivanja naprslina nastalih usled zamora ili korozije, utvđuju se intervali pregleda na osnovu postojećeg radnog iskustva ili podataka dobijenih u toku projektne faze (sl.2.). Inspekcija dela počinje sa nastankom naprsline u strukturi koja iziskuje njen prvi remont (popravka ili zamena).



Stepen rasta naprsline raste sa povećanjem odnosa napona R

Da bi se ova činjenica uzela u obzir razvijena je Walker-ova jednačina

$$da/dN = C[(1-R)^m K_{max}]^n$$

$$da/dN = C[\Delta K / (1-R)^{1-m}]^n$$

Vrednost m utiče na pomeraj pravih

Sl.3. Funkcionalna zavisnost $\frac{da}{dN} = f(\Delta K, R)$

Veza između dinamičkog (cikličnog) opterećenja i faktora intenziteta napona- K se ostvaruje posredstvom jednačine:

- $K_{max} = \sigma_{max} \sqrt{\pi \cdot a}$ - maksimalni intenzitet napona; (1)

- $K_{min} = \sigma_{min} \sqrt{\pi \cdot a}$ - minimalni intenzitet napona; (2)

- $K_m = \frac{K_{max} + K_{min}}{2} = \sigma_m \sqrt{\pi \cdot a}$ - srednji intenzitet napona; (3)

- $K_a = \frac{K_{max} - K_{min}}{2} = \sigma_a \sqrt{\pi \cdot a}$ - amplituda intenziteta napona; (4)

- $\Delta K = K_{max} - K_{min} = \Delta \sigma \sqrt{\pi \cdot a}$ - opseg intenziteta napona, odnosno promena intenziteta napona; (5)

- $R = \frac{K_{min}}{K_{max}}$ (6)

Promena dužine naprsline- da u odnosu na promenu broja ciklusa opterećenja- dN je u zavisnosti od pomenutih veličina (ako se zanemare uticaji temperature, vlage i korozije).

Analitičko rešenje ove zavisnosti je prilično složeno. Analitička rešenja se dobijaju aproksimacijom eksperimentalno dobijenih rešenja matematičkim funkcijama (takozvano fitovanje krivih).

Najjednostavnije analitičko rešenje je dao *Paris* [1], za slučaj opterećenja $R = 0$:

$$\frac{da}{dN} = C\Delta K^n \quad (7)$$

gde su:

- a - dužina naprsline;
- N - broj ciklusa opterećenja;
- C i n - konstante materijala, koje zavise od uslova sredine i određuju se eksperimentalno.

Postoji i hiperboličko-sinusni model rešenja funkcije:

$$\log_{10}\left(\frac{da}{dN}\right) = A \cdot \sinh\{B[\log_{10}(\Delta K) + C] + D\} \quad (8)$$

pri čemu su:

A , B , C i D - empirijske konstante.

Treći oblik rešenja su dali *Forman*, *Newman* i *de Koning* u sledećem obliku:

$$\frac{da}{dN} = \frac{C\Delta K^n}{(1-R)K_{IC} - \Delta K} = \frac{C\Delta K^n}{(1-R)(K_{IC} - K_{max})} \quad (9)$$

Preciznije rešenje bi glasilo:

$$\log_{10} \frac{da}{dN} = C_1 + C_2 \operatorname{arctg} \frac{\left\{ \frac{K_C K_{TH}}{\left[K_{max} (1-R)^m \right]^2} \right\}}{\log_{10} \left(\frac{K_C}{K_{TH}} \right)} \quad (10)$$

gde je:

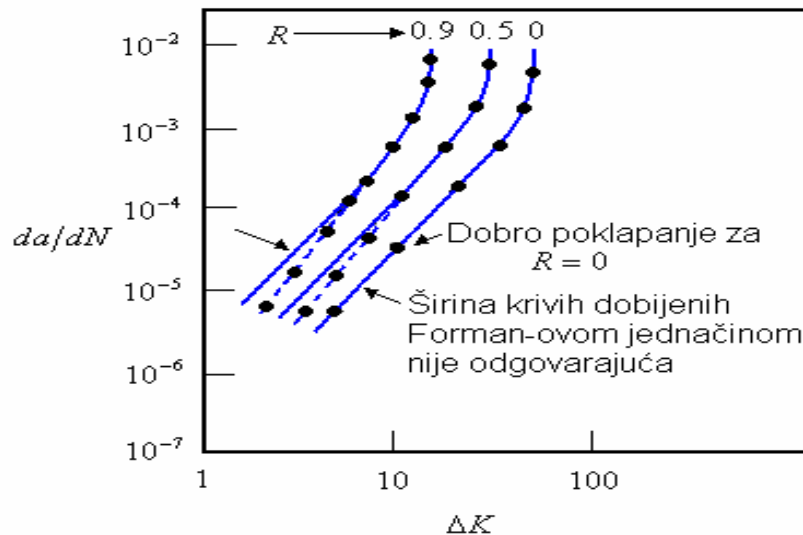
- K_{TH} početna vrednost faktora intenziteta napona za inicijalnu naprslinu, pre upotrebe konstrukcije.

K_{TH} predstavlja levu opadajuću, dok K_C predstavlja desnu rastuću asimptotu date funkcije (sl.3.). Još jedan oblik analitičkog rešenja (*NASGRO*), predstavlja najpribližniju aproksimaciju eksperimentalno dobijenih vrednosti matematičkom funkcijom:

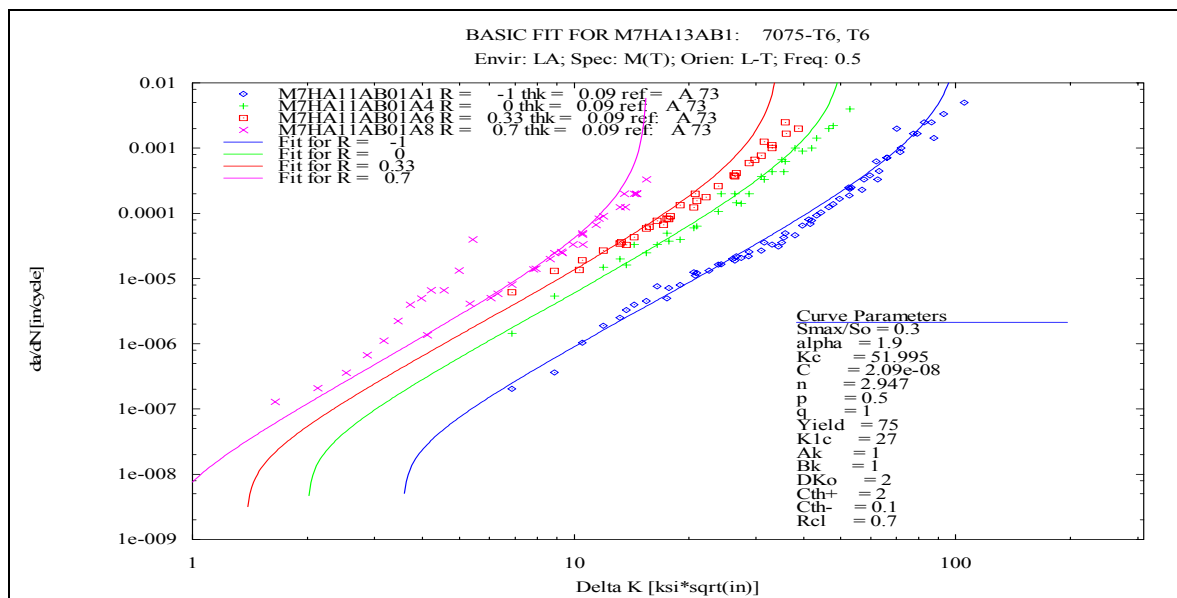
$$\frac{da}{dN} = \frac{C(1-f)^n \Delta K^n \left(1 - \frac{\Delta K_{TH}}{\Delta K}\right)^p}{(1-R)^n \left(1 - \frac{\Delta K}{(1-R)K_C}\right)^q} \quad (11)$$

pri čemu su:

- C , n , p i q - empirijski dobijene konstante materijala;



Sl.4. Teorijska aproksimacija zavisnosti da/dN



sl.5. Zavisnost $\frac{da}{dN}$ od ΔK za leguru aluminijuma: 7075-T6 Al

Zaključak:

Vek komponente strukture je ogranicen na osnovu njene mogucnosti da se suprostavi uticajima u toku upotrebe koji se mogu sastojati od ciklicnih opterecenja, kolebanja u temperaturi ili korozionih uslova cak i sa predviđenom upotrebom, karakteristike materijala komponente slabe sa vremenom i ovo slabljenje moze rezultirati otkazom. Jedan od mehanizama pomocu kojih ovaj proces rezultira zamorom je iniciranje i porast prskotina. Brzina rasprostiranja naprsline u elementima strukture je veoma vazna za procenu radnog veka konstrukcija. Zbog ovoga, pouzdano predviđanje veka usled zamora komponente je veoma vazno za bezbednost svakog objekta.

Literatura:

- [1] Paris, P.C., "Application of Maskhelishvili's Method to Analysis of Crack Tip Stress Intensity Factors for Plane Problems", Part III, Lehigh Ifiiversity, Bethlehem, PA, 1960.
- [2] Swift, T., "Fracture Analysis of Stiffened Structure." Published in "Damage Tolerance of Metallic Structures: Analysis Methods and Application". ASTM STP-842. 1984.
- [3] Broek, David., "Elementary Engineering Fracture Mechanics." Noordhoff International Publishing, 1994.
- [4] Aviation Week and Share Technology, May 10, 2001.



Dr. Dusan Sotra, Mr. Vesna Sotra¹

NEKE MOGUĆNOSTI PRODUŽENJA RADNOG VEKA LAKIH KONSTRUKCIJA

Kratak sadržaj rada

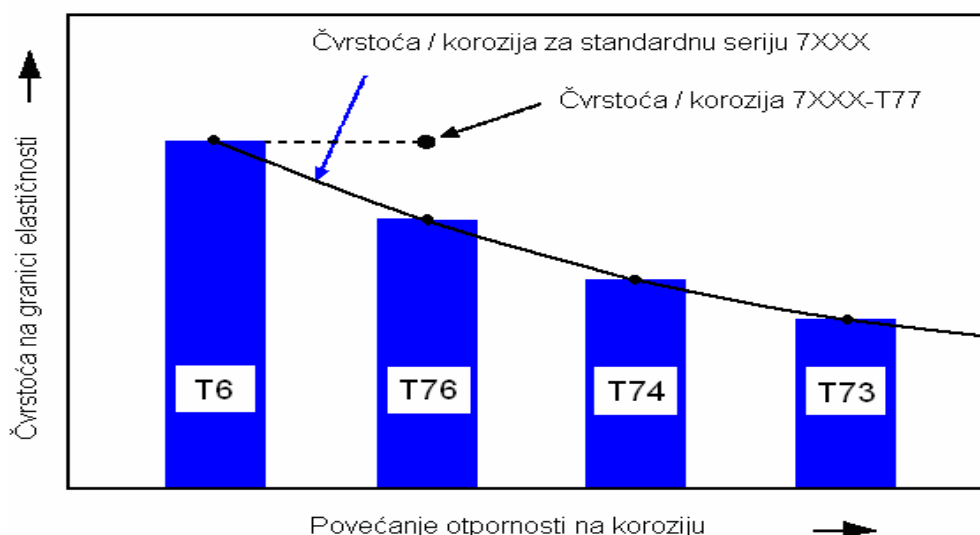
U radu su predstavljene neke mogućnosti produženja radnog veka konstrukcija korišćenjem tehnologija koje su razvijene u vazduhoplovnoj industriji. Poboljšanje je izvršeno, prvenstveno primenom nekih legura aluminijuma sa vecom lomnom cvrstocom i vecom otpornoscu na koroziju koje su vec dostupne na svetskom trzistu. Dat je uporedni prikaz novih i starih materijala. Izvršena je analiza primene novih i starih aluminijumskih legura sa i bez prisustva korozije.

Pod problemima starenja konstrukcija se podrazumevaju pojave naprslina usled: zamora, naponske korozije, korozije i habanja. Da bi se obezbedio kontinuitet u radu i bezbedan rad ovakvih objekata, u procesu eksploatacije, delovi strukture se moraju zameniti ili popraviti. Razvoj novih legura koji je rezultirao otkrićem nekoliko novih materijala, tretiranje na povišenim temperaturama, kao i razvoj novih procesa izrade, omogućili su dužu operativnu upotrebu i bolje performanse dinamički opterećenih sistema. U ovom radu ce se analizirati neki od materijala, kao i njihove prednosti kada je u pitanju problem starenja struktura. Lom koji se javlja usled zamora je direktan rezultat upotrebe objekta, dok je korozija posledica izlaganja osetljivih materijala uticaju korozivnog okruženja (visoka vlažnost vazduha, soli, loša zaptivenost, loša zaštita od korozije...). Kada su u pitanju Al-elementi neke strukture, registrovan je veliki broj poteškoća kod legura 2024-T3, 7075-T6, 7178-T6 i 7079-T6. Ove legure su projektovane u cilju povećanja čvrstoće i tolerancije oštećenja /1/.

Istraživanja koja su sprovedena u novije vreme, vodila su u razvijanje nekoliko novih Al-legura, procesa i tretiranja na visokim temperaturama koji su pružili bolju toleranciju na oštećenje i otpornost na dejstvo korozije u odnosu na materijale koji su do tada korišćeni. Procesi termičke obrade označeni kao T73 i T76 su razvijeni da bi leguru 7075 učinili otpornijom na koroziju, mada je ovo poboljšanje bilo na račun smanjenja čvrstoće. Istovremeno je razvijena specijalna procedura tretiranja na visokim temperaturama radi otklanjanja ovog nedostatka, iako je ovaj proces, za to vreme, izgledao industrijski nepraktičan. Takođe, je razvijena legura 7050-T74 koja je trebala da zadovolji potrebu za visokom žilavošću elemenata veće debljine i da pruži dobru otpornost na lisnatu i naponsku koroziju, kao i adekvatnu lomnu žilavost i bolje zamorne karakteristike. Istovremeno se razvija i legura 7475 koja je proistekla iz legure 7075, pružajući znatno bolju lomnu žilavost. Osamdesetih godina na tržištu se pojavljuje nova generacija Al-Li legura male gustine, npr. 2090, 8090 i 2091, koje su prvenstveno trebale da redukuju težinu (a ne da povećaju čvrstoću).

Zamena nekog materijala materijalom koji ima identičnu čvrstoću, ali veću otpornost na koroziju i veću lomnu žilavost će bitno uticati na vreme koje bi proteklo između dva servisiranja, kao i na značajno smanjenje troškova. Proces označen kao RRA (*retrogression and re-aging*) može omogućiti visoku čvrstoću i otpornost na lisnatu koroziju /5/. Bazirano na konceptu RRA, Alcoa je razvila termičku obradu T77 za seriju legura 7XXX (npr. 7150). Poboljšanje dobijeno ovim procesom je predstavljeno na Sl. 1.

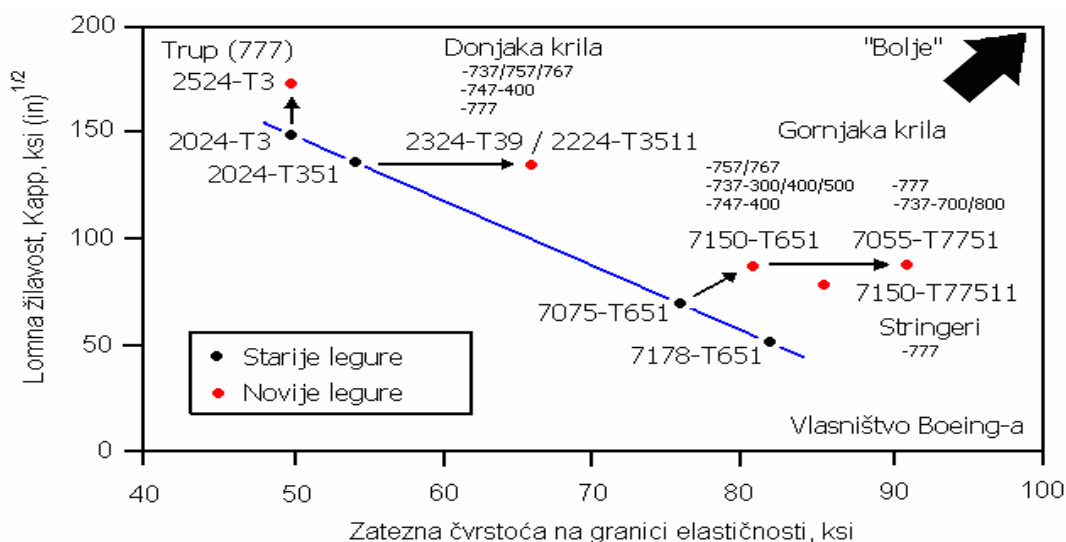
¹ Viša tehnička škola, Novi Beograd



Sl.1. Poboljšanje odnosa čvrstoća / korozija primenom procesa T77 /3/

Legura 7150-T77, u odnosu na 7050-T76, ima veću čvrstoću, dok su izdržljivost i tolerancija oštećenja približni ili kvalitetniji. Ova legura je takođe pokazala i značajno poboljšanje lomne žilavosti.

Kod serije legura 6XXX postoji optimalan odnos Si:Mg:Cu koji obezbeđuje minimalnu osetljivost na IGC uz minimalno smanjenje čvrstoće. Jedan od vodećih vazduhoplovnih materijala je 2024-T3, Al-Cu-Mg legura. Ovaj materijal ima visoku čvrstoću i dobru otpornost na širenje naprsline, ali relativno lošu otpornost na koroziju. Nove legure iz serije 6000 su potencijalna zamena za seriju 2000 jer imaju znatno poboljšanu otpornost na koroziju, manju gustinu, nižu cenu, bolju termičku stabilnost i zavarljivost, približne zamorne karakteristike i lomnu žilavost, ali i nešto manju čvrstoću. U slučaju povišenja iste, može se očekivati značajna primena ove serije /3/.

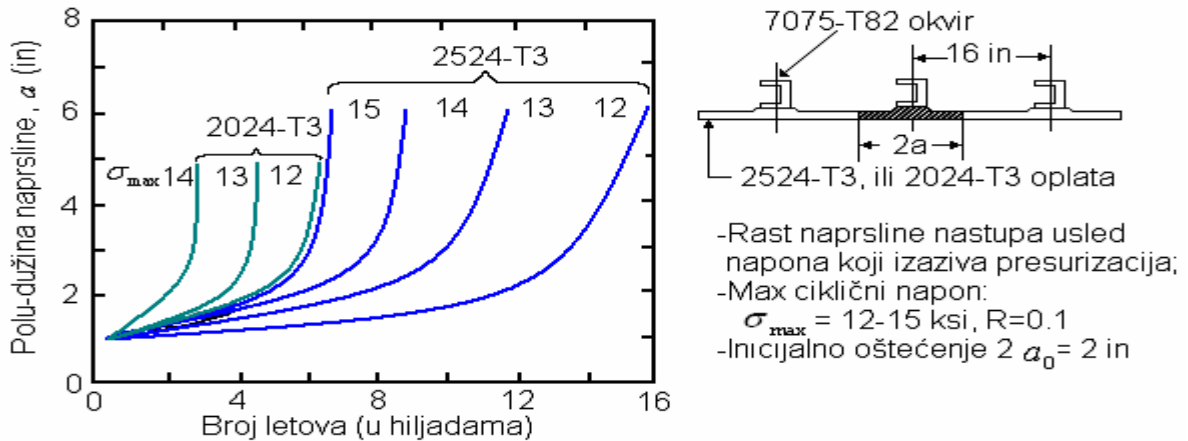


Sl.2. Poređenje lomne žilavosti / čvrstoće starijih i novijih Al-legura /1/

Legura 7055-T77 u obliku ploče ili u obliku istisnutog profila /2/ pruža povećanje čvrstoće od 10% u odnosu na 7150-T6 (što je ujedno i 30% više od 7075-T76). Ovi profili obezbeđuju visoku otpornost na lisnatu koroziju (slično kao kod 7075-T76), dok su lomna žilavost i otpornost na rast naprsline slični kao kod 7150-T6. Iako legure serije 7XXX pokazuju gubitak žilavosti na niskim temperaturama, lomna žilavost legure 7055-T77 na -50°C je slična onoj na sobnoj temperaturi. Odlična kombinacija karakteristika legure 7055-T77 je dobijena visokim odnosom Zn:Mg i Cu:Mg. Tretiranjem ove legure termičkom obradom T77, dobijamo takvu mikrostrukturu u okolini i na ivici zrna koja pruža otpornost na intergranularni lom i intergranularnu koroziju. Ovakva mikrostruktura je takođe otporna na lokalno istežanje pružajući visoku čvrstoću

U toku životnog veka strukture može doći i do pojave tzv. široko rasprostranjenih naprslina-MSD (*Multi-site damage*), što predstavlja stanje sveobuhvatne (*widespread*) pojave zamora ili korozije koja može ugroziti integritet čitave strukture. Pojava ovakve vrste oštećenja može biti povezana sa unutrašnjim karakteristikama odn. mikrostrukturom materijala, s obzirom na veliki broj inkluzija, pora, granica zrna koji se neizbežno nalaze u materijalu. Ipak, karakter materijala se donekle može izmeniti različitim procesima i modifikacijama kojim se zadržavaju željene karakteristike materijala.

Primer : Longitudinalna naprsina oplate trupa (neoštećena struktura)

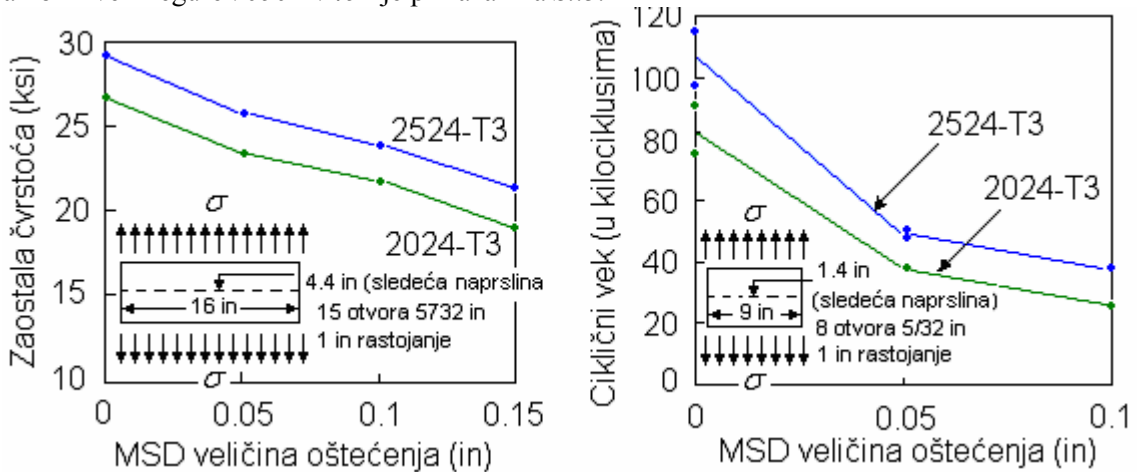


Sl.3. Uticaj legure oplate i radnih napona na rast naprsline /1/

Prednost koju legura 2524 ima u odnosu na 2024 po pitanju rasta naprsline, omogućuje primenu većih vrednosti napona, zatim smanjenje mase.

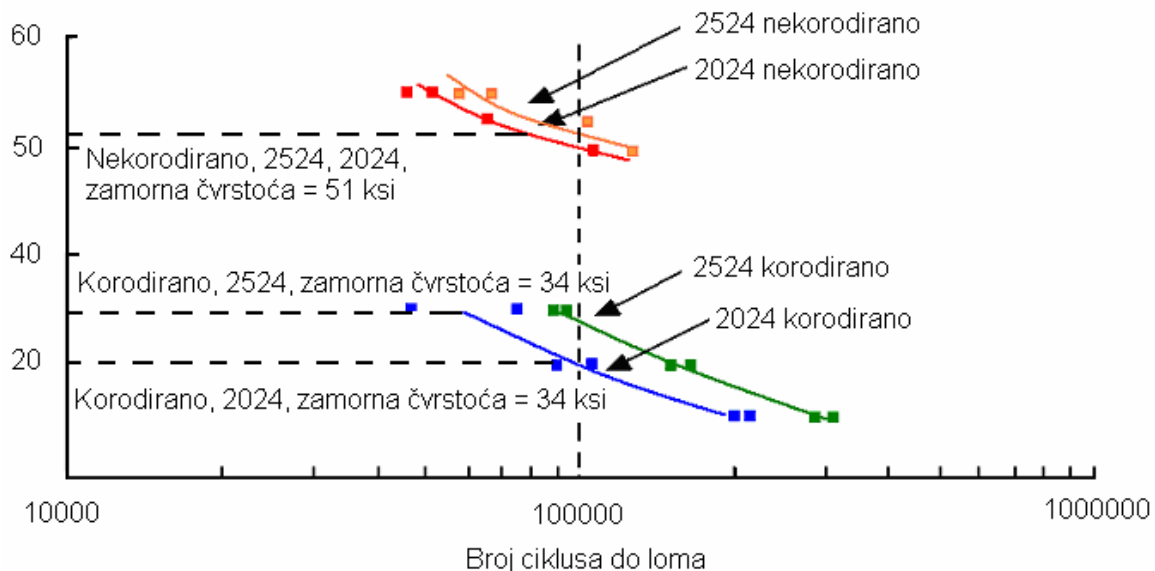
Na Sl.3. je predstavljen uticaj izbora vrste legure i operative vrednosti napona u odnosu na rast naprsline. Oplata koja je napravljena od legure 2524, u odnosu na 2024, pruža znatnu zaostalu čvrstoću i produženje zamornog veka u uslovima MSD (Sl.4.).

Visoko porozivni materijali imaju lošije zamorne karakteristike nego materijali niske poroznosti. Novim tehnologijama su razvijeni procesi koji su omogućili redukciju poroznosti, partikula i inkluzija. Samim tim zamorni vek ovih materijala je postao duži u odnosu na one koji su postojali pre njih. Uticaj ovih procesa na zamorni vek legure 7050-T7451 je prikazan na Sl.3.



Sl.4. Zaostala čvrstoća i ciklični vek legura 2524-T3 i 2024-T3 oplate (zaštićen tankom prevlakom, 1.2 mm debljine) /5/

Prednost zamornih karakteristika legure 2524 u odnosu na 2024 (sa i bez korozije), je ilustrovano na Sl.5.



Sl. 5. Zamorne karakteristike legura 2024-T3 i 2524-T3 sa i bez prethodne korozije /6/

Zaključak:

Razvoj novih tehnologija u novije vreme, proizveo je nekoliko novih Al-legura, procesa i tretiranja na visokim temperaturama koji su pružili više tolerancije na oštećenje i otpornost na dejstvo korozije u odnosu na materijale koji su do tada korišćeni.

Druga generacija Al-Li legura (prvu generaciju predstavlja legura 2020 koju je proizvela *Alcoa*), je razvijena 70-ih godina (1420 u Rusiji) i 80-ih (legure 2090, 2091 i 8090). Al-Mg-Li legura 1420 i Al-Li-Cu-X legure 2090 i 8090 su u upotrebi kod *Mig 29*, *EHI* helikoptera i *C17* transportera. Legura 1420 ima umerenu čvrstoću a Al-Li-Cu legure (koje sadrže oko 2% Li) imaju dosta tehničkih problema, npr. izraženu anizotropiju mehaničkih karakteristika, naprsline koje menjaju pravac (*crack deviations*), nisku granicu naponske korozije i vrlo nisku elastičnost i lomnu žilavost. Novije Al-Li legure imaju nižu koncentraciju Li nego gore navedene legure i samim tim nemaju tehničke probleme koje imaju starije Al-Li legure. Prva legura iz ove nove generacije je *Weldalite049* (2094).

U legure treće generacije spadaju sledeće Al-Li legure: 2096, 2097 i 2197. One imaju manji udeo bakra i neznatno viši procenat Li u odnosu na 2024. Legura 2097/2197 je izabrana kao zamena legure 2124, koja je imala loše zamorne karakteristike (okvir kod *F16*). Legura 2097 ima smanjenje gustine od 5% u odnosu na 2124 i znatno bolje zamorne karakteristike. Iako su Al-Li legure nešto skuplje nego konvencionalne Al legure, zamena legure 2124 legurom 2097, dvostruko produžava životni vek elementa i objektivno pruža uštedu. Ovo je odličan primer zamene starog materijala novim (poboljšanim) radi smanjenja troškova održavanja.

Konstantno usavršavanje, kao i pojava novih materijala, predstavljaju veliki potencijal. Mnogi od ovih novih materijala se već mogu naći na tržištu. Neke od ovih legura se mogu smatrati «željenim ekvivalentima» kao što je npr. slučaj sa zamenom 2024 u 2524, dok se neki materijali mogu smatrati «željenim zamenama» sa ograničenjima, npr. 7XXX-T7X kao zamena za 7075-T6

Literatura:

1. T. Warner, R. Dif, J.C. Ehrstrom, P. Lassince, "Improved Durability Aluminium Alloys for Airframe Structures"
2. J.B. Borradaile, Mechanical Sciences Sector, Defence Evaluation and Research Agency, Farnborough, Hampshire GU 14 OLX, United Kingdom, "Future Aluminium Technologies and their Application to Aircraft Structures"
3. R.J. Bucci, C.J. Warren, E.A. Starke, Jr., "The Need for New Materials in Aging Aircraft Structures"
4. K. Lemasters, T.Goswami, "Comparison of Fatigue Crack Growth Rate in Aged Materials and New Materials"
5. Holt, R.T., M.D. Raizenne, W. Wallace and D.L. DuQuesnay, "RRA Heat Treatment of Large 7075-T6 Components," This Proceedings.
6. Lukasak, D.A. and R.M. Hart, "Aluminium alloy Development Efforts for Structure of Aircraft" Society of Allied Weight Engineers, Paper No. 1985, 1991.

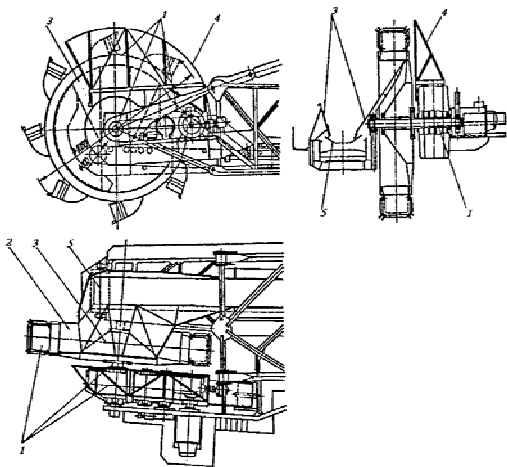
Slobodan Makragić¹⁾**MODALNA ANALIZA NOSEĆE STRUKTURE
RADNOG TOČKA ROTO-BAGERA***Rezime*

Tehničko-tehnološka funkcija radnog točka roto-bagera je veoma kompleksna. U procesu rada roto-bagera radni točak izvodi složeno kretanje i na sebe prima otpore kopanja. Otpori kopanja su po svom karakteru slučajno promenljive veličine u vremenu, po svom intenzitetu i pravcu delovanja.

U radu je na osnovu izrađenog modela odabrane izvedene konstrukcije radnog točka roto bagera i formiranih opterećenja kao slučajno promenljivih veličina u vremenu, određeno dinamičko ponašanje njegove noseće strukture.

1. UVOD

Na površinskim ugljenokopima pri iskopavanju uglja za potrebe elektrana i šire glavni deo posla obavljaju rotorni bageri, pa zato oni pored niza drugih u sistemu, predstavljaju najznačajnije podsisteme. Jedan od značajnih elemenata je radni točak prikazan na sl.1. Njegov konstruktivni oblik i dimenzije definiše tehničko-tehnološki



Slikal. Položaj radnog točka

proces iskopavanja materijala i njegovo odvođenje do drugih transportnih elemenata. Isto tako oblik i dimenzije kašika i njihov broj direktno utiče na ekonomske zahteve koji se pred njim postavljaju kao što je kapacitet i dr.

Kašike preko ravnomerno raspoređenih zuba na njima, pri obrtanju radnog točka i pomeranju radne strele zahvataju materijal koji se iskopava i stvaraju 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.

2. ODREĐIVANJE OTPORA KOPANJA

U procesu kopanja radni točak roto-bagera na kome su montirane 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.

¹⁾ dr Slobodan Makragić, doc., Fakultet tehničkih nauka, Kos. Mitrovica
e-mail: makragic@neobee.net

Svi navedeni otpori predstavljaju spoljnja opterećenja koja se suprotstavljaju njegovom kretanju u pravcu 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 kopajući materijal se podiže do određene visine savlađujući izvestan otpor.

Za izračunavanje otpora kopanja koristi se obrazac(1) u obliku:

$$F_t = F_s + F_{pu} + F_{ve} = k_s \cdot a \cdot b + F_n \cdot \mu_{st} + \varepsilon \left(1 + \frac{V_p}{V_{ne}} \right) \cdot V_{ne} \cdot f_{pu}, \quad (1) \quad \text{gde su:}$$

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.

3. OTPOR KOPANJA KAO SLUČAJNA VELIČINA

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. Pa se zato otpor analizira kao nestacionarna, stohastički promenljiva veličina.

Za analizu često se funkcija opterećenja formira na osnovu analiziranih parametara mernih zapisa eksperimentalnih merenja. Taj postupak je primenjen i u ovom radu.

Eksperimentalna metoda [1] određivanja otpora kopanja predstavlja praćenje otpora svake od kašika koje su u zahvatu sa materijalom koji iskopavaju i sabiranjem otpora svih kašika u zahvatu istovremeno.

U ovom radu za modalnu analizu primenjen je obrazac (2) za određivanje tangencijalne sile otpora kopanja u sledećem obliku:

$$F_t(\varphi) = a \cdot b \cdot k_o \cdot f_o(\varphi) [1 + \xi(\varphi)] \quad f_o(\varphi) = \begin{cases} \sin \varphi & 0 \leq \varphi \leq \pi/2 \\ \frac{\alpha - \varphi}{\alpha - \pi/2} & \pi/2 \leq \varphi \leq \alpha \\ 0 & \varphi > \alpha \end{cases} \quad \text{za} \quad (2)$$

α – ugao zahvata u rezu, φ – trenutni položaj kašike u rezu, a, b -dimenzije poprečnog preseka odreska za položaj reznih ivica pri $\pi/2$, k_o – specifični otpor kopanja za nehomogene materijale, veličina slučajnog karaktera, $\xi(\varphi)$ – funkcija koja definiše stacionarnost slučajnog procesa čije je matematičko očekivanje $E[\xi(\varphi)] = 0$. Normalna i bočna komponenta otpora kopanja su:

$$F_{ni} = \psi_n \cdot F_{ti} \quad \text{i} \quad F_b = \psi_b \cdot F_{ti} \quad \text{gde su } \psi_n \text{ i } \psi_b \text{ -srednje vrednosti}$$

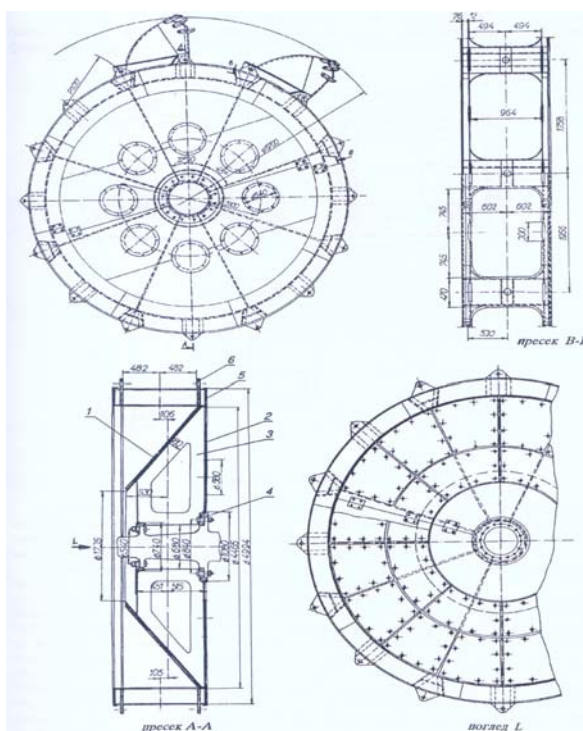
eksperimentalnih koeficijenata za normalnu i bočnu komponentu otpora kopanja.

4. DINAMIČKI PRORAČUN

Za izradu modela za dinamičku analizu korišćena je izvedena konstrukcija radnog točka prikazana na sl.2.

Izvršena je diskretizacija konstrukcije tročvornim i četvoročvornim ljuskastim konačnim elementima definisanim u izabranom programskom paketu, jer je konstrukcija sastavljena uglavnom od površinskih detalja. Pri formiranju modela izvršeno je izvesno geometrijsko uprošćavanje pojedinih detalja imajući obzira o ponašanju realnog modela u realnim uslovima rada, kao i o mogućnostima unošenja opterećenja u model za analizu. Model je formiran definisanjem elemenata jednog segmenta točka od 45° , pa je

korišćenjem radijalne simetrije izvršeno kopiranje ostalih segmenata. Diskretizovan model je imao 4088 čvorova i 4384 elementa.

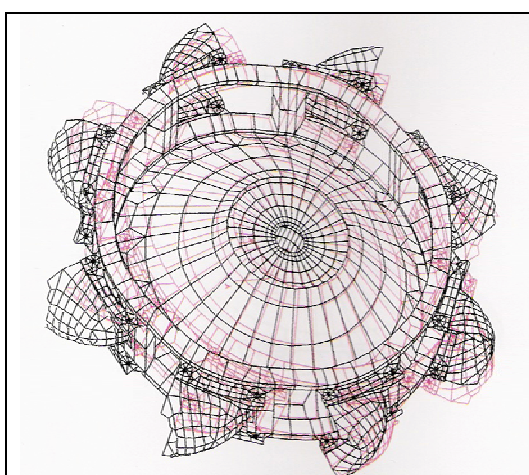


Slika 2. Konstrukcija radnog točka za analizu

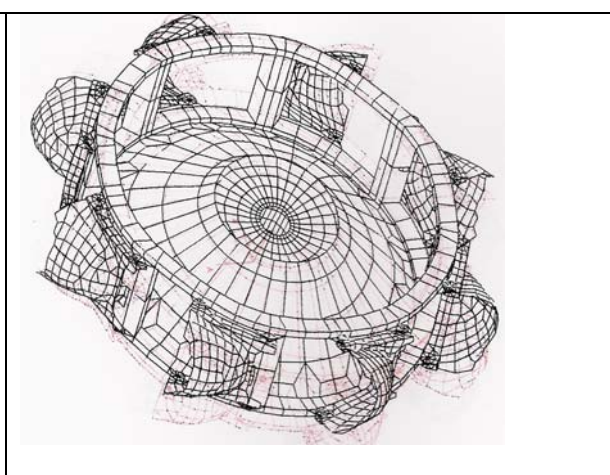
Za noseću strukturu diskretizovanu konačnim elementima dinamička analiza [2] se svodi na rešavanje poznate dinamičke jednačine (3) oblika:

$$[M] \cdot \left\{ \ddot{\delta} \right\} + [B] \cdot \left\{ \dot{\delta} \right\} + [K] \cdot \left\{ \delta \right\} = \left\{ F(t) \right\} \quad (3)$$

Unošenjem vremenske funkcije opterećenja u formirani model, korišćenjem izabranog programskog paketa izvršena je dinamička analiza [3] sa iterativnim korakom od 0,01 sec, pri čemu je određeno i više glavnih oblika oscilovanja. Ovde će biti prikazano samo prvih četiri oblika na slikama 3,4,5 i 6.

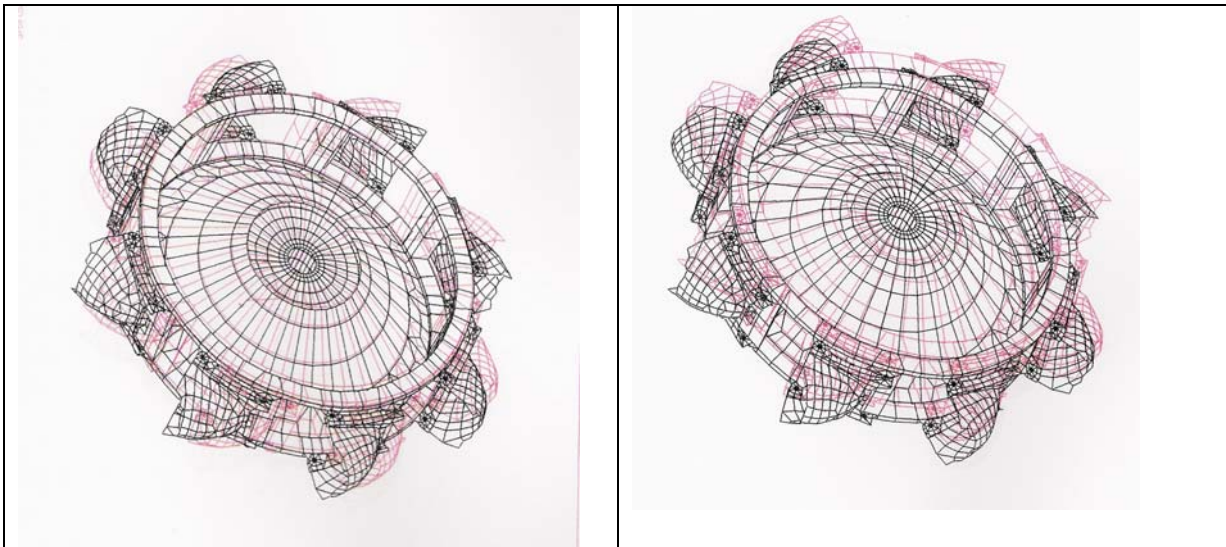


Slika 3. Prvi glavni oblik oscilovanja
Kružna frekvenca 30,7941



Slika 4. Drugi glavni oblik oscilovanja
Kružna frekvenca 30,7941

Na slikama pojedinih glavnih oblika oscilovanja dvema različitim bojama, predstavljeni su nedeformisani i deformisani model radnog točka pri odgovarajućim



Slika 5. Treći glavni oblik oscilovanja
Kružna frekvenca 32,4704

Slika 6. Četvrti glavni oblik oscilovanja
Kružna frekvenca 35,5985

frekvencijama. Prikaz je 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.

5. ZAKLJUČAK

Složenost oblika posmatrane konstrukcije opravdava primenjeni postupak analize. Prikaz pojedinih glavnih oblika oscilovanja na sl. 3,4,5,6 potvrđuje realno stanje noseće strukture radnog točka u određenim trenucima vremena. Analizom dobijenih rezultata može se ustanoviti niz korisnih činjenica, koje se mogu koristiti pri projektovanju optimalnih konstrukcija sličnih oblika i namene.

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.

MODAL ANALYSIS OF WORKING WHEEL'S CARRYING STRUCTURE ROTO DREDGING MACHINE

Abstract

Technical and tehnicological function of rotory dredge`s is very complex. During the digging process, a working wheel of roto dredge makes a complex motion and recives some digging resistances. According to the character, the digging resistances are complex and stohastic either to its own intensity or to the time of appearance, and acting direction.

In this written work, the determined treatment of this carring structure is made according to a formed model of chosen construction working roto dredge`s wheel and already formed loadings.



D.Radosavljević¹, S.Panić²

MODELIRANJE I SIMULACIJA VENTILA SA 11 POZICIJA

Rezime

*U radu je dato modeliranje i simulacija ventila sa 11 pozicija, koristeći korisnički interfejs **Mechanical Desktopa** koji je zasnovan na **AutoCAD-u 2002**.*

*Modelirana je svaka pozicija pojedinačno, a koristeći komande za sklapanje **AMINSERT** i **AMMATE** izvršeno je sklapanje pozicija.*

*Celokupan postupak modeliranja - projektovanja, skalapanja i razdvajanja u scene, kao i simulacija, se može pratiti preko komande **Up date Part>Feature Rapley**, uz kontinualno pritiskivanje tastera **ENTER**.*

Zadatak

Modelirati ventil sa 11 pozicija na osnovu izgleda u tri ortogonalna pogleda. Pogled A je bazni pogled, a ostala dva su data po preseku. Model raditi na osnovu gabaritnih mera, a ostale mere usvojiti. Treba modelirati svaku poziciju pojedinačno, a zatim ih sklopiti.

Na crtežu (sl.1), date su tri ortogonalne projekcije sklopa ventila.

Sklop je prikazan na (sl.2), a rastavljenii sklop u scene na (sl.3).

Treba nacrtati i radioničku dokumentaciju sklopa i detalje sa ortogonalnim i **IZO** izgledima.

Napomena: Radionička dokumentacija nije data u ovom radu zbog ograničenog prostora.

Korisnički interfejs **Mechanical Desktop**

Većina svojstava korisničkog interfejsa, uključujući područje crteža, menije, palete alatki i komandnu liniju slični su onima u **AutoCAD-u 2002**, ali **Mechanical Desktop** ima svojstvo **Desktop Browsera (Navigator ili pregledač)**.

U njemu je prikazana lista **Prodesktop** objekata.

Komanda **AMBROWSER** kontroliše **Desktop Browser**. Postoje i druge metode za kontrolisanje prikazivača **Browsera**.

Podrazumeva se da je **Desktop Browser** usidren kraj leve strane ekrana. Može se pomeriti, usidriti, sakrijeti ili zatvoriti **Browser**, pomoću kontrole na njegovoj gornjoj ivici i to:

- Sa dva pritiska na taster odaberite ručicu kako biste usidrili **Browser** ili ga pomerili. Možete da usidrite **Browser** kraj leve ili desne strane monitora.
- Odaberite ručicu i držite taster miša kako biste povukli **Browser** na novo mesto.
- Pritiskom na desni taster miša na gornjoj ivici **Browsera**, odaberite ručicu da biste pokazali kontekstni meni koji dozvoljava kontrolisanje vidljivosti **Browsera**.
- Pritisnite **Close** da biste zatvorili **Browser**.

Desktop Browser prikazuje hijerarhiju objekata u modulu. Na primer, element je prikazan kao grupa ikona koje su urađene tako, da je naziv elementa dat na početku, a detalji elementa su navedeni ispod njega.

¹ Prof. dr Damnjan Radosavljević, Viša poslovno tehnička škola, Užice. Tel. 033/52830, E-mail damnjan@verat.net

² Prof. dr. Stjepan Panić, Viša poslovno tehnička škola, Užice. Tel. 031/512013, E-mail vtuyice@eunet.yu

Prvi detalj ispod imena elementa naziva se osnovni detalj. Detalji su navedeni u **Desktop Browseru** redosledom po kome su crtani. Objekti **Mechanical Desktopa** su parametarski.

Dodavanje, oduzimanje ili menjanje jednog detalja u elementu može da izmeni ostale detalje tog elementa.

Prilagođavanje jednog elementa u nekom sklopu može da utiče na poziciju ostalih elemenata u sklopu.

Desktop Browser pokazuje svaki element u sklopu. Element **BODY-1** je povećan kako bi pokazao sve svoje detalje.

U **Mechanical Desktopu** mogu se praviti prikazi crteža elemenata i sklopova. Kao i sami elementi, prikazi crteža su parametarski. Oni prikazuju parametarske kote koje se koriste za stvaranje elemenata i oni se automatski ažuriraju kada se prave izmene na modelu.

Mogu se prikazati sklopovi kao raščlanjeni prikazi, praveći scene. Scene razdvajaju elemente pomoću faktora raščlanjivača.

Model Desktop Browsera, okvir sa podacima prikazuje vrednosti korišćene za stvaranje detalja.

Pritiskom na desni taster miša odabira se detalj elementa, kako bi se otvorio meni sa nekoliko opcija.

Pritiskom na desni taster miša odaberite skicirani detalj, tako da možete da odaberete željenu opciju.

Kada pritiskom na desni taster miša odaberete smešteni detalj, videće se podskup ovih opcija. S obzirom da smešteni detalji nemaju profile, ne postoji opcija **Edit Sketch**.

Radni detalji mogu da se preimenuju, obrišu i isključe, ili mogu da postanu nevidljivi. Moguće je izmeniti njihove parametre za slojeve i boje i da uredite njihovu vrednost za paralelno pomeranje.

Opcije Desktop Browsera za elemente u sklopovima

Na kartici **Model Desktop Browsera**, pritiskom na desni taster miša odaberite element kako bi bio prikazan meni. Postoje nekoliko opcija.

Opcije Desktop Browsera za elemente u scenama

Na kartici **Desktop Browser Scene**, pritiskom na desni taster miša odaberite element kako bi se otvorio meni. Postoje nekoliko opcija.

Opcije Desktop Browsera za prikaze crteža

Na kartici **Desktop Browser Drawing**, pritiskom na desni taster miša odaberite prikaz kako bi se otvorio meni. Postoje nekoliko opcija

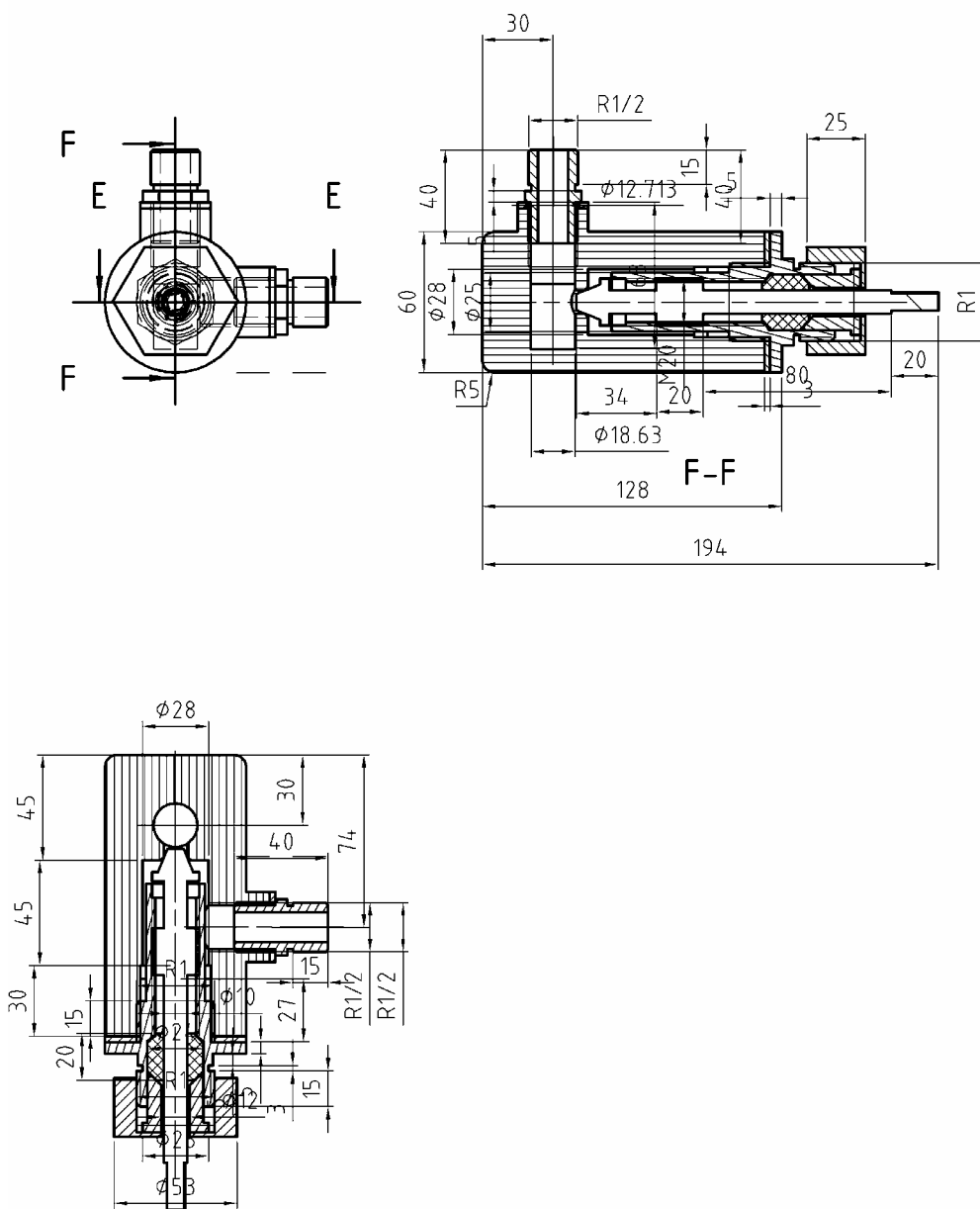
Simulacija postupka modeliranja

Postupak projektovanja svake pozicije moguće je pregledati, ako se ona u **Browseru** aktivira i potom primeni komanda **Up date Part>Feature Rapley**, uz kontinualno pritiskanje tastera **ENTER**.

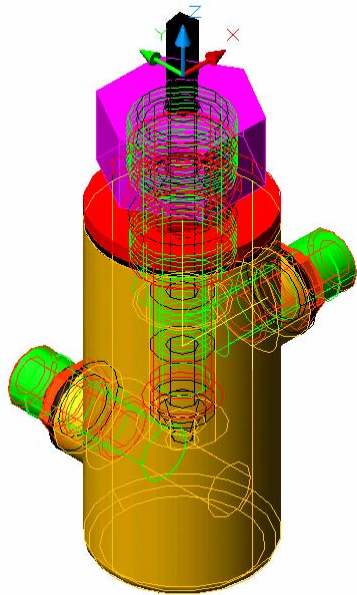


KOMANDA *Up date Part>Feature Rapley*

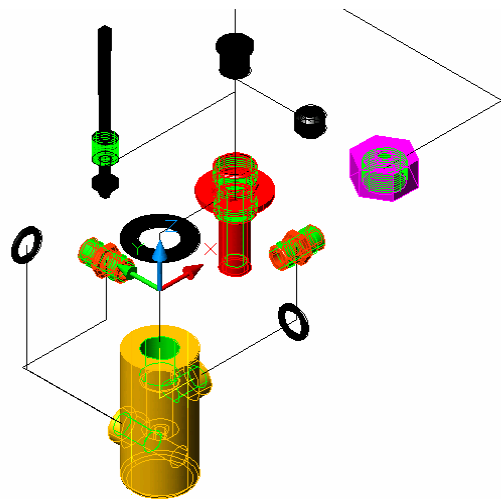
SKLOPNI CRTEŽ VENTILA SA 11 POZICIJA, NA OSNOVU KOGA TREBA MODELIRATI SKLOP VENTILA



Sl.1 Sklopni crtež ventila



Sl. 2. Sklop ventila modeliran u prostoru



Sl. 3. Sklop ventila rastavljen u scene

Abstract :

This work present moulding and simulations of valve in 11 positions, using user interface of **Mechanical Desktop** which is based on **AutoCAD 2002**.

Each position is moulding separately, using control for assembling **AMINSERT** and **AMMATE**, the assembling of positions is perform.

The entire process of moulding - laying out, assembling and parting in scenes, like simulations, can be observe with command **Up date Part>Feature Rapley**, with continual use of **ENTER** key.

Literatura

1. Radosavljević, D, Panić, S,: Komjuterska grafika, Sven, Niš, 2004.
2. Sokić, M, Radosavljević, D,: Tehničko crtanje i komjutersko projektovanje (CAD-3D), Sven, Niš, 2006.
3. Radosavljević, D, Sokić, M,: Praktikum za vežbe iz tehničkog crtanja sa teorijskim osnovama (CAD-2D), Sven, Niš, 2006.
4. Mechanical Dekstop, AutoDesk-ov, zvanični udžbenik za obuku, Beograd, 2002.



С. Петровић, Д. Дрндаревић, С. Панић¹

СИМУЛАЦИЈА КРЕТАЊА АЛАТА ЗА ПРЕСОВАЊЕ МЕТАЛНОГ ПРАХА КОРИШЋЕЊЕМ САД ПАКЕТА

Резиме: Проблеми везани за пројектовање алата за пресовање металног праха спада у домене који су слабо обрађени у нашој литератури. Сложеност истих је за многе несхватљиво и неразумљиво. Радом је обухваћен један САД пакет који олакшава како пројектовање једног таквог алата, тако и сам поступак монтаже.

1. УВОД

Алати за хладно пресовање металног праха спадају у групу сложених склопова. Сам склоп алата се састоји од минимално 50 позиција, постоји проблем синхронизације кретања између више позиција склопа, затим, потребно је предвидети могуће корекције висина појединих позиција алата из разлога добијања квалитетног отпреска са задовољавајућим механичким карактеристикама. И на крају, у току процеса пресовања јављају се велике динамичке силе (нпр. да би се добио челични отпресак густине $6,5 \text{ г/см}^3$ потребно је остварити притисак од приближно 400 N/mm^2 , а за густину $7,2 \text{ г/см}^3$ притисак од 700 N/mm^2). Пред конструктора се постављају и други захтеви, тако да је процес конструисања веома сложен и одговоран. Коришћење рачунара и САД алата се намеће као императив. За САД алат је коришћен Mechanical Desktop. Разлог за његов избор је тај што је постојало раније искуство конструктора у раду са AutoCAD-ом као и велика база већ урађених цртежа, тако да се Mechanical Desktop наметнуо као природно решење.

2. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ ДЕЛОВА ОД МЕТАЛНОГ ПРАХА

Процес у коме се обликовање изводи хладним пресовањем праха у затвореном алату, који се третира у овом раду, има више варијанти. У свим варијантама процеса садржане су операције припреме и мешања праха, пресовања и синтеровања, после чега се добија део коначног облика, мера и осталих карактеристика. Готов део се може добити и после операција калибровања и/или додатних операција. Ради повећања густине у појединим варијантама комбинују се две, па и три операције синтеровања и калибровања, односно накнадног пресовања. У последњој фази израде могу се користити једна или више додатних операција, зависно од захтева готовог дела.

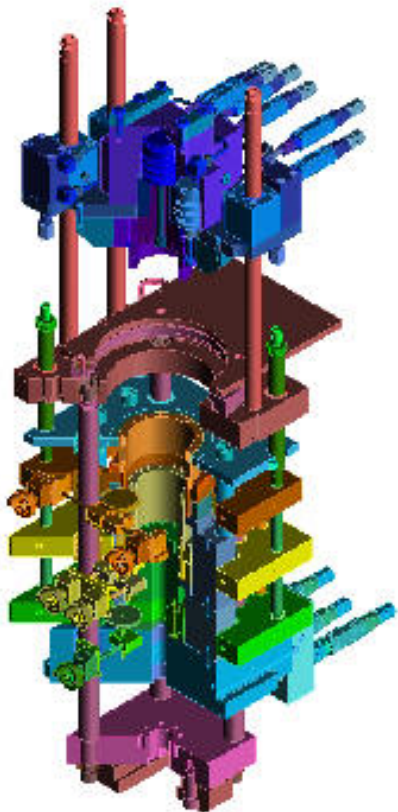
3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ АЛАТА

Основну структуру алата за пресовање металног праха чине четири носеће плоче са радним деловима алата: горњи и доњи сабијач (тискач), трн и калуп (матрица). Сложеност радних елемената алата зависи од сложености геометрије самог отпреска, тј. од броја пројекционих равни тако да број сабијача може бити и већи. Затим, постоји захтев за правилан распоред густина унутар самог отпреска што условљава коришћење двостраног пресовања. Захтев за продуктивношћу условљава коришћење механичких преса у односу на хидрауличне.

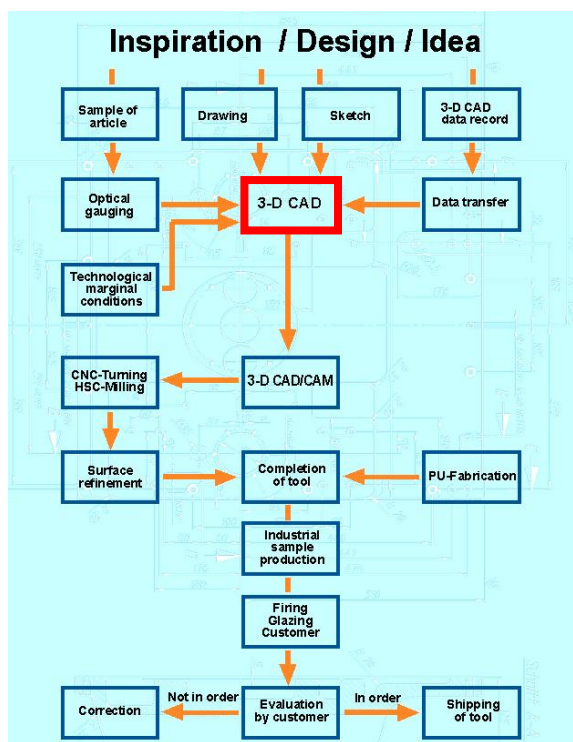
¹ Слободан Петровић, др Драгољуб Дрндаревић, др Стјепан Панић - Виша пословно техничка школа Ужице, Трг Светог Саве 34, 31000 Ужице, тел:031/512-013, 512-789, 513-385, е-маил: vtsuzice@eunet.yu

Уз модерне механичке пресе пресе долазе адаптори (стандарди делови алата за пресовање) који садрже 5 и више носећих плоча са вођицама (слика 1). Везати делове сабијача (унутрашњи, спољашњи, горњи, доњи) за одговарајућу носећу плочу, обезбедити висину (положај) пуњења и висину (положај) пресовања усложњава сам алат за пресовање металног праха. Ако се узме у обзир да је процес континуиран, тј. носеће плоче су директно или индиректно, преко вођице и друге носеће плоче, везане за радне елементе механичке пресе које преносе кретање на адаптор а самим тим и на радне елементе алата (сабијачи, трн, калуп) комплексност конструиасања једног оваквог алата долази до пуног значаја. Тренутна збивања у свету и захтеви тржишта су да је све већи број синтер делова који имају и бочне отворе што је до пре неку годину сматрано нетехнолошким делом и бочни отвори су израђивани накнадним операцијама механичке обраде. Савремени алати дају могућност израде бочних отвора у току пресовања што још више усложњава алат.

Место и улога 3-D CAD пројектовања је најсликовитије дата на слици 2.



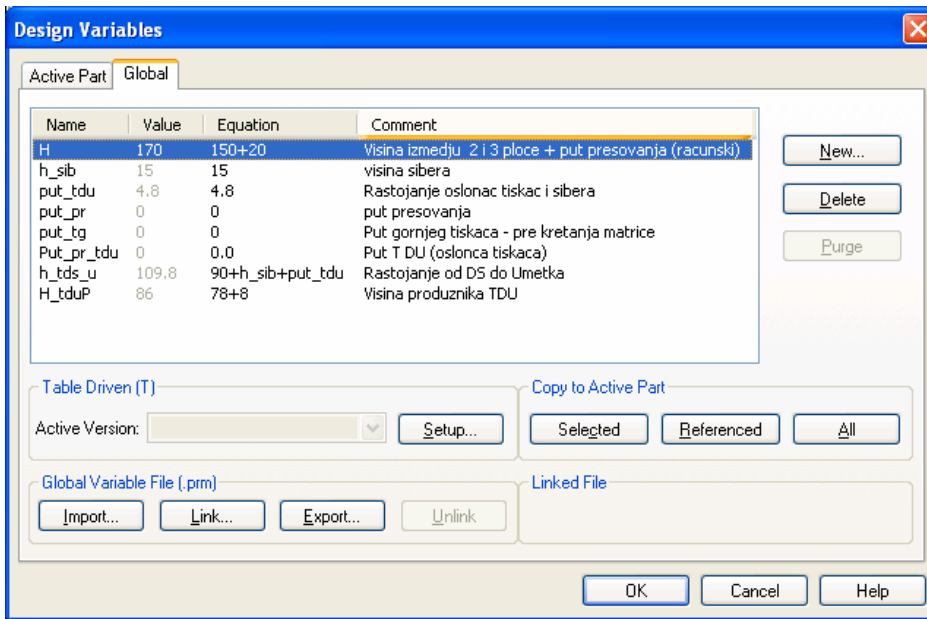
Слика 1. Адаптор са 6 носећих плоча



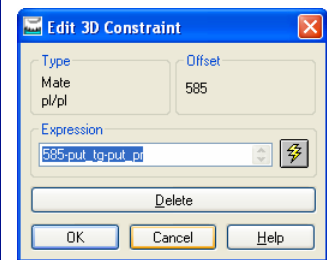
Слика 2. Од идеје до реализације

Конкретно, аутори овог рада су користили пакет Mechanical Desktop за пројектовање алата за вођицу амортизера аутомобила. Сам поступак пројектовање је сличан мање више у свим пакетима за 3-D пројектовање. Међутим, проблем је искористити овај пакет за симулацију кретања делова склопа – он не поседује модул за симулацију кретања као неки други CAD пакети на вишем нивоу. За решење тог проблема приступило се параметарском моделирању. Висине су дефинисане помоћу променљивих у прозору Design Variables (слика 3). Кретање горњег дела алата је дефинисано променљивом **put_tg** - пут кретања горњег сабијача (тискача). Кад горњи сабијач уђе у калуп (матрицу) и заврши са горњим пресовањем, наступа доње пресовање. Тада имамо истовремено кретање горњег сабијача и калупа (тј. носећих плоча за које су везани) што је дефинисано променљивом **put_pr** - пут пресовања. Приликом дефинисања променљивих, пошло се од чињенице да је носећа плоча (трећа плоча или основна плоча) за коју је везан доњи сабијач непокретна, тј. везана је за постоље машине. Уношење вредности обе променљиве се врши у прозору Design Variables. Променљива **put_tg** има вредности у интервалу 0-24мм а променљива **put_pr** од 0-20мм. Горње вредности интервала су рачунске, претпостављене вредности. Током процеса пресовања се установе тачне вредност из разлога што је велики број утицајних параметара. На слици 4 је дат пример дефинисане висине

између прве и треће плоче (горње и основне плоче) путем израза где фигурирају обе променљиве.

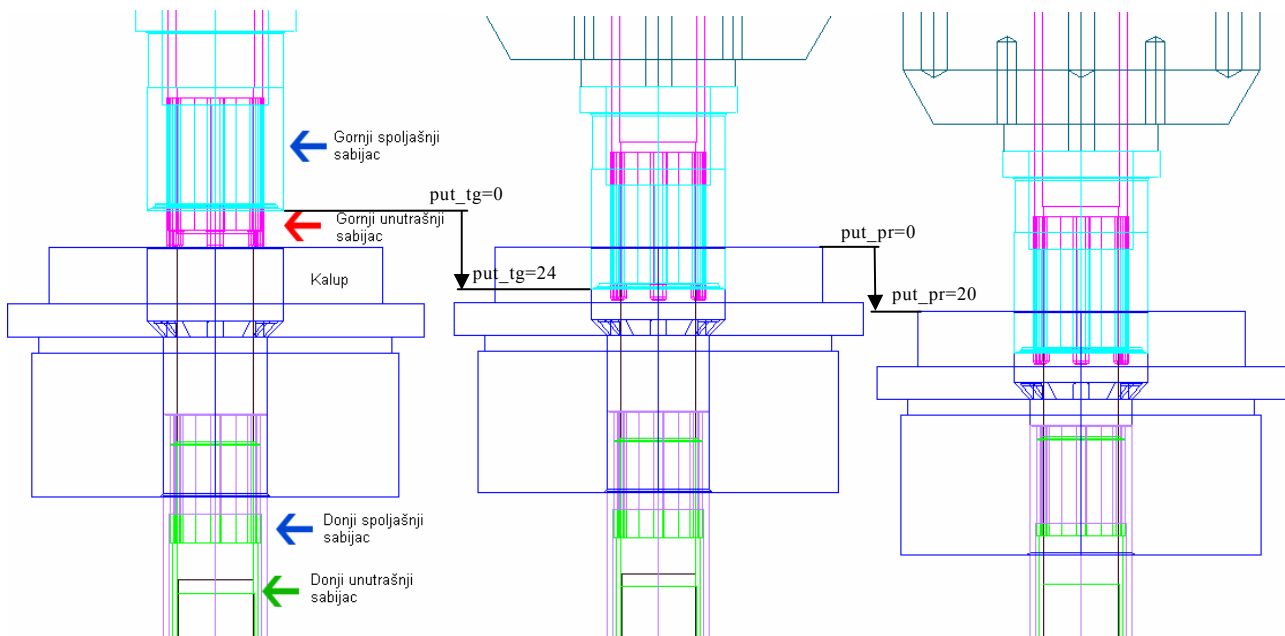


Слика 3. Прозор Design Variables



Слика 4. Пример израза

Сам поступак симулације кретања алата се одвија на следећи начин. Уносом вредности 1 уместо 0 за променљиву **put_tg** у прозору Design Variables мења се међусобни однос између позиција склопа (слика 5а – жичани модел радних делова алата). Усвојен је инкремент 1 (корак, прираст) за обе променљиве. Како се вредност променљиве **put_tg** повећава и приближава вредности 24мм, тако и горњи сабијач више улази у калуп. Када је променљивој додељена вредност 24 мм (максимална вредност – слика 5б) тада прелазимо на другу променљиву **put_pr** и њој додељујемо вредност у интервалу 0-20 мм, инкремент 1 мм све до вредности 20 (слика 5в).



Слика 5. а) Почетак пресовања б) Завршетак горњег пресовања в) Завршетак доњег пресовања

Резултат једне овакве симулације није континуирано кретање делова склопа, већ заузимање одговарајућих позиција у задатом инкременту у току рада и могућност анализа истих са становишта могуће колизије што би у стварном раду проузроковало лом дела алата. Оваква

анализа омогућује конструктору да провери да ли је висинске мере свих делова алата добро одредио. На слици 5 зумирани су само главни радни делови алата. Могуће је узети било која два дела или више и пратити њихове међусобне односе у току процеса пресовања. Наравно, врло је корисна и алатка Check 3D Interference – провера да ли постоји контакт између делова алата.

4. ЗАКЉУЧАК

Радам је обухваћен само један аспект примене САД пакета. Искуством се знало који су критични, опасни положаји током кретања делова склопа те су се вршили прорачуни за те положаје. Али грешке су се дешавале. Откривали су их радници на монтажи или још горе – у току пробног рада алата. Сам склоп садржи и позиције чије су висине променљиве омогућавајући подешавање висине док је склоп алата на механичкој преси. Разлог је велики број утицајних фактора на квалитет отпреска тако да су приликом сваког пуштања алата у рад потребна фина подешавања алата. Без ове симулације, конструктор је требао да замисли, да створи слику алата у својој глави.

Примењене техника је постала веома брзо прихваћена у пракси, комуникација на релацији конструкција – монтажа је знатно побољшана, број грешака у току конструисања алата је смањен. Избегнути су многи неспоразуми. На горе описан начин, коришћењем 3-D пројектовања и симулације кретања алата, конструктор „види” цео алат, може да заузме сваки могући положај алата. Више не замишља како алат ради већ „гледа” како ради пре него што алат дође до стола за монтажу. У погону, врло брзо су и сами радници на монтажи склопа алата почели да траже „да виде” како алат ради. Наиме, до тада су добијали цртеж склопа. Тим цртежом дат је положај делова алата у почетном тренутку, у тренутку кад је горњи сабијач изван калуца. И морали су да имају способност добре визуелизације и доста искуства да би разумели како склоп функционише.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Modern Developments in Powder Metallurgy, Vol.18, Florida, 1988.
- [2] White D.G., The Drawing International of Powder Metallurgy, MPIF, 1990
- [3] Autodesk Mechanical Desktop 6, Основни курс, Група аутора, ЦЕТ библиотека
- [4] www.dorst.de, www.epma.com
- [5] Панић С., Истраживање процеса хабања алата током пресовања металног праха при изради синтерованих делова, докторска дисертација, Машински факултет, Београд, 1996.

SIMULATION OF TOOL MOTION OF METAL POWDER PRESSING USING CAD PACKAGE

Abstract: The problems connected with tool design for a metal powder pressing belong to the domain which is poorly treated in our literature. The complexity of these problems is for many incomprehensible and unintelligible. A CAD package which make easier such a design of that tool, as a procedure of mounting, is included in the paper.



S. Manasijević¹, Dr. J. Brauner², Dr. Z. Pavlović-Ačimović³, Dr. S. Tripković⁴

TERMOGRAFSKO SNIMANJE USLOVA RADA KLIPA OD ALUMINIJUMSKE LEGURE ZA VISOKO OPTEREĆENE DIZEL MOTORE.

Rezime

Na osnovu ove savremene svetske metode vizualizacije uslova rada i termičkih promena klipa u motoru određeni su uslovi kojima je izložena klipna legura. Dobijeni rezultati poslužili su kao osnova za definisanje osobina koje treba da ispunjava klipna legura za visoko opterećene dizel motore.

1. UVOD

Klipne aluminijumske legure predstavljaju posebnu grupu industrijskih legura, koje moraju imati visoku čvrstoću kod povišenih temperatura (napr.: do 350 °C) i istovremeno biti otporne na temperaturne promene. Zbog toga se kod njihove projekcije moraju uzeti u obzir mehanička i toplotna naprezanja, kao i agresivnost sredine u kojoj su eksploatisani. Cilj ovog rada je snimanje uslova rada klipa u motoru i ponašanje na temperaturne promene, kojima je klip izložen u kratkim vremenskim intervalima (termošokovima) u motoru termografskom kamerom, na konkretnom primeru, kao i analizu uslova rada klipa u motoru

2. METODE ISPITIVANJA USLOVA RADA KLIPA U MOTORU

Kod dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem komora za sagorevanje se najčešće nalazi u samom klipu. Zbog toga je uvećana površina čela klipa izložena direktnom dejstvu plamena i produkata sagorevanja, kao i visoke temperature. Kod ovakvih klipova termički najopterećenija je ivica ulaznog suženja komore, koja je kod različitih motora manja ili veća (slika 1). Pored ove ivice struje vazduh i produkti sagorevanja velikom brzinom prilikom izlaska i ulaska iz komore. Zato postoji mogućnost pregrevanja i prskanja iste usled termičkog preopterećenja na ovom mestu.

Za ispitivanje termičkog opterećenja klipova i drugih delova radnog motora traži se merodavna veličina. Temperatura izduvnih gasova motora pokazala se da nije merodavna veličina zbog različitih stepena sabijanja i različitih maksimalnih temperatura ciklusa. Napr.: temperatura izduvnih gasova kod *diesel* motora iznosi 500÷600°C, kod *otto* motora je po pravilu viša za oko 200°C. Uprkos ovome, termičko opterećenje klipova *diesel* motora je veće neg o kod *otto* motora.

Temperature klipa za vreme rada motora mere se uglavnom termoelektričnim metodama, pomoću topljivih čivija (čepića) ili metodom određivanja temperature pomoću merenja "zaostale" tvrdoće materijala klipa. Danas se sve više primenjuje metod merenja temperature pomoću čepića od različitih metala i legura čije se temperature topljenja nalaze na nivou temperature u klipu. U toku rada motora čepići sa nižom tačkom topljenja se istope, a ostali sa višom temperaturom ostanu. Na osnovu toga zaključuje se koja je temperatura vladala na tom mestu.

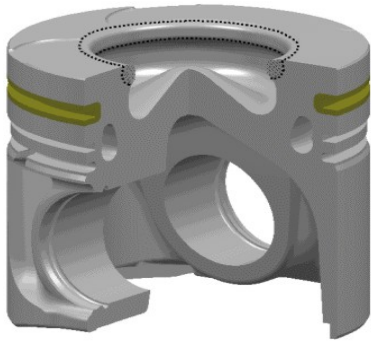
Zbog nedostatka mernih instrumenata za ovu namenu, poslednja istraživanja u ovoj oblasti su potpomognuta matematičkim modeliranjem procesa u sistemu sa razvijenim softverima za: simuliranje procesa ubrizgavanja, procesa rasprašivanja goriva, kao i za analizu različitih fenomena koji prate spomenute procese (isparavanje goriva, dvofazni tokovi), simuliranje procesa u motoru SUS, procesi u cilindru, izmena radne materije, procesi nadpunjenja, prenosa toplote, karakteristike oslobađanja toplote, proračun parametara torzionih, aksijalnih i savojnih oscilacija (slika 2).

¹ S. Manasijević, dipl. Ing. met., Koncer "Petar Drapšin", Mladenovac, Kralja Petra I 34, srekomn@ptt.yu

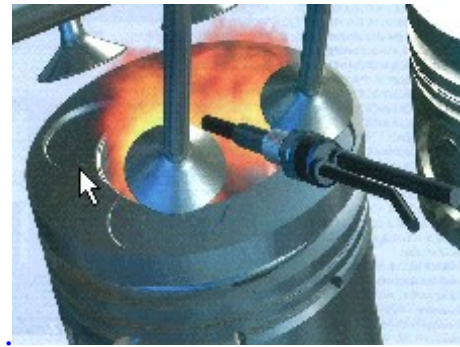
² Dr. J. Brauner, dipl. Ing. met., DGS Druckgussysteme, Industristr. 10, St. Gallen, Schweiz

³ Dr. Z. Ačimovic-Pavlović, dipl. ing. met., van. prof. TMF, Karnegijeva 4, Beograd

⁴ Dr. S. Tripković, dipl. Ing. met., Naučni saradnik ITNMS, Franše D` Perea 2, Beograd, dragangg@eunet.yu



Slika 1. - Kritična zona ispitivanog klipa



Slika 2. – Simulacija procesa sagorevanja goriva kod dizel motora

3. SNIMANJE USLOVA RADA KLIPA U MOTORU TERMOGRAFIJSKOM KAMEROM

Danas na osnovu različitih metoda merenja temperature klipa u motoru poznat je raspored radnih temperatura klipa u različitim motorima (tabela 1). U ovom slučaju raspored temperatura u klipu registrovan je termografijskom kamerom, koja je povezana sa termo skalom. Cilj termografijskog snimanja ponašanja klipa u motoru je određivanje kritičnih zona klipa, raspored temperaturnih polja, kao i analiza klipa posle tretmana. Za ispitivanje uzet je gotov klip od klipne legure AlSi12CuMgNi (legura PDM 130).

Tabela 1: Temperature klipa za različite tipove motora

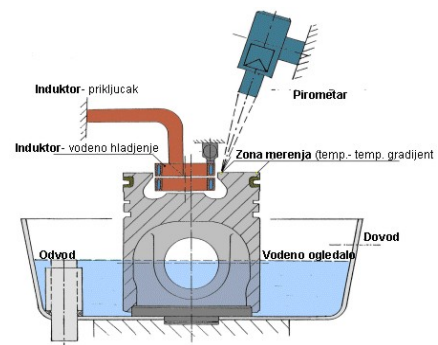
Redni broj	Tip motora	Kodeks klipa	Temperatura, [°C]	
			Čelo klipa	Otvor za osovinicu
1	MAN	126009 HS6RiK1	330	205
2	Perkins	105145 HSRi	336	170
3	PSA	085190 HS2Ri	360	210
4	Audi	083100 HSRi	341	218
5	Honda	085203 HSRi4	354	231

U čelu klipa postavljen je induktor sa vodenim hlađenjem, koji treba da simulira promenu temperatura sagorevanja u toku rada. Klip je ubačen do visine ose otvora za osovinicu u vodeno kupatilo sa stalnim protokom (slika 3). Šematski prikaz navedenog eksperimentalnog ispitivanja prikazan je na slici 4. Ovim načinom simulirana je promena temperature u klipu u svakom ciklusu rada motora. Ispitivanje klipa vrešeno je na radnim temperaturama: 150, 200, 250, 300, 350 i 360°C. Uz pomoć termografijske kamere povezana sa kompjuterom i termo skale, registrovane su temperaturne promene na klipu (slika 5).

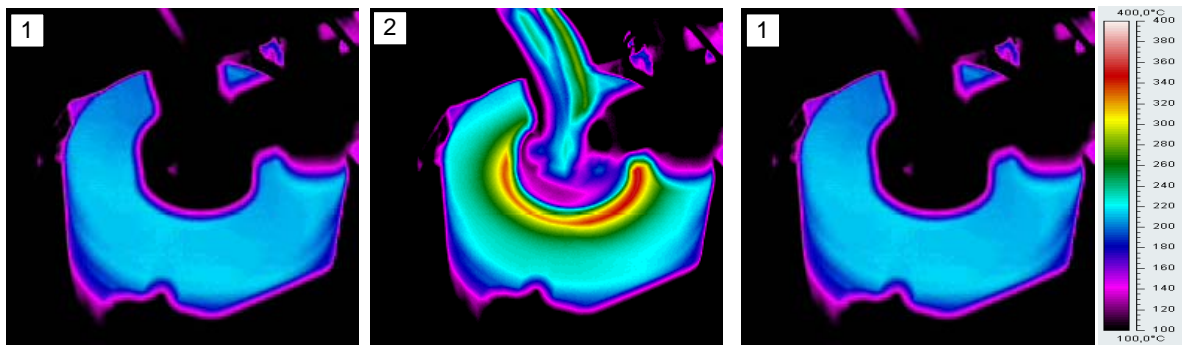
U zavisnosti od režima na kome motor stalno radi, ovde je uspostavljena ravnoteža između količine toplote koja se dovodi po ciklusu i toplote koja se od njega odvodi. Pri svakoj promeni režima rada motora, menja se ravnoteža između primarne i odavane toplote usled čega se menja i temperatura klipa. Znači na različitim režimima rada motora, toplotna ravnoteža se uspostavlja sa različitim temperaturama u klipu. Kod režima maksimalne snage u klipu se stacioniraju maksimalne temperature.



Slika 3. – Ispitivanje otpornosti klipa na nagle promene temperature (termo šokove).



Slika 4. – Šematski prikaz merenja temperature i ispitivanja stabilnosti na termo šokove.



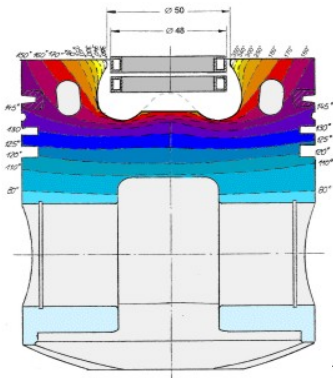
Slika 5. – Snimak termografskom kamerom (max opterećenje 350°C).

Pri prelasku iz stanja mirovanja do stanja maksimalne snage, temperature u različitim tačkama klipa porastu od temperature okolne sredine do maksimalne. Pri tom usled toplotne dilatacije, sve dimenzije klipa povećavaju se od konstruktivnih do maksimalnih radnih vrednosti. U različitim tačkama po visini klipa radne temperature su različite, pa je i toplotno širenje u različitim tačkama po visini različito. Ovakva neravnomerna toplotna deformacija klipa, još više povećava mehaničku deformaciju. Na slici 6 prikazan je raspored temperatura u ispitivanom uzorku klipa. Jači pad temperature u zoni klipnih prstenova javlja se kao posledica odvođenja toplote preko klipnih prstenova, dok je pad temperature po visini tela klipa znatno manji. Međutim, najviše temperature u pojedinim zonama klipa su ograničene, zbog smanjenja mehaničke čvrstoće koje te temperature izazivaju. Napr. temperatura u zoni prstenova ne sme da prekorači temperaturu koksovanja ulja, jer u žljebovima klipnih prstenova može doći do formiranja naslaga koksa koji sprečava ispravno funkcionisanje klipnog prstena.

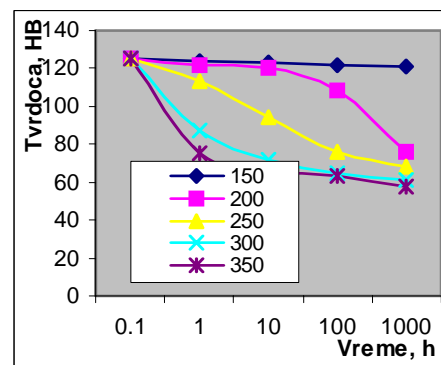
4. ANALIZA ISPITIVANOG KLIPA

4.1. Promena tvrdoće

Kada se izrađeni klip nađe prvi put u realnim uslovima u motoru, pod dejstvom realnih temperatura dolazi do izvesnog termičkog “odpuštanja“ materijala, pri kome se početna tvrdoća smanji u svakoj tački klipa za neku vrednost. Na slici 7 prikazana je promena tvrdoće ispitivanog klipa od klipne legure AlSi12CuNiMg (legura PDM-130). Vrednosti tvrdoće merene su na ivici komore klipa, tretiran na različitim temperaturama.



Slika 6. – Šematski prikaz rasporeda temperatura u klipu na maksimalnoj radnoj temperaturi od 350°C.



Slika 7. – Promena tvrdoće ispitivanog klipa na različitim temperaturama.

4.2. Strukturne deformacije

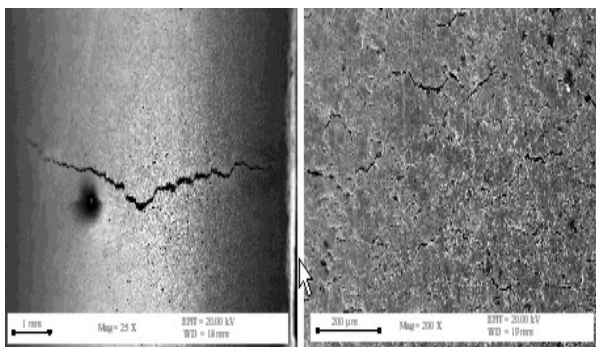
Na čelu klipa deluju promenljive gasne i inercijalne sile, koje se preko glave klipa prenose na ležište osovinice, a zatim preko klipnjače na kolenasto vratilo. Kod brzohodnih dizel motora čelo klipa je udubljeno i služi kao komora za sagorevanje. Prelaz čela klipa u telo izvodi se tako da bi se obezbedilo što veće odvođenje toplote sa čela. Usled toga postiže se izvanredno velika krutost čela pri kojoj se pojavljuju ne znatna mehanička naprezanja. Međutim, isturena ivica udubljenja izložena je zagrevanju do ekstremno visokih temperatura zbog čega se na njoj često javljaju prskotine.

Na slici 8 pokazana su nastala oštećenja na ispitivanom uzorku klipa. Razlog pojave nastalih prstoktina je pojava kritičnih naprezanja na istezanje i pritisak usled ekstremnih toplotnih promena. Usled velikog gradijenta temperature u radijalnom pravcu čelo klipa je napregnuto pritisku. Ovom kvazistatičkom toplotnom naprezanju dodaje se promenljivo naprezanje usled gasne sile i promenljivo naprezanje usled ciklusne varijacije temperature u tankoj ivici čela klipa, koja potiče od periodičnog ponavljanja sagorevanja. Rezultujuće naprezanje postaje veće od dozvoljenog, pa prilikom hlađenja dolazi do istezanja i kidanja vlakna materijala koja su predhodno plastično deformisana. Usled ovoga dolazi do pojave neorijentisanih toplotnih prskotina poznatih kao efekat “oranžine kore“, (slika 8).

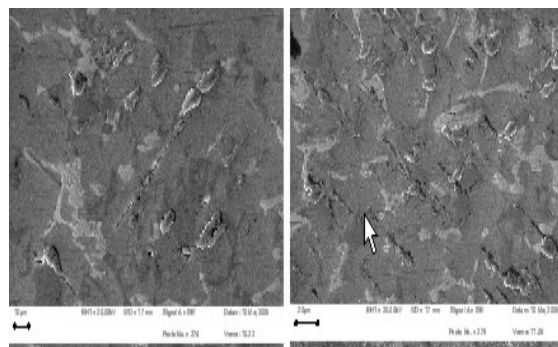
U ovom slučaju naprsline su nastali usled toplotnog zamaranja materijala. Ovoj pojavi ide u prilog smanjenje čvrstoće materijala na višim temperaturama (300÷350°C) na čelu klip kao i pad čvrstoće koja nastaje vremenski utoku prestarevanja materijala.

Usled nagle toplotne promene dolazi do toplotne deformacije. Povećanjem temperature dolazi do povećanja međuatomarnih rastojanja usled povećanja kinetičke energije atoma, što rezultuje opštim smanjenjem međuatomarnih veza. Međutim, povećanje i smanjenje temperature nije isto u svim delovima, te dolazi do pojave zateznih i pritisnih naprezanja. Imajući u vidu da je klipna legura višekomponentna tj. legirajući elementi se rastvaraju i formira se čvrsti rastvor. Zato ona i predstavlja jedan kompleksan sistem, sa većim brojem izvora grešaka i povećanje energije greške u redosledu osnovnog metala. Usled pojave naizmeničnih naprezanja i deformacija dolazi do aktiviranja izvora grešaka.

Aktiviranjem izvora grešaka (izvora dislokacija) počinje njihovo kretanje. U čvrstim rastvorima (legurama) pored međusobne reakcije, dislokacije reaguju i sa granicama zrna i rastvorenim atomima. Za navedene reakcije potrebno je dodatno naprezanje da bi dislokacije nastavili kretanja, što dovodi do pojave deformacionog ojačavanja. Kada dislokacije naiđu na prepreku oni je zaobilaze ili seku. Međutim, ukoliko je prepreka velika onda dolazi do nagomilavanja dislokacija ispred prepreke i njihovo sjedinjavanje (slika 9).



Slika 8. – Naprsline na ivici komore ispitivanog klipa (povećanje: x25 i x200)



Slika 9. – Razvoj dislokacija u mikrostrukturi (elektronska mikrografija)

Usled pojave nedovoljnog sagorevanja kao produkt sagorevanja javlja se ugljenik (oblika grafita), koji popunjava nastale šupljine na površini ivice čela klipa. Prilikom sniženja temperature, zarobljeni grafit u šupljini stvara dodatna naprezanja, što dovodi do povećanja deformacije i rasta prskotine.

4. LITERATURA

1. S. Manasijević, “Savremene metode vizualizacije procesa razvoja nove klipne legure za visoko opterećene dizel motore”, Magistarski rad, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd 2006.
2. M. Živković, Dr R. Trifunović, “Motori sa unutrašnjim sagorevanjem II deo“, II izdanje, str. 98-99, Beograd, 1990.
3. Dr. Ing. Rainer Golloh, Dr. Ing. Uwe Kessen, prof. Dr. Ing. Gunter P. Merker, „Kolbengruppe eines Nfz-Dieselmotors“, MTZ 6/2002 Jahrgang 63, Seite 494.

Abstract

Based on this contemporize world method of working conditions visualization and thermic changes on engine valve were determined conditions of valve alloy exposure. Obtained results were used as basis for defining the properties that shall be achieved by valve alloy for highly-loaded diesel engines.

Vasić, Ž.¹, Nešić, N.², Stojković, S.³, Popović, M.⁴

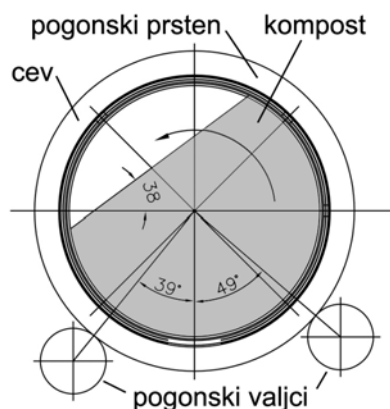
MODELIRANJE I ANALIZA NAPONA I DEFORMACIJA CEVI REAKTORA POSTROJENJA ZA MEHANIČKO-BIOLOŠKI TRETMAN KOMUNALNOG OTPADA⁵

Rezime: U radu je dat postupak modeliranja i analize napona i deformacija cevi reaktora postrojenja za kompostiranje biorazgradivog otpada. S obzirom na konstrukcionu složenost modeliranog objekta, cilj istraživanja je bio da se u iterativnom postupku, korišćenjem softvera Pro/MECHANICA, formira što jednostavniji model koji će obuhvatiti sve kritične elemente realne konstrukcije sa stanovišta analize napona i deformacija, a da ne bude previše procesorski zahtevan. Pored provere otpornosti razmatrane konstrukcije u radnim uslovima, ovaj model može da posluži i kao primer za modeliranje drugih sličnih konstrukcija.

Cljučne reči: CAE, 3D modeliranje, otpornost konstrukcija.

1. UVOD

Objekat modeliranja i analize u ovom radu je potpuno automatizovano postrojenje za kompostiranje komunalnog otpada, koje se realizuje u okolini Marseja, Francuska. Osnovna tehnološka komponenta postrojenja je reaktor, a njegov osnovni element je cev dužine 42 m i prečnika 4.2 m. Predmet ovog rada predstavlja analiza napona i deformacija ove cevi, u radnim uslovima, pod punim opterećenjem. Cev se sastoji iz segmenata međusobno spojenih postupkom zavarivanja. Oslonjena je na dva para valjaka, preko kojih dobija i pogon. Dužina valjaka je 480 mm. Na mestima oslanjanja segmenti imaju debljinu zida 40 mm i dodatno su ojačani pogonskim prstenom koji ostvaruje kontakt sa pogonskim valjcima, slika 1. Uglovi pozicije valjaka iznose: $\beta=39^\circ$, $\gamma=49.29^\circ$, a prečnik valjka $d=1100$ mm. Prečnik kotrljanja pogonskog prstena reaktora iznosi $D_k = 5360$ mm. Pogonski prsten i segmenti debljine 40 mm su povezani preko 96 ravnomerno radijalno raspoređenih elemenata, koji su jednim krajem zavareni na nosač prstena za ojačanje, a drugim krajem za cev. Ostali segmenti cevi imaju debljinu zida 16 mm. Svi segmenti su u sklopu dodatno ojačani gredicama pravougaonog poprečnog preseka (70×8 mm) i dužine čitave cevi, koje su po strani širine 8 mm, sa unutrašnje strane, zavarene za cev, na međusobnom ugaonom rastojanju od 4.5° . Materijal cevi je Č.0361, a materijal oslonih valjaka i njihovih osovinu Č.4732. Ukupna masa obrtnih delova cevi iznosi 163 t. Ostali podaci su dati u tabeli 1.



Slika 1: Cev reaktora – pogled sa strane.

Analiziran je najnepovoljniji slučaj u eksploataciji: punjenje cevi 75% zapremine, odnosno $m = 300$ t materijala. U tom slučaju, ugao pod kojim slobodna površina materijala u toku obrtanja cevi stoji u odnosu na horizontalnu ravan iznosi 38° , slika 1.

Tabela 1: Pregled karakteristika reaktora.

Modul elastičnosti	$E = 210000$ MPa	
Puasonov koeficijent	$\nu = 0.3$	
Gustina materijala	$\rho = 7800$ kg/m ³	
Granica elastičnosti 0.2% materijala	Č.0361	225 MPa
	Č.4732	610 MPa
Granica kidanja materijala	Č.0361	340 MPa
	Č.4732	800 MPa
Gust. materijala komun.otpada	$\rho = 700$ kg/m ³	
Unutrašnji prečnik cevi	4200 mm	
Dužina cevi	42000 mm	
Pogon cevi	frikcioni	
Broj obrtaja cevi	$n=1 \div 1.5$ min ⁻¹	

¹ Željko Vasić, Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, zvasic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 438

² Nenad Nešić, Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, nnesic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 264

³ Dr Slobodan Stojković, LOLA Institut, Beograd, drstojkovic@yahoo.com, 011 2544 168

⁴ mr Mihajlo Popović, Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za proizv. mašinstvo, mpopovic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 431

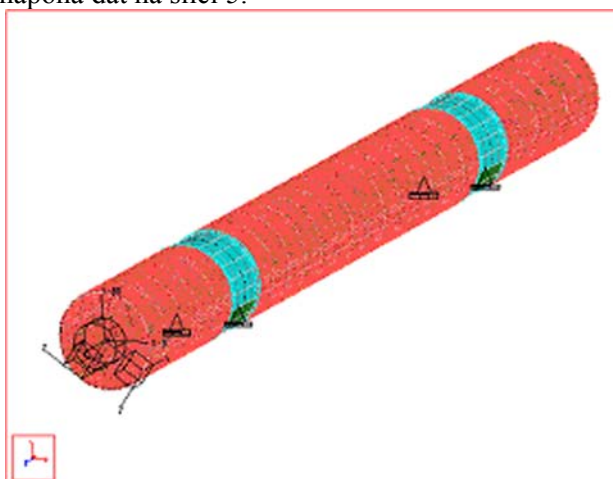
⁵ Projekat tehnološkog razvoja br. 6331, finansiran od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

2. MODELI ZA PRORAČUN

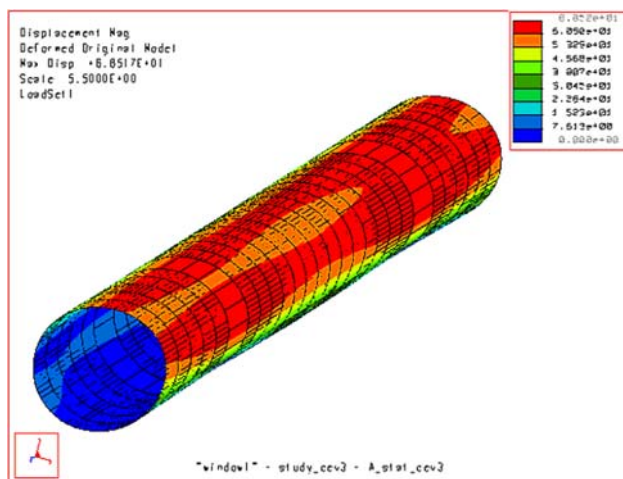
Analiza napona i deformacija cevi reaktora je izvršena primenom metoda konačnih elemenata (MKE), korišćenjem softvera Pro/MECHANICA. Postupak analize se zasniva na tzv. p-adaptivnom algoritmu (provera unapred zadate konvergencije i promena polinoma funkcije oblika konačnog elementa u skladu sa dobijenom konvergencijom rezultata u pojedinim tačkama). Cev reaktora je modelirana primenom konačnih elemenata u obliku ljuske (krive ploče), tetraedra (solid) i grede. Konačnim elementom u obliku ljuske modelirani su segmenti cevi, konačnim elementom u obliku grede su modelirane gredice na unutrašnjoj površini cevi, a tetraedrima su modelirani pogonski prstenovi reaktora. Ovako kompleksan MKE model pruža mogućnost detaljne analize napona i deformacija cevi reaktora.

2.1. Uprošćeni model cevi reaktora bez pogonskih prstenova

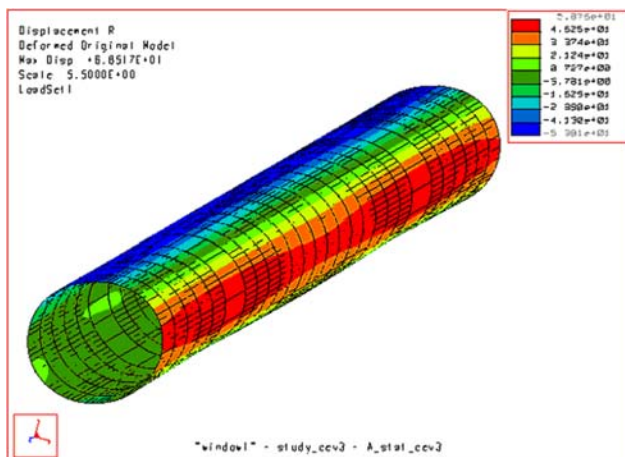
Uprošćeni model cevi reaktora bez pogonskih prstenova odgovara 3D modelu reaktora cevi koji sadrži sve detalje realne konstrukcije osim pogonskih prstenova, poklopca cevi i ojačanja, koji su u ovoj fazi analize izostavljeni. MKE model reaktora cevi je formiran primenom konačnih elemenata u obliku ljuski i greda (gredice za ojačanje) i prikazan je na slici 2. Model opterećenja cevi je izveden na osnovu realnog položaja koji materijal zauzima u toku tehnološkog procesa u unutrašnjosti cevi, pri čemu je uzeta pretpostavka da se materijal ponaša slično fluidu. Opisani model približno odgovara realnom modelu tako da se rezultati dobijeni na osnovu njega mogu uzeti kao merodavni. Međutim, prilikom analize dobijenih rezultata mora se uzeti u obzir činjenica da ovaj model podrazumeva direktno oslanjanje cevi reaktora na pogonske valjke na mestu segmenata debljine zida 40 mm, a ne na pogonske prstenove, što predstavlja najvažnije uprošćenje u odnosu na realni model. Ova analiza je sprovedena u cilju sagledavanja značaja pogonskih prstenova i njihovog uticaja na ponašanje, odnosno napone i deformacije, kompletnog sklopa cevi reaktora. Prikaz ukupne i radijalne deformacije je dat na slici 3, odnosno slici 4, dok je prikaz von Misesovog napona dat na slici 5.



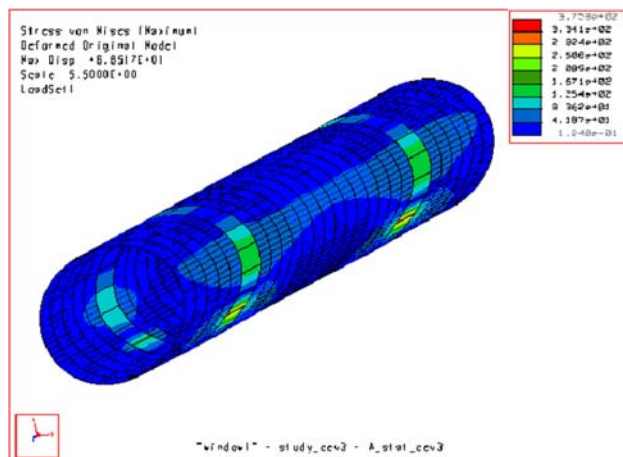
Slika 2: Model cevi reaktora bez pogonskih prstenova.



Slika 3: Prikaz ukupnih deformacija za model cevi reaktora bez pogonskih prstenova.



Slika 4: Prikaz radijalnih deformacija za model cevi reaktora bez pogonskih prstenova.

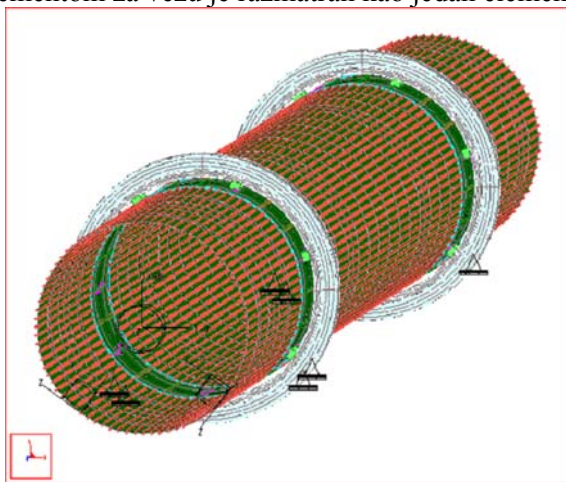


Slika 5: Prikaz von Misesovih napona za model cevi reaktora bez pogonskih prstenova.

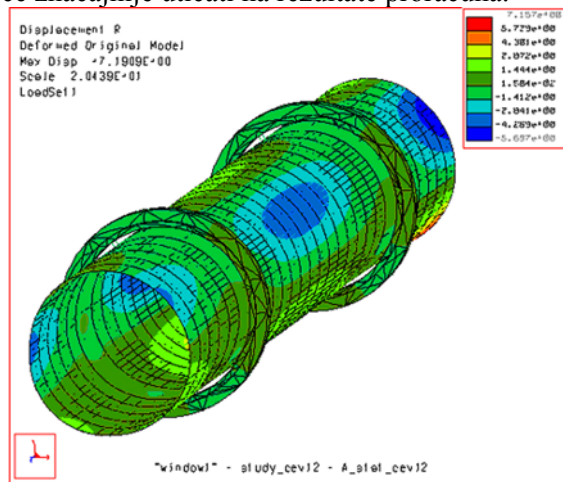
Analiza pokazuje da se maksimalni merodavni napon $\sigma_{VMmax} = 335 \text{ N/mm}^2$ pojavljuje na mestu oslanjanja cevi na pogonske valjke, što je rezultat savijanja cevi oko pogonskog valjka. Maksimalni napon nije rezultat kontaktnog pritiska, što bi se moglo pretpostaviti na osnovu prikaza napona. Kontaktni napon se mora posebno analizirati (na osnovu postojećih analitičkih izraza ili kontaktnom analizom – nelinearna analiza – koja nije ovde razmatrana zbog svoje složenosti), jer prikazani MKE model pretpostavlja znatno veću površinu kontakta između pogonskog valjka i cevi u odnosu na realnu površinu kontakta, što daje iskvarenu sliku o površinskom pritisku. Analiza napona pokazuje da je konstrukcija cevi reaktora kritična na mestu oslanjanja segmenata debljine zida 40 mm na pogonski valjak i da sa razmatranim dimenzijama cev nije u stanju da obavlja svoju funkciju. Maksimalni merodavni naponi na preostalim segmentima cevi reaktora se kreću između 40 i 80 N/mm^2 što je ispod kritičnih vrednosti. Problem velikog napona na segmentu cevi debljine zida 40 mm se može rešiti povećanjem debljine zida segmenta ili uvođenjem pogonskog prstena kao dodatnog elementa. Analiza deformacija prikazanih na slikama 3 i 4 pokazuje da usled deformacije bočne strane cevi, čija maksimalna vrednost u radijalnom pravcu iznosi približno 50 mm, može da dođe do neprihvatljivog dinamičkog ponašanja cevi reaktora. Prevelike bočne deformacije se takođe mogu smanjiti uvođenjem pogonskog prstena.

2.2. Model cevi reaktora sa pogonskim prstenovima

Na sledećem nivou usložnjavanja modela cevi reaktora uvodimo još jedan detalj realne konstrukcije – pogonske prstenove. MKE model reaktora cevi je formiran primenom konačnih elemenata u obliku ljuski, greda (gredice za ojačanje) i tetraedra (solid) koji se koristi za modeliranje pogonskih prstenova. Pogonski prsten i segmenti debljine 40 mm su povezani preko 98 ravnomerno radijalno raspoređenih elemenata koji se modeliraju gredama. Veza između pogonskog prstena i odgovarajućih segmenata cevi reaktora, koja je modelirana gredama, obezbeđuje prenošenje sila i momenata, a ne i detaljnu naponsku sliku u posmatranoj zoni. U cilju sagledavanja detaljne naponske slike u ovim zonama potrebno je formirati detaljan 3D MKE model. Model sa pogonskim prstenovima je prikazan na slici 6. Model opterećenja je preuzet sa uprošćenog modela cevi reaktora bez pogonskih prstenova i ovde neće biti detaljno razmatran. Za razliku od uprošćenog modela cevi reaktora ovde se kontakt između pogonskog valjka i cevi reaktora ostvaruje preko pogonskog prstena. Pogonski prsten se u realnoj konstrukciji sastoji iz nekoliko segmenata koji se međusobno spajaju i dodatnih elemenata koji obezbeđuju vezu sa cevi reaktora, međutim, u ovoj analizi pogonski prsten sa elementom za vezu je razmatran kao jedan element, što neće značajnije uticati na rezultate proračuna.



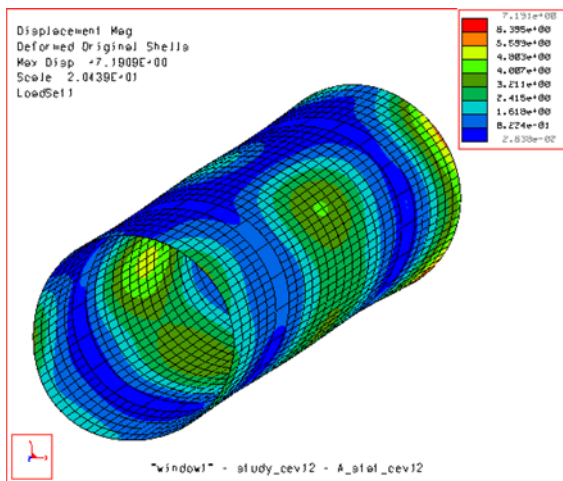
Slika 6: Model cevi reaktora sa pogonskim prstenovima.



Slika 7: Prikaz ukupnih deformacija cevi reaktora sa pogonskim prstenovima.

Analiza pokazuje da je maksimalna ukupna deformacija pogonskog prstena najveća u zoni kontakta pogonskog prstena i pogonskog valjka i iznosi oko 1.5 mm (slika 7), dok je maksimalna ukupna deformacija cevi reaktora najveća na kraju cevi i iznosi oko 7.2 mm (slika 8). Na osnovu analiziranih deformacija dolazimo do zaključka da se deformacije znatno smanjuju i praktično su zanemarljive s obzirom na njihov uticaj na dinamičko ponašanje u samom tehnološkom procesu (obrtnje cevi) u odnosu na prethodni model bez pogonskih prstenova. U cilju detaljne naponske analize sklopa cevi reaktora dat je prikaz napona za svaki karakterističan element sklopa odvojeno.

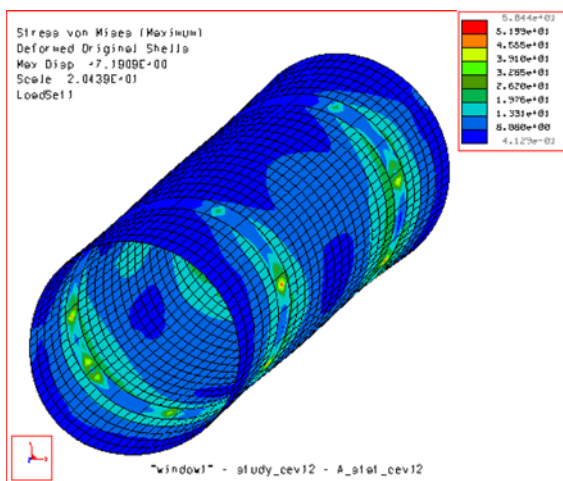
Na slici 9 su prikazani von Misesovi naponi za samu cev (segmenti 40 mm i segmenti 16 mm). Analiza pokazuje da se najveći naponi javljaju na mestu veze, koja je ostvorena primenom dodatnih elementima, između pogonskog prstena i cevi reaktora. Kako ova veza nije adekvatno modelirana moguće je kao merodavne prihvatiti samo rezultate koji se nalaze na određenoj udaljenosti od posmatranih tačaka.



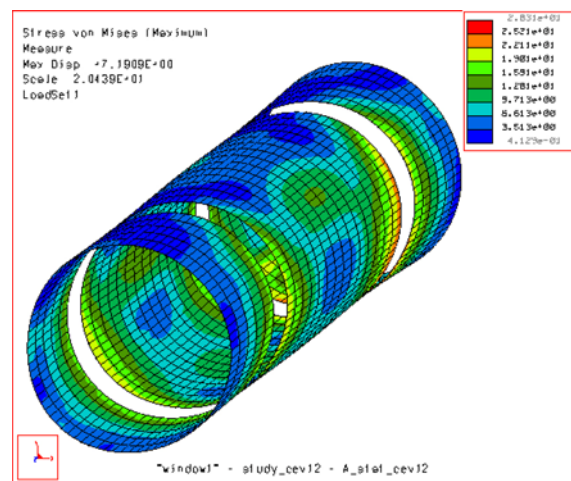
Slika 8: Prikaz ukupnih deformacija same cevi za model sa pogonskim prstenovima.

Iz tog razloga je na slici 10 dat prikaz von Misesovih napona samo za segmente debljine zida 16 mm. Analiza pokazuje da maksimalni napon na ovim segmentima iznosi 30 N/mm^2 , što je ispod kritične vrednosti. Na slici 11 je dat prikaz von Misesovih napona samo za segmente debljine zida 40 mm. Analiza pokazuje da maksimalni napon na ovim segmentima iznosi 60 N/mm^2 i to za za zonu u kojoj je potrebno izvršiti detaljniju naponsku analizu, međutim, s obzirom na to da se detaljnijom analizom dobijaju manje vrednosti napona (napon od 60 N/mm^2 je ispod kritične vrednosti) u ovoj zoni analiza detaljnog 3D modela u ovom slučaju nije neophodna. Prosečan napon na ovim segmentima, izuzimajući iz razmatranja prethodno pomenutu zonu, iznosi 30 N/mm^2 , što je ispod kritične vrednosti.

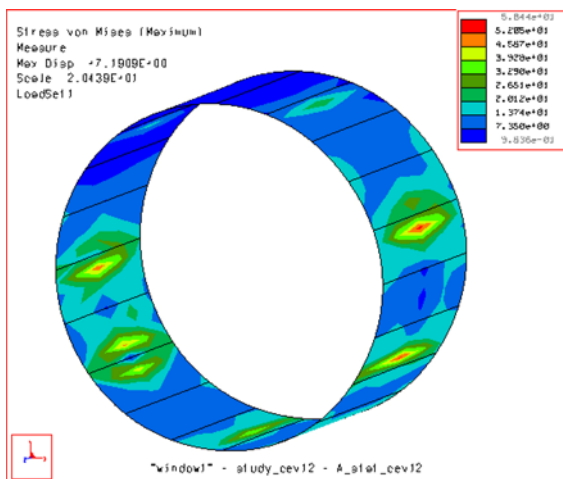
Na slici 12 su prikazani von Misesovi naponi za pogonski prsten. Analiza pokazuje da je za sagledavanje naponskog stanja na ovom elementu potrebno izvršiti detaljnu analizu, pošto se maksimalni napon javlja u zoni koja nije adekvatno modelirana i u kojoj se javlja koncentracija napona. Ova koncentracija napona ne odgovara realnim uslovima. Prosečan napon na progonskom prstenu, izuzimajući iz razmatranja pomenutu zonu koncentracije napona, iznosi 15 N/mm^2 .



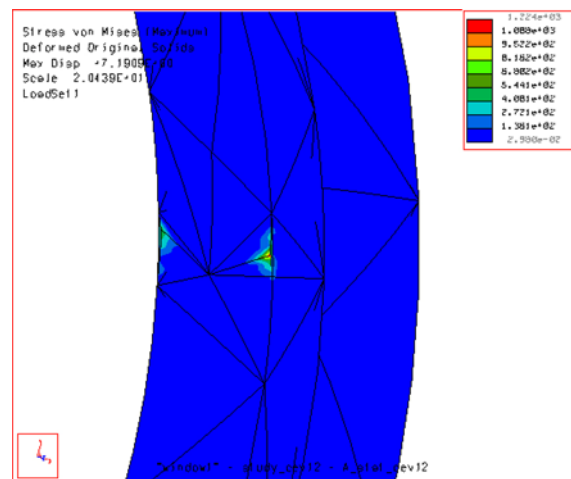
Slika 9: Prikaz von Misesovih napona same cevi za model sa pogonskim prstenovima.



Slika 10: Prikaz von Misesovih napona segmenata debljine 16 mm za model sa pogonskim prstenovima.



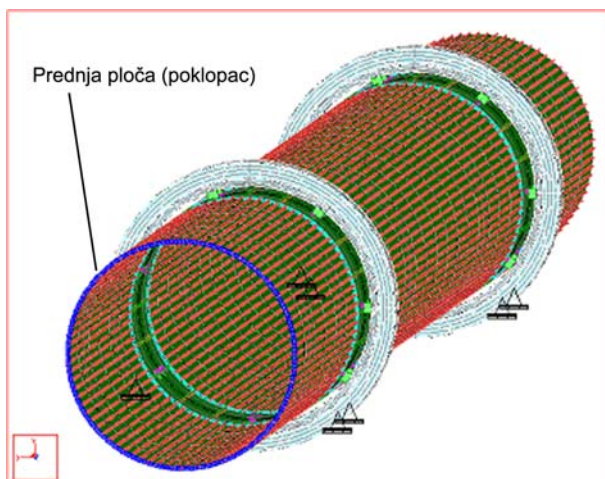
Slika 11: Prikaz von Misesovih napona segmenata debljine 40 mm za model sa pogonskim prstenovima.



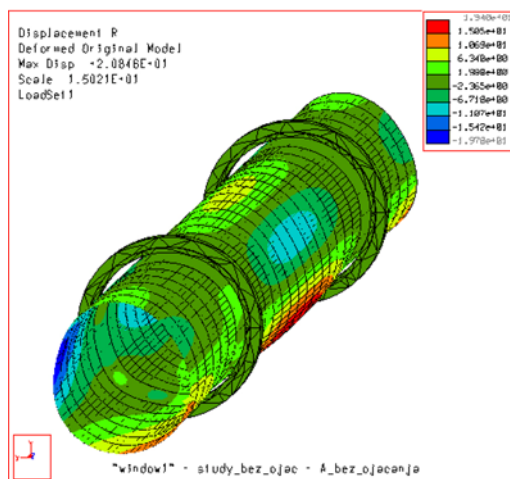
Slika 12: Prikaz von Misesovih napona pogonskog prstena.

2.3. Model cevi reaktora sa prednjom pločom (poklopцем)

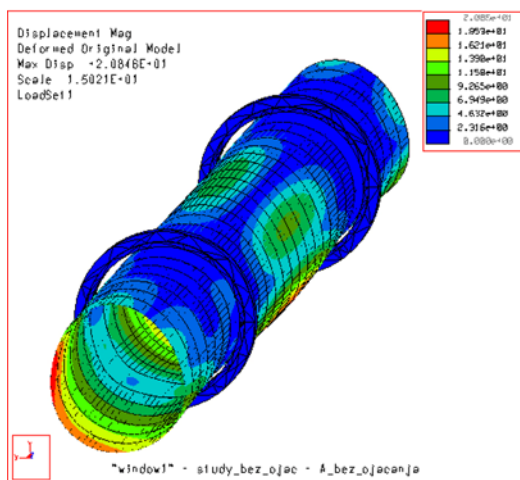
Cev reaktora se na prednjem kraju zatvara poklopцем (prednjom pločom), pa u model treba uneti dodatno opterećenje koje nastaje usled težine poklopca. Sopstvena težina prednje ploče, kao dodatno spoljašnje opterećenje cevi, je ravnomerno raspodeljena po obimu cevi na mestu gde se prednja ploča vezuje za cev. Model cevi reaktora sa prednjom pločom je dat na slici 17. Analiza pokazuje da se napon na mestu prelaska sa segmenata debljine zida 16 mm na segmentne debljine zida 40 mm značajno povećava usled sopstvene težine prednje ploče (poklopca). Detaljni prikaz napona za segmente debljine 16 mm je dat na slici 20. Maksimalni napon na segmentima debljine zida 16 mm iznosi oko 180N/mm^2 . Ukupne deformacije su date na slici 19, a radijalne na slici 18. Deformacija pogonskih prstenova se ne povećava značajno usled delovanja težine prednje ploče, pa iz tog razloga nije izvršena njegoja detaljnija analiza.



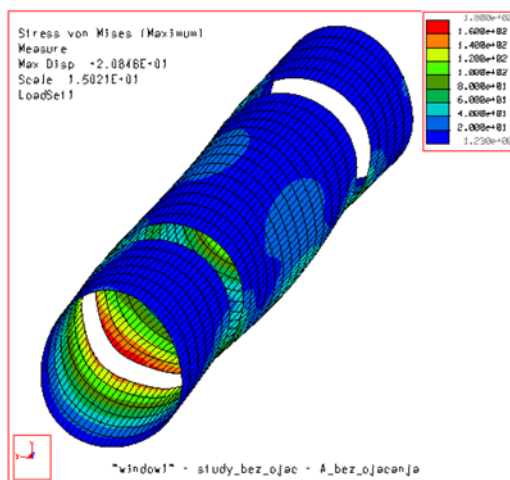
Slika 17: Model cevi reaktora sa prednjom pločom (poklopćem).



Slika 18: Prikaz radijalnih deformacija cevi reaktora sa prednjom pločom.



Slika 19: Prikaz ukupnih deformacija same cevi za model sa prednjom pločom.

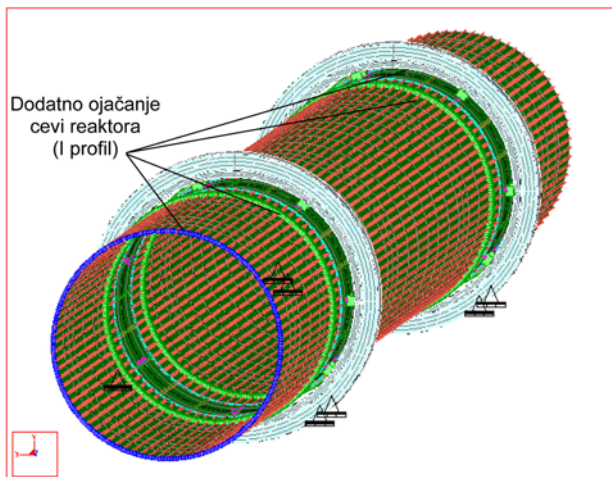


Slika 20: Prikaz von Misesovih napona za model cevi reaktora sa prednjom pločom.

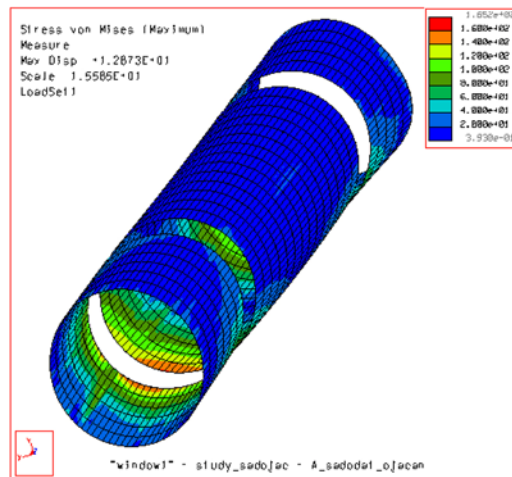
2.4. Model cevi reaktora sa prednjom pločom (poklopćem) i dodatnim ojaćanjem

Konstrukcija cevi reaktora, pored prednje ploče, sadrži i dodatna ojaćanja, čija je uloga da smanje napone u zoni prelaska sa segmenata debljine zida 16 mm na segmente debljine zida 40 mm. Radi se, zapravo, o standardnim I profilima koji se savijaju oko spoljašnjeg prećnika cevi. Model cevi reaktora sa ojaćanjima je dat na slici 21. Dodatna ojaćanja su modelirana krivolinijskim gredama čija karakteristika poprećnog preseka odgovara standardnom I profilu (Pro/M nudi I profil kao standardni element – gredu).

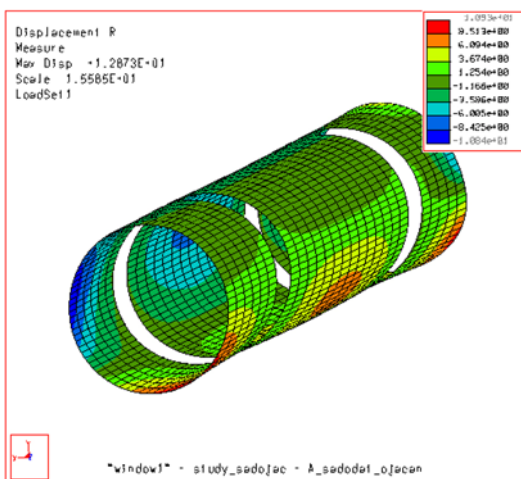
Analiza pokazuje da se napon na mestu prelaska sa segmenata debljine zida 16mm na segmentne debljine zida 40 mm smanjuje sa 180N/mm^2 (cev bez ojaćanja) na 160N/mm^2 (cev sa dodatnim ojaćanjem) kao rezultat dodatnog ojaćanja. Detaljni prikaz von Misesovih napona za segmente debljine 16 mm je dat na slici 22. Ukupne deformacije su date na slici 24, a radijalne na slici 23. Pored smanjenja napona smanjuju se i odgovarajuće deformacije.



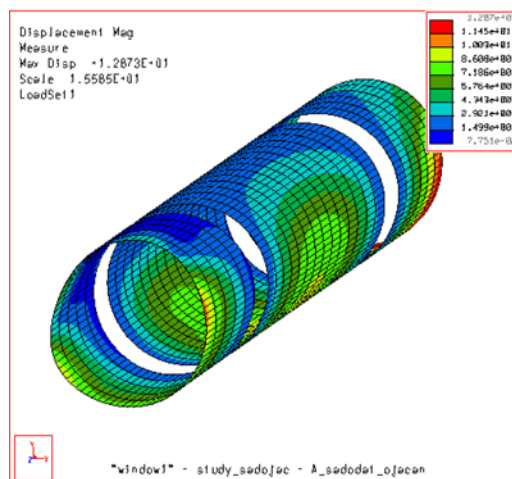
Slika 21: Model cevi reaktora sa dodatnim ojačanjem.



Slika 22: Prikaz von Misesovih napona za model cevi reaktora sa prednjom pločom.



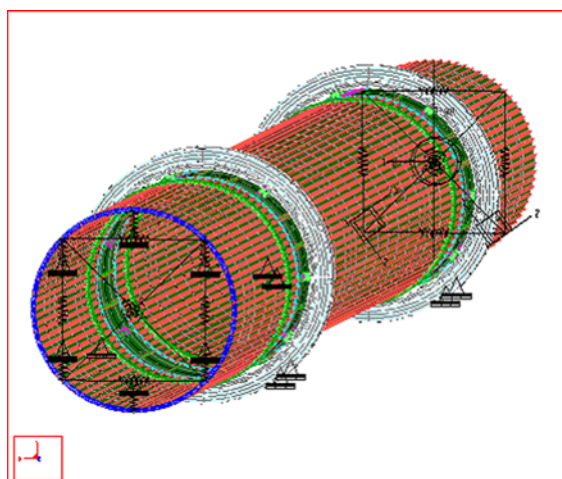
Slika 23: Prikaz radialnih deformacija cevi reaktora sa prednjom pločom.



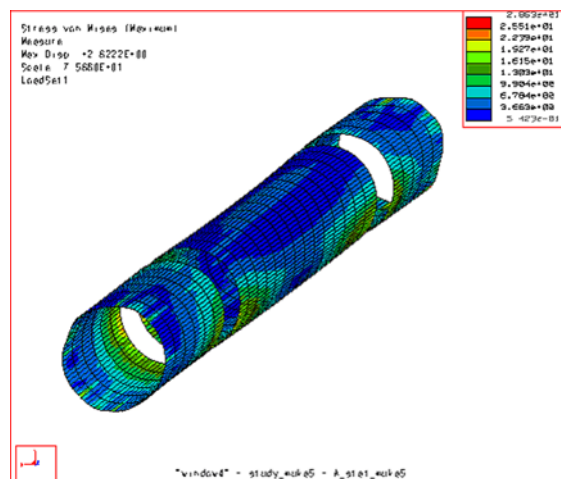
Slika 24: Prikaz ukupnih deformacija same cevi za model sa dodatnim ojačanjem.

2.5. Model cevi reaktora sa elastičnim osloncima

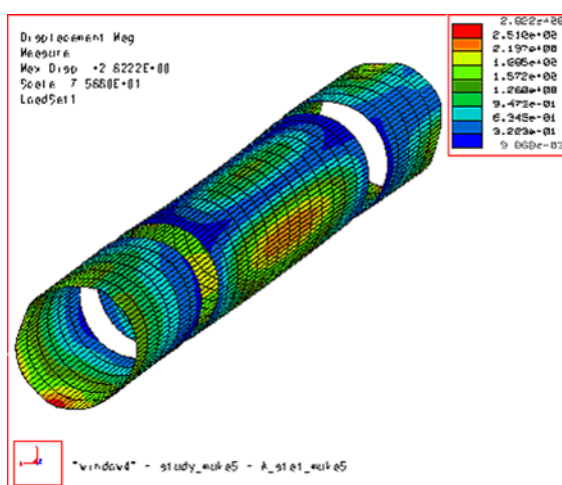
Zbog nemogućnosti značajnijeg smanjenja kritičnih napona na prelasku sa segmenata debljine zida 40 mm na segmente debljine zida 16 mm, nastalog usled sopstvene težine prednje ploče, primenom dodatnog ojačanja, izvršena je ugradnja elastičnih tanjirastih opruga za kompenzaciju težine prednje ploče koje su jednim krajem vezane za temelj reaktora a drugim krajem za prednju ploču. Prilikom izbora krutosti paketa tanjirastih opruga vođeno je računa da se uticaj težine prednje ploče u potpunosti kompenzuje, odnosno da se njihovom ugradnjom dobije raspodela napona u cevi reaktora koja je približno identična modelu cevi bez prednje ploče. Model cevi reaktora sa elastičnim osloncima je prikazan na slici 24. Analiza pokazuje da se napon u kritičnom preseku cevi (napon na prelasku sa segmenata debljine zida 40 mm na segmente debljine zida 16 mm) ugradnjom tanjirastih opruga značajno smanjuje i iznosi oko 30 N/mm². Detaljni prikaz von Misesovih napona za segmente debljine 16 mm je dat na slici 25. Ukupne deformacije su date na slici 26, a radialne na slici 27.



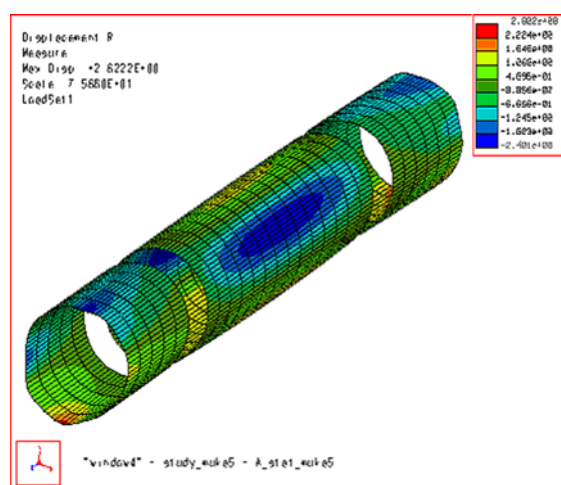
Slika 24: Model cevi reaktora sa elastičnim osloncima



Slika 25: Prikaz von Misesovih napona za model cevi reaktora sa elastičnim osloncima.



Slika 26: Prikaz ukupnih deformacija same cevi za model sa elastičnim osloncima.



Slika 27: Prikaz radialnih deformacija same cevi za model sa elastičnim osloncima

3. ZAKLJUČAK

Rezultati analize napona i deformacija cevi reaktora u radnim uslovima, dobijeni u ovom istraživanju, na osnovu modela napravljenog u softveru Pro/MECHANICA, poklapaju se sa rezultatima analize otpornosti pomenute konstrukcije objavljenim u [1]. Zaključci o potrebnom nivou složenosti modela dobijeni u ovom istraživanju mogu se primeniti i za modeliranje i analizu drugih sličnih konstrukcija.

REFERENCE

- [1] Stojković, S., Dostanić, M., *Postrojenje za mehaničko biološko procesiranje komunalnog otpada*, Ekologika, 1/ 2005.

Vasić, Ž., Nešić, N., Stojković, S., Popović, M.

MODELLING AND STRESS/DISPLACEMENT ANALYSIS OF A REACTOR TUBE OF AN INSTALLATION FOR COMPOST PROCESSING

Resume: In this paper has been given a procedure for modelling and stress/displacement analysis of a reactor tube of an installation for compost processing, using Pro/MECHANICA. Considering complexity of the object to be modelled, the aim was to determine the most simple model which would be able to enclose all elements of the real construction critical for its resistance and would not be too demanding for computation. This model has been used to check the resistance of the analyzed construction, but it is also a good example for modelling and analysis of all objects similar to this one.

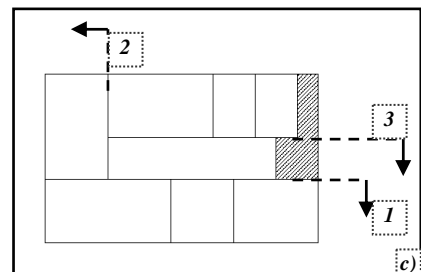
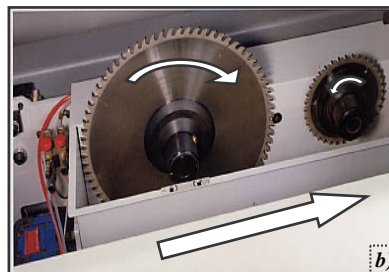
Key Words: CAE, 3D modelling, resistance of constructions.

**MODEL FUNKCIJE CILJA ZA OPTIMIZATOR KROJENJA
PLOČASTIH MATERIJALA****Rezime**

Poznato je da ne postoje generalni modeli i algoritmi za rešenje problema optimizacije krojenja pločastih materijala, već se saglasno konkretnim ciljevima i ograničenjima projektuju parcijalna rešenja za pojedine oblasti primene. Ovaj rad je nastao kao rezultat razvoja programskog rešenja za krojenje pločastih materijala na bazi drveta. Programsko rešenje za optimizaciju krojenja je realizovano kroz korake procesiranja ulaznih podataka, generisanja inicijalnih rasporeda i njihove naknadne optimizacije. U radu se izlaže model ciljne funkcije za vrednovanje inicijalnih rasporeda, odnosno za njihovu optimizaciju.

1. UVOD

Pronalaženje optimalnog ili njemu bliskog rasporeda određenih elemenata unutar ograničenog prostora bez međusobnog preklapanja, kao što su slučajevi pakovanja, krojenja, deljenja procesorskih resursa, i slični praktični problemi, predmet je razmatranja mnogobrojnih naučnih i stručnih radova u poslednje tri decenije, uključujući i magistarske i doktorske teze [1, 2]. Širok pregled naučnih radova, metodoloških pristupa i publikacija iz ove oblasti izložen je u radu [3]. Ovaj rad se odnosi na problem optimizacije krojenja pločastih materijala na bazi drveta, poput iverastih ploča, furnirskih ploča, medijapana, i sl. Mada je u opštem slučaju posmatrane pločaste materijale moguće krojiti na različitim mašinama i na taj način realizovati proizvoljan raspored i oblik krojnih segmenata, slika 1.a), najčešće se ove ploče kroje na specijalnim mašinama, tzv. raskrajačima, koje omogućavaju samo pravolinijske rezove. Naime, za krojenje na ovim mašinama koriste se alati u obliku kružnih testera, sa ili bez dodatnog alata, slika 1.b), pa je kinematički moguće vršiti samo pravolinijsko rasecanje. Uloga dodatnog alata, tzv. predrezača, je da plitkim rezom obezbedi izlazak zuba glavnog alata bez odvajanja ivica ploča kao i rezanje tvrdih slojeva materijala kod oplemenjenih ploča. Razvijeni algoritam za optimizaciju podrazumeva krojenje na mašinama tipa raskrajača, odnosno razmatra problem krojenja pravougaonih tabli na manje pravougaone segmente, zadovoljavajući pri tome uslov početnog rezanja na trake, slika 1.c). Bez stroge formalnosti posmatrani slučaj optimizacije se može definisati na sledeći način. Potrebno je naći optimalan raspored n pravougaonih komada, koji su definisani širinom b_i i dužinom l_i ($i=1, \dots, n$), na pločama repromaterijala koje imaju širinu B i dužinu L , odnosno na pravougaonim pločama korisnog otpada sa dimenzijama B_{oj} i L_{oj} ($j=1, \dots, s$). Pri tome nije dozvoljeno preklapanje elemenata, potrebno je voditi računa o orijentaciji delova i ploča, i uslovima rezanja (krajcovanje, širina noža, pravci i kontinuitet sečenja). Podrazumeva se da su uslovi $b_i \leq B$ i $l_i \leq L$ zadovoljeni, a pri generisanju rasporeda vodi se računa o zadovoljenju uslova $b_i \leq B_{oj}$ i $l_i \leq L_{oj}$. Pri tome se pod korisnim otpadom podrazumevaju ostaci ploča iz prethodnih procesa rezanja.



Slika 1. a) Primer krojenja složenih oblika na mašinama tipa obradnih centara, b) najčešći oblik konstrukcije nosača alata sa smerovima kretanja glavnog alata i predrezača na mašinama tipa raskrajača, c) primer sečenja sa rezovima preko čitave tekuće širine/dužine table (tzv. giljotina rezovi)

¹ Borislav Kovljenić, dipl. maš. ing., bkovljenic@mas.bg.ac.yu, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11 120 Beograd 35

2. ALGORITAM OPTIMIZACIJE

Razvijeni algoritam za programsko rešenje optimizatora krojenja detaljnije je izložen u radu [4]. Ovde se samo napominje da rešenje bazira na tri osnovna koraka tokom generisanja optimizovanih krojnih listi: (i) predprocesiranju ili pripremi ulaznih podataka za generisanje inicijalnih rasporeda, (ii) procesiranju ili generisanje inicijalnih rasporeda i (iii) postprocesiranju ili poboljšanje inicijalnih rasporeda. Algoritam bazira na kombinaciji tri teorijska pristupa koji se u literaturi sreću pod nazivima BL (Bottom Left) algoritam pozicioniranja, BF (Best Fit) algoritam popunjavanja i TS (Tabu Search) algoritam za modifikovanje inicijalnih rasporeda, [4]. Pored toga algoritam se zasniva na kombinovanju nivoinskog i BL načina popunjavanja, tako da generiše krojne liste sa rezovima tipa giljotine, slika 1.c). U idealnom slučaju dobijaju se potpuni nivoinski rasporedi.

Funkcija cilja koja se opisuje u ovom radu koristi se za vrednovanje i poboljšanje inicijalnih rasporeda. Naime, za poređenje pojedinih rasporeda i njihovo poboljšanje tokom koraka postprocesiranja neophodno je definisati metričku funkciju ili tzv. funkcija cilja, koja se tokom modifikovanja rasporeda nastoji maksimizovati ili minimizovati, zavisno od ekstrema kojem se teži. Primera radi, matematička funkcija cilja se može definisati na bazi minimalne površine otpada tokom krojenja ili na bazi maksimalnog iskorišćenja ploča repromaterijala. U radu se opisuje funkcija cilja koja kvalitet rasporeda vrednuje na bazi uočene analogije minimizacije neiskorišćenog materijala i koncepta minimalne potencijalne energije. Pri tome se matematički modeliraju i određeni uslovi za modifikovanje inicijalnih rasporeda.

3. OPTIMIZACIJA INICIJALNIH RASPOREDA

U razvijenom algoritmu se za optimizaciju inicijalnih rasporeda pored drugih pravila koristi i modifikovani TS algoritam. Detalji algoritma i izvršenih modifikacija u odnosu na opšti teorijski model izložen npr. u [2], opisani su u [4]. Generalno, Tabu Search algoritam se bazira na tome da se polazeći od datog inicijalnog rasporeda pomeraju pojedini elementi u nastojanju da se isprazni tzv. ciljna tabla, (target bin). Ciljna tabla je ona minimalno popunjena među datim rasporedima. Funkcija koja meri lakoću praznjenja je definisana prema izrazu (1), tako da favorizovanje one rasporede za ciljne koji imaju malu pokrivenost površine (prvi član) i sadrže što veći broj malih elemenata (drugi član).

$$F(R_i) = \alpha \frac{\sum_{j \in R_i} b_j l_j}{BL} - \frac{|n_i|}{n} \quad \begin{array}{l} \alpha - \text{predefinisan pozitivan broj kao težinski faktor} \\ n_i - \text{broj delova raspoređenih na tabli } R_i. \end{array} \quad (1)$$

Kada se odredi ciljna tabla novi podrasporedi (samo za izabrane table) se generišu tako da sadrže jedan element sa ciljne table i k ostalih elemenata sa predašnjeg rasporeda. Preko parametra k se definiše veličina tekuće okoline koja se menja za vreme pretraživanja, a u prvom koraku se usvaja da je $k=n_i-1$. Novi raspored na tabli se dobija primenjujući odgovarajuća pravila, pri čemu se koriste tri tipa pomeraja, odnosno zamene delova: (i) pomeraji koji prazne ciljnu tablu pomerajući njene elemente na ostale table, pri tome se favorizuju pomeraji koji na ciljnoj tabli ostavljaju veći broj malih elemenata jer se isti lakše pakuju, (ii) pomeraji unutar iste table gde se nastoji preraspodelom dobiti kompaktniji slobodan prostor, (iii) pomeraji između neciljnih tabli koji daju kompaktniji prazan prostor čime se povećava verovatnoća popunjavanja delovima sa ciljne table.

U svakoj iteraciji identifikuje se najveći deo na ciljnoj tabli, tj. deo maksimalne površine $P_i = l_i b_i$. Ideja je pokušati upakovati najveći deo sa ciljne table, pa zatim ostale po veličini proveravajući obe orijentacije. Delovi veći od određenog praga (definiše se relativno u odnosu na površinu najvećeg dela) se ne pomeraju. U prvom koraku se pokušava upakovati najveći deo u sve moguće pozicije.

4. MODEL FUNKCIJE CILJA

Da bi se vrednovali inicijalni rasporedi, kao i novi rasporedi nastali posle nekog od pomenuta tri tipa pomeraja definisana je odgovarajuća metrička funkcija. Za razvijeni algoritam usvojeno je rešenje koje bazira na analogiji koncepta minimizacije potencijalne energije i minimizacije nepopunjenog prostora na tablama repromaterijala, a uzimajući u obzir i efekte koje proizvode navedena tri tipa pomeraja pri modifikacijama inicijalnih rasporeda. Pri formiranju matematičkog modela ciljne funkcije koristi se činjenica da se sa potpunim iskorišćenjem tabli repromaterijala njihovo težište približno poklapa sa težištem svih krojnih elemenata. Ovakav matematički opis rasporeda obezbeđuje njihovo vrednovanje kako za pojedinačne

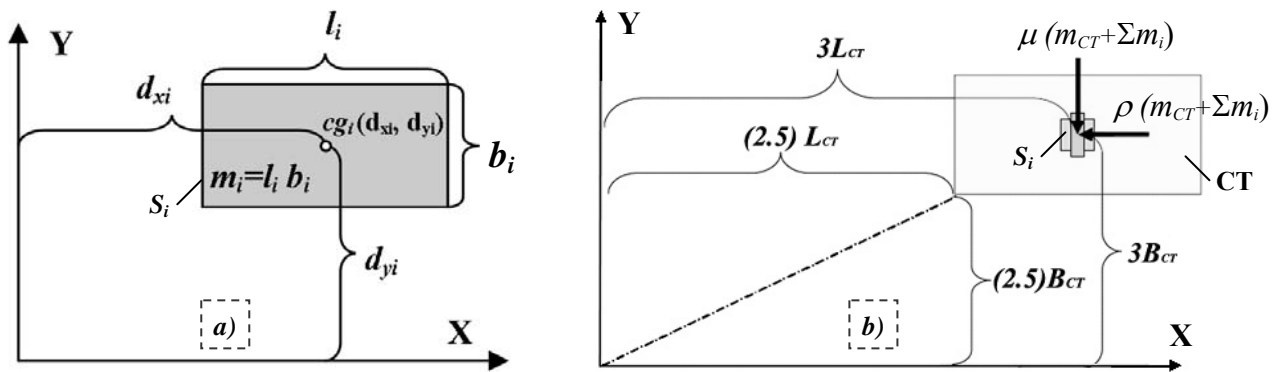
table tako i za sve rasporede sumiranjem parcijalnih ciljnih funkcija. Izraz za ciljnu funkciju (CF) je tako formiran da se sa povećanjem kvaliteta popunjenosti njena vrednost smanjuje. Pri tome se pod kvalitetom popunjenosti podrazumeva kako površinska popunjenost tako i kvalitet navedena tri tipa pometaja.

Kao referentne ravni za funkciju cilja analogno konceptu potencijalne energije usvajaju se ose X i Y, i usvaja se da je materijal homogen tako da je maseni ekvivalent $m_i = l_i b_i$, a centar mase geometrijski centar ploča, odnosno delova, slika 2.a). Potencijalne energija se definiše relativno u odnosu na obe ose, X i Y, na sledeći način: ako sa μ i ρ predstavimo vertikalnu i horizontalnu gravitacionu konstantu onda se komponente potencijalne energija delova mogu izraziti kao, (slika 2.a)):

$$CF_{xi} = m_i \rho d_{xi} \quad CF_{yi} = m_i \mu d_{yi} \quad (2)$$

Potencijalna energija za tablu k se računa analogno kao za krojne elemente pri čemu se njena vrednost koristi i kao referentna vrednost za minimum funkcije cilja. Ako ukupni centar gravitacije za ploču k i sve elemente koji se kroje iz nje označimo tačkom $CG_k = [CG_{kx}, CG_{ky}]$, odgovarajući izrazi za koordinate ovog centra su:

$$CG_{kx} = \frac{BL(\frac{1}{2}B) + \sum_i m_i d_{ix}}{BL + \sum_i m_i} \quad CG_{ky} = \frac{BL(\frac{1}{2}L) + \sum_i m_i d_{iy}}{BL + \sum_i m_i} \quad (3)$$



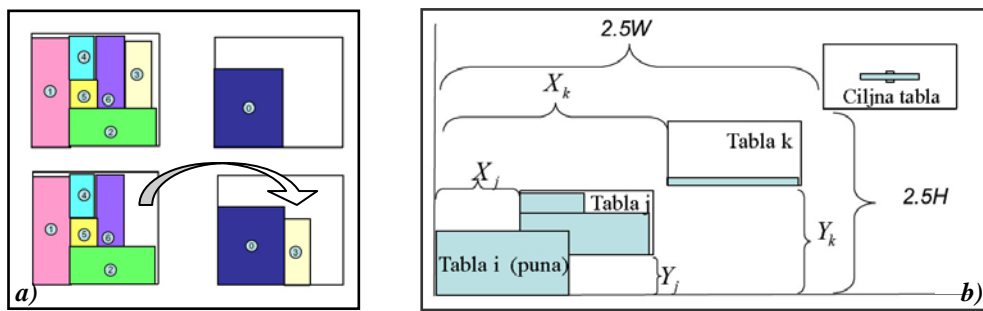
Slika 2. Određivanje vrednosti ciljne funkcije za pojedine pločaste segmente –a) i ciljnu tablu –b)

Izraz za potencijalnu energiju ciljne table se zbog njene specifičnosti formira na nešto drugačiji način. Pri formiranju ovog izraza ciljna tabla se dislocira tako da njeno ishodište (donji levi ugao) bude na poziciji $(2.5B, 2.5L)$, slika 2.b). Na taj način se osigurava da njena potencijalna energija bude relativno velika u odnosu na ostale table. Pošto ovde ne pokušavamo da poboljšamo raspored, centar gravitacije cg_i za sve delove na ovoj tabli se može postaviti u centar table, slika 2.b). Ako dva pomeraja više elemenata sa ciljne table daju istu površinsku popunjenost na njoj onda se preferira onaj koji ima više delova, zbog toga što se manji delovi lakše pakuju. Ova prednost se uzima u obzir oduzimanjem člana $\frac{|n_i| l_{min} b_{min}}{2LB}$ od obe koordinantne komponente CF, gde su b_{min} i l_{min} dimenzije najmanjeg komada, a n_i broj elemenata na ciljnoj tabli. Finalni izrazi za komponente potencijalne energije ciljne table dati su izrazom (4).

$$CF_{CTX} = [3\rho L_{CT}] \left(L_{CT} B_{CT} + \sum_{i \in CT} l_i b_i - \frac{|n_i| l_{min} b_{min}}{2LB} \right) \quad (4)$$

$$CF_{CTY} = [3\mu B_{CT}] \left(L_{CT} B_{CT} + \sum_{i \in CT} l_i b_i - \frac{|n_i| l_{min} b_{min}}{2LB} \right)$$

Premeštanjem delova između neciljnih tabli moguće je poboljšati prazan prostor na rasporedima. Prema prethodno navedenom izrazu (2), kod dve ili više delimično popunjenih tabli osnovni izraz za CF forsira ujednačenu popunjenost. Primera radi, preferira se prebacivanje dela sa leve na desnu tablu prema slici 3.a), što je nepovoljno sa aspekta praznog prostora.



Slika 3. Nepovoljni pomeraji između neciljnih tabli - a); i korekcija ciljne funkcije - b)

Pomerajući merenje CF, tako što se translira donji levi ugao ploča, X_k i Y_k , za vrednosti proporcionalne kvadratnom korenu neiskorištenog prostora, u oba pravca x i y, koriguje se ovaj nedostatak, slika 3.b). Dodatno skaliranje faktorom 1.5 pogoduje protežiranju pomeraja između neciljnih tabli u odnosu na unutrašnje pomeraje u okviru jedne table. Vrednost ovog faktora obezbeđuje da je gornji desni ugao neciljnih tabli uvek na manjoj CF od donjeg levog ugla ciljne table. Na taj način se donji levi ugao za sve ploče redefiniše prema izrazu (5). Posle definisanja ovog poslednjeg poboljšanja konačan izraz za ciljnu funkciju za raspored k dat je izrazom (6).

$$X_j = 1.5W_j \sqrt{1 - \frac{\sum_{i \in j} h_i w_i}{H_j W_j}}, \quad Y_j = 1.5H_j \sqrt{1 - \frac{\sum_{i \in j} h_i w_i}{H_j W_j}} \quad (5)$$

$$CF_k = [\rho(CG_{kx} + X_k) + \mu(CG_{ky} + Y_k)] \left(1 + \frac{\sum_i l_i b_i}{LB}\right) \cdot LB \quad (6)$$

5. ZAKLJUČAK

Iz izloženog je jasno da prema izrazu (6) kompaktniji rasporedi daju manju vrednost funkcije CF. Svaki pomeraj koji daje manju ukupnu vrednost CF, odnosno manji broj elemenata na ciljnoj tabli smatra se uspešnim. U slučaju da ni jedan pomeraj ne daje rezultate moguće je koristiti povećanje parametra k ili birati novu ciljnu tablu, npr. sa drugom najmanjom vrednosti ove funkcije. Funkcije CF deo je seta funkcija razvijenog optimizatora, a koje se koriste za vrednovanje rasporeda i njihovo poboljšanje zavisno od izabranih uslova optimizacije kao što su pomenuti tehnološki zahtevi u pogledu rezova tipa giljotine ili nivoinskog popunjavanja, uslovi grupisanja delova, i slični.

6. LITERATURA

- [1] Janne Karelaiti, Solving the cutting stock problem in the steel industry, Master's thesis, Department of Engineering Physics and Mathematics, Helsinki University Of Technology, Helsinki, 2002.
- [2] Harwig M., An Adaptive Tabu Search Approach to Cutting and Packing Problems, PhD Dissertation, The University of Texas at Austin, 2003.
- [3] E. Hopper, B. Turton, A Review of the Application of Meta-Heuristic Algorithms to 2D Strip Packing Problems, Artificial Intelligence Review, vol. 16, 257 – 300, 2001.
- [4] Koveljenić B., Ivanović R., Algoritam za optimizaciju krojenja pločastih materijala, 31. JUPITER Konferencija, Zbornik radova na CD-u, pp. 2.76-2.80., Zlatibor, 2005.

MODEL OF TARGET FUNCTION FOR PANEL MATERIALS CUTTING OPTIMIZER

Summary

Because there are no general models and algorithms for solving 2D cutting stock problem, for every specific practical application we need to develop specific solution regard to specific goals and constraints. This paper has arose as a result of software development for wood based panel materials. Software solution for cutting optimization is realized through processing input data, generation initial cutting chart and their additional optimization. The paper gives a model for target function for initial pattern evaluation and optimization.

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



28. simpozijum

NU * ROBOTI * FTS

Zlatibor, maj 2006.

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S. TROOSNI PARALELNI MEHANIZAM SA SPECIFIČNIM REŠENJIMA PASIVNOG TRANSLATORNOG ZGLOBA	3.1
Lukić, L., Jaraković, I. RAZVOJ FORMING MAŠINA SA MIKROPROCESORSKIM UPRAVLJANJEM	3.5
Lazarević, I., Miljković, Z. PRIMENA OPC SERVERA U AKVIZICIJI STANJA TEHNOLOŠKIH SISTEMA	3.9
Mijanović Markuš, M. PROGRAMABILNI AUTOMATIZACIONI KONTROLER BUDUĆNOST U INDUSTRIJSKOM UPRAVLJANJU	3.13
Nedić, N., Dihovični, Đ. STABILNOST SISTEMA SA RASPODELJENIM PARAMETRIMA NA KONAČNOM INTERVALU OPISANIH JEDNAČINAMA OBLIKA	3.17
Dihovični, Đ., Nedić, B. STABILNOST SISTEMA NA KONAČNOM PROSTORNOM INTERVALU SISTEMA SA RASPODELJENIM PARAMETRIMA SA DISTRIBUIRANIM UPRAVLJANJEM	3.21
Lazarević, M. MODELIRANJE I SIMULACIJA ELEKTROMEHANIČKIH ROBOTSkih SISTEMA POGONJENIH JEDNOSMERNIM MOTORIMA U MATLAB OKRUŽENJU	3.25
Petrović, P., Jakovljević, Ž. OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA EKSTRUDERA ZA ISTISKIVANJE ELASTOMERA - DEO I: Analitički model	3.29
Petrović, P., Jakovljević, Ž. OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA EKSTRUDERA ZA ISTISKIVANJE ELASTOMERA - DEO II: Primer optimizacije pužnog vretena ekstrudera D250	3.39
Jakovljević, Ž., Petrović, P. PREPOZNAVANJE PREKIDA U PROCESU STRUGANJA PRIMENOM LINEARNOG KLASIFIKATORA	3.47
Slavković, R., Jugović, Z., Golubović, D. PRIMER REŠENJA FUNDIRANJA TEHNOLOŠKE OPREME U SPECIFIČNIM USLOVIMA RADNE SREDINE	3.51
Vasić, Ž., Kalajdžić, M. UTICAJ ZAVOJNE BURGJE NA DINAMIČKO PONAŠANJE MAŠINSKOG SISTEMA	3.55

NU – ROBOTI –FTS - 2. STRANA

← NAZAD

Nedić, B. DINAMIČKA STABILNOST ALATA U OBRADI STRUGANJEM.....	3.59
Выговский, Г., Громовой, А., Бушля, В. ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО ТОРЦОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ СВЕРХТВЕРДЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	3.63
Мельничук, П., Лоев, Е., Головатенко, О. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРЦЕВЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ.....	3.69
Kršljak, B. RASECANJE DRVETA TRAKASTIM TESTERAMA	3.75
Babić, A., Miodragović, G., Petrović, A., Plić, N. ВАРИАНТЕ НОЖЕВА ЗА ОБРАДУ ИНФРАСТРУКТУРНИХ ОБЈЕКТА И ЊИХОВА ГЕОМЕТРИЈА	3.79
Coman, L. SOME CONSIDERATIONS REGARDING FRICTION PROCESSES IN SHEET METAL FORMING	3.83
Perušić, M., Pejović, B., Mičić, V. O JEDNOJ MOGUĆNOSTI PRIMENE LAGRANGEOVIH POLINOMA KOD EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA FUNKCIJA OBRADLJIVOSTI	3.87
Крыжановский, В. РАСЧЕТ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ПАКЕТЕ MATLAB.....	3.92
Suciu, L., Raduca, M., Raduca, E., Tatucu, I. THE MODELLING OF LASER CUTTING: A COMPLEX PROCEEDINGS COMBINATION.....	3.97
Jevtić, M., Vukićević, V., Zeljković, V., Komadinić, V. NOVA METODA REPARACIJE RUKAVACA TEŠKE ROTACIONE OPREME U SOPSTVENIM LEŽIŠTIMA.....	3.102
Pavlović, Ž. SERIJSKA IZRADA MATRICNI I ČAURA NA ŽIČNOJ EROZIJI SA TOLERANCIJOM ODSTUPANJA OSA SPOLJNJEG I UNUTRAŠNJEG PREČNIKA MANJOM OD 0.01	3.108

NU – ROBOTI –FTS - 1. STRANA

← NAZAD



Miloš Glavonjić, Dragan Milutinović, Saša Živanović¹⁾

TROOSNI PARALELNI MEHANIZAM SA SPECIFIČNIM REŠENJIMA PASIVNOG TRANSLATORNOG ZGLOBA²⁾

Rezime

Kao što je poznato, oblik i dimenzije radnog prostora su među najvećim nedostacima mašina sa paralelnom kinematikom. Mehanizmi Hexaglide i Triaglide su primeri kod kojih je radni prostor izdužen po jednoj osi, kao glavnoj osi kretanja, što je inače uobičajena karakteristika mašina sa serijskom strukturom. Polazeći od značaja izdvajanja jedne ose kao dominantne razvijen je novi prostorni paralelni mehanizam sa 3 stepena slobode za horizontalne i vertikalne glodalice. U radu su pokazane koncepcije mehanizama sa specifičnim rešenjima pasivnog translatornog zgloba.

Ključne reči: Paralelni mehanizam, mehanizmi za generisanje prave linije, glodalica

1. UVOD

Mašine alatke i roboti sa paralelnom kinematikom su uveliko prepoznati kao novi-revolucionarni koncept. Rezultati istraživanja u ovoj oblasti su publikovani u velikom broju radova. Međutim, iznalaženje struktura sa superiornim performansama i niskom cenom u odnosu na konvencionalne mašine još nije završeno [1]. Do sada je razvijen veliki broj mašina sa paralelnom kinematikom različitih topologija sa 3 – 6 stepeni slobode [2,3,4]. Međutim, petoosna obrada nije uvek neophodna za većinu delova uobičajene složenosti oblika. Iz ovih razloga su u poslednje vreme istraživanja fokusirana na razvoj mašina sa manje od 6 stepeni slobode [5]. Zbog fizičkih i komercijalnih ograničenja mnogi proizvođači trenutno razvijaju troosne mašine sa paralelnom kinematikom za obradu velikim brzinama. Kao što je poznato oblik i dimenzije radnog prostora su među najvećim nedostacima MPK. Pored prednosti koje pružaju paralelni mehanizmi sa konstantnim dužinama spojki, Hexaglide i Triaglide [4,6] su mehanizmi gde je korišćenjem paralelnih vođica izdužena jedna osa radnog prostora, kao glavna osa kretanja, što je karakteristično za serijske mašine. Polazeći od značaja izduživanja jedne ose kao dominantne, razvijen je novi paralelni mehanizam sa 3 stepena slobode. U poređenju sa sličnim, ovaj mehanizam ima nekoliko prednosti: pravilan radni prostor, što je karakteristika serijskih mašina, veću krutost po prirodi koncepcije sa ukrštenim štapovima i vrlo dobar odnos sila i brzina u celom radnom prostoru. Pored toga, struktura mehanizma odnosno oblik, dimenzije i kretanja platforme omogućuju i ugradnju dve serijske ose, odnosno gradnju hibridnih paralelno-serijskih petoosnih mašina. Polazeći od specifičnosti mehanizma, da je za vezu sa platformom korišćen pasivni translatorni zglob u radu su pokazane koncepcije mehanizama sa specifičnim rešenjima pasivnog translatornog zgloba na bazi mehanizma Čebiševa i Poseljeoovog mehanizma.

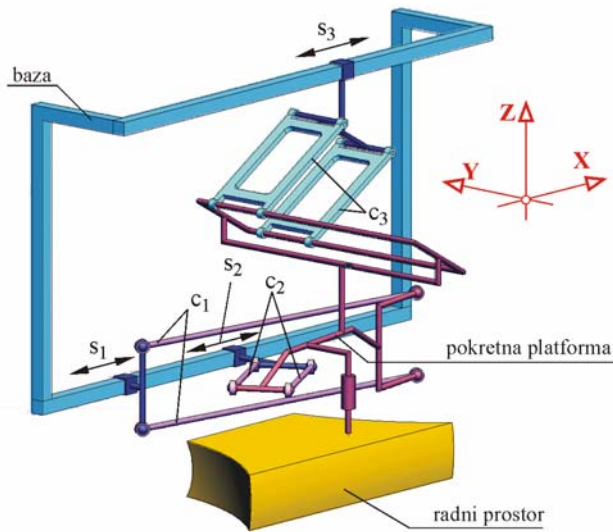
2. OPIS MEHANIZMA I PRIMENA

CAD model mehanizma je prikazan na slici 1. Kao što se može videti sa slike 1, mehanizam se sastoji od pokretne platforme, tri zglobna paralelograma c_1 , c_2 i c_3 i nepokretne osnove na kojoj se nalaze dve paralelne vođice. Dva ukrštena zglobna paralelograma c_1 i c_2 , sa sfernim i/ili univerzalnim odnosno kardanskim zglobovima, su jednim svojim krajevima vezani za pokretnu platformu dok su drugim svojim krajevima vezani za nezavisne klizače s_1 i s_2 koji sa jednom zajedničkom vođicom na bazi čine dva osnažena i upravljana translatorna zgloba. Treći zglobni paralelogram c_3 je jednim svojim krajem, preko pasivnih translatorno-obrtnih zglobova sa 2 stepena slobode, vezan za pokretnu platformu, dok je drugim svojim krajem obrtnim zglobovima vezan za klizač s_3 koji sa vođicom na bazi čini treći osnaženi i upravljani translatorni zglob. Pokretanjem klizača s_1 , s_2 i s_3 se obezbeđuju 3 stepena slobode pokretne platforme

¹⁾ dr Miloš Glavonjić, vanr. prof. (mglavonjic@mas.bg.ac.yu), dr Dragan Milutinović, red. prof. (dmilutinovic@mas.bg.ac.yu), mr Saša Živanović, asistent (szivanovic@mas.bg.ac.yu), Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd.

²⁾ Rađeno u okviru trogodišnjeg projekta TR6309B Petoosne paralelne mašine, u čijem su finansiranju učestvovali Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Srbije i LOLA Sistem iz Beograda

odnosno alata tako da platforma pri kretanju u prostoru ostaje paralelna samoj sebi, odnosno zadržava konstantnu orijentaciju u prostoru.



Slika 1. CAD model mehanizma

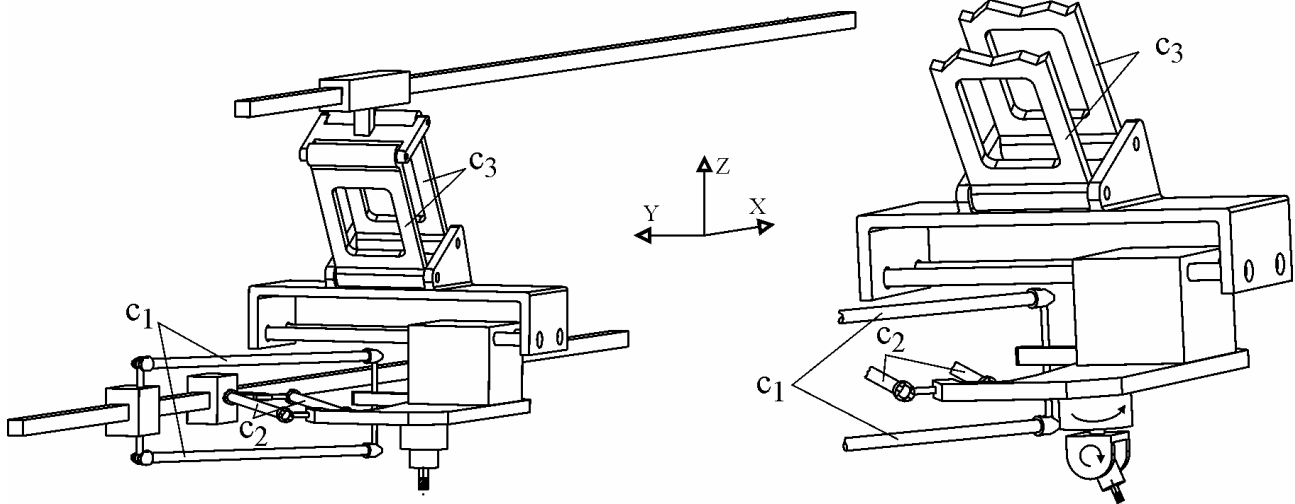
na njegovim granicama X_{\min} i X_{\max} .

Uticaj strukture mehanizma na geometrijske karakteristike radnog prostora se ogleda u sledećem:

- Pralelnost vođica obezbeđuje:
 - Proizvoljnu dužinu radnog prostora u X pravcu, i
 - Pravilan oblik radnog prostora na njegovim granicama u Y pravcu, tj. $Y_{\min} = \text{const}$ i $Y_{\max} = \text{const}$.
- Pasivni translatorni stepen slobode, ili zglob u Y pravcu obezbeđuje:
 - Dekuplovanost kretanja platforme u pravcima Z i Y, i
 - Izuzetnu pravilnost radnog prostora sa $Z_{\min} = \text{const}$ i $Z_{\max} = \text{const}$ na njegovim granicama za svako $Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max}$.
- Ukrštenost zglobnih paralelograma c_1 i c_2 obezbeđuje:
 - Manje dužine vođica za istu dimenziju X radnog prostora, i
 - Manju zakrivljenost radnog prostora

Struktura mehanizma obezbeđuje dobre prenosne odnose sila i brzina platforme sa pogonskim silama i brzinama. Jednostavnost rešavanja inverznog kinematičkog problema, mogućnost analitičkog rešavanja direktnog kinematičkog problema i inverzne Jakobijan matrice omogućavaju efikasne upravljačke algoritme. Takođe značajna prednost mehanizma je i njegova tehnološkičnost u smislu izrade i korišćenja tipiziranih komponenta i sistema razvijenih za serijske i paralelne mašine.

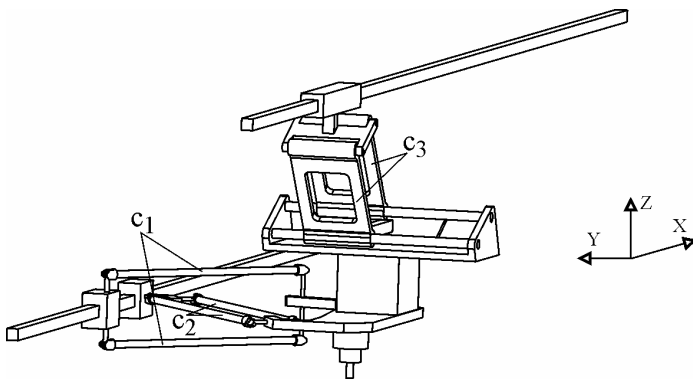
Varijantnost strukture mehanizma omogućava široku oblast primene za vertikalne i horizontalne troosne paralelne glodalice odnosno obradne centre, kao i za hibridne paralelno-serijske petoosne mašine zbog povoljnog oblika i dimenzija pokretne platforme, slika 2.



Slika 2. Varijanta mehanizma pogodna za glodalice i obradne centre

Mehanizam takođe može biti pogodan i za lakše mašine kao što su mašine za obradu drveta i drugih nemetalnih materijala i industrijske robote, slika 3.

Varijanta mehanizma sa slike 2. je iskorišćena za razvoj vertikalne glodalice, slika 4, detaljno opisane u [9,11,12], slika 4.



Slika 3. Varijanta mehanizma pogodna za lakše mašine



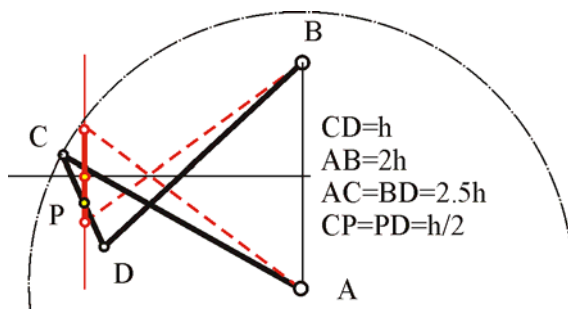
Slika 4. Prototip glodalice

3. KONCEPCIJE MECHANIZAMA SA SPECIFIČNIM REŠENJIMA PASIVNOG TRANSLATORNOG ZGLOBA

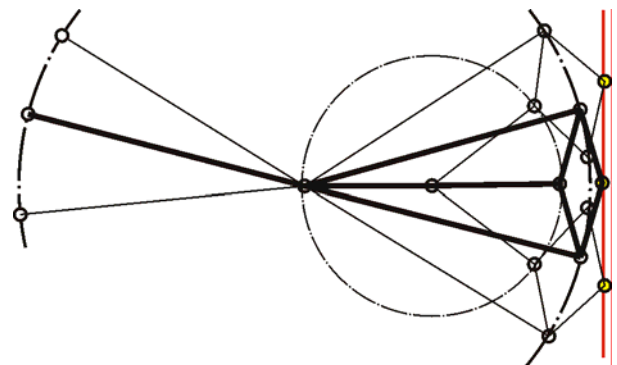
Osnovna specifičnost ovog mehanizma u odnosu na druge, odnosno veza paralelograma c_3 sa platformom pomoću translatornog zgloba, daje mogućnost da se i on realizuje pomoću nekog od mehanizama koji generišu pravu liniju. Razlozi za ovo su višestruki: smanjenje pokretnih masa, niža cena, veća krutost i slično. U ovom radu su pokazane mogućnosti korišćenja mehanizma Čebiševa, slika 5. i Poseljeoovog mehanizma, slika 6 [13].

Mehanizam Čebiševa, odnosno tačka P spojke CD, opisuje približno pravolinijski segment. Ova činjenica je iskorišćena da se veza zglobnog paralelograma c_3 sa pokretnom platformom na mehanizmu za jednu horizontalnu mašinu, izvede pomoću dva mehanizma Čebiševa, slika 7.

Poseljeov mehanizam je poznati mehanizam koji tačno generiše pravu liniju. Kada se on ugradi umesto zglobnog paralelograma c_3 i pasivnog translatornog zgloba nije potrebno vršiti korigovanje s obzirom da nema odstupanja od prave linije. Za mehanizma Čebiševa to odstupanje iznosi oko 2mm na prototipu horizontalne mašine sa hodom po osi Y od 800mm.

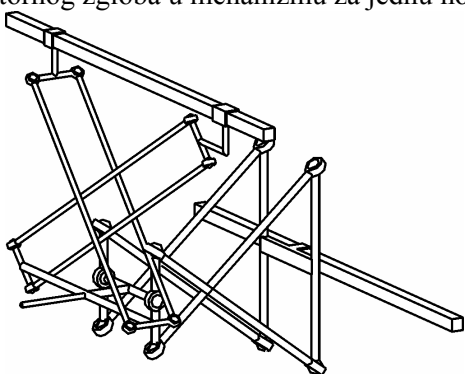


Slika 5. Mehnaizam Čebiševa

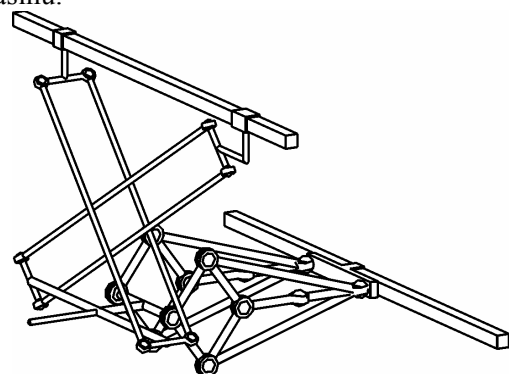


Slika 6. Poseljeov mehanizam

Na slici 8 je pokazan koncept sa dva Poseljeova mehanizma umesto zglobnog paralelograma i pasivnog translatornog zgloba u mehanizmu za jednu horizontalnu mašinu.



Slika 7. Koncept sa dva mehanizma Čebiševa umesto zglobnog paralelograma i pasivnog translatornog zgloba



Slika 8. Koncept sa dva mehanizma Poseljea umesto zglobnog paralelograma i pasivnog translatornog zgloba

4. ZAKLJUČAK

U cilju razvoja troosne glodalice sa dugačkom X osom koja zadovoljava uslove savremene proizvodnje razvijen je novi troosni mehanizam sa paralelnom kinematikom. Polazeći od specifičnosti mehanizma da je za vezu sa platformom korišćen pasivni translatorni zglob u radu su pokazane koncepcije mehanizama sa specifičnim rešenjima pasivnog translatornog zgloba na bazi mehanizma Čebiševa i Poseljeoovog mehanizma.

Ovakvom nadgradnjom mehanizma ostvarile bi se dodatne prednosti kao što su smanjenje masa, povećanje brzine i snižavanje cene mašine.

5. IZJAVA ZAHVALNOSTI

Ovaj projekat je podržan od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine, Vlade Republike Srbije i od strane LOLA Sistema A.D. Beograd.

6. LITERATURA

- [1] Weck, M., Staimer, D., 2002, Parallel Kinematic Machine Tools – Current State and Future Potentials, Annals of the CIRP, 51/2:671-681.
- [2] Pritschow, G., Wurst, K.H., 1997, Systematic Design of Hexapods and other Parallel Link Systems, Annals of the CIRP, 46/1:291-295.
- [3] Warnecke, H.J., Neugebauer, R., Wieland, F., 1998, Development of Hexapod Based Machine Tool, Annals of the CIRP, 47/1:337-340.
- [4] Hebsacker, M., Treib, T., Zirn, O., Honegger, M., 1999, Hexaglide 6 DOF and Triaglide 3 DOF Parallel Manipulators; Editors C.R. Boer, L. Molinari Tosatti, K.S. Smith; Springer Verlag, September 1999, London, UK, pp. 345-355.
- [5] Cai, G.Q., Hu, M., Guo, C., Li, B., Wang, Q.M., 1999, Development and Study of a New Kind of 3-DOF Tripod, Annals of the CIRP, 48/1:333-336.
- [6] Rehsteiner, F., Neugebauer, R., Spiewak, S., Wieland, F., 1999, Putting Parallel Kinematics Machines (PKM) to Productive Work, Annals of the CIRP, 48/1:345-350.
- [7] Arai, T., Tanikawa, T., Merlet, J-P., Sendai, T., 1996, Development of a New Parallel Manipulator with Fixed Linear Actuator, Proc. of Japan/USA Symposium on Flexible Automation, Vol.1, pp.145-149.
- [8] Merlet, J.-P., 1999, The Importance of Optimal Design for Parallel Structures, Parallel Kinematic Machines; Editors C.R. Boer, L. Molinari Tosatti, K.S. Smith; Springer Verlag, September 1999, London, UK, pp. 345-355.
- [9] Milutinovic, D., Glavonjic, M., Kvrđić, V., Živanovic, S., A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel, 2005., Annals of the CIRP, 54/1, pp. 345-348.
- [10] Tsai, L.W., Robot Analysis, The mechanics of Serial and Parallel Manipulators, John Wiley & Sons, NY., 1999.
- [11] Milutinović, D., Glavonjić, M., Kvrđić, V., Živanović, S., Novi paralelni mehanizam za glodalice sa dugačkom X osom, 31. JUPITER konferencija, 27. Simpozijum NU*ROBOTI*FTS, Zbornik radova, str. 3.6-3.11.
- [12] Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Troosna paralelna mašina pn101, 31. JUPITER konferencija, 27. Simpozijum NU*ROBOTI*FTS, Zbornik radova, str. 3.1-3.5.
- [13] Shigley, J.E., Uicker J. J., Theory of Machines and Mechanisms, McGraw-Hill, 1980.

Miloš Glavonjić, Dragan Milutinović, Saša Živanović

THREE AXIS PARALLEL MECHANISM WITH SPECIFIC SOLUTIONS OF PASSIVE TRANSLATORY JOINT

Summary

It is well known that the shape and volume of the workspace are one of the greatest weaknesses of parallel kinematic machine tools. Hexaglide and Triaglide mechanisms are examples where workspace extension is achieved by elongating one axis as a principal motion axis that is a common feature of all Cartesian machines. With the idea of principal axis of motion in mind, a new three DOF spatial parallel mechanism for horizontal and vertical milling machines has been developed. The paper describes the concepts of the mechanism with specific solutions of passive translatory joints.

Key words: Parallel mechanism, straight-line mechanisms, milling machine.



Lj. Lukić, I. Jaraković¹

RAZVOJ FORMING MAŠINA SA MIKROPROCESORSKIM UPRAVLJANJEM²

Rezime

Danas je u svetu veoma rasprostranjena primena "form" ambalaže u tehnologiji savremenog pakovanja širokog spektra proizvoda. Tehnološki proces izrade proizvoda "form" ambalaže ima tri osnovne faze: priprema mase, u kojoj je osnovna sirovina voda i otpadni papir, formiranje proizvoda u alatu na forming mašini i proces sušenja. Preduzeće "Servoteh" iz Beograda razvilo je familiju forming mašina za različite uslove rada (ručno, poluautomatski i automatski), različite proizvodne kapacitete i varijantni broj alata. Sistem forming mašina "Servoteh"-a obuhvata više različitih konstrukcionih rešenja: potapajući, okretni i rotacioni sistem. U radu se prikazuje tehnološki proces, integralni i konceptijski pristup razvoju forming mašina i sistem alata

Ključne reči: : Forming mašine, Form alati, Elementi papirne ambalaže

1. UVOD

Savremeni razvoj industrije pakovanja proizvoda u oblasti proizvodnje elektronskih komponenata, hi-fi uređaja, video, telefonskih i tv aparata, hemijskih i drugih proizvoda koji se pakuju u staklenim bocama, zatim u oblasti proizvodnje prehrambenih proizvoda, a posebno lako lomljivih proizvoda za koje je neophodan veliki stepen mehaničke zaštite prilikom transporta, zahteva sasvim novi pristup baziran na elementima papirne ambalaže, ili kako se to uobičajeno naziva "form" ambalaže.

Sirovinski sastav mase od koje se izrađuju proizvodi "form" ambalaže čini uglavnom otpadni papir i voda uz neke male hemijske dodatke i boju, ukoliko se želi obojen proizvod. Pripremljena masa se dovodi u forming mašinu u kojoj se izrađuje "forma" proizvoda i odlaže na transporter sušare sa oko 70% vlage. Ukoliko se radi o proizvodima sa manjim stepenom tačnosti mera i oblika, posle procesa sušenja proizvodi se odmah pakuju za otpremu korisnicima. Ako se zahteva veći stepen tačnosti, posle procesa sušenja proizvodi idu na alate za termo presovanje, na kojima se ostvaruje finalni visok nivo tačnosti mera i oblika "form" ambalaže.

2. MIKROPROCESORSKO UPRAVLJANJE RADOM FORMING MAŠINE

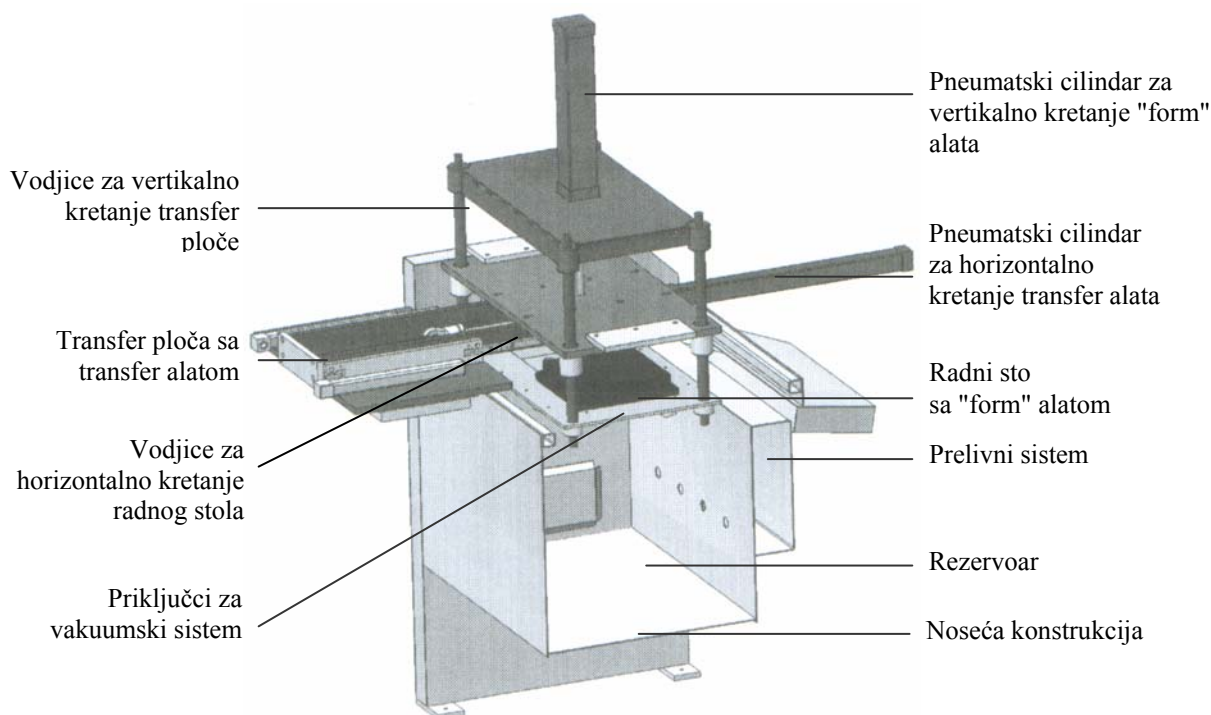
Preduzeće "Servoteh" iz Beograda razvilo je familiju forming mašina sa mikroprocesorskim upravljanjem za različite uslove rada, različite proizvodne kapacitete i alternativni broj alata.

Forming mašina (slika 1) poseduje noseću konstrukciju, unutar koje se nalazi rezervoar u koji se dovodi pripremljena masa, određene recepture i konstantne gustine, u zavisnosti od vrste i kvaliteta "form" ambalaže koja se proizvodi. Uvek se dovodi nešto veća količina mase nego što je tehnološki potrebno, da bi

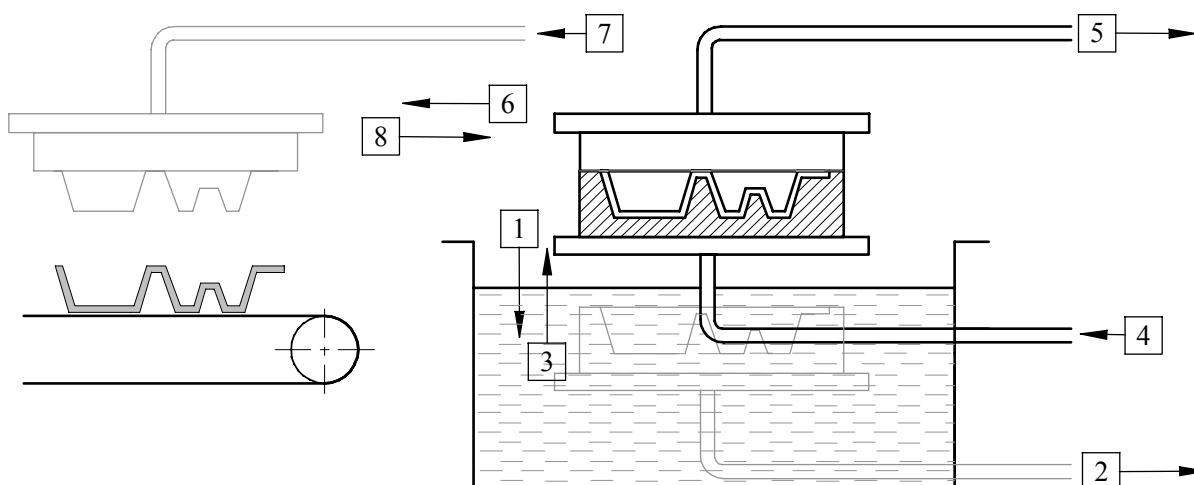
¹ Prof.dr Ljubomir Lukić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet Kraljevo, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19, www.maskv.edu.yu, tel. +381 36 336 866, e-mail: lukic.lj@maskv.edu.yu, Ilija Jaraković, dipl.inž.maš., Servoteh d.o.o. 11030 Beograd, Nikolaja Gogolja 98a, www.servoteh.co.yu, tel. +381 11 23 99 265, e-mail: jarakovic@servoteh.co.yu.

² U radu se prikazuje deo rezultata istraživanja u okviru projekta "Implementacija automatizovanog projektovanja obradnih sistema i procesa u industriji prerade metala", ev. broj TR 6319B, u čijem finansiranju učestvuje Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Vlade Republike Srbije.

se održavao konstantan nivo mase u rezervoaru u toku automatskog rada mašine. To se postiže prelivnim sistemom. Mašina ima radni sto na koji se postavlja "form"-alat. Funkcionalni princip rada forming mašine (slika 2) se zasniva na tome što radni sto ima svoje kretanje (pravolinijsko ili rotaciono) kojim potapa "form"-alat u masu (1). Kada je alat potopljen u masi, dejstvuje vakuumski sistem mašine (2), tako što kroz alat i mrežicu na radnoj površini alata usisava masu, pri čemu samo voda prolazi kroz mrežicu u papirna vlakna ostaju na mrežici stvarajući "formu" proizvoda. Debljina "forme" zavisi od gustine mase, jačine i vremena delovanja vakuumnog sistema. Kada se postigne "forma" radni sto svojim kretanjem iznosi "form"-alat iz mase sa formiranim proizvodom (3). Tada treba da se realizuje prenos "forme" sa donjeg na gornji - transfer alat. To se postiže u momentu spajanja "form" i transfer alata, kada malim pritiskom iz pneumatske instalacije deluje kroz otvore "form" alata u smeru njegovog odvajanja od mrežice (4), a istovremeno se dejstvo vakuuma sa donjeg prenese na gornji alat (5). Time je "forma" čvrsto vezana za gornji - transfer alat.



Slika 1. Konstruktivno rešenje forming mašine Servoteh P1000 A2



Slika 2. Funkcionalni princip rada forming mašine

Transfer-alat se postavlja na transfer ploču forming mašine koja ima svoje vodjice po kojima se vertikalno kreće ukoliko radni sto ima rotaciono kretanje, a ukoliko radni sto ima vertikalno pravolinijsko kretanje, tada je transfer ploča nepokretna. Proizvod sa transfer-alata se prenosi na transporter sušare automatski manipulatorom horizontalnim kretanjem u smeru transportera sušare (6). Kada je "forma" u poziciji skidanja sa transfer alata prenosi se dejstvo vakuuma na donji alata a istovremeno kroz otvore se deluje niskim pritiskom (7) koji odvaja "formu" od transfer alata i postavlja je na transporter sušare. Tada se odvijaju simultani procesi na "form" i transfer alatu, pri čemu se transfer alat vraća u početnu poziciju (8) a za to vreme je "form" alat već u procesu formiranja novog proizvoda. Kompletan radni ciklus forming mašine treba da se obavi u vremenu 7 - 8 sekundi da bi se na mašini sa dva alata obezbedio kapacitet do 1500 formi na sat.

Sistem forming mašina "Servoteha" (slika 3) obuhvata više različitih konstrukcionih rešenja, i to:

- Potapajući sistem, kada je transfer ploča nepokretna, a radni sto ima vertikalno pravolinijsko kretanje prilikom potapanja "form"-alata u masu,
- Okretni sistem, koji može biti sa jednim radnim stolom i protivtegom za uravnoteženje i sa dva radna stola simetrično postavljena u odnosu na okretnu osu i
- Rotirajući sistem, koji ima više radnih stolova sa rotacionim kretanjem i rotacioni sistem transfer ploča.



Slika 3. Radni modul forming mašine sa pneumatskim pogonskim sistemom

Za manje kapacitete do 1000 "form"-proizvoda na sat primenjuje se potapajući sistem, do 5000 "form"-proizvoda na sat primenjuje se okretni sistem i za kapacitete veće od 5000 "form"-proizvoda na sat primenjuje se rotirajući sistem forming mašina.

Svaki sistem forming mašina ima mogućnost integrisanog upravljanja primenom PLC kontrolera, pri čemu se ostvaruje jedinstven upravljački sistem koji obuhvata kompletno upravljanje forming mašinom a pored toga i upravljanje kompletnom proizvodnom linijom, od sekcije za pripremu mase do upravljanja procesom sušenja.

4. ZAKLJUČAK

Forming mašina sa mikroprocesorskim upravljanjem, predstavlja osnovni funkcionalni sistem u tehnološkom procesu izrade elemenata papirne ambalaže, jer se tu formira proizvod od pripremljene mase koji zatim ide u proces sušenja. Forming mašine Servoteh-a predstavljaju značajan iskorak u oblasti domaćeg razvoja mašina i opreme za reciklažu i preradu otpadnih sirovina. Ekološki, estetski i funkcionalni zahtevi u tehnologiji pakovanja proizvoda u potpunosti su ispunjeni primenom "form" ambalaže.

Trenutno se u Srbiji uvozi godišnje preko 40 miliona podloški i kutija za pakovanje jaja. Podloške i kutije za pakovanje jaja su samo mali deo u grupi proizvoda "form" ambalaže, i nekoliko puta su jeftiniji od proizvoda koji se finalno izrađuju na termo presi i koriste u pakovanju mobilnih telefona i drugih proizvoda elektronike koji su znatno skuplji od jaja. Zbog toga program proizvodnje "form" ambalaže ima poseban značaj za razvoj malih i srednjih preduzeća u Srbiji. Kompletna linija zahteva 3 do 4 poslužioaca u smeni, relativno skromne infrastrukturne i sirovinske uslove (oko 200 m² proizvodnog prostora, osnovna sirovina stari papir, vodovodna mreža i kanalizacija, struja i prirodni gas kao energent za sušaru), a može omogućiti ostvarenje veoma visokog profita u odnosu na potrebna ulaganja.

Do sada su realizovane dve proizvodne linije sa "Servoteh" automatskim sistemom forming mašina i integrisanim upravljačkim sistemom na bazi PLC kontrolera. Jedna linija je realizovana investiranjem malog privatnog preduzeća "Kesten" d.o.o iz Kraljeva, a druga je instalisana investiranjem takodje privatnog preduzeća "IBG" d.o.o u Bačkom Gradištu.

LITERATURA

- [1] Kalajdžić, M., Lukić, Lj. i grupa saradnika: Implementacija automatizovanog projektovanja obradnih sistema i procesa u industriji prerade metala, Projekat TR-6319B, Mašinski fakultet Beograd, Mašinski fakultet Kraljevo, LOLA Institut Beograd, MNTR, 2005-2007.
- [2] Lukić, Lj., Krgović, M., Jaraković, I.: Pulp Moulding Machines for the Production of Packing paper Elements, Chemical Industry, Vol. 59 (2005) 7-8, pp.181-184.
- [3] Lukić, Lj., Jaraković, I., Cikuša, N.: Razvoj forming mašina i alata za proizvodnju elemenata papirne ambalaže, Zbornik radova XXX Jubilarnog savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učešćem, Čačak - Vrnjačka Banja, 1.-3. septembar 2005, str. 571-574.
- [4] Lukić, Lj., Jaraković, I., Umićević, M.: Računarski upravljački sistem tehnološke linije za proizvodnju form ambalaže za IBG - BAG u Bačkom Gradištu, Servoteh, Beograd, 2005.
- [5] Lukić, Lj., Kalajdžić, M., Rakanović, R.: 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.
- [6] Lukić, Lj., Jaraković, I., Milojević, M.: Systems of Heavy Machinery in Paper Industry, Proc. the Fourth International Conference Heavy Machinery HM 2002, Kraljevo (2002), pp.D129-D132.
- [7] Lukić, Lj., Krgović, M., Jaraković, I.: Pulp Moulding Machines for Production of Packing Paper Elements, Proc. X International Symposium in the Field of Pulp, Paper, Packaging and Graphics, Zlatibor (2004), pp. 58-63.

Lj. Lukić, I. Jaraković

DEVELOPMENT OF PULP MOULDING MACHINES WITH MICROPROCESSOR CONTROL

Abstract

Today in world is very rife application of paper pulp molds packs in technology of modern packing of wide spectrum products. Technological process of production for paper molds has three basic phases: paper pulp preparation, at which is water basic raw material and waste paper, formation of product in tool pulp moulding machines and process drying. Firm "Servoteh" from Belgrade has developed group pulp moulding machines for different conditions working (manual work, semiautomatic and automatic work), different manufacturing capacities and alternative number tools. Pulp moulding machines system of "Servoteh" cover more different construction solutions: sinking system, veer system and rotation system. This paper presents technological process, integral and conception approach to design pulp moulding machines and system tools.

Key words: Pulp mould machines, Form tools, Packing paper elements



PRIMENA OPC SERVERA U AKVIZICIJI STANJA TEHNOLOŠKIH SISTEMA

Abstrakt: *Dinamično okruženje zahteva od tehnologa neprestano usavršavanje i optimizaciju postojećih, kao i uvođenje novih tehnoloških procesa. Implementacijom programabilne automatizacije, a naročito njenom integracijom u sveobuhvatan upravljački sistem, znatno je olakšano ostvarivanje pomenutih zahteva. Međutim, njena primena u navedenim uslovima često zahteva neprestano prisustvo obučenog osoblja u radnom okruženju. Stoga, uvođenjem standarda „Open connectivity“ (OPC), omogućava se neometan i transparentan pristup stanjima unutar sistema, te i lakše ostvarivanje pomenutih zahteva, kroz direktan pristup memorijskim lokacijama, a time se otvara i mogućnost uticaja na tok izvršenja upravljačkog programa, te tako i na sam tehnološki proces.*

Ključne reči: *Akvizicija, Veličine stanja sistema, OPC server, SCADA aplikacija*

1. UVOD

Od trenutka uvođenja upravljanja tehnološkim procesima pomoću programabilne automatizacije, neprestano su menjani načini i metode njihove primene [1]. Dinamično poslovno okruženje zahtevalo je da se zamenom elektro-mehaničkih (relejnih) elemenata konvencionalnih sistema, elektronski integrisanim, omoguće i novi načini kontrole, upravljanja, prikupljanja podataka i predikcije toka tehnoloških procesa. U poslednjih četrdesetak godina, koliko programabilna automatizacija postaje *de-facto* standard u upravljačkim sistemima, izvršena su brojna unapređenja kako na polju hardvera, tako i na polju softvera. Programabilni logički kontroleri (PLC), sve su više dobijali odlike personalnih kompjutera (PC) sa proširenjima za različite vidove komunikacije, kako sa sličnim uređajima, tako i sa „procesom“. Ne retko se dešava da se u upravljačkim sistemima i sami PLC-ovi zamenjuju industrijskim kompjuterima, omogućavajući tako kombinaciju fleksibilnosti PC-a i interfejsa za komunikaciju sa okruženjem. Kako je oblast implementacije programabilne automatizacije veoma široka, ovaj rad je baziran isključivo na primeni različitih vidova akvizicije veličina stanja tehnološkog postrojenja, a koji su sprovedeni u poslednje dve godine sa ciljem realizacije istraživanja i eksperimenata u okviru magistarske teze pod naslovom: *Razvoj inteligentnog sistema nadzora u specifičnom tehnološkom postrojenju*. Preduslovi, ispoštovani prilikom primene odgovarajućih izabranih metoda, su sledeći:

- Postojeći tehnološki proces je minimalno korigovan uz očuvanje efikasnosti i adekvatnosti;
- Neophodnost zadržavanja postojećeg upravljačkog sistema je u potpunosti sprovedena;
- Mogućnost obezbeđenja akvizicije podataka veličina stanja tehnološkog sistema, njihova obrada i interpretacija je ostvarena.

2. ANALIZA PRIMENJENIH METODA

2.1. Komunikacija PLC – PC pomoću blokova poznate konfiguracije

U toku procesa akvizicije veličine stanja sistema za filtraciju vode za piće, u konfiguraciji su: grubi filter, filter sa aktivnim ugljem, peščani filter i mikrobiološka baterija filtera (3-1-0,2 µm). Izvršeno je kontrolisanje i snimanje 35 veličina stanja sistema [2,3]. Hardverska konfiguracija, koja je pri tome korišćena, uključivala je Siemens Simatic S7 200 PLC, a preko RS-485 → RS-232 interfejsa on je povezan sa PC kompjuterom, na kome se izvršavao softver za akviziciju podataka– *SimCom*, sopstvenog razvoja, realizovan u *Microsoft VisualBasic*-u. Komunikacija se sastojala u tome da, na svakih 60 sekundi, PLC prosledi blok poznate konfiguracije *SimCom* aplikaciji, koji kodirano predstavlja stanje rada sistema. Veličinama, čija je akvizicija vršena, pridodavane su kodirane oznake latiničnih slova, dok je sufiks svake oznake predstavljao vrednost

¹ Ivan Lazarević, dipl.maš.inž, prof. dr Zoran Miljković, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, Kraljice Marije br. 16, 11120 Beograd 35, atlant@ptt.yu zmiljkovic@mas.bg.ac.yu

kodirane veličine. Slika 1 sadrži radni ekran *SimCom* aplikacije, dok slika 2 predstavlja strukturu komunikacionog bloka, a kraj bloka je označen slovom "Z".



Slika 1: Radni ekran *SimCom* aplikacije

T24/02/04 15:56	J0 K0	a0095 b0000	k0006 100000
A0	L0	c0000	Z
B0	M0	d0000	
C0	N0	e0042	
D0	O0	f0000	
E0	P0	g0026	
F0	Q0	h0009	
G0	R0	i0001	
H0	S0	j0016	
IO			

Slika 2: Struktura paketa dobijenog od PLC-a

Glavne mane ovakvog načina akvizicije se odnose na to da je neophodno izmeniti program unutar samog PLC-a za svaku izmenu vezanu za omogućavanje akvizicije nove veličine stanja s jedne strane, kao i na ograničenje koje se ogleda u maksimalnoj dužini paketa koji PLC može poslati PC-u u jednom komunikacionom ciklusu. U konkretnom slučaju, maksimalna dužina paketa je iznosila 256 bajtova. Savladavanje navedenih ograničenja, kao i eventualna dvosmerna komunikacija PC ↔ PLC, neminovno vodi povećavanju dužine „*ladder*“ koda unutar PLC-a, što može prouzrokovati zahtev za dogradnjom PLC-a čime bi se neminovno narušio preduslov o korišćenju samo raspoloživih hardverskih resursa.

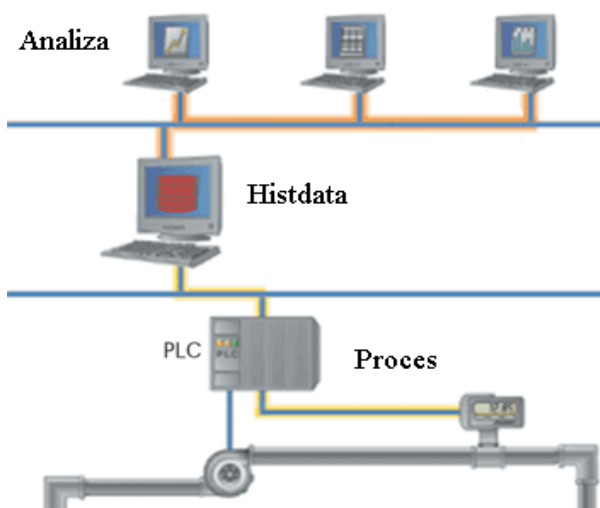
2.2. Korišćenje softverskih server aplikacija za ostvarivanje komunikacije PLC-PC

Dynamic Data Exchange (DDE) je pokušaj *Microsoft-a* da omogući asinhronu komunikaciju između aplikacija na nivou operativnog sistema. Aplikacija koja odašilje podatke prosleđuje sistemu sledeću strukturu podataka: kome je podatak namenjen i sadržaj koji treba proslediti. Sistem, u trenutku kada je aplikacija kojoj su podaci namenjeni slobodna, prosleđuje podatke i nastavlja sa radom. Kako je Microsoft proglasio taj način komunikacije zastarelim, te krenuo u razvoj COM tehnologije i objekata, nezavisni proizvođači su nastavili razvoj zasnovan na DDE klijent-server tehnologiji zbog prirode podataka koja egzistira u kontrolnim sistemima. Danas veliki broj proizvođača isporučuje DDE servere za omogućavanje komunikacije PLC–aplikacija na PC-u.

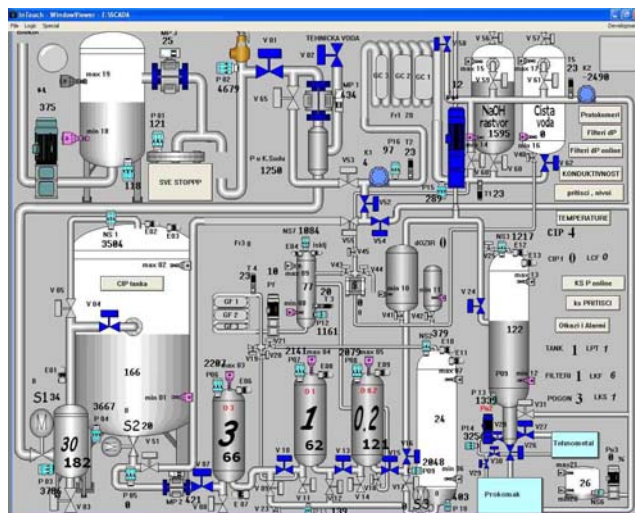
S druge strane, nezavisno od tvoraca operativnog sistema, asocijacija softverskih proizvođača okupljenih pod nazivom *OPC Foundation*, razvila je standard otvorene komunikacije između softverskih aplikacija i PLC-a. *Open Connectivity* (OPC) predstavlja niz standardnih protokola kojima se omogućava pristup podacima, obrada alarma, razmena podataka, "Batch processing", kreiranje XML izveštaja i pristup snimljenim podacima (Histdata). Za razliku od DDE server proizvođača, OPC serveri po pravilu omogućavaju punu dvosmernu komunikaciju sa memorijskim vrednostima PLC-a. Mana i ove vrste komunikacije PC-PLC je ta što je ograničena samo na PC koji je vezan za master PLC eventualne mreže, tj. ne omogućava standardno prosleđivanje podataka akvizicionim stanicama koje nisu fizički povezane sa mrežom PLC-ova – Slika 3 [4,5].

Sistem na kome su sprovedeni eksperimenti, sastoji se od mreže koju čine tri radna i jedan supervizor PLC Izraelskog proizvođača *Unitronics*, i to *Vision* modeli u klasi 200-280. Komunikacija između njih je omogućena preko *CanBus* mreže PLC-ova. U svakom radnom ciklusu na zahtev master PLC-a, radni PLC-ovi prosleđuju informacije o svim veličinama stanja sistema. Tako dobijeni vektor stanja, master PLC prosleđuje nadzornom PC preko OPC servera. Na nadzornom kompjuteru se izvršava *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) aplikacija izrađena u *Wonderware InTouch* softveru. Slika 4 prikazuje glavni SCADA ekran. Komunikacija sa nadzornim PC-om se odvija na dva načina:

- Korišćenje snimljenih veličina stanja tehnološkog sistema pomoću *WW-Cli* i *WW-Ser* programa.
- Nadgledanje stanja i upozoravanje na nepravilnosti u sistemu preko *remote* PC-a, koristeći postojeću lokalnu kompjutersku mrežu.



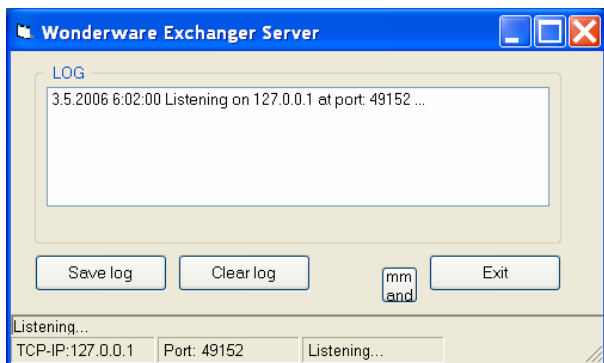
Slika 3: Način ostvarivanja komunikacije preko OPC-a



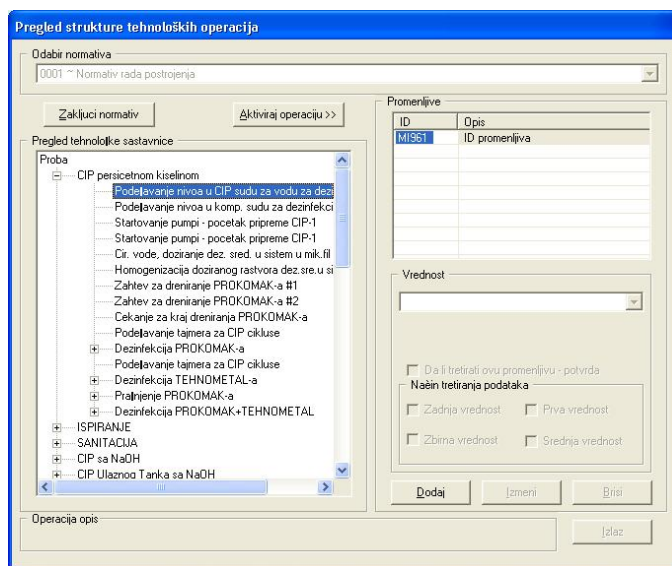
Slika 4: Glavni ekran SCADA aplikacije

2.3. Korišćenje snimljenih veličina stanja tehnološkog sistema pomoću WW-Cli i WW-Ser programa

U cilju postprocesiranja veličina stanja sistema, bilo je neophodno da se omogući prevođenje zapisa iz formata *Histdata* u format pogodan za naknadnu analizu. Da bi se to omogućilo, razvijena su dva programa, *WW-Ser*, serverski deo koji se izvršava na kontrolnom PC-u, i koji ima za zadatak da nakon zahteva od strane klijenta *WW-Cli* izvrši preuzimanje podataka od *Histdata* aplikacije, i prosledi ih preko lokalne mreže, stanicama za naknadnu analizu. Ovo je bilo neophodno, pre svega da bi se rasteretio nadzorni PC na kome se izvršava SCADA aplikacija – Slika 5 i 6.



Slika 5: Glavni ekran WW-Ser aplikacije



Slika 6: Jedan od ekrana WW-Cli aplikacije

Programi međusobno komuniciraju koristeći TCP/IP protokol postojeće lokalne računarske mreže. *WW-Cli* aplikacija omogućava da se teorijski definiše neograničen broj promenljivih koji će se analizirati prilikom postprocesiranja, tako što zahteve koje prosleđuje *Histdata* aplikaciji, ograničava na dužinu od 256 bajtova. Promenljive koje se mogu obrađivati su: brojne (integer, decimal i bit), datumska, tipa string i logička. Za sve postprocesirane podatke i veličine omogućava se snimanje u trajne baze radi lakše naknadne analize i obrade. Moguće je kreirati i izveštaje po zadatim kriterijumima, tehnološkim grupama i operacijama. Programi su autonomni u radu, jer je omogućeno terminiranje aktiviranja operacija, tj. ne zahteva se prisustvo operatera.

2.4. Nadgledanje stanja i upozoravanje na nepravilnosti u sistemu preko „remote“ PC-a, koristeći postojeću lokalnu kompjutersku mrežu

Da bi sistem dobio na opštosti, s jedne strane, ali i na pouzdanosti i efikasnosti uopšte, koristeći NetDDE servise kao sastavni servis *Windows* operativnog sistema, omogućen je „DDE share-ing“. Ovaj servis omogućava da se kombinuje mrežni saobraćaj unutar lokalne računarske mreže u cilju dobijanja podataka sa PLC-a za bilo koji PC koji se u pomenutoj mreži nalazi. Na taj način je smanjen saobraćaj kroz mrežu jer se prenose samo mali paketi podataka od kontrolnog PC-a do proizvoljnog *Remote* PC-a. Štaviše, svaki *Remote* PC, na kome je instaliran jedan od modula *WW-Cli* aplikacije i koji ima povezan GPRS/GSM modem, može da alarmira odgovarajuće osoblje u zavisnosti od vrste alarma, a ujedno i da dâ izveštaj o stanju sistema, ukoliko za to dobije nalog preko SMS ili GPRS poruke.

3. ZAKLJUČAK

Sama integracija programabilnih logičkih kontrolera, kao zamena za glomazne relejne šeme, u savremenim upravljačkim sistemima odavno ne predstavlja izazov, niti nešto novo. Naime, prateći dinamično okruženje, s ciljem da se ovlada tehnološkim procesima u kojima se programabilna automatizacija nalazi kao osnov upravljačkih sistema, sve se više nameće potreba za naknadnom analizom i unapređenjem postojećih tehnoloških procesa. Ovaj rad prikazuje neke od načina kako je to moguće ostvariti, uz kombinovanu primenu komercijalnih softverskih sistema, kao i softverskih aplikacija sopstvenog razvoja. Srž rada je *WW-Cli* aplikacija jer se, obradom podataka dobijenih od serverske aplikacije, pruža mogućnost korišćenja veličina stanja sistema kao obučavajućih parova veštačke neuronske mreže, čija nova originalna primena predstavlja jedan od ciljeva pri realizaciji magistarske teze koja je navedena u uvodnom delu.

4. LITERATURA

- [1] Bryan,L.A.,Bryan,E.A., Programmable controllers: Theory and Implementation, (ISBN 0944107-32-X) *Industrial Text Company, Atlanta, Georgia, USA, 1997.*
- [2] Lazarević,I.,Miljković,Z.,Bajović,P., Primena veštačkih neuronskih mreža u modeliranju i predviđanju otkaza filtera u industriji prerade vode, *JUPITER 30th, str. 3.119-3.122., Beograd, Srbija, 2004.*
- [3] Lazarević I., Miljković Z., Prediction of the Filter Life Cycle Based on Artificial Neural Networks, *Proceedings of the 11th International CIRP Life Cycle Engineering Seminar LIFE CYCLE PRODUCT – QUALITY MANAGEMENT ISSUES, pp.131-137, Belgrade, Serbia, June 20th – 22nd, 2004.*
- [4] OPC – Ole for Process Control, Common Definitions and Interfaces v 1.0, *OPC Foundation, 1998.*
- [5] OPC – Ole for Process Control, Historical Data Access Automation Interface, v 1.0, *OPC Foundation, 2001.*

Lazarević, I., Miljković, Z.

APPLICATION OF OPC SERVER IN ACQUISITION OF PRODUCTION SYSTEMS STATES

Abstract: *Dynamic environment demands from the technologist constant improvement and optimisation of already existing ones, as well as introducing the new production processes. The implementation of programmable automation, particularly its integration in worldwide control system, the realisation of these demands is much easier. However, its application in mentioned conditions often demands constant presence of trained staff in the working environment. Thus, introducing the „Open connectivity“ (OPC) standard enables undisturbed and transparent approach to states within the system, as well as the easier realisation of demands through direct approach to memory locations. This is a possibility to influence the control programme and production process as well.*

Keywords: *Acquisition, System States Values, OPC Server, SCADA*



PROGRAMABILNI AUTOMATIZACIONI KONTROLER - BUDUĆNOST U INDUSTRIJSKOM UPRAVLJANJU

M. Mijanović Markuš¹

Rezime: Programabilni automatizacioni kontroler (PAC) je kompaktni kontroler koji kombinuje karakteristike i mogućnosti upravljačkog sistema baziranog na PC-u sa sa onima baziranim na tipičnom programabilnom logičkom automatu. Sve je veći broj proizvođača i sve veća upotreba PAC-a. PAC se u industriji najčešće koristi za upravljanje procesima, akviziciju podataka, daljinski monitoring opreme, machine vision i upravljanje kretanjima. U ovom radu će biti objašnjena koncepcija PAC-a, razlike između PAC i PLC-a i PC-a, kao i prednosti industrijskog upravljanja pomoću PAC-a.

1. UVOD

Programabilni automatizacioni kontroler (PAC - Programmable Automation Controller) je nova klasa industrijskih kontrolera koja je nastala na temeljima PLC-a (PLC - Programmable Logic Controller), kao logička posledica zahtjeva tržišta i razvoja upravljačkih sistema za mašine i industriju. PAC ispunjava stalno rastuće potrebe u automatizaciji i upravljanju za moćnim i dostupnim hardverskim uređajem koji može kontinualno upravljati mašinama ili procesima, a takođe nudi mogućnost akvizicije podataka, opcije višestrukih komunikacija i integraciju sa aplikacijama u preduzeću i sa bazama podataka.

Naziv "PAC" je osmislila 2001. godine The ARC Advisory Group, analitička grupa u Americi koja je fokusirana na proizvodnu industriju [1], sa ciljem da pomogne korisnicima upravljačkog hardvera da bolje definišu svoje potrebe, i da proizvođačima ponudi termin za jasnije izjašnjavanje o mogućnostima njihovih proizvoda.

2. NEDOSTACI PC-a ZA INDUSTRIJSKO UPRAVLJANJE I KAKO JE NASTAO PAC

Tokom svog tri decenije dugog razvoja, u PLC su ugrađeni analogni I/O, komunikacija preko mreža, i novi standardi programiranja kao što je IEC 61131-3. Međutim, inženjeri su kreirali 80% industrijskih aplikacija za digitalne I/O, nekoliko analognih I/O, i sa jednostavnim tehnikama programiranja. Istraživanjima je utvrđeno da je:

- 77% PLC-a korišćeno za male aplikacije (manje od 128 I/O),
- 72% PLC I/O su digitalni,
- 80% PLC aplikacija je riješeno setom od 20 ladder-logic instrukcija.

Pošto je 80% industrijskih aplikacija riješeno pomoću tradicionalnih alata, javila se potreba za jeftinim PLC-ima. Tako je došlo do rasta jeftinih mikro PLC-a sa digitalnim I/O koji koriste ladder logic. Posledica je bila diskontinuitet u upravljačkoj tehnologiji, jer je 80% aplikacija zahtijevalo jednostavan i jeftin kontroler, a 20% uporno forsiralo mogućnosti tradicionalnih upravljačkih sistema. Inženjeri, koji su kreirali aplikacije unutar onih 20%, su zahtijevali napredne upravljačke algoritme, veće analogne mogućnosti i bolju integraciju sa mrežom u okviru preduzeća.

¹ Doc.dr Marina Mijanović Markuš, Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Podgorica, tel: 081/245-003, e-mail: marinami@cg.yu

Ovih 20% je uticalo 80-tih i 90-tih godina na evoluciju PC-a i njegovu primjenu za industrijsko upravljanje. PC je obezbjeđivao softver za složenije zadatke, nudio grafičko programiranje i korisničko okruženje, i koristio COTS (commercial off the shelf) komponente omogućavajući inženjerima koji se bave upravljanjem da iskoriste prednosti već postojećih tehnologija razvijenih za druge aplikacije. Ove tehnologije obuhvataju floating point procesore, brze I/O buseve kao što su PCI (**P**eripheral **C**omponent **I**nterconnect, standard za lokalni bus koji je razvio Intel Corporation) i Ethernet, i grafičke softverske alate. PC je takođe obezbjeđivao fleksibilnost, visoko produktivan softver i napredni hardver niske cijene.

Međutim, PC-i još nisu bili idealni za industrijske upravljačke aplikacije. Iako su mnogi inženjeri koristili PC kada je bila potrebna bolja funkcionalnost, kao što je analogno upravljanje i simulacija, povezanost baza podataka, funkcionalnost bazirana na web-u i komunikacija sa trećim uređajima, PLC je i dalje vodio u upravljanju. Glavni problem sa upravljanjem na bazi PC-a je bio da standardni PC-i nisu bili dizajnirani za teške uslove rada.

Upotreba PC-a je ukazala na tri glavna problema:

1. *Stabilnost*: Operativni sistem PC-a, koji ima opštu namjenu, često nije bio dovoljno stabilan za upravljanje zbog padova sistema i neplaniranog rebotovanja.
2. *Pouzdanost*: Sa obrtnim magnetnim hard drive-om i komponentama koje nisu predviđene za rad u industrijskim uslovima (npr. napon) PC-i su bili skloniji otkazima.
3. *Nepogodan način programiranja*: Operatori u ravni upravljanja mašinama i uređajima treba da imaju mogućnost da podese sistem zbog održavanja ili otklanjanja problema. Koristeći Ladder diagram oni mogu manuelno dovesti kalemove u željeno stanje i ispraviti oštećeni kod, i tako brzo aktuelizirati stanje sistema. Za operatore je nepogodno to što za PC sisteme moraju da uče nove, naprednije alate.

Iako neki inženjeri koriste specijalne industrijske PC-e sa hardverom predviđenim za teške uslove rada i specijalnim operativnim sistemima, većina inženjera izbjegava PC upravljanje zbog problema sa pouzdanošću PC-a. Sem toga, uređaji koji se koriste u PC-u za različite zadatke automatizacije, kao što su I/O, komunikacije ili kretanje, mogu imati različit način programiranja.

I tako, onih "20%" ili je koristilo samo PLC i nije u radu imalo funkcionalnost jednog PC-a, ili su povezivali u sistem i PLC (za dio upravljanja kodovima) i PC (za logovanje podataka, povezivanje sa skenerima bar kodova, unos podataka u baze podataka i objavljivanje podataka na web-u) da bi objedinili njihove prednosti. Ovakav sistem je bilo teško konstruisati, a isto tako je bilo teško njegovo održavanje i otklanjanje smetnji i grešaka. Sistem inženjeri su se često susretali sa problemom da objedine hardver i softver različitih proizvođača, koji nije bio dizajniran da radi zajedno.

Tako se rodila potreba da se premoste svi ovi problemi i da se ispunjenje svih zahtjeva upravljanja na nivou mašina i procesa objedini u jednom novom uređaju. Tako je nastao PAC.

Danas su najpoznatiji proizvođači PAC-a General Electric, National Instruments, Opto 22 i Allen Bradley.

3. DEFINICIJA I KONCEPCIJA PAC-a

PAC je višefunkcionalna kontrolerska platforma koja obuhvata različite tehnologije i proizvode koje korisnici mogu miješati, slagati i implementirati po želji.

PAC definišu sledeće karakteristike i sposobnosti:

- Višedomenska funkcionalnost, uključujući logiku, kretanje, HMI (Human-Machine-Interface), i upravljanje procesima, sve na jednoj platformi;
- Samo jedna multidisciplinarna platforma za dizajn i integraciju multidomenskih automatizovanih sistema;
- Omogućava OEMs (Original Equipment Manufacturers) i krajnjim korisnicima da na jednoj platformi razvijaju višestruke upravljačke aplikacije;
- Softverski alati omogućavaju dizajn prema toku procesa kroz nekoliko mašina ili procesnih jedinica;
- Otvorena, modularna upravljačka arhitektura koja omogućava visoko distribuiranu automatizovanu ravan procesa i mašina;
- Koristi standarde za mrežne intefejse, jezike itd., omogućavajući razmjenu podataka između povezanih sistema različitih proizvođača.

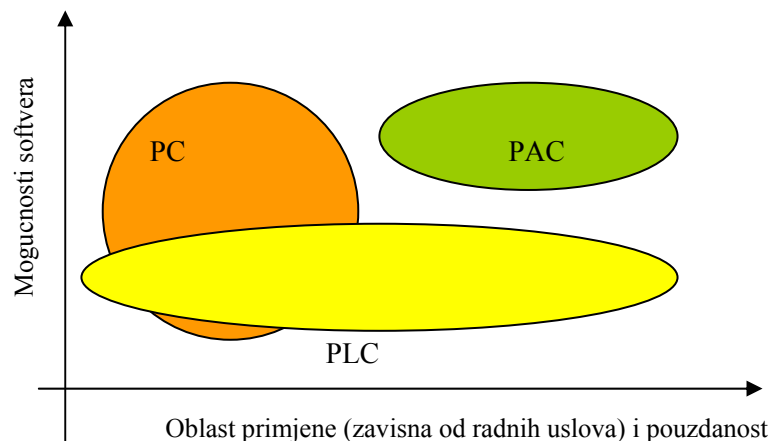
Modularni hardver PAC-a sadrži tri glavna modula:

- I/O sa: analognim i digitalnim I/O, hardver (FPGA – Field Programmable Gate Array, tip logičkog čipa koji se može programirati), kretanje i vision;

- komunikacije: Ethernet i Fieldbus interface;
- kontroler: floating point processor, memorija i non-volatile storage.
 Fleksibilni otvoreni softver obuhvata:
 - funkcije upravljanja i analize: upravljački algoritmi, analiza signala, logging podataka, mrežni protokoli, i kodovi za treće urežaje;
 - real-time operativni sistem: I/O i sistem tajming, operacije višestrukih petlji, prioriteti izvršavanja, built-in servisi.

4. UPOREĐENJE PLC-a I PAC-a

Generalno, PLC i PAC se koriste za iste ciljeve. Oba se prvenstveno koriste za automatizaciju, upravljanje procesima i funkcije akvizicije podataka, kao što su digitalno i analogno upravljanje, rad sa serijskim vezama, PID, upravljanje kretanjem.



Slika 1: Mogućnosti i oblasti primjene PC, PLC i PAC [2].

Izgled PAC-a može biti veoma sličan PLC-u, ali su mogućnosti PAC-a mnogo obimnije. PLC je proizvod koji ima određenu arhitekturu koju je osmislio proizvođač onako kako je smatrao da je potrebno. PAC, sa druge strane, može opsuživati različite tehnologije i proizvode koji se po želji mogu miješati i implementirati.

Prva razlika između PAC i PLC je osnova na kojoj su oba bazirana. Mogućnosti PLC su zasnovane na specifičnom hardveru i nisu jednostavno raspoložive za drugi PLC. Nasuprot tome, funkcionalnost PAC-a se zasniva na portabilnom upravljačkom uređaju. Svaka aplikacija je povezana sa ovim uređajem, koji je na vrhu korisničkog operativnog sistema (po izboru), s tim što je potrebno nekoliko izmjena da bi se aplikacija premjestila sa jednog na drugi sistem. Pošto je uređaj odvojen od hardvera i koristi zajednički operativni sistem, platforma može rasti i mijenjati se tako brzo kako to zahtijevaju korisničke potrebe.

Prednost PAC-a nad PLC-om je da on ima otvorenu modularnu arhitekturu, što je korisno, jer se većina industrijskih aplikacija radi po porudžbini. To znači da inženjeri mogu za takve aplikacije mijenjati komponente arhitekture upravljačkog sistema, a da ne brinu da li su one kompatibilne sa kontrolerom.

PAC i PLC se takođe programiraju na različite načine. PLC se programira na jednom od pet standardnih jezika: Strukturirani tekst (ST - Structured Text), Funkcijski blok dijagram (FBD - Function Block Diagram), Lestvičasti dijagram (LD - Ladder Diagram), Liste instrukcija (IL - Instruction List) i Sekvencijalne funkcijske karte (SFC - Sequential Function Chart) [3]. Upravljački programi za PAC se obično razvijaju pomoću opštijih softverskih alata koji omogućavaju da dizajnirani program koristi nekoliko različitih mašina, procesora, HMI (Human-Machine-Interface) terminala ili drugih komponenti u arhitekturi upravljačkog sistema.

Procesiranje i I/O skeniranje je takođe različito. Za razliku od PLC-a, koji konstantno skenira velikom brzinom sve I/O u upravljačkom sistemu, PAC koristi samo jednu, označenu bazu podataka i sistem logičkih adresa za identifikovanje i mapiranje I/O tačaka po potrebi.

5. ZAKLJUČAK: KAKVE KORISTI DONOSI PAC?

PAC se u industriji najčešće koristi za upravljanje procesima, akviziciju podataka, udaljeni monitoring opreme, machine vision i upravljanje kretanjima. Osim toga, PAC radi i komunicira preko popularnih protokola za umrežavanje kao što su TCP/IP, OLE (Object Linking and Embedding, omogućava kreiranje objekta pomoću jedne aplikacije i linkovanje u drugoj aplikaciji) za upravljanje procesima i SMTP (Simple Mail Transfer Protocol, protokol za slanje mejlova između servera). Stoga PAC može da prenosi podatke sa mašine kojom upravlja ka drugim mašinama i komponentama u umreženom upravljačkom sistemu ili ka aplikacionom softveru ili bazama podataka.

PAC upravljačka rešenja pružaju sledeće prednosti:

- veću produktivnost i efikasnost: portabl upravljački uređaj i univerzalni razvoj okruženja omogućavaju brzi razvoj, implementaciju i migraciju, a zahvaljujući otvorenosti i fleksibilnosti upravljačku konvergenciju i integraciju sa operacijama i poslovnim sistemom preduzeća;
- smanjenje troškova rada korišćenjem arhitekture i mreža baziranih na standardima; omogućava inženjerima da izaberu različite systemske komponente za platformu koja koristi radije povoljne COTS od pojedinačnih proizvoda i tehnologija; potrebna je obuka korisnika na samo jednoj platformi i razvojnom okruženju; omogućava jednostavnu migraciju koja podržava investiranje i u I/O i u razvoj aplikacija.
- Njegovi upravljački sistemi pružaju korisnicima bolje mogućnosti upravljanja: PAC sistemi, zahvaljujući fleksibilnosti, daju korisnicima mogućnost da izaberu hardver i programski jezik koji najbolje odgovaraju svakoj pojedinačnoj aplikaciji, zatim nadgradnju dizajna onda kada to njima odgovara, i dizajn i izgradnju proizvoda na bilo kojoj lokaciji.

LITERATURA:

[1].<http://www.directindustry.com>

[2].<http://www.ni.com/pac>

[3] M. Mijanović Markuš: *Razvoj programabilnih automata*, rad pripremljen za HIPNEF 2006, Vrnjačka Banja, 24-26. maj 2006.

[4].N.N.: *Plus-size platform gives controller bigger name*, Automation World Article, first published 06.03.2005., page 68.

PROGRAMMABLE AUTOMATION CONTROLLER – FUTURE IN INDUSTRIAL CONTROL

Abstract: *Programmable automation controller (PAC) is compact controller that combine features and capabilities of PC-based control system with systems based on typical programmable logic controller (PLC). There is even more PAC producers on the market and PAC users in industry. The most important tasks of PACs are processes control, data acquisition, remote equipment monitoring, machine vision and motion control. In this article would be explained PAC conception, PAC and PC and PLC differences, and benefits of industrial control using PAC.*



N. Nedić¹, Đ. Dihovični²,

STABILNOST SISTEMA SA RASPODELJENIM PARAMETRIMA NA KONAČNOM

INTERVALU OPISANIH JEDNAČINAMA OBLIKA $\frac{\partial^3 x}{\partial t^3} = f\left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)$

Abstract: Razmatra se jednodimenzionalni problem i prezentovan je matematički model sistema sa raspedeljenim parametrima jednačinama koje zavise od vremena i samo jedne prostorne koordinate. Uspešno je primenjen novi metod za određivanje stabilnosti na konačnom intervalu za sisteme sa raspedeljenim parametrima, višeg reda. Korišćene su parametarske metode i dobijena je vrednost parametra K , za koje je ravnotežno stanje sistema na konačnom intervalu stabilno.

Ključne reči: raspedeljeni parametri, jednodimenzioni problem, praktična stabilnost

1. UVODNE NAPOMENE

Teorija sistema sa raspedeljenim parametrima razmatra dinamičko ponašanje sistema koji su raspedeljeni u prostoru, i kod kojih je stanje pored vremena zavisno od jedne ili više prostornih koordinata. Matematički modeli sistema sa raspedeljenim parametrima su predstavljeni u vidu parcijalnih diferencijalnih jednačina, što prouzrokuje dodatne teškoće pri analizi i sintezi ovih sistema, u odnosu na sisteme sa koncentrisanim parametrima, čiji se matematički modeli manifestuju u obliku običnih diferencijalnih jednačina.

U inženjerskoj praksi mnogo više su prisutni objekti koji predstavljaju sisteme sa raspedeljenim parametrima i to procesi prenosa toplote, difuzije, absorpcije, hemijski reaktori, nuklearni reaktori, razmenjivači toplote, sušare, kontinualni proizvodni procesi (destilacija nafte, čelik, papir, staklo i dr.), hidrodinamički i magnetohidrodinamički sistemi, izvorišna nafta, nalazišta prirodnih resursa (ugalj, plin, voda i td.). Razmatranje atmosferskih fenomena, zagađenost okoline, vode i vazduha isto tako spada u probleme sistema sa raspedeljenim parametrima.

Prilikom dobijanja dinamičkih modela sistema ove grupe, prisutna su dva osnovna principa:

- matematičko modeliranje (teorijski princip)
- identifikacija (eksperimentalni princip).

U postupku matematičkog modeliranja za dobijanje modela sistema koriste se osnovni prirodni zakoni održavanja mase, energije i impulsa. Ukoliko se bilansne jednačine mase, energije i impulsa postavljaju u odnosu na celu zapreminu posmatranog sistema, onda se dobija model koji pripada skupu sistema sa koncentrisanim parametrima, ali u slučaju kada se one postavljaju za infinitezimalni deo zapremine sistema, onda se dobija model koji pripada skupu sistema sa distribuiranim parametrima.

Ukoliko se koristi eksperimentalni pristup, prva faza obuhvata postavljanje preliminarnog modela sistema, a onda se primenom zajedničkog ulaza na model i realni sistem, uz merenje izlaza realnog sistema, pokušava da se izmenom modela odstupanje izlaza modela u odnosu na izlaz realnog sistema svede na nulu. Koristeći postupak identifikacije, metodom estimacije parametara, strukture i stanja sistema dolazi do promene parametara, i/ili strukture modela.

¹ Novak Nedić, Mašinski fakultet Kraljevo, Univerzitet u Kragujevcu, Disitejeva 19, 36 000 Kraljevo, tel: (036)-234-495, e-mail: nedic.n@maskv.edu.yu

² Đorđe Dihovični, Viša tehnička škola, Bulevar Avnoj-a 152a, 11070 Novi Beograd, tel:(011)-3229-058, e-mail: ddihovic@Eunet.yu

2. PRELIMINARNA RAZMATRANJA

2.1 Opšta razmatranja

Prilikom analize i sinteze sistema automatskog upravljanja, fundamentalno pitanje predstavlja određivanje stabilnosti. Postoji gruba podela definicija stabilnosti, na Ljapunovski i neljapunovski koncept koji su proistekli iz raznovrsnih inženjerskih potreba. Najčešći slučaj razmatranja sistema automatskog upravljanja je Ljapunovski princip, pri čemu se ponašanje sistema posmatra na beskonačnom intervalu što u realnim slučajevima ima samo akademski značaj.

2.2 Ljapunovska funkcija

Posmatrajmo n-dimenzionalnu nelinearnu vektorsku jednačinu u obliku:

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = f(\underline{x}) \quad (1)$$

pri čemu za $\frac{d\underline{x}}{dt} = 0$, rešenje ove jednačine je $\underline{x}_r = 0$ i možemo ga označiti kao ravnotežno stanje. Prethodno označeno ravnotežno stanje, je stabilno u smislu Ljapunova, ako i samo ako za svaki pozitivan konstantan realan broj ε , postoji $\delta(\varepsilon) > 0$ tako da je ispunjena sledeća zavisnost:

$$\|\underline{x}_0\| = \|\underline{x}\|_{t=0} \leq \delta \quad (2)$$

u kojoj za svako $t \geq 0$ važi:

$$\|\underline{x}\| < \varepsilon \quad (3)$$

U slučaju kada je ispunjeno:

$$\|\underline{x}_0\| \rightarrow 0 \text{ za } t \rightarrow \infty \quad (4)$$

onda je ravnotežno stanje sistema asimptotski stabilno.

Da bi nulto ravnotežno stanje bilo stabilno dovoljno je da postoji skalarna, realna funkcija $V(\underline{x})$, takozvana Ljapunovska funkcija, koja za $\|\underline{x}\| < r$, $r = \text{const} > 0$, ima sledeće osobine:

a) $V(\underline{x})$ je pozitivno definisana funkcija

b) $\frac{dV(\underline{x})}{dt}$ je negativno poluodređena funkcija za $t \geq 0$.

Ravnotežno stanje sistema je asimptotski stabilno ako i samo ako postoji $\frac{dV(\underline{x})}{dt}$, koja je negativno definisana za $t \geq 0$.

Izvod funkcije $V(\underline{x})$ po vremenu $\frac{dV(\underline{x})}{dt}$, se može izraziti na sledeći način:

$$\frac{dV(\underline{x})}{dt} = \nabla_x^T V(\underline{x}) \frac{d\underline{x}}{dt} = \nabla_x^T V(\underline{x}) \cdot \underline{f}(\underline{x}) \quad (5)$$

pri čemu je:

$$\nabla_x = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\partial}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Korišćenjem Ljapunovske funkcije na uspešan način je rešen problem asimptotske stabilnosti ravnotežnog stanja na beskonačnom intervalu.

3. GLAVNI REZULTAT

Posmatra se sistem sa raspodeljenim parametrima opisan sledećom jednačinom:

$$\frac{\partial^3 x}{\partial t^3} = \frac{\partial x}{\partial z} \quad (7)$$

sa početnim uslovima:

$$x(t,0) = \frac{K}{4} \cdot x(t,L). \quad (8)$$

Uvodi se pretpostavka da izraz (7), i granični uslovi (8), nisu eksplicitne funkcije vremena t , tako da je ravnotežno stanje sistema (7) sa odgovarajućim graničnim uslovima predstavljeno sledećom jednačinom:

$$x_r(z) = 0, \text{ uz } \frac{\partial^3 x}{\partial t^3} = 0. \quad (9)$$

Uzimajući u obzir da $x(t,z)$ predstavlja odstupanje stvarnog od željenog stanja sistema, onda će željeno stanje nastati kada je $x(t,z)=0$.

Koristi se funkcional V , koji se predstavlja na sledeći način:

$$V(x) = \int_0^l W(\underline{x}) \cdot dt \quad (10)$$

gde je W skalarna funkcija vektora \underline{x} .

Funkcional V se bira u obliku:

$$V = \frac{1}{4} \int [x(t,z)]^4 \cdot dz \quad (11)$$

tako da je ispunjen uslov da je $V(x) > 0$.

Izvod funkcionala V , dat je sledećom jednačinom:

$$\frac{dV(x)}{dt} = \int_0^L x^3 \cdot \frac{\partial^3 x}{\partial t^3} \cdot dz = \int_0^L x^3 \cdot \frac{\partial x}{\partial z} \cdot dz = \frac{1}{4} ([x(t,L)]^4 - [x(0,z)]^4). \quad (12)$$

Korišćenjem graničnih uslova iz jednačine (8) i njihovim uključivanjem u jednačinu (7), dobija se:

$$\frac{dV(x)}{dt} = \left(1 - \frac{K^4}{4}\right) \cdot [x(t,L)]^4 \quad (13)$$

tako da sledi da je:

$$\frac{dV(x)}{dt} < 0 \text{ kada je } K^4 < 1/16, \quad |K| < \frac{1}{2} \quad (14)$$

što je dovoljan uslov Ljapunovljeve teoreme primenjene na funkcional V .

4. CONCLUSIONS

Concerning on one-dimensional problem, where mathematical model of distributed parameter system is presented by equations which are dependable of time and only one space coordinate, successfully is applied new method for determination asymptotic stability for distributed parameter systems of higher order. Parameter methods are used and value for parameter K is obtained, when system equilibrium state is asymptotic stabile. Program support for this method is programmed in Mat-Lab language

5. REFERENCE

1. Stephen P. Banks, 1974, State Space and Frequency Domain Methods in the Control of Distributed Parameter Systems (London)
2. Zubov V. I, 1964, Methods of A.M. Lyapunov and their Application (Netherlands)
3. Ernat- Dieter Gilles, Systeme mit verteilten Parametern, Wien 1973

Đ. Dihovični¹, N. Nedić²

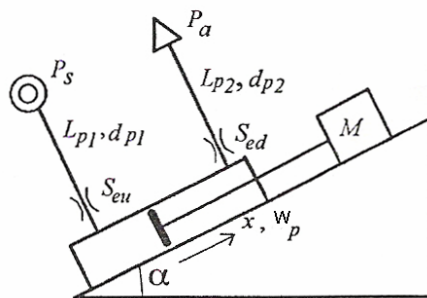
STABILNOST SISTEMA NA KONAČNOM PROSTORNOM INTERVALU SISTEMA SA RASPODELJENIM PARAMETRIMA SA DISTRIBUIRANIM UPRAVLJANJEM

Abstrakt: Posmatra se posebna grupa sistema sa raspedeljenim parametrima, sistemi sa distribuiranim upravljanjem kod kojih upravljanje zavisi od jedne prostorne i vremenske koordinate. Predstavljen je matematički model pneumatskog cilindarskog sistema, a zatim je uspešno određena stabilnost na konačnom prostornom intervalu.

Cljučne reči: raspedeljeni parametri, distribuirano upravljanje, praktična stabilnost

1. MATEMATIČKI MODEL

Na slici 1 je prikazan šematski prikaz pneumatskog cilindarskog sistema. Sistem se sastoji od cilindra, ulaznog i izlaznog voda i dva brza kontrolna ventila. U literaturi, /Tokashiki, 1996/, detaljno je opisan matematički model sistema.



Slika 1

1.1 Model cilindra

Osnovne jednačine koje se koriste za opis ponašanja cilindra su jednačina stanja gasova, energijska jednačina i jednačina kretanja.

Promena pritiska u svakoj komori cilindra se može dobiti izvodom jednačine stanja gasova:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \left(\frac{P \cdot V}{\theta} \frac{d\theta}{dt} + R \cdot \theta \cdot G - P \cdot \frac{dV_d}{dt} \right) \quad (1)$$

gde je P pritisak (kPa), V - zapremina (m^3), θ - temperatura (K), R - gasna konstanta (J/kgK), a V_d - takozvana mrtva zapremina (m^3).

Iz prvog zakona termodinamike, temperaturna promena vazduha u svakoj komori cilindra može se napisati kao:

$$\frac{d\theta_d}{dt} = \frac{1}{C_v \cdot m_d} \cdot \left\{ S_{hd} \cdot h_d (\theta_a - \theta_d) + R \cdot G_d \cdot \theta_d - P_d \cdot \frac{dV_d}{dt} \right\} \quad (2)$$

¹ Đorđe Dihovični, Viša tehnička škola, Bulevar Avnoj-a 152a, 11070 Novi Beograd, tel:(011)-3229-058, e-mail: ddihovic@Eunet.yu

² Novak Nedić, Mašinski fakultet Kraljevo, Univerzitet u Kragujevcu, Disitejeva 19, 36 000 Kraljevo, tel: (036)-234-495, e-mail: nedic.n@maskv.edu.yu

$$\frac{d\theta_u}{dt} = \frac{1}{C_v \cdot m_u} \cdot \left\{ S_{hu} \cdot h_u (\theta_a - \theta_u) + C_p \cdot G_u \cdot T_1 - C_v \cdot G_u \cdot \theta_u - P_u \cdot \frac{dV_u}{dt} \right\} \quad (3)$$

gde je C_v - specifična toplota pri konstantnoj zapremini (J/kgK), m - masa vazduha (kg), S_h -površina toplotnog transfera (m^2), G - maseni protok (kg/s), a indeks d označava smer kretanja cilindra, dok indeks u predstavlja suprotan smer kretanja cilindra.

Uzimajući u obzir da su termalna provodnost i toplotni kapacitet zida cilindra, dovoljno veliki u poređenju sa istim karakteristikama vazduha, uzima se da je temperatura zida konstantna. Isto tako, se smatra da je toplotni koeficijent prenosa konstantan.

Prilikom pisanja jednačine kretanja, sila trenja se uzima kao suma Kulonovog trenja, i viskoznog trenja. Sila viskoznog trenja se uzima kao linearna funkcija brzine klipa, a svi ostali parametri imaju konstantan efekat na silu trenja cilindra. Jednačina kretanja se prikazati u obliku:

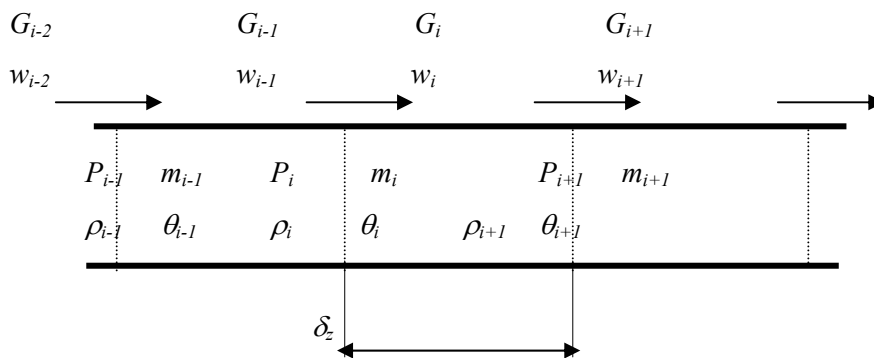
$$M \cdot \frac{dw_p}{dt} = P_u \cdot S_u - P_d \cdot S_d + P_a \cdot (S_d - S_u) - M \cdot g \cdot \sin \alpha - c \cdot w_p - F_q \quad (4)$$

gde je S - površina klipa cilindra (m^2), w_p - brzina klipa (m/s), M - težina tereta (kg), c -koeficijent viskoznog trenja (Ns/m), P_a - atmosferski pritisak (kPa), F_q - Kulonovo trenje (N), g - ubrzanje zemljine teže (m/s^2).

1.2 Model voda

Pneumatski vodovi imaju veliki efekat na pneumatske sisteme sa cilindrima. Analizirajući dinamičke karakteristike, utvrđeno je da se ne radi samo o otpornom uticaju pneumatskog voda, već i o zapreminskom uticaju, koji se značajno može sagledati kada se eksperimenti vrše sa cilinrima malog poluprečnika.

Korišćenjem konačne diferencne metode, numerički se može izračunati protok vazduha kroz pneumatski vod. Na slici 2, prikazan je vod podeljen u n delova.



Slika 2

Primenom jednačine kontinuiteta, uz upotrebu relacija za masu vazduha $m = \rho \cdot A \cdot \delta z$ i maseni protok $G = \rho \cdot A \cdot w$, dobija se sledeći izraz:

$$\frac{\partial m_i}{\partial t} = G_{i-1} - G_i \quad (5)$$

Polazeći od jednačine stanja gasova, i pretpostavljajući da je zapremina svakog delića konstantna, diferenciranjem iste dobija se:

$$\frac{dP_i}{dt} = \frac{R \cdot \theta_i}{V} (G_{i-1} - G_i) + \frac{R \cdot m_i}{V} \frac{d\theta_i}{dt} \quad (6)$$

Jednačina kretanja vazduha kroz vod, se izvodi iz Njutnovog drugog zakona kretanja i primenjuje se u obliku:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{P_i - P_{i+q}}{\rho_i \cdot \delta z} - \frac{\lambda}{2d} \cdot w_i \cdot |w_i| - |w_i| \cdot \frac{\partial w_i}{\partial z} \quad (7)$$

gde je λ koeficijent viskoznoznog trenja pneumatskog voda, i izračunava se kao funkcija Rejnoldsovog broja:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}, \quad \text{Re} < 2.5 \times 10^3 \quad (8)$$

$$\lambda = 0.3164 \text{Re}^{-0.25}, \quad \text{Re} \geq 2.5 \times 10^3. \quad (9)$$

2. DISTRIBUIRANO UPRAVLJANJE

Upravljanje kod sistema sa raspodeljenim parametrima, koje zavisi od vremenske i prostorne koordinate naziva se distribuirano upravljanje. Ukoliko se za upravljanje U , izabere razlika pritisaka u dva susedna delića pneumatskog voda, a za stanje X , brzina kretanja vazduha kroz njega, uz pretpostavke koje su prikazane prilikom izvođenja matematičkog modela pneumatskog voda, dobija se izraz:

$$\frac{\partial X}{\partial t} + |X| \cdot \frac{\partial X}{\partial z} + a \cdot X \cdot |X| = b \cdot U, \quad z \in [0, L] \quad (10)$$

gde je $a = \frac{\lambda}{2d}$, $b = \frac{1}{\rho \cdot \delta z}$.

Nominalno distribuirano upravljanje može se odrediti postupkom koji je opisan u literaturi, Novaković /1989/, a rezultat takvog upravljanja je željeno stanje $w_N(t, z)$ posmatranog sistema. U tom slučaju važi izraz:

$$L(X_N(t, z)) = \frac{1}{b} \cdot \frac{\partial X_N}{\partial t} + \frac{1}{b} \cdot |X| \cdot \frac{\partial X}{\partial z} + \frac{1}{b} \cdot a \cdot X \cdot |X| = U(t, z) \quad (11)$$

gde je L odgovarajući operator.

Na sistem (11), deluju mnogobrojni poremećaji, te će stvarna dinamika da se razlikuje od nominalne dinamike. Uvode se odstupanja stvarnog stanja od željenog nasledeći način:

$$x(t, z) = X(t, z) - X_N(t, z), \quad 0 < z \leq L. \quad (12)$$

Izvod odstupanja po vremenu, može se predstaviti sledećom jednačinom:

$$\frac{\partial x(t, z)}{\partial t} = \frac{\partial X(t, z)}{\partial t} - \frac{\partial X_N(t, z)}{\partial t} \quad (13)$$

pa se iz jednačina (6-10), dolazi do izraza:

$$\frac{\partial x(t, z)}{\partial t} = r(t, z) + |X| \cdot \frac{\partial X}{\partial z} + a \cdot X \cdot |X| - b \cdot U \quad (14)$$

gde je $r = \frac{\partial X_N}{\partial t}$.

3. PRIMENA

Primenom koncepta eksterne linearizacije koji je obrađen u literaturi, Meyer /1983/, može se uvesti distribuirano upravljanje u obliku:

$$U(t, z) = \left[(a - k) \cdot X \cdot |X| + k \cdot X_N \cdot |X| + |X| \cdot \frac{\partial X}{\partial z} + r \right] / b, \quad 0 \leq z \leq L \quad (15)$$

Zamenom jednačine (15) u jednačinu (14), dolazi se do sledeće relacije:

$$\frac{\partial x(t, z)}{\partial t} = -k \cdot x(t, z), \quad 0 \leq z \leq L. \quad (16)$$

Funkcional V se bira u obliku:

$$V(x) = \frac{1}{2} \cdot \int_0^L [x(t, z)]^2 \cdot dz = \frac{1}{2} \cdot \|x(t, z)\|^2. \quad (17)$$

Izvod funkcionala V je dat sledećom jednaćinom:

$$\frac{dV(x)}{dt} = \int_0^L x \cdot \frac{\partial x}{\partial t} \cdot dz = -k \cdot \int_0^L [x(t, z)]^2 \cdot dz = -2 \cdot k \cdot V(x). \quad (18)$$

Budući da je $V(x)$ pozitivno definisan funkcional, izraz (18) će biti negativno definisana funkcija za $k > 0$. Na taj način su ispunjeni dovoljni uslovi iz teoreme Ljapunova primenjene na funkcional V .

$$\nabla_x = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\partial}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (19)$$

4. CONCLUSION

Special class of control systems, is focus of our scientific paper. Our main idea is to present a practical stability solution for this type of systems with distributed control. From practical view of point, it is crucial to find intervals on which the system is stable, and it is achieved by using this unique approach.

5. REFERENCES

1. Dynamic Characteristics of Pneumatic Cylinders Including pipes, L.R Tokashiki, T. Fujita. T Kagawa and W.Pan, 9th Bath International Fluid Power Workshop, September 1996, pp 1-14
2. The Analzsis and Design of Pneumatic Systems, Blaine W. Andersen, John Wiley and Sond, INC. New York-London-Sydney
3. Zubov V. I, 1964, Methods of A.M.Lyapunov and their Application (Netherlands)
4. Ernat- Dieter Gilles, Systeme mit verteilten Parametern, Wien 1973

**MODELIRANJE I SIMULACIJA ELEKTROMEHANIČKIH ROBOTSKIH SISTEMA
POGONJENI JEDNOSMERNIM MOTORIMA U MATLAB OKRUŽENJU**Mihailo Lazarević¹*Rezime*

U ovom radu prikazano je programsko matematičko modeliranje i simulacija elektromehaničkog robotskog sistema u MATLAB okruženju u simboličko-numeričkom obliku. Na primeru robotskog sa tri stepena slobode koji su pogonjeni jednosmernim motorima odgovarajućih karakteristika sprovedena je simulacija neupravljanog robota.

1. UVOD

Upravljanje elektromehaničkim robotskim sistemima se pokazao kao vrlo izazovan, zahtevan i kompleksan zadatak [1]. U mnogobrojnoj literaturi [2, 3, 4,] mogu se naći raznovrsni upravljački algoritmi robota gde je formulisan osnovni zadatak upravljanja robotom na aktuatorskom nivou da vrh hvataljke robota prati unapred poznatu i zadatu putanju u granicama zahtevane tačnosti. Međutim pokazuje se da je sama sinteza upravljačkog algoritma u direktnoj zavisnosti od tačnosti matematičkog modela robotskog sistema. U tom cilju u ovom radu biće prezentovano doobijanje kompletne dinamike jednog elektromehaničkog robotskog sistema odnosno koji uključuje i dinamiku aktuatora ovde jednosmernih motora. S druge strane stalni trend povećanja i brzine i memorije računarskih platformi daje nam nove mogućnosti primene računara u projektovanju, simulaciji i upravljanju robotskih sistema. Kao predstavnike nelinearnih dinamičkih sistema robotski sistem odlikuje izuzetno visoka nelinearnost kao i složenost određivanja tačnog modela sa porastom broja stepeni slobode. Prema tome, ovde je iskorišćena mogućnost MATLAB-ovg toolboxa Symbolic da se model robotskog sistema odredi u simboličkom obliku a simulacija primenom odogovarajućeg postupka numeričkog rešavanja diferencijalnih jednačina - Runge Kutta metode. Na taj način dobijeni model elektromehaničkog robotskog sistema je neophodan za dalju sintezu upravljanja robotom u realnom vremenu, kao i za simulacione provere odgovarajućih upravljačkih algoritama.

2. MODELIRANJE DINAMIKE JEDNOG ELEKTROMEHANIČKOG ROBOTSKOG SISTEMA

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]:

$$\sum_{\alpha=1}^n a_{\alpha\gamma}(q) \dot{q}^\alpha + \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \Gamma_{\alpha\beta,\gamma}(q) \dot{q}^\alpha \dot{q}^\beta = Q_\gamma^g + Q_\gamma^u, \quad \gamma = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

gde su $q_i, \dot{q}_i, i = 1, 2, \dots, n$ označene unutrašnje generalisane koordinate i generalisane brzine respektivno. Pri tome, vektor generalisanih sila $Q_\gamma, \gamma = 1, 2, \dots, n$ sastoji se od $Q_\gamma^g, |Q_\gamma^g| \leq h_\gamma, \gamma = 1, 2, \dots, n$ koji odgovara dejstvu sile teže i, $Q_\gamma^u, |Q_\gamma^u| \leq g_\gamma, \gamma = 1, 2, \dots, n$ koji odgovara dejstvu upravljačkih sila i momenata. U kondezovanom

obliku prethodni izraz se može prikazati kao: $a(q) \ddot{q} + C(q, \dot{q}) = u$ (2)

Dinamiku robotskog manipulatora, moguće je predstaviti u u prostoru stanja:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} x_2(t) \\ -[a(x_1(t))]^{-1} C(x(t)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ [a(x_1(t))]^{-1} \end{bmatrix} u(t) \quad (3)$$

gde je sa $x(t) = [x_1(t), x_2(t)] = [q(t), \dot{q}(t)]^T \in R^{2n}$ označen vektor stanja, kao i $u(t) = Q^u(t) \in R^m$ vektor upravljanja.

¹ Mihailo Lazarević, Mašinski fakultet Univerzitet u Beogradu, Katedra za mehaniku, 011 3302 338, email: mlazarevic@mas.bg.ac.yu

Takođe, smatraće se da je robotski sistem potpuno upravljiv tj. ako i samo ako su zadovoljene sledeće nejednakosti [1]: $h_\gamma = \sup |Q_\gamma^g| < g_\gamma, \gamma = 1, 2, \dots, n$. Metrički tenzor datog robotskog sistema je dat izrazom:

$[a] = [a_{\alpha\beta}]_{\substack{\alpha=1,2,3 \\ \beta=1,2,3}}$, gde su sa $a_{\alpha\beta}, \alpha, \beta = 1, 2, 3$ označeni koeficijenti metričkog tenzora. Kinetička energija

robotskog sistema je:

$$E_k = \frac{1}{2} \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n a_{\alpha\beta} \dot{q}^\alpha \dot{q}^\beta = \frac{1}{2} (a) [\dot{q}], \quad (4)$$

gde je:

$$a_{\alpha\beta} = \frac{\partial^2 E_k}{\partial \dot{q}^\alpha \partial \dot{q}^\beta}, \Rightarrow a_{\alpha\beta} = a_{\beta\alpha}. \quad (5)$$

Odredjivanje koeficijenata metričkog tenzora se dobija primenom MATLABovog toolboxa SYMBOLIC gde su prvo definisane višestruke simboličke promenljive na sledeći način: `syms q1d q2d q3d q1 q2 q3` odnosno simbolički izraz za kinetičku energiju robotskog sistema koji je dat u primeru kao:

$$Ek = \text{sym}('1.5*q1d^2 + 11.825*q2d^2 + 2.5*q3d^2 + 10.825*(q1d^2)*(cos(q2))^2 + \dots + 4*q3*(q1d^2)*(cos(q2))^2 + 4*q3*(q2d^2) + 2.5*(q3^2)*(q1d^2)*(cos(q2))^2 + 2.5*(q3^2)*q2d^2')$$

Tako na primer sada je moguće primeniti simboličko diferenciranje *diff* a na osnovu uzraza (5);

$$a11s = \text{diff}(Ek, q1d, 1); a11 = \text{vpa}(\text{diff}(a11s, q1d, 1), 4)$$

što daje: $a11 = 3. + 21.65 * \cos(q2)^2 + 8. * q3 * \cos(q2)^2 + 5. * q3^2 * \cos(q2)^2$ (7)

Na sličan način je moguće odrediti i preostale koeficijente. Takođe je neophodno izračunavanje Kristofelovog simbola prve vrste koji je definisan:

$$\Gamma_{\alpha\beta,\gamma} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial a_{\beta\gamma}}{\partial q^\alpha} + \frac{\partial a_{\gamma\alpha}}{\partial q^\beta} - \frac{\partial a_{\alpha\beta}}{\partial q^\gamma} \right) \quad (8)$$

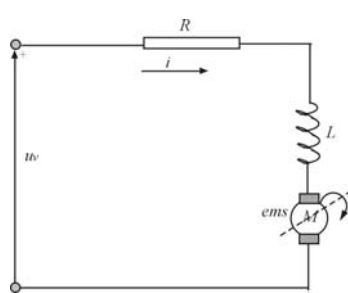
Na primer $\Gamma_{12,1}$ je istim postupkom izračunat u simboličkom obliku:

$$G121 = \text{vpa}(0.5 * (\text{diff}(a21, q1, 1) + \text{diff}(a11, q2, 1) - \text{diff}(a12, q1, 1)), 2)$$

odnosno: $G121 = -21.65 * \cos(q2) * \sin(q2) - 8.0 * q3 * \cos(q2) * \sin(q2) - 5.0 * q3^2 * \cos(q2) * \sin(q2)$ (9)

U većini slučajeva, upravljanje datim robotskim sistemom se realizuje bez uzimanja u obzir dinamike aktuatora. Međutim, dinamika aktuatora predstavlja važan deo kompletne dinamike robotskog sistema. To je posebno izraženo u pokretima koje odlikuju velike brzine kao i u slučaju postojanja visoko promenljivih opterećenja, [3, 4]. S druge strane, uzimanjem u obzir dinamike aktuatora vodi složenijoj strukturi upravljačkog sistema, povećanju u reda sistema kao i složenijoj analizi stabilnosti sistema. Neka su jednosmerni motori koji predstavljaju aktuatora i postavljeni su tako da u zglobovima ostvaruju potrebna kretanja odgovarajućih segmenata. Odgovarajući model električnog kola motora je dat:

$$R_i i_i(t) + L_i \frac{di_i(t)}{dt} + ems_i(t) = u_{vi}(t), \quad i = 1, 2, 3 \quad (10)$$



gde R_i, L_i predstavljaju otpornost i induktivnost i -tog električnog kola statora motora, kao i i_i, u_{vi} struju i upravljački napon. Indukovana elektromotorna sila $ems_i(t) = k_e dq_m / dt$ je srazmerna ugaonoj brzini rotora motora, gde je $k_e = const$, a sa $q_m(t)$ je označena generalisana koordinata motora. Ako postoji reduktor stepena redukcije N_i onda je veza između generalisane koordinate motora $q_{mi}(t)$ i unutrašnje generalisane koordinate $q_i(t)$: $q_{mi}(t) = N_i q_i(t), i = 1, 2, 3$

(11)

Slika 2 Ekvivalentno električno kolo jednosmernog motora

Takođe sa dovoljnom tačnošću može se postaviti da važi i: $Q_i''(t) = N_i k_m i_i(t)$ (12)

gde je $k_m = const$ konstanta momenta motora, a $Q_{moti} = k_m i_i(t)$ predstavlja pogonski moment uočenog motora.

Kombinovanjem jednačina (2), i (12) dobija se

$$a(q) C(q) = NK_m i \Rightarrow i = [NK_m]^{-1} a(q) [NK_m]^{-1} C(q) \quad (13)$$

Zamenom u jednačinu (10), vektorska notacija proizilazi

$$L[NK_m]^{-1}(\ddot{q}) + a(q, \dot{q}) + L[NK_m]^{-1}C(q, \dot{q}) + R[NK_m]^{-1}(a(q, \dot{q}) + C(q, \dot{q}) + K_e N \dot{q}) = u_v(t) \quad (14)$$

odnosno u kondezovanoj formi:

$$a^\bullet(q(t), \dot{q}(t)) + n(q(t), \dot{q}(t)) = u_v(t) \quad (15)$$

gde su $a^\bullet(q) = L[NK_m]^{-1}a(q)$, $n(q, \dot{q}) = L[NK_m]^{-1}C(q, \dot{q}) + R[NK_m]^{-1}(a(q, \dot{q}) + C(q, \dot{q}) + K_e N \dot{q})$ (16)

Mdel robotskog sistema zajedno sa modelom aktuatora u prostoru stanja se može sada predstaviti kao:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2(t) \\ x_3(t) \\ -a^{\bullet-1}(x_1(t))n(x(t)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -a^{\bullet-1}(x_1(t)) \end{bmatrix} u_v(t) \quad (17)$$

gde je sa $x(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t)] = [q(t), \dot{q}(t), \ddot{q}(t)]^T \in R^{3n}$ označen vektor stanja, kao i $u_v(t) \in R^n$ "naponski" vektor upravljanja. Primenom MATLAB-ovog toolboxa Symbolic moguće je u simboličkom obliku odrediti i $n(q, \dot{q})$ tako da se dobija kompletan elektromehanički model robotskog sistema u simboličkom obliku.

3. SIMULACIONI REZULTATI

Posmatra se robot sa tri stepena slobode S1.2 sa karakteristikama koji su dati u Tabeli 1. Karakteristike jednosmernih motora su dati u Tabeli 2.

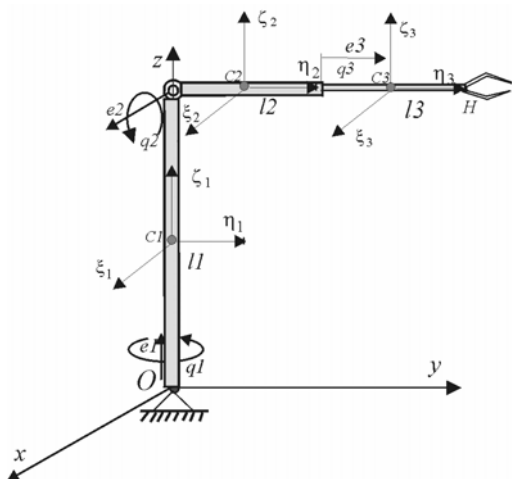


Tabela 1

segment	1	2	3
m[kg]	5	5	5
L [m]	0.8	0.6	0.4
$I_c [kgm^2]$	$\begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 10 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 10 \end{bmatrix}$

Sl.1.3 Robotski sistem sa 3 stepena slobode u referentnom

položaju

Tabela 2.

$R_i [\Omega]$	$L_i [H]$	$k_{mi} [NmA^{-1}]$	$k_{ei} [Vs / rad, m]$	$N_i, r_3 = 0.1m$
1	0.01	1	2	1

Primenom simboličkog diferenciranja Symbolic toolbox MATLAB-a dobijaju se u ovom primeru koeficijenti metričkog tenzora $[a(q)]_{3 \times 3}$ koji su određeni sledećim izrazima:

$a_{33} = 5$; $a_{22} = 23.65 + 8 \cdot q_3 + 5 \cdot q_3^2$; $a_{11} = 3 + 21.65 \cdot \cos(q_2)^2 + 8 \cdot q_3 \cdot \cos(q_2)^2 + 5 \cdot q_3^2 \cdot \cos(q_2)^2$
 $a_{23} = 0$; $a_{13} = 0$; $a_{12} = 0$;

odnosno, Kristofelovi simboli prve vrste $\Gamma_{\alpha\beta\gamma}$ glase:

$G_{121} = -21.65 \cdot \cos(q_2) \cdot \sin(q_2) - 8 \cdot q_3 \cdot \cos(q_2) \cdot \sin(q_2) - 5 \cdot q_3^2 \cdot \cos(q_2) \cdot \sin(q_2)$

$G_{131} = 4 \cdot \cos(q_2)^2 + 5 \cdot q_3 \cdot \cos(q_2)^2$; $G_{221} = 0$; $G_{231} = 0$; $G_{132} = 0$;

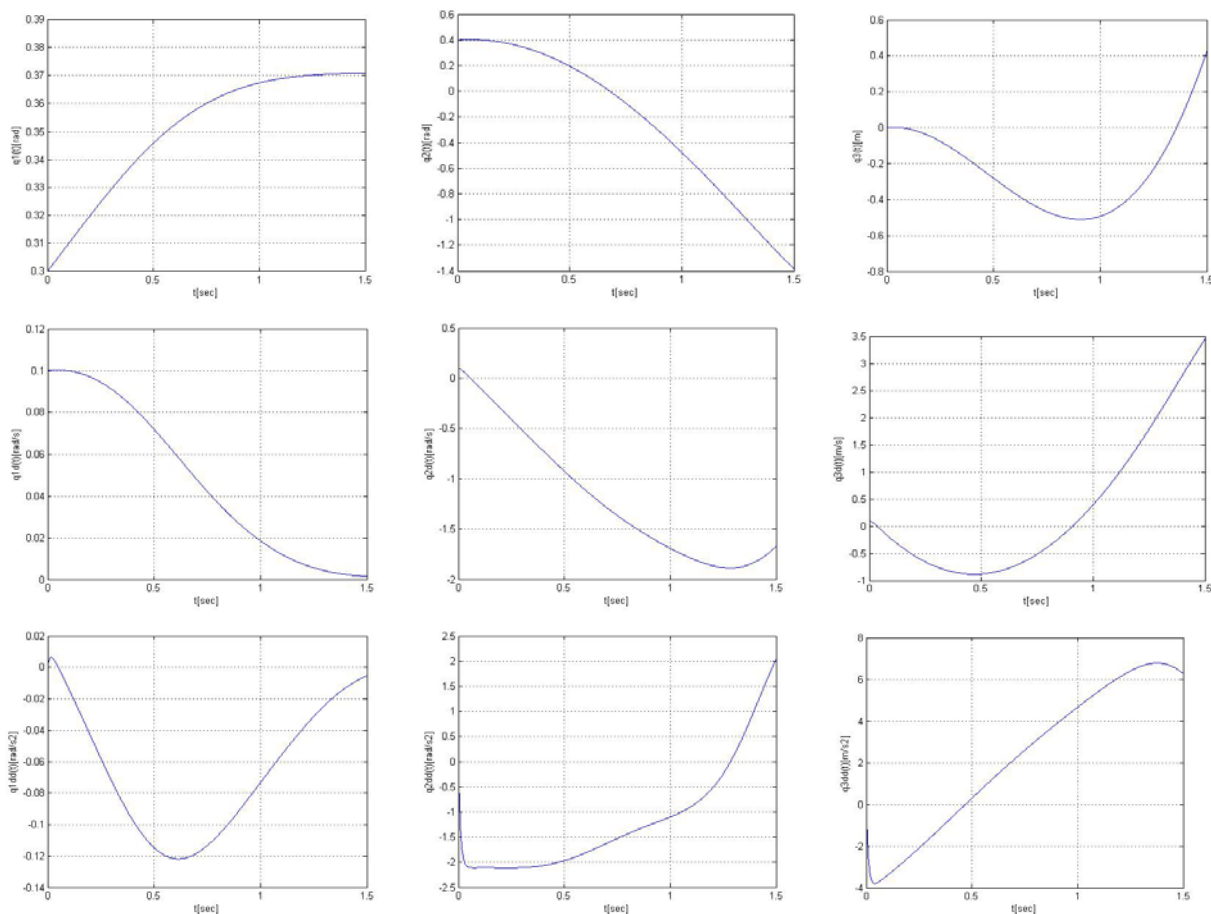
$G_{331} = 0$; $G_{332} = 0$; $G_{232} = 4 + 5 \cdot q_3$

kao i generalisane sile usled gravitacije:

$Q_3 g = -49.05 \cdot \sin(q_2)$; $Q_2 g = -53.955 \cdot \cos(q_2) - 49.05 \cdot q_3 \cdot \cos(q_2)$; $Q_1 g = 0$

U cilju potvrde tačnosti razvijenog modela realizovana je simulacija neupravljanog matematičkog modela dtog robota tako da je napisan program u MATLAB-u gde je za integraciju diferencijalnih jednačina primenjena modifikovana Runge Kutta 4 reda. Početni vektor stanja

$x_0 = [0.3, 0.4, 0.0, 0.1, 0.1, 0.1, 0., 0., 0.0]$



Slika 4. Trajektorije $q_i(t)$, $\dot{q}_i(t)$, $\ddot{q}_i(t)$ neupravljanog robota, $T=1.5s$

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prezentovan postupak modeliranja i simulacije jednog elektromehaničkog robotskog sistema u MATLAB okruženju, naročito primena toolboxa Symbolic. Na taj način dobijen je kompletan model robotskog sistema u simboličkom-numeričkom obliku koji je bliži realnom robotskom sistemu i fleksibilniji za upotrebu ali koji sada zahteva složeniji upravljački sistem jer je povećan red sistema odnosno zahteva složeniju analizu stabilnosti sistema. Sama realizacija upravljanja je na nivou ubrzanja $\underline{u} = \underline{f}_u(q, \dot{q}, \ddot{q})$ [5], što daje složeniji ali i opciono kvalitetniji upravljački algoritam. Na kraju, na primeru robotskog sistema s tri stepena slobode koji su pokretani jednosmernim motorima odgovarajućih karakteristika sprovedena je simulacija neupravljanog robota.

5. LITERATURA

- [1] Lazarević M, "Prilog matematičkom modeliranju i upravljanju redundantnim sistemima", doktorska disertacija, *Mašinski fakultet, Beograd*, 1999.
- [2] Lazarević M., Optimal control of redundant robots in human like fashion, *FME Transactions, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade*, Vol. 33, No 2, 2005, pp53-64.
- [3] M.S.Mahmoud, "Robust control of robot arm including motor dynamics", *Int.J Cont*, 58, pp.853-873, 1993.
- [4] T.Tarn, A Bejseczu, X. Yun, Y Li, "Effect of motor dynamics on nonlinear feedback robot arm control," *IEEE Trans. Robotics Autom*, 7, pp.114-122. 1991.
- [5] Živanović M., Lazarević M. «Upravljanje mehaničkih sistema na nivou ubrzanja i trzaja», *ETRAN 2006* (prihvaćen)

Modeling and Simulation Electromechanical Robotic Systems Driving by DC Motors in MATLAB Enviroment

Abstract

In this paper it is presented mathematical modelling and simulation a electromechanical robotic system in MATLAB environment in symbolic-numerical form. Using suitable example of robotic system with three DOF-s driven with DC motors it is obtained a simulation uncontrolled robot system.



P.B. Petrović, Ž. Jakovljević¹

OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA EKSTRUDERA ZA ISTISKIVANJE ELASTOMERA - DEO I: Analitički model

Rezime

U okviru ovog rada izložen je postupak optimizacije geometrije pužnog vretena toplo hranjenih ekstrudera za istiskivanje elastomera na bazi dinamičkog modela toka elastomera kroz zavojne kanale pužnog vretena. U prvom delu ovog saopštenja, izložen je postupak dinamičkog modeliranja toka elastomera. U drugom delu je izložen postupak optimizacije konkretnog pužnog vretena na bazi postavljenog dinamičkog modela.

Polazeći od osnovnih dinamičkih jednačina i uvođenjem odgovarajućih aproksimacija, izvedene su jednačine parcijalnih modela profila brzina elastomera u glavnoj i poprečnoj ravni zavojnog kanala pužnog vretena. Na osnovu ovih jednačina izvedene su jednačine protoka i pritiska elastomera na izlazu ekstrudera. Primenom eksponencijalnog modela zavisnosti viskoznosti i gradijenta brzine, polazni model baziran na linearnom njutnovskom fluidu proširen je realnim svojstvima pesudoplastičnosti elastomera.

1. UVOD

Ekstruder je jedna od tri ključne mašine u mehaničkoj preradi elastomera. Za razliku od ekstrudera koji se koriste u preradi polimera, ekstruder namenjen za preradu elastomera ostvaruje širi spektar simuliranih tehnoloških procesa: transport, dekrystalizacija, mešanje/homogenizacija, disperzija, plastikacija i istiskivanje elastomera. Proces ekstruzije elastomera je zapravo širok kompleks elementarnih procesa koji se simultano obavljaju u jednoj mašini.

Viskoznost elastomera je vrlo visoka, po pravilu za red veličina veća od viskoznosti većine polimera. Pored toga, elastomeri su temperaturno osetljiviji od polimera i ovo svojstvo se povezuje sa viskoznošću kod projektovanja ekstrudera. Temperatura elastomera u viskozno-tekućem stanju, sem u izuzetnim slučajevima, ne prelazi 120°C. Najčešće se temperatura, kao vrlo značajna procesna veličina, održava u intervalu od 90 do 115°C u zavisnosti od smeše elastomera. Ukoliko temperatura u bilo kom delu procesa istiskivanja pređe ove granice, dolazi do aktiviranja procesa vulkanizacije, što se nikako ne sme dozvoliti. Zbog termičke osetljivosti elastomera konstrukcija ekstrudera namenjenih za njihovu preradu značajno se razlikuje od ekvivalentnih mašina za preradu polimera.

Za razliku od ekstrudera koji su namenjeni preradi polimera, ekstruderi za preradu elastomera su teoretski nedovoljno proučeni i specifična znanja za njihovo projektovanje su najčešće bazirana na iskustvu i zadržavaju se unutar specijalizovanih projektantskih timova kompanija koje proizvode opremu za gumarstvo. U okviru projekta TR-6362A² sprovedena su detaljna istraživanja optimizacije geometrije pužnog vretena u sklopu modernizacije postojeće linije za izradu protektora engleske kompanije Francis Shaw. Primarni cilj ovih istraživanja je rešavanje problema upravljanja temperaturnim režimom toplo hranjenog jednovretenog ekstrudera, nominalnog prečnika pužnog vretena D250. Razvijeni analitički modeli poseduju dovoljnu opštost za primenu na različite konstrukcije jednovretenih ekstrudera za preradu elastomera u gumarstvu.

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 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 Traylor korporacije na međunarodnom tržištu, koji finansijski podržava Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

2. KONCEPTUALNE OSNOVE PUŽNOG VRETENA

Tipična konfiguracija ekstrudera za preradu elastomera sastoji se iz pogonskog agregata sa promenljivim brojem obrtaja, sistema za hranjenje ekstrudera, radnog dela ekstrudera koji se sastoji iz pužnog vretena i radnog cilindra, glave ekstrudera koja ostvaruje funkciju profilisanja istiskivanog elastomera i podsistema za temperaturnu regulaciju sklopa pužnog vretena i radnog cilindra. U okviru ovog rada razmatra se samo sklop pužnog vretena i radnog cilindra.

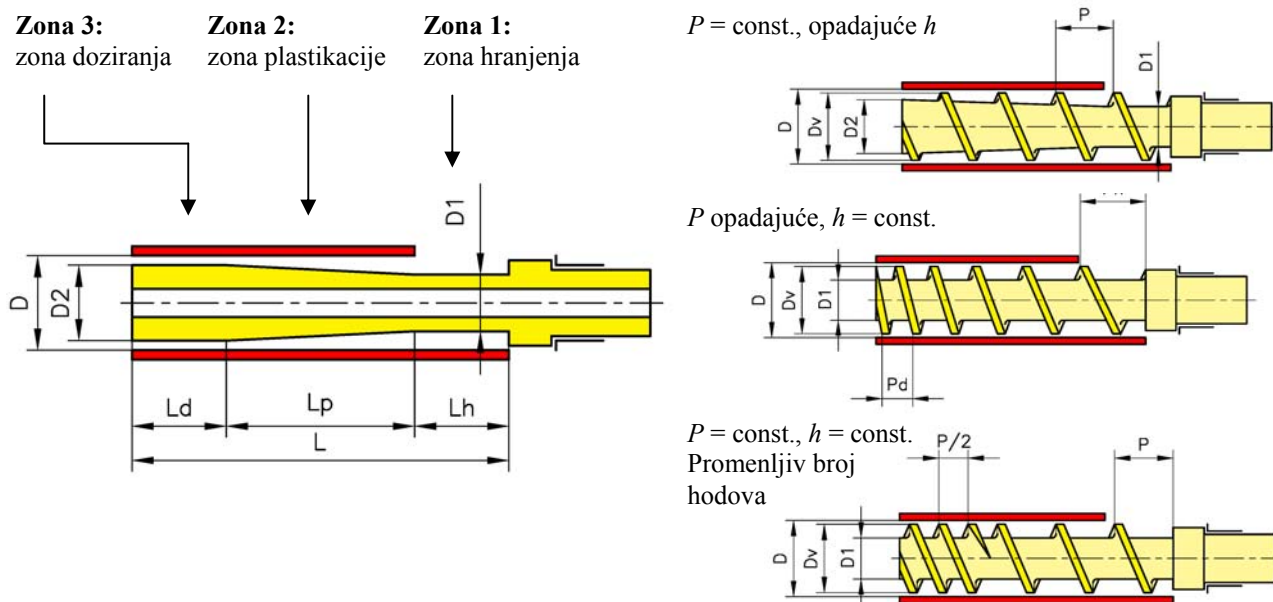
Najznačajniji element ekstrudera je pužno vreteno. Geometrijske karakteristike pužnog vretena u najvećoj meri određuju ukupne performanse ekstrudera.

Osnovni parametar pužnog vretena je njegov spoljašnji prečnik, na osnovu koga se izražavaju svi ostali parametri složene geometrije pužnog vretena. Kod toplo hranjenih ekstrudera za istiskivanje polimera u literaturi se navode intervali vrednosti pojedinih parametara, koji se uvek koriste kao polazna osnova u projektovanju ekstrudera za konkretnu namenu [1]. Ovi parametri su navedeni u tabeli 1.

Geometrijski parametar	Oznaka	Interval	Komentar
Ukupna dužina zavojnice	L	$3.5 - 10D$	za $D = 32 - 125$ mm važi $L/D = 5 - 10$ za $D = 160 - 400$ mm važi $L/D = 3.5 - 5$
Dužina zone hranjenja	Lh	$1.2 - 1.5D$	
Korak	P	$0.6 - 1.5D$	definisana za zonu hranjenja
Širina rebra zavojnice	w	$0.1 - 0.05D$	
Dubina zavojnog kanala	h	$0.2 - 0.3D$	definisana za zonu hranjenja
Zazor pužnog vretena	δ	$0.001 - 0.002D$	kada je $\delta > 0.008D$ vrši se zamena vretena
Stepen sabijanja	s	$1 - 2$	

Tabela 1: Parametri osnovnih geometrijskih proporcija pužnog vretena toplo hranjenih ekstrudera za istiskivanje elastomera izraženi relativno u odnosu na nominalni prečnik vretena D [1].

Pužno vreteno ekstrudera se sastoji iz tri karakteristične zone: 1)zona hranjenja, 2)zona plastikacije i 3)zona istiskivanja (slika 1).



Slika 1: Osnovne funkcionalne zone i nečestija varijantna rešenja topologije pužnog vretena.

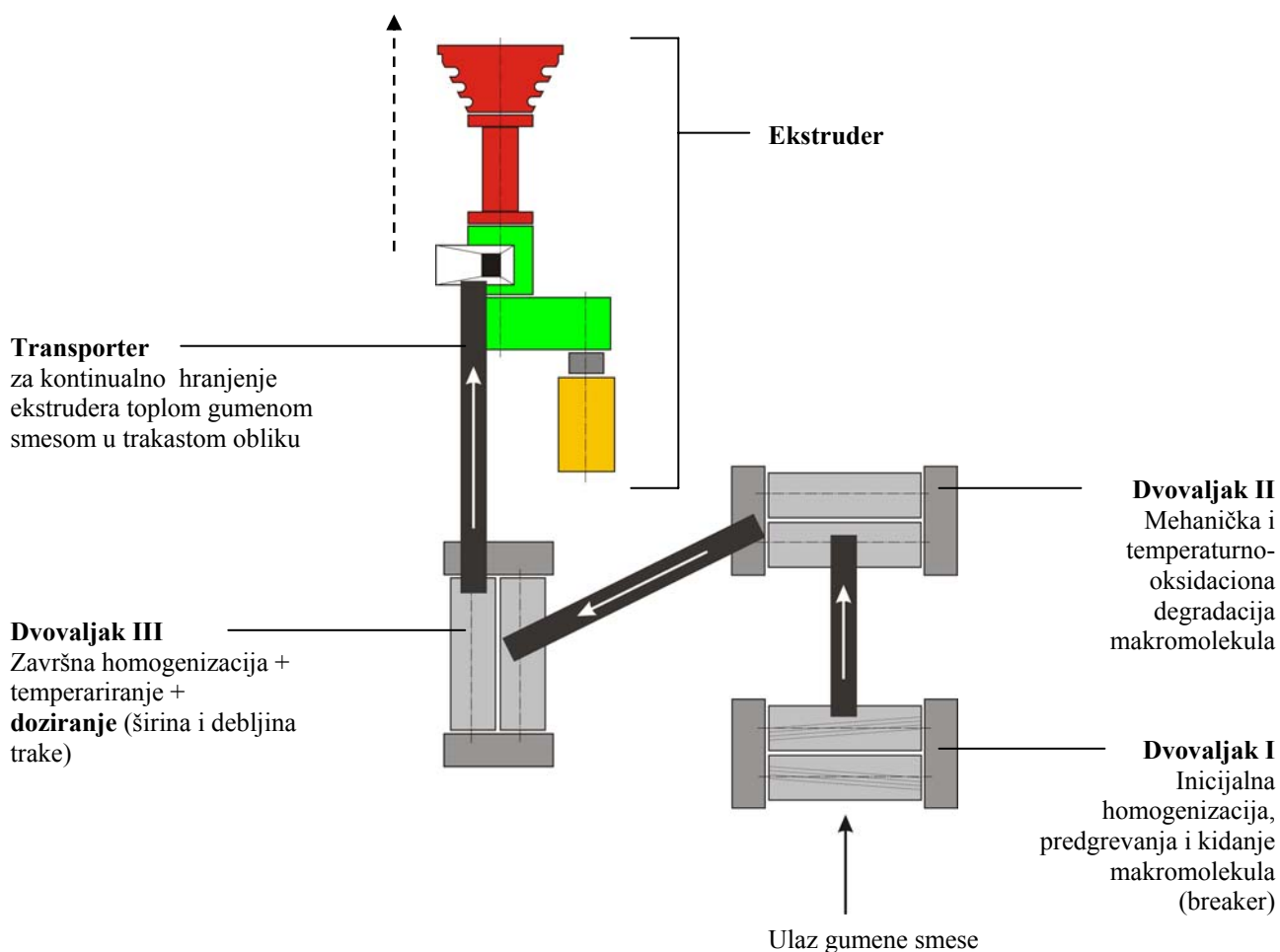
U zoni hranjenja se vrši zahvat elastomera, pasivnim ili aktivnim putem pomoću potisnog valjka ili nekim drugim mehanizmom. Kod toplo hranjenih ekstrudera, elastomer dolazi u delimično plastikovanom stanju u obliku trake, sa temperaturom od 50 do 90°C [1], [2]. Tipična konfiguracija sistema hranjenja ekstrudera podrazumeva kompleks od tri dvovaljka, na kojima se vrši mehanička priprema smeše elastomera, temperiranje i doziranje (slika 2).

U zoni plastikacije se vrši intenzivni proces kidanja makromolekula mehaničkim smicanjem između lamina elastomera u njegovom toku kroz zavojni kanal vretena [3]. Pored plastikacije u ovoj zoni se vrši

završna homogenizacija i disperziona mešanje, kako bi se postigla uniformna svojstva smeše elastomera pre njenog oblikovanja istiskivanjem. Da bi se pospešila mehanička prerada i homogenizovala smeša, u ovoj zoni se vrši i sabijanje, progresivnim smanjivanjem zapremine zavojnog kanala. Smanjivanje zapremine se najčešće izvodi progresivnim redukovanjem koraka zavojnice, ili smanjivanjem dubine zavojnog kanala uz konstantan korak. Ređe se koriste druge metode, kao što je promena širine rebara.

U zoni doziranja, kompletna masa zahvaćenog elastomera je u tekuće viskoznom stanju. Primarna funkcija zone doziranja je stabilizacija pritiska. Da bi se ostvario visok kvalitet geometrije istisnutog profila, fluktuacije pritiska moraju da budu svedene na minimum. U zoni doziranja parametri geometrije vretena su konstantni.

Najčešće se primenjuju dvohoda zavojna vretena. Ovakva vretena obezbeđuju balans mehaničkog opterećenja, što umanjuje bočne sile koje teže da izvedu vreteno iz ose. Veći broj hodova daje po ovom pitanju bolje rezultate, ali se istovremeno ugrožava funkcija hranjenja. U zoni hranjenja je najpovoljniji slučaj jednogode zavojnice, jer ona omogućava najbolji zahvat smeše elastomera na ulazu. Broj hodova može da bude promenljiv, čime se vrši lokalna optimizacija geometrije po zonama. Praktično, svaka zona zahteva svoju geometriju pužnog vretena, i to ne samo kroz prosto variranje parametara, već i kroz značajne strukturne promene.



Slika 2: Kompleks opreme sistema hranjenja toplo hranjenih ekstrudera.

3. ANALITIČKI MODEL

Elastomeri se u tekućem stanju ponašaju kao pseudoviskozni nenjutnovski fluidi. Efektivna viskoznost elastomera je nelinearna funkcija gradijenta brzine smicanja dv/dy i najčešće se iskazuje eksponencijalnim modelom [4], [5]:

$$\mu_{ef} = m \left(\frac{dv}{dy} \right)^{n-1} \quad (1)$$

gde su sa m i n označene konstante tečenja. Indeks konzistencije m i eksponent tečenja n su reološke konstante, koje se eksperimentalno određuju za svaki konkretan slučaj posebno. U inženjerskoj praksi

elastomeri se formiraju kao smeše različitih komponenti, prema recepturama prilagođenim konkretnoj primeni, a svaka od njih, u zavisnosti od sastava, odlikuje se svojim reološkim svojstvima. U gumarskoj industriji se po pravilu radi sa smešama koje imaju indeks tečenja znatno manji od jedinice, a najčešće je $n < 0.5$, tako da se radi o izrazito nenjutnovskim fluidima – pseudoviskozni fluid (fluid je njutnovski kada je $n = 1$ i često se ovakav fluid naziva linearnim).

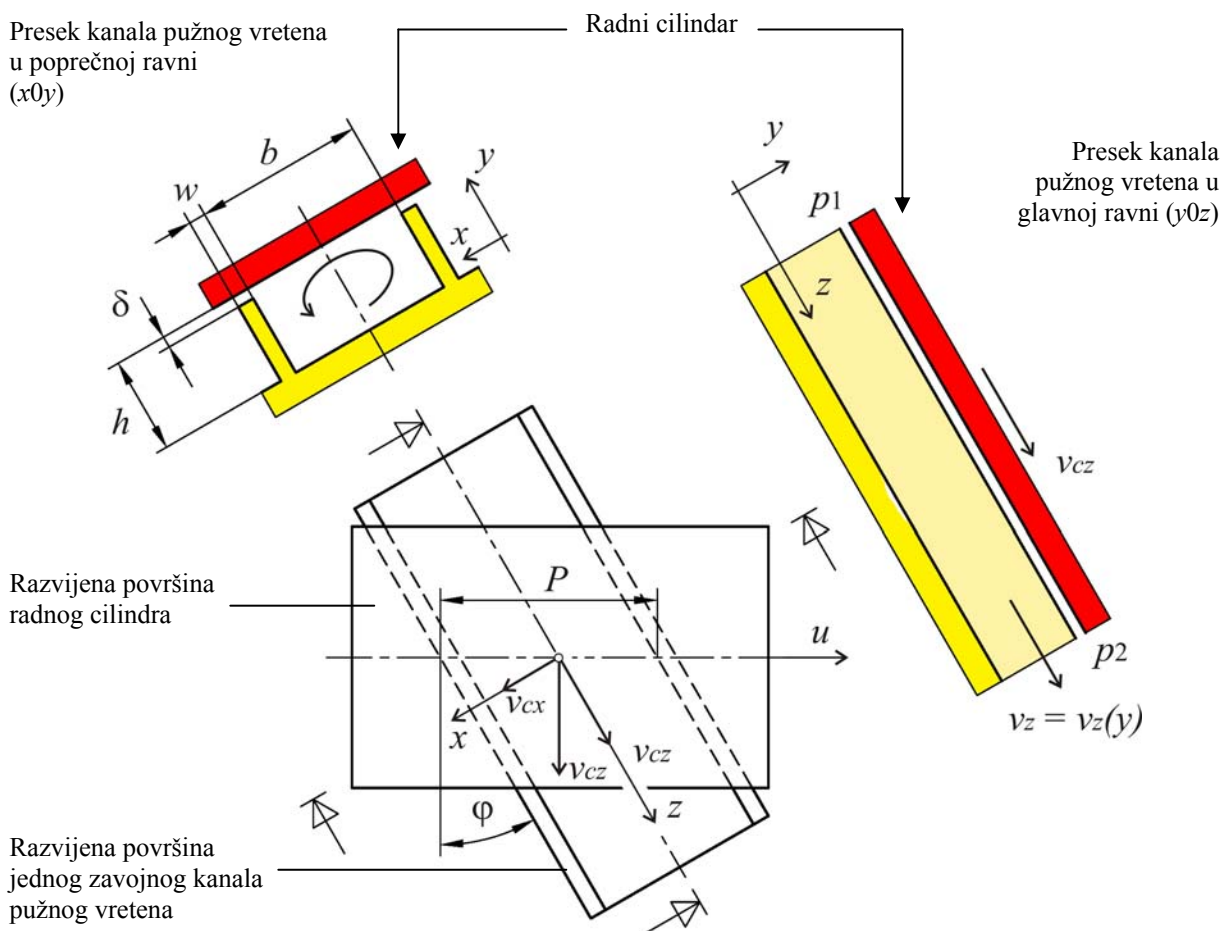
Za postavku dinamičkog modela značajna je veza između tangencijalnih napona i viskoznosti fluida, koja je definisana relacijom:

$$\tau = m\left(\frac{dv}{dy}\right)^n \quad (2)$$

Nelinearnost relacije (2) stvara velike teškoće u dinamičkom modeliranju procesa ekstrudiranja elastomera. Postavka i rešavanje dinamičkog modela se dodatno usložnjava uvođenjem zavisnosti reoloških konstanti od temperature. Zato se modeliranje toka elastomera kroz zavojne kanale pužnog vretena može u potpunosti sprovesti primenom diskretnih modela i njihovim numeričkim rešavanjem. Analitičko modeliranje je moguće samo uz uvođenje značajnih aproksimacija (uprošćeni hidrodinamički modeli). Iako aproksimativni, ovi modeli su vrlo značajni, zato što oni omogućavaju potpuno sagledavanje međuzavisnosti između pojedinih dinamičkih veličina i geometrije pužnog vretena. Ovakva saznanja imaju posebnu inženjersku (praktičnu) vrednost.

3.1 Pužno vreteno konstantne geometrije

Cilindrični oblik pužnog vretena i radnog cilindra se mogu prevesti u analogni planarni model, kojim se značajno uprošćava matematički aparat. Planarni model je prikazan na slici 3 i on se sastoji iz 1)stacionarnog kanala geometrije ekvivalentne poprečnom preseku kanala pužnog vretena i 2)pokretne ravni koja aproksimira kontaktnu površinu radnog cilindra. Zanimarivanjem uticaja rebara, planarni model se svodi na slučaj toka fluida između dve beskrajne ploče (pločasti model), [4] i [5].



Slika 3: Planarni model pužnog vretena i radnog cilindra sa prikazom preseka u glavnoj i poprečnoj ravni.

Za pužno vreteno konstantne geometrije zavojnih kanala, dalje se razmatraju parcijalni modeli toka elastomera u glavnoj i poprečnoj ravni.

3.1.1 Parcijalni model toka u glavnoj ravni

Zanemarujući nelinearnost (2) i smatrajući da je fluid nestišljiv, izotropan i da je strujanje laminarno, jednačne kretanja kolinearno sa osom kanala imaju oblik [4]:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial v_{cz}}{\partial x} \frac{\partial \mu}{\partial x} + \frac{\partial v_{cz}}{\partial y} \frac{\partial \mu}{\partial y} \quad (3)$$

Promena temperature po širini kanala (koordinata x) je vrlo mala, tako da se promena viskoznosti po poprečnom preseku može zanemariti, odakle jednačina (3) dobija oblik:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial v_{cz}}{\partial y} \frac{\partial \mu}{\partial y} \quad (4)$$

Da bi parcijalna diferencijalna jednačina (4) imala analitičko rešenje, neophodno je uvesti dodatne aproksimacije. Analitičko rešenje se može pronaći za slučaj izotermičkog ili adijabatskog režima rada ekstrudera. Ova aproksimacija znači da se temperatura ne menja po visini kanala (koordinata y), što je objektivno gruba aproksimacija. Uvodeći ovu aproksimaciju, jednačina (4) dobija sledeći oblik:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

Dalja relaksacija polaznog dinamičkog modela moguća je zanemarivanjem prisustva rebara koja formiraju zavojni kanal konačne širine. Širina kanala kod pužnih vretena za preradu polimera je po pravilu značajno veća od dubine, tako da ova aproksimacija nema veliki uticaj na tačnost modela. Eksperimentalna istraživanja pokazuju da pri odnosu $h/b \geq 10$ greška ne prelazi 10%. Kod prerade elastomera širina i dubina kanala su veličine istog reda i zato ovakva aproksimacija unosi veliku grešku. Ova greška se može korigovati uvođenjem faktora oblika i taj problem će kasnije biti razmatran. Zanemarivanjem prisustva rebara zavojnice, dvodimenzionalni model (5) se redukuje na jednodimenzionalni:

$$\frac{\partial^2 v_{cz}}{\partial y^2} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (6)$$

Pužno vreteno konstantnog koraka i konstantne dubine je generički koncept mehanizma kontinualne ekstruzije elastomera, koji se variranjem pojedinih parametara može transformisati u druge oblike, koji nose određene tehnološke specifičnosti prilagođene konkretnim uslovima primene.

Integracijom (6) i uvođenjem graničnih uslova: $v_{cz}(0) = 0$ i $v_{cz}(h) = v_{cz}$, dobija se relacija koja definiše profil brzina toka elastomera duž zavojnog kanala pužnog vretena:

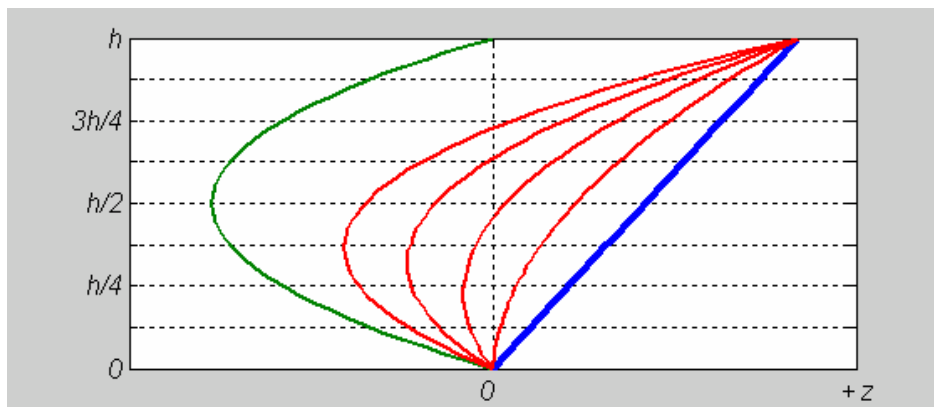
$$v_z(y) = \frac{y}{h} v_{cz} + \frac{(y^2 - hy)}{2\mu} \frac{dp}{dz} \quad (7)$$

U relaciji (7) uočavaju se dva člana. Kod prvog člana, brzina strujanja pojedinih lamina elastomera linearno je zavisna od rastojanja lamine od pužnog vretena (koordinata y). Maksimalnu vrednost brzine strujanja ima lamina na rastojanju h odnosno, lamina koja je prilepljena za površinu radnog cilindra. Množilac v_{cz} je obimna brzina pužnog vretena koja je upravljiva procesna veličina – ovaj član je linearna funkcija broja obrtaja pužnog vretena.

Drugi član je funkcija pritiska na izlazu ekstrudera i ne zavisi od obimne brzine pužnog vretena. Dakle, tok elastomera postoji i kada pužno vreteno miruje. Tok elastomera je u ovom slučaju izazvan samo dejstvom pritiska. Takođe, ovaj član je funkcija viskoznosti elastomera. Profil promene brzine po dubini kanala je paraboličan i svoj maksimum dostiže na $y = h/2$.

Profil brzine direktnog i povratnog toka, kao i njihova rezultatna vrednost prikazani su na slici 4: komponenta direktnog toka prikazana je plavom bojom; komponenta povratnog toka prikazana je zelenom bojom, a crvenom bojom označeni su rezultatni profili toka koji se menjaju u zavisnosti od odnosa broja obrtaja i pritiska. Kada je pritisak u glavi ekstrudera mali, tada je komponenta povratnog toka mala, pa se sve lamine po čitavoj visini kanala kreću u pravcu izlaza ekstrudera – slučaj visoke efikasnosti rada pužnog vretena. Povećanjem pritiska pojedine lamele prelaze u negativnu stranu poprečnog preseka, što znači da se one kreću u suprotnom pravcu prema zoni hranjenja. Daljim povećanjem pritiska, sve veći broj lamina prelazi u negativnu stranu, što povećava udeo povratnog toka u ukupnom toku i tako dolazi do smanjenja efikasnosti rada pužnog vretena. Sumiranjem svih tokova po pojedinim laminama, može se dobiti vrednost rezultatnog toka. Bitno je uočiti da nezavisno od odnosa direktne i povratne komponente, uvek postoji tačka ekstremuma, a to znači da u toj tački gradijent brzine ima nultu vrednost i da je prema tome i smicajni napon

nulte vrednosti, dakle sa aspekta plastikacije ta zona je nedelotvorna, u njoj nema mehaničkog kidanja makromolekula elastomera, što je vrlo važna tehnološka činjenica. Potpuno sagledavanje slike smicajnih napona i njihovog intenziteta zahteva razmatranje toka i u poprečnoj ravni zavojnog kanala što će kasnije biti urađeno.



Slika 4: Profil brzina toka elastomera u glavnoj ravni zavojnog kanala pužnog vretena – profil podužnog toka po dubini kanala.

Integraljenjem proizvoda širine zavojnog kanala (b), brzine (v_z) po dubini kanala y dobija se relacija protoka koja definiše količina istisnutog elastomera na izlazu ekstrudera:

$$Q = \int_0^h b v_z dy = \frac{bh}{2} v_{cz} - \frac{bh^3}{12\mu} \frac{dp}{dz} \quad (8)$$

Dalje je pogodno da se iz lokalnog koordinatnog sistema pređe na globalni koordinatni sistem pužnog vretena, odakle važi:

$$dz = \frac{du}{\sin \varphi} \quad (9a)$$

$$b = \left(\frac{P}{i} - w\right) \cos \varphi \quad (9b)$$

$$v_{cz} = v_c \cos \varphi = \frac{\pi DN}{60} \cos \varphi \quad (9c)$$

gde je sa i označen broj hodova zavojnice, a sa N broj obrtaja pužnog vretena. Uvodjenjem (9) u (8), sledi:

$$Q = \frac{\pi Dh(P - iw) \cos^2 \varphi}{120} N - \frac{h^3 (P - iw) \sin 2\varphi}{24\mu} \frac{dp}{du} \quad (10)$$

Dalje se može sprovesti korekcija aproksimacije (6) uvođenjem faktora oblika zavojnog kanala koji se izvode u obliku [5]:

$$F_\alpha = 1 - 0.571 \frac{h}{b} \quad (11a)$$

$$F_\beta = 1 - 0.625 \frac{h}{b} \quad (11b)$$

pa relacija (10) dobija svoj konačni oblik:

$$Q = \frac{\pi Dh(P - iw) \cos^2 \varphi}{120} F_\alpha N - \frac{h^3 (P - iw) \sin 2\varphi}{24\mu} F_\beta \frac{dp}{du} \quad (12)$$

Dvočlana struktura izraza za brzinu (7) prenetu je i u izraz za protok (12). Fizičko značenje pojedinih članova ovde se može jasnije prepoznati. Prvi član, koji je direktno proporcionalan broju obrtaja pužnog vretena, ima pozitivnu vrednost i on predstavlja direktni tok prinudnog kretanja mase elastomera pod dejstvom potisnih sila pužnog vretena. Drugi član je direktno proporcionalan pritisku i on uvek ima negativnu vrednost. Taj član predstavlja povratni tok mase elastomera pod dejstvom pritiska na izlazu ekstrudera, odnosno razlike pritiska između zone doziranja na izlazu ekstrudera i zone hranjenja na ulazu ekstrudera. Konstantni delovi izraza ovih članova se mogu grupisati i zbog jednostavnosti označiti novim oznakama direktnog i povratnog toka respektivno, pa jednačina (12) dobija kompaktniji pregledniji oblik:

$$Q = \alpha_0 N - \beta'_0 \frac{1}{\mu} \frac{dp}{du}$$

$$a_0 = \frac{\pi D h (P - iw) \cos^2 \varphi}{120} F_\alpha \quad (13)$$

$$\beta'_0 = \frac{h^3 (P - iw) \sin 2\varphi}{24} F_\beta$$

Prisustvo člana povratnog toka smanjuje efikasnost potisne funkcije pužnog vretena, umanjujući protok na izlazu ekstrudera. Ipak, ni u kom režimu rada protok ne može da uzme negativnu vrednost. Moguć je samo nulti protok. Ovaj karakteristični slučaj režima rada ekstrudera se javlja kod zatvorene glave ekstrudera i važan je kod dimenzionisanja radnog cilindra i pužnog vretena. Kod projektovanja geometrije pužnog vretena i radnog režima ekstrudera uvek se teži da direktni tok bude značajno veći od povratnog.

Integracijom (13) po gradijentu pritiska, sledi:

$$(\alpha_0 N - Q) \int_0^{l_d} du = \beta'_0 \frac{1}{\mu} \int_{p_0}^{p_G} dp \quad (14)$$

odakle se dobija:

$$Q = \alpha_0 N - \beta'_0 \frac{1}{\mu} \frac{\Delta p}{l_d} = \alpha_0 N - \beta_0 \frac{\Delta p}{\mu} \quad (15)$$

$$\beta_0 = \frac{\beta'_0}{l_d}$$

gde je sa Δp označena razlika pritiska između ulaza i izlaza ekstrudera, dok l_d označava dužinu zone doziranja.

3.1.2 Parcijalni model toka u poprečnoj ravni

Analogno modelu toka u glavnoj ravni, moguće je postaviti model kretanja elastomera po poprečnoj ravni preseka zavojnog kanala. Ekvivalentno polaznoj diferencijalnoj jednačini (3), postavlja se nova diferencijalna jednačina, koja se uvođenjem prethodno navedenih aproksimacija dovodi na integrabilni oblik, iz koga se dobija relacija koja opisuje profil brzina u poprečnom preseku zavojnog kanala:

$$v_x(y) = \frac{y}{h} v_{cx} + \frac{(y^2 - hy)}{2\mu} \frac{dp}{dx} \quad (16)$$

Polazeći od ove relacije, uz održivu pretpostavku da je curenje između vrha rebara zavojnice pužnog vretena i radnog cilindra zanemarljivo, sledi da ukupni protok u poprečnom preseku ima nultu vrednost, iz čega se može postaviti relacija koja definiše gradijent pritiska dp/dx poprečnog preseka:

$$\int_0^h v_x dy = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dx} = \frac{6\mu v_{cx}}{h^2} \quad (17)$$

Uvođenjem relacije (16) u (17) i uvođenjem broja obrtaja pužnog vretena N :

$$v_{cx} = \frac{\pi D N}{60} \sin \varphi \quad (18)$$

sledi relacija profila brzina u poprečnom preseku zavojnog kanala:

$$v_x(y) = -\frac{\pi D y \sin \varphi}{30h} N + \frac{\pi D y^2 \sin \varphi}{20h^2} N = \left(3 \frac{y^2}{h^2} - 2 \frac{y}{h}\right) \frac{\pi D \sin \varphi}{60} N \quad (19)$$

Profil brzine definisan sa (19) ima parabolični oblik, koji preseca y -osu na koordinati $2h/3$, pa važi $v_x(2h/3) = 0$. Brzina graničnog sloja koji je prilepljen za radni cilindar iznosi $v_x(h) = v_{cx}$ tako da masa elastomera u gornjoj zoni teče u pravcu potisne površine rebra zavojnice. Brzina graničnog sloja elastomera koji je prilepljen za površinu pužnog vretena iznosi $v_x(0) = 0$, a brzina sloja na koordinati $h/3$ iznosi $v_x(h/3) = -v_{cx}/3$, što znači da se u donjoj zoni elastomer kreće u suprotnom smeru, ka pasivnoj površini rebra zavojnice. Dakle, kretanje elastomera u poprečnom preseku kanala je cirkularno. Zbog uvedene aproksimacije beskonačne dužine zavojnog kanala pužnog vretena, model profila brzine (19) ne uzima u obzir zone neposredno uz rebra zavojnice, gde dolazi do promene pravca kretanja elastomera i gde nužno mora postojati kretanje kolinearno sa y -osom.

Superpozicijom parcijalnih modela kretanja elastomera u podužnoj ravni (7) i poprečnoj ravni (19), dobija se resultantno kretanje čestica elastomera koje ima neku vrstu oscilatorno-spiralnog oblika –

elastomer potiskivan pužnim vretenom zapravo ima cirkularno kretanje u zavojnom kanalu sa cikličnim pomicanjem i odmicanjem od izlaza radnog cilindra, ali takod, da je ukupno kretanje mase elastomera uvek ka izlazu. Parametri ove trajektorije direktno su uslovljeni geometrijom profila pužnog vretena i režimom rada ekstrudera. Dakle, parametri trajektorije čestica elastomera poseduju konstantnu i varijabilnu komponentu. Varijabilna komponenta otvara mogućnost upravljanja procesom ekstrudiranja, što je vrlo značajno svojstvo u tehnološkom smislu.

Uticaj glave ekstrudera sa alatom za profilisanje može se sagledati kroz uticaj komponente povratnog toka. Što je komponenta povratnog toka veća spiralna trajektorija čestica elastomera je kompaktnija, a u ekstremnom slučaju, kada je glava ekstrudera zatvorena, spiralna trajektorija se transformiše u eliptičnu, bez efektivnog pomaka elastomera ka izlazu – nulti protok. Ovakvo razumevanje uticaja pritiska koji nastaje kao posledica otpora u glavi ekstrudera je bitno sa aspekta regulacije temperature. Sa rastom pritiska, produžuje se put koji čestice elastomera ostvare u njihovom kretanju od ulaza ka izlazu ekstrudera, što dovodi do dužeg izlaganja elastomera plastikaciji, povećanju disipacije i konsekvntno, rastu temperature. Sa rastom temperature opada viskoznost, što dodatno povećava povratni tok elastomera i tako se uspostavlja prirodna pozitivna povratna sprega, koja dalje destabilizuje proces. Stabilizacija procesa se može ostvariti preko sistema za temperaturnu regulaciju pužnog vretena i radnog cilindra i/ili korigovanjem broja obrtaja pužnog vretena, čime se utiče na gradijent brzine smicanja elastomera. Zato se za potpuno sagledavanje procesa ekstruzije, pored pužnog vretena mora razmatrati, glava ekstrudera, sistem za temperaturnu regulaciju i sistem za regulaciju broja obrtaja pužnog vretena, koji zajedno čine jedan vrlo kompleksan spregnuti hidro i termodinamički sistem.

3.2 Pužno vreteno konstantnog koraka i opadajuće dubine zavojnog kanala

Efikasnost pužnog vretena, kao i kvalitet plastikacije, može se povećati ukoliko se smanjuje zapremina zavojnog kanala od zone hranjenja ka izlazu ekstrudera. Na ovaj način se vrši dodatno sabijanje elastomera i stabilizuje se izlazni pritisak, što je značajno tehnološko svojstvo. Odnos zapremina zavojnog kanala na ulazu i na izlazu ekstrudera određuje stepen sabijanja [4]:

$$s = \frac{V_u}{V_i} \quad (20)$$

Sa aspekta tehnologije ekstrudiranja i sa aspekta tehnologije izrade pužnog vretena, posebno je značajan slučaj pužnog vretena kod koga se korak zadržava konstantnim a dubina zavojnog kanala postepeno redukuje od ulaza ka izlazu ekstrudera. Ukoliko su zadati početna dubina kanala (h_1) i stepen sabijanja (s), onda je dubina kanala na izlazu pužnog vretena definisana sledećom relacijom:

$$h_2 = \frac{D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{s}(D - h_1)}}{2} \quad (21)$$

Dubina zavojnog kanala u ovom slučaju postaje funkcija koordinate u , pa važi:

$$h_u = h_1 - \frac{h_1 - h_2}{l} u \quad (22)$$

odakle uvođenjem (22) u (6) i rešavanjem po postupku analognom postupku korišćenom za vreteno konstantne geometrije, sledi jednačina protoka:

$$Q = \alpha_1 N - \beta_1 \frac{\Delta p}{\mu} \quad (23)$$

$$a_1 = \frac{\pi^3 (P - iw) J_1}{J_2 + P^2 J_3} F_\alpha$$

$$\beta_1 = \frac{\pi (P - iw) P}{12 l_d (J_2 + P^2 J_3)} F_\beta$$

$$J_1 = 1 - \frac{6.9D}{2(h_1 - h_2)} \log \frac{h_1}{h_2} + \frac{D^2}{2h_1 h_2}$$

$$J_2 = \frac{\pi^2}{h_1 h_2} \left(\frac{(h_1 + h_2)D}{2h_1 h_2} - 1 \right)$$

$$J_3 = \frac{2.3}{(h_1 - h_2)D^3} \log \frac{h_1(D - h_2)}{h_2(D - h_1)} + \frac{2h_1 h_2 + (h_1 + h_2)D}{2h_1^2 h_2^2 D^2}$$

3.3 Efekat pseudoplastičnog fluida

Linearna korekcija njutnovskog modela po eksponentu tečenja n pseudoviskoznog fluida za uglove zavojnice pužnog vretena u intervalu od 15 do 25° glasi [5]:

$$Q = \frac{4+n}{5} \alpha N - \frac{3}{1+2n} \beta \frac{\Delta p}{\mu} \quad (24)$$

pri čemu se koeficijent viskoznog trenja u β izračunava prema Couette-ovoj aproksimaciji srednjeg gradijenta brzine smicanja u zavojnom kanalu pužnog vretena:

$$\mu = m \left(\frac{v_{cz}}{h} \right)^{n-1} \quad (25)$$

Relativna greška aproksimacije (24) je manja od 10% za eksponent tečenja n u intervalu 0.3 do 1. Relacijom (24) povezuje se komponenta direktnog toka sa reološkim svojstvima elastomera. Opadanjem vrednosti indeksa tečenja dolazi do značajnog opadanja rezultantnog protoka. Komponenta povratnog toka je posebno osetljiva na vrednost indeksa tečenja, koja vrlo brzo raste sa njegovim smanjivanjem.

4. TEMPERATURNI FENOMENI

Viskozna disipacija i posledični rast temperature elastomera je jedan od najkritičnijih aspekata tehnologije prerade ekstruderom. Generalno, u procesu ekstrudiranja postoje dva oprečna zahteva: 1) maksimalno podvrgavanje elastomera smicajnim naponima u cilju njegove plastikacije, difuzionog mešanja i homogenizacije i 2) održavanje temperature elastomera na minimalnom nivou koji obezbeđuje potrebno plastično tečenje u alatu za oblikovanje. Intenzivni smicajni naponi viskoznom disipacijom dovode do rasta temperature, koji sa jedne strane umanjuje efikasnost procesa destrukcije makromolekula, a sa druge strane dovodi do rizika aktiviranja prerane vulkanizacije. Postizanje termodinamičkog balansa je jedan od osnovnih inženjerskih zadataka u projektovanju geometrije pužnog vretena i ekstrudera u celini. U idealnom režimu rada ekstruder se nalazi u savršenoj termodinamičkoj ravnoteži.

Viskozna disipacija u zoni doziranja određena je proizvodom smicajnih napona i brzinom smicanja elastomera. Polazeći od eksponencijalnog modela smicajnih napona (2) i aproksimativne relacije koja definiše srednju brzinu smicanja u zavojnom kanalu pužnog vretena (25), viskozna disipacija je definisana relacijom [6]:

$$q_s = \tau \frac{dv_c}{dy} = m \left(\frac{dv_c}{dy} \right)^{n+1} = m \left(\frac{\pi DN}{h} \right)^{n+1} \quad (26)$$

Relacija (26) ne uzima u obzir disipaciju u zazoru pužnog vretena, koja po svom intenzitetu može da bude vrlo značajna.

Relacija (26) ima fizički smisao specifične snage koja se dispira po jedinici zapremine zahvaćenog elastomera. Ukupna disipacija se može izračunati množenjem (26) sa zapreminom elastomera koja je zahvaćena pužnim vretenom, pa sledi:

$$U_E = q_s V = q_s \pi D h L_d = \frac{m L_d (\pi D)^{n+2} N^{n+1}}{h^n} \quad (27)$$

Disipirana energija definisana relacijom (27) dovodi do porasta temperature elastomera koji se ekstrudira. Na osnovu (27), specifične toplote elastomera, gustine elastomera i zapreminskog protoka ekstrudera, izvodi se relacija adijabatskog (bez razmene toplote sa okruženjem preko radnog cilindra i pužnog vretena) porasta temperature ekstrudiranog elastomera:

$$\Delta T_a = \frac{U}{\rho c_p Q} \quad (28)$$

Temperaturni rast predikovan relacijom (28) je jako zavisian od ukupnog gradijenta smicana kojem je izložen elastomer na svom putu od ulaza ka izlazu ekstrudera. U tom smislu relacija (28) je aproksimativna, jer je određivanje ukupnog stepena smicanja vrlo delikatan problem. Drugi aspekt koji se mora uzeti u obzir kada se vrši predikcija temperaturnog porasta povezana je sa zavisnošću viskoznosti od temperature. U prethodnim razmatranjima, eksponencijalni model viskoznosti nije definisan u funkciji temperature. Postoje različiti pristupi u uvodjenju temperature u model viskoznosti pseudoviskoznih fluida. Najčešće korišćen model ima sledeći oblik:

$$\mu = m_r e^{a(T_r - T)} \left(\frac{dv_c}{dy} \right)^{n-1} \quad (29)$$

gde je konstanta a temperaturni koeficijent elastomera, a r je indeks koji označava referentnu temperaturu i konzistenciju na referentnoj temperaturi, respektivno [6]. Uvodenjem eksponencijalnog člana u inicijalni

eksponencijalni model viskoznosti (1), modifikuje se vrednost indeksa konzistencije, koji ovim postaje funkcija temperature. Eksperimentalna istraživanja pokazuju da značajna temperaturna zavisnost postoji i kod indeksa tečenja n , što zbog eksponencijalne zavisnosti može da ima značajne konsekvence [7]. Zavisnošću (29) su u model (25) uvodi elemenat negativne povratne sprege, koji prirodno poseduje tendenciju regulisanja temperature zahvaćenog elastomera. Porastom temperature smanjuje se konzistencija elastomera, što za posledicu ima smanjenje disipirane energije, koja zatim direktno utiče na smanjenje porasta temperature. Ove zavisnosti su vrlo jako spregnute i u tom smislu, primena relacije (28) sa zanemarenom temperaturnom spregom (29) može da dovede do velike greške. Ipak, ovakva relacija poseduje izvestan praktični značaj, ukoliko se ona primenjuje u relativnom smislu kod komparativne analize pojedinih varijantnih rešenja geometrije pužnog vretena.

5. ZAKLJUČAK

U radu je izložen analitički model toka elastomera u glavnoj i poprečnoj ravni kanala pužnog vretena primenom planarnog stacionarnog modela. Dobijene aproksimativne relacije omogućavaju sistematski uvid u osnovne odnose geometrijskih veličina pužnog vretena i njihovu spregu sa elementima radnog režima ekstrudera.

Navedene relacije su izvedene za slučaj linearnog modela viskoznosti. Realna svojstva elastomera pokazuju drastično odstupanje od ovakvog modela i zato su, primenom eksponencijalne veze gradijenta brzine i viskoznosti, izvedeni korektivni faktori koji uzimaju u obzir ovakva fizička svojstva elastomera.

Na osnovu postavljenih modela toka razmatrani su i određeni aspekti viskozne disipacije primenom temperaturno nezavisnog modela viskoznosti. U cilju sagledavanja ukupnih termodinamičkih efekata elastomera na proces ekstruzije, uveden je prošireni model viskoznosti koji u sebi sadrži član koji uzima u obzir i temperaturu i tako modifikuje koeficijent konzistencije. Implementacija ovog modela u postavljene parcijalne modele protoka i temperaturne disipacije, i uvođenje efekata prenosa generisane toplote na radni cilindar i pužno vreteno (sistem termoregulacije primenom rashladnog fluida) zahteva dalja istraživanja. Izgradnja jednog kompletnog modela koji uključuje sve navedene elemente složenog mehanizma generisanja i održavanja temperature elastomera zahvaćenog pužnim vretenom ima veliku praktičnu vrednost, jer omogućava da se pored aspekata plastikacije i generisanja pritiska na izlazu ekstrudera, kod projektovanja geometrije pužnog vretena uzme u obzir i temperatura, koja zbog termičke osetljivosti elastomera ima veliki praktični značaj.

6. LITERATURA

- [1] B.I. Andrashnikov, L.M. Antonov, D.M. Barskov i grupa autora, *Mashini i aparati rezinog proizvodstva*, Himia, Moskva, 1975.
- [2] N. G. Begin i N.P. Shanin, *Oborudovanie zavodov rezinovij promishlenosti*, Himia, Moskva, 1978.
- [3] G.Ja. Vlasov, Ju.F. Shutulin i grupa autora, *Osnovi tehnologii shinog proizvodstva*, Voronez. gos. tehnol. akad., Voronjez, 2004.
- [4] D. D. Rjabinin, Ju.E. Lukach, *Chervjacnie mashini dlja pererabotki plasticheskikh mass i rezinovih smesej*, Mashinostroenie, Moskva, 1965.
- [5] C. Rauwendaal, *Polymer Extrusion*, Carl Hanser Verlag, Munich, 2001.
- [6] C. Rauwendaal, 2000, Estimating Fully Developed Melt Temperature in Extrusion, ANTEC 2000, Orlando, Florida, Vol I, pp: 307-311.

OPTIMAL SCREW DESIGN FOR ELASTOMER EXTRUSION

Part I: Melt Flow Modeling

Abstract

This paper presents an optimization procedure of hot feed extruder screw based on dynamic model of two-dimensional elastomer flow through screw helix channel. The paper consists of two parts: Part I – Melt flow modeling, and Part II – Case study of 250 mm hot feed rubber extruder.

Starting from basic dynamic equations and introducing a set of approximations, partial models of elastomer melt flow in both down channel and cross channel plane are derived. By integration of melt flow equations over the cross-section area of the extruder channel flow rate and pressure generating functions are defined. The effect of pseudo-plastic behavior of the elastomer is analyzed and corrective factors were added to the derived flow rate equations.



P.B. Petrović, Ž. Jakovljević¹

OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA EKSTRUDERA ZA ISTISKIVANJE ELASTOMERA - DEO II: Primer optimizacije pužnog vretena ekstrudera D250

Rezime

U okviru ovog rada izložen je postupak optimizacije geometrije pužnog vretena toplo hranjenih ekstrudera za istiskivanje elastomera na bazi dinamičkog modela toka elastomera kroz zavojne kanale pužnog vretena. U prvom delu ovog saopštenja, izložen je postupak dinamičkog modeliranja toka elastomera. U drugom delu je izložen postupak optimizacije konkretnog pužnog vretena na bazi postavljenog dinamičkog modela.

Verifikacija dinamičkih modela postavljenih u okviru prvog dela ovog saopštenja, sprovedena je na jednovretenom toplo hranjenom ekstruderu engleskog proizvođača Francis Shaw, nominalnog prečnika vretena D250. Razvijeni analitički modeli iskorišćeni su za modifikaciju geometrije postojećeg vretena u cilju rešavanja problema prevelike temperaturne disipacije i konsekvantno, nedozvoljenog pregrevanja elastomera u zahvatu pužnog vretena.

1. UVOD

Razvijeni dinamički modeli toka elastomera u zavojnim kanalima pužnog vretena iskorišćeni su rešavanje problema prevelike temperaturne disipacije jednog konkretnog ekstrudera. U pitanju je jednovreteni toplo hranjeni ekstruder poznatog svetskog proizvođača Francis Shaw, koji radi na liniji za proizvodnju protektora u okviru Fabrike industrijske i teretne pneumatike Traylor korporacije iz Kruševca. Rešavanje ovog problema sprovodi se u sklopu projekta TR-6362A² gde se jedna od istraživačko-razvojnih aktivnosti odnosi na modernizaciju postojeće linije protektora i njeno dovođenje na nivo savremenih linija, koje su potpuno automatizovane i na kojima postoje sistemi za kontinualno praćenje kvaliteta ukupnog procesa i proizvoda.

Problem prevelike temperaturne disipacije postoji od samog početka, kada je davne 1984. godine ova liniju puštena u rad. Rešenje ovog problema traženo je u modifikaciji reoloških svojstava smeše elastomera iz koje se izrađuje protektor. Svi pokušaji su ostali bez očekivanih efekata. Temperatura ekstrudiranog elastomera je uvek bila izvan dozvoljenih granica. Vremenom, sa degradacijom geometrije pužnog vretena i radnog cilindra, situacija je postajala sve gora, tako da je krajem 2005. godine, tokom redovnog zastoja proizvodnih kapaciteta fabrike u cilju sprovođenja planskih aktivnosti održavanja, izvršena identifikacija stanja ekstrudera, koja je obuhvatila i detaljnu demontažu kompletnog ekstrudera. Ova delikatna operacija je uspešno realizovana i tom prilikom je izvršeno snimanje složene geometrije profila zavojnog kanala primenom tehnike reverznog inženjerstva. Za te potrebe korišćen je 3d skener antropomorfne konfiguracije, sa rezolucijom 0.3 mm u celom radnom prostoru. Pored toga, izvršena su odgovarajuća metalurška ispitivanja u cilju utvrđivanja stanja materijala pužnog vretena i eventualnog otkrivanja oštećenja koja mogu da dovedu do katastrofičnih otkaza (ekstruder je pogonjen DC motorom snage 150 kW). Na slici 1 prikazan je ekstruder u demontiranom stanju (a i b), detalji oštećenja radnih površina pužnog vretena i radnog cilindra, kao i postupak snimanja geometrije pužnog vretena 3d skenerom (g i h). 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 smeša elastomera (plastične deformacije (c) i krti lom (d)). Takođe, u korenoj zoni kanala, uočljivi su tragovi pitting erozije (f), koja je nastala u

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: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu

² 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 Traylor korporacije na međunarodnom tržištu, koji finansijski podržava Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

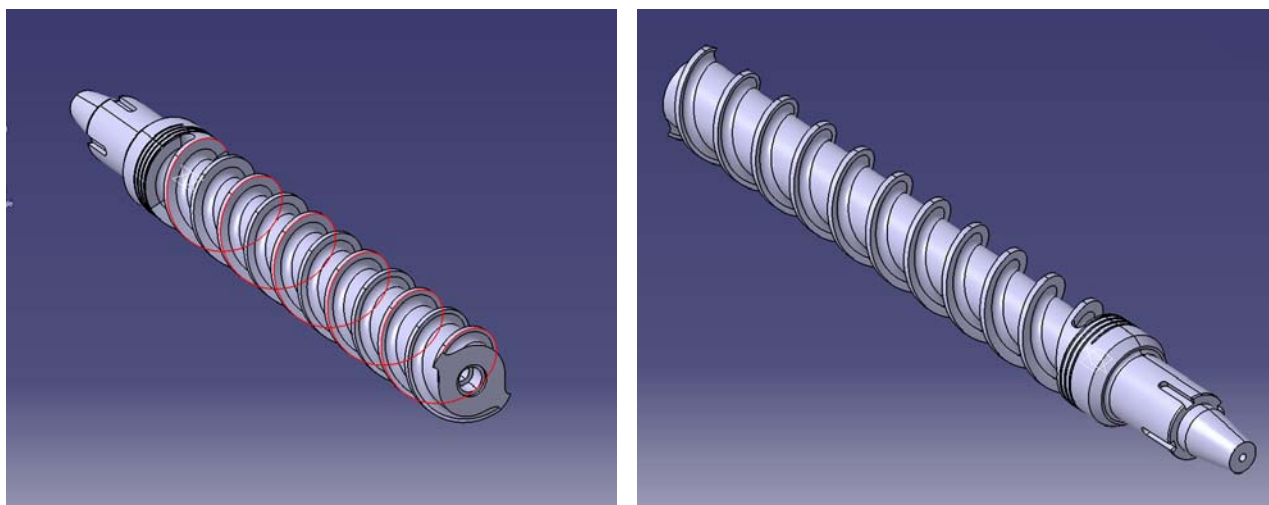
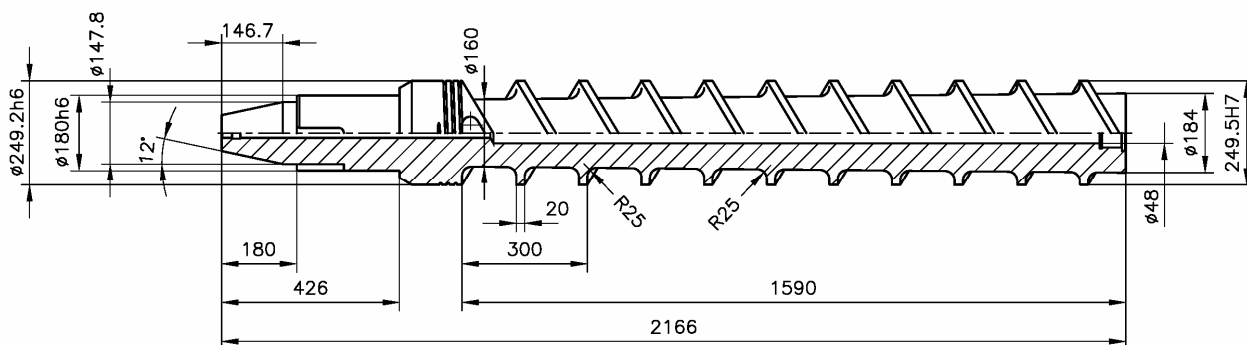
kombinaciji dejstva visokog pritiska i abrazivnih aditiva (čad i slično), koji se normalno dodaju smesi za izradu protektora.



Slika 1: Identifikacija stanja ekstrudera Francis Shaw D250 [1].

Posle izvršene identifikacije stanja pužnog vretena izvedene su određene korektivne intervencije u cilju otklanjanja drastičnih oštećenja koja otežavaju tok tečnog elastomera u toku procesa njegove ekstruzije. Osnovne geometrijske karakteristike pužnog vretena prikazane su na slici 2 tabelarno i uprošćenom radioničkom crtežu, gde se može uočiti da je u pitanju pužno vreteno konstantnog koraka i progresivno opadajuće dubine. Step en sabijanja ovog vretena je $s = 1.28$, što je tipična vrednost za ovu klasu pužnih

vretena prečnika $D = 250$ mm. Nasuprot tome, dužina vretena je $6.36D$, što je značajno van uobičajenih proporcija - 3 do $5D$.



Geometrijski parametar	Oznaka	Interval	Relativna vrednost u odnosu na D
Ukupna dužina zavojnice	L	1590 mm	$6.36 D$
Dužina zone hranjenja	Lh	360 mm	$1.2 D$
Korak	P	300 mm	$1.2 D$
Broj hodova zavojnice	i	2	
Širina rebra zavojnice	w	20mm	$0.08 D$
Dubina zavojnog kanala	hl	44mm	$0.176 D$
Zazor pužnog vretena	δ	0.35mm	$0.0014 D$
Stepen sabijanja	s	1.28	

Slika 2: Osnovni elementi identifikovane geometrije pužnog vretena ekstrudera Francis Shaw D250 i generisan 3d model [2].

Zbog intenzivnog habanja vrhova zavojnih rebara i radnog cilindra, došlo je do povećanja zazora pužnog vretena. Najveća promena registrovana je na izlazu ekstrudera gde je izmeren zazor od 3 mm što je daleko van dozvoljenih granica i pored smanjivanja produktivnosti ekstrudera, utiče preko povećanog povratnog toka na dodatnu disipaciju i zagrevanje smeše elastomera. Ovakvo vreteno i radni cilindar se normalno repariraju, ili se izrađuju novi. Donošenje odluke u ovom slučaju je povezano sa prekomernim zagrevanjem gumene smese i rešavanjem tog problema. Zadržavanje postojeće geometrije nije racionalno rešenje, jer se time samo smanjuje a ne rešava postojeći problem. Iz tih razloga je donešena odluka da se izvrši reinženjering ekstrudera i da se razvije pužno vreteno nove geometrije, prilagođeno konkretnim uslovima primene na liniji za izradu protektora.

2. MODIFIKACIJA POSTOJEĆE GEOMETRIJE PUŽNOG VRETENA

Na osnovu razvijenog modela u prvom delu ovog saopštenja, uočava zavisnost između količine generisane toplotne energije i nekih geometrijskih parametara pužnog vretena. Karakteristična je sledeća relacija:

$$U_E = q_s V = q_s \pi D h L_d = \frac{m L_d (\pi D)^{n+2} N^{n+1}}{h^n} \quad (1)$$

na osnovu koje se može izvesti zaključak da su količina disipirane energije, a na osnovu toga i generisane temperature, fenomeni direktno proporcionalni dužini vretena i obrnuto proporcionalni dubini vretena sa eksponentom n (reološki parametar). Eksponent n je uvek manji od jedinice, najčešće manji od 0.5. Odavde se mogu izvesti osnovna aproksimativna pravila za redukciju disipirane energije koja glase:

Disipirana energija je:

$$\begin{aligned} & \text{direktno proporcionalna dužini vretena } l_d \text{ (Pravilo 1)} \\ & \text{obrnuto proporcionalna kvadratu dubine zavojnog kanala (Pravilo 2)} \end{aligned} \quad (2)$$

Direktna primena navedenih pravila bi dovela do rešavanja problema pregrevanja, ali se otvara pitanje ostalih radnih performansi pužnog vretena koje su povezane sa procesima homogenizacije i disperzije smeše, plastikacije i samog procesa istiskivanja. Modifikaciju zato treba razmatrati sa aspekta protoka, pritiska, ukupnog stepena smicanja i mehaničke nosivosti.

2.1 Modifikacija sa aspekta protoka

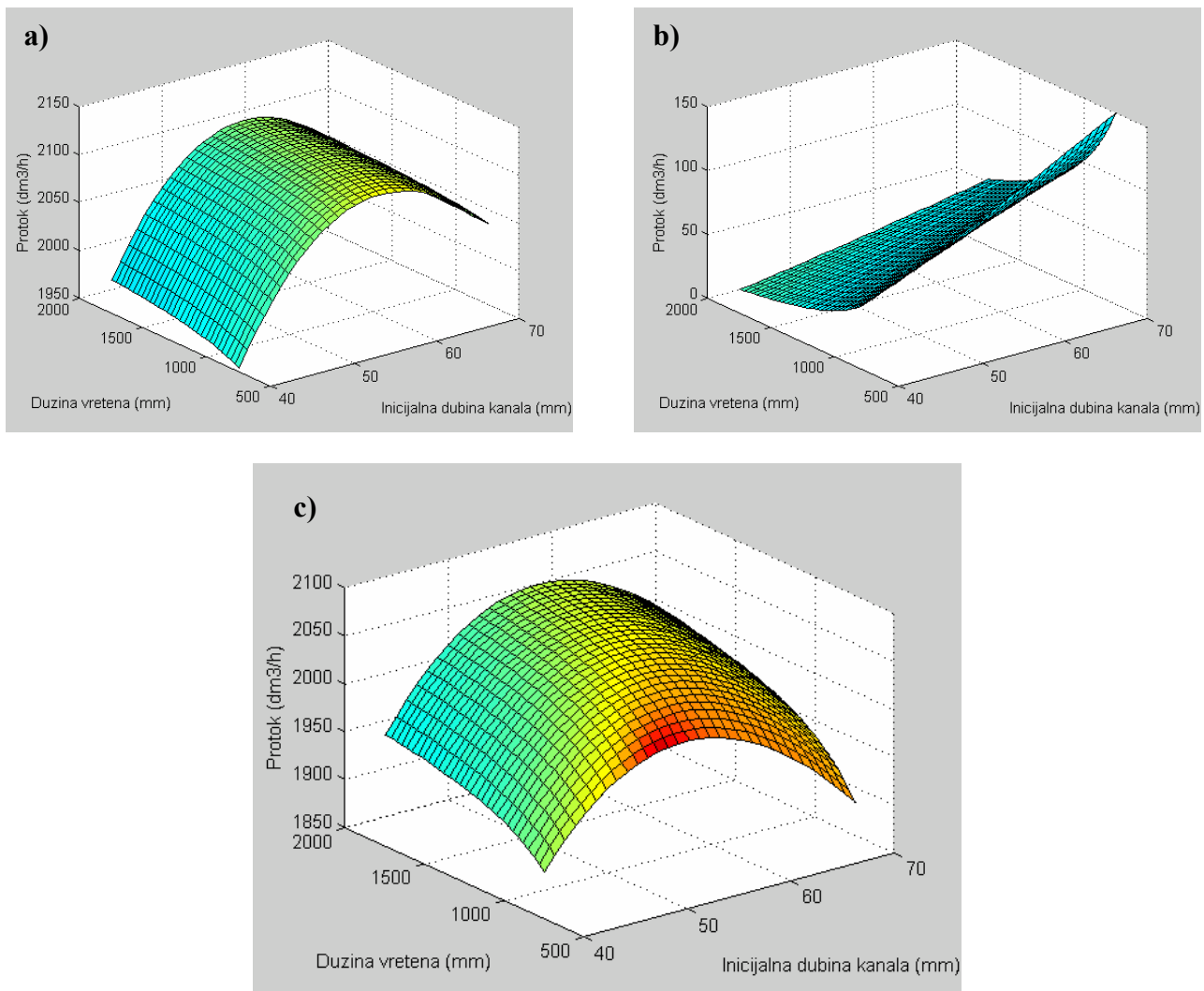
Kao polazna osnova za optimizaciju protoka može se iskoristiti jednačina protoka vretena sa konstantnom geometrijom, relacija (8) u [3], koja zbog svoje jednostavnosti omogućava lako sagledavanje uticaja dužine zone doziranja, dubine i koraka. Komponenta direktnog toka je direktno proporcionalna širini i dubini kanala. Komponenta povratnog toka je direktno proporcionalna širini kanala i direktno proporcionalna trećem stepenu dubine.

Racionalan pristup je da se protok zadrži konstantnim, što znači da povećanje dubine kanala mora da prati smanjenje njegove širine. Analiza jednačine protoka vretena sa konstantnim korakom i progresivno opadajućom dubinom je vrlo složena u analitičkom obliku zbog njene matematičke kompleksnosti (dobar primer netraktabilnog modela). Ovaj problem se može rešiti na dva načina. Prvi način je da se postojeća matematička formulacija (relacije (23), (24) i (25) u okviru [3]) aproksimiraju nekom matematički jednostavnijom formulacijom, sa željenom tačnošću, a onda da se za takvu formulaciju pronađu željeni ekstremumi. Drugi pristup je da se izvrši vizuelizacija ovog modela za poznate parametre zavojnog vretena koje se optimizira, uz variranje parametara koji nose dominantne efekte u nekom apriori definisanom domenu. U okviru ovog rada izabran je drugi pristup: korak vretena je redukovano na 250 mm, širina rebra je smanjena na 12 mm i zadržan je stepen sabijanja originalnog vretena; varirani su dubina (h) i dužina vretena (L) za konstantnu vrednost zone hranjenja (l_h). Grafik koji definiše protok pod ovim uslovima prikazan je na slici 3.

Na osnovu grafika navedenih na slici 3 može se konstatovati da dužina pužnog vretena nema dominantan uticaj na protok. Ovo generalno nije slučaj, ali zbog izuzetno velike viskoznosti elastomera, komponenta povratnog toka izazvana dejstvom pritiska u glavi ekstrudera je vrlo mala, pa je samim tim i pad protoka koji se javlja sa smanjenjem dužine vretena mali. Sva izračunavanja su izvedena za pretpostavku pritiska u glavi ekstrudera $\Delta p = 30 \text{ bar}$ i broj obrtaja pužnog vretena $N = 30 \text{ min}^{-1}$.

Nasuprot dužini vretena, dubina kanala ima veliki uticaj na protok. U početku, sa povećanjem dubine, ukupni protok naglo raste i svoj maksimum dostiže na inicijalnoj dubini zavojnog kanala od $h_1 = 55 \text{ mm}$. Zatim dolazi do monotonog opadanja protoka. Ovakvo svojstvo je dominantno uslovljeno direktnom komponentom toka. Komponenta povratnog toka pokazuje sasvim drugačije ponašanje (slika 3b), ali je ono u ovom slučaju potisnuto uticajem velike viskoznosti smeše elastomera za izradu protektora i ne odražava se značajno na ukupni protok. Ipak, ovde treba biti obazriv, jer razvojem temperature, dolazi do naglog pada viskoznosti, što može da značajno izmeni režim rada ekstrudera.

Merenjem je utvrđeno da je kod izrade protektora najvećeg poprečnog preseka koji u proizvodnom programu kompanije Traylor iznosi 1.18 dm^2 brzina istiskivanja 2.5 m/min pri broju obrtaja pužnog vretena $N = 25 \text{ min}^{-1}$, što daje zapreminski protok od $Q_m = 1770 \text{ dm}^3/\text{h}$. Na osnovu sprovedenog proračuna za postojeće pužno vreteno izračunat je protok od $Q_{pp} = 2273 \text{ dm}^3/\text{h}$, što se može smatrati sasvim kvalitetnom predikcijom, pa se na osnovu toga grafik 3c može smatrati dobrom opštom procenom uticaja dužine vretena i dubine kanala na ukupni protok ekstrudera.



Slika 3: Uticaj dužine zavojnog vretena i dubine zavojnog kanala na ukupni protok za smešu elastomera za izradu protektora sa reološkim parametrima: $m = 2.8e6\text{Pas}$ i $n = 0.24$ na $T = 90^\circ\text{C}$ [4]. Grafik a) prikazuje komponentu direktnog toka, grafik b) komponentu povratnog toka, a grafik c) sumarni protok sa uračunatim povratnim tokom kroz zazor pužnog vretena.

2.2 Modifikacija sa aspekta pritiska

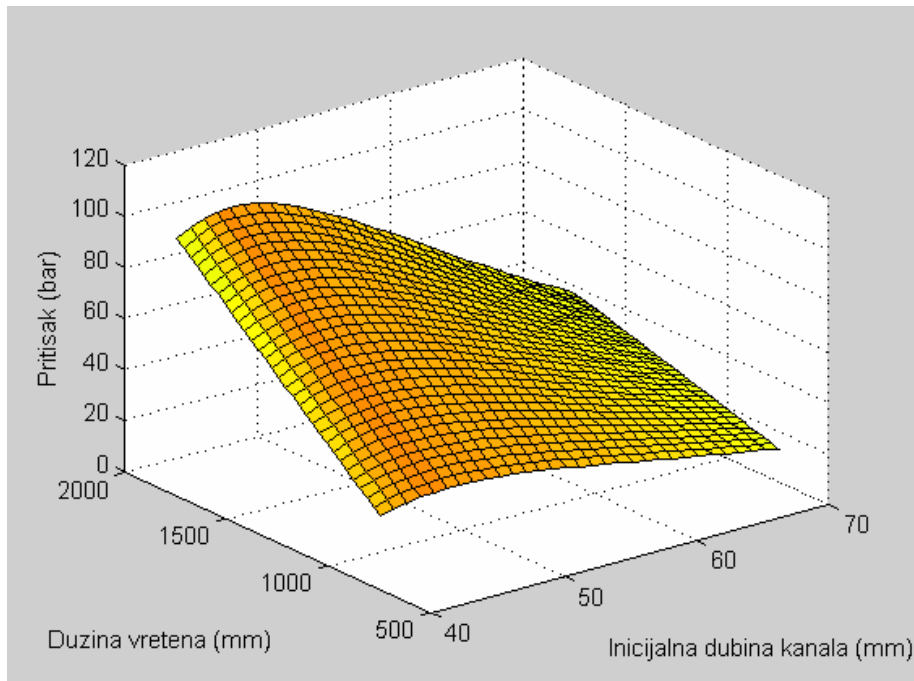
U glavi ekstrudera vrši se oblikovanje smeše elastomera u željeni prostorni oblik. U slučaju izrade protektora, kružni oblik poprečnog preseka na ulazu glave se transformiše u obliku ribljeg repa, gde se povećava širina a smanjuje visina i to tako da se na izlazu dobije trakasti otvor, male visine i širine koja iznosi oko 3.5 do 4 D . Ova transformacija oblika uz dodatni uticaj profilnih letvi koje na izlazu glave fino modifikuju profil poprečnog preseka i tako ga dovode na željeni oblik, dovodi do pojave velikih otpora, što za posledicu ima generisanje velikog pritiska u masi elastomera. Kod ekstrudera sa pužnim vretenom 250mm ovaj pritisak iznosi i do 90 bar, a za slučaj zatvorenog izlaza, njegova vrednost dostiže 300 do 400 bara. Sposobnost generisanja pritiska je osnovno svojstvo zone doziranja, pa se ona često iz tog razloga u anglosaksonskom žargonu naziva i zona pumpanja. Procena uticaja geometrije pužnog vretena na generisani pritisak u glavi ekstrudera je zato vrlo bitna, jer ona značajno utiče na radne performanse ekstrudera u celini.

Procena sposobnosti generisanja pritiska se može sprovesti na osnovu relacija (23), (24) i (25), navedenih u okviru [3], ali se one moraju transformisati u novi oblik, gde je protok poznata veličina, Q_o , a nepoznata veličina postaje pad pritiska Δp . Ova relacija glasi:

$$\Delta p = \frac{\mu(Q_o - \alpha_1 N)}{\beta_1} \quad (3)$$

Sprovođeci postupak ekvivalentan postupku koji je sproveden kod analize protoka, na slici 4 je prikazan grafik zavisnosti generisanog pritiska u glavi ekstrudera u funkciji dužine vretena i dubine kanala za uslov zadatog protoka $Q_o = 1800 \text{ dm}^3/\text{h}$. Na ovom grafiku se jasno vidi da sposobnost generisanja pritiska opada

sa smanjenjem dužine i porastom dubine. Ova promena nije monotona, već ona poseduje svoje lokalne ekstremume. Vrlo je interesantno da se maksimalni pritisak generiše za inicijalnu dubinu zavojnog kanala od približno 45 mm, što je vrlo blisko dubini kanala postojećeg pužnog vretena koja iznosi 44 mm. Konstruktor ovog pužnog vretena je najverovatnije optimizirao ekstruder za istiskivanje profila malih poprečnih preseka, koji zahtevaju velike radne pritiske. Takođe, najverovatnije je postojeća geometrija optimizirana za smese elastomera sa malom vrednošću viskoznosti, pa odatle dolazi velika dužina radnog vretena, značajno veća od uobičajenih proporcija za ovu klasu ekstrudera.



Slika 4: Uticaj dužine zavojnog vretena i dubine zavojnog kanala na sposobnost generisanja pritiska u glavi ekstrudera za zadati protok od $Q_0 = 1800 \text{ dm}^3/\text{h}$.

2.3 Modifikacija sa aspekta ukupnog stepena smicanja

Smicajni naponi koji nastaju u elastomeru tokom njegovog prolaska kroz zavojni kanal pužnog vretena su od posebnog značaja za proces homogenizacije, disperzionog mešanja i plastikacije. Kada smeša elastomera dođe u glavu za brizganje, ona mora da bude potpuno homogena i dovoljno plastikovana da dozvoli precizno oblikovanje profilnim letvama na izlazu glave ekstrudera.

Ukupni stepen smicanja podrazumeva sumarnu srednju vrednost smicajnih napona koji su delovali na ukupnoj trajektoriji elastomera kroz zavojno vreteno. Zbog složene trajektorije kretanja, njihovo precizno određivanje je praktično nemoguće, ali se mogu izvesti aproksimativne relacije koje daju kvantitativni uvid u stepen izloženosti elastomera smicajnim naponima. Ta relacija se može izvesti iz Couette-ove aproksimacije srednjeg gradijenta brzine [3] i ukupne dužine zavojnog kanala u zoni doziranja i plastikacije, pa sledi:

$$ss = m \left(\frac{v_{cz}}{h} \right)^{n-1} \frac{l_d}{\cos \varphi} \quad (4)$$

Relacija (4) pokazuje da je stepen smicanja proporcionalan dužini zone doziranja vretena, da je obrnuto proporcionalan koraku vretena (preko kosinusa ugla zavojnice) i da je približno obrnuto proporcionalan kvadratu dubine kanala. Dakle, smanjivanjem dužine i povećanjem dubine i koraka, smanjuje se ukupni stepen smicanja kome je izložen elastomer tokom procesa ekstruzije. Ipak, ovaj kriterijum se kod toplo hranjenih ekstrudera ne treba smatrati dominantnim, jer se prethodnom preradom na setu dvovaljaka, postižu potrebni efekti mehaničke destrukcije makromolekula elastomera.

2.4 Modifikacija sa aspekta nosivosti

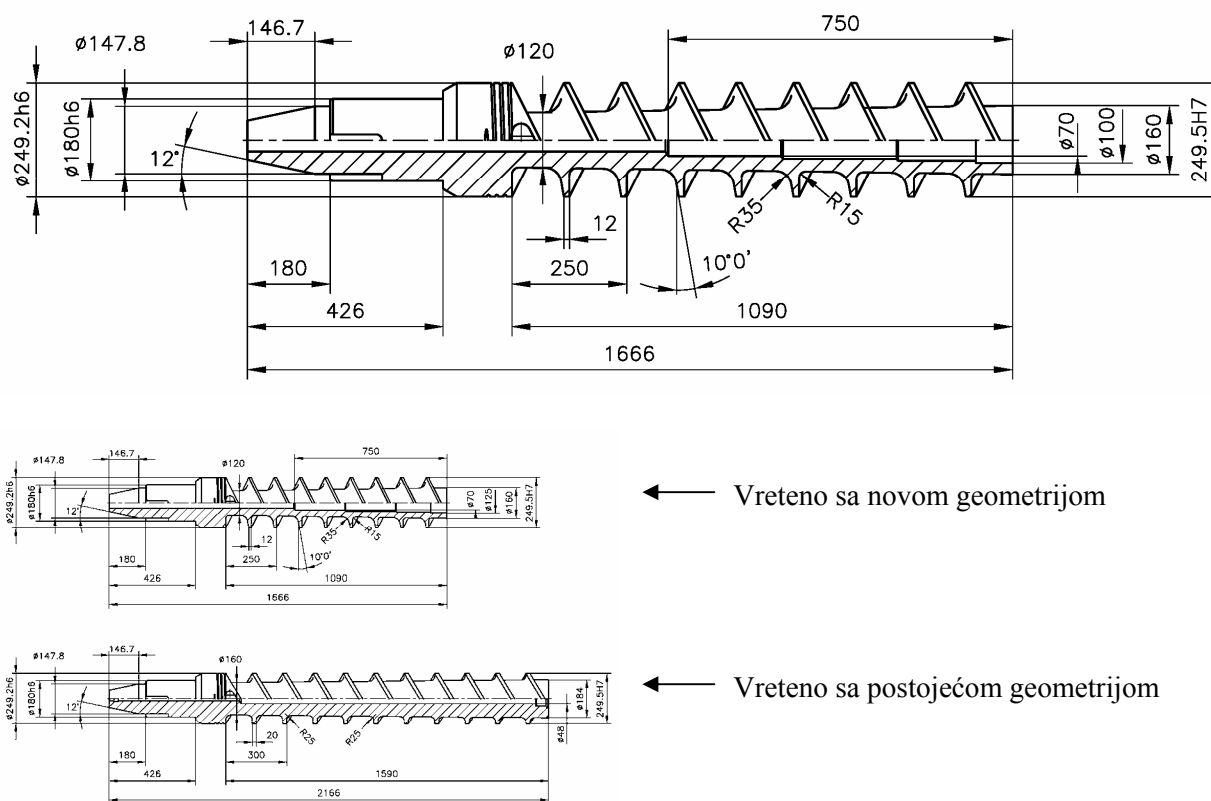
Proračun čvrstoće pužnog vretena se sprovodi za kritičan presek na uvijanje koji se nalazi na samom početku zone hranjenja. Ovaj presek je dominantno određen početnom dubinom kanala h_1 i unutrašnjim otvorom za dovod tečnosti za hlađenje. Ovaj proračun se ne navodi u okviru ovog rada, jer se smatra da su tehnike proračuna prstenastih preseka na uvijanje rutinski problem. Značajno je obratiti pažnju na to da prevelika

dubina pužnog kanala u zoni hranjenja može da bude kritična zbog nelinearnosti polarnih momenata inercije po spoljašnjem prečniku prstena.

3. NOVA GEOMETRIJA PUŽNOG VRETENA

Uzimajući sve prethodno navedene aspekte optimizacije parcijalnih uticaja geometrije pužnog vretena na njegove funkcionalne performanse i mehanički integritet, predložena je nova geometrija pužnog vretena koja će postojeće pozitivne performanse zadržati uz minimalnu degradaciju i istovremeno obezbediti novi temperaturni nivo termičkog balansa u zoni optimalne tehnologije prerade elastomera.

Rešenje novog pužnog vretena je prikazano na slici 5. Novo pužno vreteno je značajno kraće, kanal je izveden sa značajno većom dubinom, korak je sa 300 mm redukovan na 250 mm, širina rebara zavojnice je na vrhu redukovana sa 20 na 12 mm, a 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.



Geometrijski parametar	Oznaka	Interval	Relativna vrednost u odnosu na D
Ukupna dužina zavojnice	L	1090 mm	$4.36 D$
Dužina zone hranjenja	Lh	360 mm	$1.2 D$
Korak	P	250 mm	$1.0 D$
Broj hodova zavojnice	i	2	
Širina rebara zavojnice	w	12 mm	$0.048 D$
Dubina zavojnog kanala	hl	65 mm	$0.26 D$
Zazor pužnog vretena	δ	0.25mm	$0.001 D$
Stepen sabijanja	s	1.28	

Slika 5: Osnovni elementi modifikovane geometrije pužnog vretena ekstrudera Francis Shaw D250 sa aspekta minimizacije temperaturne disipacije uz održavanje funkcionalnih parametara originalnog vretena proizvođača (gore: radionički crtež vretena, sredina: uporedni prikaz nove postojeće geometrije, dole: tabelarni pregled parametara novog vretena).

Prema proračunu ukupni protok sa vretenom prikazanim na slici 5 je nešto manji od onog koji generiše vreteno originalne geometrije i iznosi $Q = 2030 \text{ dm}^3/\text{h}$.

Efekte na redukciji disipacije koji su postignuti modifikacijom geometrije vretena mogu se u relativnom smislu proceniti na osnovu relacije koja definiše ukupnu disipiranu energiju (relacija (27) u okviru [3]), odakle se izvodi:

$$RU = \frac{L_{dp}}{L_{dn}} \left(\frac{h_{1n}}{h_{1p}} \right)^n * 100\% = 0.5935 * 0.6769^n * 100\% \quad (5)$$

gde indeksi p i n označavaju postojeće i novo vreteno respektivno. Na osnovu (5) može se zaključiti da je relativna redukcija ukupno disipirane energije pored geometrijskih parametara pužnih vretena zavisna i od reoloških svojstava smeše elastomera, odnosno od indeksa tečenja u eksponencijalnom modelu viskoznosti. Za indeks tečenja u intervalu $n = (0.2 \text{ do } 0.5)$ na osnovu (5) sledi da se sa novim vretenom može očekivati temperaturna disipacija od 49 do 55% vrednosti disipacije postojećeg vretena. Ovakav stepen redukcije disipacije se realno mora smatrati delotvornim za rešavanje postojećeg problema. Interesantno je da se zbog reoloških svojstava elastomera dominantni efekat redukcije disipacije ostvaruje kroz redukciju dužine pužnog vretena (u ovom konkretnom slučaju to je preko 40%). Doprinos dubine kanala je znatno manji, suprotno onome što bi se moglo očekivati na osnovu smanjenja gradijenta smicajnih napona.

Pored izmena pužnog vretena sprovedene su odgovarajuće izmene radnog cilindra i agregata za termoregulaciju, ali se detalji ovih intervencija ne navode u ovom saopštenju zato što izlaze izvan osnovnog tematskog konteksta rada.

4. ZAKLJUČAK

U radu je izložena praktična verifikacija i implementacija razvijenog dinamičkog modela procesa ekstrudiranja elastomera na primeru jednovretenog toplo hranjenog ekstrudera nominalnog prečnika vretena 250 mm, engleskog proizvođača Francis Shaw, koji je instaliran na liniji za izradu protektora u okviru Fabrike teretnih i industrijskih pneumatika Traylor korporacije iz Kruševca. Problem previsoke temperature i nemogućnosti njenog regulisanja promenom parametara režima rada ekstrudera sistematski je rešen reinženjeringom postojećeg vretena, uz fokusiranje na temperaturne aspekte procesa ekstruzije. Istovremeno je posebna pažnja poklonjena održavanju postojećih vrednosti ostalih funkcionalnih parametara (produktivnost i pritisak u glavi ekstrudera) uz oprez od mogućeg mehaničkog preopterećenja i loma vretena.

5. LITERATURA

- [1] Identifikacija stanja ekstrudera Francis Shaw D250, Interni izveštaj projekta TR-6362A, Mašinski fakultet u Beogradu, 2005.
- [2] Modernizacija ekstrudera Francis Shaw D250 – Preliminarno rešenje geometrije vretena sa redukovanom temperaturnom disipacijom, Interni izveštaj projekta TR-6362A, Mašinski fakultet u Beogradu, 2005.
- [3] P.B. Petrović, Ž. Jakovljević, Optimizacija geometrije ekstrudera za istiskivanje elastomera - Deo I: Analitički model, 32. JUPITER konferencija, Zlatibor, 2006.
- [4] K. Miles, L. Dock, P. Poole, Rheology of Uncured Rubber for Material characterization and Flow Simulation, Internal report, ERC Program of National Science Foundation – EEC 9731680, Clemson University and Benedict College, 2005.

OPTIMAL SCREW DESIGN FOR ELASTOMER EXTRUSION

Part II: Case Study of 250mm Hot Feed Rubber Extruder

Abstract

This paper presents an optimization procedure of hot feed extruder screw based on dynamic model of two-dimensional elastomer flow through screw helix channel. The paper consists of two parts: Part I – Melt flow modeling, and Part II – Case study of 250 mm hot fed rubber extruder.

The developed dynamical model, which is presented in Part I was evaluated using hot fed 250 mm single screw rubber extruder produced by Francis Shaw Company. The geometry of this extruder was not optimally matched to the extruded material properties (tread manufacturing line). Therefore total dissipation is very high and consequently the generated temperature is at unacceptable level, close to the curing temperature. The solution for the problem at hand was to redesign the screw geometry, which was done applying procedure based on developed melt flow dynamical model. This paper presents some of the most important steps of this procedure.

Ž. Jakovljević, P. B. Petrović¹

PREPOZNAVANJE PREKIDA U PROCESU STRUGANJA PRIMENOM LINEARNOG KLASIFIKATORA

Rezime

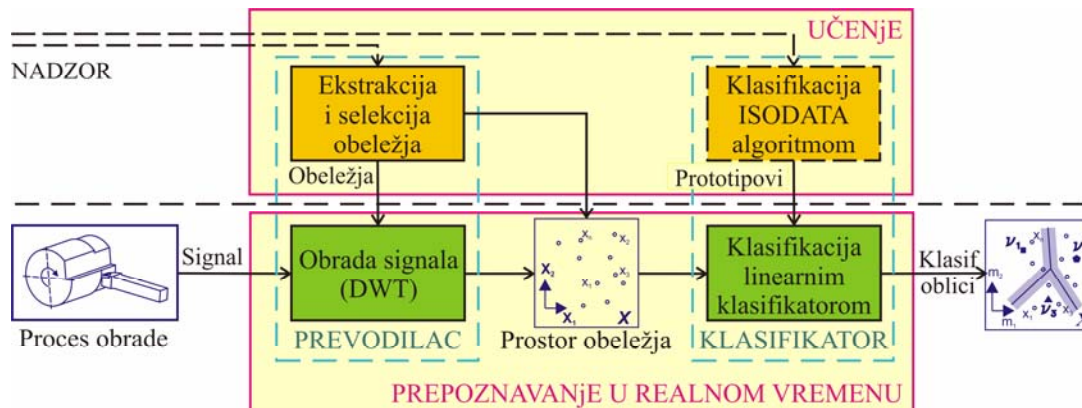
Klasa pojava koje se manifestuju kao nagli prekid u procesu rezanja (kao što su različiti tipovi loma alata, defekti u materijalu obratka i sl.) mogu dovesti do neželjenih posledica u procesu obrade. Stoga je prepoznavanje ovakvih pojava izuzetno značajno sa aspekta upravljanja obradnim sistemom. U ovom radu se izlaže koncept mašine za prepoznavanje prekida u procesu rezanja. Predložena mašina za prepoznavanje oblika je zasnovana na linearnom klasifikatoru. Proces obučavanja linearnog klasifikatora izvršen je na osnovu rezultata klasterovanja dobijenih ISODATA algoritmom. Za ekstrakciju obeležja relevantnih za klasifikaciju upotrebljena je diskretna vejljet transformacija. Predložena metodologija je eksperimentalno verifikovana.

1. UVOD

Proces rezanja je izrazito dinamičan proces koji se sastoji od različitih pojava kao što su sam proces stvaranja strugotine, dinamički odzivi elemenata mašinskog sistema (mašine, alata, obratka), habanje alata, stvaranje i nestajanje naslage i drugi procesi u samoj zoni rezanja, ali i van nje. Posebnu klasu pojava koje mogu dovesti do različitih nepovoljnih posledica u toku procesa obrade predstavljaju nagle promene koje se odigravaju u kratkim vremenskim intervalima. U njih spadaju različite vrste loma alata, oštećenja obratka kao i druge slične pojave. Prepoznavanje ovakvih pojava sa ciljem upravljanja obradnim sistemom i procesom obrade je od izuzetnog značaja. U ovom radu se daje koncept mašine za prepoznavanje prekida u procesu rezanja koji je eksperimentalno verifikovan na primeru prekidnog struganja

2. KONCEPT MAŠINE ZA PREPOZNAVANJE

Prepoznavanje oblika podrazumeva svrstavanje fizičkih objekata u određene klase na osnovu njihovih obeležja. Obeležja (kvantitativna i kvalitativna) se formiraju merenjem određenih parametara fizičkih objekata. Na taj način se ustvari vrši preslikavanje fizičkih objekata iz fizičkog u apstraktni matematički domen, tj svaki fizički objekat q se predstavlja vektorom obeležja $[x_1(q), \dots, x_p(q)]$ koji se naziva oblik [5]. Svaki oblik (vektor obeležja) predstavlja tačku u višedimenzionom prostoru obeležja. Pri tom se oblici koji su sličniji nalaze na manjem međusobnom rastojanju u odnosu na one oblike koji su međusobno različiti. To znači da se klasifikacija objekata koja sledi nakon prevođenja može vršiti na osnovu distance između oblika (tačaka u prostoru obeležja) koji ih predstavljaju.



Slika 1. Koncept mašine za prepoznavanje oblika

¹ Mr Živana Jakovljević, dipl.ing.maš. Mašinski fakultet u Beogradu, e-mail: zjakovljevic@mas.bg.ac.yu
Prof. dr Petar B. Petrović, dipl.ing.maš. Mašinski fakultet u Beogradu, e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu

Koncept mašine za prepoznavanje oblika koja se predlaže u ovom radu prikazan je na slici 1. Pored podele na modul za prevođenje iz fizičkog u apstraktni matematički domen i modul za klasifikaciju, mašina je i vertikalno podeljena na dva modula - modul za učenje i modul za prepoznavanje u realnom vremenu na osnovu znanja stečenog pomoću modula za učenje.

Učenje je izuzetno značajan element, vrši se pod nadzorom i sastoji se od dva modula – modula za ekstrakciju i selekciju obeležja i modula za klasterovanje. Modul za ekstrakciju i selekciju obeležja definiše rad prevodioca iz fizičkog domena u prostor obeležja. Ekstrakcija obeležja predstavlja određivanje obeležja (merenih veličina i njihovih derivata) koje će na što je moguće bolji način okarakterisati objekat koji je potrebno prepoznati. Ne postoje uopštena pravila za ekstrakciju obeležja, a koja će obeležja biti ekstrahovana zavisi od klasifikacije koja sledi. Često se može ekstrahovati izuzetno veliki broj obeležja relevantnih za klasifikaciju koja sledi, a mnoga od njih su međusobno korelisana. Veliki broj obeležja vodi ka velikoj dimenziji prostora obeležja, a dalje i ka komplikovanim algoritmima za klasifikaciju. Zato je neophodno iz skupa svih relevantnih ekstrahovanih obeležja izvršiti selekciju najmanjeg broja onih koja su istovremeno i relevantna i diskriminativna i koja će voditi ka brzjoj, ali istovremeno i kvalitetnoj klasifikaciji.

Nakon prevođenja sledi klasifikacija. Klasifikacijom se oblici dobijeni procesom prevođenja na osnovu međusobne sličnosti svrstavaju u određena grupe – klase. Pošto svaki oblik predstavlja tačku u hiperprostoru osobenosti za meru sličnosti pojedinih oblika može se uzeti njihova distanca u ovom hiperprostoru. Najrasprostranjenija je Euklidova distanca data sa:

$$d_2(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \left(\sum_{k=1}^p (x_{i,k} - x_{j,k})^2 \right)^{1/2} = \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|_2 \quad (1)$$

gde su \mathbf{x}_i i \mathbf{x}_j dva oblika, a p je dimenzija prostora obeležja.

Generalno klasifikacija može biti sa nadzorom ili bez njega [6]. Klasifikacija sa nadzorom podrazumeva da postoje podaci za učenje, tj. da postoji određen skup a priori klasifikovanih oblika na osnovu kojih će se formirati algoritam za klasifikaciju novoprispelih oblika u realnom vremenu. Jedan od ovakvih klasifikatora je i linearni klasifikator koji će biti upotrebljen u ovom radu.

2.1. Linearni klasifikator

Linearni klasifikatori su najjednostavniji klasifikatori sa aspekta primene i direktno su povezani sa Euklidovom distancom [2].

Naime, svaka klasa se može opisati određenim reprezentativnim oblikom – prototipom \mathbf{c}_i . Prototip predstavlja centar klase. Kod klasifikacije sa nadzorom prototipovi \mathbf{c}_i su unapred poznati. Oni su zadati a priori ili se do njih došlo procesom učenja na osnovu datog skupa oblika za obučavanje. Klasifikacija svakog novog oblika se vrši na taj način što se određuje njegova distanca u odnosu na prototipove pojedinih klasa. Oblik pripada onoj klasi čijem centru klase (prototipu) je najbliži. Ako su date dve klase sa centrima \mathbf{c}_1 i \mathbf{c}_2 , relacija na osnovu koje se vrši klasifikovanje oblika \mathbf{x} je data sa:

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{c}_1\| \rho \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_2\| \quad (2)$$

Ako je ρ operator $<$, onda oblik \mathbf{x} pripada klasi 1, a u suprotnom on pripada klasi 2. Dati algoritam zaključivanja se može lako ekstrapolirati na veći broj klasa.

Granica odlučivanja je data relacijom (2) u kojoj je ρ operator $=$. Ona predstavlja geometrijsko mesto tačaka koje su jednako udaljene i od jednog i od drugog centra klase. Za slučaj Euklidove distance ova granica je linearna i u dvodimenzionom prostoru osobenosti predstavljena je pravom.

2.2 ISODATA algoritam klasterovanja

Klasterovanje podrazumeva klasifikaciju bez nadzora [3]. Kod ove klasifikacije ne postoji skup podataka za obučavanje i prototipovi nisu unapred zadati. Cilj je otkriti sličnost između oblika koji su na raspolaganju i na osnovu sličnosti ih grupisati (klasterovati). Broj grupa (klastera) može, ali i ne mora biti unapred poznat što zavisi od izabranog algoritma za klasterovanje. Klasterovanje se može koristiti kao algoritam kojim će se odrediti skup za obučavanje za dalju klasifikaciju sa nadzorom. U ovom radu će proces učenja, tj. određivanja prototipova \mathbf{c}_i koji će kasnije biti upotrebljeni za formiranje linearnog klasifikatora, biti zasnovan na ISODATA algoritmu klasterovanja.

ISODATA algoritam [1] je zasnovan na minimiziranju ciljne funkcije date sa:

$$J_w(\mathbf{U}, \mathbf{c}) = \sum_{i=1}^c \left(\sum_{\mathbf{x}_k \in U} \|\mathbf{x}_k - \mathbf{c}_i\|_2^2 \right) \quad (3)$$

gde su \mathbf{c}_i centri klastera, c broj klastera koji je unapred zadat, \mathbf{U} je particiona matrica dimenzija $c \times N$ gde je N broj vektora koji se klasteruju pri čemu je $u_{ij}=1$ ako j -ti vektor pripada i -tom klasteru, a $u_{ij}=0$ u suprotnom. Funkcija J_W će imati malu vrednost ako su tačke unutar klastera bliske, tj. kada su njihova rastojanja od centra klastera mala. Pritom se centar klastera određuje sa:

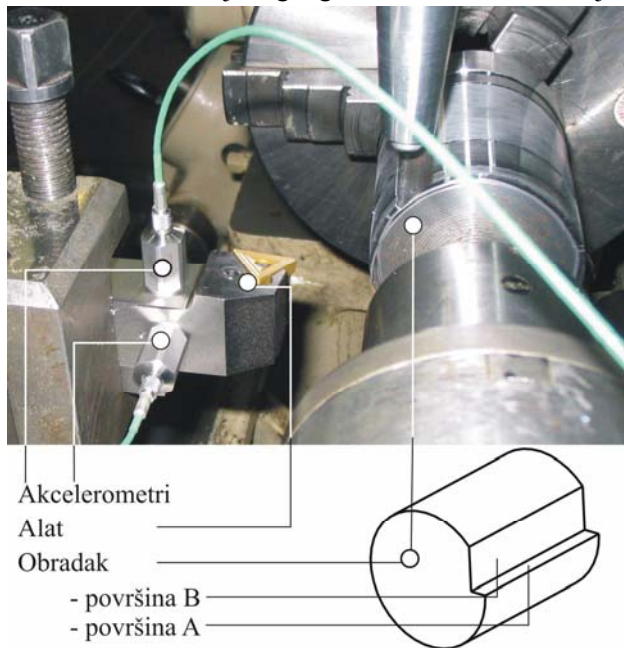
$$\mathbf{c}_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ik} \mathbf{x}_k}{\sum_{k=1}^N u_{ik}} \quad (4)$$

Optimizacioni problem se svodi na određivanje \mathbf{U} i \mathbf{c}_i za koje se minimizira ciljna funkcija J_W data relacijom (3). Ovaj problem nema analitičko rešenje i rešava se iterativno. Prototipovi određeni ISODATA algoritmom predstavljaju osnovu za definisanje linearnog klasifikatora.

3. EKSPERIMENTALNA VERIFIKACIJA

Eksperimentalna postavka za verifikaciju predložene mašine za identifikaciju prekida u procesu rezanja prikazana je na slici 2. Obradivan je deo koji ima žljeb u obliku dve ravne međusobno upravne površine. Na površini A dolazi do naglog prestanka procesa rezanja. Eksperiment je izveden u Zavodu za mašine alatke Mašinskog fakulteta u Beogradu na produkcionom strugu Hasse&Wrede. Tokom eksperimenta vršeno je snimanje vibracija na nosaču alata, kao veličine koja je u korelaciji sa silom rezanja. Vibracije su snimane u dva međusobno upravna pravca pomoću piezoelektričnih pretvarača ubrzanja. Pri akviziciji frekvencija odabiranja je bila 10KHz po kanalu, a signal je digitalizovan na 12 bita. Obrada je vršena pomoću strugarskog noža sa umetkom od tvrdog metala proizvodnje firme **Corun ad** iz Užica.

Deo snimljenog signala sa akcelerometra je prikazan na slici 3. Kao što se vidi izlaz alata iz procesa rezanja se preslikava u nagli porast amplitude vibracija u kratkom vremenskom intervalu (što predstavlja diskontinuitet u signalu) koji je praćen oscilacijama izazvanim prelaznom pojavom. Na osnovu snimljenog signala potrebno je formirati vektore obeležja koji će biti dovoljno reprezentativni i diskriminativni i koji će omogućiti razlikovanje trenutka izlaska iz procesa rezanja od pojava koje se takođe preslikavaju u velike amplitude vibracija kao što su lomljenje strugotine, ponovni ulazak u proces rezanja, oscilacije usled prelazne pojave nakon samog izlaska alata i sl [5].



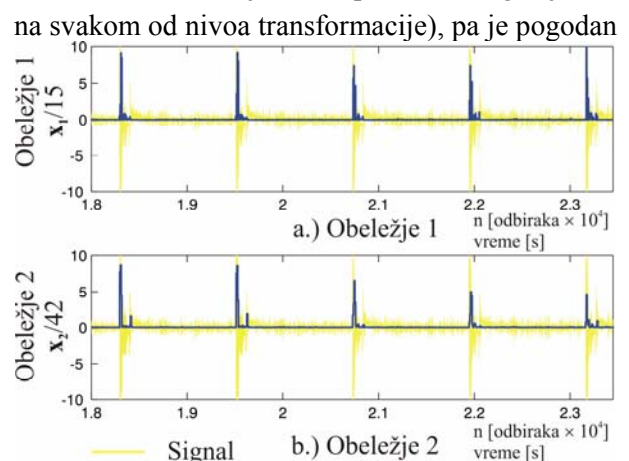
Slika 2. Eksperimentalna postavka za verifikaciju predložene mašine za prepoznavanje



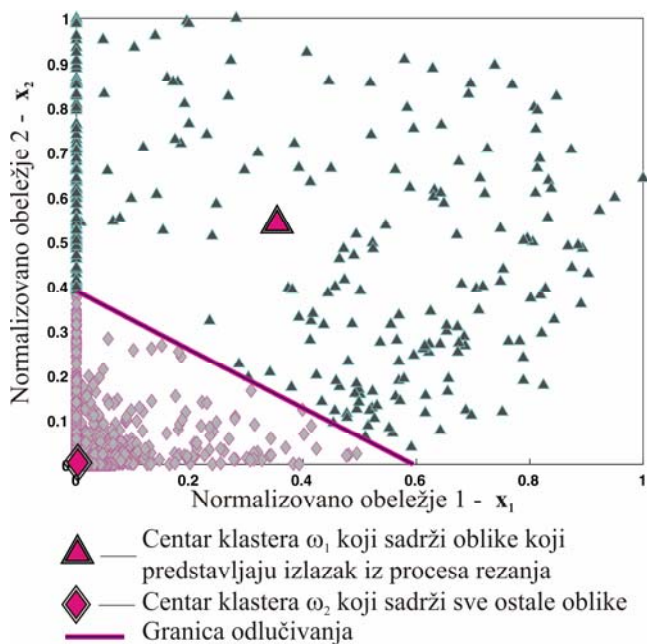
Slika 3. Deo snimljenog signala

Imajući u vidu gore navedeno, kao osnova za formiranje obeležja odabrana je diskretna vejevlet transformacija (DWT) dobijenog signala vejevletom Daubechies 2 – 'db2' [4]. Vejevlet 'db2' je nesimetričan i definisan na konačnom intervalu pa je pogodan za detekciju i vremensku lokalizaciju diskontinuiteta u signalu. Pored toga, njegov impulсни odziv je male dužine (potreban je bafer od samo 4 odbirka za izračunavanje DWT pomoću ovog vejevleta

na svakom od nivoa transformacije), pa je pogodan



Slika 4. Izabrana obeležja



Slika 5. Centri klastera dobijeni ISODATA algoritmom i granica odlučivanja

$$\begin{aligned} \text{ako je } \mathbf{x}_2 > -0.6542 \cdot \mathbf{x}_1 + 0.3889 & \quad \mathbf{x} \in \omega_1 \\ \text{ako je } \mathbf{x}_2 < -0.6542 \cdot \mathbf{x}_1 + 0.3889 & \quad \mathbf{x} \in \omega_2 \end{aligned} \quad (7)$$

gde su ω_1 i ω_2 oznake klasa datih na slici 5.

4. ZAKLJUČAK

U radu je dat koncept mašine za prepoznavanje naglih promena u procesu rezanja. Predložena mašina za prepoznavanje je verifikovana na primeru prekidnog struganja, ali ona poseduje generička svojstva. Naime izborom odgovarajućih obeležja i daljim procesom obučavanja moguće je formirati linearne klasifikatore za prepoznavanje različitih pojava među kojima su razni tipovi loma alata, defekti u materijalu obratka i sl. što zahteva dalja istraživanja.

5. LITERATURA

- [1] Bezdek, J., C., Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Plenum Press, New York, 1981
- [2] Fukunaga, K., Introduction to Statistical Pattern Recognition, ISBN 0-12-269851-7, Elsevier Academic Press, San Diego, 1990
- [3] Jain, A., K., Duin, P., W., Mao, J., Statistical Pattern Recognition: A Review, IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine Intelligence, Vol. 22, No. 1, pp. 4-37, January 2000.
- [4] Jakovljević, Ž., Petrović, P., B., Primena vejevlet transformacije u detekciji diskontinuiteta u signalu, 30. JUPITER konferencija, Zbornik radova, pp. 4.17-4.22., Beograd, april 2004.
- [5] Petrovic, P., B., Jakovljevic, Z., Intelligent Real-time Cutting Tool Condition Monitoring Based on Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Force Pattern recognition, Mechatronics and Robotics 2004, Proceedings, Vol III, pp. 1078-1083, APS European Centre for Mechatronics, Aachen, 2004.
- [6] Theodoridis, S., Koutroumbas, K., Pattern Recognition, ISBN 0-12-685875-6, Elsevier Academic Press, San Diego, 2003

RECOGNITION OF DISCONTINUITIES IN TURNING USING LINEAR CLASSIFIER

Summary

A class of phenomena represented as abrupt stop in cutting process can lead to different undesirable consequences in manufacturing process. Thus, the recognition of such phenomena is extremely important from the machining system control point of view. This paper gives a concept of machine for recognition of such phenomena in turning. Proposed machine for pattern recognition is based on linear classifier. Teaching process is preformed using ISODATA algorithm. For extraction of features relevant for classification discrete wavelet transform is used. Proposed methodology is experimentally verified.



R. Slavković, Z. Jugović, D. Golubović¹

PRIMER REŠENJA FUNDIRANJA TEHNOLOŠKE OPREME U SPECIFIČNIM USLOVIMA RADNE SREDINE

Rezime

U radu je dato rešenje fundiranja kontinualne centrifuge u radnoj sredini koju karakteriše zaštita od zapaljivosti i eksplozije. Kontinualna centrifuga se koristi u pripremi smeša pri proizvodnji eksplozivnih punjenja u hemijskoj industriji namenske proizvodnje. Obzirom na uslove radne sredine, posebna pažnja se poklanja materijalu elastoviskoznog elementa koji je osnovna komponenta podmetača kao amortizera vibracija.

1. UVOD

Način oslanjanja tehnološke opreme, često ima odlučujući uticaj na uspešno odvijanje tehnoloških procesa, ali i na pojavu niza neželjenih sekundarnih efekata. Pod pojmom tehnološke opreme obuhvaćen je veliki broj mašina i uređaja koji se koriste kako u tehnologiji mašinogradnje tako i u proizvodnim tehnologijama ostalih industrijskih grana. Proizvodni pogon u kome se odvija tehnološki proces za koga je skoro uvek vezan i čovek, sastoji se od velikog broja mašina i uređaja kod kojih se u toku odvijanja tehnološkog procesa pojavljuju vibracije i buka. Ove neželjene pojave negativno utiču kako na čoveka tako i na tehnološku opremu, zgrade, objekte i dr. Obzirom da se u proces proizvodnje permanentno uvode oštriji režimi, a i zahtevi u pogledu tačnosti i kvaliteta su sve strožiji, to borba protiv negativnih posledica vibracija i buke postaje veoma aktuelna.

Pored toga sa gledišta zaštite čoveka od ovih neželjenih pojava, sve su rigoroznije norme u pogledu dozvoljenog frekventnog nivoa vibracija i buke. Vibracije nastale u tehnološkom procesu mogu biti veoma intezivne i prouzrokovati pucanje podova, temelja, zidova [1], a takođe i sleganje i rušenje građevinskih objekata. Sa druge strane, vibracije koje se preko sistema za oslanjanje prenose na osetljivu tehnološku opremu, precizne mašine alatke i merne sisteme, mogu otežati odvijanje tehnološkog procesa ili uticati na smanjenje produktivnosti. Njihovo štetno dejstvo ispoljava se i na ljude, izazivajući povećan zamor, a u težim slučajevima i ozbiljna oboljenja.

2. UTICAJI NA STRATEGIJU FUNDIRANJA

Danas se uglavnom napuštaju stara iskustva pri fundiranju tehnološke opreme pomoću masivnih temelja (u većini slučajeva), a umesto njih koriste se posebno razvijeni elementi za oslanjanje (podmetači) sa odgovarajućim karakteristikama. Njihove statičke i dinamičke karakteristike pored konstrukcionog oblika definisane su i materijalom elastoviskoznog elementa (čelik, guma, plastika, kombinacija gume, plastike i plute, specijalno oblikovani ulošci od čelične žice, ulošci od specijalno oblikovanih čeličnih užadi i dr.) Obzirom na raznovrsnost tehnoloških procesa, podmetači mogu funkcionisati u različitim radnim uslovima (povišena ili niska temperatura, prisustvo naftnih derivata, agresivna sredina, opasnost od zapaljivosti i eksplozija i sl.) što umnogome opredeljuje tehnologiju fundiranja.

Za projektovanje tehnologije fundiranja bitno je poznavati i karakteristike podloge mesta fundiranja, a koje mogu biti: ravan betonski pod prizemnog pogona, pod ojačan betonskim gredama, pod pogona na spratu zgrade i specijalno projektovani temelji.

¹ Prof. dr Radomir Slavković, dipl. maš.ing., Tehnički fakultet Čačak, Svetog Save 65, slavkovic@tfc.kg.ac.yu
Prof. dr Zvonimir Jugović, dipl. maš. ing., Tehnički fakultet Čačak, ul. Svetog Save 65, zvonko@tfc.kg.ac.yu
Prof. dr Dragan Golubović, dipl. maš. ing., Tehnički fakultet Čačak, ul. Svetog Save 65, mehatron@ptt.yu

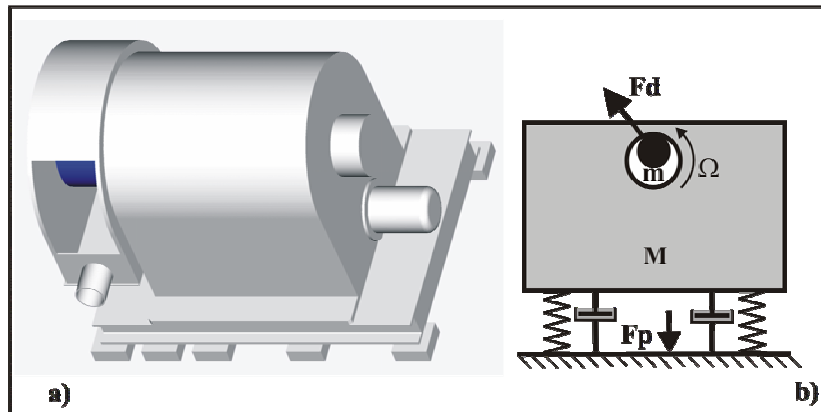
3. PRIMER FUNDIRANJA

3.1 Kratak opis problema

U novoizgrađenom objektu Hemijske industrije "Milan Blagojević", Lučani, na visinskoj koti 10500 mm, izvršeno je fundiranje mašine koja se koristi u tehnologiji pripreme smeša za izradu eksplozivnih punjenja. Mašina je kontinualna centrifuga „Krauss-Maffei“, kod koje su svi pogoni sa izvedbom koja obezbeđuje sigurnost protiv eksplozije. Masa mašine je $M=4000\text{kg}$, sa maksimalnom centrifugalnom silom $F_d=26\text{KN}$ kao uzročnikom vibracija koje se stvaraju u tehnološkom procesu pri prinudnoj frekvenci $\Omega = 160\text{Hz}$. Od predmetnih oslonaca se zahteva da mogu raditi u eksplozivnoj sredini i da obezbede da se oko $k=6\%$ pobudne sile prenosi na podlogu fundiranja.

3.2 Prethodna analiza dinamike

Izgled kontinualne centrifuge sa dinamičkim modelom, dat je na slici 3.1



Sl.3.1 Kontinualna centrifuga „Krauss-Maffei“: a) izgled, b) dinamički model

Obzirom na specifične uslove radne sredine, kao material za izradu elastoviskoznog elementa uzima se guma (prema preporuci proizvođača tehnološke opreme), za koju je koeficijent prigušenja $\zeta \leq 0.065$, [2]. U tom slučaju pri prethodnoj analizi, vibracije se mogu smatrati prinudnim neprigušenim, pa je koeficijent prenošenja vibracija na podlogu, [3].

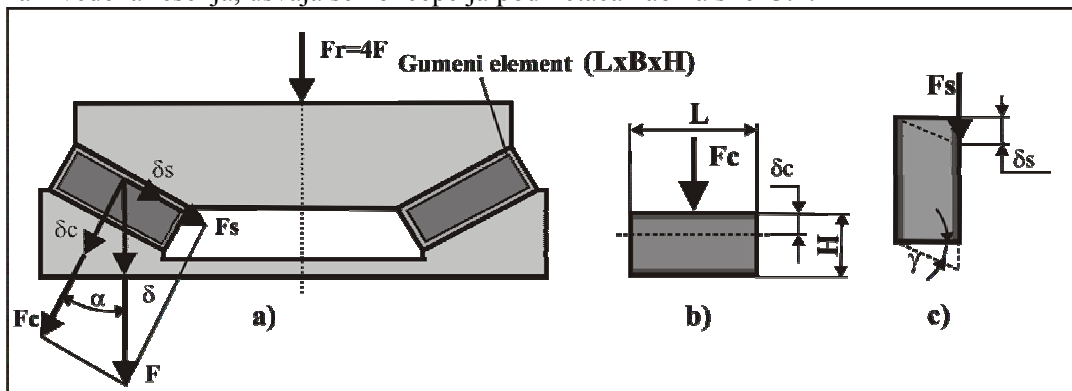
$$k = 1 / |1 - \psi^2|; \psi = \Omega / \omega; \text{ gde je } \omega - \text{ sopstvena frekvencija sistema} \quad (3.1)$$

Iz zavisnosti (3.1) za zadate uslove $k=0.06$, dobija se $\psi=4$, odnosno $\omega=40\text{ Hz}$. Potrebna dinamička krutost podloge fundiranja je: $c_d = \omega^2 \cdot m = 40^2 \cdot 4000 \cdot 10^{-3} = 6400\text{ N/mm}$

Za gumu tvrdoće (45-55) Sh faktor dinamičke krutosti je $k_d \approx 1.25$ prema [2], pa je potrebna statička krutost podloge $c_s = c_d / k_d = 5300\text{ N/mm}$. Prema preporuci proizvođača kontinualne centrifuge ista se preko deset oslonaca oslanja na pod pogona, tako da je potrebno razviti elastični oslonac (podmetač) sa statičkom krutošću $c_{s1} \approx 530\text{ N/mm}$.

3.3 Konstrukciona identifikacija podmetača

Obzirom na tehnološki proces, podmetači su izloženi opterećenju promenljivog pravca, pa imajući u vidu slična izvedena rešenja, usvaja se koncepcija podmetača kao na slici 3.2.



Sl.3.2 Koncepcija podmetača: a) shematski prikaz i b,c) veličine za statičku identifikaciju

Koncepcijski, podmetač se sastoji od četiri paralelopipedna elastoviskozna elementa od gume $L \times B \times h = 60 \times 50 \times 35$, tvrdoće 45Sh čije su tehničke karakteristike date u [2].

$$\text{Prema slici, proračunske veličine su: } F = F_c \cos \alpha + F_s \sin \alpha \quad (3.2)$$

Pri smicanju: $\text{tg} \gamma = \delta_s / h$; $\tau = G \cdot \gamma$; $\tau = F_s / A_s$, gde je: A_s - površina smicanja i G - modul klizanja.

Dozvoljena ukupna deformacija za gumu prema, [2] je približno 20% pri pritisku ili 36% pri smicanju što odgovara $\gamma = 20^\circ$, pa je tangens ugla jednak lučnoj meri, odnosno statička krutost obzirom na smicanje je:

$$c_s = F_s / \delta_s = G A_s / h \quad (3.3)$$

$$\text{Pri pritisku: } \sigma_c = F_c / A_c = E \cdot \varepsilon = E \cdot \delta_c / h; \text{ odgovarajuća krutost } c_c = F_c / \delta_c = A_c E / h \quad (3.4)$$

gde je: A_c -površina smicanja, E -modul elastičnosti gume, ε – relativna deformacija.

Na osnovu zavisnosti (3.2), (3.3) i (3.4) obzirom da je $A_c = A_s = A$ dobija se opterećenje po osloncu:

$$F = (A \delta / h)(G \sin^2 \alpha + E \cos^2 \alpha) \quad (3.5)$$

Prema konstrukciji, podmetač se sastoji od četiri segmenta $L \times B \times h = 60 \times 50 \times 35$ to je $F_r = 4F$ pa je:

$$F_r = (4A \delta / h)(G \sin^2 \alpha + E \cos^2 \alpha) \quad (3.6)$$

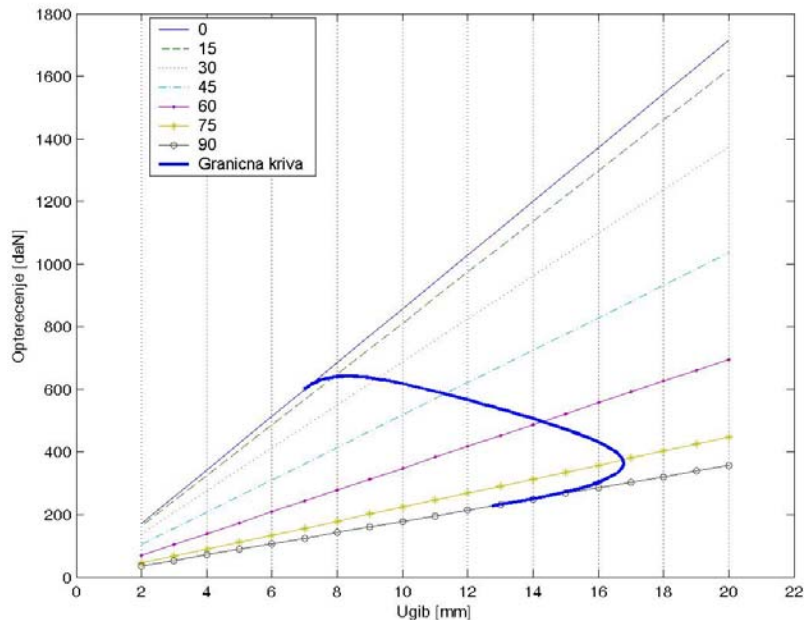
3.3 Granica linearnog opterećenja

Do izvesne granice postoji proporcionalnost između opterećenja i deformacija gume, a nakon toga pri većim opterećenjima ova zavisnost postaje nelinearna. Geometrijsko mesto tačaka granice linearnosti je granična kriva, koju je vrlo bitno poznavati kod gume kao konstrukcionog elementa. Za prethodno navedenu dozvoljenu deformaciju gume pri pritisku i smicanju, odnosno $\delta_s \text{ max} = h \cdot \text{tg} \gamma$ i $\delta_c \text{ max} = \varepsilon \cdot h$, dobija se jednačina granične krive:

$$F_r = 4A(G \text{tg} \gamma \sin \alpha + \varepsilon E \cos \alpha) \quad (3.7)$$

Za gumu tvrdoće 45 Sh su: $G = 52 \text{ N/cm}^2$, $E = 250 \text{ N/cm}^2$ i koeficijent oblika dat zavisnošću (3.8). Ako se u zavisnost (3.7) uvedu elementi granične krive, odnosno $\gamma = 20^\circ$, $\varepsilon = 20\%$ i koeficijent oblika ψ , granična kriva za predmetni podmetač data je na slici 3.3.

$$\psi = A_0 / A = (L \cdot B) / 2(Lh + Bh) = 60 \cdot 50 / 2(60 \cdot 35 + 50 \cdot 35) \approx 0.4 \quad (3.8)$$



SI.3.3 Granična kriva za podmetač kontinualne centrifuge

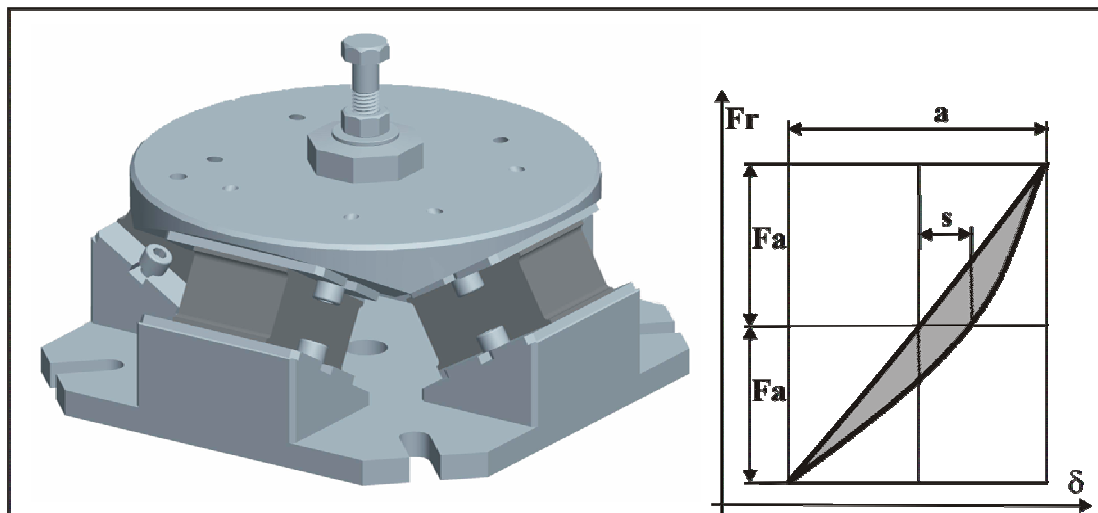
3.4 Završna analiza dinamike

Na slici 3.4 dat je izgled razvijenog podmetača sa četiri standardna gumena elastoviskozna elementa. Statičkim ispitivanjem podmetača (F_r -opterećenje, δ - vertikalna deformacija) konstruisana je histerezis

površina na osnovu koje se sa dovoljnom tačnošću definiše modalno prigušenje ζ , pomoću mehaničkog ugla gubitka β , [2] kao mere prigušenja sistema, odnosno:

$$\operatorname{tg}\beta = s/a \quad (3.9)$$

gde je: s - maksimalna širina histerezis površine, a – dvostruka amplituda deformacije.



Sl.3.4 Izgled podmetača kontinualne centrifuge

Modalno prigušenje sistema prema [2] je: $\zeta = (1/2)(\omega/\Omega)\operatorname{tg}\beta = (1/2) \cdot (44/160) \cdot 0.4 = 0.05$

Takođe iz statičkog ispitivanja definisana je stvarna statička krutost podmetača $C_s=560$ N/mm, kao i sopstvena frekvencija sistema $\omega = (c_d / m)^{0.5} = (1.25 \cdot 5600 / 4000 \cdot 10^{-3})^{0.5} = 44\text{Hz}$, odnosno $\psi = 3.64$, tako da stvarni koeficijent prenosa poremećaja na podlogu iznosi:

$$k = [(1 + (2\zeta\psi)^2) / ((1 - \psi^2)^2 + (2\zeta\psi)^2)]^{0.5} = 0.075, \text{ odnosno } k=7.5\%. \quad (3.10)$$

4. ZAKLJUČAK

Uopšteno, imajući u vidu navedene napomene, opšti algoritam pri fundiranju tehnološke opreme definisan je sledećim celinama: usvajanje strategije fundiranja, definisanje karakteristika podloge, definisanje materijala elastoviskoznog elementa, definisanje statičke i dinamičke karakteristike podmetača, i konačna analiza dinamike fundiranog sistema. Strategija fundiranja bazira se na poznavanju karakteristika okoline, okolne tehnološke opreme, kao i podloge fundiranja. Na osnovu toga definiše se veličina poremećaja koji se sme preko podmetača preneti na podlogu (koeficijent k). U navedenom primeru, obzirom da se kontinualna centrifuga instalira na visini od 10500 mm, zahtevi u pogledu veličine poremećaja koji se prenose na podlogu su vrlo oštri (oko $k=6\%$), što je uslovalo razvoj posebnog podmetača prema prikazanoj metodologiji.

5.LITERATURA

- [1] Slavković, R., Jugović, Z., Popović, M., Primer fundiranja ekscentar prese u objektu naseljenog mesta, 31.JUPITER konferencija, Zbornik radova, str.3.20-3.23, Zlatibor (2005).
- [2] Rezultati ispitivanja elastičnih podmetača tipa A,B i C, "Industrijskog kombinata Guča", Dokumentacija internog karaktera, Guča (1991).
- [3] Radosavljević, B, L.J., Teorija oscilacija, Mašinski fakultet, Beograd(1972)

THE EXAMPLE FOUNDATION TECHNOLOGICAL EQUIPMENT IN SPECIFIC CONDITIONS WORKING ENVIRONMENT

Summary

In this work is given solution for foundation of continuous centrifuge in working environment which has characterizes protect from inflammability and explosion. Continuous centrifuge is used in preparation mixture for manufacturing the explosion fill in intended chemical industry. Considering the condition working environment special attention to give sort of material elastic-viscous element which is basis component of supports as amortisseurs vibrations.



Ž. Vasić¹, M. Kalajdžić²

UTICAJ ZAVOJNE BURGIIJE NA DINAMIČKO PONAŠANJE MAŠINSKOG SISTEMA

Rezime: U radu su izneti rezultati analize uticaja zavojne burgije na dinamičko ponašanje radijalne bušilice. Frekventna karakteristika noseće strukture radijalne bušilice i zavojne burgije je dobijena primenom metoda konačnih elemenata. Izvršena analiza je značajna sa stanovišta identifikacije dinamičkih parametara koji određuju područje stabilnog rada obradnog sistema.

Ključne reči: zavojna burgija, radijalna bušilica, frekventna karakteristika, MKE analiza

1. UVOD

Analiza geometrije zavojne burgije ukazuje na dominantan uticaj reznog dela na proces bušenja i zavojnog dela (radnog dela) na krutost zavojne burgije kao i efikasnost odvođenja strugotine iz zone rezanja. Kao jedan od sastavnih elemenata mašinskog sistema, krutost zavojne burgije, u opštem slučaju, utiče na krutost celog sistema. Iz tog razloga je u analizi dinamike mašinskog sistema i stabilnosti rada potrebno uključiti i uticaj krutosti zavojne burgije. Detaljna analiza krutosti burgije kao zavojnog tela je data u radu [1]. Međutim, s obzirom na činjenicu da se mašinski sistem pobuđuje dinamičkom silom rezanja, za adekvatnu dinamičku analizu je pored krutosti elemenata sistema neophodno definisati i ostale dinamičke parametre, odnosno raspodelu masa i prigušenja u sistemu. Na osnovu dinamičke analize sistema dobijamo frekventnu karakteristiku, odnosno zavisnost amplitude i faze vibracija od frekvence pobudne sile. Dinamičku identifikaciju elemenata mašinskog sistema je moguće izvršiti primenom eksperimenta i/ili primenom metode konačnih elemenata. Eksperimentalna ispitivanja se izvode na realnom sistemu uz primenu odgovarajuće eksperimentalne opreme i softvera za obradu rezultata i obično se koriste za verifikaciju rezultata koji su dobijeni u fazi projektovanja sistema. U fazi projektovanja se obično koristi metoda konačnih elemenata u cilju definisanja geometrijskih karakteristika elemenata mašinskog sistema koji treba da daju željeno ponašanje mašinskog sistema u toku obradnog procesa. Utvrđivanje uticaja dinamike zavojne burgije na dinamiku mašinskog sistema je izvršen na primeru radijalne bušilice koja se koristi za izradu otvora i rupa na delovima većih dimenzija. Dinamička identifikacija zavojne burgije i radijalne bušilice u frekventnom domenu je izvedena primenom metoda konačnih elemenata.

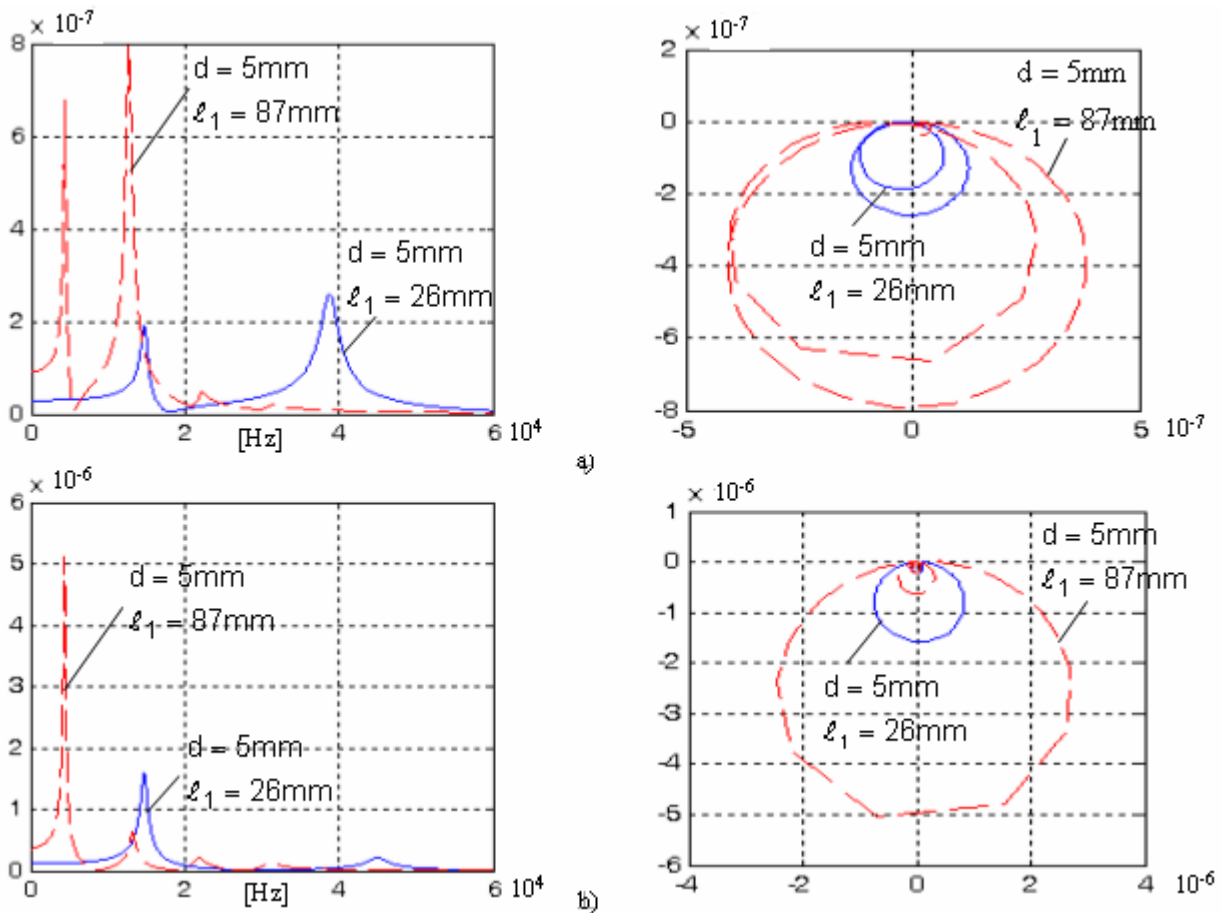
2. FREKVENTNA KARAKTERISTIKA ZAVOJNE BURGIIJE

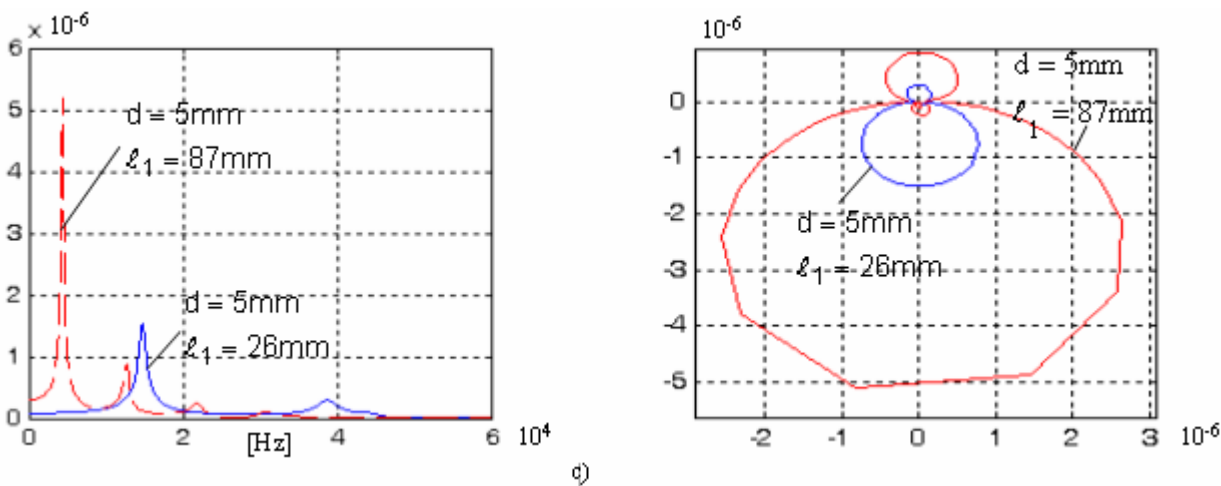
Najčešće se dinamičko ponašanje sistema prikazuje u obliku amplitudno-frekventne karakteristike koja je dovoljna sa stanovišta identifikacije rezonantnog područja u kome dolazi do značajnog povećanja amplitude vibracija, te se iz tog razloga ovo područje rada mora izbeći. Međutim, za potrebe izučavanja samopobudnih vibracija i definisanje stabilnog područja rada obradnog sistema pored informacije o zavisnosti amplitude vibracija od frekvence veoma je važna i informacija o zavisnosti faze od frekvence. Zbog toga je frekventna karakteristika zavojne burgije, a i noseće strukture radijalne bušilice koja je detaljno analizirana u narednoj tački, data u obliku amplitudno-frekventne i amplitudno-fazne karakteristike. Frekventna karakteristika zavojne burgije usled delovanja aksijalne pobude i momenta uvijanja je dobijena primenom metoda konačnih elemenata, odnosno primenom modalne analize. Mreža konačnih elemenata je automatski generisana primenom predprocesora ProMechanic-e zbog složenosti geometrije zavojne burgije.

¹ Željko Vasić, Mašinski fakultet u Beogradu, tel:011/3302-438, Email:zvasic@mas.bg.ac.yu

² Prof. dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet u Beogradu, tel:011/3302-408, Email:mkalajdzic@mas.bg.ac.yu

Primena krivolinijskih konačnih elemenata u obliku tetraedra omogućava veoma tačnu aproksimaciju složene geometrije, što utiče na povećanje tačnosti dobijenih rezultata. Dinamički MKE model zavojne burgije je u osnovi preuzeti MKE model koji je upotrebljen za statičku analizu, odnosno analizu krutosti, što se odnosi i na raspodelu opterećenja, odnosno aksijalnog otpora i momenta bušenja na reznoj ivici burgije. Dinamička opterećenja su jednična što znači da je frekventnom karakteristikom predstavljena dinamička popustljivost zavojne burgije u zavisnosti od frekvence. U dinamičku analizu je uključen samo deo zavojne burgije koji se u procesu bušenja nalazi izvan držača alata (slobodna dužina zavojne burgije). Detaljna analiza MKE modela zavojne burgije je data u radu [1]. Zbog relativno malog broja konačnih elemenata (100-1000) kojima se aproksimira geometrija zavojne burgije moguće je za identifikaciju dinamičkog ponašanja koristiti veći broj modova. Frekventna karakteristika zavojne burgije je data za aksijalnu pobudu i moment uvijanja. Rezultat dinamičke analize za kratke i duge zavojne burgije prečnika 5mm i ugla zavojnice $\beta = 30^\circ$ (burgije koje se u praksi najčešće koriste – tip N) je prikazan na slici 1. Na slici 1a je data amplitudno-frekventna i amplitudno-fazna karakteristika definisana za slučaj vibracija u pravcu ose zavojne burgije (x osa) usled delovanja aksijalne pobude, na slici 1b je data amplitudno-frekventna i amplitudno-fazna karakteristika definisana za ugaone (torzione) vibracije usled delovanja moment bušenja kao pobude a na slici 1c je data amplitudno-frekventna i amplitudno-fazna karakteristika definisana za slučaj vibracija u pravcu ose zavojne burgije usled delovanja aksijalne pobude i momenta bušenja istovremeno. Amplitudno-frekventne karakteristike prikazane na slici 1a i 1b su dobijene na bazi jediničnih dinamičkih pobuda. Međutim, amplitudno-frekventna karakteristika na slici 1c je dobijena istovremenim delovanjem momenta uvijanja i aksijalne pobude na zavojnu burgiju, pri čemu je odnos aksijalni otpor/moment bušenja dobijen eksperimentalnim ispitivanjem procesa bušenja konstrukcionog ugljeničnog čelika. Prema tome, frekventna karakteristika za slučaj vibracija u pravcu ose zavojne burgije usled delovanja aksijalne pobude i momenta uvijanja istovremeno uzima u obzir stvarno dinamičko stanje u procesu rezanja.

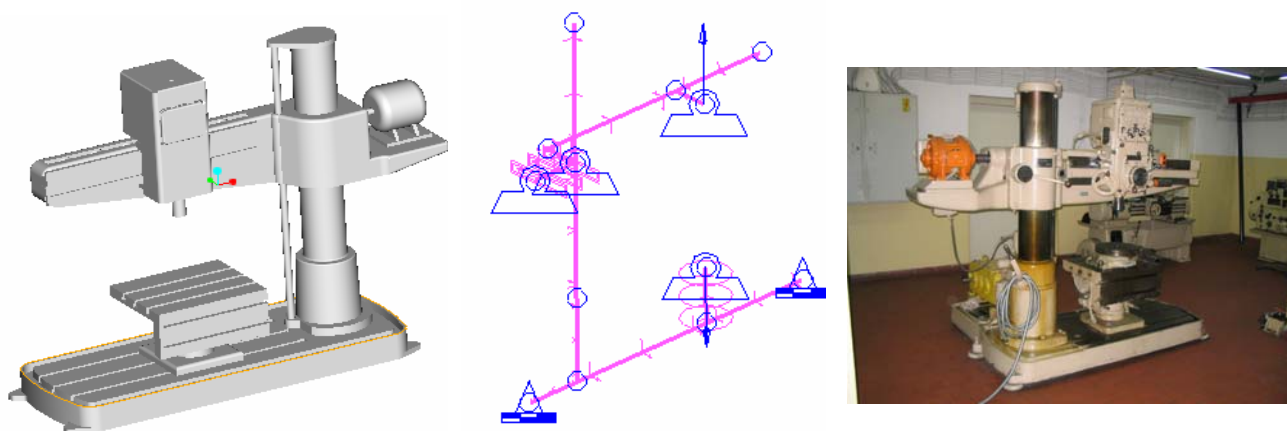




Slika 1. Frekventna karakteristika zavojne burgije a) pobuda u x pravcu –odziv u x pravcu, b) torziona pobuda –torzioni odziv, c) aksijalna i torziona pobuda- odziv u x pravcu

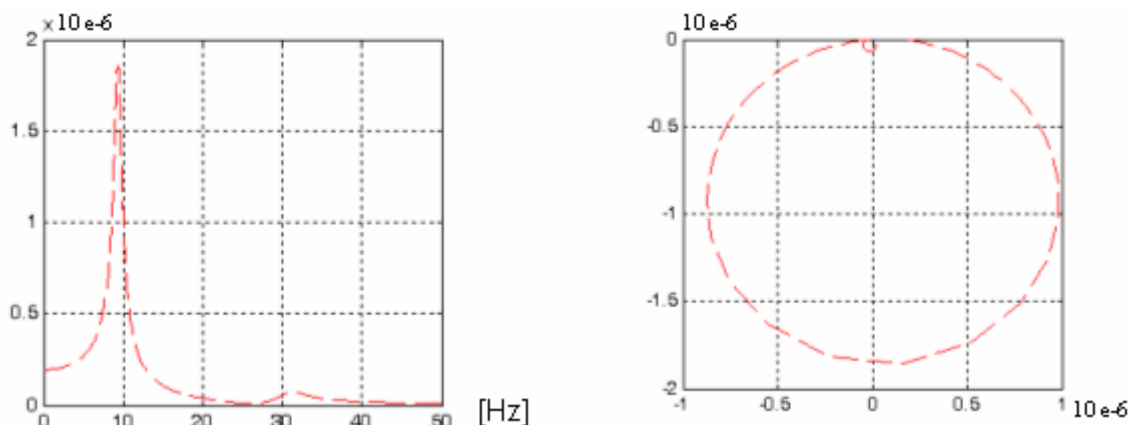
3. FREKVENTNA KARAKTERISTIKA NOSEĆE STRUKTURE RADIJALNE BUŠILICE

Na slici 2 je prikazana noseća struktura radijalne bušilice (realan sistem) zajedno sa CAD modelom i redukovani MKE model realizovan primenom konačnih elemenata u obliku grede i koncentrisanih masa. Aksijalni momenti inercije i površina poprečnih preseka pojedinih greda, koncentrisane mase i koncentrisani momenti inercije u redukovanom modelu su dobijeni detaljnom geometrijskom analizom elemenata radijalne bušilice. Dinamička analiza je izvršena za nekoliko karakterističnih položaja vreteništa u odnosu na konzolu radijalne bušilice. Rezultat analize je dat samo za položaj koji je prikazan na slici 2. Redukovani model se primenjuje zbog velike složenosti dinamičkog sistema koji čini radijalna bušilica i nemogućnosti sprovođenja detaljne analize primenom solida u MKE analizi.



Slika 2. Noseća struktura radijalne bušilice a) CAD model, b) MKE model, c) realna noseća struktura

Redukovani model je formiran u skladu sa pretpostavkom da se analiziraju samo vibracije noseće strukture radijalne bušilice nastale usled delovanja aksijalne pobude, tako da su geometrijske karakteristike poprečnih preseka pojedinih elemenata definisane u skladu sa datom pretpostavkom. Pored toga, radijalna bušilica se posmatra kao jedna strukturalna celina (iako se radi o mašinskom sklopu), što znači da se promene karakteristike strukture na mestu kontakta različitih elemenata (pod sistema) sklopa bušilice zanemaruje. Takođe se zanemaruje i uticaj fundiranja mašine alatke na frekventnu karakteristiku. Frekventna karakteristika noseće strukture radijalne bušilice dobijena na bazi MKE analize je prikazana na slici 3. i dobijena posmatranjem vibracija vreteništa i stola u pravcu ose glavnog vretena pod dejstvom aksijalnog otpora bušenja kao pobude. Dinamičko opterećenje nastalo u zoni rezanja se prenosi, preko zavojne burgije i vretena na vretenište i preko obradka na sto i postolje. I ovom slučaju dinamičko opterećenje ima jediničnu vrednost tako da frekventna karakteristika prikazana na slici 3 predstavlja dinamičku popustljivost noseće strukture radijalne bušilice za različite frekvence pobude.



Slika 3. Frekventna karakteristika noseće strukture radijalne bušilice a) amplitudno-frekventna b) amplitudno fazna

4. UTICAJ ZAVOJNE BURGIIJE NA DINAMIKU RADIJALNE BUŠILICE

Analiza dinamičkih pojava na radijalnoj bušilici je ograničena za frekvence manje od 50Hz, što je u skladu sa dinamičkim karakteristikama realnog sistema i procesima koje se u sistemu realizuju. Prema tome, uticaj zavojne burgije na dinamiku mašinskog sistema je razmatran u frekventnom opsegu od 0-50Hz. Na osnovu rezultata dinamičke (modalne) analize zavojne burgije i noseće strukture radijalne bušilice, odnosno frekventnih karakteristika datih na slici 1 i 3, uz činjenicu da se razmatraju samo vibracije nastale delovanjem aksijalne pobude, možemo da dodemo do sledećih zaključaka: uticaj vibracija zavojne burgije u pravcu ose burgije usled delovanja aksijalne pobude se može zanemariti i u oblastima viših frekvenci u odnosu na 50Hz, frekventna karakteristika zavojne burgije definisana za torzione vibracije je data informativno jer se posmatraju vibracije sistema samo u pravcu ose glavnog vretena, međutim, ove vibracije mogu da imaju značajan uticaj na dinamiku samog procesa, odnosno stabilnost procesa, uticaj vibracija zavojne burgije u pravcu ose burgije usled delovanja aksijalne pobude i momenta bušenja istovremeno (što odgovara realnoj situaciji) je takođe zanemariv za frekvence ispod 50Hz, međutim, vibracije u pravcu ose zavojne burgije su u ovom slučaju znatno veće u odnosu na slučaj vibracija usled delovanja samo aksijalne pobude, zbog značajnog izduženja i skraćivanja tela zavojne burgije usled delovanja momenta bušenja-uvijanja.

5. ZAKLJUČAK

U cilju definisanja stabilnog područja rada radijalne bušilice potrebno je izvršiti dinamičku identifikaciju mašinskog sistema uključujući sve sastavne elemente. U fazi projektovanja noseće strukture mašine alatke, nije moguće tačno predvideti dinamičku karakteristiku ostalih elemenata mašinskog sistema (obradak, pomoćni pribor) koji svojim karakteristikama mogu značajno da utiču na dinamiku celoga sistema. U ovom radu je dinamičkom analizom pokazan zanemariv uticaj zavojne burgije na frekventnu karakteristiku noseće strukture radijalne bušilice, što znači da se područje stabilnosti sistema neće značajnije promeniti izostavljanjem zavojne burgije iz dinamičke analize. Prema tome, zaključak je da zavojna burgija ima značaj na stabilnost procesa bušenja samo u delu koji se odnosi na generisanje dinamičke sile u zoni rezanja, odnosno na stabilnost procesa najveći uticaj ima geometrija reznog dela zavojne burgije.

6. LITERATURA

- [1]. Vasić Ž., Kalajdžić M., "Drill stiffness analysis", IV International Conference, HM 2005, Kraljevo
- [2]. Kalajdžić M., "Metod konačnih elemenata", IAMA, Beograd, 1978
- [3]. Kalajdžić M., "Tehnologija mašinogradnje", X izdanje Mašinski fakultet, Beograd, 2006
- [4]. Zienkiewicz O. C., Taylor R.L., "The Finite Element Method", Fourth Edition, McGraw-Hill, 2000

TWIST DRILL'S INFLUENCE ON THE MACHINING SYSTEM DYNAMICS

Abstract: In the paper are shown the results of analysis of twist drill's influence on the radial boring machine dynamics. Transfer function of radial boring machine structure and twist drill has been obtained using the finite element method. Performed analysis is important from the aspect of dynamics parameters identification which have significant influence on the chatter stability of the machining system.



DINAMIČKA STABILNOST ALATA U OBRADI STRUGANJEM

Dr Nedić Bogdan ¹⁾

Rezime

Posledica oscilatornog kretanja vrha alata je nastajanje talasaste obrađene površine i pojava samoizazvanih oscilacija. Ove oscilacije se mogu pojačavati ili prigušivati. Eksperimentalnim ispitivanjima je pokazano da se u najvećem broju slučajeva proces rezanja odvija u uslovima konstantne dinamičke stabilnosti. To znači da postoji konstantni izvor pobude i da su parametri dobijene obrađene talasaste površine konstantni. U radu je izveden izraz da vezu između amplitude prinudne sile i njene učestanosti za uslove koji obezbeđuju konstantnu dinamičku stabilnost.

Ključne reči: obrada struganjem, alat, oscilacije, dinamička stabilnost

1. UVOD

U zavisnosti od uzroka nastanka, pri obradi rezanjem mogu se javiti oscilacije izazvane delovanjem spoljašnjih uzroka koji se na prvom mestu odnose na neuravnotežene mase obrtnih elemenata sistema alat - predmet obrade - pribor - mašina ili periodično - oscilatornog delovanja ili kretanja elemenata ovog sistema. Pored ovih oscilacija pri obradi rezanjem usled dinamičkog karaktera procesa formiranja strugotine i elastičnih elemenata obradnog sistema javljaju se samoizazvane oscilacije. Posledica dinamičkog karaktera procesa formiranja strugotine je dinamički karakter sile, odnosno otpora rezanja. Dinamički karakter otpora rezanja izaziva oscilatorno kretanje reznog dela alata i na taj način formiranje talasaste površine na predmetu obrade.

2. OSCILATORNO KRETANJE ALATA

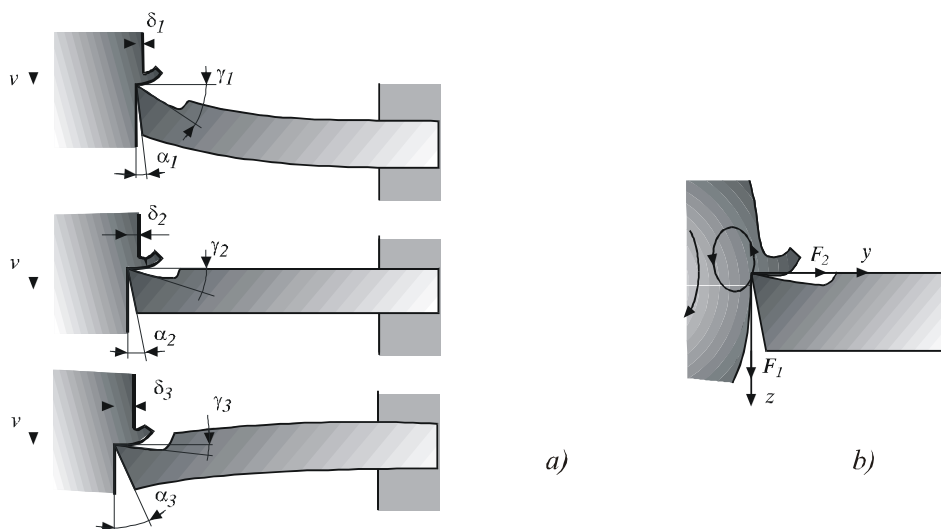
Po mnogim autorima oscilatorno kretanje alata je posledica delovanja poremećaja, odnosno početnog impulsnog opterećenja, koje u određenim uslovima može izazvati nestabilnost režima rezanja, a time i oscilovanje alata. Početni impuls može dati lokalna promena dubine rezanja, lokalna promena u svojstvu materijala predmeta obrade ili promena usled uticaja oscilovanja ostalih elemenata obradnog sistema. Usled ovih promena dolazi do lokalnog povećanja otpora rezanja i elastičnih deformacija reznog dela alata u pravcu brzine rezanja. To dovodi do povećanja dubine rezanja, smanjenja grudnog ugla i daljeg povećanja otpora rezanja i deformacija alata. Dostizanje maksimalne vrednosti deformacije ima za posledicu zaustavljanje kretanja vrha alata u pravcu brzine rezanja i povećanje relativne brzine rezanja. To dalje dovodi do rasterećenja i smanjenja dopunskog otpora rezanja i vrh alata počinje da se kreće u suprotnom smeru, suprotno od brzine rezanja (slika 1 [1]). Usled ovog kretanja dubina rezanja se smanjuje a grudni ugao povećava. Zbog toga se sada vrh alata kreće do maksimalne svoje deformacije u drugom smeru, nakon čega, usled elastičnih deformacija u alatu, dolazi do ponovnog kretanja vrha alata u pravcu brzine rezanja. Na ovaj način proces može da se ponavlja sve dok prigušne sile ne zaustave oscilovanje. Pri oscilovanju rezni vrh alata opisuje eliptičku putanju (slika 1 b).

Na isti način se opisuje oscilovanje alata u pravcu pomoćnog kretanja. U toku procesa rezanja usled uzajamnog dejstva elastičnih deformacija elemenata obradnog sistema, dolazi do elastičnih deformacija u pravcu pomoćnog kretanja. Posledica tih deformacija je dinamički karakter otpora rezanja u tom pravcu.

Međutim, ovakvo oscilovanje alata se ne može odvijati u nedogled, na prvom mestu usled sopstvenog prigušenja alata. To znači da bi se oscilovanje alata veoma brzo zaustavilo i nastupio bi stabilan - stacionaran režim rezanja. Kako je eksperimentalnim ispitivanjima utvrđeno, dinamički karakter procesa obrade

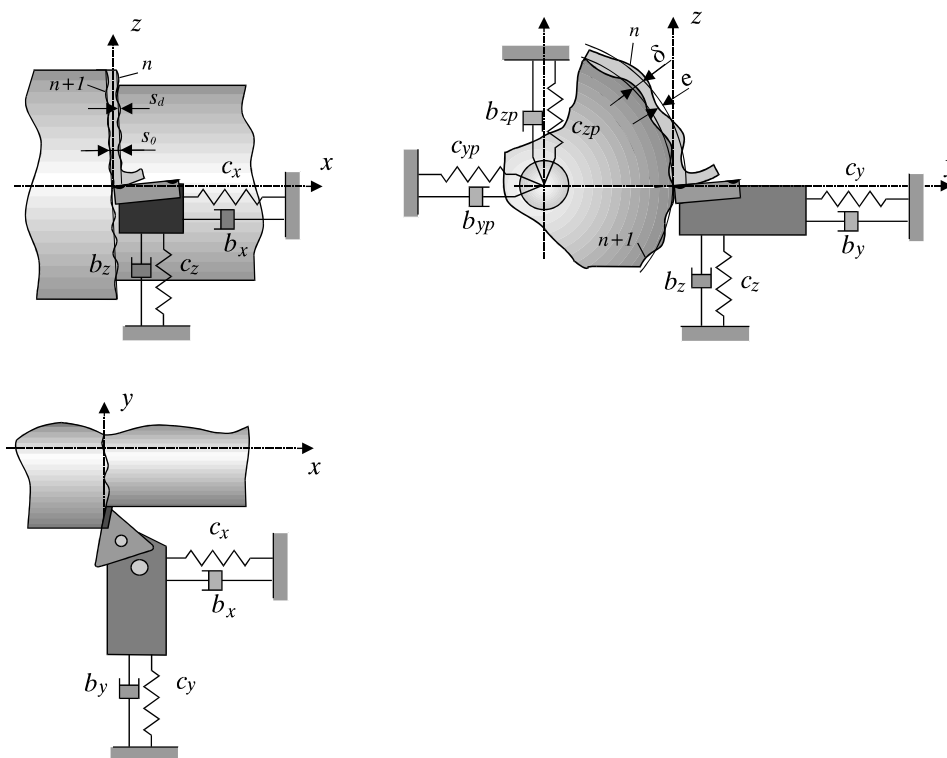
¹⁾ Prof. dr Bogdan Nedić, Mašinski fakultet, Kragujevac, nedic@kg.ac.yu

rezanjem odlikuje, između ostalog, uvek oscilovanje reznog vrha alata, koje može biti veće ili manje. To znači da postoji stalni izvor pobude u sistemu alat - predmet obrade - pribor - mašina.



Slika 1. Mehanizam oscilovanja alata

Jedan od bitnih razloga oscilatornog ponašanja alata i predmeta obrade je dinamički karakter otpora rezanja nastao kao posledica dinamičkog karaktera procesa formiranja strugotine. Usled promenljive vrednosti otpora rezanja dolazi do oscilovanja reznog vrha alata i oscilovanja predmeta obrade. Ovakva kretanja alata i predmeta obrade imaju za posledicu formiranje talasaste površine na predmetu obrade. To znači da se obrada rezanjem uglavnom vrši na prethodno obrađenoj valovitoj površini. Kada se govori o obradi valovite (talasaste) površine, misli se na valovitu površinu na makro i mikro nivou, slika 2.



Slika 2. Sistem oscilovanja alata sa tri stepena slobode i predmeta obrade sa dva stepena slobode

Na makro nivou ovu površinu predstavlja: ekscentričnost predmeta obrade i nepravilnost oblika (nastali su kao posledica formiranja polufabrikata - otkivak, odlivak, prethodna obrada glodanjem, rendisanjem, bušenjem, valjanjem, vučenjem i sl.). Na mikro nivou valovita površina se odnosi na površinu koja se formira pri prethodnom prolasku reznog klina strugarskog noža, odnosno pri izvođenju prethodnog prolaza obrade. Posledica prethodno formirane talasaste površine na mikro nivou je obrada sa promenljivom dubinom i korakom i promenljivom silom rezanja velike učestanosti (sila ima dinamički karakter).

3. DINAMIČKA STABILNOST ALATA

U cilju pojednostavljenja može se obradni sistem posmatrati kao oscilatorni sistem sa jednim stepenom slobode kretanja u pravcu y -ose (slika 2). U ovom slučaju dubina rezanja predstavlja rezultat dva talasna kretanja vrha alata u pravcu y -ose. Talasaste površine su pomerene jedna u odnosu na drugu za neki fazni ugao θ . U ovom slučaju prinudna sila rezanja $F^d(t)$, nastala kao rezultat promenljive dubine rezanja iznosi:

$$F^d(t) = C_f(y_n - y_{n+1})$$

Ovde se pretpostavlja da je linearna veza između promene debljine strugotine i jedinične sile rezanja po širini rezanja C_f . Ova pretpostavka se može usvojiti na osnovu podataka iz literature [1] o linearnoj vezi između otpora rezanja, površine rezanja i specifičnog otpora rezanja.

$$F^d = CA = C \delta s = C_f \delta$$

Prethodno formirana talasasta površina prema slici 2, je $y_n = e_1 \sin \Omega t$, a naredna $y_{n+1} = e_2 \sin(\Omega t + \varphi)$.

U ovom slučaju je dinamička komponenta sile jednaka: $F^d(t) = C_f[e_1 \sin \Omega t - e_2 \sin(\Omega t + \varphi)]$

Diferencijalna jednačina oscilatornog kretanja alata je: $m\ddot{y}_{n+1} + b\dot{y}_{n+1} + cy_{n+1} = F^d(t)$

Kako je $\dot{y}_{n+1} = e_2 \Omega \cos(\Omega t + \varphi)$ i $\ddot{y}_{n+1} = -e_2 \Omega^2 \sin(\Omega t + \varphi)$ to je:

$$-me_2 \Omega^2 \sin(\Omega t + \varphi) + be_2 \Omega \cos(\Omega t + \varphi) + ce_2 \sin(\Omega t + \varphi) = C_f[e_1 \sin \Omega t - e_2 \sin(\Omega t + \varphi)]$$

Odgovarajućim transformacijama dobija se:

$$e_2 \left(\omega^2 - \Omega^2 + \frac{C_f}{m} \right) \sin(\Omega t + \varphi) + e_2 \cdot 2\delta \Omega \cos(\Omega t + \varphi) = \frac{C_f}{m} e_1 \sin \Omega t$$

Iz ove jednačine se može izračunati fazni ugao između prethodnog i narednog talasa i amplituda narednog talasa u odnosu na prethodni

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{-2\delta \Omega}{\omega^2 - \Omega^2 + \frac{C_f}{m}} \quad e_2 = e_1 \frac{C_f}{m} \sqrt{\frac{1}{\left(\omega^2 - \Omega^2 + \frac{C_f}{m} \right)^2 + 4\delta^2 \Omega^2}}$$

Amplitude ovih talasastih površina ne moraju biti jednake. U tom slučaju dolazi do isčezavanja oscilovanja alata ili do povećanja amplituda, što može izazvati negativne efekte u smislu pogoršanja kvaliteta obrađene površine. Međutim, ukoliko nema efekata koji mogu izazvati promene amplituda oscilovanja one su jednake $e_2 = e_1$. To znači da se održava dinamička stabilnost sistema. Razlozi za moguće razlike amplituda (ili povremene razlike) koje se mogu javiti su nehomogenost materijala predmeta obrade, formiranje i lom naslaga na reznom klinu, makro i mikro nepravilnosti oblika predmeta obrade, promena krutosti itd.

U uslovima dinamičke stabilnosti amplitude prethodne i naredne talasne površine su jednake, u tom slučaju dinamička sila rezanja je:

$$F^d(t) = C_f[e_1 \sin \Omega t - e_2 \sin(\Omega t + \varphi)] = C_f e [\sin \Omega t - \sin(\Omega t + \varphi)] = C_f e \cdot 2 \cos\left(\Omega t + \frac{\varphi}{2}\right) \sin \frac{\varphi}{2}$$

Iz uslova dinamičke stabilnosti $e_2 = e_1 = e$ i na osnovu poznavanja jedinične sile rezanja može se odrediti potrebna učestanost prinudnog oscilovanja. Iz dobijenog izraza:

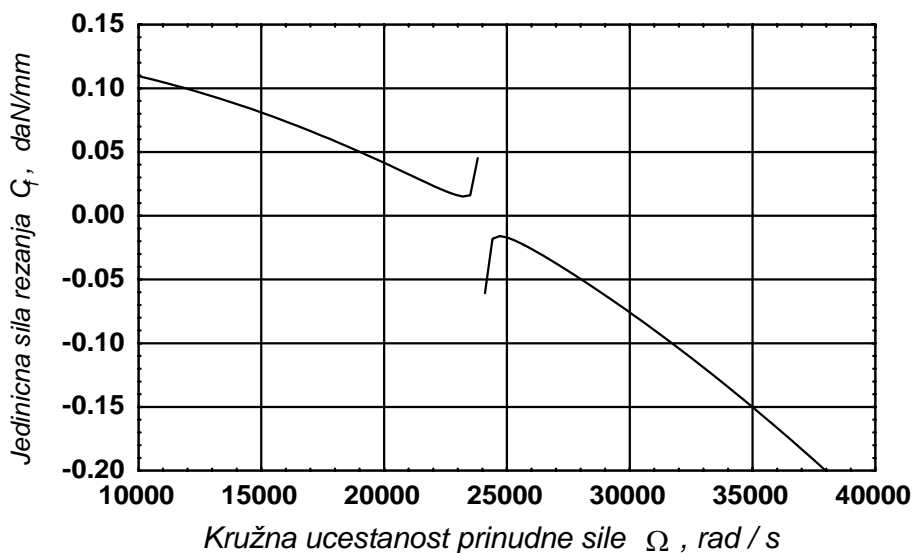
$$\frac{C_f}{m} = \sqrt{\left(\omega^2 - \Omega^2 + \frac{C_f}{m} \right)^2 + 4\delta^2 \Omega^2}$$

što nakon odgovarajućih transformacija daje izraz oblika:

$$\frac{C_f}{m} = \frac{1}{2} \frac{\left(\omega^2 - \Omega^2 \right)^2 + 4\delta^2 \Omega^2}{\omega^2 - \Omega^2} \quad \text{ili} \quad \Omega^4 + 2\Omega^2 \left[2\delta^2 - \left(\omega^2 + \frac{C_f}{m} \right) \right] + \left(\omega^2 + \frac{C_f}{m} \right)^2 - \left(\frac{C_f}{m} \right)^2 = 0$$

Iz ovog izraza se na osnovu poznavanja učestanosti prinudne sile može doći do amplitude dinamičke komponente otpora rezanja C_f ili na osnovu zadate visine talasne površine e , odnosno amplitude dinamičke komponente otpora rezanja, do učestanosti prinudne sile.

PRIMER: Ako se pretpostavi da je redukovana masa $m=0,0575$ kg i kružna učestanost slobodnih oscilacija $\omega=24000$ rad/s, na osnovu prethodnih izraza se može prikazati dijagram promene jediničnog otpora rezanja u zavisnosti od učestanosti prinudne sile, slika 3.



Slika 3. Promena jedinične sile rezanja u zavisnosti od kružne učestanosti prinudne sile

ZAKLJUČAK

Sa dijagrama se vidi da je pri poklapanju kružne učestanosti prinudne sile i sopstvene učestanosti oscilovanja slučaj neodređen. Sa dijagrama se takođe vidi da postoje negativne vrednosti jediničnog otpora rezanja. Međutim, jedinični otpor rezanja ne može biti negativan već je njegov smer suprotan od pravca oscilovanja, odnosno prinudna sila i oscilovanje nisu u fazi (to pokazuje i izraz za fazni ugao α).

Sa ovog dijagrama se može analizirati karakter promene kružne učestanosti prinudne sile u zavisnosti od jediničnog otpora rezanja. Sa povećanjem jediničnog otpora rezanja opada kružna učestanost prinudne sile. To je i razumljivo, jer povećanje jedinične sile rezanja podrazumeva povećanje amplitude oscilovanja vrha alata, a to zahteva smanjenje učestanosti oscilovanja za istu vrednost prinudne sile i iste ostale uslove.

LITERATURA

- [1] Stanković, P., Mašine alatke, 1. knjiga, Građevinska knjiga, Beograd, 1968.
- [2] Кудинов, В. А., Динамика станков, Машиностроение, Москва, 1967.
- [3] Nedić, B., Razvoj metode upravljanja procesom obrade rezanjem preko dinamičkih karakteristika parametara rezanja, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998.

DYNAMIC STABILITY OF CUTTING TOOLS

Summary

Appearance of wavy surface and selfinduced vibrations is the consequence of tool pick vibrations. These vibrations can be enhanced and reduced. Experiments has shown that cutting process mainly takes place in conditions of constant dynamic stability. It means that there is constant source of vibrations and that parameters of attained wavy surface are constant. In this work is derived the form for the dependence between the applied force amplitude and it's frequency for the conditions that ensure constant dynamic stability.



к.т.н., доц. Выговский Г.Н., к.т.н., доц. Громовой А.А., Бушля В.Н.¹

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО ТОРЦОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ СВЕРХТВЕРДЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

В работе проведено сравнение производительности обработки деталей глубинным торцовым фрезерованием инструментами, оснащенным сверхтвердыми материалами и твердым сплавом. Получены амплитудно-частотные характеристики эквивалентной упругой системы в направлении действия составляющих силы резания

Плоские поверхности корпусов механизмов, приборов, опор, рам, станин, изготовленных из чугунов и закаленных сталей составляют до 40% массива продукции станкостроения и химического машиностроения.

Наиболее прогрессивным методом для обработки плоских поверхностей деталей машин является лезвийная обработка, а именно – торцовое фрезерование, которое обеспечивает высокую производительность и оптимальные показатели качества обработки.

В работах отечественных и зарубежных авторов большое внимание уделяется проектированию более совершенных конструкций фрез с комбинированными схемами резания, а также с комбинированными схемами обработки (фрезерование-выглаживание и др.). Перспективным направлением развития конструкций режущего инструмента считается также агрегатно-модульный подход создания компоновок инструмента.

Для черновой, получистовой, чистовой обработки деталей из чугунов и закаленных сталей используют торцовые фрезы, оснащенные сверхтвердыми материалами (СТМ), среди которых: композиты 01, 05, 10, 10Д, 12, киборит. Марка СТМ, форма и размеры режущей пластины выбираются с учетом: 1) свойств обрабатываемого материала; 2) вида обработки (чистовая, получистовая, черновая); 3) схемы резания (последовательная или ступенчатая); 4) способа крепления пластины в корпусе фрезы; 5) технологических особенностей обрабатываемой (закрытой или открытой) поверхности (существование пазов, отверстий).

Ограниченные размеры поликристаллов СТМ не дают возможность их использования для черновой обработки при использовании одноступенчатых фрез. При ступенчатом расположении режущих элементов торцовой фрезы появляется возможность использовать такой инструмент для черновой обработки.

Создание в институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины новых сверхтвердых материалов (киборит-2, кубонито-твердосплавные пластины) с диаметром пластин до 30 мм разрешило выполнять обработку чугунов и закаленных сталей с большой глубиной резания.

Резание с глубиной до 10 мм и более характеризуется большими значениями составляющих силы резания, высокими температурами в зоне обработки и другими негативными факторами, которые выдвигают высокие требования к динамическим характеристикам упругой системы фрезерного станка.

Анализ литературных источников [2–4] показывает, что динамические явления, возникающие при глубинной обработке зачастую не учитываются при проектировании инструмента, что снижает ресурс его работы.

Существенным резервом повышения производительности обработки есть возможность создания новых конструкций торцовых фрез, которые бы позволили объединить несколько операций обработки (черновую, получистовую и чистовую операции) в один проход. При этом необходимым является разработка рекомендаций по выбору конструктивных параметров инструмента исходя из

¹ Житомирский государственный технологический университет, Житомир, Украина

анализа упругой системы вертикально-фрезерного станка.

Внедрение новых конструкций ступенчатых торцовых фрез с распределением припуска по подаче и глубине позволяет повысить режимы обработки до $V = 800...2000$ м/мин, $S_z = 0,05...0,25$ мм/зуб и глубины резания приходящейся на один режущий элемент $t_i = 0,5...3$ мм при обеспечении суммарной глубины резания $t_\Sigma = 6...12$ мм для обработки чугунов.

Целью работы является: сравнение производительности при обработке деталей с большими глубинами резания инструментами, оснащенным сверхтвёрдыми материалами и твёрдым сплавом; определение амплитудно-частотных характеристик эквивалентной упругой системы вертикально-фрезерного станка БР12 в направлениях действия составляющих силы резания.

Авторами были проведены сравнительные расчеты производительности торцового фрезерования инструментом, оснащенным СТМ и твёрдым сплавом.

Производительность обработки измерялась при варьировании следующих параметров:

- 1) диаметр фрезы $D_i = 160, 200, 250$ мм;
- 2) количество режущих элементов $z_i = 12, 18, 24$;
- 3) подача на зуб $S_z = 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25$ мм/зуб;
- 4) суммарная глубина фрезерования $t_\Sigma = 6, 8, 10$ мм;
- 5) для инструмента, оснащенного СТМ, скорость резания $V = 500...1250$ м/мин, для твердосплавного согласно рекомендациям [1].

Анализ полученных данных по производительности обработки показал, что сверхтвёрдый инструмент обеспечивает повышение производительности обработки на 150-200 % по сравнению с обработкой твердосплавными торцовыми фрезами (рис. 1).

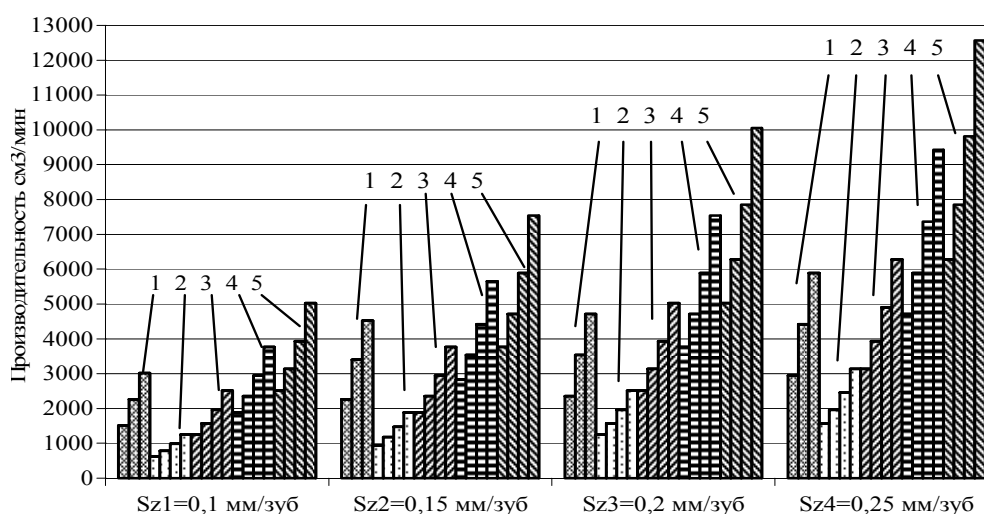


Рис. 1. Сравнение производительности фрезерования инструментом оснащенным СТМ для диаметра 250 мм, $t=10$ мм и конструктивными параметрами (1 – твердосплавная фреза $z=12, 18, 24$; 2 – односпиральная фреза с СТМ, $V=8, 12, 16, 21$ м/с; 3 – двухспиральная фреза с СТМ, $V=8, 12, 16, 21$ м/с; 4 – трехспиральная фреза с СТМ, $V=8, 12, 16, 21$ м/с; 5 – четырехспиральная фреза с СТМ, $V=8, 12, 16, 21$ м/с)

Широкие диапазоны режимов обработки требуют установления их рациональных значений для конкретных производственных задач с учетом обеспечения максимальной производительности обработки при сохранении требуемой стойкости инструмента.

Как известно [2], процесс изнашивания режущих инструментов, оснащенных СТМ, носит механо-адгезионный характер, что зачастую проявляется появлением сколов и выкрашиваний режущей кромки. Данное явление усугубляется импульсным нагружением и другими динамическими явлениями при торцовом фрезеровании.

В зависимости от режимов резания и конструктивного исполнения инструмента данное импульсное воздействие будет проявляться с частотой:

$$f(n, z) = \frac{n \cdot z}{60}, \text{ Гц,}$$

где n – частота вращения инструмента, z – количество режущих элементов.

При совпадении данной частоты $f(n, z)$ с частотой собственных колебаний элементов эквивалентной упругой системы (ЭУС) возникает явление резонанса, что приводит к выкрашиванию и сколам режущей кромки.

Среди наиболее распространенных методов определения ЭУС характеристик является частотные методы. Однако характерной особенностью определения динамических характеристик фрезерных станков является трудность применения частотных методов анализа, при котором ЭУС нагружается по закону гармонических колебаний с варьированием частоты в интересующем диапазоне. Применение частотных методов наиболее близко по характеру нагружения системы полному торцовому фрезерованию, которое на практике встречается при обработке широких протяженных плоских поверхностей. В большинстве случаев обработка плоских поверхностей проводится при неполном торцовом фрезеровании, при котором нагружение ЭУС имеет импульсный характер.

Известно [4], что наиболее точным способом определения характеристик ЭУС является определение зависимости выходного параметра от входного на работающем станке (при резании или при перемещении деталей и узлов станка на холостом ходу). В работе [5] предложено методику определения относительных колебаний заготовки и инструмента в вертикальном и поперечном направлениях в процессе резания. Резонансные частоты узлов станка определялись в процессе фрезерования путем определения смещения заготовки относительно торца шпинделя. Определение продольных колебаний по такой методике невозможно из-за рабочих перемещений стола.

С целью определения рациональных режимов резания проводилось определение частот собственных колебаний ЭУС, при которых для заданной конструкции инструмента частота возмущающей силы и собственная частота узлов ЭУС не накладываются.

Авторами было предложено использовать, в качестве выходной характеристики, составляющие силы резания в процессе торцового фрезерования вместо относительных перемещений. Регистрацию составляющих силы резания проводили при помощи динамометрических измерений.

В ходе экспериментальных исследований, проведенных авторами, использовалась конструкция тензометрического динамометра повышенной жесткости, коэффициенты усиления выходного сигнала которого составляли 13000, 10800 и 14200 для составляющих P_z , P_y и P_x соответственно. В качестве инструмента использовалась торцовая фреза $\varnothing 280$ мм с регулируемым в осевом и в радиальном направлении вылетом режущих элементов, оснащенных гексанитом-Р. Максимальное количество устанавливаемых режущих элементов $z = 12$. Исследования проводились на вертикально-фрезерном станке 6Р12 доведенном до норм повышенной точности.

Расчетами установлено, что при максимально допустимых режимах работы станка и различных конструкциях инструмента значение частоты возмущающей силы не будет превышать $f(n, z) = 100$ Гц.

При определении изменения составляющих силы резания постоянными принимались глубина резания на одном ноже $t_i = 1$ мм, подача на зуб $S_z = 0,25$ мм/зуб, количество режущих элементов $z = \text{var}$, частота вращения шпинделя $n = \text{var}$. Подача $S_z = 0,25$ мм/зуб выбиралась из условия максимального нагружения режущей кромки ножа из СТМ.

Предварительно экспериментально было установлено, что ломающими подачами при однозубом торцовом фрезеровании режущими элементами из гексанита-Р являются $S_z = 0,35$ мм/зуб при $V = 600 \dots 900$ м/мин и $t_i = 0,5 \dots 1,5$ мм и $S_z = 0,3$ мм/зуб при $V = 1000 \dots 1250$ м/мин и $t_i = 0,5 \dots 1,5$ мм.

С целью определения узла технологической обрабатываемой системы, которому соответствует получаемая частота собственных колебаний, проводилось нагружение стола вертикально-фрезерного станка дополнительным грузом $m = 2000$ Н.

В таблице 1 приведен план проведения эксперимента.

Выводы:

1. Анализ полученных данных по производительности обработки показал, что сверхтвердый инструмент обеспечивает повышение производительности обработки на 150-200 % по сравнению с обработкой твердосплавными торцовыми фрезами.

2. Получены амплитудно-частотные характеристики эквивалентной упругой системы вертикально-фрезерного станка 6P12 в направлениях составляющих силы резания.

3. Установлено, что для данных условий проведения эксперимента, имеют место резонансные частоты в диапазоне 1,67...100 Гц. Исходя из этого, возникает необходимость определения рациональных режимов обработки и геометрии инструмента, при которых бы возникали частоты отличные от резонансных.

В дальнейшем планируется определение приведенной массы m_i^* , коэффициента демпфирования h_i^* и жесткости c_i^* данной упругой системы вертикально-фрезерного станка в условиях глубинной обработки инструментом, оснащенным сверхтвердыми материалами, в соответствии с характеристиками применяемого тензометрического динамометра.

Литература:

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

2. Технологические особенности механической обработки инструментом из поликристаллических сверхтвердых материалов / П.В. Захарченко, В.М. Волкогон, А.В. Бочко и др. – Киев: Наук. думка, 1992. – 188 с.

3. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: Справ. / В.П. Жедь, Г.В. Боровский, Я.А. Музыкант, Г.М. Ипполитов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

4. Динамика станков / В.А. Кудинов. – М. Машиностроение, 1967. – 357 с.

5. Клебанов М.К., Муравьев Ю.Д. Динамическая устойчивость вертикально-фрезерного станка // Станки и инструмент. – 1973. – №10. – С. 20-21.

6. Городецкий Ю.И., Маслов Г.В. Исследование спектров резонансных частот и собственных форм колебаний консольных вертикально-фрезерных станков // Станки и инструмент. – 1973. – №7. – С. 3-5.



Мельничук П.П., Лоев В.Е., Головатенко О.В.¹

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРЦЕВЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Обработка плоских поверхностей торцевым фрезерованием, как свидетельствуют исследования ведущих специалистов в сфере резания металлов, вызывает снижение стойкости инструмента в 6...8 раз. В статье проведен анализ причин этого явления, а также разработан способ обеспечения вибрационной обработки поверхностей.

Обработка поверхностей деталей фрезерованием всегда связана с прерывистым резанием, которое присуще большому количеству технологических операций и составляет ориентировочно 40...45% от общего объема лезвийной обработки [1]. Наиболее типичным представителем прерывистого резания является торцевое фрезерование. Наличие на плоских поверхностях деталей пазов, отверстий, углублений, вообще, узкие плоские поверхности разной конфигурации, вызывают прерывистую, без закономерностей, лезвийную обработку. В то же время отличительные явления этого процесса влияют на изменение периода стойкости торцевых фрез, а также на качественные показатели обработанных поверхностей.

Как свидетельствуют результаты опросов многих металлообрабатывающих предприятий, а также проведенный анализ публикаций, обеспечение экономически целесообразной стойкости торцевых фрез, оснащенных СТМ и необходимых качественных параметров обработанных прерывистых поверхностей является актуальной проблемой в машиностроении.

Этот вопрос стоит на повестке дня и потому, что из-за недостаточной изученности и разными взглядами учёных на влияние процесса прерывистого резания на износ инструмента, сдерживается одно из перспективных направлений металлообработки, которое заключается в замене шлифования (из-за известных недостатков этого процесса) на чистовое фрезерование инструментом из СТМ.

На рис. 1. приведены типовые плоские поверхности деталей, которые подлежат обработке с необходимыми для эксплуатации требованиями.

Исследования, целью которых является повышение стойкости инструмента, проводились ведущими специалистами в таких направлениях:

- циклическое влияние механических напряжений на материал инструмента;
- тепловая нагрузка и разгрузка элементов режущего клина;
- взаимодействие инструментального материала с охлаждающей средой.

Согласно исследованиям Д. Кумабе при вибрационном резании сила резания в 3-10 раз меньше, чем при обычном резании [2]. В то же время повышается стойкость инструмента, что достигается только в случае получения определенного уровня амплитуды колебаний инструмента. Этот уровень достигается, как подчеркнуто в работе [3] за счёт специального источника колебаний. Уменьшение силы резания объясняется тем, что в результате кратковременного ее влияния, резец не успевает получить перемещения, которое соответствует статическому приложению этой силы.

В условиях ударного взаимодействия резца с обрабатываемым материалом это перемещение равно:

$$X = \frac{\tau}{T} \cdot \frac{P}{C}, \quad (1)$$

где C – приведенная жесткость резца; T – период колебаний резца; τ – время контакта резца с обрабатываемым материалом (на протяжении периода колебаний).

Из формулы (1) следует, что τ/T выполняет роль коэффициента динамичности. Чем меньше соотношение τ/T , тем меньше X и больше динамический эффект.

¹ Житомирский государственный технологический университет, Житомир, Украина

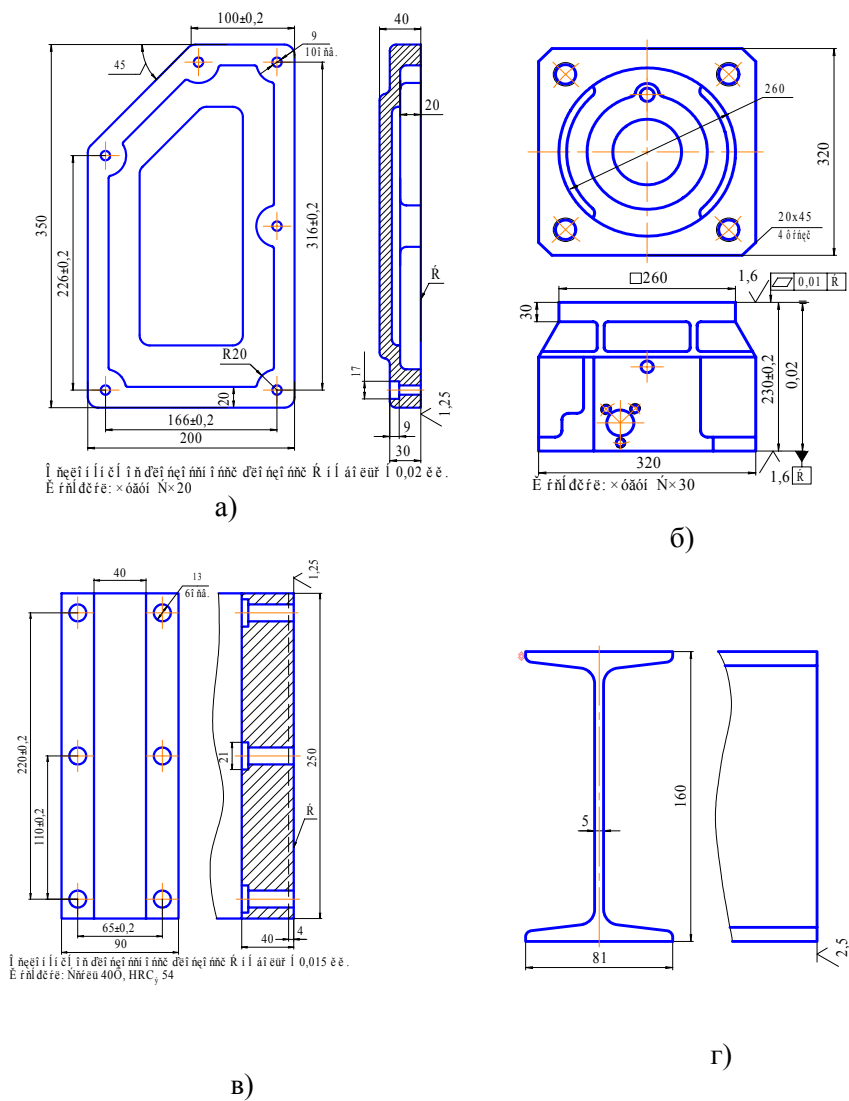


Рис. 1. Формы типовых плоских поверхностей деталей, обработка которых вызывает прерывистый процесс а) крышка; б) стойка; в) плита; г) двутавр

Уменьшая $\tau/T \rightarrow 0$, возможно практически исключить перемещение $X \rightarrow 0$. Это как бы исключает упругие перемещения в технологической системе, которая благоприятствует получению максимальной точности обработки. При этом сила резания может быть такой же, как и при обычном резании. В опытах Д. Кумабе соотношение τ/T устанавливалось равным 0,1, т.е. время контакта резца с обрабатываемым материалом было в 10 раз меньше периода колебаний резца.

В случае вибрационного резания температура также меньше потому, что под действием силы P температура достигает своего максимума не сразу, а через определенный промежуток времени. Если взаимодействие резца с обрабатываемым материалом меньше этого промежутка времени, то общая температура будет меньше чем та, что возникает при обычном резании. Это благоприятствует повышению стойкости инструмента.

Такая совокупность положительных явлений возможна лишь, когда

$$V < 2 \cdot \pi \cdot a \cdot f, \quad (2)$$

где V - скорость резания; a, f - соответственно амплитуда и частота колебаний образца.

При токарной обработке вибрационное резание приводит также к уменьшению толщины стружки и коэффициента ее усадки, а также увеличению условного угла сдвига материала.

$$\beta = 45 + \frac{\gamma - \varphi}{2}, \quad (3)$$

где β - угол сдвига; γ - передний угол инструмента; φ - угол трения на передней поверхности инструмента.

Увеличение угла β , как известно, приводит к уменьшению силы резания. В данном случае это достигается за счет уменьшения угла φ . При вибрационном резании угол трения (или коэффициента трения $f_0 = tg\varphi$) уменьшается, что доказано опытами [2].

Приведенный в работе Д. Кумабе пример обработки, когда время контакта инструмента с обработанным материалом составляет 0,1 периода колебания инструмента, обеспечивает фактическую линейную скорость металла в 10 раз большую скорости резания. Т.е., скорость перемещения стружки по передней поверхности инструмента будет приблизительно в 10 раз превышать скорость резания.

Такое положение говорит о том, что мы имеем дело, практически, с высокоскоростным резанием, однако температурный режим будет значительно лучшим.

Эффективность вибрационного резания состоит в инерционности тепловых и механических процессов, а также снижении интенсивности резания на передней поверхности инструмента.

Кинетическая энергия колеблющегося инструмента равна:

$$W = \frac{m \cdot V_0^2}{2}, \quad (4)$$

где m – приведенная масса; $V_0 = \frac{4a}{T} = \frac{2af}{\pi}$ – средняя скорость колебаний инструмента; f – частота колебаний.

Кинетическая энергия W равна работе резания $W = P \cdot l$,

$$\text{где } l = \frac{m \cdot V_0^2}{2P} = \frac{2m \cdot a^2 \cdot f^2}{\pi^2 \cdot P}. \quad (5)$$

Как видно из приведенного уравнения, чем больше l при заданных значениях амплитуды и частоте колебаний, тем меньше P и выше эффект вибрационного резания.

Можно также сделать вывод, что само вибрационное резание дает возможность значительно увеличить силу резания за счет увеличения площади поперечного среза стружки.

Увеличением приведенной массы m и скорости V_0 в случае больших значений P возможно обеспечить перемещение l , в то время, когда такие условия при обычном резании обеспечить невозможно.

Рассматривая динамику прерывистого резания, следует отметить, что максимальное касательное напряжение τ_{max} определяет тангенциальная составляющая силы резания P_z по зависимости:

$$\tau_{max} = \frac{0,5 \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \beta_1}{a \cdot d} \cdot (P_z - P_y \cdot tg \beta_1) \quad (6)$$

Такая зависимость получена в результате анализа расчетной схемы положения плоскости скола инструмента (Рис. 2) [2].

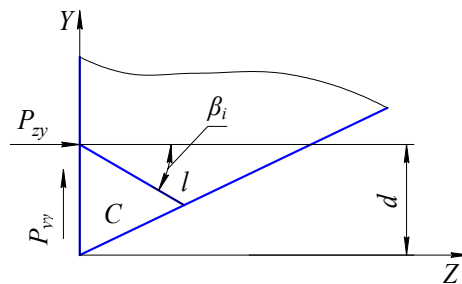


Рис. 2. Расчетная схема

$$P_{zy} = P_z \cdot \cos \gamma' \text{ и } P_{y\gamma} = P_y \cdot \cos \gamma',$$

где γ' – передний угол инструмента; l – длина скола, которая определяется из системы уравнений:

$$\begin{cases} l \cdot \cos \beta_1 = C \cdot \cos \alpha_1 \\ l \cdot \sin \beta_1 = C \cdot \sin \alpha_1 = d \end{cases} \quad (7)$$

где d – расстояние от вершины инструмента до точки прикладывания усилия резания; C – длина скола на задней поверхности инструмента;

после преобразований: $l = d \frac{\cos \alpha_1}{\sin(\beta_1 + \alpha_1)}$; a – ширина режущей части инструмента.

Коэффициент резания $K_{rez} = P_z/P_y$ может быть увеличен до $K_{rez} > 5$. При этом угол $\beta_1 = 45^\circ$. Параметр K_{rez} с одной стороны может улучшать условия стружкообразования. С другой стороны увеличение этого параметра увеличивает напряжение, которое возникает в рабочей части инструмента, и тем самым увеличивает вероятность его разрушения. Очевидно наличие оптимального значения K_{rez} .

При врезании значительно больше возрастает сила P_z , чем P_y , что объясняется отсутствием в первый момент трения стружки по передней поверхности инструмента. Т.е., разница между P_z и P_y максимальная и K_{rez} – максимальный, что благоприятствует появлению τ_{max} . Подтверждением этого явления также служит то, что в момент врезания контакт инструмента с обрабатываемой поверхностью, при его геометрии, приведенной на рис.1, осуществляется вершиной. Параметр d значительно меньший, чем при постоянном процессе резания.

При обработке инструментом, оснащенным СТМ, как рекомендуется в работах [5,6], применяют отрицательный передний угол $\gamma = -8^\circ \dots -10$. В этом случае расчетная схема принимает вид (Рис. 3).

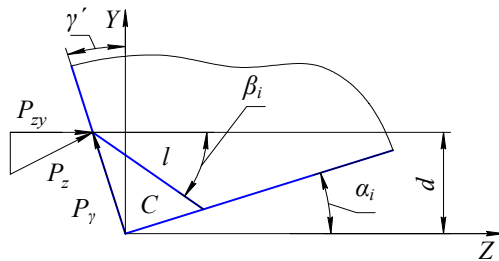


Рис. 3. Расчетная схема при отрицательном переднем угле

В этом случае: $P_{zy} = P_z \cdot \cos \gamma'$ и $P_{yy} = P_y \cdot \cos \gamma'$.

Процесс вибрационного резания заключается в том, что инструменту или заготовке сообщается дополнительное движение кроме основного кинематического движения, предусмотренного для выполнения конкретной операции.

Известно [2], что вибрационное резание возможно обеспечить двумя методами.

Во-первых, за счет введения в систему специального вибратора с направлением вибраций, которое совпадает, как правило, с вектором направления обработки.

Во-вторых, образованием импульсных сил резания без специального генератора колебаний.

Второй метод в приведенной работе [2] рассмотрено на примере обработки абразивным инструментом.

При рассмотрении вибрационного резания большое внимание вызывает колебательная система «обрабатываемая деталь – инструмент» и прежде всего области переходных процессов. Особенностью такого резания есть импульсный характер изменения силы резания, что описывается законом:

$$P_t(t) = \frac{t_c}{T} P_t + \frac{2}{\pi} P_t \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cdot \sin\left(n \cdot \frac{t_c}{T}\right) \cdot \cos n\omega t, \quad (8)$$

где t_c – фактическое время резания за один цикл колебания резца, с; P_t – перпендикулярная (радиальная) составляющая силы резания, Н; T – период колебаний резца, с; ω – круговая частота колебаний резца, рад/с; t – время, с.

$$\text{Кроме того } P_t(t) = M \frac{d^2x}{dt^2} + C \frac{dx}{dt} + kx, \quad (9)$$

где M – приведенная масса детали (или инструмента), Н·с²/мм; C – коэффициент вязкого демпфирования колебаний детали (или инструмента), Н·с/мм; x – перемещение обрабатываемой детали в горизонтальном направлении, мкм; k – коэффициент жесткости детали в горизонтальном направлении, установленный в шпинделе токарного станка (или инструмента).

Д. Кумабе приводит схему способа обработки плоских поверхностей вибрационным резанием.

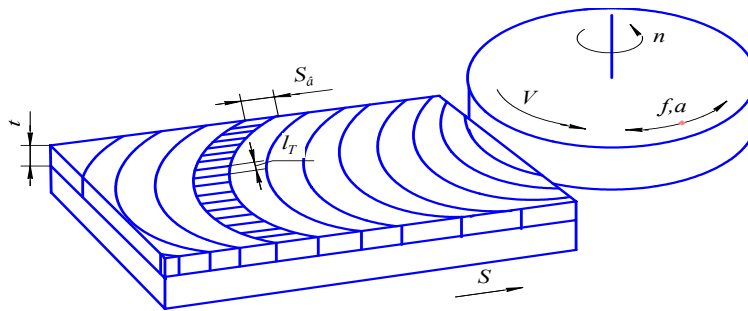


Рис.4. Схема способа обработки плоских поверхностей вибрационным резанием

В случае торцевого фрезерования, схема которого изображена на рис. 4, также необходимо чтобы выполнялось условие:

$$V < 2\pi \cdot a \cdot f.$$

В своих исследованиях [7], Ю.М. Ермаков подчеркивает, что при кратковременном контакте (порядка 0,01с с паузой 0,025с) температура резца не достигает границы красностойкости. Поэтому в инструментальном материале не происходит структурных преобразований. Импульсный характер благоприятствует дроблению стружки и улучшению отвода ее из зоны резания. В разработанных Г.И. Грановским и Ю.М. Ермаковым ([7] и [8]) схемах лезвийной обработки, в зависимости от количества и направлений главных и вспомогательных движений хотя и представлена, как седьмая группа классификационной системы (два вращательных и одно прямолинейное движения), но для обработки плоских поверхностей пока не реализована.

Общие особенности этого процесса согласно работе [4] состоят в следующем:

1. Кратковременные периодические изменения мгновенных скоростей и углов резания:

$$V_v = V_0 \pm \Delta V_v = V_0 \pm \omega \cdot A \cdot \frac{60}{1000} = V_0 \pm 0,12 \cdot \pi \cdot f \cdot A; \quad \alpha_v = \alpha_0 - \Delta \alpha_k - \Delta \alpha_v \cdot \cos \omega \tau;$$

$$\gamma_v = \gamma_0 + \Delta \gamma_k + \Delta \gamma_v \cdot \cos \omega \tau,$$

где ω – круговая частота вибраций; f – частота вибраций; A – амплитуда вибраций; α_0, γ_0 – углы заточки инструмента; $\Delta \alpha_k, \Delta \gamma_k$ – кинематические изменения углов α_0 и γ_0 в результате движения подач; $\Delta \alpha_v, \Delta \gamma_v$ – амплитуды изменения углов при наложении вибраций; τ – время.

2. Изменяющиеся циклические нагрузки на обрабатываемую деталь, что является результатом изменения скоростей и углов резания;

3. Существенное снижение коэффициента и сил трения на площадках контакта инструмента со стружкой и обрабатываемым материалом.

Как указано в работе [5], отмеченные особенности процесса резания улучшают условия работы инструмента. Действие вынужденных колебаний уменьшает силы и температуры резания, которое превращается из непрерывного в прерывистое. Это в свою очередь приводит к изменению стружкообразования, а режущие кромки получают возможность периодического «отдыха» в следствие кратковременного изменения или снятия нагрузок.

В своём подавляющем большинстве изложенные зависимости получены в результате исследований процессов точения прерывистых и сплошных поверхностей.

Исследование вибрационного резания при торцевом фрезеровании не проводилось из-за сложности организации эксперимента.

Нами разработана конструкция сборного режущего инструмента (термин согласно ГОСТ 25751-83 «Термины и определения общих понятий») на основе торцевой фрезы с вращающимися режущими элементами (Рис. 4).

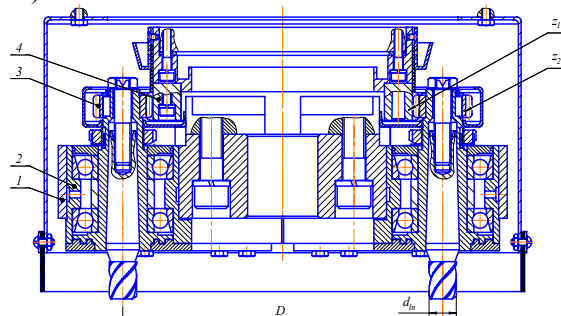


Рис. 4. Конструктивные элементы сборного режущего инструмента

Инструмент состоит из корпуса 1, в котором смонтировано восемь шпинделей 2. Каждый шпиндель через шестерни 3 соединен с неподвижным зубчатым колесом 4, которое жестко закреплено на пиноли шпиндельной бабки станка. В каждом шпинделе закреплена четырёхзубая пальцевая фреза, оснащенная пластинами из СТМ [6] или твердого сплава. При вращении корпуса инструмента жестко закрепленного на шпинделе станка крутящий момент передается на каждый из шпинделей.

В приведённом способе обработки удаление припуска происходит следующим образом (рис. 5).

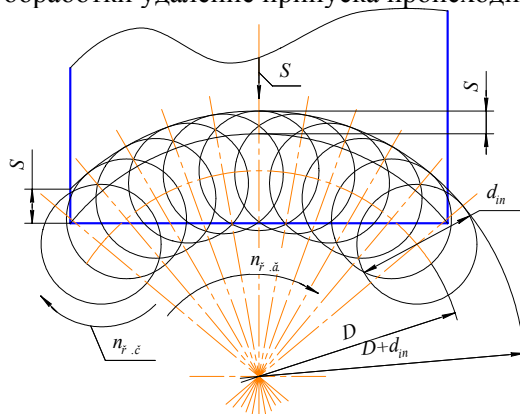


Рис. 5. Схема удаления припуска с двумя главными вращательными движениями
 $n_{ш.г.}$ – количество оборотов главного шпинделя станка; $n_{ш.и.}$ – количество оборотов инструментального шпинделя, $n_{ш.и.} = n_{ш.г.} \cdot z_1/z_2$; S – подача на оборот главного шпинделя; D – диаметр расположения инструментальных шпинделей; d_{in} – диаметр инструмента

Процесс резания состоит из двух взаимосвязанных главных движений: общего вращательного движения корпуса со скоростью вращения шпинделя станка и дополнительной скорости режущего инструмента, закрепленного в шпинделях:

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot n}{1000} \left[D + d_{in} \left(\frac{z_1 + z_2}{z_2} \right) \right], \text{ м/мин} \quad (10)$$

Кинематически обеспечено импульсное резание с количеством импульсов, которое зависит от частоты вращения шпинделя, передаточного числа (z_1/z_2), а также количества лезвий в режущем инструменте. Варьируя этими параметрами, предполагается оптимизировать конструктивные параметры и режимы обработки с целью обеспечения вибрационного резания.

Новый способ обработки плоских поверхностей и инструмент для его осуществления позволит обеспечить равномерность процесса за счет замены прерывистого резания вибрационным.

Литература

1. Подпоркин В.Г., Бердников Л.Н. Фрезерование труднообрабатываемых материалов. Л.: Машиностроение, 1983. - 136с.
2. Кумабе Д. Вибрационное резание. Перевод с японского С. Л. Масленникова /Под редакцией И.И. Портнова, В. В. Белова. Г.: Машиностроение, 1985. - 424с.
3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения /Под общей редакцией Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. В десяти томах. - Т.3. «Резание материалов лезвийными инструментами» - Одесса: ОНПУ, 2003. - 546с.
4. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. - Г. 1970.- 351с.
5. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Э.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. -Мн.: Высшая шк., 1990. -512 с.
6. Инструменты из сверхтвердых материалов. Под редакцией академика НАН Украины Новикова Н.В. - М.: Машиностроение. - 2005. - 555с.
7. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием. - Г.: Машиностроение, 2003. - 272с.
8. Грановский Г.И. Кинематика резания. - Г.: Машгиз, 1948. - 200с.



Kršljak, B.¹

RASECANJE DRVETA TRAKASTIM TESTERAMA

Rezime: Rasecanjem se izrađuju predmeti obrade iz masivnog drveta sa tačno utvrđenim dimenzijama, oblikom i kvalitetom obrade. Ovim načinom obrade izrađuju se grubi, poludovršeni i gotovi predmeti obrade. Ovaj vid obrade je vrlo rasprostranjen u primarnoj preradi i finalnoj obradi drveta.

U radu su obrađena pitanja vezana za elemente režima rezanja, elemente alata i elemente strugotine, koja su vrlo značajna za kvalitet obrađene površine i ekonomiku procesa rezanja.

1. UVOD

Rasecanje drveta trakastim testerama (piljenje) je proces zatvorenog rezanja višesečnim alatima koji rasecaju drvo na zapreminski nedeformisane delove putem pretvaranja dela zapremine drveta u strugotinu (piljevinu) među tim delovima (prorezima).

Po načinu obrazovanja proreza u odnosu na vlakna drveta razlikuju se: rasecanje uzduž vlakna (uzdužno rasecanje), rasecanje poprečno na tok vlakana (poprečno rasecanje) i kombinovano rasecanja (uzdužno-poprečno).

Osnovne tehnološke operacije koje se izvode rasecanjem su: rasecanje trupaca i prizmi, rasecanje prizmi i drugih sortimenata i krivolinijsko rasecanje.

S obzirom na stepen i vrstu obrade obično se drveni predmeti klasifikuju kao grubi, poludovršeni i gotovi.

Grubi predmeti izrađuju se rasecanjem sa odgovarajućim dodacima (odgovarajućom nadmerom) radi dalje obrade (poluproizvodi).

Poludovršeni predmeti izrađuju se rasecanjem a kasnije obrađuju i drugim operacijama (glodanje, bušenje, brušenje i dr.).

Gotovi predmeti (detalji) izrađuju se rasecanjem do te mere da ih je moguće ugraditi u gotov proizvod. Ovi detalji najčešće se izrađuju krivolinijskim rasecanjem.

2. KINEMATIKA GLAVNOG I POMOĆNOG KRETANJA

Trakasta testera vrši glavno pravolinijsko kretanje preko dva točka (pogonski i vodeći) ravnomernom brzinom v_a .

Pomoćno pravolinijsko kretanje vrši predmet obrade konstantnom brzinom u (slika 1b). Pravac pomoćnog kretanja je upravan na pravac kretanja alata.

Parametarske jednačine kretanja alata i predmeta obrade (slika 1c) su: $y = v_a t$ i $x = ut$. Eliminisanjem parametra t dobija se trajektorija rezne ivice sečiva u predmetu obrade $y = v_a x / u$ (1). Kako je $u/v_a = \tan \varphi = \text{const}$, to je trajektorija zuba alata prava linija paralelna brzini rezanja v_r tj. trajektorija svih zuba zaklapa ugao φ sa pravcem glavnog kretanja. Ugao φ u posmatranom slučaju (slike 1b, 1c) je konstantan ugao nagiba trajektorije rezanja sa pravcem glavnog kretanja i menja se u zavisnosti od promene ugla pravca trajektorije rezanja i pravca pomoćnog kretanja θ , odnosno uglom pravca vlakana sa pravcem trajektorije rezanja. Ako je vektor v_a paralelan vlaknima drveta onda je $\theta = \varphi$.

Brzina glavnog kretanja jednaka je obimnoj brzini pogonskog točka $v_a = \pi D n$ (2), gde je D prečnik točka i n broj obrtaja točka. Ova brzina približno je jednaka brzini rezanja $v_a \approx v_r$, jer je brzina glavnog kretanja daleko veća od brzine pomoćnog kretanja.

Brzina pomoćnog kretanja $u = sn = s_z zn$ (3), gde je s pomak za jedan obrtaj pogonskog točka, s_z pomak po sečivu i z broj zuba koji režu za jedan obrtaj vodećeg točka (za jedan radni hod). Pomak za jedan obrtaj vodećeg točka $s = H \tan \varphi_1 = Hu/v_a = u/n$ (4), a radni hod $H = \pi D = zt$ (5), gde je t korak zuba alata.

¹ Prof. dr Bogoljub Kršljak, dipl. maš. inž., redovni profesor u penziji, tel. +381 11 311-0572, e-mail: oljko@sezampro.yu

Broj zuba koji učestvuju u rezanju za jedan radni hod je $z = \pi D/t$ (6).

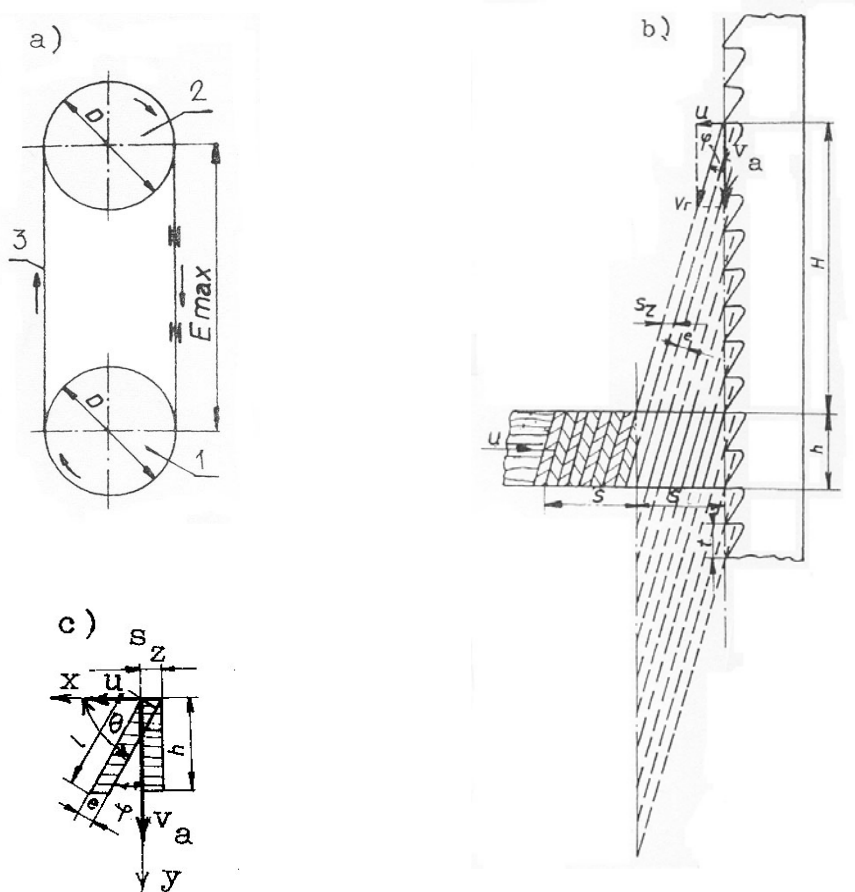
Pomak po obrtaju vodećeg točka je $s = s_z z = H s_z/t$ (7).

Odnos brzina je $u/v_a = \pi n/\pi D n = s_z/t$ (8).

Debljina strugotine je $E = s_z \sin \theta = \text{const}$ (9), pri $\theta = 90^\circ$, $e = s_z$ i $l = h$, gde je l dužina strugotine i h visina proreza, pa je tada površina strugotine $A = el = s_z h$ (10).

Iz odnosa brzina sledi da je pomak po zubu $s_z = ut/v_a = ut/\pi D n$ (11).

Broj zuba koji istovremeno vrše rezanje je $z_1 = h/t$ (12).



Slika 1. Šema rezanja trakastim testerama: a) opšta šema, b) šema obrazovanja strugotine, c) osnovni elementi strugotine

3. POMAK PREMA RADNOJ SPOSOBNOSTI ALATA

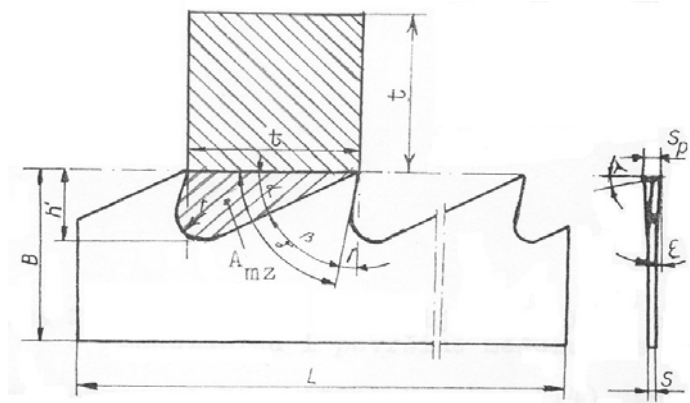
Rezanje trakastim testerama je zatvoreno, pri čemu sva nastala strugotina od jednog sečiva treba da se smesti u međuzublje sve do njegovog izlaska iz proreza (Slika 2). Nastala strugotina u međuzublju alata sabija se, što se iskazuje koeficijentom sabijanja strugotine k_s . Strugotina ne ispunjava celo međuzublje već samo jedan njegov deo, što se izražava koeficijentom ispunjenosti međuzublja k_i .

Površina međuzublja može se odrediti po formuli $A_{mz} = k_p t^2$ (13), gde je k_p koeficijent profila međuzublja koji pokazuje koliko puta je površina međuzublja manja od površine kvadrata strane t , koja je jednaka koraku zuba (Slika 2).

Nominalna zapremina strugotine je $V = beh$ (14), gde je b širina proreza, e debljina strugotine i h visina proreza. Pri radu usled uslova rezanja dolazi do deformacije strugotine u međuzublju pa je zapremina nastale strugotine manja od nominalne $V_s < V$. Odnos $V_s/V = k_s$.

Zapremina nastale strugotine je $V_s = K_s beh$ (15).

Da bi se ostvarilo nesmetano rezanje potrebno je da strugotina ne ispunjava u potpunosti međuzublje, da ne bi došlo do zagušenja. Zapremina međuzublja je $V_{mz} = A_{mz} b$ (16). Odnos $V_{mz}/V = k_i$ naziva se koeficijent ispinjenosti međuzublja. Zapremina međuzublja ispunjenog strugotinom je $V_{mz} = k_i A_{mz} b$ (17). Za nesmetane uslove rezanja treba da je $V_s \leq V_{mz}$, odnosno $k_s b e h = k_i k_p b t^2$ (18). Ako se usvoji da je debljina strugotine jednaka pomaku po zubu $e = s_z$, tada se iz relacije (18) može odrediti veličina pomoćnog kretanja po zubu prema radnoj sposobnosti alata $s_z = k_i k_p b t^2 / k_s h = k_p t^2 / k_\sigma h$ (19). Odnos $k_s/k_i = k_\sigma$ naziva se koeficijent naprezanja međuzublja.



Slika 2. Konstrukтивni elementi alata, zuba i međuzublja i određivanje koeficijenta profila međuzublja i površine međuzublja

Koristeći relaciju (8) može se odrediti brzina pomoćnog kretanja prema radnoj sposobnosti alata $u = v s_z / t = k_p t v_a / k_\sigma h$ (20).

Da bi se proces rezanja nesmetano odvijao potrebno je da širina proreza b bude jednaka ili veća od geometrijske širine S_p (Slika 2). Ovo se može postići razmetanjem ili spljoštavanjem zuba trakastih testera (Slika 3).

Razmetanjem se zubi alata deformišu (naizmenično savijaju) na jednu i drugu stranu od ravni lista. Kod razmetanja zuba razlikuje se veličina razmeta na jednu stranu S' i ukupni razmet $2S'$. Usled vibracije alata stvarana širina proreza je uvek veća od geometrijske širine. Razmetanjem zuba pomera se jedan deo rezne ivice sečiva izvan ravni lista (tela alata). Taj deo rezne ivice intenzivnije je opterećen od ostalog dela (Slika 3a). U skidanju strugotine učestvuju po dva susedna zuba.

Oblik poprečnog preseka strugotine kod rasecanja trakastim testerama sa razmetnutim zubima zavisi od načina rezanja (uzdužno, poprečno). Na slici 3a data je šema proreza i obrazovanja strugotine pri uzdužnom rasecanju trakastim testerama sa razmetnutim zubima. Poprečni presek strugotine razlikuje se za prvi zub koji ulazi u zahvat i za ostale. Za prvi zub poprečni presek strugotine je $A_{r1} = S s_z$ (21), gde je S dužina rezne ivice sečiva i s_z pomak po zubu. Poprečni presek strugotine drugog zuba je $A_{r2} = S s_z + (b-S)s_z = b s_z$ (22), gde je b širina proreza. Poprečni presek strugotine ostalih zuba $A_{r3} = A_{r4} = A_m$.

Rezultanta otpora rezanja F_r za svaki zub deluje izvan ose simetrije lista alata. Zubi sa jedne i druge strane razmeta naizmenično ulaze u prorez. Otpori rezanja obrazuju moment sile za osu alata usled koga nastaju vibracije koje se sa zuba prenose na telo alata.

Spljoštavanje je deformisanje vrha zuba alata kod koga se vrhu zuba povećava širina, odnosno dužina rezne ivice (Slika 3b). Na taj način stvara se mogućnost dobijanja šireg proreza od lista alata i omogućava nesmetan prolaz kroz prorez. Kod trakastih testera sa spljoštenim zubima (Slika 3b) poprečni presek strugotine je $A_s = b s_z$ (25), i isti je za sve zube.

Razlika u preseku strugotine pri rasecanju trakastim testerama sa razmetnutim i spljoštenim zubima dovode do sledećeg:

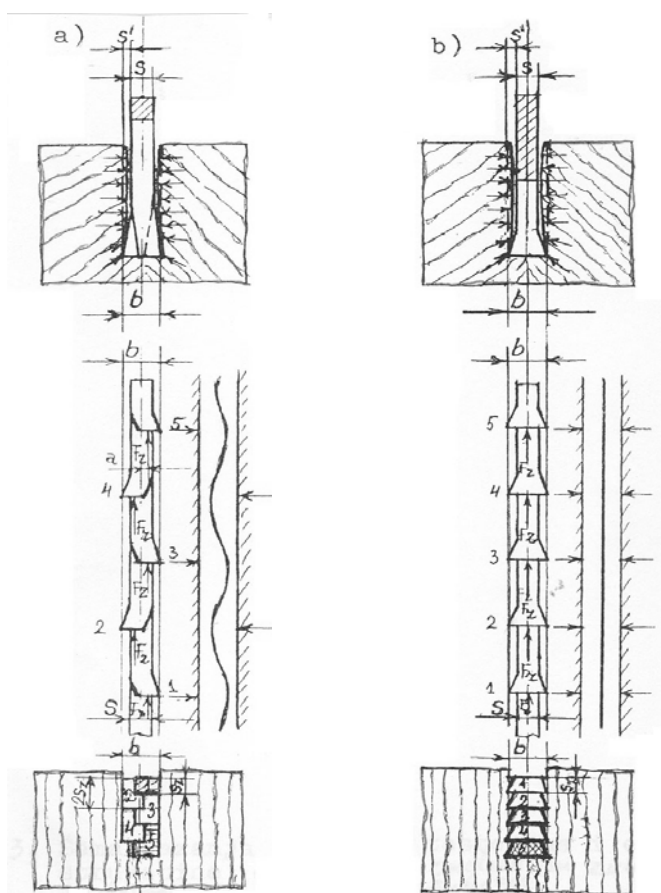
Pri jednakom pomaku po zubu, srednja debljina strugotine pri razmetnutim zubima alata $e_r = A_r / S = b s_z / S$ (24), dok je srednja debljina strugotine pri spljoštenim zubima alata $e_s = A_s / b = b s_z / b = s_z$ (25). Kako je širina proreza veća od debljine lista $b > S$ to je $e_r > e_s$. Iz istih razloga vreme rezanja testerom sa razmetnutim zubima je manje od vremena rezanja testerom sa spljoštenim zubima pri istim ostalim uslovima obrade.

Kod testera sa razmetnutim zubima pomak u zidu proreza je $2s_z$, a pri spljoštenim zubima je s_z , pa je hrapavost proreza veća jer je dužina otkidanja vlakana drveta od zida proreza veća. Usled razlike u pomaku po zubu sila trenja između lista alata i zidova proreza pri razmetnutim zubima veća je od sile trenja pri spljoštenim zubima, jer je razmetnuta bočna ivica zuba u kontaktu sa zidom proreza na dužini $2s_z$, a spljoštena rezna ivica zuba u kontaktu sa zidom zuba proreza na dužini s_z .

Testere sa spljoštenim zubima manje se deformišu od testera sa razmetnutim zubima jer sila rezanja po zubu deluje u osi lista (Slika 3b). Sila rezanja po zubu pri razmetnutim zubima deluje van ose lista alata i za osu lista stvara moment $\pm aF_r$, koji naizmenično deluje na list alata i izaziva deformaciju i vibracije testere u prorezu (Slika 3a).

S obzirom da su testere sa spljoštenim zubima stabilnije od testera sa razmetnutim zubima to one mogu biti manje debljine lista, a time im je i širina proreza $b_s < b_r$, čime se uvećava korisna masa drveta. Pored toga umanjuje se snaga za rezanje i zapremina drveta pretvorena u strugotinu. Smanjenjem potrebne

snage za rezanje pri spljoštenim zubima alata daje mogućnost uvećanja koraka zuba alata (tj. $t_s < t_r$), čime se uvećava zapremina međuzublja i poboljšavaju uslovi smeštaja strugotine, odnosno uslovi rezanja. Poboljšanjem uslova rezanja povećava se postojanost alata što direktno utiče na ekonomiku procesa rada.



Slika 3. Šema rezanja trakastim testerama i elementi strugotine: a) testere sa razmetnutim zubima, b) testere sa spljoštenim zubima

Smanjenjem broja spljoštenih zuba alata (usled većeg koraka) smanjuje se vreme oštrenja alata i trošenje tocila za oštrenje u odnosu na alate sa razmetnutim zubima, pa je vreme za održavanje alata manje.

4. ZAKLJUČAK

Na ostvarenje kvaliteta rasečene površine i ekonomiku procesa rezanja, pored optimalnog izbora elemenata režima rezanja, bitan uticaj ima oblik sečiva i način pripreme reznih elemenata (razmetnuti zubi, spljošteni zubi) alata.

LITERATURA

- [1] Beršadskij L. A., Cvetkova I.N., Rezanje drevesini, Višejšaja škola, Minsk, 1975.
- [2] Hrulev M. V., Martinov J.K., Lukačev S.V., Šutov M. G., Derevjannie konstrukcii i detali, Strojizdat, Moskva, 1995.
- [3] Kršljak B., Mašine i alati za obradu drveta III, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.

Abstract

Various objects of massive wood are fabricated through sawing to exactly defined dimensions, shape and quality of processing. Through this form of processing coarse, half-finished and finalized items are produced. This form of processing is very wide-spread in primary and final woodworking.

This paper assesses questions related to the elements of the regime of cutting, cutting-tool elements and wood chip elements that are very significant to the processed surface quality and the economics of the cutting process.



ВАРИЈАНТЕ НОЖЕВА ЗА ОБРАДУ ИНФРАСТРУКТУРНИХ ОБЈЕКТА И ЊИХОВА ГЕОМЕТРИЈА¹

др Аранђел Бабић, мр Горан Миодраговић, Александра Петровић, Немања Илић²

Резиме

Уважавајући спецификацију функционалних захтева која се поставља пред алате за обраду инфраструктурних објеката, анализира се реализација система алата, која се заснива на модуларном принципу. Сагледавајући варијантност ножева и система алата, који се користе на различитим машинама при извођењу разних захвата при обради инфраструктурних објеката, у раду се анализира геометрија ротационих диск ножева, ротационих глодачких глава и ножева са врхом од тврдог метала који се користе код глодачких глава и добоша у циљу идентификације основних геометријских параметара, који поред карактеристика машина и карактеристика подлоге утичу на ефикасност обраде инфраструктурних објеката.

Кључне речи: алати, инфраструктурни објекти, геометрија алата

1. УВОД

У циљу максималног искоришћења предности механичког ископавања материјала, у смислу повећања продуктивности, смањења трошкова, аутоматизације, стабилне цене производње, као и сигурнијег радног окружења, потребно је размотрити радни режим машина под одређеним околностима.

Параметри који утичу на радне карактеристике машина за механичку обраду инфраструктурних објеката, могу се сврстати у следеће групе:

- Физичке карактеристике материјала подлоге,
- Геолошке карактеристике материјала подлоге,
- Врста алата,
- Резна геометрија,
- Техничке карактеристике машине,
- Параметри операција

2. ОБЛИЦИ НОЖЕВА СИСТЕМА АЛАТА

Један од одлучујућих аспеката за било који механички систем за обраду инфраструктурних објеката је систем резног алата, који продире у материјал подлоге под одређеним притиском и обртним моментом које обезбеђује машина.

Геометрија и отпорност на хабање имају значајан ефекат на трансформисање енергије и достизање потребне дубине продирања алата у подлогу. Два главна фактора резне геометрије, у зависности од типа ножа, су размак резних врхова и дубина пенетрације. Њихов однос, заједно са типом ножа и својствима подлоге управљају ефективношћу процеса резања.

Типови ножева који се уграђују у наведене групе система алата су:

1. Ротациони дискови, слика 1.а. су најчешће коришћени котрљајни ножеви за ТБМ машине (машине за израду тунела). Овај тип алата има највећу ефективност све док је контакт алата и подлоге у облику мале ивице.
2. Ротационе резне главе, слика 1.б. тзв дугмичасти или јагодичасти алати. Ови алати се користе код операција дубоког простругивања и обраде отвора. Први разлог за њихову примену, код ових

¹ Рад се реализује у окиру пројекта MNTR TP-6345A: «Развој специјалних глодачких глава за обраду путних и железничких инфраструктурних објеката» који финансирају Министарство науке и животне средине Републике Србије и CORUN, а.д. Ужице.

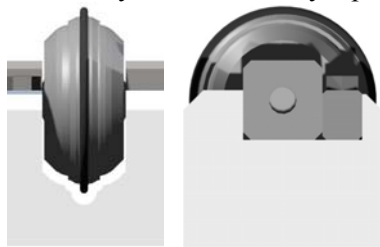
² Проф. др Аранђел Бабић, дипл. инж. маш. e-mail: babic.a@maskv.edu.yu, мр Горан Миодраговић, дипл. инж. маш. e-mail: miodragovic.g@maskv.edu.yu, Александра Петровић, дипл. инж. маш. e-mail: petrovic.a@maskv.edu.yu, Немања Илић, дипл. инж. маш. e-mail: ilic.n@maskv.edu.yu, Машински Факултет Краљево, 36000 Краљево, улица Доситејева 19, тел/факс. +381 36 339-794

операција, је у времену трајања операција простругивања, у смислу одсуства потребе за честим мењањем алата. У дубоком стругању или обради отвора, сви притисци и снага се трансформишу кроз носач алата, подједнако ограничавајући оптерећење на појединачним ножевима на глави алата.

3. Резне главе за чеону обраду, слика 1.в.представљају систем алата на бази резних глава за чеону обраду се најчешће користи у захватима бушења отвора било на ТВМ машинама било на специјалним конструкцијама за израду отвора.

4. Радијални ножеви, слика 1.г. који имају ограничену примену на обраду мекших подлога и мање абразивних материјала. Непрекидно вађење руде, подсецања дугачких зидова и рударење из окна су типична механичка ископавања где се радијални ножеви могу користити за резање мекшег материјала. Радијални ножеви су веома ефикасни и у исто време остетљиви на хабање. И најмање видљиво хабање на врху алата може повећати захтевану (потребну) номиналну силу 2 до 3 пута.

5. Аксијални ножеви, који се најчешће користе за континуално рударење (вађење руде) и подсецања код подлога од тврђих материјала у односу на радијалне ножеве као и код глава за обраду путних подлога. Они имају већу отпорност хабању (трајнији су) од радијалних ножева и имају својство само-оштрења, што им даје предност за дужи век резања у поређењу са радијалним. У поређењу са обртним ножевима, конични ножеви немају економичну примену за обраду стеновитих подлога које имају притисну чврстоћу већу од 80 МПа, због појаве отказа услед пространог хабања или недовршене структуре. Подлоге са повишеном чврстоћом могу се обрађивати коничним ножевима, уколико је стеновита маса значајно ослабљена постојањем спојева, фрактура или слојевитости. Они се даље могу поделити на: ударне, слика 1.д. и резне, слика 1.ђ.



1.а. ротациони дискови



1.б. ротационе резне главе



1.в. резне главе за чеону обраду



1.г. радијални ножеви



1.д. аксијални ударни ножеви



1.ђ. аксијални резни ножеви

Слика 1. Варијанте ножева за обраду инфраструктурних објеката

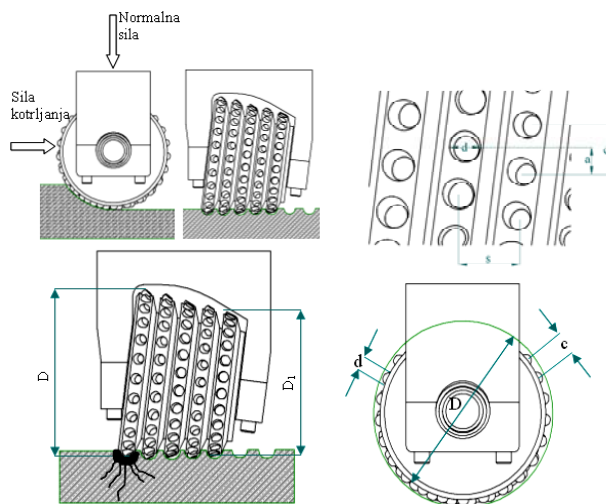
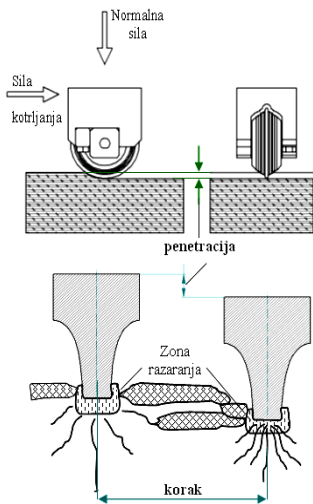
3. АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИЈЕ РЕЗАЊА

Системи алата обезбеђују трансмисију енергије са машине на подлогу у циљу њеног ломљења и уситњавања. Последица овога је да, карактеристике геометрије и отпорности на хабање имају значајан ефекат на трансформисање енергије и достизање нивоа продирања. Два главна фактора резне геометрије, у зависности од типа ножа, су размак и дубина пенетрације. Њихов однос, заједно са типом ножа и својствима подлоге (стене) управљају ефективношћу процеса резања.

Геометрија резања појединачних диск ножева се дефинише пречником диска и профилом резне ивице. Размак и дубина резања по обрту резне главе дефинише ефикасност резања диск ножева.

Продирањем ножа у подлогу, испод њега се развија зона разарања. Како притисак, у зони разарања, наставља да расте, формирају се радијалне пукотине и преносе се даље на подлогу. Када се једна или више од тих пукотина сусретну са суседним резом, ослобађа се струготина што је приказано на слици 2.а.

Геометрија ротационе резне главе, се односи на пречник ножа, величину дискова, растојање између редова уметака и висине уметака у носачима, слика 2.б. Принцип уситњавања подлога, овим ножевима, је сличан као и код диск ножева, само што се формирају знатно ситнији комади подлога које се обрађују.

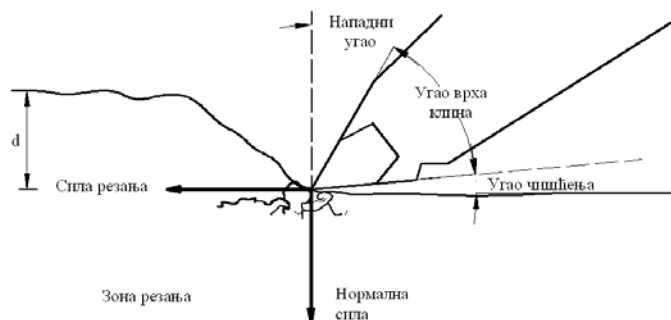


Слика 2.а. Принцип рада ротационих дискова

Слика 2.б. Параметри обраде ротационе резне главе

Слика 2. Принцип рада ротационих дискова и параметри обраде ротационе резне главе

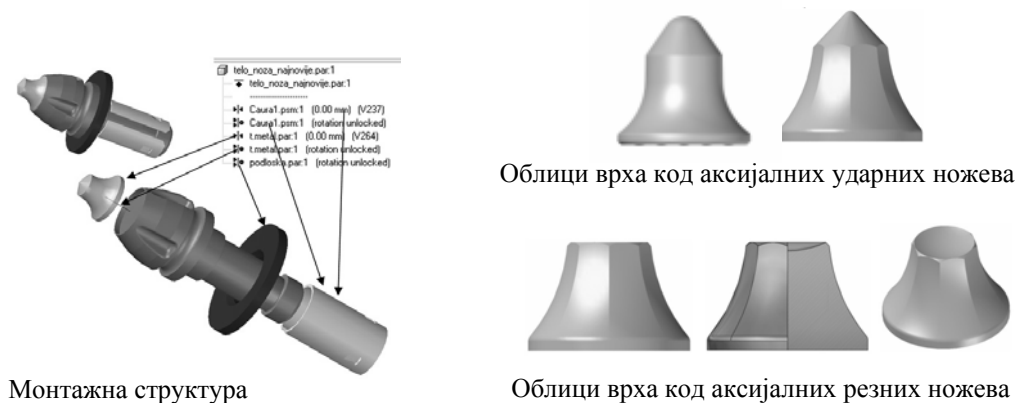
Радијални ножеви се описују са неколико својстава који одређују на који начин се врши „резање“ (обрада) подлога инфраструктурних објеката. Слика 3., приказује нека од тих својстава. Врх алата је генерално раван са помоћним (ослабајајућим) угловима са стране. Разлог за ово је смањење трења и отпорност при обради подлога које се режу. Угао нагиба представља угао између лица врха и држача. Позитивни угао нагиба ће обезбедити много агресивније резање али ће проузруковати и слабљење врха алата ножа. Угао од 0° се најчешће користи за различите услове обраде. Негаитви угао чува врх ножа током компресије приликом резања, чиме се смањује ризик од лома. Угао чишћења, је угао између чела и ивице врха ножа. Поред углова, значајан фактор за разматрање геометрије су облик и димензије ТМ. Лице радијалних ножева су у облику В израза и састоје се из две равне или закривљене површине. Закривљене површине дају јаче продирање у подлогу и користе се за теже услове обраде.



Слика 3. Геометрија резања радијалних ножева

Аксијални ножеви ударног типа за обраду путних подлога су пројектовани за интензивне нивое хабања. Пројектовани ниво хабања главе ножа мора да испуни специфициране услове експлоатације. Услови се огледају најчешће у површини објекта који треба да буде обрађен при прописаним режимима резања. Специфичност обраде је да се тело ножа у носачу окреће око своје осе. Приликом окретања, глава ножа са врхом од тврдог метала се равномерно хаба па је отуда и век ножа знатно дужи. Успостављена кинематика обраде захтева посебне услове у моделовању глодачких алата. Поред основних сила резања/продирања морају се увести и додатне силе које уведу ротацију ножа у носачу. Ово условљава да се носач држача на глави односно добошу постави у положај који омогућује увођење додатних сила. Ефикасност и сила резања ових ножева зависи од облика врха ножа од ТМ. Геометријски параметри који се узимају у обзир су димензије ТМ, пречник основе, угао конуса (врха) и облик тела.

Код аксијалних резних ножева пошло се од облика резне ивице ножева за обраду метала рендисањем и то у првом реду за грубу обраду. Примењујући ову логику, потребно је на врху ножа од тврдог метала уместо коничног врха поставити конкавну калоту. На овај начин се формира резна ивица врха ножа. Ротација ножа у држачу значајно смањује активне силе које на врх у поређењу са стањем које јавља код ножева са коничним врхом. Смањење силе резања које је генерисано дејством врха са резном ивицом дозвољава да се много тврђе и абразивније подлоге секу без трошења врха. На слици 4. су приказани монтажна структура која обезбеђује ротацију ножа у држачу и облици врха од тврдог метала код аксијалних ножева.



Слика 4. Аксијални ножеви и облици тврдог метала

Димензионо мањи врхови ножа са оштријим углом (60° до 70°) се користе за лакше услове рада, односно за мекше подлоге као што су гипс, угаљ, со. Већи углови (70° до 75°) се користе за теже услове, тврђе подлоге као што су пешчари, кречњак, силикатне подлоге. Нападни угао α код ножева са коничним врхом има главну улогу у постизању ефикасности резања и радном веку алата. Нападни угао дефинишу нормална сила F_1 и отпор резања F_2 .

4. ЗАКЉУЧАК

Након груписања захвата у операције за обраду на инфраструктурним објектима и идентификовања типских система алата, [1], у овом раду се дају основни типови алата који се примењују у поменутих системима алата.

Детаљније је дат приказ геометрије код ротационих диск ножева, односно ротационих глодачких глава, и код радијалних и аксијалних ножева. Идентификовани су основни геометријски параметри, који поред карактеристика машина и карактеристика подлоге утичу на ефикасност обраде инфраструктурних објеката.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабић, А., Миодраговић Г, Петровић А., Систем анализа система алата машина за обраду инфраструктурних објеката, Часопис Института ИМК „14. октобар“, Крушевац, број (22-23) 3-4/2005, стр. 169.175.
- [2] Бабић, А., Миодраговић Г., Интегрисано пројектовање производа/процеса и монтаже на примеру глодачких добоша путних глодалица, 16 Симпозијум CAD/CAM, Београд, 2003. зборник радова објављен на CD-у.
- [3] H. Copur, L. Ozdemir, J. Rostami: Roadheader applications in mining and tunneling industries, Earth Mechanics Institute, Colorado school of mines, Golden, Colorado, 80401

Abstract:

According to specifications of functional demands that stands in front of tools for infrastructural objects processing, realisation of tool systems is analyzed, which is founded on modular principle. Using variant tools and tool systems, that are used on different machines during performing various engagement of infrastructural objects processing, in this paper are analyzed geometry of single disc cutters, button cutters and picks that are used at roadheaders and milling drums with aim to integrate basis geometry parameters, whereby machine characteristic and ground characteristic affect on efficacy for infrastructural objects processing.

SOME CONSIDERATIONS REGARDING FRICTION PROCESSES IN SHEET METAL FORMING

Liviu Coman¹

Abstract: As it is known, sheet metal forming consists of deformation processes in which a steel sheet is shaped by dies or other tools. The performance of sheet metal forming processes depends on the characteristics of the type of forming processes, the type of metal sheet, the active elements material, the friction conditions at the die-sheet interface, the plastic deformation range and the requirements for the final product. In this paper the focus will be concentrated upon the friction mechanisms which may appear in contact area between the die and the metal sheet, especially on adhesive and abrasive wear.

1. INTRODUCTION

Friction plays an important role in sheet metal forming processes. In order to operate the deep drawing process well, it is necessary to control the friction between the tool and the sheet. Therefore it is important to understand the influence of parameters like speed and pressure and lubricant properties on the friction during sheet metal forming.

Most metal forming processes are characterised by heavy conditions of sliding friction in the contact between workpiece and forming tool. High normal pressures in combination with large surface expansions cause large real contact areas with very little space for lubricant pockets. As a result, lubricant films and layers are severely stressed in sliding contact. The possibility to renew and heal the surface layers is very low. Such tribological conditions cause adhesive wear to be the predominant reason for failure in many forming processes. The appearance of adhesive bonds up to local weldings increases through the occurrence of high energetic conditions under friction. The amount of energy applied to the contacting particles without interruption is influenced significantly by the duration of local contacts. Thus, the relation of real to nominal contact surface and sliding velocity are main tribological conditions influencing adhesive wear. Lubricants that are adhesive wear-resistant have to be able to form stable surface layers with outstanding properties to avoid metallic contact between tool and workpiece and to reduce sliding friction.

2. WEAR MECHANISMS IN SHEET METAL FORMING



Figure 1. Material transfer

Wear is the gradual removal of material from contacting surfaces in relative motion. Similar to the mechanism of friction, these are three basic wear mechanisms that are distinguished in the classification of wear in sheet metal forming: adhesive wear, abrasive wear and tribo chemical wear.

Generally, more than one single mechanism occurs at the same time. However, there is generally a primary mechanism that determines the material removal rate. In sheet metal forming adhesive wear is the most critical wear mechanism. In general, adhesive wear is identified as scoring, galling, seizing and scuffing. These terms are used depending on type of application and type of appearance. Although adhesive wear has a wide range

¹ Dpt. Professor Ph.D., Romania, University of Resita, Faculty of Engineering, e-mail: l.coman@uem.ro

of appearances, it is defined as wear by transference of material from one surface to another during relative motion due a process of solid-phase welding. During adhesive wear particles that are removed from one surface are either permanently or temporarily attached to the other surface. Due to work hardening this transferred material scratches the sheet causing sheet surface damage and an increase in friction (galling).

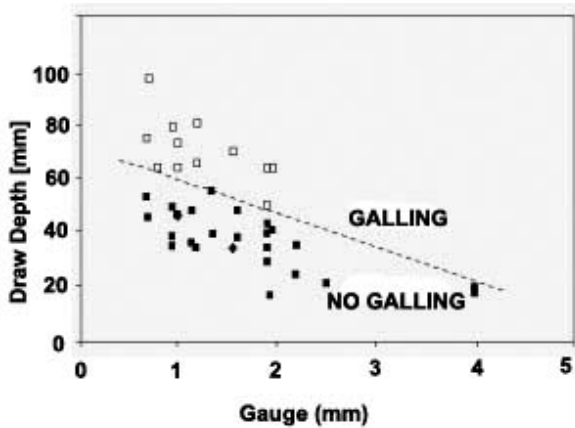


Figure 2. Galling as a function of draw depth and material gauge

It was revealed [3] that galling tendency is a function of the draw depth and part gauge (fig.2). This is understandable, because the larger the draw depth and the thicker the sheet material, the higher the contact friction and forming forces. Galling occurred predominantly in two stages of the multistage press operation: deep drawing and flanging-wiping. This allowed the identification of galling tendencies at the design stage, giving scope for preventive action.

To reduce the adhesive wear, two types of solutions are proposed:

- ◆ separating the surfaces by adding a lubricating film between the sliding surfaces;
- ◆ changing the chemistry of either one or both of the surfaces to lower the adhesion between the sheet and

the tool surfaces.

Abrasive wear occurs when one hard surface (usually harder than the second) cuts material away from the second soft surface. Due to deformation hardening, the transferred particles from adhesive wear may result in a transition to abrasive wear. In those cases when tool has a significant roughness, the asperities can induce scratches on the metal sheet surface.

Tribo chemical wear mechanisms comprise a combination of mechanical and thermal processes occurring at the interface and the surrounding environment. For example, tribo induced oxidation, resulting in the formation of oxide based tribo film, is frequently observed in the sliding contact against metals. In general, tribofilm formation is promoted by the frictional heat and the generation of fresh metal surfaces and wear particles.

3. SOME EXPERIMENTS REGARDING FRICTION IN SHEET METAL FORMING

To measure friction under conditions of sheet metal forming processes, a special test rig as shown in fig. 3 has been built. A strip of sheet metal is clamped in a tensile tester. In this way it is possible to deform the strip elastically and plastically in a well controlled way. A friction measuring unit which is mounted on a spindle moves along the strip. The spindle is driven by a stepping motor. The unit consists out of a rotating and a stationary cylinder. The support of the rotating cylinder can move relatively to the main support by means of steel blade springs. The strip is placed between these cylinders. The normal force is applied by means of an air pressurized bellows. Piezo electric force transducers measure the normal and the friction force.

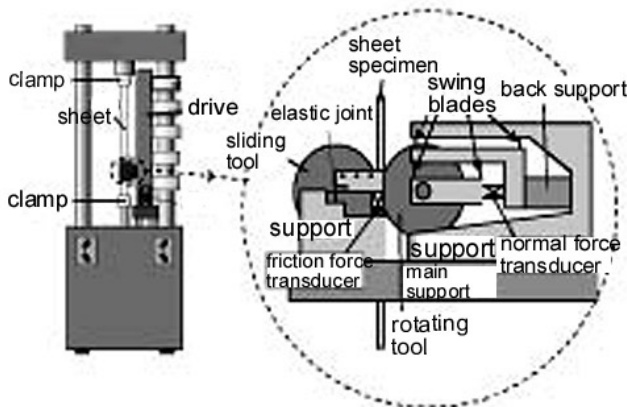


Figure 3. The friction measuring device

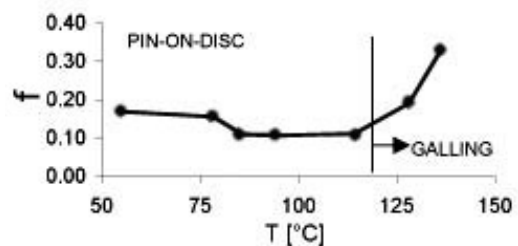


Figure 4. Critical temperature for tested lubricant

Pin-on-disk friction tests (one rotation) performed with a solution of 0,5 % friction modifier in white oil show a critical temperature T_{cr} of about 120 °C (fig. 4). T_{cr} is related to desorption of the boundary layer; above T_{cr} , galling instantly occurs.

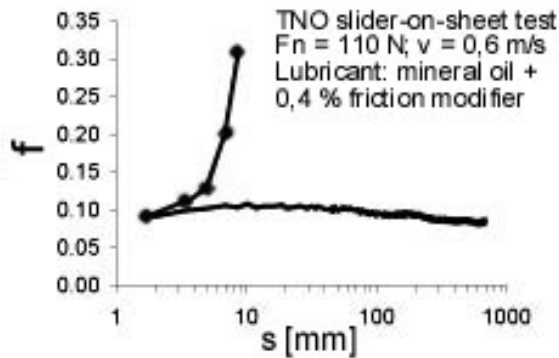


Figure 5. Friction as a function of sliding distance, untreated WN1.2379 - \blacklozenge - and DLC coated WN1.2379

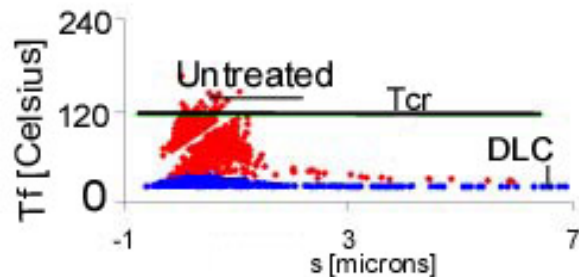


Figure 6. Flash temperature, at the individual asperities, as a function of the asperity height.

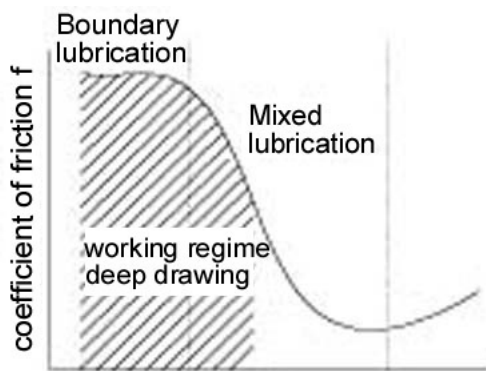


Figure 7. Stribeck curve

Experiments [1,2] are performed at sheet metal forming conditions, with lubricant and (coated) tool steel. Galling is clearly observed for untreated WN 1.2379 whilst the WN 1.2379 with a Diamond like Carbon (DLC) coating shows no galling (fig.5). Calculated flash temperatures, T_f , at the individual tool asperities in contact with the sheet are shown in fig. 6. These calculations show that in the coated situation the local temperatures do not exceed T_{cr} .

On the other hand, measurements show that deep drawing mostly occurs in the boundary lubrication regime and in a part of the mixed lubrication regime. This is schematically shown in fig. 7 which represents a Stribeck curve. In the generalized Stribeck curve the coefficient of

friction is plotted as a function of L in which η_{inl} is the lubricant viscosity, U_{sum} the sum velocity, p_{mean} the mean contact pressure and R_a the surface roughness.

4. WAYS TO FRICTION CHANGE

How does the coefficient of friction change when the dies are chrome-plated: increase (less slippery), stay the same or decrease (more slippery)? Most tool and die makers say the coefficient of friction decreases and the tool becomes more slippery when the surface has been chrome-plated.

The truth is that all three answers can be correct. The hardness of the tool surface determines wear resistance. In contrast, the coefficient of friction of the tool surface is determined by the roughness of the tool coating, the roughness of the sheet-metal and the lubricant placed between the two surfaces. For example, if the tool surface and the sheetmetal surface are isolated with a sheet of polyethylene, the roughness of the two surfaces does not matter. The coefficient of friction depends on the shear strength of polyethylene sheet.

One must separate the effects of the two mechanical characteristics. Hardness of the die or the die surface affects the wear of the surface. The morphology or profile of the die surface affects the coefficient of friction. Thus various combinations of die hardness and friction can be obtained. The general rule of die finish is to make one surface smooth (so the asperities of the other surface can slide over the smooth surface) and the other surface rough (to bring lubricant into the deformation zone). If both surfaces are rough, the asperities would interlock, break off, have high coefficient of friction, etc. The other extreme is just as bad. If both surfaces are very smooth, no lubricant is brought into the deformation zone and galling and scoring can accompany the resulting high coefficient of friction.

Since normal sheetmetal is considered rough in terms of peak height and count, the goal is to make the die as smooth as possible. If, however, the sheet to be formed is highly polished, the tool and die maker either creates a rough die or separates the two surfaces with a solid lubricant film such as polyethylene sheet.

The adhesive backed polyethylene sheet often is placed on the sheet after surface polishing to protect the surface during handling and shipment. When oiled the polyethylene sheet becomes an excellent metalforming lubricant.

Normal die preparation involved polishing the dies to a 2,4-micrometer finish. A study [3] of the existing process found that dies prepared this way required repolishing when roughness reached 4,5 μm because of splitting and poor quality.

Die preparation and surface treatments, Die material D2A					
Coating	Application method	R_a^* (μm)	R_a^{**} (μm)	Hardness (H_n)	Thickness (μm)
TiCN	PVD using a low voltage electron beam	1,22	1,24	3,0	4
Hard-Cr	Electrodeposition	1,24	1,45	1,2	50
CrCN	Fluidized-bed diffusion	1,31	1,31	2,0	90

*Pretreatment; **Post-treatment

Table 1. The die's surfaces characteristics coated with three coatings.

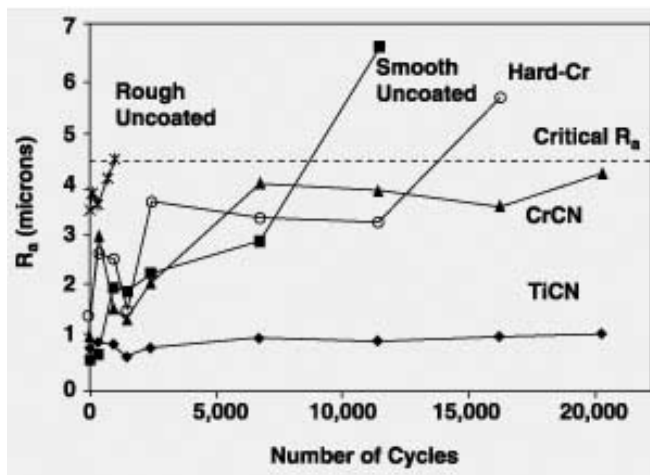


Figure 8. Roughness variation with the number of cycles

5. CONCLUSIONS

Sheet metal stamping is one of many processes prone to galling, a form of wear. Galling occurs when metals with dissimilar hardness (the die and the sheet metal) come in contact at high speeds and pressures. Galling begins at tool defects such as notches or scratches and eventually develops into hard protrusions on the tool surface. These protrusions gouge the sheet material.

Because all large production tools in industrial sheet metal forming contain defects, material transfer is unavoidable. Die roughness undoubtedly influences galling, but various surface treatments have been used to reduce the galling tendency of a particular problem production part. Initiation of material transfer is controlled by the critical temperature of the boundary layer. Galling is characterized by three stages: an increase in roughness as material transfer is initiated; a stable period during which a transfer phase is established; a dramatic increase in roughness as the transfer layer reaches a critical stage and large material accumulation becomes possible.

REFERENCES

1. Heide, E.v.d., Masen, M.A., Rooij, M.B., Schipper, D.J., **Failure of Sheet Metal Forming Tools due to Adhesion**, electronic magazine, Internet source, 2002;
2. Heide, E.v.d., et al, **WEAR**, 251/1-12, p 973-979, 2001;
3. Hodgson, P., Kelly, G., Fabijanic, D., Cardew-Hall, M., **Galling reduction through die surface treatment**, Stamping Journal, electronic edition, March-April 2003;
4. Keeler, S., **Chrome-Plating Your Dies - Friction Change?**, The Science of Forming, Metalforming Magazine, electronic edition, January 2002.

For this trial, a die with four symmetrical problematic sections was selected. A different finish was used on each of the four sections. The die surfaces were polished to a smoother finish (table 1) before coating. One surface was left uncoated as a control. Three different hard coatings - TiCN (titanium carbonitride), Hard-Cr (hard chrome), and CrCN (chromium carbonitride) - were used on the other surfaces. Sample parts were collected at intervals during the trial, and the average roughness of each section was measured.

All three surface treatments improved the galling resistance of the die. The CrCN and TiCN coated dies did not exceed the critical average roughness in the trial, although the CrCN was close after 20000 cycles. While improving the surface finish of the die increased the die life by a factor of 7, Hard-Cr, CrCN, and TiCN coatings increased the die life by factors of 12, 20, and more than 20, respectively (fig.8).



M. Perušić, B. Pejović, V. Mičić¹

O JEDNOJ MOGUĆNOSTI PRIMENE LAGRANGEOVIH POLINOMA KOD EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA FUNKCIJA OBRADLJIVOSTI

Rezime

U radu je polazeći od Lagrangeove ideje za određivanje stepena aproksimativne funkcije, ista prikazana u obliku polinoma za karakterističnu funkciju obradljivosti u nauci o rezanju metala. Ovo je omogućilo da se na efikasan način dođe do nepoznatog odnosno izgubljenog rezultata eksperimenta kao i da se koriguje određena gruba greška nastala usled nekog očiglednog poremećaja tokom izvođenja eksperimenta.

Ključne reči: Lagrangeovi polinomi, interpolacione funkcije, izgubljeni eksperimentalni podatak, gruba greška eksperimenta, funkcije obradljivosti

1. Uvodna razmatranja

Pri eksperimentalnim istraživanjima često se susrećemo sa funkcijama koje nisu zadate formulom, ali su poznate njene vrednosti $f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_n)$ na nekom skupu $\{x_0, x_1, \dots, x_n\}$. Cilj je da na osnovu ovih informacija o funkciji f saznamo i približne vrednosti $f(x)$ za $x \neq x_k$ ($k=0,1,\dots,n$), $|1|, |3|, |4|$.
 Odredićemo, u tu svrhu funkciju g , dovoljno jednostavnu za računanje, koje u zadatim tačkama x_k , ima vrednosti $f(x_k)$ dok u ostalim tačkama intervala aproksimira funkciju f . Obično se za funkciju g uzima polinom, jer se u toku razvoja teorije aproksimacija pokazalo da se funkcija može dosta dobro aproksimirati polinomom nekog stepena n na intervalu čija dužina nije suviše velika, $|1|, |2|, |5|$.
 Potražimo polinom stepena n :

$$g(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 \quad (1)$$

koji zadovoljava uslove,

$$g(x_0) = f(x_0) \quad g(x_1) = f(x_1) \dots g(x_n) = f(x_n) \quad (2)$$

Aproksimativni polinom g sadrži $(n+1)$ parametara a_k koji se određuju iz $(n+1)$ uslova (2)
 Lagrangeova ideja sastoji se u tome da se polinom g napiše u obliku, $|2|, |3|$;

$$g(x) = A_0(x-x_1)(x-x_2) \dots (x-x_n) + A_1(x-x_0)(x-x_2) \dots (x-x_n) + \dots + A_n(x-x_0)(x-x_1) \dots (x-x_{n-1}) \quad (3)$$

¹ Dr Mitar Perušić, docent
 Dr Branko Pejović, docent
 Mr Vladan Mičić, viši asistent
 Tehnološki fakultet Zvornik, Republika Srpska
 e-mail: tfzv@rstel.net

Konstante A_0, A_1, \dots, A_n , određuju se iz uslova (2), tako da konačna Lagrangeova funkcija na osnovu predhodnog imaće oblik:

$$g(x) = \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_n)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)\dots(x_0-x_n)} f(x_0) + \frac{(x-x_0)(x-x_2)\dots(x-x_n)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)\dots(x_1-x_n)} f(x_1) + \dots + \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1)\dots(x_n-x_{n-1})} f(x_n) \quad (4)$$

Očigledno je da za $(n+1)$ vrednosti x_0, x_1, \dots, x_n možemo načiniti $(n+1)$ korespondentnih Lagrangeovih polinoma stepena n : $L_0(x), L_1(x), \dots, L_n(x)$:

$$g(x) = L_0(x)f(x_0) + L_1(x)f(x_1) + \dots + L_n(x)f(x_n) \quad (5)$$

Polinom $g(x)$ stepena n , potpuno je određen ako znamo njegovih $(n+1)$ vrednosti (2).

Geometrijsko značenje predhodnog sastojalo bi se u tome da je parabola n -tog reda potpuno određena kad je dato njenih $(n+1)$ tačaka.

2. Postavka problema

Pri istraživanju različitih funkcija obradljivosti u nauci o rezanju metala pored nalaženja adekvatne aproksimativne funkcije, susrećemo se i sa problemom nekog izgubljenog rezultata eksperimenata kao i sa grubom greškom eksperimenta, [8]. Za određivanje aproksimativnih funkcija u praksi postoje različite standardne metode. U ovu svrhu, može se efikasno primeniti pored ostalih i prikazana Lagrangeova metoda, s obzirom da se sve funkcije obradljivosti sa dovoljnom tačnošću mogu aproksimirati polinomom n -tog stepena, [6], [7], [9].

Kod eksperimenata koji vremenski dugo traju, izgubljeni odnosno nepoznati eksperimentalni podatak, ukoliko se eksperiment ponovi izaziva povećane troškove eksperimenta.

Isto tako usled nekog očiglednog poremećaja tokom izvođenja eksperimenta, javlja se takozvana gruba greška koja se ne sme uzeti u obzir jer bi dovela do pogrešnih rezultata. Isti slučaj je i kod pojave sistematskih i slučajnih grešaka eksperimenta.

Kao što je poznato, eksperimenti se uvek izvode po strogo utvrđenom planu, pa se bez izgubljenog odnosno pogrešno određenog rezultata ne može završiti daljnja obrada eksperimentalnog istraživanja.

Da bi izbegli ponavljanje, posebno kod skupih eksperimenata oba predhodna problema moguće je efikasno rešiti primenom razrađene metode Lagrangeovih polinoma, što je i cilj rada. Za određivanje aproksimativnih funkcija u eksperimentalnoj praksi postoji više efikasnih metoda, dok se za rešavanje postavljenog problema to ne može reći.

3. Testiranje metode na eksperimentalnom primeru

Prikazanu metodu, verifikovaćemo na primeru eksperimentalnog određivanja vremenske temperaturske funkcije kao karakteristične funkcije obradljivosti, [9]. Obrada je izvođena na univerzalnom strugu određenim režimima rezanja na uzorcima od konstrukcionog čelika. Primenjen je alat sa okretnom pločicom od tvrdog metala određenog kvaliteta. Merenje temperature tokom vremena rezanja u definisanoj tački u sedištu rezne pločice izvršeno je standardnom metodom primenom termoelemenata. Sve izmerene temperature zaokružene su na cele brojeve.

Prikaz rezultata za sve eksperimentalne tačke 0,1,2,3,4, dat je u tabeli T.0.1., [9].

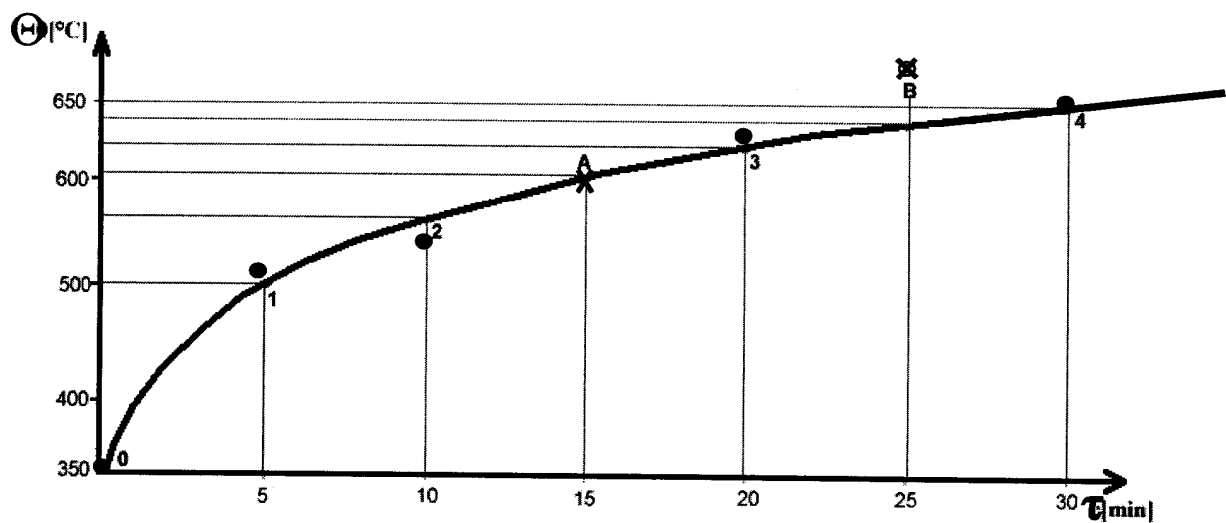
Tabela T. 0.1.

τ [min]	0	5	10	20	30
θ [°C]	345	498	555	612	648
Eksperimentalna tačka	0	1	2	3	4

Na osnovu tabele T.01., konstruisan je dijagram promene temperature tokom vremena rezanja, sl. 1., | 9 |.

Jednačina (4) napisana za 5 eksperimentalnih tačaka (sl.1), imaće oblik:

$$\begin{aligned} \theta(\tau) = & \frac{(\tau - \tau_1)(\tau - \tau_2)(\tau - \tau_3)(\tau - \tau_4)}{(\tau_0 - \tau_1)(\tau_0 - \tau_2)(\tau_0 - \tau_3)(\tau_0 - \tau_4)} \theta(\tau_0) + \frac{(\tau - \tau_0)(\tau - \tau_2)(\tau - \tau_3)(\tau - \tau_4)}{(\tau_1 - \tau_0)(\tau_1 - \tau_2)(\tau_1 - \tau_3)(\tau_1 - \tau_4)} \theta(\tau_1) + \\ & + \frac{(\tau - \tau_0)(\tau - \tau_1)(\tau - \tau_3)(\tau - \tau_4)}{(\tau_2 - \tau_0)(\tau_2 - \tau_1)(\tau_2 - \tau_3)(\tau_2 - \tau_4)} \theta(\tau_2) + \frac{(\tau - \tau_0)(\tau - \tau_1)(\tau - \tau_2)(\tau - \tau_4)}{(\tau_3 - \tau_0)(\tau_3 - \tau_1)(\tau_3 - \tau_2)(\tau_3 - \tau_4)} \theta(\tau_3) + \\ & + \frac{(\tau - \tau_0)(\tau - \tau_1)(\tau - \tau_2)(\tau - \tau_3)}{(\tau_4 - \tau_0)(\tau_4 - \tau_1)(\tau_4 - \tau_2)(\tau_4 - \tau_3)} \theta(\tau_4) \end{aligned} \quad (6)$$



0, 1, 2, 3, 4 - Eksperimentalne tačke
A - Izgubljeni rezultat eksperimenta
B - Gruba greška eksperimenta

Sl.1. Tok promene temperature u sedištu rezne pločice u zavisnosti od vremena rezanja

Dobijenu relaciju (6) možemo prikazati u obliku Lagrangeovih polinoma $L_k(\tau)$:

$$\theta(\tau) = L_0(\tau) \cdot \theta(\tau_0) + L_1(\tau) \cdot \theta(\tau_1) + L_2(\tau) \cdot \theta(\tau_2) + L_3(\tau) \cdot \theta(\tau_3) + L_4(\tau) \cdot \theta(\tau_4) \quad (7)$$

Za slučaj većeg broja eksperimentalnih tačaka, postupilo bi se na sličan način.

Zamenom rezultata eksperimenta (tabela T.0.1), u relaciju (6) dobijamo funkciju:

$$\begin{aligned} \theta(\tau) = & \frac{(\tau - 5)(\tau - 10)(\tau - 20)(\tau - 30)}{(0 - 5)(0 - 10)(0 - 20)(0 - 30)} \cdot 345 + \frac{(\tau - 0)(\tau - 10)(\tau - 20)(\tau - 30)}{(5 - 0)(5 - 10)(5 - 20)(5 - 30)} \cdot 498 + \\ & + \frac{(\tau - 0)(\tau - 5)(\tau - 20)(\tau - 30)}{(10 - 0)(10 - 5)(10 - 20)(10 - 30)} \cdot 555 + \frac{(\tau - 0)(\tau - 5)(\tau - 10)(\tau - 30)}{(20 - 0)(20 - 5)(20 - 10)(20 - 30)} \cdot 612 + \\ & + \frac{(\tau - 0)(\tau - 5)(\tau - 10)(\tau - 20)}{(30 - 0)(30 - 5)(30 - 10)(30 - 20)} \cdot 648 \end{aligned} \quad (8)$$

Ako pretpostavimo da je tačka A prema sl.1 izgubljeni rezultat eksperimenta (za $\tau = 15\text{min}$), njegovu vrednost možemo dobiti direktno iz relacije (8)

$$\begin{aligned}\theta(\tau_A) &= \frac{(15-5)(15-10)(15-20)(15-30)}{(0-5)(0-10)(0-20)(0-30)} \cdot 345 + \frac{(15-0)(15-10)(15-20)(15-30)}{(5-0)(5-10)(5-20)(5-30)} \cdot 498 + \\ &+ \frac{(15-0)(15-5)(15-20)(15-30)}{(10-0)(10-5)(10-20)(10-30)} \cdot 555 + \frac{(15-0)(15-5)(15-10)(15-30)}{(20-0)(20-5)(20-10)(20-30)} \cdot 612 + \\ &+ \frac{(15-0)(15-5)(15-10)(15-20)}{(30-0)(30-5)(30-10)(30-20)} \cdot 648 = 582[^\circ\text{C}]\end{aligned}$$

Naknadnim merenjem temperature dobijeno je da je $\theta(\tau_A) = 589[^\circ\text{C}]$

Na sličan način, ako predpostavimo da se u tački B (za $\tau_B = 25\text{min}$), iz nekog razloga pojavila gruba greška eksperimenta (sl.1), koja odstupa od ostalih tačaka, rezultat eksperimenta, u ovoj tački možemo dobiti takođe preko relacije (8):

$$\begin{aligned}\theta(\tau_B) &= \frac{(25-5)(25-10)(25-20)(25-30)}{(0-5)(0-10)(0-20)(0-30)} \cdot 345 + \frac{(25-0)(25-10)(25-20)(25-30)}{(5-0)(5-10)(5-20)(5-30)} \cdot 498 + \\ &+ \frac{(25-0)(25-5)(25-20)(25-30)}{(10-0)(10-5)(10-20)(10-30)} \cdot 555 + \frac{(25-0)(25-5)(25-10)(25-30)}{(20-0)(20-5)(20-10)(20-30)} \cdot 612 + \\ &+ \frac{(25-0)(25-5)(25-10)(25-20)}{(30-0)(30-5)(30-10)(30-20)} \cdot 648 = 645[^\circ\text{C}]\end{aligned}$$

Naknadnim merenjem, dobijeno je da je temperatura $\theta(\tau_B) = 632[^\circ\text{C}]$

Na kraju treba zapaziti iako to nije cilj rada, da se aproksimativna temperaturska funkcija može dobiti direktno iz relacije (6) u obliku:

$$\theta = -0.0022\tau^4 + 0.154\tau^3 - 3.845\tau^2 + 46.25\tau + 345 \quad (9)$$

Dobijeni polinom četvrtog stepena (9), aproksimira temperatursku funkciju sa zadovoljavajućom tačnošću.

Zaključak

Prikazana metoda Lagrangeovih polinoma, može se efikasno primeniti kod eksperimentalnih istraživanja funkcija obradljivosti. U odnosu na standarne, metoda je brža i preglednija i manje zametna a do rezultata se dolazi direktno primenom relacije (4) odnosno (5), što nije slučaj kod ostalih metoda. Isto tako tačnost metode je veća nego kod većine sličnih metoda, za polinome istog stepena.

Kao što je pokazano, metoda je posebno pogodna kod utvrđivanja nekog izgubljenog rezultata eksperimenta odnosno grube greške pri izvođenju istog. Ovi problemi rešavaju se direktno na osnovu svih poznatih eksperimentalnih rezultata. Analizom relacije (4), može se zapaziti da se pojedini članovi u polinomu ponavljaju više puta što se može iskoristiti da se relativno brzo dođe do rezultata odnosno pojednostavljenog računanja i za slučaj većeg stepena polinoma. Isto tako zakon po kome se formiraju Lagrangeovi polinomi je vrlo jednostavan što omogućuje direktnu primenu relacije i njeno prilagođavanje za svaki konkretni slučaj. Potrebno je jedino obratiti pažnju na indekse članova u brojiocu i imeniocu kod odgovarajućeg polinoma Sve ovo omogućuje brzo formiranje algoritma odnosno programa za računar, ukoliko je to potrebno.

Napomenimo na kraju da je primena predložene metode moguća i kod eksperimentalnih istraživanja u drugim oblastima tehnike.

Literatura

- | 1 | Anderson, J.A. : Real Analysis, Logos Press Limited, London, 1985.
- | 2 | Johson-Kiokemeister: Calculus, Allzn and Baon Inc., Boston, 1981.
- | 3 | Smirnov, V. I. : Kurs vishei matematiki, Gosudarstvennoe izdateljstvo fiziko-matematičeskoe literaturi, Moskva, 1978.
- | 4 | Kurepa, S. : Matematička analiza, Tehnička knjiga, Zagreb, 1987.
- | 5 | Stipanić, E. : Viša matematika I i II deo, Beograd, 1978.
- | 6 | Trent, E. : Metal Cutting butterwort, London, 1977
- | 7 | Stanić, J. : Teorija obrade metala I, Mašinski fakultet, Beograd, 1986.
- | 8 | Pantelić, I. : Teorija inženjerskog eksperimenta, R. Ćirpanov, Novi Sad, 1976.
- | 9 | Pejović, B. :Istraživanje tehnoloških funkcija obradljivosti pri procesu periodične strugarske obrade kod automatskih alatnih mašina, disertacija, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2004.

Resume

In this paper was used Lagrange idea for calculate degree of approximate function, and this function was shown as polynomial for characteristic function of tool in science about cutting metal. This is enable that on the efficacious method come to unknown, respectively lost result of experiment and that the correct define brutal error who is result disturbance during the realization experiment.

Key words: *Lagrange polynomial, interpolation function, lost experimental date, brutal error of experiment, function of tool*



Крыжановский В.Б.¹

РАСЧЕТ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ПАКЕТЕ MATLAB

Рассматривается актуальная задача создания библиотеки вычислительных средств для проектирования высокопроизводительного лезвийного инструмента, способного обеспечивать заданные параметры поверхностного слоя. Основное внимание уделено физико – механическим свойствам обработанной поверхности. На базе стандартных средств пакета MATLAB создана библиотечная функция для расчета пластических деформаций в зоне стружкообразования. Приведенные тестовые расчеты хорошо согласуются с результатами опубликованных работ.

Введение. Значительное число машиностроительных изделий имеют плоские поверхности, к которым предъявляются повышенные требования относительно их эксплуатационных свойств. Качество плоских поверхностей, которое определяется через геометрическую точность и долговечность, в значительной степени обеспечивается состоянием поверхностного слоя, полученного в результате механической обработки. Финишная обработка выполняется, как правило, шлифованием или чистовым торцовым фрезерованием. Следует отметить ряд преимуществ торцового фрезерования по сравнению со шлифованием. Это, в первую очередь, повышенная производительность, лучшие эксплуатационные характеристики поверхностного слоя [1]. В настоящее время широко используются торцевые фрезы с режущими вставками из сверхтвердых материалов (СТМ). Целесообразность использования для финишной обработки плоских поверхностей лезвийного инструмента, оснащенного СТМ, подтверждается практикой работы изделий в условиях сложного нагружения, трения, высоких температур и т.д. [2]

Следует отметить, что недостаточная теоретическая изученность процесса чистовой обработки поверхностей торцовыми фрезами с СТМ снижает эффективность их использования для финишной обработки, а также затрудняет процесс создания новых высокопродуктивных конструкций фрез. Конструирование фрез является многопараметрической задачей и выбор того или иного конструктивного варианта без предварительных расчетов и достаточного обоснования выглядит слишком расточительным с точки зрения времени и средств.

Более перспективным для проектирования торцовых фрез представляется подход, использующий компьютерную среду для моделирования процессов, происходящих во время механообработки.

В [3] отмечается, что в технологическом обеспечении и повышении эксплуатационных свойств деталей машин выделяют два научных направления: технологическое обеспечение системы параметров поверхностного слоя деталей, определяющих эксплуатационные свойства, и технологическое обеспечение непосредственно эксплуатационных свойств деталей машин. В рамках первого направления получено целый ряд теоретических результатов и проведено множество экспериментов. Развитие этого направления ведет к установлению взаимосвязи эксплуатационных свойств с параметрами состояния поверхностного слоя, определению возможностей различных методов обеспечения системы параметров обрабатываемых поверхностей.

Естественным образом параметры состояния поверхности делят на две группы: геометрические и физико – механические. Геометрические параметры являются более изученными. Для них существуют стандартизированные параметры шероховатости и волнистости [4]. Что касается физико – механических, то несмотря на значительные усилия ситуация остается неудовлетворительной. Направления исследований в этой области охватывают как концептуально – теоретические, так и экспериментально – практические подходы к проблеме. В [5] отмечается, что состояние поверхностного слоя деталей формируется на протяжении всех стадий механической

¹ Житомирский государственный технологический университет, Житомир, Украина

обработки. В это время в слое происходит непрерывное накопление деформации и исчерпание ресурса пластичности. Различным состояниям слоя соответствует различные показатели специального коэффициента, который рассматривается в рамках феноменологической теории формирования поверхностного слоя. В основе этой теории лежит точка зрения, согласно которой свойства поверхностного слоя определяются путем оценки истории накопления пластической деформации вдоль линий тока в очаге деформации в условиях действия сложного напряженного состояния. С другой стороны, в [6] говорится о необходимости разработать подходящую методологию, для изучения остаточных напряжений как функции от параметров обработки. Такая методология должна включать экспериментальную процедуру, которая описывает экспериментальную установку и ее составляющие, устанавливает условия резания (геометрия и материал инструмента, режимы обработки и охлаждающие среды) для тестовых экспериментов. Следующим логическим этапом в этой методологии есть определение главных направлений остаточных напряжений, необходимых для построения тензора.

Вызываемые в результате механической обработки остаточные напряжения имеют небольшую глубину залегания и обуславливаются одновременным действием трех факторов [7]:

- Неравномерная пластическая деформация поверхностного слоя. В зоне перед инструментом материал сжимается передней поверхностью инструмента (зона 1, рис. 1). В другой зоне, при трении задней поверхностью инструмента об обработанную, поверхностный слой растягивается (зона 2, рис. 1). Граница раздела этих зон проходит через режущую кромку инструмента.
- Локализованный нагрев тонких поверхностных слоев вследствие работы деформации и трения приводит к большим температурным напряжениям, превосходящим предел текучести материала. После остывания детали в ее поверхностном слое могут появиться значительные растягивающие остаточные напряжения.
- Вторичные фазовые превращения в поверхностных слоях приводят к образованию вторичных структур с различными удельными объемами. Этот фактор может привести к образованию остаточных напряжений разного знака и величины.

В основе определения остаточных напряжений после пластических деформаций лежит известная в теории пластичности теорема Г.Генки о разгрузке. В соответствии с этой теоремой остаточные напряжения равны разности между истинными напряжениями в упругопластическом теле и теми напряжениями, которые создавались бы в нем при предположении об идеальной упругости материала.

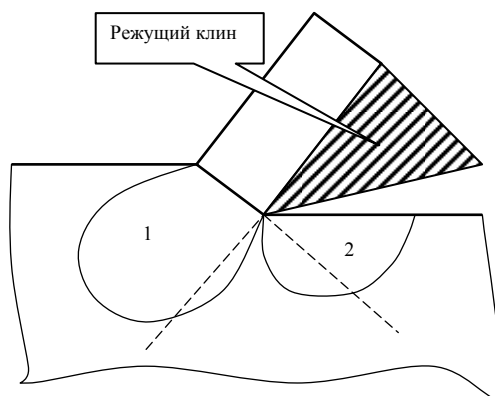


Рис 1. Зоны деформации при обработке (1 – зона сжатия, 2 – зона растяжения) [7].

Расчет пластического деформирования в пакете MATLAB. Итак, остаточные напряжения это следствие процесса резания и их изучение требует соответствующих теоретических положений и экспериментальных методов.

Ключевая проблема механики резания – процесс стружкообразования. Он имеет определяющее влияние на качество обработанной поверхности и отвечает за силы резания, температуру, остаточные напряжения в поверхностном слое, износ инструмента и т.д. Формирование стружки происходит в достаточно малом объеме и с большой скоростью. Такая природа процесса делает очень проблематичным проведение точных измерений во время стружкообразования для определения характеристик процессов, которые происходят в этой зоне.

В этом случае для исследования процесса стружкообразования и формирования поверхностного слоя может быть с успехом использован метод конечных элементов (МКЭ). Более того, конечно элементное моделирование может дать полезную информацию, которую нельзя получить непосредственными измерениями во время процесса резания. В дальнейшем ее можно использовать для оптимизации износа инструмента и всего процесса обработки в целом.

Поскольку расчеты с помощью метода конечных элементов общеприняты в инженерной практике, рынок конечноэлементных программных пакетов достаточно насыщен. На нем представлены разработки предназначенные для решения задач, как определенных классов, так и универсальные пакеты. Естественно, что чем шире круг решаемых задач, тем дороже пакет. Приобретение достаточно мощных пакетов, способных моделировать процессы в зоне стружкообразования, является проблематичным для большинства высших учебных заведений Украины. Более предпочтительным выглядит подход, предусматривающий разработку собственных узкоспециализированных вычислительных средств. Кроме решения исследовательских задач такие разработки могут эффективно использоваться в учебном процессе. В этом направлении в Житомирском государственном технологическом университете под руководством проф. Петра Мельничука ведется работа по созданию вычислительной лаборатории для проектирования лезвийного инструмента, способного обеспечивать заданные характеристики поверхностного слоя изделий. Создаваемый инструментарий широко использует пакет для инженерных расчетов MATLAB и его интерфейсные возможности [8]. Упомянутый пакет, безусловно, является мощным и гибким средством для решения краевых задач для линейных уравнений в частных производных. Что касается нелинейных, то MATLAB позволяет решать уравнения для достаточно узкого класса. При расчете напряженного состояния в зоне резания необходимо решать краевые задачи именно для нелинейных уравнений, поэтому стандартных возможностей MATLAB'a оказывается недостаточно. В этом случае можно воспользоваться возможностью MATLAB'a для создания собственных процедур на базе библиотечных. В частности, данная статья посвящена созданию процедуры для расчета напряженного состояния на основе деформационной теории пластичности [9].

Известно, что решение физически нелинейных задач, к которым относятся задачи теории пластичности, сводится к нелинейным дифференциальным уравнениям. Поскольку решение таких уравнений не просто получить даже численными методами, широкое распространение получили различные приближенные методы, основанные на линеаризации уравнений теории пластичности. Одним из этих методов является метод упругих решений, разработанный А.А.Ильюшиным. В основу метода положена постановка задачи в перемещениях. Степень упрочнения материала характеризует функция вида:

$$\omega(\varepsilon_i) = 1 - \frac{\sigma_i(\varepsilon_i)}{E\varepsilon_i}, \quad (1)$$

где ε_i, σ_i - интенсивности деформаций и напряжений соответственно, E - модуль упругости.

В частном случае при упругом деформировании $\omega = 0$.

С использованием функции ω физические соотношения между напряжениями и деформациями записываются в виде:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \left(\lambda + \frac{2}{3}G\omega \right) e + 2G(1-\omega)\varepsilon_x, \\ \sigma_y &= \left(\lambda + \frac{2}{3}G\omega \right) e + 2G(1-\omega)\varepsilon_y, \\ \tau_{xy} &= G(1-\omega)\gamma_{xy}. \end{aligned} \quad (2)$$

В этих уравнениях $\lambda, G = \mu$ являются коэффициентами Ляме, $e = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$ - объемная деформация в плоской задаче.

Подставляя эти выражения в уравнения равновесия и выражая деформации через перемещения, получим систему нелинейных дифференциальных уравнений. Нелинейность этих уравнений обусловлена тем, что функция ω нелинейно зависит от перемещений, входящих в выражение для ε_i .

$$G\Delta u + (\lambda + G)\frac{\partial e}{\partial x} + X - \omega \left(\Delta u + \frac{1}{3}\frac{\partial e}{\partial x} \right) + G \left[\frac{\partial \omega}{\partial x} \left(\frac{2}{3}e - 2\frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial \omega}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] = 0, \quad (3)$$

$$G\Delta v + (\lambda + G)\frac{\partial e}{\partial y} + Y - \omega \left(\Delta v + \frac{1}{3}\frac{\partial e}{\partial y} \right) + G \left[\frac{\partial \omega}{\partial y} \left(\frac{2}{3}e - 2\frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{\partial \omega}{\partial x} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] = 0. \quad (4)$$

При $\omega = 0$ система нелинейных дифференциальных уравнений переходят в уравнения Ляме для упругого материала.

Выразив деформации через перемещения и подставив их в соотношения для напряжений на наклонных площадках с внешней нормалью η , запишем граничные условия в виде:

$$\left[\left(\lambda + \frac{2}{3} G\omega \right) e + 2G(1-\omega) \frac{\partial u}{\partial x} \right] l + G(1-\omega) \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) m = P_{x\eta}, \quad (5)$$

$$G(1-\omega) \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) l + \left[\left(\lambda + \frac{2}{3} G\omega \right) e + 2G(1-\omega) \frac{\partial v}{\partial y} \right] m = P_{y\eta}. \quad (6)$$

Для решения такой преобразованной задачи пластичности используется метод последовательных приближений, на каждом шаге которого используется упругое решение. Для этого все слагаемые, содержащие функцию ω и ее производные, в уравнениях (5) и (6) обозначим X^* и Y^* соответственно. Тогда систему (5)-(6) можно записать в виде:

$$G\Delta u + (\lambda + G) \frac{\partial e}{\partial x} + X + X^* = 0, \quad (7)$$

$$G\Delta v + (\lambda + G) \frac{\partial e}{\partial y} + Y + Y^* = 0. \quad (8)$$

Соответственно граничные условия примут вид:

$$\left(\lambda e + 2G \frac{\partial u}{\partial x} \right) l + G \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) m = p_{x\eta} + p_{x\eta}^*, \quad (9)$$

$$G \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) l + \left(\lambda e + 2G \frac{\partial v}{\partial y} \right) m = p_{y\eta} + p_{y\eta}^*. \quad (10)$$

Здесь $p_{x\eta}^*$, $p_{y\eta}^*$ обозначают слагаемые, содержащие функцию ω и ее производные.

При $\omega = 0$ слагаемые X^* , Y^* , $p_{x\eta}^*$, $p_{y\eta}^*$ также равны 0, что соответствует упругому материалу.

Находим решение u, v для упругого материала, удовлетворяющее дифференциальным уравнениям и граничным условиям при $\omega = 0$. Для этого используется библиотечная функция MATLAB'a `assempde()`. По этому решению вычисляем ε_i, σ_i и новое значение ω . По ω вычисляем значения $X^*, Y^*, p_{x\eta}^*, p_{y\eta}^*$, которые на следующем этапе решения следует рассматривать как дополнительные нагрузки в уравнениях (7)-(8) и граничных условиях (9)-(10).

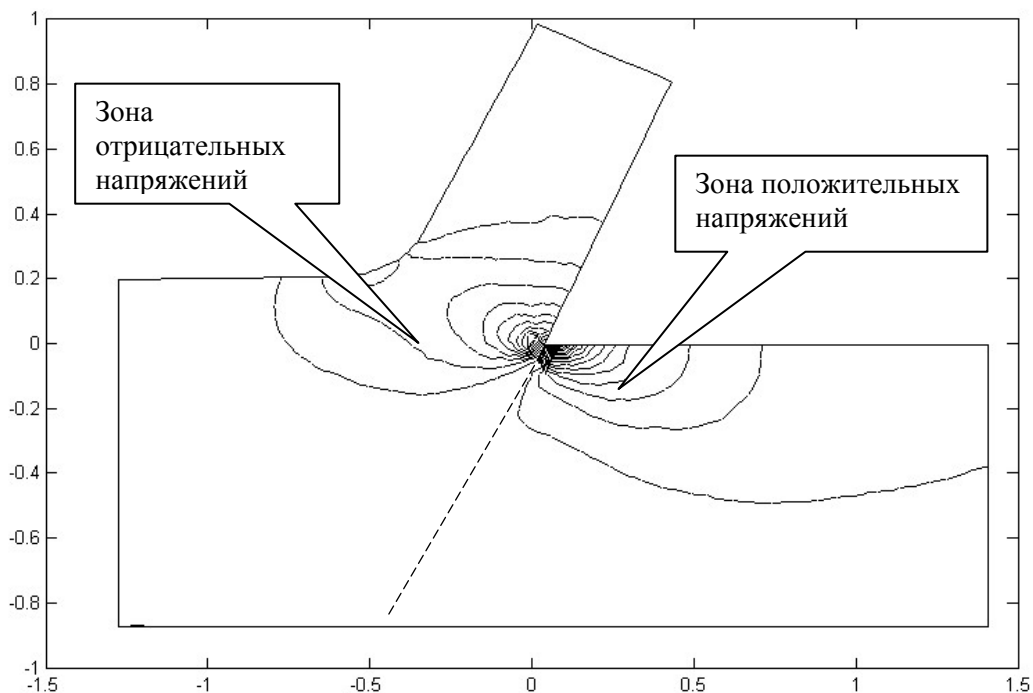


Рис 2 Тестовый расчет напряжений в зоне резания.

Решая повторно задачу теории упругости с новыми объемными силами и поверхностными нагрузками, находим второе приближение u_2, v_2 , которое в дальнейшем используем для вычисления новых значений $X^*, Y^*, \rho_{x\eta}^*, \rho_{y\eta}^*$ и т.д. Итерационный процесс заканчивается, когда $\max|u_n - u_{n+1}| < \varepsilon$ и $\max|v_n - v_{n+1}| < \varepsilon$, где ε - требуемая точность, n - номер итерации.

Тестовый расчет напряженного состояния в зоне стружкообразования приведен на рис. 2. Качественная картина распределения напряжений хорошо согласуется с результатами опубликованных работ.

Вывод: тестовые расчеты напряженного состояния в зоне резания с помощью созданной процедуры для решения краевых задач теории пластичности показали хорошую согласованность качественной картины распределения напряжений с опубликованными расчетами других исследователей. Это говорит о перспективности создания собственной узкоспециализированной библиотеки процедур для исследования процессов формирования поверхностного слоя с помощью лезвийного инструмента.

Продолжение исследований в этом направлении состоит в вычислении остаточных напряжений, как разности между истинными напряжениями в упругопластическом теле и напряжениями, которые возникали бы в нем при предположении об идеальной упругости, а также в более полном учете различных особенностей процесса и расширении библиотеки вычислительных процедур путем создания подпрограмм, которые базируются на различных физических концепциях процессов, происходящих в зоне стружкообразования. Это облегчит интерпретацию экспериментальных данных, будет способствовать лучшему пониманию физики процесса и может быть с успехом использовано в учебных курсах по теории резания.

Литература.

1. Выговский Г.Н., Громовой А.А., Мельничук П.П. Фрезерование плоских поверхностей торцовыми фрезами с регулирующими схемами резания. // Сб. науч. трудов Кировоградского гос. технол. ун-та, вып.12, Кировоград: КГТУ, 2003. – С. 48-54.
2. Выговский Г.Н., Мельничук П.П. Процесс резания торцевыми ступенчатыми фрезами с косоугольной геометрией режущих частей, оснащенные сверхтвердыми материалами (СТМ). // Вестник Житомирского инж.-технол. ин-та, вып.7, Житомир: ЖИТИ, 1998. – С. 73-81.
3. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей – М.: Машиностроение, 1987. 208 с.
4. Суслов А.Г. Качество машин: Справочник. Том 1. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
5. Смелянский В.М., Блюменштейн В.Ю. Механика свободного ортогонального резания. Феноменологическая теория формирования поверхностного слоя деталей // Вопросы механики и физики процессов резания и холодного пластического деформирования: Сб. науч. тр. Института сверхтвердых материалов им.В.Н. Бакуля НАН Украины. Серия Г: Процессы механической обработки, станки и инструменты. – Киев, 2002. – 541 с.
6. Outeiro J. C., Dias A. M., Lebrun J. L. and Astakhov V. P. Machining residual stresses in aisi 316l steel and their correlation with the cutting parameters. // Machining science and technology vol. 6, no. 2, pp. 251–270, 2002.
7. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Часть первая. Деформация и разрушение. М.: Машиностроение, 1974.
8. Мельничук П.П., Крыжановский В.Б. Компьютерная среда для моделирования процесса формирования поверхностного слоя при торцовом фрезеровании // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн.-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005 – Вып. 68 – С. 300-305.
9. Варданян Г.С. и др. Сопrotивление материалов с основами теории упругости и пластичности. – М.: Издательство АСВ, 1995. – 568 с.



L. Suci, M. Răduca, E. Răduca, I. Tătucu¹

**THE MODELLING OF LASER CUTTING: A COMPLEX PROCEEDINGS COMBINATION
MODELAREA TĂIERII CU LASER : O COMBINAȚIE DE PROCESE COMPLEXE**

Abstract:

This paper presents the mathematic model and processes simulation at laser cutting.

In paper is presents the propagation phenomena and focus a laser instalment, wave vector and quality factor at laser cutting.

The paper contribution to the scientifically development constituted the simulation of the process to cutting with laser, simulation realized with help computer, what fact involve a material saving and the labor and this realization in conditions eighth and with minimum consumption of material.

Key words: mathematic model, laser, cutting, simulation, proceedings

1. Introduction

The laser is used as a heat source. The laser wave is focus to the level of the interaction zone the sample surface, being absorbed by free existing electrons in the crystalline net from sample outside.

By repeated socks, between the free electrons of the metal, observe a heat propagation phenomenon and the energy contribution. The atoms from the crystalline structure can be absorb of the photons of the laser wave and can be transform vibration energy. At one time the electrostatic forces which actions in metal, in solid phase don't take the atoms in the spatial fix position produced the change of phase from solid in liquid.

2. Complex process at laser cutting

The elementary study of the global phenomenon constituted base the following process:

- propagation and focus of laser fascicle
- thermal field at laser cutting
- evolution the protection gas flow
- hydrodynamic modifications of liquid phase
- partial evaporations of absorption front

3. Model concept

The modelling consist in build a physical model, departing from total analysis of study system. The modelling scope of this phenomenon is tried, the expression of mathematical form, after numerical and these assemblage phenomena, tried adjustment after experimental results. In this scope will be established a complex relations between the causal elements of system, the matrix including, in assemblies, the orderly elements.

The mathematical model of the process is presented in fig. 1.

¹ Dipl. Eng. Lenuța Suci, ilesuciu@yahoo.com, Dipl.Eng. Mihaela Răduca, raducamiha@yahoo.com, Ph.Dr.Eng. Eugen Răduca, e.raduca@uem.ro, Dr.Eng. Iancu Tătucu, i.tatucu@uem.ro, "Eftimie-Murgu" University, Traian, Vuia Street, no. 1-4, Resita, Caras-Severin, Romania

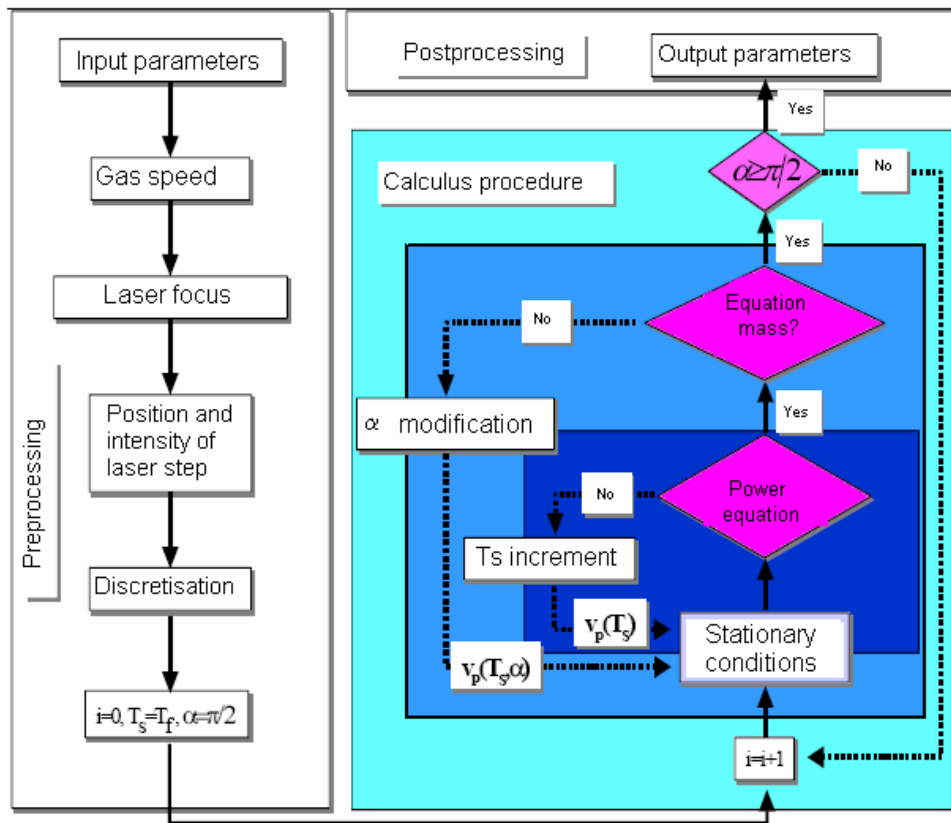


Fig. 1 - The mathematical model of the process

Anything the program by PC involves the three stages, namely: preprocessing, processing and postprocessing.

With little different from a program to other, in each stage must the followings:

Preprocessing stage

1. Choosing analysis type, which will be mechanical (structural, thermal, electromagnetically or total analysis).
Some programs permit as, for each analysis type will be chosen the used method, which can be nodal elements or frontier (edge) elements.
2. Choosing the elements type, which will be used and for each to define the option and real constant values.
3. Defining the material properties will be used. If these materials are isotropic, linear, for each material will be introducing the specific constant of material for analysis type. Some programs permit chosen the material from material library
4. Build the geometrical model.
5. Choosing the element type, and of material for each region of domain.

Processing stage

1. Choosing analysis regime which will be stationary (static, sinusoidal (harmonic), non-stationary (transient))
2. Established controls, which depending on the used program, these are:
 - choosing of iteration number (for non-linear problems) and convergence criterion.
 - selection of measure for stock the values, for post-processing, and values number will be stocked.
3. In forced the frontier conditions and applied loads. To some programs this operation is a done for elements of geometric model (nodes, elements).

The skeleton of mathematical model is constituted from equation of mass and energy.

3. The propagation and focus of gaussian fascicle

The cutting process which laser used a focus fascicle which permit a efficacies interaction at surface of sample.

The first established the model for calculus of laser intensity defined of cutting characteristics cavity. The one of complex process which are in here is the study of gaussian laser wave, the wave focus and propagation her influence on the focus surface as and the fascicle divergence at focus plan level.

The wave propagation is can done in two modes: longitudinal and transversal.

The longitudinal mod is different by oscillation frequencies and the transversal mod is characteristic and the electric field repartition on the perpendicular plan on the propagation direction.

Presupposing this, the propagation of laser wave will be described with help by Maxwell equations.

The magnetic field is eliminated by equation system and results the scalar wave equation which described the electric field propagation in vacuum (the refraction index is one):

$$(\Delta + K^2) * E = 0 \quad (1)$$

where: Δ = Laplace equation

K = wave vector

E = the electric field expression

This equation will be expressed in a system of Cartesian coordinates, as a wave which propagated along the Oz direction.

$$E(x, y, z) = E_0(x, y, z) * e^{-kz} \quad (2)$$

where: $E_0(x, y, z)$ = the amplitude of the electric field phase

e^{-ikz} = wave vector

In this case, the electric field oscillation along the Oz propagation is:

$$\frac{\partial^2 E_0}{\partial^2 z} \ll k \frac{\partial E_0}{\partial z} \ll k^2 E_0 \quad (3)$$

will be written the equation of scalar wave of electric field:

$$\Delta_T E_0(s, z) - 2ik \frac{\partial E_0(s, z)}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

where: Δ_T = transversal laplacian

$s(x, y)$ or $s(r, \theta)$ are the Cartesian or polar coordinates system.

The gaussian fascicle equation will be having the solution:

$$E(x, y, z) = A_0 \frac{w_0}{w(z)} \exp\left\{\frac{x^2 + y^2}{w^2(z)} - i[(k * z - \Phi(z))] + k \frac{x^2 + y^2}{2R(z)}\right\} \quad (5)$$

where: A_0 = normalization factor of amplitude

w_0 = fascicle thickness

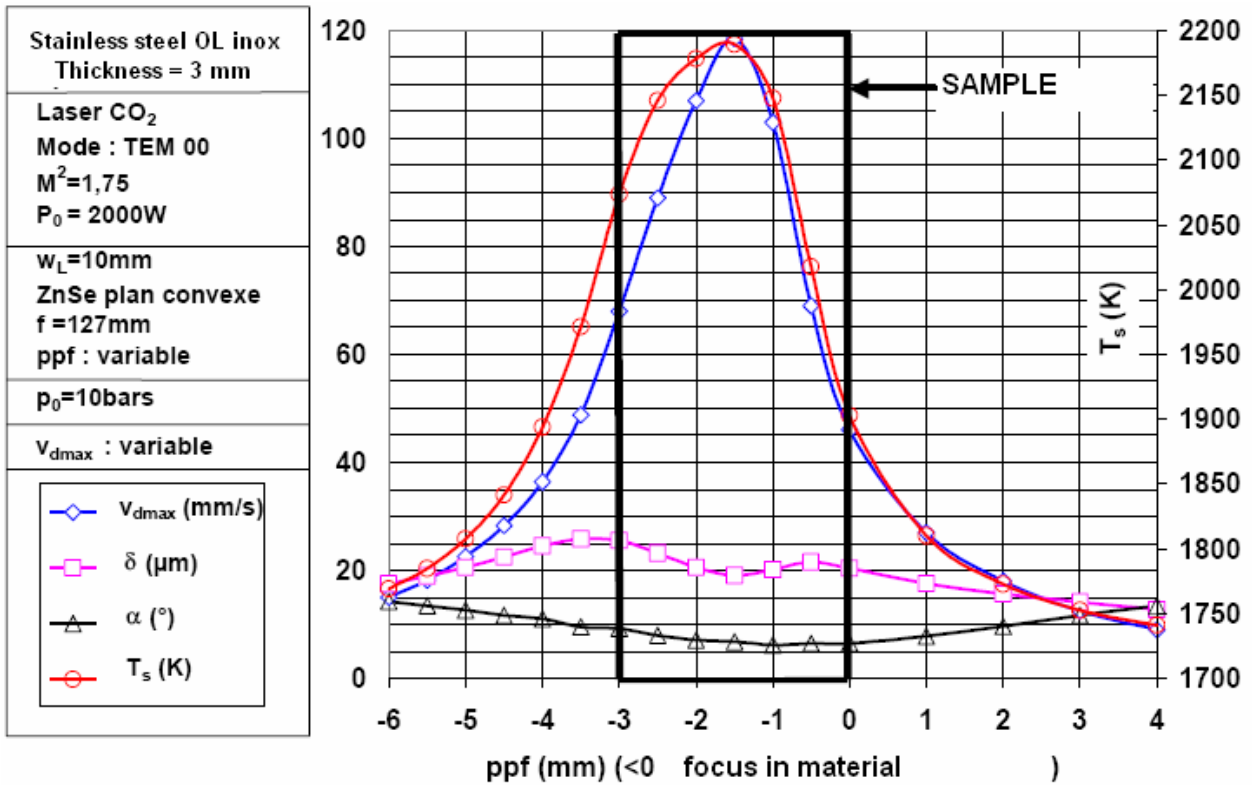


Fig 2 – Evolution of output parameters in function of the position the focus plane for the sample of 3 mm thickness

The local vector of wave is perpendicular on the wave surface, which will be deformed in time of propagation. The divergence angle θ , in the intermediary position of curve ray $R(z)$ is :

$$\sin \theta(r, z) = r / R(z) \quad (6)$$

the wave vector is : $K = \frac{K}{|K|}$, in cartesian coordinates will have the expression:

$$K = \sin \theta \cos \varphi * \bar{e}_x + \sin \theta \sin \varphi * \bar{e}_y + \cos \theta * \bar{e}_z \quad (7)$$

4. The quality factor

In an optically system must be controlled the evolution of the laser fascicle form. The manufactures of laser sources follow the obtained the quality factors $K \leq 1$.

5. Conclusions

The simulation of the process to cutting with laser, simulation realized with help computer, what fact involve a material saving and the labor and this realization in conditions eighth and with minimum consumption of material.

The development of laser cutting is protecting gas medium in the detriment cut through another process has to base as the main advantages:

- high productivity determined by low material
- high penetration
- very good quality of cutting surface

6. Bibliography

1. K. Chen ; Numerical simulation of oxidation effects in the laser cutting process. – J.Adv. Manuf. Technol.1999
2. P. Di Pietro ; Y.L. Yao. A numerical investigation into cutting front mobility in CO2 laser cutting – J. Mach Tools Manufact. 1995
3. I. Tatuca ; Modelarea cimpului electromagnetic si a cimpului termic. Aplicatie la sudarea cu arcul electric – Editura „Eftimie Murgu,, Resita-2002



Јевтић, М., Вукићевић, В., Зељковић, В., Комадинић, В.,¹

НОВА МЕТОДА РЕПАРАЦИЈЕ РУКАВАЦА ТЕШКЕ РОТАЦИОНЕ ОПРЕМЕ У СОПСТВЕНИМ ЛЕЖИШТИМА *

Резиме

У раду је представљена концепција решења оригиналног новоразвијеног поступка репарације рукаваца тешке ротационе опреме резањем. Репарација је изведена на KRUPP-овом млину за млевење руде у Руднику бакра у Мајданпеку. Поступак обраде рукаваца изведен је на лицу места у сопственим лежиштима са применом неконвенционалне методе обраде и уз коришћење специјалне, за ову намену развијене, концепције инсталације. Новоразвијено решење се примењује у нормалном раду опреме уз отварање горњег дела лежишта и уз обезбеђење засебног система подмазивања заснованог на прорачуну који је изведен из теорије хидродинамичког подмазивања са конкретним вредностима минималног слоја уља, врстом и карактеристикама уља и температуре слоја уља при наведеном подмазивању.

1. УВОД

Тешка ротациона опрема у рудницама се користи у веома тешким условима експлоатације. Са друге стране таква опрема има велике габарите и масе, тако да је извођење било каквих интервенција на њој у специјализованим производним погонима спрегнуто са њеном демонтажом и транспортом на вучним возовима као и са значајним временом застоја у раду и прекидима у производњи. Због тога се показало као веома оправдано изводити интервенције на лицу места и у сопственим лежиштима без капиталне демонтаже и транспорта опреме. Једно такво решење је представљено у овом раду и односи се на развој технолошког решења и извођење интервенције репарације рукаваца на млину са куглама за млевење руде бакра у Мајданпеку. Интервенција је изведена на млину у сопственим лежиштима. При томе је развијена нова технологија и помоћни уређај у форми полуаутоматског струга са једне стране, а прорачуном су добијени неопходни параметри хидродинамичког подмазивања и обезбеђен паралелни помоћни систем подмазивања у току извођења интервенције репарације рукаваца са друге стране. Овде је значајно напоменути да је за време извођења наведене интервенције млин за млевење руде бакра био у редовној производној експлоатацији. Стога је економски учинак овакве интервенције веома значајан, јер су у току редовне производње откљонени недостаци и оштећења лежишта, а при том ротациона опрема није демонтирана и транспортована у специјализоване производне погоне, а време застоја у производњи је избегнуто. При томе је избегнута појава свих проблема са центрањима, саосностима и строгим толеранцијама, а који би настали при поновној монтажи парцијално обрађених делова тешке ротационе опреме.

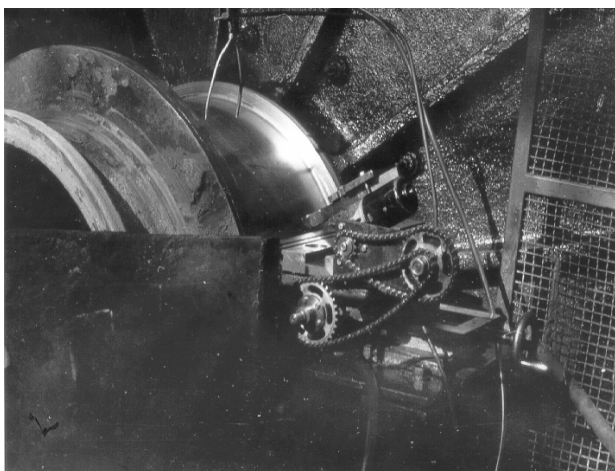
2. ТЕХНИЧКИ ОПИС РОТАЦИОНЕ ОПРЕМЕ

Интервенција репарације је изведена на млину са куглама за млевење руде бакра. Пречник ротора млина износи 3.800 mm, а дужина млина са прирубницама и лежиштима је 5.660 mm, док је укупна маса млина са куглама и рудом за млевење око 280.000 kg. У унутрашњости млина се налазе кугле као хабајућа тела за млевење руде. Обе прирубнице млина су масивне, а на њиховим крајевима се налазе рукавци са спољашњим пречником од по 1.200 mm и дужинама од по 460 mm. Рукавци су шупљи и кроз њих улази руда за млевење и на другом излази самлевена руда од које се добија концентрат бакра. Фото снимак изгледа млина са инсталисаном опремом за репарацију је дат на

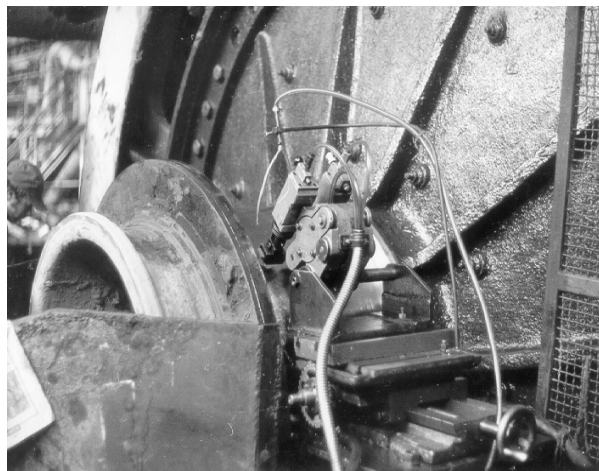
¹ Др Миленко Јевтић, дипл.инг., Владимир Вукићевић, дипл.инг., Др Владимир Зељковић, дипл.инг., Мр Велимир Комадинић, дипл.инг., ЛОЛА Институт, Београд, Кнеза Вишеслава 70а, тел.2546-423, Е-mail: vanjavukicevic@yahoo.com

* Пројект: ТР-6320 Б, МНЖС, РС

слици бр.1. Помоћу електро погона, редуктора и преносника снаге обезбеђено је обртање млина са $n = 30^\circ/\text{min}$. Наведени млин је производ немачке фирме KRUPP и његова цена је изузетно висока, те би набавка новог млина била значајно инвестиционо оптерећење Рудника бакра. Међутим, применом новоразвијене технологије млин се доводи у исправно експлоатационо стање, при чему су отклоњена капитална оштећења рукаваца као најодговорнијих делова.



а) обрада стругањем



б) обрада суперфинишем

Сл.1. Изглед Млина за млевење руде са инсталисаном опремом за репарацију

3. ПОСТОЈЕЋА ОШТЕЋЕЊА РУКАВАЦА

Током рада наведеног млина дошло је до хабања и значајног оштећења рукаваца и то тако да је цела функционалност млина доведена до стања заустављања даљег његовог рада, па је на захтев Рудника бакра приступљено развоју ове технологије репарације. Оштећења рукаваца су се манифестовала



Сл. 2. Изглед површине рукавца пре и после извођења стругања и суперфиниша

глобалним хабањем средњег појаса за величину од 1.8 mm, а на целој површини рукаваца појавили су се многобројни канали чија је дубина износила 3.6 mm. Фото приказ наведених оштећења рукаваца је дат на слици бр.2. Отклањање оваквих оштећења је услов за даљу експлоатацију наведеног млина, а то је постигнуто применом новоразвијеног решења поступка репарације рукаваца.

4. ОБЕЗБЕЂЕЊЕ ХИДРОДИНАМИЧКОГ ПОДМАЗИВАЊА

За извођење репарације рукаваца неопходно је отворити лежишта млина и интервенцију извршити у слободном приступу горњој половини рукавца. Зато је неопходно обезбедити квалитетно и довољно хидродинамичко подмазивање у доњем делу лежишта, при чему се тарне површине морају прекрити минималним слојем мазива. Основни параметри хидродинамичког подмазивања су добијени прорачуном. Основни израз хидродинамичког прорачуна у облику парцијалне диференцијалне једначине је:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) + 6\mu v \frac{\partial h}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

са ознакама: променљиве x и z , специфичног хидродинамичког притиска p , дебљине слоја мазива h , брзине рукаваца v и коефицијента динамичке вискозности мазива μ . У случају цилиндричних рукаваца важи релација (2).

$$x = r \cdot \alpha \quad (2)$$

Сређивањем израза (1) коришћењем релације (2) добија се израз (3)

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial \alpha} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) + \frac{1}{r} \mu v \frac{\partial h}{\partial \alpha} = 0 \quad (3)$$

Помоћу израза (3) изводи се прорачун са улазним подацима, број обртаја n , укупно оптерећење F и други. Са добијеним параметрима изводи се избор мазивног средства са жељеним карактеристикама. На основу пречника лежишне чауре D и пречника рукавца d израчунава се фактор релативног израза (4)

$$\psi = \frac{D - d}{d} \quad (4)$$

Помоћу фактора ψ одређује се бездимензиони коефицијент оптерећености клизног лежишта у форми (5)

$$\frac{F \psi^2}{\mu v l} = 19.11 \frac{p \psi^2}{\mu n} \quad (5)$$

Сprovedеним прорачуном и анализом карактеристика расположивих врста уља као оптимално задовољавајуће решење изабрано је уље HIPOIL-B SAE90 производ "Нафтагас", које одговара уљу MOBILUBE GX. Помоћу израчунатих параметара за изабрано уље одређен је помоћу израза (6) пораст температуре у слоју мазива:

$$\Delta T = \frac{\frac{f}{\psi} p}{427 c \gamma \frac{Q}{\psi v l d} + \frac{1}{2} \frac{a_s \pi}{2 \psi v}} = 29.44^\circ C \quad (6)$$

са ознакама: коефицијент трења f , обимна брзина v , пречник и дужина рукавца d и l , коефицијент одвода топлоте кроз метал лежишта у околину a_s и величина сумарног растурања уља на чеоним деловима лежишта Q . Даљим прорачуном се на основу релативног ексцентрицитета χ (7a), који зависи од ексцентричности положаја рукавца у постелици e и радијалног зазора δ , дефинише минимални h_{\min} слој уља преко израза - (7b).

$$\chi = \frac{e}{\delta} \quad (7a)$$

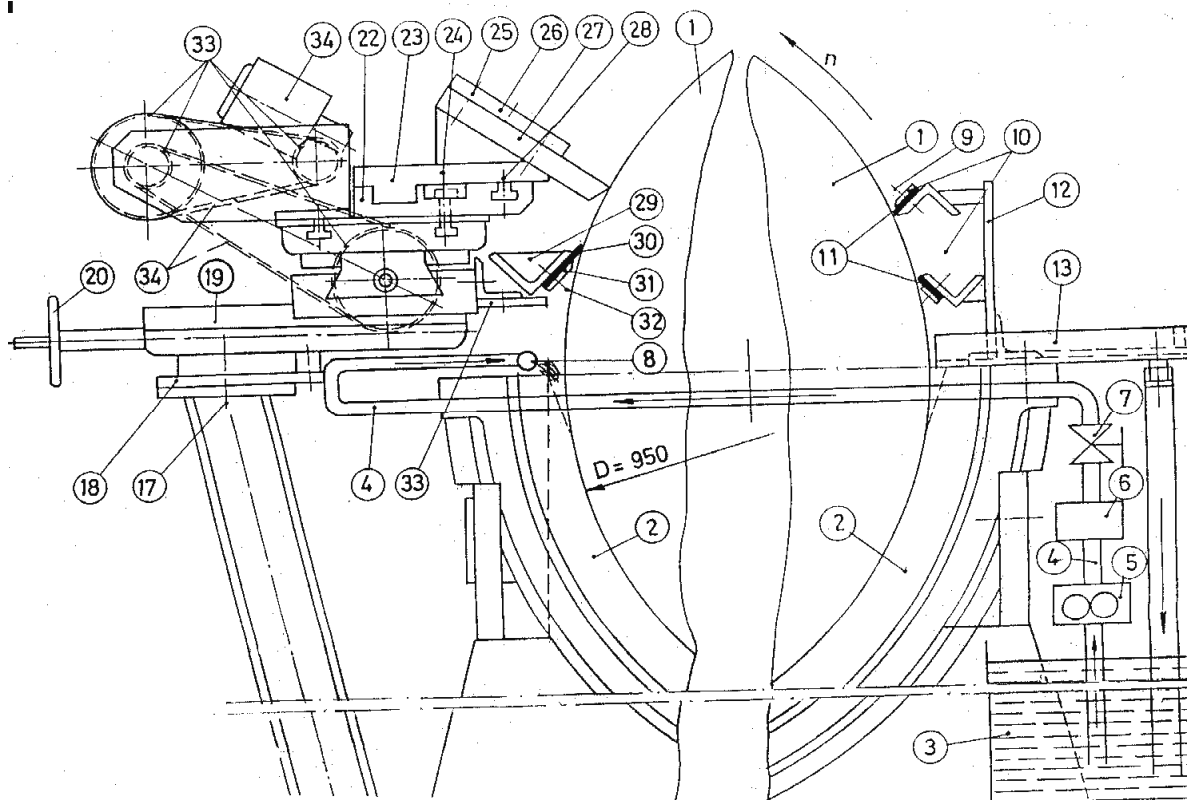
$$h_{\min} = (l - \chi) \frac{\Psi d}{2} = 0.2249325 mm \quad (7b)$$

Са друге стране критична дебљина слоја уља се одређује помоћу средње висине микро неравнина на рукавцу и на постелици, као и на основу закошења и кривљења рукавца. Однос (8) за случај задовољавајућег квалитетног подмазивања и доброг избора уља треба бити већи од јединице па је са тим делом прорачуна завршен овај део анализе,

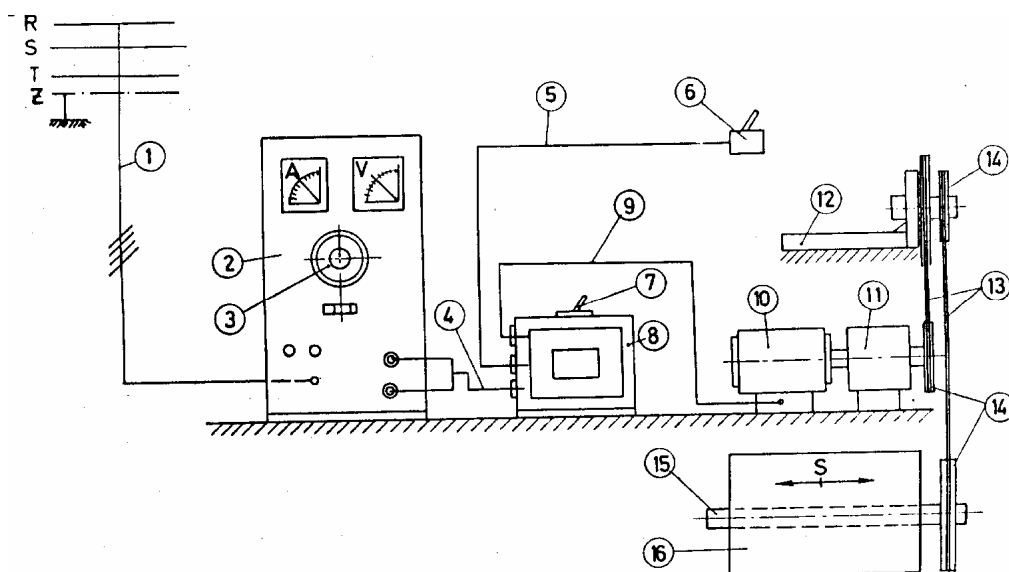
$$\frac{h_{\min}}{h_{kritično}} = 1.125 > 1 \quad (8)$$

5. НОВОРАЗВИЈЕНИ ПОСТУПАК РЕПАРАЦИЈЕ РУКАВАЦА ВРАТИЛА

Новоразвијени поступак репарације се изводи помоћу специјално развијене инсталације која се поставља на масивно постолје доњег дела лежишта уз обезбеђење адекватног подмазивања рукавца у доњем делу лежишта. При томе се као главно кретање користи обртање рукавца у сопственим лежиштима док се млин налази у нормалној производној експлоатацији. У циљу извођења квалитетније репарације рукавца може се млин испразнити и из њега извадити кугле. Инсталација за подмазивање се састоји од главног резервоара уља, уљне пумпе, цевоводне инсталације за довод уља до улазног цепа и за одвод уља из помоћног резервоара на излазу из постелице до главног резервоара уља.



Сл.3. Приказ инсталације за репарацију рукаваца



Сл.4. Приказ инсталације за помоћно кретање алата

Треба напоменути да се уље на задњем делу, односно на излазу из доњег дела постелице, са рукавца брише двоструким системом гумених брисача по целој ширини рукавца и слива у помоћни резервоар уља на чијем дну се налази одговарајући филтер.

Сам поступак репарације рукавца се изводи са горње стране отвореног лежишта и са обезбеђеним подмазивањем рукавца у доњем делу уз главно обртно кретање рукавца и помоћно кретање алата.

Поступак репарације рукавца се изводи отклањањем оштећења стругарском обрадом помоћу специјално развијеног полуаутоматског струга, који је својим постољем причвршћен и фиксиран на доњем делу лежишта. Приказ овог развијеног обрадног система дат је на сл.3. и сл.4.

Помоћно кретање стругарског ножа је остварено преко засебног погонског мотора, редуктора и преноса обртног момента до завојног вретена и навртке на клизачима развијеног обрадног система.

На носачу алата се поставља одговарајући алат, који има могућност попречног кретања и продирања у материјал рукаваца, а уз аутоматско уздужно кретање одређеном брзином добија се одговарајући пресек струготине. Инсталација за остваривање уздужног помоћног кретања садржи засебан електромотор једносмерне струје, који се напаја једносмерном струјом из исправљача. Исправљач је прикључен на стандардну електричну мрежу. Промена смера уздужног кретања алата се изводи помоћу микропрекидача на крајевима уздужног хода алата или помоћу ручног прекидача. Наиме, активирањем ручног прекидача или крајњих микропрекидача у специјално развијеном електро модулу се тај сигнал преноси као сигнал напајања једносмерног мотора, при чему се у тренуцима активирања прекидача аутоматски мења поларитет напајања мотора, па се тако остварује уздужно кретање у леву или десну страну. Поред тога, једносмерни електромотор је двобрзински, па је могуће посебним прекидачем остварити брзо или успорено уздужно кретање носача алата.

После извршене обраде резањем и отклоњених оштећења на рукавцима, они су подвргнути пламеном каљењу како би се побољшале механичке карактеристике површинских слојева рукаваца. Након пламеног каљења репарираних рукаваца извршена је завршна обрада суперфинишо м помоћу брусних белегија, а што се види на слици бр.1. Затим је на основу остварене нове геометрије рукаваца извршено накнадно изливање и обрада горњег и доњег дела постелице лежишта са одговарајућим лежишним материјалима, а чијом монтажом је поступак интервенције репарације рукаваца завршен. Значи, описаном интервенцијом отклоњена су сва оштећења и рукавци и лежишта као нови улазе у период даље експлоатације, а млин наставља свој нормалан рад као да је инсталирана нова опрема.

6. ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ ИНТЕРВЕНЦИЈОМ РЕПАРАЦИЈЕ

Новоразвијеним технолошким поступком репарације рукаваца уз помоћ развијене и примењене специфичне обрадне инсталације отклоњена су сва оштећења на њима тако да је добијена глатка цилиндрична површина рукаваца огледаластог типа. Фото снимак површине оштећених и репарираних рукаваца је дат на слици бр. 1.

После извршене интервенције репарације помоћу специјално развијеног и направљеног мерног уређаја измерене су вредности:

- пречника рукаваца од $D = 942.2$ мм;
- одступања од цилиндричности рукаваца су износила 0.03 мм;
- радијално "бацање" при обртању рукаваца је износило 0.02 мм на једном и 0.015 мм на другом рукавцу.

Оваквим поступком репарације обезбеђене су носеће ефективне површине рукаваца. Са оваквим резултатима интервенције репарације обезбеђена је потпуно нова функционалност клизних лежишта, која обезбеђују даљу поуздану експлоатацију.

7. ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ

На основу захтева корисника конципирана је и развијена нова технологија репарације рукаваца тешке ротационе опреме и развијена специјална опрема за реализацију исте. Интервенцијом репарације обрадом резањем су отклоњена сва оштећења рукаваца настала у току експлоатације и после извођења пламеног каљења рукаваца, операције суперфиниша и уградње нових лежишних постелица према репарацијом добијеним пречницима рукаваца, остварени су услови за даљу несметану производну експлоатацију Млина за млевање руде.

Поступак репарације рукаваца се изводи на тешкој ротационој опреми и то на лицу места у сопственим лежиштима, при чему се избегава могућност настанка грешака центричности и саосности до којих би се дошло при монтажи парцијално обрађиваних делова опреме. Овај поступак се изводи релативно брзо, без демонтаже и транспорта масивних и крупних делова опреме, није повезан са значајнијим производним застојима и у економском погледу је јефтин, а обезбеђује све техничке захтеве за остварење поузданих и коректних експлоатацијских параметара.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. М, Јевтић, Развој и реализација новог поступка репарације рукаваца тешке ротационе опреме, 15. Симпозијум НУ-РОБОТИ-ФТС, XIX Јупитер конференција, Машински факултет, Београд, Зборник радова, 1993. стр. 319-324.

2. В. Вукићевић, Р. Албијанић, П. Бојовић, Елаборат о резултатима испитивања геометрије вратила пумпног агрегата - А1 на ХЕ “Власина”-Лисина, ЛОЛА Институт, Београд, 2000.г.
3. В. Зељковић, С. Максимовић, Прорачун поузданости механичких елемената и конструкција, издавач ЛОЛА Институт, 1998.г., Београд

NEW METHOD REPARATION OF HEAVY ROTARY EQUIPMENT IN THE OWN BEARINGS

Summary

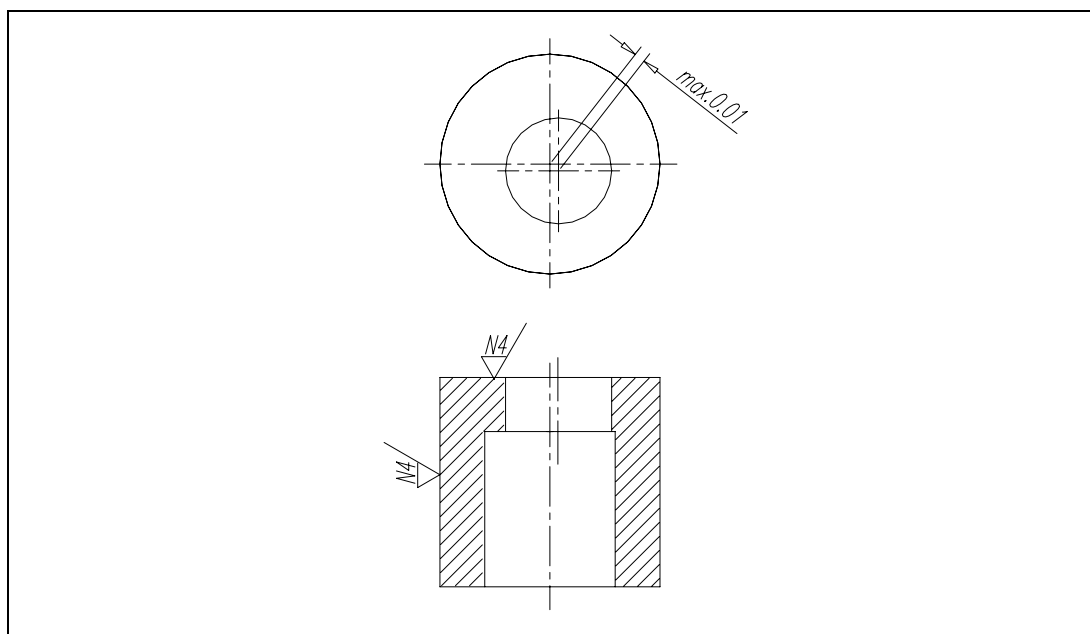
This paper describes conception of the solution of an original, newly developed method of reparation of the heavy rotary equipment by cutting. The reparation is carried out on the KRUPP's mill for ore grinding, in Copper Mine of Majdanpek. The method of journal machining is carried out at the very spot, in the own bearings, using the unconventional method of machining, with special concept of installation, developed for this application. The newly-developed solution is applied in normal operation of the equipment, opening the upper part of the bearing and ensuring a special lubrication system based on the calculation derived from the theory of hydrodynamic lubrication, with concrete values of the oil minimal layer, oil type and characteristics and temperature of the oil layer for the indicated lubrication.

Pavlović, Ž. ¹⁾

SERIJSKA IZRADA MATRICNI I ČAURA NA ŽIČNOJ EROZIJI SA TOLERANCIJOM ODSTUPANJA OSA SPOLJNJEG I UNUTRAŠNJEG PREČNIKA MANJOM OD 0.01

Rezime

Izrada rupa u matricnama za štancovanje zahteva odstupanje između ose unutrašnjeg otvora i ose spoljnog prečnika manje od 0.01mm (Slika 1). Problem, koji se da rešiti klasičnim metodama, zahteva da prvo bude obrađena rupa, a zatim na trnu obrađena spoljna površina. Kako su spoljne dimenzije matricni za štancovanje standardizovane, zbog smanjenja troškova i skraćenja vremena, obrnut je redosled obrade. Za svaku veličinu izrađuje se određena količina matricni i lageruje se (obrušene spolja i sa rupom na sredini za uvlačenje žice). Zatim se po narudžbi kupca, iz magacina uzima tražena količina određene veličine pripremake i izrađuje traženi profil rupe na žičnoj eroziji. Time smanjujemo vreme od trenutka narudžbe do trenutka isporuke, praktično samo na vreme potrebno za obradu rupe.



Slika 1 Odstupanje ose rupe od ose spoljnog prečnika

¹⁾ Živojin Pavlović, dipl. inž. maš., KERN NORMALIJE Izola, Slovenija, z.pavlovic@kern.si

1.0 UVOD

Osnovni problem pri ovakvom načinu proizvodnje je pozicioniranje matricni i ponovljivost tog pozicioniranja.

Rešavanje ovog problema podelili smo na segmente. Po tim segmentima, pokušaćemo dati odgovor na rešenje celog problema:

- Tačnost same mašine
- Konstrukcija alata, koja podrazumeva:
 - konstruktivno rešenje za tačno pozicioniranje radnog komada
 - tehnologiju izrade alata i preciznost njegove izrade
- Pozicioniranje alata na mašini i pozicioniranje radnih komada u alat
- Tehnologija obrade serije

2.0 TAČNOST MAŠINE

Izbor mašine, (ako je moguć) treba napraviti tako da zadovolji traženu tačnost i da je u komercijalnom smislu povoljan. Za rad je najbolje uzeti mašinu sa neposrednim merenjem položaja (merna letva) i apsolutnim načinom očitavanja. Naše iskustvo je da se dobri rezultati mogu dobiti i sa manje savremenom mašinom. Naravno, najčešće u rešavanje problema se upuštamo sa već postojećim mašinskim parkom i preostaje nam jedino da utvrdimo njihove mogućnosti i tačnost. U svakom slučaju pre početka rada na ovakvom problemu, mašinu, pa čak i novu, treba servisirati u smislu kontrole vodoravnosti, smanjenja zazora, mrtvih hodova i najvažnije podešavanja uglova među osama. Odstupanje osa bi trebalo dovesti u granice 0.002/500mm. Kontrola vertikalnosti žice, je isto vrlo važna i treba je sprovesti bar jedanput mesečno, a po udaru glave u alat obavezno. Pri postavljanju kocke, (za proveru vertikalnosti žice) na radni sto, vertikalnost kocke dovesti u granicu 0.002mm, a odstupanje po X i Y osi ispod 0.001mm.

3.0 KONSTRUKCIJA ALATA

3.1 Konstrukcijsko rešenje

Ovo pitanje ma koliko izgledalo jednostavno (kad je žična erozija u pitanju) to u ovom slučaju nije. Moramo izabrati rešenje koje će na prvom mestu obezbediti ponovljivost pozicije komada pri njegovom stezanju, kao i ponovljivost pozicije alata pri njegovom skidanju i vraćanju na mašinu. Takođe pri konstrukciji se mora voditi računa i o tehnologiji izrade alata (unutrašnja naprezanja pri kaljenju, mogućnost profilnog i koordinatnog brušenja).

Ponovljivost pozicije alata pri ponovnom stezanju, postiže se korišćenjem nekih rešenja 3R-sistema. Suština je da, jedan, fiksni deo alata (nosač) stalno postavljen na radnom stolu i ne skida se, a drugi (ploča za pozicioniranje radnih komada) može se skidati i po potrebi postavljati druga. Samo stezanje radnih komada, obavezno vršiti moment ključem, koji obezbeđuje uvek istu silu pritezanja, tako da su elastične deformacije, koje su prisutne u oblasti mikronske tačnosti, uvek iste. Sam deo, koji pritiska komad i drži ga, treba raditi od mekšeg materijala (mesing).

Za kontrolu pozicije ploče (ugao između osa X, Y i ose ploče) posle montaže, treba predvideti rupe koje služe za pozicioniranje pomoću žice. Isto tako treba predvideti ravne brušene površine za kontrolu paralelnosti: ploče i X, Y osa, kao i ploče sa XY ravni pomoću komparatera tačnosti 0.001mm.

3.2 Tehnologija izrade alata

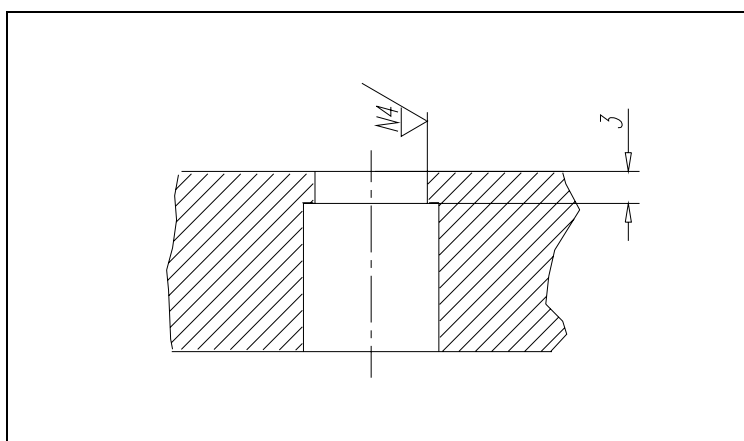
Pri izradi ovakvih alata na prvom mestu je paralelnost i ortogonalnost svih površina. Dimenzione greške se mogu ispraviti pri programiranju obrade radnih komada. Zbog toga je izuzetno važna termička obrada materijala i izbor samog materijala koji mora imati i dovoljnu tvrdoću i antikorozivna svojstva. Redosled izvođenja tehnološkog procesa je sledeći:

- 1) odsecanje priprema

- 2) žarenje za otklanjanje unutrašnjih napona u materijalu
- 3) predobrada – glodanje i brušenje, bušenje rupa za uvlačenje žice kao i izrada otvora za kontrolu, otvora za pozicioniranje, otvora potrebnih za smanjenje zapremine komada i smanjenje unutrašnjih napona
- 4) erodiranje na predmeru profila alata (predvideti dodatak 3mm-6mm)
- 5) žarenje za otklanjanje napona po mašinskoj obradi, kaljenje i dvostruko popuštanje
- 6) brušenje ravnih površina i koordinatno brušenje rupa
- 7) erodiranje na meru i ako je potrebno profilno brušenje

4.0 POZICIONIRANJE ALATA NA RADNI STO I RADNOG KOMADA U ALAT

Pozicioniranje alata kontrolisati pomoću komparatera s tačnošću 0.001mm. Tačnost pozicioniranja treba da je ispod 0.002/350mm po X i Y osi, a paralelnost ploče alata sa XY-ravni da je ispod 0.005/350mm. Za pozicioniranje žicom, koje preporučujem kao vid kontrole i mogućnost za programsku korekciju greške ugla, koristiti reducirane rupe (Slika 2). Pri tome manji prečnik treba da je veličine $\text{Ø}3\text{-}\text{Ø}6$, visine do 3mm i brušen ili na eroziji obrađen MF (*micro finish*) tehnologijom. Kod pozicioniranja žicom, koristiti opciju da se žica ne vrti i da je kada bez vode. Za utvrđivanje pozicije ose komada najbolje je napraviti epruvetu podesnog oblika (čaura sa vencem) i program za centriranje ose te čaure sa 4-5 tačaka kontakta. Ipak najtačniju poziciju ćemo dobiti probom na samom komadu. (Na primer, uraditi rupu manjeg prečnika, izvršiti merenje i korekciju pa zatim raditi rupu na konačnu meru). Te pozicije koje su proverene, memorisati. Takođe je vrlo važno, zavisno od zahtevane tačnosti serije, da radni komadi budu urađeni u toleranciji koja će nam garantovati da pri stezanju komada, to odstupanje garantuje da se osa komada nalazi u granicama dozvoljene greške.



Slika 2 Crtež rupe za pozicioniranje

5.0 TEHNOLOGIJA OBRADJE SERIJE

Pre početka rada na seriji treba proveriti temperature vode i sredine u kojoj je mašina. Ako nemamo odgovarajuću opremu (klima), moramo se osloniti na iskustvo. Ne počinjati odmah sa radom na seriji već raditi manje važne komade dok se ne dostignu određeni parametri (idealno je da su obe temperature 20°C). Što se tiče izbora parametara obrade na samoj mašini, najbolje je parametre proveriti i korigovati na probnom uzorku, a takođe i tačnost obrade.

6.0 ZAKLJUČAK

Pri izradi alata, dobila se vertikalnost koja odstupa max. 0.02/100mm, što je zadovoljavajuće. Paralelnost alata montiranog na radni sto i Y-ose je 0.001/300mm. Paralelnost alata i XY-ravni je 0.005/300mm. Izrada alata i zatim probne serije je vršena na erozimatru FANUC ROBOCUT α -1iB. Posle merenja i kontrole ponovljivosti pozicioniranja radnih komada, uspelo se u izradi probne serije od 5 komada sa odstupanjem manjim od 0.01mm između osa.

7.0 LITERATURA

[1] FANUC ROBOCUT α -iB series OPERATOR'S MANUAL
FANUC LTD , 2001

[2] KOORDINATNI SISTEMI PRI NUMERIČNO KRMILJENIH OBDELOVALNIH STROJIH
www.maja.uni-mb.si

Pavlovic, Z.

SERIAL PRODUCTION OF THE CUTTING BUSHINGS USING WEDM WITH THE AXIS' ALLOWANCE OF THE INTERNAL AND THE EXTERNAL DIAMETER SMALLER THAN 0.01mm

Summary

Making of the hole in cutting bushings requires allowance of the internal diameter's axis and the external diameter's axis is 0.01mm. This problem requires making the hole at first and grinding the external diameter of the cutting bushings, on the pin after that external diameter and height of cutting bushings has standard values. It is more efficient if we complete the grinding of the external surfaces and after make the hole using WEDM (Wire Electrical Discharge Machining). The delivery time is very short and it is equal to the time of the hole making.

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



34. simpozijum

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA

Zlatibor, maj 2006.

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI
PRERADE METALA
PRODUCTION CONTROL IN METALWORKING INDUSTRY

Đapić, M., Lukić, L. UNAPREĐENJE KONCEPTUALNOG PROJEKTOVANJA KORIŠĆENJEM EVIDENCIONIH SISTEMA	4.1
Ivanović, R., Bojanić, P. RAZVOJ INFORMACIONE PODRŠKE ZA SISTEM ZA PLANIRANJA PROIZVODNJE	4.5
Avakumović, Č., Avakumović, J. UTICAJ POSLOVNOG OKRUŽENJA NA ORGANIZACIJE ZA PRERADU METALA	4.11
Đukić, R. PREDVIĐANJE I RANGIRANJE MOGUĆIH TRENDOVA PROGRAMSKE ORIJENTACIJE	4.15
Tomić, M. PRILOG IZRAČUNAVANJA TROŠKOVA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA	4.19
Gillich, G., Chioncel, C., Ianici, S., Chioncel, P. BEHAVIOR OF VEHICLE ON UNEVEN ROADS	4.22
Chioncel, C., Chioncel, P., Gillich, G., Gillich, N. SIMULATION OF A DIGITAL CONTROL CASCADE IN SCILAB/SCICOS	4.28

← NAZAD



M. Đapić¹, Lj. Lukić²

UNAPREĐENJE KONCEPTUALNOG PROJEKTOVANJA KORIŠĆENJE EVIDENCIONIH SISTEMA

Rezime: Projektant tokom razvoja donosi odluke u uslovima punim neodređenosti, kontradiktornosti i neznanja. Sledeći to u ovom radu³ se predstavlja način korišćenja evidencionih sistema, koji su razvijeni na bazi teorije funkcija uverenja u konceptualnom projektovanju. Osnovni cilj je da se unapredi sposobnost projektanta u postupku donošenja odluka u ranima fazama projektovanja.

1. UVOD

Projektovanje proizvoda i procesa (tehnologija), a i sama proizvodnja, su poslednjih dvadeset godina doživeli su snažan razvoj, posebno u oblasti primene novih tehnologija. Projektant tokom razvoja donosi odluke u uslovima punim neodređenosti, kontradiktornosti i neznanja. Da li su i koliko te odluke ispravne? Koliko one utiču na zadovoljenje kupca? Ovo su samo neka od pitanja sa kojima se svakodnevno susreću projektanti. Njihova otvorenost je veća ako se proces razvoja nalazi u ranim fazama.

Sledeći ove zahteve u ovom radu se predstavlja način korišćenja evidencionih sistema (Shenoy 1992) koji su razvijeni na bazi teorije funkcija uverenja (Shafer 1976; Shenoy 1992; Đapić 2005) u konceptualnom projektovanju. Osnovni cilj je da se unapredi sposobnost projektanta u postupku donošenja odluka u ranima fazama projektovanja. Važno je uočiti da se projektant tokom procesa projektovanja kreće u prostoru neodređenosti i da je ta neodređenost veća u ranim fazama. Deo prethodno navedenog cilja može da se ilustruje kao napor da se ovaj prostor neodređenosti smanji. Ovo se odnosi na razvoj metoda koje bi omogućile da projektant istog trenutka kad donese odluku vidi njene efekte, odnosno da li je ispravna ili nije.

2. ŠTA SU TO EVIDENCIONI SISTEMI?

Sistem baziran na vrednovanju (Valuation Based Systems - VBS) je apstraktni okvir predložen od strane Shenoy (Shenoy 1992) za predstavljanje i rezonovanje na bazi neodređenosti. Omogućava predstavljanje neodređenog znanja u različitim domenima, uključujući Bojsovu teoriju verovatnoće, Dempster-Shaferovu teoriju evidencije (Shafer 1976) koja bazira na funkcijama uverenja i Zadeh-Dubais-Prodovu teoriju mogućnosti. Grafički predstavljen VBS naziva se valuaciona mreža.

VBS se sastoji od skupa varijabli i skupa valuacija (vrednovanja) koji su definisani na podskupovima tih varijabli. Skup svih varijabli se označava sa U i predstavlja prostor obuhvaćen problemom koji se razmatra. Svaka varijabla predstavlja relevantni aspekt nekog problema. Za svaku varijablu X_i koristiće se Θ_{X_i} da označimo skup mogućih vrednosti varijable koji se naziva okvir od X_i . Za neki podskup A ($|A| > 1$) od U , skup valuacija koje su definisane na Θ_A predstavljaju međusobni odnos između varijabli u A . Okvir Θ_A predstavlja direktan (Cortesian) proizvod svih Θ_{X_i} za X_i u A . Elemente Θ_A nazivaju se konfiguracijama od A .

Znanje predstavljeno ovim tipom valuacija naziva se generičko ili opšte znanje, koje može da bude predstavljeno kao baza znanja u ekspert sistemima.

U VBS se takođe definišu valuacije na pojedinačnim varijablama, što predstavlja tzv. činjeničko znanje (factual knowledge), što sačinjava bazu podataka u ekspert sistemima. Za neki problem opšte-generik znanje definiše ekspert. To znanje tokom procesa rezonovanja neće biti menjano. Činjenično znanje će se menjati saglasno sa stanjem problema koji se trenutno rešava. U VBS ove dve vrste znanja se tretiraju na isti način.

¹ Dr Mirko Đapić, dipl.maš. ing., LOLA Institut, Kneza Višeslava 70a 11030 Beograd, E-mail: mdjapic@lola-ins.co.yu

² Prof. dr Ljubomir Lukić, Mašinski fakultet Kraljevo, Dositejeva br. 19, 36000 Kraljevo, pbs1@tehnicom.net.

³ Rad predstavlja deo istraživanja u okviru projekta br. TR-6319B – "Implementacija automatizovanog projektovanja obradnih sistema i procesa u industriji prerade metala" koji je delimično finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije

U ovom radu valuacije su predstavljene sa funkcijama uverenja. VBS sistemi prilagođen za procesiranje neodređenog znanja koje je opisanom funkcijama uverenja nazivaju se sistem za rezonovanje na bazi evidencije (An Evidential Reasoning System) ili evidencioni sistem (Evidential System), a valuacione mreže evidencione mreže (EM).

Cilj rezonovanja na bazi evidencije je ocena neke hipoteze, kada je dat stvarni deo evidencije (činjenično stanje). Ovo se ostvaruje evaluacijom valuacionih mreža kroz dva koraka:

- kombinovanjem svih funkcija uverenja u evidencionoju mreži, čime se dobija tzv. globalna funkcija uverenja;
- marginalizacijom globalne funkcije uverenja na okvire svake pojedinačne varijable ili podskupova varijabli, čime se dobijaju marginali za svaku varijablu ili podskup varijabli.

Lako razumljivo objašnjenje procesa rezonovanja i njegove grafičke interpretacije je uslov od koga zavisi da li će i koliko brzo ovi sistemi da budu primenjeni u rešavanju svakodnevnih problema. Kao softverska podrška primeni VBS sistema razvijeno je nekoliko softverskih alata. Za evidencione sisteme najpoznatiji su: McEvidence, Pulcinella i DELIEF.

3. KORIŠĆENJE EVIDENCIONIH SISTEMA U KONCEPTUALNOM PROJEKTOVANJU

Ova tačka ima dva eksplicitna cilja. Prvi se odnosi na prezentaciju sposobnost evidencioni mreža da apsorbuju znanje koje je godinama generisano u oblasti proizvodnog inženjerstva. Drugi se odnosi na dogradnju prethodno generisanih evidencioni mreža i njihovo korišćenje kao pomoćnog alata u donošenju odluka.

Realizacija ovih ciljeva će se ostvariti kroz primer koji se odnosi na izbor koncepcije mašine alatke (obradnog centra) za hipotetičku grupu delova.

Britansko udruženje proizvodnih inženjera (PERA) je uradilo pregled zahteva za mašinskom obradom delova u industriji (PERA, 1969). Statistički podaci o parametrima obrade su dati za sedam kategorija delova. Kategorizacija je urađena na osnovu tipa površina koje se obrađuju (slika 3.1a). Primarne površine definišu glavni oblik dela. Sekundarne površine, kao što su upusti, navojne rupe, žlebovi itd. obrađuju se izvan primarnih površina. Podela površina na primarne i sekundarne nije izvršena prema funkcionalnoj važnosti, niti prema složenosti mašinske obrade. Klasifikacija svih delova u sedam kategorija je izvršena prema kombinaciji ovih površina, a prikazana je na slici 3.1b. Saglasno tome i odgovarajućim statističkim podacima u tabeli 3.1 dati su procentualni iznosi korišćenja različitih mašina alatki za obradu svake grupe delova.

Ovakvi procentualni odnosi zadržavaju se i na ukupan broj operacija, kao i za završnu obradu. Tako u prvoj kategoriji delova 82% otpada na operacije struganja a 18% na operacije brušenja. Takođe, pretpostavlja se da 82% završne obrade otpada na struganje i da 82% ukupnog broja operacija su operacije struganja.

U nastavku se daje način na koji je moguće ovako generisano znanje uključiti u proces koncepcijskog projektovanja mašina alatki. Teorije funkcija uverenja i evidencioni sistemi, odnosno evidencione mreže omogućavaju da se ovo znanje predstavi u odgovarajućem obliku a kasnije iskoristi kao pomoć u donošenju odluka.

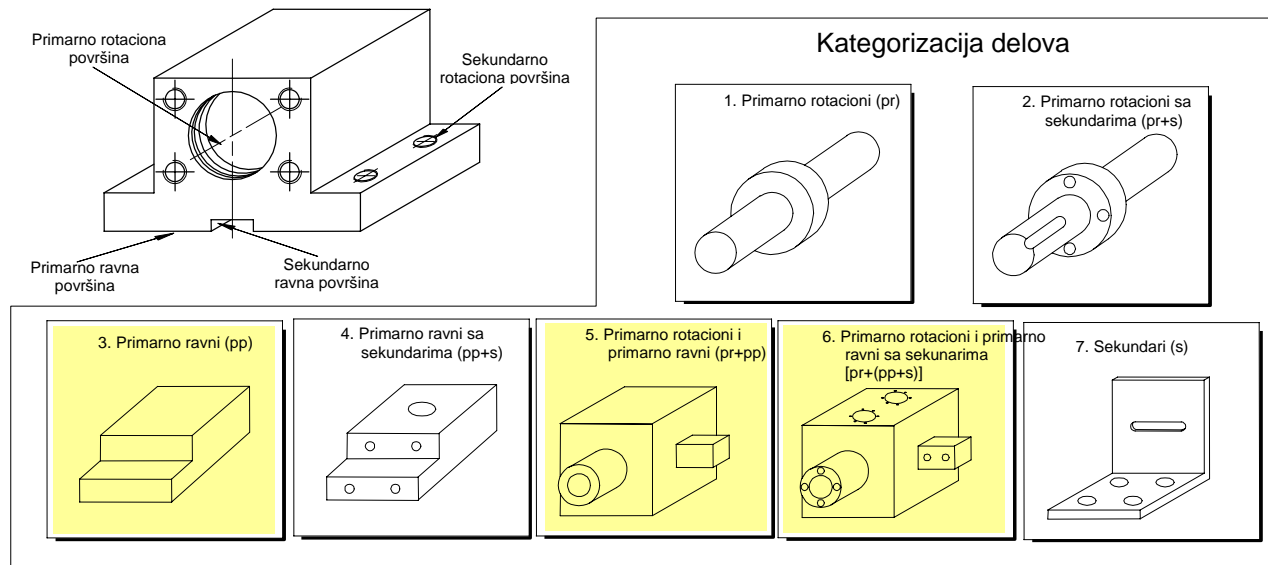
Pretpostavimo da želimo da napravimo ekspertni sistem koji će u fazi konceptualnog projektovanja pružiti pomoć projektantu pri izboru koncepcije mašine alatke. Takođe pretpostavimo da je projektant dobio zadatak da za skup koji čine delovi iz treće, pete i šeste kategorije delova sa slike 3.1b izabere odgovarajuću koncepciju mašine alatke sa paralelnom kinematikom.

Znanje iz tabele 3.1 za prethodnu grupu delova predstavljeno je evidencionom mrežom (slika 3.2b). Element evidencione mreže A_{11} do A_{33} su predstavljeni sa funkcijama teorije funkcija uverenja ("Input belief of A_{11} ", do "Input belief of A_{33} ").

Neka u predmetnom primeru projektant ima na raspolaganju koncepciju mašine sa Stjuartovom geometrijom i Hexaglid. Ako se analizira koliko su prethodne koncepcije mašine alatke pogodne za pojedine vrste mašinske obrade (npr., glodanja, struganja i bušenja) može se zaključiti sledeće. Mašina sa Stjuartovom geometrijom je najpogodnija za obradu glodanja, manje pogodna za struganje a najmanje pogodna za bušenje. Hexaglid koncepcija mašina je najpovoljnija za operacije bušenja, manje pogodna za struganje a najmanje pogodna za glodanje.

Ako ovo ekspertsko znanje opišemo funkcijama teorije funkcija uverenja i uključimo u evidencionu mrežu, dobićemo bazu znanja za predmetni primer (slika 3.2b). Ovo znanje se tokom analize ne menja.

U ovako definisanu evidencionu mrežu sada je moguće uneti činjenično znanje (slika 3.2a) koje se odnosi na obradu stvarne grupe delova iz klase tri, pet i šest. Predpostavimo da u grupi ima 80% delova klase tri, 10% klase pet i 10% klase šest. Ove informacije su predstavljene pomoću funkcija uverenja Bel_1 (*Imput belief of Bl_1*), Bel_2 (*Imput belief of Bl_2*), i Bel_3 (*Imput belief of Bl_3*) (slika 3.2a). Evaluacijom evidencione mreže ove informacije menjaju stanja u svim čvorovima pa tako i u izlaznom čvoru MT_PC koji se odnosi na izbor koncepcije mašine alatke sa paralelnom kinematikom. Ovo stanje je izraženo izlaznim funkcijama uverenja MT_PC (*Output belief of MT_PC*). U ovom slučaju za izabranu strukturu grupe delova koncept mašine sa Stjuartovom geometrijom ima uverenje 0,5583, Hexaglid 0,19614. Iz ovoga se može zaključiti da je pogodniji koncept mašine sa Stjuartovom geometrijom.



Slika 3.1: Različite klase površina (PERA 1969)

Tabela 3.1: Procentualni udeo od ukupno pretpostavljenog rada za svaku pojedinačnu operaciju mašinske obrade prema kategorijama delova (PERA 1969)

	Kategorije delova						
	1 (pr)	2 (pr+s)	3 (pp)	4 (pp+s)	5 (pr+pp)	6 [pr+(pp+s)]	7 (s)
Struganje	82	54.6			43	23.4	
Glodanje			80	44	35	20.2	5.2
Bušenje		27.4		32		32.3	67.5
Urezivanje navoja		10.5		13		12.7	27.2
Brušenje	18	7.5	20	11	22	11.2	

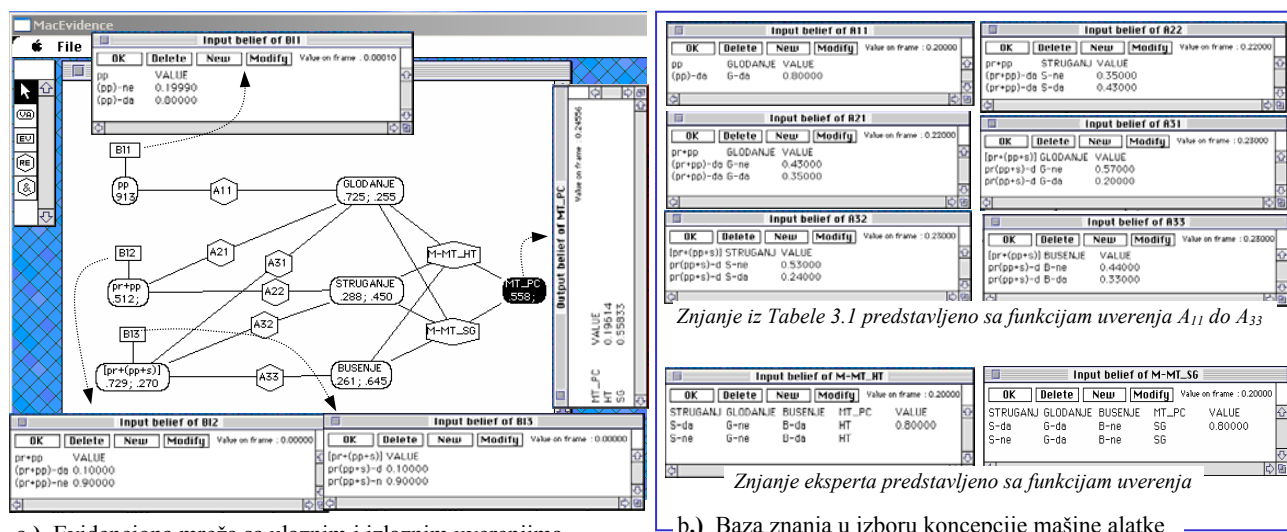
U tabeli 3.2 prikazani su podaci koji pokazuju kako se menjaju uverenja u vezi sa konceptijskim rešenjima mašine zavisno od procentualnog sadržaja pojedinih grupa delova. Tako za grupu koja se sastoji iz 20 % delova treće grupe, 50 % pete grupe i 30 % šeste grupe približno su obadva koncepta mašine pogodna (uverenja su: $SG=0,3793$ a $HT=0,3527$). Za grupu delova koji se sastoje samo iz delova treće klase pogodnija je koncepcija mašine sa Stjuartovom geometrijom ($SG=0,6502$ a $HT=0,180$), a za grupu koja se sastoji iz delova pete ili šeste klase Hexaglid koncepcija mašine.

4. ZAKLJUČAK

U cilju unapređenja sposobnosti projektanta u postupku donošenja odluka u ovom radu je dat način korišćenja evidencionih sistema u konceptualnom projektovanju. Ovo je naročito značajno u ranim fazama razvoja proizvoda u kojima projektant donosi odluke u uslovima punim neodređenosti, kontradiktornosti i neznanja, odnosno koje karakteriše nedovoljno znanja projektanta o proizvodu koji se razvija.

Tabela 3.2: Raspodela uverenja za različite koncepcije mašine altke (MT_PC)

Broj grupe delova	Procentualno učešće treće, pete i šeste kategorije delova u grupi									Raspodela uverenja		
	pp			pr+pp			pr+(pp+s)			<i>Bel</i> (MT_PC)		
	da	ne	(da, ne)	da	ne	(da, ne)	da	ne	(da, ne)	SG	HT	(SG,HT)
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



Slika 3.3 Evidenciona mreža u konceptualnom projektovanju mašine alatke sa paralelnom kinematikom

LITERATURA

- 1/ Đapić, M., Evidencioni sistemi u razvoju proizvoda i procesa, Monografija br.9 iz serije Inteligentni tehnološki sistemi, LOLA Institut, Beograd, 2005.
- 2/ Shenoy, P.P., Valuation-Based Systems: A framework for managing uncertainty in expert systems John Wiley & Sons, New York, 1992.
- 3/ Shafer, G., A Mathematical Theory of Evidence, Princeton University Press, 1976
- 4/ PERA (Production Engineering Research Association), Survey of Machining Requirements in Industry, Published and Produced by PERA, Melton Mowbray, UK, 1969.
- 5/ Đapić, M., Milačić, V., 2000, *New hybrid paradigm for product / manufacturing conceptual design based on theory of belief functions*, The Third World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems, Cambridge, MA – June 28-30.
- 6/ Shenoy, P., 1998, *Reasoning with Dempster-Shafer Belief Function*, MS&T Seminar, School of Business, University of Kansas.

CONCEPTUAL DESIGN IMPROVEMENT USING EVIDENCE SYSTEMS

Summary: Designer during the development process make decisions in condition which are fully uncertainty, contradictions and ignorance. Continue that in this paper we present a way of using evidence systems in conceptual design which are based on belief function theory. The main goal is to improve designer capabilities in making decision in early design phase.



R. Ivanović¹, P. Bojanić²

RAZVOJ INFORMACIONE PODRŠKE ZA SISTEM ZA PLANIRANJA PROIZVODNJE³

Rezime

Planiranje proizvodnje i razrada planova je jedan od osnovnih ciljeva celokupnog sistema za upravljanje proizvodnjom. Pravilno planiranje svih potreba i zadataka predstavlja osnovu uspešnog poslovanja jednog preduzeća. U radu se daje pregled razvijenog sistema za proces planiranja proizvodnje koji predstavlja sastavni deo integralnog informacionog sistema. Razvijeni sistem obuhvata više različitih modula za planiranje proizvodnje: kreiranje fabričkog kalendara, definisanje proizvodnog plana (glavni plan), planiranje resursa, planiranje kapaciteta, planiranje kooperacije i terminiranje proizvodnje.

Ključne reči: Informacioni sistem, planiranje proizvodnje.

1. Uvod

Aдекватно planiranje i upravljanje proizvodnjom predstavlja ključni element konkurentske sposobnosti proizvodnog sistema u pogledu ispunjenja zahteva kupaca. Problemi serijske proizvodnje proizvoda koji se međusobno razlikuju prema zahtevima kupaca, zahtevaju viši nivo sinhronizacije aktivnosti u fazama planiranja pri čemu je upotreba razvijenih sistema za planiranje proizvodnja presudna za uspešno izvođenje ovih aktivnosti. Sastavni deo integralnog informacionog sistema, u svakom slučaju je CAP (*Computer Aided Planning*) podsistem koji obuhvata različite module za planiranje proizvodnje. Razvijeni sistem za planiranje proizvodnje predstavlja podršku složenim poslovima planiranja ukupnog obima proizvodnje i efikasnog korišćenja proizvodnih kapaciteta. To se pre svega odnosi na planiranje proizvodnje i terminiranje pojedinih operacija koje treba izvršiti, a zatim usklađenja izračunatih radnih opterećenja sa kapacitetima resursa koji su na raspolaganju u određenom vremenskom periodu. Teži se postizanju optimalnog rasporeda traženih poslova sa raspoloživim kapacitetima i resursima za određeni vremenski period.

2. Sistemi za planiranje proizvodnje

Sistemi za planiranje proizvodnje su sastavni deo integralnog poslovnog sistema ERP sistema, a MRP II koncept predstavlja od ranije usvojeni standard za aplikativne sisteme ove vrste. Kako je modularizacija karakteristika savremenih ERP rešenja tako se i ovaj podsistem sastoji iz sledećih delova:

- Plan potreba materijala – MRP (Material Requirements Planning),
- Plan potrebnih kapaciteta – CRP (Capacity Requirements Planning),
- Glavni proizvodni plan – MPS (Master Production Schedule).

Pored ovih osnovnih zahteva koji se postavljaju pred sisteme za planiranje, pri razvoju ovih sistema treba uzeti u obzir i nove koncepte poslovanja i nove organizacione strukture koji proizilaze iz globalne konkurencija među preduzećima i koje su nastale kao rezultat prilagođavanja novonastalim uslovima poslovanja. Jedna od glavnih karakteristika ovih novih koncepata poslovanja je uzajamno korišćenje među-organizacijskih informacionih sistema. Informacije koje se razmenjuju, mogu da obuhvate predviđeno opterećenje proizvodnih kapaciteta, dostupnost resursa među partnerima, naručene količine i planirane narudžbine a pored ostalog treba da obezbede složenije modele međuorganizacionog planiranja. Planiranje postaje zajedničko na nivou mreže više preduzeća ili virtualnih preduzeća, dok se detaljni planovi prave na nivou pojedinačnih partnera [2]. To se ostvaruje zajedničkim planiranjem i terminiranjem aktivnosti kroz

¹ Mr Radomir Ivanović, dipl. maš. inž., Mašinski fakultet Beograd, e-mail rivanovic@mas.bg.ac.yu

² Prof. dr Pavao Bojanić, dipl. maš. inž., Mašinski fakultet Beograd, e-mail pbojanic@mas.bg.ac.yu

³ Rad je rezultat rada na projektu: "Razvoj nove generacije visoko produktivnih teških CNC alatnih mašina" broj 6332, kojeg finansira MNZZS Vlade RS.

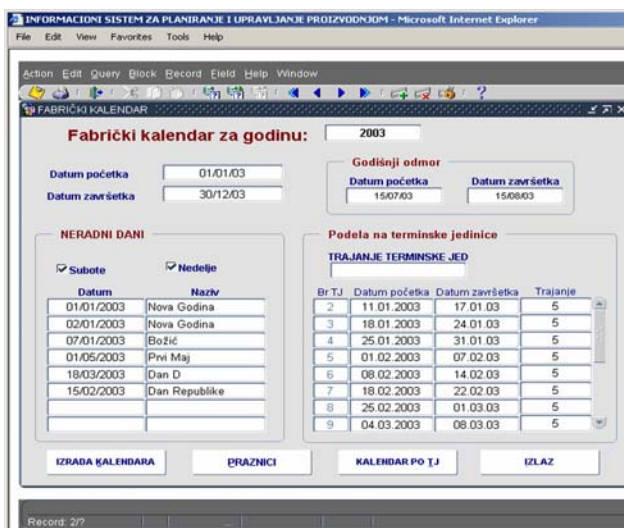
rad u tzv. realnom vremenu. Konceptijsko rešenje se zasniva na principima MRP II, ERP filozofije i ISO 9000 standarda. Realizovan je kao višeslojna web aplikacija pri čemu je realizacija korisničkog interfejsa klijenata izvršena je u obliku Web aplikacija saglasno trenutno važećim standardima za razvoj aplikativnih sistema na Web tehnologijama. Programsko rešenje obezbeđuje veliku fleksibilnost u izboru tehničke osnove te otvorenost prema drugim sistemima.

Sistem za planiranje obuhvata:

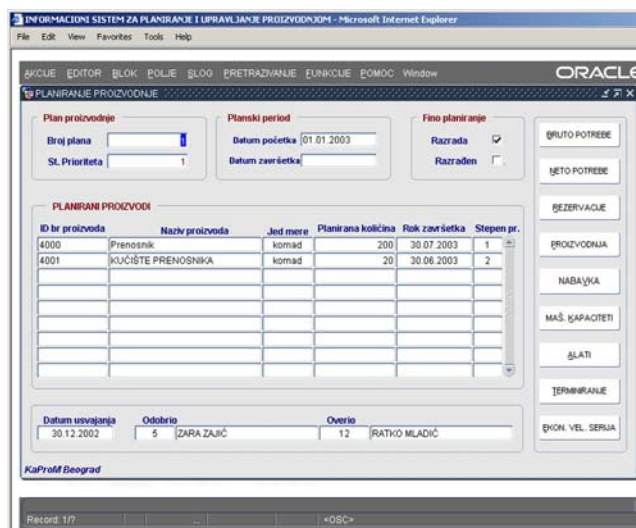
- kreiranje fabričkog kalendara,
- definisanje proizvodnog plana (glavni plan),
 - planiranje resursa,
 - planiranje kapaciteta,
 - planiranje kooperacije,
 - terminiranje proizvodnje.

Definisanje vremenskih resursa u okviru informacionog sistema za planiranje i upravljanje proizvodnjom implementirano je preko fabričkog kalendara čija je struktura fleksibilna. Naime, fabrički kalendar se podešava u skladu sa zahtevima koje postavljaju funkcije grubog i finog planiranja. Preko nivoa planiranja i odgovarajućih planskih perioda definiše se struktura planiranja. Struktura planiranja može biti ista ili različita za različite organizacione delove kompanije. Aplikacija za formiranje fabričkog kalendara data je na slici 3. U okviru aplikacije moguća je fleksibilna podela fabričkog kalendara na terminske jedinice koje mogu biti različite ili konstantne dužine trajanja. Posmatrani kalendar je osnova za planiranje i terminiranje proizvodnje.

Za podršku izvođenju procesa planiranja projektovana je aplikacija koja je prikazana na slici 4. Glavni deo aplikacije podeljen je na dve celine. Levi deo obrasca obuhvata formiranje planova, a na desnom delu su date raspoložive funkcije koje se mogu koristiti i iz palete menija. Prilikom planiranja definiše se planski period i proizvodi koje se planiraju za taj period. Moguće je postojanje više različitih planova koji se rangiraju prema prioritetu. Takođe i među proizvodima koje sadrži proizvodni plan vrši se rangiranje prema prioritetu. Definisan prioritet se koristi prilikom izvođenja terminiranja proizvodnje. Za proizvode se definišu planirani rokovi završetka, u skladu sa zahtevima kupaca i planovima prodaje, dok se za proizvode za koje nije definisan rok uzima kraj vremenskog perioda planiranja.



Slika 3. Aplikacija za formiranje fabričkog kalendara



Slika 4. Definisanje proizvodnog programa

Nakon definisanja proizvodnog programa, odnosno glavnih planova, pristupa se usklađivanju planova sa raspoloživim resursima i formiranje detaljnih planova. Za razradu planova koriste se funkcije programa koje su prikazane na slici 4. i obuhvataju: planiranje potreba materijala, planiranje kapaciteta, planiranje alata, terminiranje proizvodnje i planiranje aktivnosti.

Funkcija planiranja potreba materijala koristi se za formiranje planova proizvodnje i planova nabavke na osnovu definisanih glavnih planova. Omogućuje pregled budućih potreba za nabavkom sirovina i poluproizvoda. Program obezbeđuje preglede potreba materijala za realizaciju celokupnog plana proizvodnje (Glavni plan proizvodnje) ili pojedinih parcijalnih planova i narudžbi kupaca. Pored toga omogućuje

izračunavanja: ukupnih bruto potreba, određivanja neto potreba, rezervacije zaliha za proizvodnju, formiranje izveštaja o potrebnoj nabavci i formiranje izveštaja o delovima za proizvodnju.

U skladu sa standardima MRP II koncepta, razvijeni program omogućuje dva nivoa planiranja kapaciteta i to: grubo planiranje kapaciteta (*RCCP Rough Cut Capacity Planning*) pri kojem se proverava mogućnost izvršenja glavnog, odnosno godišnjeg plana proizvodnje, i detaljno planiranje kapaciteta (*Capacity Requirements Planning CRP*) pri kojem se proveravaju mogućnosti izvršenja planova po terminskim jedinicama. Planiranje kapaciteta se izvodi na osnovu definisanih neto potreba, preko potrebnih i raspoloživih kapaciteta (MC) za grupe tehnološki zamenjivih mašina. Izlaz iz procesa planiranja kapaciteta su planovi kapaciteta i planovi kooperacije za nedostajuće kapacitete. Pored normativa vremena rada, neto potreba i raspoloživih kapaciteta, koriste se i izveštaji iz proizvodnje o stanju i raspoloživosti mašina u pogonu. To se odnosi na podatke iz pogona gde se za svaku mašinu definiše da li je ispravna, odnosno u otkazu i na podatke o popunjenosti kapaciteta za grupu mašina koje su popunjene (rezervisane) pri razradi prethodnih, prioritetnijih planova. Razvijeni program ima mogućnost generisanja različitih izveštaja kao što su: plan potrebnih kapaciteta sa stepenom iskorišćenja mašina, plan nedostajućih kapaciteta sa veličinom manjka kapaciteta, listu delova koji se rade na mašinama sa nedostajućim kapacitetima. U slučaju nemogućnosti izvršenja plana, izveštaj o nedostajućim kapacitetima identifikuje "uska grla" u proizvodnji, kao i delove koji se rade na tim mašinama. Na slici 5 dat je primer izveštaja o nedostajućim kapacitetima. Ovaj izveštaj predstavlja osnovu za planiranje kooperacije ili nabavke u preduzeću.

Plan alata se pravi na osnovu neto potreba za proizvodnju, vremena trajanja pojedinih elementarnih zahvata i postojanosti odnosno potrošnje alata. Prema potrošnji alata za pojedine zahvate i vremena obrade izračunava se potrebna količina reznih alata, dok se ostali alati i pribori planiraju na osnovu liste potrebnih alata koja je data na slici 6.

Broj grupe mašina	Naziv grupe mašina	Raspoloživi kap. [h]	Trenutno zauzeti kap. [h]	Potreban kapacitet [h]	Nedostaje [h]	Stepen iskorisćenja
600000	OBRADNI CENTRI	4531.74	553.26	4762.93	231.18	105.10%
900000	MONTAZNE LINIJE	9332.46	1741.54	13463.86	4131.40	144.27%

Slika 5. Manjak kapaciteta za ispunjenje plana proizvodnje

ID ALATA	Naziv alata	Standard	Postojanost [min]	Vreme rada [min]	Potrebna količina	Jedinična cena alata	Ukupna cena alata
80004	STRUGARSKI NOŽ	CTGP	30	840.00	29	440.9	12786.10
80003	STRUGARSKI NOŽ	PFBN	30	232.00	9	450.2	4051.80
80000	STRUGARSKI NOŽ	FC51.23	60	632.00	12	300	3600.00
80001	STRUGARSKI NOŽ	CSDP	60	8.00	1	350.9	350.90
80002	STRUGARSKI NOŽ	STFC	60	888.00	17	400.5	6808.50
80008	VRETNASTO GLODALO	JUS.K.D3.149	30	288.00	10	410.1	4101.00
90003	ZAVOJNA BURGVA	JUS.K.D3.149	90	1,152.00	14	300	4200.00
90004	ZAVOJNA BURGVA	JUS.K.C1.031	90	312.00	5	330	1650.00
90005	ZAVOJNA BURGVA	JUS.K.F1.020	90	488.00	7	340.5	2383.50
80010	EECNO GLODALO	JUS.K.C1.031	30	24.00	1	390.8	390.80
UKUPAN IZNOS:						40322.60	

Slika 6. Plan potrebnih alata za izvršenje plana

• Terminiranje

Prilikom planiranja proizvodnje posebno se razmatra terminiranje proizvodnje prema rokovima isporuke pri čemu se određuju planovi lansiranja pojedinih delova prema strukturalnoj sastavnici proizvoda po terminskim jedinicama. Cilj ovog terminiranja jeste da se odredi vremenska struktura složenog proizvoda koja omogućuje određivanje okvirnog plana lansiranja pojedinih komponenti. Za svaku pojedinačnu komponentu određuje se datum lansiranja i planirani datum završetka. Izlaz iz ovog procesa planiranja predstavlja grubi termin plan.

Na osnovu predstavljenog grubog plana lansiranja vrši se raspodela lansiranja prema terminskim jedinicama koje su definisane fabričkim kalendarom. Razvijeni sistem omogućuje generisanje više različitih izveštaja koji se odnose na terminske jedinice, kao što su:

- plan kapaciteta po terminskim jedinicama,
- plan potreba alata po terminskim jedinicama,
- plan nabavke po terminskim jedinicama.

Plan lansiranja se koristiti za korekcije definisanih planova kapaciteta, planova nabavke gde se sada koristi plan potreba po terminskim jedinicama, pri čemu planovi kapaciteta, kao i planovi nabavke dobijaju i vremensku dimenziju.

- **Planiranje aktivnosti**

Izrada proizvoda zahteva potpunu sinhronizaciju mašina, radnika i ostalih resursa. Ranije definisani planovi proizvodnje nisu obuhvatali realno stanje u procesu proizvodnje, kroz informacije o stanju zauzetosti mašina, raspoloživosti mašina, izvršenoj proizvodnji.

Definisani termin planovi se posebno razrađuju na nižem operativnom nivou, pri čemu se uzimaju u obzir informacije iz pogona. Planiranje aktivnosti obuhvata fino terminiranje proizvodnje s obzirom na stanje lansiranih radnih naloga i izlaz iz ovog procesa je termin plan lansiranja koji je zajedno sa radnim nalogom za izradu ulaz u proces praćenja proizvodnje (*slika 1*). Proces terminiranja se izvodi po sličnom modelu kao i prethodno opisano grubo terminiranje kod procesa planiranja kapaciteta s tim da razrada plana proizvodnje uzima u obzir prioritete delova i raspoloživost grupa mašina na kojima se vrši izrada. U stvari datumi početaka izrade određuju se prema raspoloživosti grupe mašina.

Na osnovu kapaciteta mašina definisanog u okviru sistema, kao i potrebnog vremena po jedinici mere proizvoda definisanom u tehnološkom postupku za pojedini plan proizvodnje, proračunava se zauzetost mašina za izradu pojedinih delova iz plana. Razvijeni softver za podršku izvođenju terminiranja ovu zauzetost prikazuje u obliku dijagrama zauzetosti za pojedinu grupu mašina, kao što je prikazano na *slici 7*.

Slika 7. Terminiranje sa opterećenjem mašina (pregled opterećenja)

Slika 8. plan lansiranja (primer izveštaja)

Sistem omogućuje izdvajanje vremenskog perioda za grupu mašina, što se daje grafički u vidu dnevnog opterećenja. Na slici 7. u grafičkom prikazu opterećenja za pojedine grupe mašina jednostavno se uočavaju popunjeni i raspoloživi kapaciteti mašina. Pored toga, pregledom opterećenja mašina na osnovu zauzetosti moguća je korekcija koeficijenata preklapanja pojedinih operacija izrade nekog proizvoda, kako bi se ostvario što kraći ciklus izrade proizvoda i što potpunije iskorišćenje kapaciteta

Pri izvođenju terminiranja popunjavaju se slobodni mašinski kapaciteti koji se kasnije koriste za planiranje tekućih neplanskih naloga i porudžbina. Kroz sistem više različitih tipova izveštaja razvijeni program pruža podršku za niz poslovnih odluka vezanih za proces planiranja i terminiranja proizvodnje. Primer izveštaja sa određenim najranijim i najkasnijim datumima početaka i završetaka procesa proizvodnje predstavljen je na *slici 8*.

Jedan od najznačajnijih procesa pri planiranju i terminiranju predstavlja određivanje ekonomske veličine serije. Naime pojedini proizvodi nisu isplativi za izradu bez odgovarajuće serije koja se obično naziva ekonomska veličina serije. Prilikom terminiranja proizvodnje potrebne količine lansiranja treba uskladiti sa ekonomskim veličinama serija za pojedine delove. Postoji više metoda za određivanje ekonomske veličine serije, međutim u razvijenom softveru ekonomska veličina serije se posmatra kao poznat podatak i koristi se za usklađivanje planova lansiranja.

Razvijeni program za sve neplanske naloge ima mogućnost provere mogućnosti izvršenja naloga i s obzirom na popunjenost kapaciteta za grupe mašinea ukazuje na potencijalni manjak kapaciteta pre lansiranja. Bolji uvid i kontrola nad proizvodnim procesom omogućava brzu reakciju na uska grla i izmene zahteva u hodu koji bi inače mogli uticati na ugovorene rokove isporuke.

5. Zaključak

Ostvarivanje brojnih međusobno zavisnih aktivnosti u procesu proizvodnje nije moguće bez prethodnog planiranja, a s obzirom na složenost procesa adekvatno planiranje i upravljanje proizvodnjom nije moguće ostvariti bez odgovarajuće softverske podrške. Razvijeni program pruža značajnu podršku aktivnostima planiranja proizvodnje kroz module za planiranje potrebnih resursa obuhvatajući: planove potreba materijala, planove potrebnih kapaciteta, planove potrebnih alata i pribora, planove potrebnih kadrova i sl.

S obzirom da današnje poslovno okruženje zahteva brz odgovor na zahteve kupaca sa kompletnim i tačnim informacijama o isporuci, terminiranje proizvodnje je osnova za uspešno izvršenje plana i posebno je značajno za ostvarivanje uspešnog odnosa sa kupcima. Razvijeni program omogućuje visok nivo sinhronizacije aktivnosti u fazama planiranja neto potreba, terminiranja procesa proizvodnje i praćenja poslova u toku.

Programsko rešenje obezbeđuje veliku fleksibilnost u izboru tehničke osnove te otvorenost prema drugim sistemima, s obzirom da je razvijeno koristeći trenutno važeće standarde za razvoj aplikativnih sistema na Web tehnologijama.

Realizacija korisničkog interfejsa klijenata u obliku Web aplikacija za čiji rad se koristi "samo" Web browser omogućuje rad na svim tipovima hardvera i jednostavni su za nadogradnju i održavanje.

LITERATURA

- [1] Ivanović R., *Mogućnosti razvoja višeslojne strukture informacionog sistema za planiranje i upravljanje proizvodnjom*, Magistarska teza, Beograd 2003.
- [2] Ivanović R., Bojanić P., *Sistemi za planiranje i upravljanje proizvodnje u savremenim poslovnim sistemima*, Zbornik radova, 363 – 368, 7. Međunarodno savetovanje o dostignućima elektro i mašinske industrije DEMI, Banja Luka 2005.
- [3] Oracle dokumentacija, *Oracle Master Scheduling/MRP and Oracle Supply Chain Planning*, User Guide, RELEASE 11i, Volume 1, February 2001.
- [4] Oracle dokumentacija, *Oracle Manufacturing Scheduling*, User's Guide, Release 11i, April 2002, Part No. A77021-05
- [5] PROCEEDINGS, ESPOO 2003 VTT SYMPOSIUM 224, Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks, GLOBEMEN, Helsinki, 2003.

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT FOR PRODUCTION PLANNING

Key words: *Information Systems, Production Planning*



UTICAJ POSLOVNOG OKRUŽENJA NA ORGANIZACIJE ZA PRERADU METALA

Dr Čedomir Avakumović¹
Mr Julija Avakumović²

Rezime: Rad ima za cilj da ukaže na snage i aktere makro i mikro okruženja koji imaju značajan uticaj na poslove organizacija koje se bave preradom metala.

Ključne reči: Makro okruženje, mikro okruženje, energija, akteri, snage.

1. UVOD

Period koji je neposredno iza nas, predstavlja period intezivnih promena, kako u naučno tehnološkom smislu, tako i u društveno – ekonomskim odnosima. Organizacije kao dinamički sistemi, koji pod uticajem i spoljašnjih faktora nemogu a da ne anticipiraju novonastale promene u poslovnom okruženju. Kompleksnost društveno-ekonomske krize i traganja za prevazilaženje entropiskog stanja u privredi, politici i društvu, izbacili su u prvi plan preduzetnike, ljude smelog duha, spremne za rizik, inovatore i kreatore novog duha u poslovanju. I pored toga što sadašnji proces dezindustrializacije stavlja u prvi plan čoveka kao pojedinca i otvara mogućnosti i prostore slobodi njegove kreativnosti, između ostalog on mora znati moguće uticaje poslovnog okruženja na organizaciju i njeno poslovanje. Kada znamo snage i aktere poslovnog okruženja, bice nam lakše da se prilagodimo tim uticajima i da ih iskoristimo za ostviranje naših ciljeva. Postoji jedna izreka „Kada se promene u organizaciji odvijaju sporije od promena u okruženju, znajte da je kraj sve bliži“.

2. SNAGE I AKTERI POSLOVNOG OKRUŽENJA

Promene koje mogu nastati i uticati na strategiju poslovanja i razvoja organizacije mogu biti promene nastale pod uticajem mikro i makro faktora u okruženju. Snage makro okruženja su: demografske, ekonomske, prirodne, tehnološke, političko-pravne, društveno-kulturne i konkurentske snage.

Akteri mikro okruženja su: organizacija (interno okruženje organizacije), dobavljači, marketing posrednici, potrošači, konkurenti i javnost.

Pri analizi uticaja poslovnog okruženja potrebno je pratiti i uzeti u obzir i kretanja u međunarodnom – globalnom okruženju a ne samo pratiti uticaje okruženja u našoj zemlji.

Uspesne organizacije znaju da poslovno okruženje konstatno nudi nove mogućnosti i opasnosti i treba da shvate da je važno da uspeh u poslovanju konstantno prate i prilagodjavaju se uticaju faktora okruženja. Mnoge organizacije propuštaju da vide šansu u promenama. One ignorišu, ili se suprostavljaju promenama. Njihove strategije, strukture, sistemi i organizacione kulture zastarevaju i nefunkcionalne su. Uspesne orgnaizacije vide svoje šanse u promenama.

¹ Dr Čedomir Avakumović, FIM Kruševac acedomir@yahoo.com

² Mr Julija Avakumović, Beograd, julija09@yahoo.com

3. SNAGE MAKRO OKRUŽENJA

Na organizacije deluju snage makro okruženja. Trendovi tih snaga utiču na mogućnost organizacija. Veoma često ti trendovi predstavljaju opasnosti za uspeh organizacija. Na te „nekontrolisane“ snage, organizacija ne može da utiče ali ako ih prati onda može svojim aktivnim merama da na njih odgovori i predupredi njihov „štetan“ uticaj na svoje ciljeve. Na organizacije utiču sledeće snage makro okruženja:

- Povećanje međunarodnog transporta, komunikacija i finansijskih transakcija;
- Porast razmene između država;
- Povećanje dugova pojedinih zemalja;
- Povećanje korišćenja bartera i vezane trgovine;
- Povećanje otvorenosti i razmene sa našim susedima i nepraćenje naših adekvatnih kontraposredstva u cilju uravnoteženja bilansa razmene sa tim zemljama;
- Porast globalnih marki, i td.

Zbog brzih ekonomskih promena u svetu, organizacije treba da prate sledeće uticaje okruženja:

- Demografsko,
- Ekonomsko,
- Prirodno,
- Tehnološko,
- Političko-pravno,
- Društveno-kulturne,
- Konkurentsko i td.

I ako se ovi uticaji mogu posmatrati odvojeno, potrebno je obratiti pažnju na njihove konstantne interakcije, jer ukazuju na nove mogućnosti ali i opasnosti.

Ukazaćemo na prirodne i tehnološke uticaje, mada su svi uticaji značajni i isti utiču na poslovanje organizacije.

Uticaji prirodnog okruženja obuhvataju prirodne resurse koji su potrebni kao inputi organizacijama a to su:

- nestašice sirovina,
- povećanje troškova energije,
- povećanje nivoa zagađenja,
- uloga vladinih odluka u zaštiti prirodnog okruženja.

Postoje neograničene, ograničene obnovljive i ograničene neobnovljive sirovine. Neograničeni izvori, kao što su vazduh i voda, ne predstavljaju direktan problem, ali je potrebno obratiti pažnju na zabranjene sprejove čiji pojedini sastojci su pod zabranom zbog njihove štetnosti za ozonski omotač. Pitanje nestašice vode i zagađivanje vode i vazduha su pitanja na koja organizacije moraju obratiti pažnju. Takođe je pitanje ograničenih neobnovljivih izvora, kao što su nafta, uglj, pojedini metali, su pitanja koja ako nisu došla na red za razmatranje ipak treba već razmtrati moguće alternative i tražiti supstitute.

Važno je da organizacije zbog povećanja troškova energije, razmotre mogućnosti primene alternativnih izvora enrgije kao što je solarna, energija vetra i dr. Takođe je potrebno posvetiti pitanje efikasnijem načinu korišćenja postojećih izvora energije.

Potrebno je da proizvodi organizacija za preradu metala ostvare ravnotežu između „zelenih“, prednosti i kvaliteta proizvoda i funkcionalnih koristi koje će od tih proizvoda imati potrošači. Organizacije moraju prihvatiti društvenu odgovornost u vezi kontrole i smanjenja zagađivanja okoline.

Kod razmatranja uticaja tehnološkog okruženja, treba imati u vidu sledeće faktore:

- ubrzani tempo tehnoloških promena,
- neograničene mogućnosti inovacija,
- ograničenost finansijskih sredstava za istraživanje i razvoj,
- povećani zahtevi kvaliteta proizvoda i usluga,

- uticaj dizajna na postojeće i nove proizvode, i dr.

4. AKTERI MIKRO OKRUŽENJA

Akteri mikro okruženja su organizaciona struktura organizacije (sektori, odeljenja, službe, pogoni, referati), dobavljači, potrošači, konkurenti, javnost (finansijska, medijska, lokalna, interna i dr.).

Važno je sagledati uticaje poslovnog mikro okruženja, odnosno njegove komponente, jer tim sagledavanjem možemo bliže odrediti ne samo naše šanse, već i pretnje sa kojima se možemo sresti, a koje moraju biti obuhvacene analizom u cilju izrade kvalitetne i efektne poslovne strategije organizacija iz oblasti prerade metala.

Organizacija kao komponenta mikro okruženja predstavlja i glavnu od koje sve počinje. Od same strukture organizacije, njene unutrašnje organizacije i povezanosti njenih delova zavisi brzina uklopljivosti i održivosti na tržištu. Saradnja u okviru delova organizacije mora biti na visokom nivou i treba da postoji slobodan i blagovremen protok informacija. Veza mora postojati između proizvodnje i ostalih poslovnih organizacionih delova organizacije.

Kupci kao komponenta mikro okruženja predstavljaju individuu na tržištu koja kupuje naš proizvod ili usluge. Na poslovanje organizacije utiču i institucije ili pojedinci koji indirektno utiču na poslovanje a bez kojih je nezamisliv proces i tokovi kretanja od proizvođača do potrošača a to su:

- Banke,
- Osiguravajuća i kreditna društva,
- Agenti,
- Brokeri,
- Veletrgovci,
- Trgovci na malo,
- Prevoznici,
- Agencije,
- Reklamne agencije,
- Medijski konsultanti,
- Mediji i dr.

5. KORPORATIVNI IDENTITET I KORPORATIVNI IMIDŽ

Uticaj poslovnog okruženja na organizacije koje se bave preradom metala zavisi i od korporativnog identiteta i korporativnog imidža koje te organizacije su vremenom izgradile kao i načina kako ih održavaju i povećavaju u budućnosti.

Korporativni identitet predstavlja portret jedne orgnaizacije, koji se ocrtava kroz njenu filozofiju, istoriju, kulturu, strategiju, stil upravljanja, ugled i ponašanja zaposlenih, prodavaca i drugih predstavnika organizacije. Korporativni identitet može pozitivno da utiče na vraćanje izgubljene ili na stvaranje nove reputacije organizacije. Smatra se da uticaj poslovnog okruženja ima bolji dvosmerni učinak sa organizacijama koje imaju poznatiji korporativni identitet u odnosu na konkurente.

Svrha korporativnog imidža je pridobijanje naklonosti i simpatija javnosti za organizaciju, njene proizvode i usluge. Povoljni imidž, organizacija treba da zasluži. Takođe postoji mišljenje da je uticaj poslovnog okruženja veći i uspešniji na organizacije čiji je korporativni imidž poznatiji u okruženju.

6. ZAKLJUČAK

Organizacije koje se bave preradom metala su veoma podložne uticaju poslovnog okruženja. Njihove poslovne šanse su veće ukoliko su one spremnije da prihvataju promene iz okruženja. Te uticaje poslovnog okruženja organizacije prihvataju i ostvaruju na dva načina.

Prvi način, je da organizacije posmatraju okruženje kao „nekontrolisani“ element kome se moraju adaptirati. One pasivno prihvataju okruženje i ne pokušavaju da ga menjaju, već da izbegnu opasnosti i ostvare koristi na osnovu mogućnosti koji im dolaze iz okruženja.

Drugi način, je da organizacije preuzimaju upravljanje okruženjem, čineći agresivne aktivnosti radi uticaja na javnost i snage okruženja. U sadašnje vreme organizacije veoma često angažuju lobiste da za njih lobiraju po pojedinim pitanjima koja utiču na poslovanje organizacije kod subjekata okruženja.

LITERATURA:

1. Kotler, P. (2000) Marketing Management, the Mileninium – tehth edition, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
2. Lancaster, G., Massingnam, L. (1997) Menadžment u makretinu, Gmeč, Beograd.

INFLUENCE ON BUSINESS ENVIRONMENT IN ORGANIZATION FOR ARRANGING METAL

Abstract: Work has for purpose to point out in force, and actors of macro and micro environment which have got very important influence in dealing organizations in doing with arranging metal.

Key words: micro environment, macro environment, energy, actors, forces.



PREDVIĐANJE I RANGIRANJE MOGUĆIH TRENDOVA PROGRAMSKE ORJENTACIJE

Radisav D. Đukić¹

Rezime: Pošto u sebi sintetizuje veoma složen skup činilaca stohastičke i dinamičke prirode programska orijentacija je, tokom vremena, podložna izmenama. Dugoročni aspekt uglavnom se zasniva na pretpostavkama i predviđanju gde preovladavaju elementi kvalitativne prirode. Rad tretira jedan od mogućih pristupa pri razmatranju aktuelnih trendova proizvodne orijentacije i proizvodnog programa. Bez obzira da li se radi o predviđanju ili kratkoročnom planiranju opisana metodologija daje kvantitativnu osnovu za sagledavanje i donošenje odluka koje se u daljem postupku, kroz kvalitativnu analizu, mogu preispitivati.

Cljučne reči: strategija, odlučivanje, proizvodnja, program, neizvesnost, predviđanje.

1. UVOD

Misija i opšti ciljevi poslovno-proizvodnog sistema, uticaj okruženja i društveni karakter proizvodnje orijentišu njegovu sveukupnu delatnost i proizvodnu orijentaciju. Preduzeće je prevashodno izloženo uticajima stohastičke prirode koji ga često dovode u konfliktnu i neizvesnu situaciju. Neophodnost promene stanja traži potpuno razumevanje događaja kako bi se privredni subjekat što duže održao u zdravom tj. najboljem delu životnog ciklusa.

Pošto u sebi sintetizuje veoma složen skup činilaca stohastičke i dinamičke prirode programska orijentacija je, tokom vremena, podložna izmenama. Dugoročni aspekt uglavnom se bazira na pretpostavkama i predviđanju gde preovladavaju elementi kvalitativne prirode. Proizvodni program je konkretizacija programske orijentacije, sa srednjoročnog i kratkoročnog aspekta, pri čemu se njegovo projektovanje zasniva na činjenicama koje su manje ili više podložne kvantifikaciji.

Imajući u vidu da se proizvodni program definiše vrstom i količinom proizvoda njegovo projektovanje predstavlja složen proces sa dalekosežnim posledicama. Ta činjenica nameće proizvođaču ulogu „generatora” u svim zbivanjima unutar i izvan poslovno-proizvodnog sistema.

Razmatrajući proizvodnu delatnost, od programske orijentacije preko proizvodnog programa do proizvoda i obrnuto, potrebno je u okviru vremenske ose, od predviđanja do dugoročnog i kratkoročnog planiranja, sagledati delovanje relevantnih unutrašnjih i spoljašnjih determinanti.

U tom kontekstu navedena problematika u sebi sažima i prelama dve ključne protivrečnosti:

- neizvesnost budućih zbivanja kao posledicu intenzivne promene uslova privređivanja i zahteva okruženja, i
- dugotrajne pripreme, operativna ulaganja i angažovanje razvojnih potencijala u cilju realizacije usvojenih strategija.

Shodno usvojenoj koncepciji zahvata problematike programske orijentacije od predviđanja pa do kratkoročnog planiranja mogu se koristiti razne metode i tehnike kao što su: Delfi metoda, Sinetička metoda, Scenario metoda, Drvo odlučivanja, Tehnike mrežnog planiranja, Regresiona i korelaciona analiza, Ekstrapolacija trenda, Metode matematičkog programiranja, Simulacije, Poslovni ciklus, Vodeći privredni model i t.d.

U radu je izložena kvantitativna metoda koja u sebi sažima regresiju, korelaciju i ekstrapolaciju trenda uz primenu pravila i kriterijuma koji se koriste u Teoriji igara i metodama višekriterijumskog rangiranja alternativa. Imajući u vidu da se relevantne odluke vezane za programsku orijentaciju donose na stratejskom nivou uz visok nivo neizvesnosti, nudi se top menadžmentu koncept koji je podložan daljoj kvalitativnoj analizi.

¹ mr. Radisav D. Đukić, dipl. maš. inž., Viša tehnička škola Čačak, Svetog Save 65

2. ANALIZA PROBLEMA

Poslovno-proizvodni sistemi spadaju u grupu organizacionih, slozenih, dinamičkih, stohastičkih i otvorenih sistema i kao takvi teže sopstvenoj degeneraciji ukoliko se kontinualno ne obezbeđuju adekvantni inputi. To znači da entropija kod ovih sistema ima tendenciju rasta.

Specifičan položaj i ulogu imaju sistemi za proizvodnju sredstava naoružanja i vojne opreme. Proizvodnja ovih sredstava organizuje se prevashodno za potrebe odbrane i bezbednosti zemlje, a zatim u cilju prodaje na svetskom tržištu i dominacije u regionalnim i svetskim okvirima. Na cene proizvoda, zavisno od nivoa globalizacije poslovanja, može ali i ne mora da utiče zakon ponude i tražnje. Proizvodnja je regulisana posebnim zakonskim propisima pri čemu poslovanje, između ostalog, determinišu sortiman i kvalitet proizvoda, po pravilu kratki rokovi isoruke, zahtevi za modifikacijom standardnih verzija proizvoda, mogućnosti nabavke specifičnih materijala i delova, materijalni, finansijski i kadrovski resursi sistema.

U pogledu prostornog zahvata globalizacija poslovanja odvija se u najširim, svetskim razmerama. Zbog toga je potrebno sagledati delovanje eksternih ograničenja kao što su: naučno-tehnički potencijali i dostignuća, međunarodni odnosi i pravna regulativa, cirkulacija kapitala i integracione procese u regionalnim i svetskim razmerama.

Ponuda na tržištu uz odgovarajuće korekture zbog uvoza i zaliha, pokazuje obim i strukturu proizvodnje po kvalitetu i asortimanu. Nasuprot tome, tražnja pokazuje obim i strukturu potreba. Odnos između ponude i tražnje, po obimu i strukturi, može da posluži kao indikator proizvodne orijentacije. Međutim, imajući u vidu, da su proizvodi naoružanja i vojne opreme specifična roba, otežano je istraživanje tržišta na globalnom nivou kako bi se kroz praćenje i analizu svih elemenata od značaja, predvidale potrebe. Treba dodati i činjenicu da se često proizvodi i za „nepoznate kupce”. U nedostatku pouzdanih pokazatelja o potrebama tržišta i mogućnostima plasmana a u cilju smanjenja rizika od promašaja u programskoj orijentaciji, neophodno je „oslušivati” ponašanje tržišta u predhodnom periodu i predviđati moguće tendencije u budućnosti u uslovima neizvesnosti.

Uočavanje mogućih alternativa u ponašanju tržišta i njihovim rangiranjem, sa aspekta usvojenih kriterijuma, dobijamo kvantitativnu osnovu za moguće simulacione procese kojima se traže optimalna ršenja pri projektovanju proizvodnog programa.

3. OPIS METODE

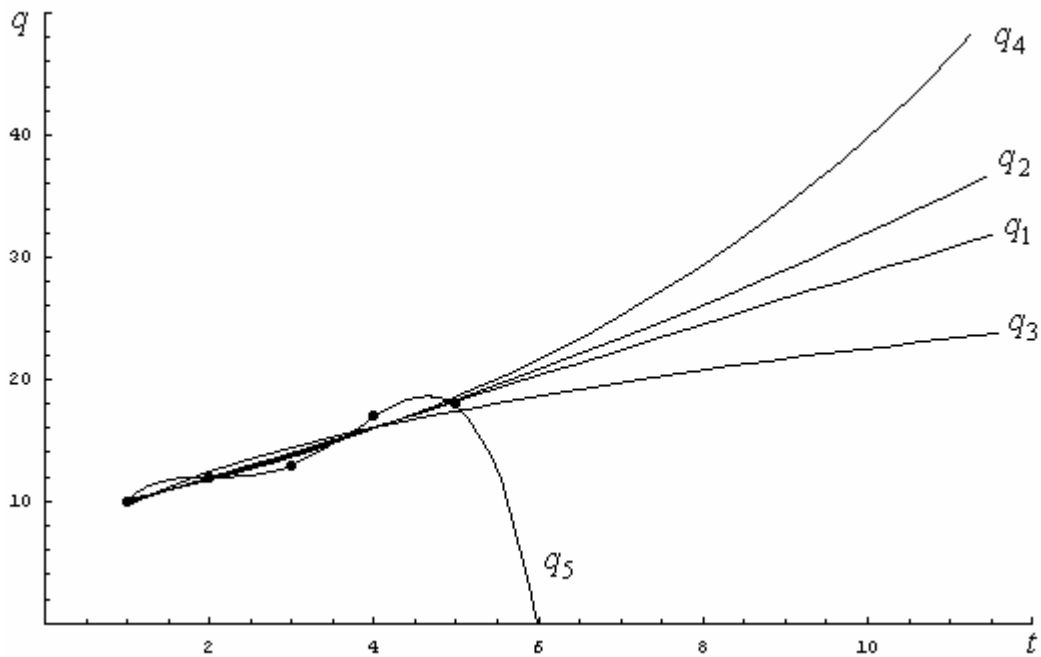
U konkretnom proizvodnom sistemu izvršena je analiza ostvarene tržišne dinamike plasmana grupe proizvoda u vremenskom intervalu od pet godina u odnosu na aktuelni trenutak. Grupu proizvoda čini petnaest artikala slične konstrukcije, istog kalibra, različite namene, koji se proizvode na identičnim proizvodnim kapacitetima i koriste se za dva sistema naoružanja.

Na osnovu petogodišnje dinamike plasmana proizvoda reprezentanta izražene u 10^5 kom/god. (q_i, t_i) , $i = 1,5$: $(10, t_1)$, $(12, t_2)$, $(13, t_3)$ $(17, t_4)$ i $(18, t_5)$ koristeći metode regresione i korelacione analize stohastičku zavisnost plasmana proizvoda reprezentanta u funkciji od vremena opisaćemo sa pet aproksimativnih krivih: $q_1=7,7+2,1t$, $q_2=8,2+1,67t+0,07t^2$, $q_3=9,582t^{0,371}$, $q_4=8,654 \cdot 1,165^t$ i $q_5=-7+31,667t-19,083t^2+4,833t^3-0,417t^4$. Izabrane aproksimativne krive (sl.1) definišu moguća alternativna stanja sistema (tab.1) u oblasti eksperimenta (pet godina) i oblasti predviđanja (pet godina).

Rešavanje modela podrazumeva izbor jedne od mogućih (ponuđenih) alternativa (strategija). Drugim rečima izbor jedne od ponuđenih alternativa može se poistovetiti sa donošenjem odluka u slučajevima neizvesnosti kada je raspodela verovatnoća budućih stanja nepoznata. Pri donošenju odluke možemo koristiti više kriterijuma, od krajnje pesimističkih do krajnje optimističkih.

U radu su korišćeni sledeći kriterijumi: K_1 (min/min) kriterijum izrazitog pesimizma, K_2 (max/min) kriterijum umerenog pesimizma, K_3 (max/min) Valdov kriterijum, K_4 (min/max) Savageov kriterijum, K_5 (max) Hurwiczov kriterijum, K_6 (max) Laplasov kriterijum, K_7 (max) kriterijum trenda (koeficijent korelacije), K_8 (min) kriterijum trenda (standardna greška regresije), K_9 (max) kriterijum trenda (koeficijent elastičnosti tražnje), K_{10} (min/max) kriterijum umerenog optimizma i K_{11} (max/max) kriterijum izrazitog optimizma.

Na osnovu odabranih kriterijuma izvršen je izbor optimalnih alternativa (q_i) u oblasti predviđanja (tab.br.2). U cilju višekriterijumskog rangiranja alternativa u radu je korišćena familija metoda PROMETHEE I, II, III.



Sl. 1. Alternativne funkcije trenda

Tabela br.1 Stanja sistema S_j definisana alternativnim funkcijama $q_i = f(t)$

$S_j, j=1,10$ $q_i, i=1, 5$		STANJA SISTEMA S_j									
		OBLAST EKSPERIMENTA					OBLAST PREDVIĐANJA				
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
q_i	q_1	9,80	11,90	14,00	16,10	18,20	20,30	22,40	24,50	26,60	28,70
	q_2	9,94	11,83	13,86	16,03	18,34	20,80	23,40	26,14	29,03	32,06
	q_3	9,58	12,39	14,40	16,03	17,41	18,63	19,73	20,73	21,66	22,52
	q_4	10,08	11,74	13,67	15,92	18,54	21,59	25,15	29,29	34,11	39,72
	q_5	10	12	13	17	18	0	0(*)	0(*)	0(*)	0(*)

Tabela br.2 Izbor optimalnih alternativa q_i po odabranim kriterijumima K_i u oblasti predviđanja

		STANJA SISTEMA $j=6,7,\dots,10$					KRITERIJUMI ODLUČIVANJA $K_i, i=1,2,\dots,11$										
		S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}
q	q_1	20,30	22,40	24,50	26,60	28,70	20,30	20,30	3	11,02	23,24	24,50	0,979	0,616	0,73	28,70	28,70
	q_2	20,80	23,40	26,14	29,03	32,06	20,80	20,80	4	7,66	24,74	26,29	0,980	0,605	0,97	32,06	32,06
	q_3	18,63	19,73	20,73	21,66	22,52	18,63	18,63	2	17,2	19,99	20,65	0,960	0,850	0,37	22,52	22,52
	q_4	21,59	25,15	29,29	34,11	39,72	21,59	21,59	5	0	27,94	29,97	0,978	0,630	1,52	39,72	39,72
	q_5	0	0	0	0	0	0	0	1	39,72	0	0	1,000	0,000	0,00	0,00	0,00
ZAHTEV KRITERIJUMA: "MIN-MAX" :							MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
VREDNOST KRITERIJUMA:							0	21,59	5	0	29,74	29,97	1,000	0,000	1,52	0,00	39,72
OPTIMALNA ALTERNATIVA:							q_5	q_4	q_4	q_4	q_4	q_4	q_5	q_5	q_4	q_5	q_4

PROMETHEE I

PARCIJALNI POREDAK

RANG	BROJ NADMASENIH ALTERNATIVA	GRAF ALTERNATIVA
		1. 2. 3. 4. 5.
ALTERNATIVA q ₂	2	N I N # #
ALTERNATIVA q ₄	2	N # N I #
ALTERNATIVA q ₁	1	I # N # #
ALTERNATIVA q ₃	0	# # I # #
ALTERNATIVA q ₅	0	# # # # I

PROMETHEE II

POTPUNI POREDAK

RANG	BROJ NADMASENIH ALTERNATIVA	GRAF ALTERNATIVA
		1. 2. 3. 4. 5.
ALTERNATIVA q ₄	4	N N N I N
ALTERNATIVA q ₂	3	N I N # N
ALTERNATIVA q ₁	2	I # N # N
ALTERNATIVA q ₃	1	# # I # N
ALTERNATIVA q ₅	0	# # # # I

PROMETHEE III

INTERVALNI POREDAK

RANG	BROJ NADMASENIH ALTERNATIVA	GRAF ALTERNATIVA
		1. 2. 3. 4. 5.
ALTERNATIVA q ₄	4	N N N I N
ALTERNATIVA q ₂	3	N I N # N
ALTERNATIVA q ₁	2	I # N # N
ALTERNATIVA q ₃	1	# # I # N
ALTERNATIVA q ₅	0	# # # # I

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U radu je tretiran jedan od mogućih pristupa pri razmatranju problematike programske orijentacije i proizvodnog programa. Prikazana metoda sintetizuju regresiju, korelaciju i ekstrapolaciju trenda kao polazište za primenu različitih kriterijume koje možemo koristiti u okviru Teorije statističkih rešenja odnosno metoda za višekriterijumsko rangiranje alternativa.

PREDICTING AND RANGING POSSIBLE TRENDS OF PROGRAMMING ORIENTATION

Resume: *Since the programming orientation synthesizes a very complex range of not precisely determined and dynamic nature, it has been susceptible to changes over a period of time. The long term aspect has mainly been based on presumptions and prediction where the elements of qualitative nature are predominant. This paper treats a possible approach concerning the contemporary trends of productive orientation and production programs. No matter it deals with predictions or short term planning, the described methodology shows the quantitative base for concerning and making decisions which can be questioned in further procedure through qualitative analysis.*

Key words: *strategy, decision making, production, programs, uncertainty, predicting.*

LITERATURA

- [1] Opricović S., Optimizacija sistema, Građevinski fakultet, Beograd, 1992.
- [2] Backović M., Vuleta J., Ekonomsko matematički metodi i modeli, CID, Beograd,
- [3] Bulat V., Industrijski menadžment, ICIM, Kruševac, 1999.
- [4] Simonović V., Numeričke metode, Mašinski fakultet, Beograd, 1979.
- [5] Mamuzić Z., Đerasimović B., Osnovi matematičke analize, Naučna knjiga, Beograd, 1970.
- [6] Vukadinović S., Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1978.
- [7] Đukić R., Pristup konceptu proizvodnog programa korišćenjem metoda za višekriterijumsko odlučivanje, 30 jubilarno SPMSCG, Vrnjačka banja, 2005.



M. Tomić¹

PRILOG IZUČAVANJU TROŠKOVA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

REZIME

Ključni deo logističke podrške svakog proizvodnog procesa je održavanje raspoloživosti tehničkog sistema na potrebnom nivou, a što se postiže primenom odgovarajućih standarda i tehnologija održavanja. Izbor strategije održavanja zavisi od zahteva opreme, tehnološkog procesa i okruženja s ciljem da se uz što manje troškove održavanja postigne što veća raspoloživost tehničkog sistema, odnosno minimiziraju zastoji radi nastalih kvarova.

UVOD

Održavanje je u savremenim uslovima privređivanja nedeljivi i veoma značajan deo proizvodnog procesa sa specifičnim uslovima za rad, organizovanje i planiranje. Normalno je da se sa visokim stepenom automatizacije postiže visoka produktivnost, a time i niži troškovi proizvodnje, ali sa druge strane svako stajanje takvih tehničkih sistema mnogo košta i ostavlja teške posledice na celokupan proizvodni proces.

Kako je održavanje neposredno uslovljeno pojavom otkaza, koji mogu biti veoma različitog intenziteta i karaktera, upravljanje složenim postupcima održavanja mora biti zasnovano na izučavanju i analizi pojave otkaza na zakonima teorije pouzdanosti. Pri tome se moraju uzeti u obzir i drugi važni činioci, a pre svega troškovi održavanja, koji obično zahvataju dobar deo ukupnih troškova životnog ciklusa. Stoga postupcima održavanja treba da se omogući rad sistema bez otkaza tj. rad sa što manjom verovatnoćom pojave otkaza. Uz to, treba da se obezbedi i da su posledice ili štete izazvane otkazima što manje, a i da su troškovi održavanja što manji.

PRIKAZ TROŠKOVA ODRŽAVANJA

Koliko je važno da sistem održavanja omogući proizvodno – tehnološkom sistemu maksimalnu gotovost – isto je tako važno da i troškovi održavanja ne budu veliki. Ukoliko se teži da se iz proizvodno – tehnološkog procesa dobije što više novih proizvoda, može se desiti da troškovi održavanja znatno utiču na smanjenje te dobiti.

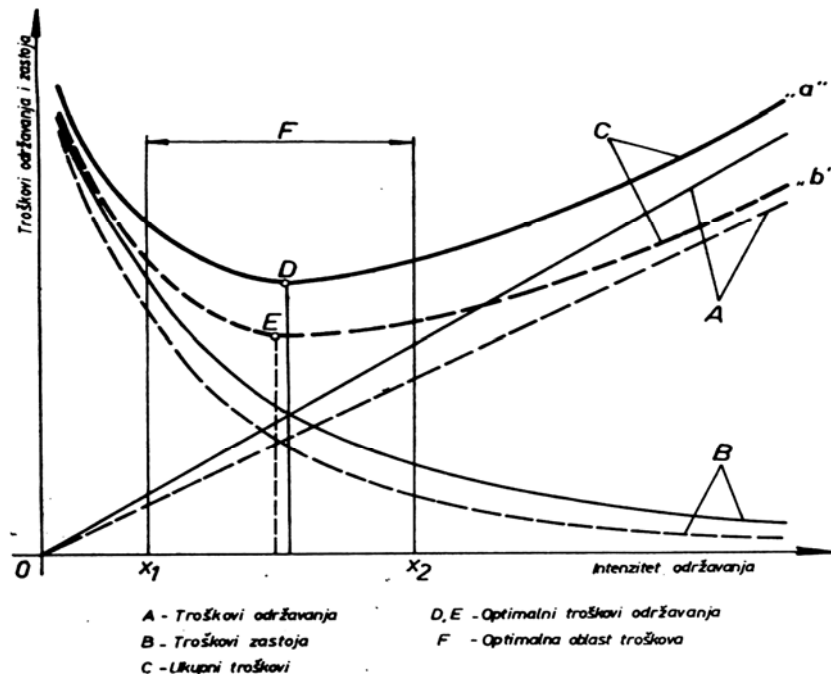
Obično se očekuje da će sistem na početku i većim delom svoga veka imati niske troškove održavanja i da će tek pri njegovom kraju troškovi osetnije porasti. Takav porast troškova održavanja bi u stvari i trebalo očekivati ako bi na sistemima dolazilo samo do onih oštećenja s kojima je proizvođač prilikom konstruisanja i računao. Ako je sistem dobro konstruisan, tada je i svaki pojedini deo tako dimenzionisan da može ispasti iz pogona tek pošto prođe vek trajanja celog sistema. Kada bi se sistemi tako ponašali i u praksi (kako to konstruktor i očekuje), tada tokom svog veka trajanja, osim niskih troškova preventivnog održavanja i zamene jeftinijih habajućih delova, sistemi ne bi smeli da prouzrokuju nikakve osetljive troškove održavanja.

Međutim, najveći deo tehničkih sistema se ne ponaša tako. Deo sastavnih delova (ne samo izrazito habajući) redovno ispada iz pogona u vidu « slabih tačaka » , dok se drugi ne troše ni posle niza godina eksploatacije. Tu treba imati na umu i tkz. « slučajna oštećenja » koja, za razliku od oštećenja koja dolaze vremenom, mogu u svako doba, sa jednakom verovatnoćom, nastupiti i prouzrokovati troškove održavanja. U ukupnom proseku, takva slučajna oštećenja na mašinskim sistemima prouzrokuju gotovo polovinu svih troškova.

¹ Dr. Miroljub Tomić, dipl.maš.inž.

“UNITEX” – Fabrika kompresora i opreme a.d. Smederevo
026/ 224 – 311 ; unitehsd@eunet.yu

Odnos između troškova održavanja i troškova usled zastoja proizvodnje prikazan je na slici 1.

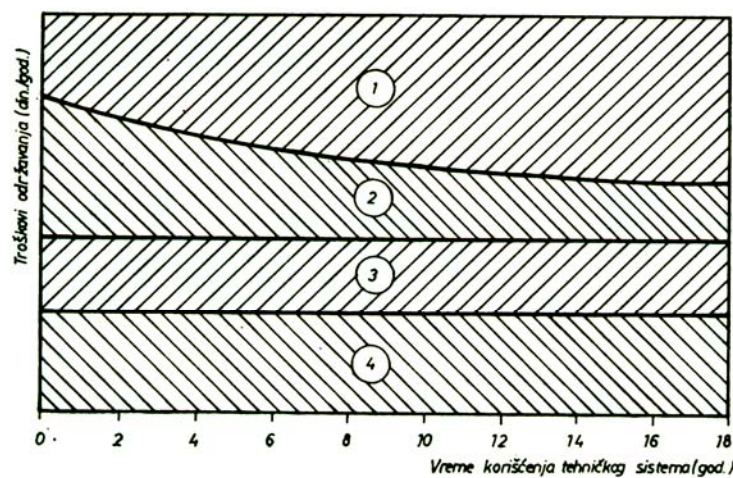


slika 1

Istraživanja pokazuju da se ne može tačno govoriti o optimalnoj tački troškova održavanja i zastoja sa stanovišta minimuma. Tu je očigledno reč o jednom intervalu između tačaka X_1 i X_2 .

Ako ne postoji delatnost korisnika u fazi projektovanja, odnosno nabavke tehničkog sistema, onda su troškovi (sl. 1) predstavljeni krivama "a". Međutim, ako već u fazi projektovanja brinemo o pouzdanosti i pogodnosti održavanja, a uz to izvršimo dobre pripreme za eksploataciju, zbir troškova održavanja i zastoja zbog otkaza i održavanja biće niži (krive « b » na sl.1). Tada će optimalni zbirni troškovi biti u okolini tačke E, a ne D.

Isto tako su skoro neizbežna i « oštećenja prilikom uhadavanja », do kojih obično dolazi u prvim godinama rada sistema. Ta oštećenja poznata su kao « dečja bolest » sistema, pa se zbog njih na početku eksploatacije i očekuju veći troškovi održavanja. Zato treba što uspešnije otkloniti takve slabe tačke koje se inače mogu očekivati kod skoro svih sistema. Međutim, moguće je da suzbijanje slabih tačaka tokom vremena snižava troškove održavanja, ali će ih zato oštećenja izazvana dugotrajnim habanjem znatno povišiti. Oba ova uticaja bi se na taj način međusobno poništavala. Slika 2 pokazuje takve međusobne odnose, uz konstataciju da su po godinama troškovi održavanja približno jednaki (ravnomerno raspoređeni).



1. Troškovi popravke (zamene) habajućih rezervnih delova - vremenski otkazi
2. Troškovi otkaza radi slabih mesta
3. Troškovi slučajnih otkaza
4. Troškovi prouzrokovanih otkaza

slika 2

Koliki su troškovi zastoja zbog otkaza i radova na održavanju ? Na ovo pitanje je teško dati uopšteni odgovor, ali se procenjuje da su troškovi zastoja zbog otkaza jednaki ili veći od troškova održavanja. Zastoji zbog otkaza i održavanja prouzrokuju troškove u vidu:

- smanjenja kapaciteta tehničkog sistema,
- povećanja škarta,
- kašnjenja isporuka,
- posebnog angažovanja stručnih kadrova za rešavanje pojedinih problema.

Troškovi održavanja posebno su interesantni sa stanovišta:

- pokrivanja troškova, tj. planiranja iznosa i traženja izvora finansijskih sredstava, i
- upravljanja održavanjem na osnovu troškova.

I pored poteškoća koje prate određivanje troškova održavanja, oni se mogu unapred predvideti na osnovu:

- praćenja prosečnih troškova održavanja u proteklim razdobljima,
- podataka o troškovima održavanja sličnih sistema,
- postotka nove vrednosti.

Prva dva načina su jasna sama po sebi. Treći način se zasniva na saznanju da su troškovi održavanja u normalnom veku trajanja sistema približno jednaki nabavnoj vrednosti sistema i da su u vremenu trajanja, odnosno rada sistema, približno ravnomerno raspoređeni. Iz toga proizilazi da nabavnu vrednost treba podeliti sa životnim vekom – da bi se dobio očekivani godišnji iznos troškova.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dosadašnjih istraživanja može se utvrditi da troškovi održavanja u industriji prosečno iznose oko 3,3 % od vrednosti prodatih proizvoda, ili oko 6 % od nabavne vrednosti tehničkog sistema, a što je uslovljeno vekom njegovog trajanja. Stoga proces izbora strategije održavanja mora biti zasnovan na sistematskoj analizi uticaja i postupku odlučivanja u smislu:

- ukupne efektivnosti strategije održavanja,
- periodičnosti i cikličnosti strategije održavanja,
- strukture i količine rezervnih delova koji stoje na raspolaganju,

čime postizemo:

- maksimiranje učešća vremena u radu, tj. operativne gotovosti sistema,
- maksimiranje pouzdanosti u radu pri približno istim troškovima održavanja različitih varijanti

politika održavanja,

- minimiziranje očekivanih troškova održavanja u vremenu trajanja sistema.

LITERATURA

- [1] Tomić,M., Adamović,Ž., Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1986.
- [2] Adamović,Ž., Todorović,J., Savremene metode održavanja tehničkih sistema u industriji, Jugoslovenski zavod za produktivnost rada, Beograd, 1985
- [3] Tomić,M., Uvođenje sistema planiranja i upravljanja održavanjem u MK – Smederevo, časopis “ Tehnika “, 7 – 8 (1982), Beograd.
- [4] Čala.I., Trendovi u održavanju tehničkih sustava, Simpozijum Istraživanja i orijentovanja za privredu – 2005, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.

SUMMARY

Key part of logistic support every single production process is observance of system's technique availability on necessary level. That can be achieving using of adequate strategy and technology of conserve. Choice of conserve's technology depend of: equipment require, technologies process and environment with a goal that less cost of maintenance will archived bigger technique availability, apropos, minimizing of standstill because of damage issue.



BEHAVIOR OF VEHICLE ON UNEVEN ROADS

Gilbert-Rainer GILLICH¹, Cristian Paul CHIONCEL², Sava IANICI³, Petru CHIONCEL⁴

Abstract: Roads with irregular surface cause the vehicle to move vertically as well as rotate about an axis. Two fundamental components, namely, steady-state road surface irregularities and transient events, can be employed for classification of roads. The suspension systems have the role to reduce the vibrations and forces caused by bumpy road conditions. The paper presents a way to model and simulate the behavior of vehicles on this kind of roads.

1. INTRODUCTION

Roads, especially crossing mountains or in rural areas, are uneven and produce vibrations to vehicles, but even the small irregularities on highways can diminish the comfort or safety. A road profile classification scheme which allows a better understanding of the statistical nature of road surfaces and their interactions with road vehicles is important for design of suspension systems and the simulation of behavior of vehicles. The road roughness, which indicates the passengers comfort, has more definitions. One of them, given by the American Society of Testing and Materials (ASTM) is: “the deviation of a pavement surface from a true planar surface with characteristic dimensions that affect vehicle dynamics, ride quality, dynamic loads, and drainage, for example longitudinal profile, transverse profile, and cross slope”

The International Roughness Index (IRI) is the first widely used profile index where the analysis method is intended to work with different types of profilers. It is defined as a property of the true profile, and therefore it can be measured with any valid profiler. The analysis equations were developed and tested to minimize the effects of some profiler measurement parameters such as sample interval.

The IRI algorithms are also under consideration by ASTM for inclusion in new standards for analyzing longitudinal profile. IRI is very highly correlated to three vehicle response variables that are of interest:

- road meter response (for historical continuity)
- vertical passenger acceleration (for ride quality)
- tire load (for vehicle controllability and safety)

The interpretation of road profile can be made by specialized software, like RoadRuf. It is an integrated set of computer tools for interpreting longitudinal road roughness profile data. It is intended to provide well-tested profile analyses such the IRI in a user-friendly package suited for immediate use by profile users, and to provide a benchmark for developers of profilers and profiler analysis software. The algorithms used in the software are the same ones that have been published by the University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) researchers in a variety of (American) Federal Highway Administration (FHWA) reports and World Bank technical reports. The RoadRuf is free software.

The software also includes a plotter with built-in filters. The plotter can be used to overlay profiles obtained with different instruments, or repeat runs made with the same device. Besides providing the everyday user with a useful tool for routinely computing standard roughness indices from profile measurements, RoadRuf includes advanced analysis capabilities to support research activities. These include a spectrum analyzer and customizable filters. All features can be operated interactively or in a batch-processing mode.

¹ PhD. Gilbert-Rainer GILLICH, Assoc. Professor, “Eftimie Murgu” University of Resita - Romania, tel. +40 744 790524, fax. +40 255 210230, e-mail. raini@uem.ro

² Eng. Cristian Paul CHIONCEL, Ass. Professor, “Eftimie Murgu” University of Resita - Romania, tel. +40 255 211056, fax. +40 255 210230, e-mail. c.chioncel@uem.ro

³ PhD. Sava IANICI, Professor, “Eftimie Murgu” University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. s.ianici@uem.ro

⁴ PhD. Petru CHIONCEL, Professor, “Eftimie Murgu” University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. p.chioncel@uem.ro

2. ROAD ROUGHNESS

The vertical displacement (left and right elevation) for a part of road interpreted with RoadRuf is presented in figure 1. This information can be used to simulate the forces which act on a vehicle. The algorithm used to by IRI is the quarter-car model where it is measured a single longitudinal road profile. First, the profile is smoothed with a moving average of base-length 250 mm. Then, response of a quarter-car model, in the form of vertical vibration, is accumulated, which on dividing by the profile length yields IRI. If profile information of two wheel track is available, a point-by-point average is considered, and the index is called Half-car Roughness Index.

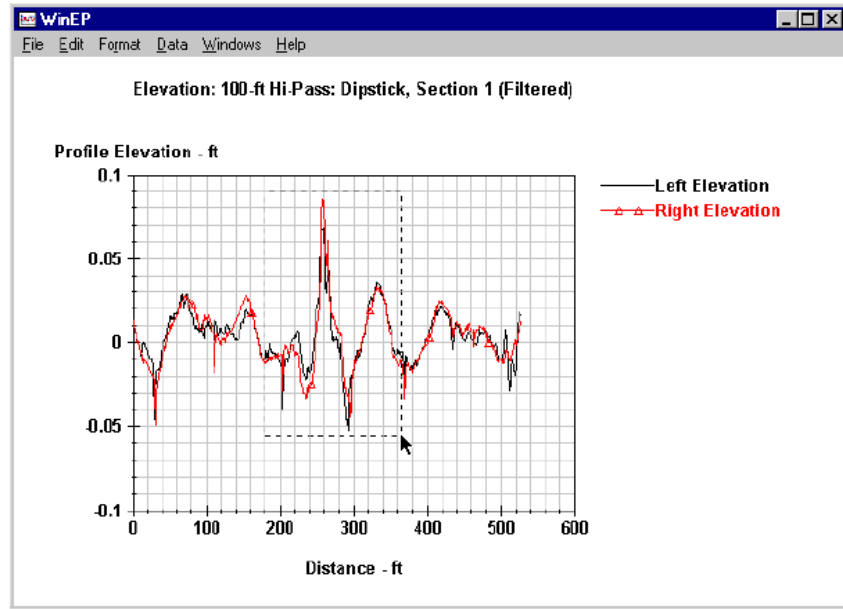


Fig. 1 Elevation for the left and right car side

Different kind of roads can be described using IRI. Some of them, and the normal used speed, are presented in figure 2.

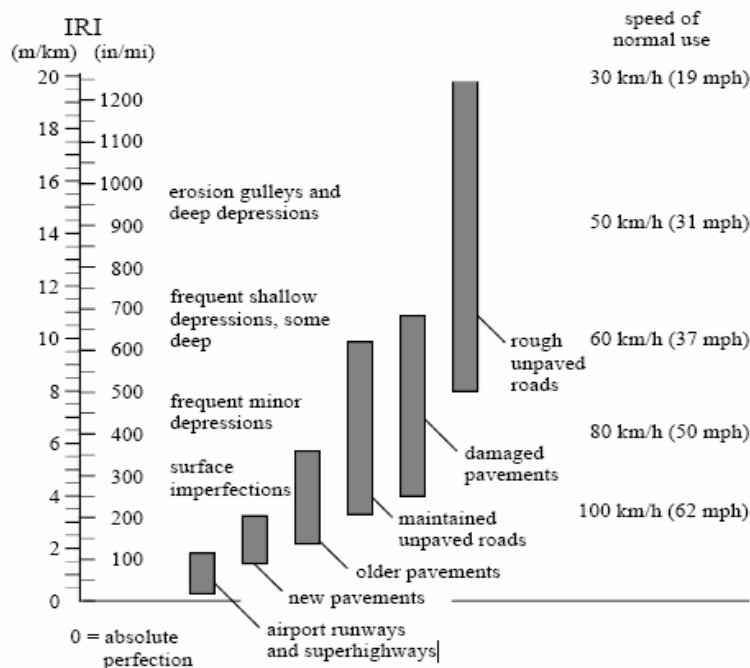


Fig. 2 Scale of IRI

3. THE HALF-CAR MODEL

Let's consider a vehicle with the physical model a "half car" shown in figure 3 on a road with irregularities which transmit vertical forces to it. The model consists from a rigid body (mass M and moment of inertia J) which can move vertically as well as rotate about an axis which substitute the carriage, and two springs (with spring constants k_a and k_b) and two viscous dampers (with the dump coefficients c_a and c_b) which substitute the suspension system. We neglect the mass of the tires. The purpose of a motorcycle suspension system is to reduce the vibrations and forces caused by bumpy road conditions.

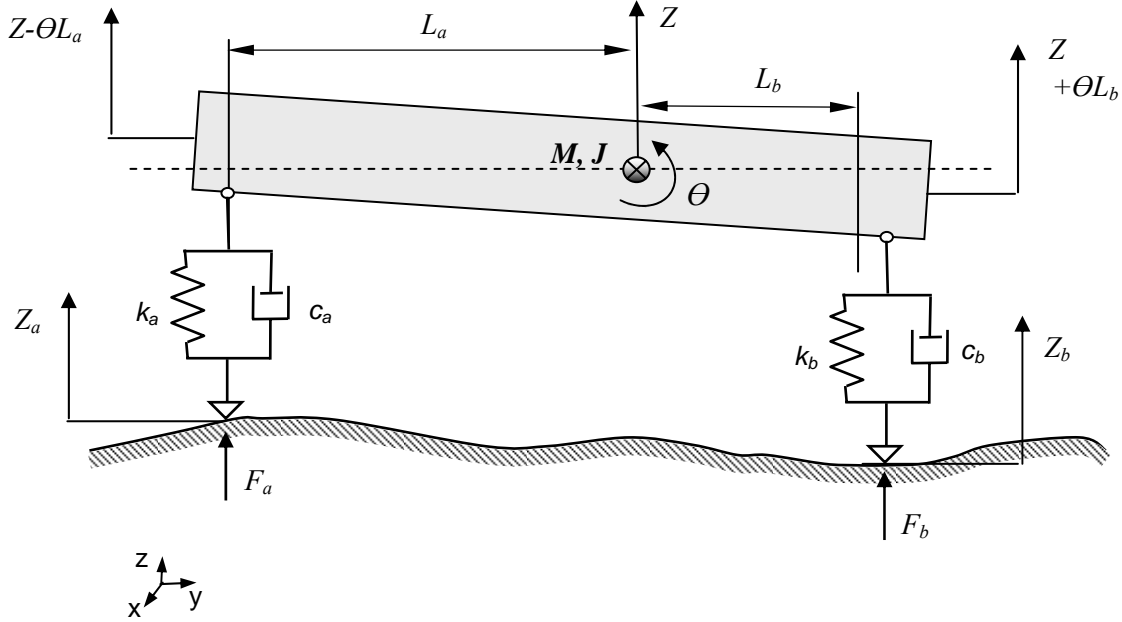


Fig. 3 Physical model of the vehicle

The input displacements, Z_a and Z_b , at each wheel represent the road conditions. The total force exerted on the frame by each wheel is given by the sum of the damping force and the spring force and can be written as follows:

$$F_a = -(c_a \frac{d}{dt} + k_a) \cdot z_a(t) \quad (1)$$

$$F_b = -(c_b \frac{d}{dt} + k_b) \cdot z_b(t) \quad (2)$$

where $z_a(t)$ and $z_b(t)$ represent the instantaneous vertical displacement (contraction or extension) of each spring from reference. Applying the Laplace transform for the relations (1) and (2) results:

$$F_a = -(c_a s + k_a) \cdot z_a(s) \quad (3)$$

$$F_b = -(c_b s + k_b) \cdot z_b(s) \quad (4)$$

The individual spring vertical displacements are, in terms of the vertical and rotational displacements of the center of mass $Z(t)$ and $\theta(t)$ and considering the geometrical conditions presented in figure 4:

$$z_a = (Z - L_a \sin \theta) - Z_a \quad \text{or, for small angular displacements} \quad z_a = (Z - \theta L_a) - Z_a \quad (5)$$

$$z_b = (Z + L_b \sin \theta) - Z_b \quad z_b = (Z + \theta L_b) - Z_b \quad (6)$$

From relations (3) and (5), respectively (4) and (6) we can write:

$$F_a = (c_a s + k_a) \cdot [Z_a - (Z - \theta L_a)] \quad (7)$$

$$F_b = (c_b s + k_b) \cdot [Z_b - (Z + \theta L_b)] \quad (8)$$

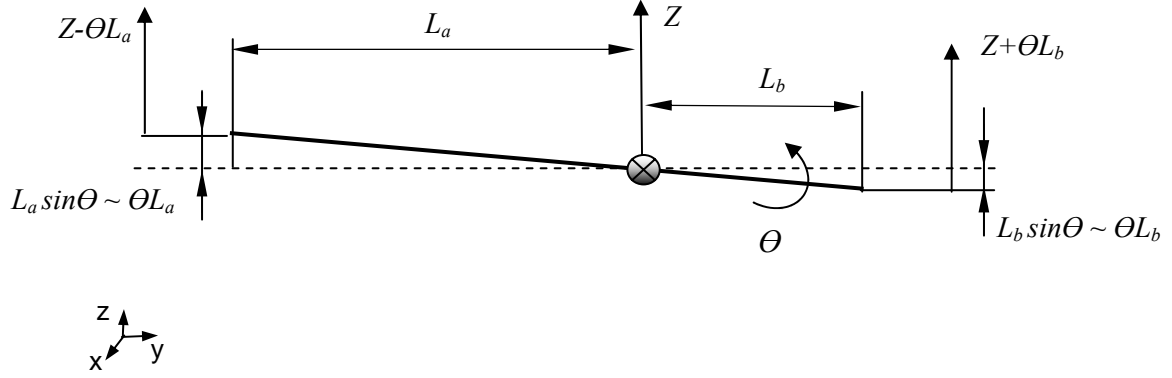


Fig. 4 Geometry considerations for vertical displacement by rotation

Regarding Newton's law, for the sum of vertical forces we have:

$$M \frac{d^2}{dt^2} Z = F_a + F_b \quad \text{or applying Laplace transform} \quad Ms^2 Z = F_a + F_b \quad (9)$$

Substituting (7) and (8) in (9), we get:

$$Ms^2 Z = (c_a s + k_a) \cdot [Z_a - (Z - \theta L_a)] + (c_b s + k_b) \cdot [Z_b - (Z + \theta L_b)] \quad (10)$$

or

$$\left[Ms^2 + (c_a s + k_a) + (c_b s + k_b) \right] Z - [(c_a s + k_a) \cdot L_a - (c_b s + k_b) L_b] \theta = (c_a s + k_a) \cdot Z_a + (c_b s + k_b) Z_b \quad (11)$$

This gives the force balance for this system with the assumption that the frame and driver initially have no vertical motion ($Z_0=0$ and $dZ_0/dt|_{t=0}=0$).

For the torque balance of the half-car model with the center of mass as the pivot point, we have:

$$J \frac{d^2}{dt^2} \theta = F_b L_b \cos \theta - F_a L_a \cos \theta \quad (12)$$

For small angular displacements ($\theta \approx 0$) we can consider $\cos \theta \approx 1$, so

$$J \frac{d^2}{dt^2} \theta \approx F_b L_b - F_a L_a \quad (13)$$

or

$$J \frac{d^2}{dt^2} \theta = (c_b \frac{d}{dt} + k_b) \cdot z_b(t) \cdot L_b - (c_a \frac{d}{dt} + k_a) \cdot z_a(t) \cdot L_a \quad (14)$$

or, using the Laplace transform

$$Js^2 \theta = (c_b s + k_b) \cdot z_b(s) \cdot L_b - (c_a s + k_a) \cdot z_a(s) \cdot L_a \quad (15)$$

which can be written, regarding (5) and (6), as:

$$Js^2 \theta = (c_b s + k_b) \cdot [Z_b - (Z + \theta L_b)] \cdot L_b - (c_a s + k_a) \cdot [Z_a - (Z - \theta L_a)] \cdot L_a \quad (16)$$

The relation (16) can be put in following form, by arranging the terms:

$$\left[Js^2 + (c_a s + k_a) L_a^2 + (c_b s + k_b) L_b^2 \right] \cdot \theta - [(c_a s + k_a) L_a - (c_b s + k_b) L_b] \cdot Z = -(c_a s + k_a) L_a Z_a + (c_b s + k_b) L_b Z_b \quad (17)$$

with the initial conditions for no initial rotation ($\theta_0=0$ and $d\theta_0/dt|_{t=0}=0$).

The force and moment balance equations, presented as a system, are:

$$\begin{cases} [Ms^2 + (c_a s + k_a) + (c_b s + k_b)] \cdot Z - [(c_a s + k_a) \cdot L_a - (c_b s + k_b) L_b] \cdot \theta = (c_a s + k_a) \cdot Z_a + (c_b s + k_b) Z_b \\ -[(c_a s + k_a) L_a - (c_b s + k_b) L_b] \cdot Z + [Js^2 + (c_a s + k_a) L_a^2 + (c_b s + k_b) L_b^2] \cdot \theta = \\ = -(c_a s + k_a) L_a Z_a + (c_b s + k_b) L_b Z_b \end{cases}$$

We can make the substitutions:

$$Ms^2 + (c_a s + k_a) + (c_b s + k_b) = A_{11} \quad (18)$$

$$-[(c_a s + k_a) \cdot L_a - (c_b s + k_b) L_b] = A_{12} \quad (19)$$

$$-[(c_a s + k_a) L_a - (c_b s + k_b) L_b] = A_{21} \quad (20)$$

$$[Js^2 + (c_a s + k_a) L_a^2 + (c_b s + k_b) L_b^2] = A_{22} \quad (21)$$

$$(c_a s + k_a) = B_{11} \quad (22)$$

$$(c_b s + k_b) = B_{12} \quad (23)$$

$$-(c_a s + k_a) L_a = B_{21} \quad (24)$$

$$(c_b s + k_b) L_b = B_{22} \quad (25)$$

Writing the force and moment balance equations in matrix form, with the substitutions (18)-(25), we obtain:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z_a \\ Z_b \end{bmatrix} \quad (26)$$

The vertical displacement of the centre of mass Z , and the rotation θ can be expressed as:

$$Z = \frac{1}{A_{11}} (B_{11} Z_a + B_{12} Z_b - A_{12} \theta) \quad (27)$$

$$\theta = \frac{1}{A_{22}} (B_{21} Z_a + B_{22} Z_b - A_{21} Z) \quad (28)$$

In figure 5 it is shown how the system can be expressed in block diagram form, using the SCICOS graphical application of the SciLab package. To implement it we used defined Blocks from the Pallet menu, blocks particularised for our application.

To simulate the input Z_a we used a Random generator. Generally we can assume Z_a and Z_b to be independent inputs, but based on fact that by a vehicle traveling at a velocity v the back wheel will experience the same road input as the front wheel at a time Δt later, where $\Delta t = (L_a + L_b)/v$, the two inputs are correlated. So, for our vehicle $Z_b(t) = Z_a(t + \Delta t)$. This is realized in the application by using a Continuous Fix Delay. Different inputs can be used, realized as combinations of frequency and amplitude, to simulate the travel conditions. We used four levels of frequency and three levels of amplitude.

Six Continuous function blocks are used, particularised for B_{11}/A_{11} , B_{12}/A_{11} and A_{12}/A_{11} , respectively B_{21}/A_{22} , B_{22}/A_{22} and A_{21}/A_{22} . Two Sum blocks are used to summarise the signals, and a Multi display scope to visualise the values of the vertical displacement Z and rotation θ .

4. CONCLUSIONS

Passenger's comfort and safety depends both on the road surface as well as the suspension systems. In this paper the behaviour of half-car on different types of roads has been investigated. Once by simulating the road, second by using the half-car physical and mathematical model, solved and simulated in SCICOS.

The road roughness is indexed in various ways, it is the expertise and ability of the modeller how he/she implement it. Some preliminary work in implementing it has been done; our next tries will be focused on Fuzzy logic.

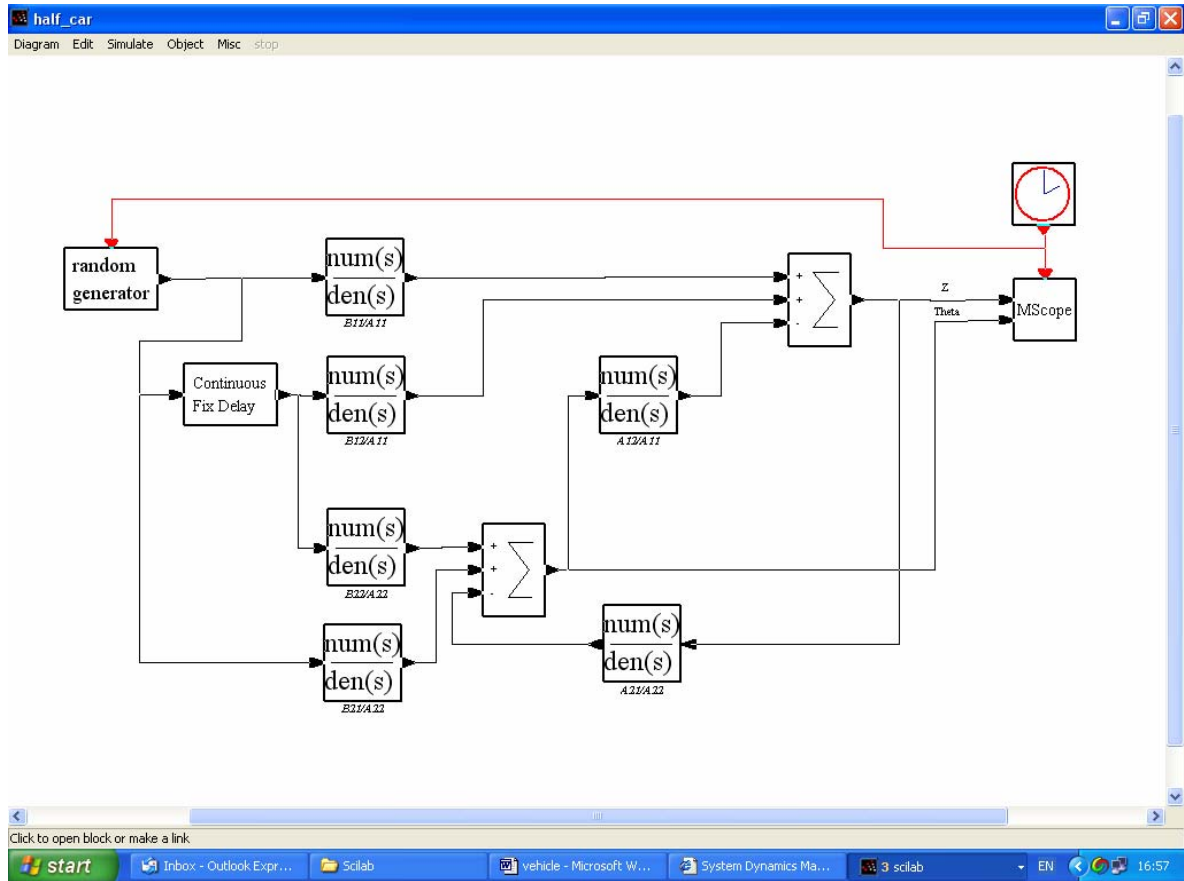


Fig. 5 Block diagram implemented in SCICOS

Next works will be focused also on the improving of the model by taking in consideration of the wheels mass and tyres behaviour. Other extensions of this work may include simulations with inputs using real measurement, together with a comparison of the vehicle's behavior generated with numerical solutions and that one used "real" inputs.

REFERENCE

- [1] **Gillich, G.R.** – *Dinamica maşinilor • Modelarea sistemelor tehnice*, Editura AGIR Bucureşti, 2003
- [2] **Chioncel, C.P.** – *Limbaje de simulare. Aplicatii de modelare si simulare*, Editura E.Murgu, Resita, 2004
- [3] **Hollburg, U.** – *Maschinendynamik*, Oldenburg Verlag München Wien, 2002
- [4] **Oproescu, Gh.; Cautes, Gh.** – *Metode numerice si aplicatii*, Editura Tehnica – INFO, Chisinau, 2005
- [5] **Fridtjof, T.** – *Automated Road Segmentation using a Bayesian Algorithm*, Journal of Transportation Engineering, Vol. 131, No. 8, August 2005, pp. 591-598



SIMULATION OF A DIGITAL CONTROL CASCADE IN SCILAB/SCICOS

¹ Cristian Paul CHIONCEL, ² Petru CHIONCEL, ³ Gilbert-Rainer GILLICH, ⁴ Nicoleta GILLICH

Abstract:

The paper 'Simulation of a digital control cascade in Scilab/Scicos' presents a speed control system based on the mathematical model implemented and simulated in Scicos. After a short view of Scicos opportunities for discretized systems, the simulation results are analyzed and the optimum values for the sample period indicate.

1. INTRODUCTION

The digital control systems are characterized through the use of digital computers and the signals from the control system are time and amplitude sampled. The discrete control system can be described by recurrent equation. If the equations are linear and time invariant, the solution can be obtained applying the Z transform.

The Scicos pallets allow implementation of digital control systems, choosing *Linear* from the pallet lists with blocks operating in discrete time. These blocks have at the output zero and first order hold, and the sample time can be chose for each in part.

2. SCICOS OPPORTUNITIES FOR SIMULATION OF DIGITAL CONTROLLING

SCICOS (Scilab Connected Object Simulator) is free graphically-based modeling software for dynamical system, an environment for design, model and simulate reactive systems included in the SciLab engineering and scientific computation software. Based on an open formalism, SCICOS is a complete environment for construction of models, simulation and code generation; creates block diagrams and can be used to model and simulate the dynamics of hybrid dynamical systems and compile models into executable codes. SCICOS is used for signal processing and systems control. SCICOS allows simulation of different time discrete systems:

- Digital control with digital control elements and time discrete control loops. The control loop signals are time discrete only.
- Digital control with blocks, where each of them can be controlled by different sample times.
- Digital control with digital control elements and continuous elements.

For example, if we choose a PT1 element:

$$T_s \cdot \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = K_s \cdot x_i(t) \quad (1)$$

¹ Eng. Cristian Paul CHIONCEL, Ass. Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 211056, fax. +40 255 210230, e-mail. c.chincel@uem.ro

² PhD Petru CHIONCEL, Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. p.chioncel@uem.ro

³ PhD Gilbert-Rainer GILLICH, Assoc. Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 211056, fax. +40 255 210230, e-mail. rains@uem.ro

⁴ PhD. Nicoleta GILLICH, Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. n.gillich@uem.ro

with $T_s = 1s$ and $K_s = 1$, it presents the step discrete response. Discretizing the differential equation (1) with sample interval T , we get:

$$\frac{T_s}{T} \cdot (x_{k+1} - x_k) + x_k = K_s \cdot x_{i,k} \tag{2}$$

$$x_{k+1} = \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot x_k + \frac{K_s \cdot T}{T_s} \cdot x_{e,k} \tag{3}$$

The Z transfer function:

$$x(z) = \frac{K_s \cdot T}{T_s} \cdot \frac{1}{z - \left(1 - \frac{T}{T_s}\right)} \cdot x_i(z), \text{ where } x_i(z) = \frac{z}{z-1} \tag{4}$$

$$x(z) = \frac{K_s \cdot T}{T_s} \cdot \frac{1}{z - \left(1 - \frac{T}{T_s}\right)} \cdot \frac{z}{z-1} \tag{5}$$

or, rearranging:

$$x(z) = K_s \cdot \left(\frac{z}{z-1} - \frac{z}{z - \left(1 - \frac{T}{T_s}\right)} \right) \tag{6}$$

The PT1 time sample element block scheme in SCICOS, figure 1, have been analyzed for $T=0.2ms$, figure 2.

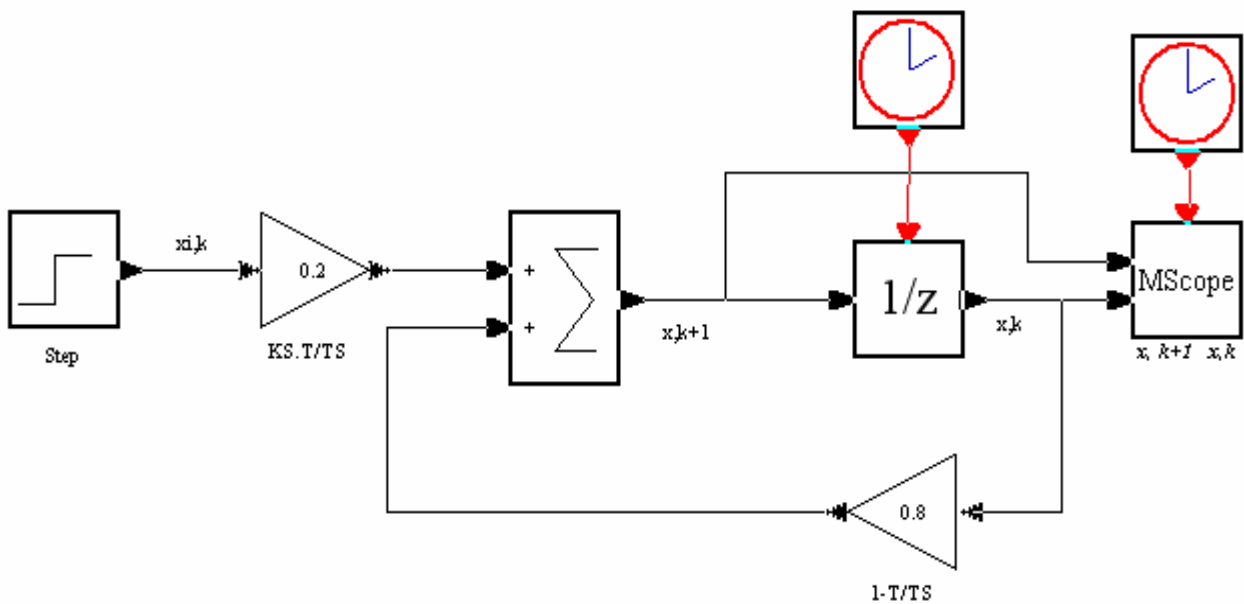


Fig. 1. Time sampled PT1 element implemented in Scicos

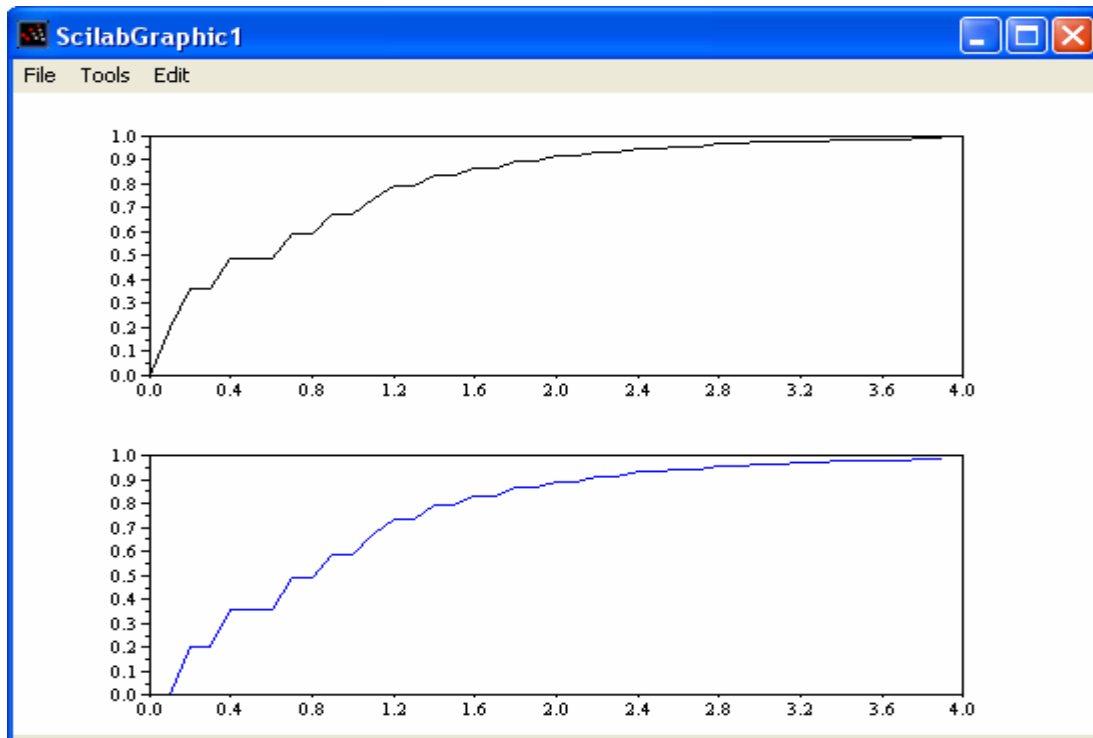


Fig. 2. Simulation results of a discretized PT1 element

3. DIGITAL CASCADE CONTROL WITH VARIABLE DISCRETISATION TIME

The block scheme of speed control for electrical drives with work machines are often cascade control schemes with two closed loops, one for speed control and the other one for torque. A digital P type controller is used to control the angle position and a PI type controller in the speed closed loop.

In the simulation model the current or torque circuit are represented through a PT type transfer element with the equivalent time constant T_{EM} . The PI speed controller is implemented with the integral type algorithm:

$$y_{v,k} = y_{v,k-1} + K_R \cdot \left[\left(1 + \frac{T_d}{T_N} \right) \cdot x_{dv,k} - x_{dv,k-1} \right] \quad (7)$$

The sample interval:

$$K_R = \frac{T_N}{2 \cdot K_s \cdot T_{EM}} = 10, T_N = T_M = 20ms \quad (8)$$

The corresponding Z transform is:

$$G_{R,v}(z) = \frac{y_v(z)}{x_{dv}(z)} = \frac{K_R \cdot \left[\left(1 + \frac{T_d}{T_N} \right) \cdot z - 1 \right]}{z - 1} = \frac{10.05 \cdot z - 10}{z - 1} \quad (9)$$

For the P type controller, results the speed gain factor:

$$v_{pos,k} = K_v \cdot x_{dp,k} = \frac{1}{8 \cdot T_{EM}} \cdot x_{dp,k} = 125 \cdot x_{dp,k} \quad (10)$$

and the sample period is $T_i = 0.2$ ms.

Figure 3 presents the Scicos simulation model. The time evolution of controlled output, v_{is} , is obtained for a step type input signal $0.01 \cdot E(t)$ and disturbed with a delayed step type $2 \cdot E(t-0.05s)$. Increasing the sample time, the damping position factor will decrease, figure 4.

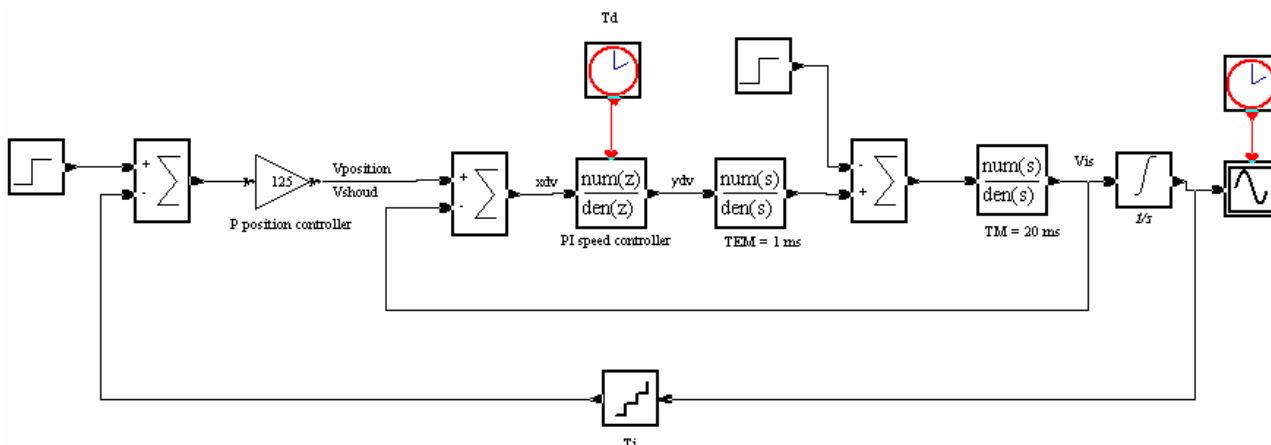


Fig. 3. Scicos model of cascade control circuit.

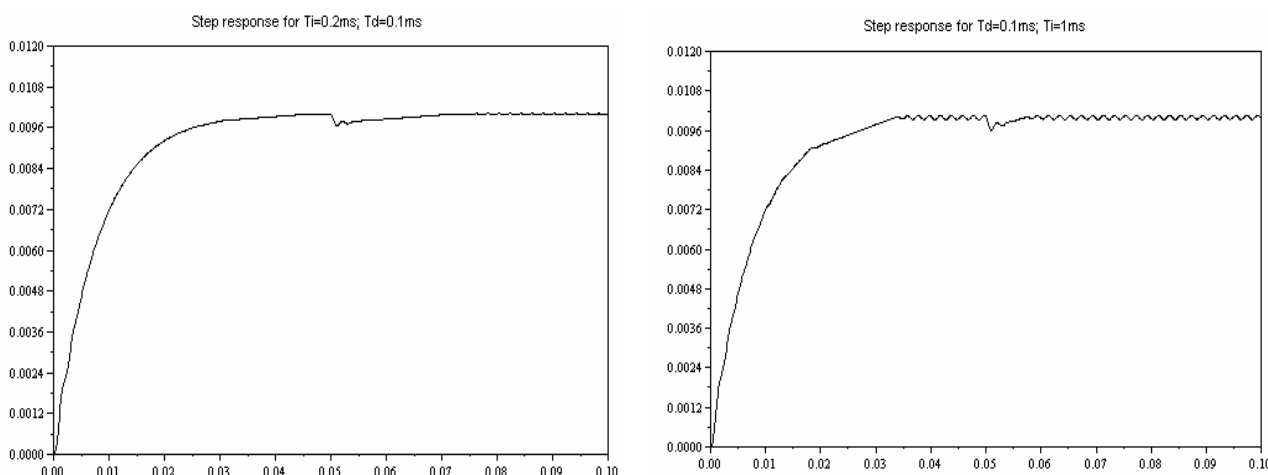


Fig. 4. Step response for different values of the sample period for speed T_d and position T_i control circuit

4. CONCLUSION

For digital control systems, with different sample times, the fundamental sample time is considered the smallest common divider. For the analyzed case, the sample time for the position control were $T_i = 0.2$ and 1 ms, and for the speed control $T_d = 0.1$ ms; the smallest common divider is represent by the fundamental sample time, $T = 0.1$ ms. That's why, solution with constant samples time are often used.

REFERENCE

- [1] Chioncel, C.P. – *Limbaje de simulare. Aplicații de modelare și simulare*, Editura „E. Murgu” Resita, 2004
- [2] Gillich, G.R, Chioncel, C. -*Frame design and simulation using Analysis and SciCos*, 7th International Conference on Accomplishments of electrical and mechanical Industries, Banjaluka, 2005
- [3] Gillich, G.R. – *Dinamica mașinilor · Modelarea sistemelor tehnice*, Editura AGIR București, 2003 Proceedings CDM, 2005
- [4] Chioncel, C.P., Chioncel P. - *Probstand für automatische Regelungssysteme mit Mikrokontrollerr*, Robotica&Management, Vol. 10, Nr.2, 2005
- [5] www.scilab.org
- [6] www.scicos.org

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



12. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Zlatibor, maj 2006.

MENADŽMENT KVALITETOM QUALITY

Bretcu, A. THE IMPORTANCE OF THE INFORMATIONAL SYSTEM FOR THE TOTAL QUALITY MANAGEMENT	5.1
Bulatović, M. PROCESNI PRISTUP U ODLUČIVANJU	5.5
Dimitrijević, D., Dimitrijević, P., Radojević, M., Vučićević, M. POSTIZANJE KVALITETA VODA OPTIMIZACIJOM PARAMETARA FILTRACIJE	5.9
Majstorović, V. ISTRAŽIVANJA QM PRAKSE U SERTIFIKOVANIM ORGANIZACIJAMA	5.13
Nenadić, D. OBRAZOVANJE NA DALJINU – STVARANJE NOVOG AMBIJENTA ZA UČENJE UZ PODRŠKU TEHNOLOGIJE	5.18
Pozhidaeva, V., Takov, G., Živković, D. MAINTENANCE OF BUCKET ELEVATORS IN CROP ENSILAGES	5.22
Radanov, B. AUTOMATIZACIJA ETALONA SILE	5.26
Randelović, S., Milosavljević, P., Mladenović, S. INTEGRISANI PROCESNI MODEL ZA RAZVOJ NOVOG PROIZVODA	5.30
Sorak, M., Božičković, R., Gojković, P. METODOLOGIJA PRIMJENE PROCESNOG PRILAZA SISTEMU MENADŽMENTA KVALITETOM	5.34
Teslić-Aleksić, M., Teslić, M. UNAPREĐENJE SISTEMA KVALITETA U ZAVODIMA ZA METROLOGIJU I INTELEKTUALNU SVOJINU	5.37
Velikić, G., Nikolić, B., Gavanska, L., Velikić, Z. RAZVOJ I UVOĐENJE MENADŽMENTA SISTEMA KVALITETA U VIŠOJ TEHNIČKOJ ŠKOLI U NOVOM SADU	5.41
Vidojković, S., Grujić, B. TUMAČENJE NAJNOVIJEG EN STANDARDA ZA KVALITET NAPOJNE VODE KOTLOVSKIH POSTROJENJA	5.45
Živković, D., Pozhidaeva, V., Takov, G. THE NUMBER OF FAILURES ON SPRAYING MACHINES FOR THE PROTECTION OF PLANTS AS A MEASURE OF PREVENTIVE MAINTENANCE QUALITY	5.47
Živković, S. INSPEKCIJA GEOMETRIJE SEKTORA CIKLOTRONA "TESLA"	5.51

[← NAZAD](#)



THE IMPORTANCE OF THE INFORMATIONAL SYSTEM FOR THE TOTAL QUALITY MANAGEMENT

Conf.univ.Angela Bretcu¹

Abstract: The use of an informational system for the quality management offers the possibility of providing the departments of an organisation with relevant information regarding quality, in view of achieving the specific tasks. This informational system is a complex one, containing the ensemble of the compartments of the organisational structure, as well as persons, technical means, specific knowledge etc. that use quality-related information. The informational system should be adapted to the particular requirements of each organisation, but it relies on certain general principles, that, once applied, offer stability and efficiency in use. The introduction and extension of this system to the quality management represents a process focused along two coordinates: time (data ulterior and anterior processing in time) and space (data collecting, data synthesis and analysis, quality inspection, statistic analysis, information retrieving, quality management and related techniques).

The attributions and responsibilities belonging to the control department, by applying the total quality principles, have passed in the manufacturer's task, the only one responsible for the products quality and the offered services. This conceptual modification have also made changes in each employee's mentality at the level of an organization, as every activity represents a range of „selling-buying” products and every employee is a customer of a previous one and a supplier for the next one.

The system, as a whole, is considered, in this context, a succession of intercorrelated products as a chain model, and the stronger the chain, the stronger its weakest link. Thus, the concept of internal supplier and internal customer occurs consequently. The defining of a process as a system which adds value to an input unit, so that after processing, the entity should be delivered to the customer, determines each employee to bring his contribution to achieve the quality. On the other hand, the concept of internal supplier and customer imposes an attentive supervision over the internal flows, their dynamic monitoring and analysis as well.

The strategy of quality at the level of an organisation implies the permanent analysis of three flows:

- The material flow, which is the most representative for the organisation;
- The decision-making flow, through which one ensures the adoption of the decisions regarding all the characteristics of the material flow;
- The functional flow, in close connection with the decisional flow, in the sense that the former offers the latter the processed information from all compartments.

Through the management of quality, these three flows are mastered, ensuring coherence and efficiency. For this purpose the following are necessary:

- A strategy that approaches the identification of those activities through which the organisation reacts best to the market signals;
- Finding an appropriate language for the components of the organisation, so that there are no misunderstandings among them;
- Guaranteeing the thoroughness of the decision-making flow for all sectors and compartments of the organisation.

In this context, the management of the total quality needs an informational system, which might put at its disposal information regarding quality, necessary for reaching specific goals. This informational system is complex, consisting of the ensemble of the organisation compartments, collecting knowledge specific to quality.

¹ Facultatea de Stiinte Economice, Universitatea “Eftimie Murgu”, Resita, Caras-Severin, Romania

As it is a complex system, data obtaining and interpreting should be done efficiently, immediately and promptly. Only in this manner it is possible to promptly adopt decisions, assess the efficiency of corrective and preventive actions and finally measure and register progress in the activity carried on.

The informational system for the quality management ensures the necessary information integrating it into a coherent system, that allows planning and following the implemented decisions and their effect. It provides the capability and the transparency of the system, being an essential element of the transformation of the whole quality control program at the level of an organization. The quality manager is the blander that combines the elements of the system achieving a perfect adequacy of the products design at the market strategy of the organization.

The informational system relies on several general principles that may be considered by any organisation, although the latter adapts them to its particular requirements. These principles are:

- The system should be organised in such a manner that it may be able to process any form of information – on the telephone, telex, video, Internet, etc.
- The system must be well consolidated, but also flexible, in order to allow the processing of the new-type data;
- The system must allow the correct treatment and usage of the data obtained and the exclusion of the possibilities of the organisation's information leakage;
- The possibility of issuing complete information, easy to read and interpret, in due time and with sufficient details in order to make the correct decisions;
- The drawing up of synthesis reports for longer periods of time and the possibility of performing prognoses;
- The modern informational systems offer the possibility to perform simulations that allow thorough analyses and adequate decision-making.

These principles show the necessity of continuously improving the information system in the domain of quality management, in the context of improving the entire economic and social system of the organisation. The improvement targets the capacity of the system in the sense of its correct dimensioning, the increase of the information circulation speed, These goals may be reached only through the contribution of computer science and data processing, that have become nowadays an essential element in the quality management programmes. The quality field was subjected to the same informational explosion during the past decades, as other domains have, and consequently reaching its goals could be done exclusively through the use of modern techniques of computer-based data processing. In this manner remarkable results have been obtained, in the first stage through the acceleration of the feedback flow, with positive consequences in the improvement of the technological decisional process and then through the extension of the technique to all activities connected to quality management.

The use of computers in this field implies the efficient use of two co-ordinates: time and space.

Time is the co-ordinate that highlights the moment of information processing in relation with the moment of its issue.

In this context, we may speak of three types of approach:

- Ulterior data processing;
- Real-time data processing;
- Prior data processing.

The ulterior processing uses the data of some events that have already taken place, so that, based on these data and on the interpretation of the results obtained, one may draw certain conclusions that can be used ulteriorly.

The real-time processing is performed at the very moment of the data acquisition. It instantly adjusts the process. This type of processing is based on the status informational flow of quality and feedback.

The prior data processing is characterised by anticipation. Thus, the events have not occurred yet but their manner of action is foreseen by using the principle of assessment. In most situations of this type statistic methods are used, and with their help one may foresee the future behaviour of the process and may adopt certain decisions to prevent unwanted situations – in the case of quality management, avoiding future defects.

As for space, this co-ordinate refers to the area of computer applications in the domain of quality. These applications comprise seven areas:

- Data identification and collection; as at present data are more and more numerous, the manual system of data collecting implies high costs and extended periods of time. The modern informational systems eliminate these drawbacks, having sustained performances, using the

technique of databases along with the maintenance of the connection among elements and without losing the facility of data classification.

Data synthesis, analysis and reporting. It is an ulterior phase that allows, when data are

- accumulated into the computer, the application of techniques: diagrams, tables for the registration of certain activities followed up in parallel with the reduction of the associated costs. The computer compares as well real situations with standard models and analyses the differences, according to priority established rules.
- Real-time quality inspection. The present technique uses, in order to keep the processes within the required parameters, certain sensors that measure the existing variations, with the purpose of their reduction. Computers are the most adequate means for reaching this goal, in the following situations:
 - Several variables are analysed;
 - The variables must be reported in due time in order to be interpreted;
 - The response time must be very short;
- The automatic inspection and testing. The automatic testing takes place in the large manufacturing units, where essential characteristics of products are measured, performing the separation of the products that are qualitatively fit, from those that are not. In this context, the computer is useful, as it may continuously follow up the product during the testing, combining data collection, output analysis and automatic testing.
- The statistic analysis. It proves at the highest level the superiority of the computer-assisted processes. The statistic applications it determines show the manner in which a certain level of quality is reached, the tolerance limits, the specifications, to what extent the qualitative set of measures is kept under control. The advantages of the computer use are expressed in substantial economies determined by the reduction of personnel and especially the extremely short time in which these analyses may be performed.
- Information retrieval. The computer allows, in advantageous time conditions, the retrieval of certain information regarding past events, in all the monitored domains of an organisation. One may put to good use information linked to the partnership relations, the history of certain performances, the analyses of certain claims or trends.

In quality management, the apparition of the ISO-9000 – ISO – 9004 standards has brought important modifications of the imposed requirements. The quality management activities must include, according to the latter, stages of conception, planning, development and inspections, as well as the commercial phases (supply and sale). On the other hand, while, until the apparition of these standards, quality had been approached only from the inspector's viewpoint, since this date it has come to the centre of the quality management attention. In the circumstances, the computer-aided quality management appeared and has developed. At present, the preferred term is CIQ – computer-integrated quality management, and this term is frequently used for application in this domain. The significant element in this management is the improvement of the information processing level.

The information profusion should not trigger informational excess, such excess usually provoking an informational aggression that overwhelms and exceeds the mechanism of informational protection and the limits of the data processing. On the other hand, if the manager does not receive the necessary information, he / she cannot foresee with a maximum probability the evolution of the quality system, the decisions being made in conditions of uncertainty. The system of quality management should master well the technique of information selection and assimilation, should ensure a certain informational "hygiene". The practice of management has proved that the real performance of a manager should not be searched in the quantity of information he / she processes, but in his / her selection capacity. That is why it is necessary for information to be organised along three priority levels, so that they could be efficiently processed.

Thus, in general, at the level of an organisation, one implements the informational pyramid in the domain of quality. It is a necessity emerging from the large volume of information, that's why they are organised along three levels of priority:

- Top management (system level);
- Services department management (subsystem level);
- Profitable system management (application level)

If this organisation manner allows the preservation of informational entropy at another level, on the other hand, in the domain of quality, it has the disadvantage of not allowing a superior communication among

partners, which is essential. The computer-aided management eliminates this drawback by integrating the inspection plan into all quality monitoring plans: research, manufacture, supply, sale, service, etc.

The functions of the quality inspection may be distributed among the levels interested in a lot that should comprise:

- Planning and performing inspection, as well as the quality control;
- The inspection processing;
- Registration and analysis of results.

Thus, one may succeed in integrating the specific activities of quality management into all domains and activities of the organisation, in a unitary, rapid and correct manner, allowing a good knowledge of reality and the possibility of taking certain preventive measures in due time and even of foreseeing certain future evolutions.

Abstract: The use of an informational system for the quality management offers the possibility of providing the departments of an organisation with relevant information regarding quality, in view of achieving the specific tasks. This informational system is a complex one, containing the ensemble of the compartments of the organisational structure, as well as persons, technical means, specific knowledge etc. that use quality-related information. The informational system should be adapted to the particular requirements of each organisation, but it relies on certain general principles, that, once applied, offer stability and efficiency in use. The introduction and extension of this system to the quality management represents a process focused along two coordinates: time (data ulterior and anterior processing in time) and space (data collecting, data synthesis and analysis, quality inspection, statistic analysis, information retrieving, quality management and related techniques).

Reference:

- M. Olaru, Management of quality, Economical Publ House, Bucharest, 1999;
C. Oprean, C. V. Kifor, Management of quality, Publ. House „University Lucian Blaga, Sibiu, 2002
Al. Redes, V. Petrescu, Total quality, element of reference in the new age of management, ASE, Bucharest, 1995;
C. Drăghici, Management of quality, Scrisul Românesc, Craiova, 1999;
I. Stanciu, Management of total quality, Cartea Universitară, București, 2003.



PROCESNI PRISTUP U ODLUČIVANJU

Miodrag Bulatović¹

REZIME

Za pozitivan ishod aktivnosti na uspostavljanju ravnoteže između ciljeva i resursa organizacije s jedne strane i tržišnih uslova s druge stran, potrebno je donošenje ispravnih poslovnih odluka. Od mnoštva modela i vrsta odluka definisanih u Teoriji odlučivanja, posebno je značajan model odlučivanja na procesnom principu koji postoji kao princip modeliranja nezavisno od procesnog modela na kome se zasnivaju standardi ISO 9001/2000. Standardi ISO 9001/2000 su za osnovu prihvatili procesni model, upravo zbog njegove logičnosti i usmjerenosti od resursa do realizacije uz organizacijsku logistiku i neophodnu viziju mjerljivog i ostvarljivog unapređenja procesa. U ovom radu se kroz Teoriju odlučivanja i još nekoliko primjera afirmiše opravdanost primjene procesnog modela u QMS.

Ključne riječi: proces, procesni pristup, teorija odlučivanja, odluka.

1. PROCESNI PRISTUP

Jedan od osnovnih principa sistema menadžmenta kvalitetom je **procesni pristup** – koji predstavlja osnovni korak u upravljanju pomoću ciljeva. Procesni pristup nije ni otkriće ni moda, samim tim što su procesi sastavljeni od zahvata i operacija kao svojih entiteta osnovni činioci sistema. Konceptija standarda ISO 9001/2000 to je samo potvrdila, odnosno prilagodila se prirodnom toku stvari.

Procesi se mogu posmatrati kao **makro procesi**, koji su bitni za strategiju organizacije, kao **funkcijski procesi**, koji su bitni za tehničko tehnološku opredijeljenost organizacije i kao **operativni procesi** ili **podproces** koji predstavljaju izvršne cjeline procesa.

U dobro definisanim procesima se uvijek primjenjuje kibernetički pristup upravljanja koji uspostavlja vezu između ulaza i izlaza kao osnov za donošenje odluka u funkciji njihove realizacije.

Svaki proces ima definisanog **vlasnika** što je posebno značajno za funkcionisanje procesa.

Za pravilan izbor procesa potrebno je definisati ukupan tok poslovanja, od početnog zahtjeva kupca do isporuke, odnosno praćenja proizvoda u eksploataciji. Ovo omogućava neprekidno upravljanje preko veza pojedinih procesa u okviru sistema procesa, kao i preko njihovih kombinacija i međusobnog djelovanja.

Uspjeh poslovnog sistema zavisi od sposobnosti rukovodstva da identifikuje i upravlja procesima u organizaciji, odnosno da donosi **poslovne odluke** po pravilima Teorije odlučivanja čiji procesni model predstavlja osnov za donošenje racionalnih odluka.

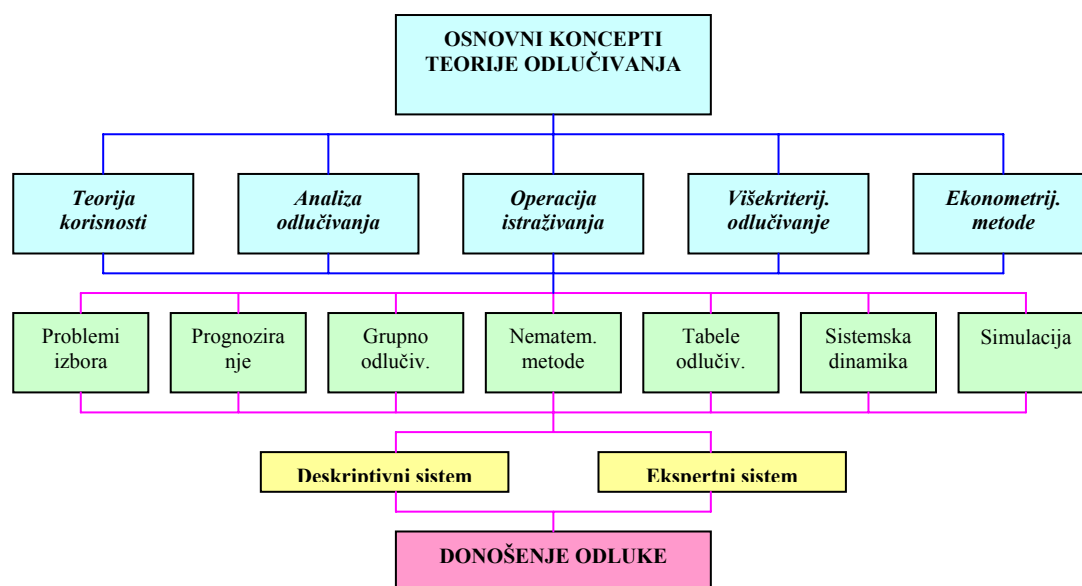
2. TEORIJA ODLUČIVANJA [1]

Naučno proučavanje odlučivanja kao pretpostavke određenih aktivnosti počelo je 30 – tih godina XX vijeka. Teorija (**poslovnog**) odlučivanja obuhvata opus fundamentalnih područja - ekonomiju, matematiku, statistiku, psihologiju, sociologiju, teoriju organizacije, filozofiju, ali i područja tehnike, tehnologije i svih egzistencijalnih i drugih umnih i materijalnih prostora. Tako je teorija odlučivanja dobila interdisciplinarni karakter.

U savremenim uslovima mogu se izdvojiti osnovni činioci teorije poslovnog odlučivanja: **organizacijska psihologija** – čovjek je sociološko i psihološko biće, što je ključni faktor koji utiče na odlučivanje, **pravo** – subjekti odlučivanja moraju poznavati određene pravne zakone da bi mogli donositi odluke, **ekonomika** – poznavanje ekonomskih zakona, zakona tržišta, finansijskog poslovanja i njihovih interakcija predstavlja neizbježan uslov pri donošenju određenih odluka i **informatika** – predstavlja neizbježnu logistiku u teoriji odlučivanja.

Složenost koncepta teorije odlučivanja prikazana je na sl.1.

¹ Prof. dr Miodrag Bulatović, akad. JINA, Mašinski fakultet u Podgorici, e-mail: bulatovm@yahoo.com



Sl.1 Osnovni koncepti teorije odlučivanja

2.1 Vrste teorije odlučivanja

S obzirom na interdisciplinarni karakter teoriju odlučivanja moguće je podijeliti na: normativnu, deskriptivnu i preskriptivnu.

Normativna teorija odlučivanja zasniva se na ekonomiji, matematici i statistici, bavi se utvrđivanjem kako idealna, super – racionalna osoba treba da misli i djeluje i prepostavlja potpunu racionalnost donosioca odluke - »racionalni model odlučivanja«.

Deskriptivna teorija odlučivanja karakteristična je prije svega po tome što pokušava da opiše ono što se događa u realnoj situaciji odlučivanja bez stvaranja vrijednosnih sudova o kvalitetu odluke. Zatim bitna karakteristika deskriptivne teorije odlučivanja je korišćenje eksperimenata. U suštini ne postoji jedinstvena deskriptivna teorija odlučivanja, ona je doprinos više naučnih disciplina – psihologije, socijalne psihologije, sociologije i td.

Preskriptivna teorija odlučivanja razvijena je 50-tih godina XX vijeka, kao proširenje normativne teorije u područje rješavanja realnih problema odlučivanja. Ona premošćuje prostor između teorije u odlučivanju i stvarnog ponašanja subjekta prilikom donošenja odluke. Preskriptivna teorija odlučivanja naziva se još i »kvantitativnom teorijom odlučivanja« ili » management science«.

2.2 Osnovni modeli teorije poslovnog odlučivanja – procesni model

Različiti interdisciplinarni pristupi odlučivanju vode do različitih modela odlučivanja. Modeli odlučivanja koji sadrže koncepte značajne za poslovno odlučivanje su: **racionalni model** - koji se oslanja na klasične ekonomske teorije, **organizacijski model** - koji predstavlja uvođenje ideja i pretpostavki deskriptivne teorije, ukazuje na ograničenja pod čijim uticajem djeluje menadžment, obuhvata složenost i nesigurnost okoline i **procesni model odlučivanja**.

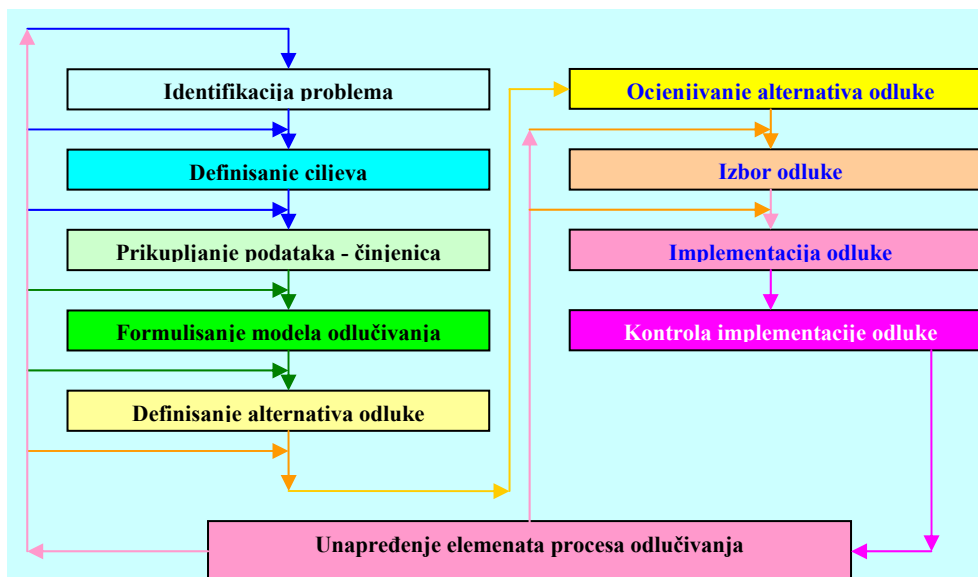
Procesni model odlučivanja predstavlja sjedinjeni doprinos racionalnog i organizacijskog modela. On predstavlja praktičan pristup odlučivanju. Osnovne karakteristike procesnog modela odlučivanja su:

- usmjerenost na dugoročne rezultate, što nije slučaj sa drugim modelima odlučivanja,
- korišćenje kvantitativnih disciplina na bazi eksperimentalnih rezultata i
- uzimanje u obzir subjektivna (kognitivna), psihološka i druga ograničenja.

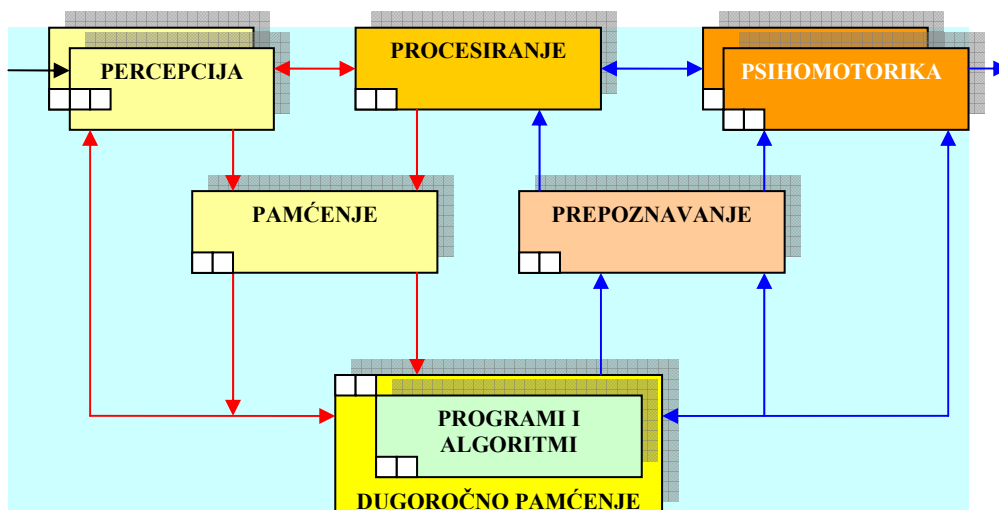
Faze procesa odlučivanja prema procesnom modelu prikazane su na slici 2.

3. PROCESNI MODEL INTELEKTA [2]

Procesni model intelekta, prikazan na slici 3, prikazuje glavni proces korišćenja mentalnih sposobnosti podijeljen na osnovne faktorsko-analiitičke elemente intelekta. Pravougaonici predstavljaju široke sklopove mentalnih sposobnosti (na primjer u fazi percepcije široki vizuelni i čulni faktor), dok kvadratići unutar pravougaonika predstavljaju primarne mentalne sposobnosti (na primjer: brzina percepcije, prostorni osjećaj, verbalnu sposobnost, originalnost ideje, psihomotornu koordinaciju itd.).



Sl.2 Procesni model odlučivanja



Sl.3 Procesni model intelekta

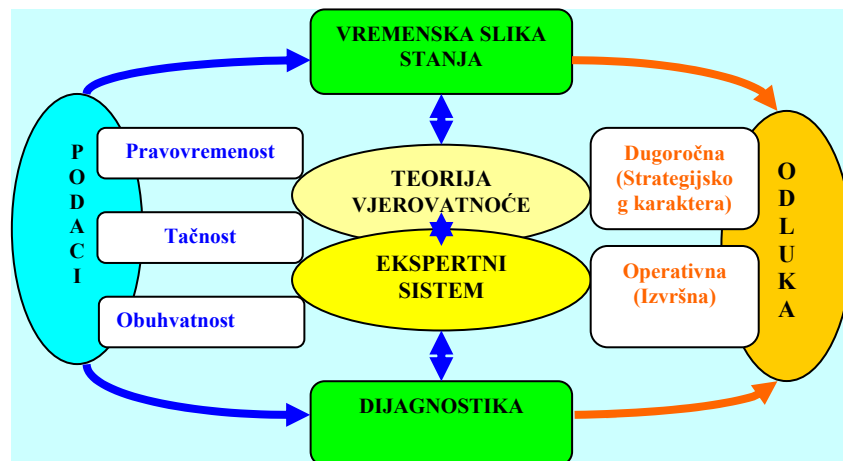
4. MODEL ODLUČIVANJA U ODRŽAVANJU PROIZVODNIH SISTEMA[3]

Opšti kvalitet sistema održavanja određen je koncepcijom sistema održavanja, što podrazumijeva princip donošenja odluke o načinu i vremenu sprovođenja postupaka održavanja. Osnovni kriterijumi kvaliteta podataka za odlučivanje u održavanju su *tačnost*, *obuhvatnost sa aspekta kvantiteta i kvaliteta informacije* i *pravovremenost*. *Tačnost* je unuverzalni zahtjev za kvalitet podatka, bez obzira o kakvoj vrsti odluke se radi. Kriterijumi *pravovremenost* i *obuhvatnost* utiču na odluku zavisno od toga da li se donose dugoročne odluke strategijskog karaktera, kada značaj ima istorija podataka (kvantitativna informacija), ili izvršne odluke, kada podaci dobijeni neposredno po nastanku stanja ukazuju i na uzrok (kvalitativna informacija).

Na sl.4 prikazan je **procesni model donošenja odluke o strategiji održavanja**.

Na bazi utvrđenog zakona raspodjele vremena u radu i otkazu, primjenom Teorije obnavljanja, određuju se optimalni intervali preventivnih zamjena. S obzirom na to da se radi o proračunu unaprijed, odluke o preventivnim zamjenama imaju dugoročni karakter.

Problem je što je između dva pregleda moguća pojava otkaza. Problem je i što kvalitet obrade izvještaja i distribucija podataka zavise od osposobljenosti stručnih lica koja se tim poslom bave. Predviđanje događaja tada se zasniva na *stvarnom stanju sistema* i njegovih djelova čime se stvaraju uslovi za koncepciju preventivnog održavanja po stanju na bazi praćenja stanja parametara tj. primjenom tehničke dijagnostike. Uočeni problemi, kao **problemi istraživanja**, odnose se na uslove donošenja odluka o aktivnosti održavanja u cilju predviđanja i sprečavanja otkaza, za čije rješenje treba razviti odgovarajuću metodu.



Sl.4 Procesni model odlučivanja o koncepciji i upravljanju u održavanju

ZAKLJUČCI

Procesni pristup je logičan slijed transformacije ulaznih u izlazne veličine u materijalnoj i duhovnoj sferi.

Inoviranje standarda ISO 9000 uvođenjem procesnog modela u sistem upravljanja kvalitetom, nije revolucionaran potez, to je implementacija prirodnog toka metamorfoze inputa u output.

Procesi odlučivanja uređeni su na principu procesnog modela počinjući ciljem i resursima a završavajući se aktivnostima potrebnim za unapređenje sistema, što predstavlja idealan procesni pristup QMS.

LITERATURA

- [1] Sikavica; Skoko; Tipurić; Dalić: POSLOVNO ODLUČIVANJE, Informator, Zagreb, 2003.
- [2] Pogacnik V, TEORIJA INTELIGENTNOSTI, [http:// geocities. com/](http://geocities.com/), 2006.
- [3] Bulatović M., Djurović D., Čolović Z., EXPERT SYSTEM AND TQM CONCEPT IN FUNCTION OF MAINTENANCE REENGINEERING, 17th EUROPEAN MAINTENANCE CONGRESS - EUROMAINTENANCE 2004, Barcelona - Spain, 11th – 13th may, 2004.

PROCESS APPROACH IN DECISION MAKING

RESUME

Correct decisions making is necessary for positive effect on activity that set to right balance of goals and organizations resources on the one hand, and market conditions, on the other. Model of decisions making based on process approach is especially important. It exists as a modeling principle irrespective of processing model that is base for standards ISO 9001/2000. Processing model is a base for standards ISO 9001/2000, because of its consistence and tendency from resources to the realization, beside organization support and vision of measurable improved process. This paper promotes validity of processing model usage in QMS, through Theory of decisions making and several other examples.

Key words: process, processing approach, theory of making decisions, decision

POSTIZANJE KVALITETA VODA OPTIMIZACIJOM PARAMETARA FILTRACIJE

Dimitrije Dimitrijević¹⁾, Petar Dimitrijević²⁾, Miroslav Radojević²⁾, Miroslav Vučićević²⁾

Rezime. U ovom radu pokušano je da se baci svetlo na neke koncepte i principe koji se odnose na korišćenje aktivnog uglja za tretiranje otpadnih voda i prečišćavanje sirove vode u cilju dobijanja kvalitetne pijaće vode. Svojstva aktivnog uglja, dinamika procesa adsorpcije i sve veće potrebe za kvalitetnom pijaćom vodom upućuju na zahtev za daljim razvojem tehnologija koje tretiraju ovu problematiku. Konkretno su dati odnosi i dejstva parametara koji presudno utiču na kvalitet filtracije voda.

Ključne reči : projekat, kvalitet, parametri filtracije.

1. UVOD

Voda je jedan od osnovnih elemenata ekosistema i prirodnih bogastava regija i kontinenata. Neraskidivo je vezana sa svim oblicima života na zemlji. Značaj upravljanja ovim vitalnim resursom jedno je od osnovnih životnih odluka u aktivnostima svih učesnika prisutne civilizacije. Eksponencijalni razvoj ljudske populacije i velike industrijske ekspanzije zahteva povećano snabdevanje vodom i njenom distribucijom. Korisnici značajan deo zagađene vode ispuštaju u prirodno okruženje, čime svekoliko umanjuju njen kvalitet u narednom postupku korišćenja. To izaziva potrebu promena postojećeg odnosa prema vodnim resursima, značajnijem čuvanju i poboljšanju postojećih resursa i kvaliteta vode. Bolesti od zagađene vode mogu izazvati opasne posledice po stanovništvo i odneti milione života. Zato današnje upravljanje vodama ima za cilj optimalno iskorišćenje, poboljšavanje i održavanje kvaliteta voda kroz zakonsku regulativu, permanentnu kontrolu i tehnološke sugestije sa inženjerskim rešenjima.

Štetne materije u vodi izazivaju sanitarno-toksična, opšte-sanitarna i organoleptička svojstva. To su materije koje se delom u vodi ne razgrađuju, uglavnom neorganske materije i soli, čestice gline, uglja i sl. i materije koje se razgrađuju i postupno iščezavaju iz vode. Mali broj izolovanih površinskih sistema imaju dobar kvalitet vode koja se direktno može koristiti za piće, pa i za druge ljudske potrebe i industrijske namene. Metode poboljšanja kvaliteta voda mogu biti : mehaničke (prečišćavanje kroz rešetke i sita, taloženje, flotacija, filtracija, centrifugiranje), hemijske (taloženje, neutralizacija, flokulacija, katalitička oksidacija, ozonizacija, izmena jona i dezinfekcija), toplotne (isparavanje, hlađenje, destilacija, ekstrakcija) i biološke (aeracija, aerobna i anaerobna fermentacija). Visok zahtev za kvalitetom pijaćih voda zahteva i visok nivo primene specifičnih tehnologija [1,2,4].

2. KVALITATIVNI MODEL FILTRACIJE KROZ SLOJ AKTIVNOG UGLJA

Fenomen adsorpcije je od najveće važnosti kod većine fizičkih, hemijskih i bioloških postupaka obrade voda. To je koncentrisanje rastvorivih i kvazi-rastvorivih nečistoća na mestu dodira ili površini. Materijal koji se koncentriše je adsorbat, materijal na čijoj površini dolazi do koncentracije je adsorbent. Aktivni ugalj je sintetički materijal velike poroznosti i široke raspodele veličine pora. Njegova primena za prečišćavanje voda zasnovana je na velikoj adsorbicijonj moći. Ovde se radi o nekoliko procesa vezivanja koja se odvijaju između organskih zagađenja i površine uglja, na bazi elektromagnetskih i fizičkih sila i hemijskih reakcija.

Upravljanjem kvalitetom voda olakšava se i precizira kako se adsorbicija nekih jedinjenja, na primer, fenola, na aktivnom uglju može opisati matematičkim modelima, uz određene realne pretpostavke. U tom smislu, osnovne jednačine pojednostavljenog modela kolone su [3]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -V_s \frac{\partial C}{\partial x} - k_f \left(\frac{3\rho_b}{R\rho_C \varepsilon} \right) (C - C_s) \quad (1), \quad f \cdot w \frac{d\bar{q}_m}{dt} = k_m \rho_C \cdot \frac{w}{\rho_C} \cdot \frac{3}{R} \left(\frac{q^2_s - \bar{q}_m^2}{2\bar{q}_m} \right) - R_b \quad (2),$$

$$(1-f)w \frac{d\bar{q}_b}{dt} = k_b w (q_m - \bar{q}_b) - R_b \quad (3), \quad k_f (C - C_s) = k_m \rho_C \left(\frac{q^2_s - \bar{q}_m^2}{2\bar{q}_m} \right) \quad (4), \quad q_e = M C_e^n \quad (5).$$

¹⁾ Doktorske studije, Mašinski fakultet, Beograd, dime_email@yahoo.com

²⁾ Viša tehnička mašinska škola Beograd, Zemun

gde je : C = koncentracija tečne faze, t = vreme, x = aksijalna koordinata kolone, V_s = brzina na površini tečne faze, k_f = koeficijent transporta kroz film sa strane tečnosti, ρ_b = gustina aktivnog uglja, R = srednji prečnik čestice uglja, ρ_C = prividna gustina ugljenika, ε = zapreminski udeo tečnosti u ukupnoj zapremini,

C_s = koncentracija tečnosti na granici površina čestica, f = deo adsorpcije koja se odvija u makroporama, w = ukupna masa ugljenika u sistemu, q_m = prosečna koncentracija čvrste faze u makro porama, k_m = prividni koeficijent transporta mase u makro porama, q_s = koncentracija čvrste faze na površini čestice, R_b = količina mase koja prođe iz makro pora u mikro pore, q_b = prosečna koncentracija čvrste faze u mikro porama, k_b = količinski koeficijent za transport iz makro pora u mikro pore, q_e = adsorbovana količina jedinjenja (rastvorka), C_e = koncentracija adsorbata, (M, n) = odgovarajuće konstante.

Prva jednačina se odnosi na maseni bilans za tečnu fazu, druga za maseni bilans za makro pore, treća, za mikro pore, četvrta jednačina predstavlja izjednačenje transporta materije kroz spoljašnju površinu čestice, a peta predstavlja svođenje prethodnih jednačina na uprošćeni dimenzioni oblik. Ove jednačine je moguće povoljno rešiti primenom odgovarajućeg softvera, pri čemu se omogućava vrednovanje više projektnih alternativa. Istraživanja su vršena preko serije testova koji određuju izoterme i kinetičke konstante date vode koja se prečišćava za dati primenjeni aktivni ugalj. Formiranje izotermi postiže se dovodenjem u kontakt različite količine aktivnog uglja sa adsorbatom sve dok se ravnoteža ne uspostavi, tj. prestane transport mase. Vreme potrebno da se uspostavi ravnoteža je veće od dve nedelje, čak i nekoliko nedelja. Test kinetike sastoji se iz merenja kako data masa uglja menja koncentraciju zagađenih materija u vodi. Dobijeni podaci se vraćaju u navedene jednačine da bi se dobile vrednosti koeficijenata k_f , k_m i k_b . Na taj način se izračunava upotreba uglja za primenu u adsorberu za određene nivoe probijanja, za široku lepezu visine kolona.

3. PARAMETRI ZA POBOLJŠANJE KVALITETA PROJEKTOVANJA ADSORPCIJE

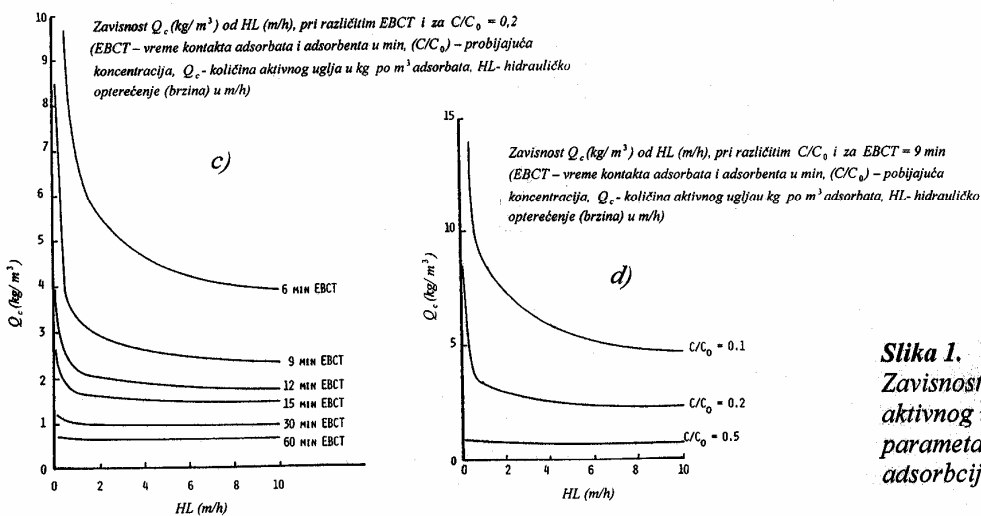
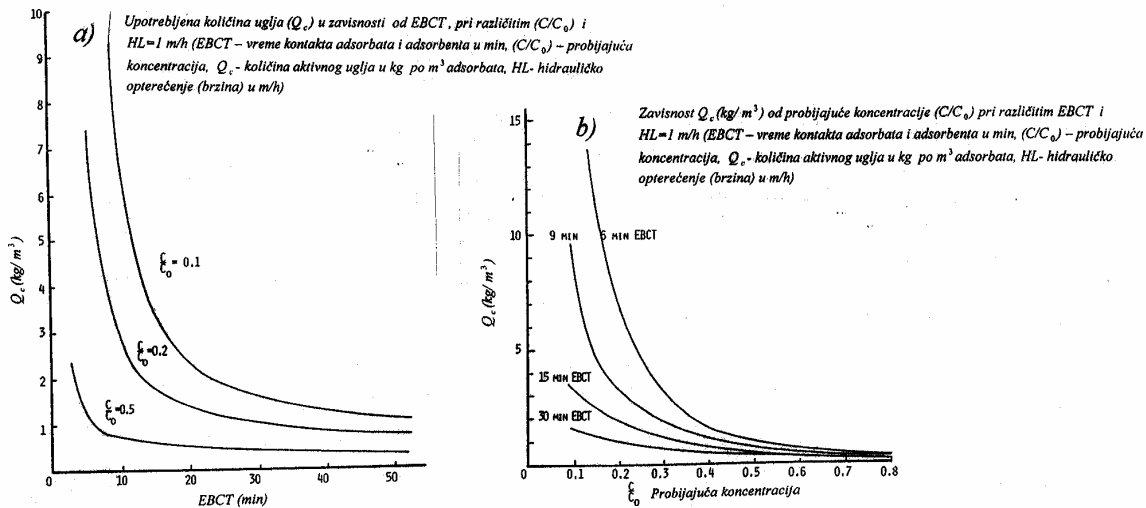
Najvažniji parametri u projektovanju adsorpcije na aktivnom uglju su :

- Kvalitet sirove i/ili otpadne vode
- Vreme kontakta EBCT (Empty Bed Contact Time), i
- Hidrauličko opterećenje HL (Hydraulic Loading), odnosno brzina vode.

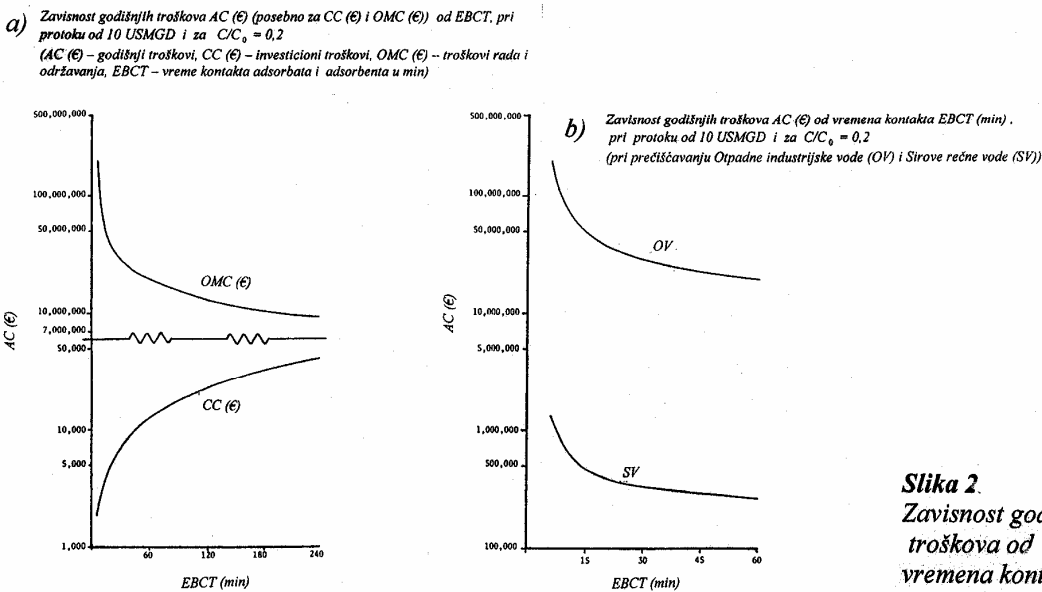
Kvalitet sirove vode određuje masu potrebnog uglja i sa protokom vode određuje dubinu (visinu sloja) potrebnog uglja. Uticaj ovih parametara pokazuju grafici na slici 1[3]. Sadržaj nečistoća je oko 70 mg/dm^3 .

Slika 1a) predstavlja upotrebu uglja u kontaktu sa m^3 vode, u zavisnosti od vremena kontakta EBCT, a za fiksnu brzinu tečnosti. Grafik prikazuje da je masa upotrebljenog uglja obrnuto proporcionalna vremenu kontakta za male vrednosti EBCT. Potrebna količina uglja naglo opada sa malim povećanjem EBCT. Ovo nam govori da bi eksploatacioni troškovi mogli jako da se umanje za relativno manje uvećanje investicionih troškova. Za visoke vrednosti EBCT količina upotrebljenog uglja slabo opada, kriva zavisnosti postaje gotovo paralelna sa apscisom. Grafik sa ove slike takođe ukazuje da veći nivo efekata prečišćavanja (manje C/C_0) zahteva veću količinu uglja. Za fiksnu brzinu proticanja, što je veća dubina kolone, to je manje potrebno uglja. Pošto optimizacija troškova podrazumeva i troškove konstrukcije i izgradnje filtera, kao i početnu kupovinu uglja, to se vrednosti vremena EBCT moraju naći negde na sredini. Slika 1b) pokazuje uticaj promene koncentracije u trenutku proboja, za različita fiksna vremena kontakta EBCT, na potrebnu količinu uglja. Sa grafika je uočljivo da za probijajuće koncentracije, EBCT ima jako veliki uticaj na potrošnju uglja. Kada koncentracija pređe 0,5 tada EBCT ima neznatan uticaj.

Krive na slici 1c) i 1d) pokazuju uticaj brzine vode (HL) na masu uglja, pri određenoj koncentraciji. Masa upotrebljenog uglja opada sa povećanjem HL. Opadanje je manje pri većim EBCT za datu vodu, na kojoj su se vršila ova ispitivanja. Sa slike 1c) se može zaključiti da je za odstranjivanje 80% materije ($C/C_0=0,2$), optimalno



Slika 1.
Zavisnost količine aktivnog uglja od parametara adsorbicije



Slika 2.
Zavisnost godišnjih troškova od vremena kontakta

vreme kontakta EBCT > 9 min i veliko hidrauličko opterećenje (HL). Prema slici 1d) EBCT je konstantno i iznosi 9 min. Za probijajući nivo koncentracije od 20 %, povećanje HL smanjuje potrebnu količinu uglja, naročito u

intervalu gde je $HL < 1$ m/h. Ako je nivo koncentracije $C/C_0 > 0,5$ tada je uticaj HL na količinu uglja zanemarujući.

Troškovi investicija, rada i održavanja sistema za adsorpciju prikazuje slika 2 [3]. Osnove za proračun troškova daje tabela 1[3]. Podaci se odnose na prvi put upotrebljavan aktivni ugalj (koji nije regenerisan), te ako se upotrebi regenerisan aktivni ugalj, troškovi će biti nešto niži od prikazanih.

Tabela 1. Osnove za proračun troškova

Element u strukturi troškova	Iznos
Cena aktivnog uglja	2 €/kg (\$0,92/lb)
Troškovi potrebne energije	0,03 €/kWh
Troškovi radne snage	10 €/h
Indeks troškova projektovanja	292 (300)
Indeks troškova proizvodnje do finalnog proizvoda	248,9 (250)
Kamata	14 %
Vek trajanja	20 godina
Protok	0,44 m ³ /s
HL	1,0 m/h

Grafici na slici 2a) pokazuju rezultate proračuna troškova, uvažavajući osnove iz tabele broj1. Prikazani su godišnji troškovi u zavisnosti od EBCT. Na grafiku se vidi da godišnji troškovi eksploatacije (rada i održavanja) mnogo veći od godišnje kamate na investiciju. Zbog toga su troškovi ulaganja zanemarljivi. Stoga je za datu otpadnu vodu EBCT > 4 h. Ovo je zbog toga što je veliki uticaj količine uglja na troškove rada i održavanja. Na iste troškove utiče i vreme kontakta, koje mora biti veće zbog spore adsorpcije. Slika 2b) pokazuje ukupne godišnje troškove kolone za adsorpciju na uglju za jednu rafineriju koja se bavi prečišćavanjem otpadnih voda.

4. ZAKLJUČAK

Procesi adsorpcije, uz primenu granulisanog aktivnog uglja, danas se smatraju kao tehnološki i ekonomski opravdana sredstva za neposrednu preradu sirovih i otpadnih voda i za uklanjanje specifičnih štetnih organskih hemikalija. Projektant sistema za prečišćavanje vode treba da koristi računare i odgovarajući softver. Posebno, treba da vodi računa da zbog spore adsorpcije, uslovi rada mogu imati jako veliki uticaj na količinu aktivnog uglja, a samim tim i na troškove rada i održavanja. Vreme kontakta takođe značajno utiče na troškove, na primer, sa povećanjem EBCT se značajno smanjuju ukupni troškovi.

LITERATURA

1. Dimitrijević, D., Idejno rešenje postrojenja za prečišćavanje vode za piće postupkom filtracije kroz sloj granulisanog aktivnog uglja kapaciteta 3 m³/s, Diplomski rad, Mašinski fakultet, Beograd 2005
2. Yang, R.T., Adsorbent Fundamentals and Applications, Wiley – Interscience, John – Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey 2003
3. Narbaitz, R., Benedek, A., The Effect of Operating Parameters on Carbon Usage, Proceedings, International Conference on Application of Adsorption to Wasterwater Treatment, Nashville, Tennessee, February 16-19, 1981
4. Dimitrijević, D., Upravljanje razvojem preduzeća na primeru prečišćavanja voda, Seminarski rad, Fakultet organizacionih nauka, Beograd 2006.

REACHING WATER QUALITY BY OPTIMIZING FILTRATIONS PARAMETERS

Summary. *In this paper we will try to shed light on some concepts and principles related to using of active coal for wastewater treatment and raw water filtration. The goal is getting quality drinking water. Active coal properties, adsorption process dynamics and increasing need for quality drinking water point to demand for further development of technologies that deal with these problems. Included in this paper are relations and influences of parameters that have crucial influence on quality of water filtration.*

Key words : *Project, quality, filtrations parameters.*



ISTRAŽIVANJA QM PRAKSE U SERTIFIKOVANIM ORGANIZACIJAMA

Prof. dr Vidosav D. MAJSTOROVIĆ¹

Apstrakt

Svrha: Urađena je studija [12], u kojoj su istraživani efekti primene različitih alata kvaliteta i QM modela kod nas. Svrha ovih istraživanja je bila da se identifikuju razlike i efekti u rezultatima primene ovih modela.

Metodologija: Razvijen je upitnik [11], koji je e-poštom upućen u 85 sertifikovanih organizacija na Q menadžere (malih, srednjih, velikih organizacija). Dobijeno je 69 odgovora. Suština pitanja je bila u tome koliko se prihvataju vrednosti TQM u razvoju i primeni alata QM-a. Na osnovu datih odgovora izvršena je detaljan analiza. Stvorene su osnove za korelacionu i regresionu analizu QM faktora.

Rezultati: Dobijeni rezultati pokazuju visok stepen korelacije između TQM vrednosti i uspešno primenjenog QM modela. Ovo se posebno odnosi na QMS.

Ograničenja u istraživanju: Osnovna ograničenja ove studije se odnose na veličinu istraživačkog uzorka, koji iznosi oko 10% zvaničnog broja sertifikata u našoj zemlji. Sa druge strane – ova analiza je urađena za različite veličine i tipove organizacija. Iz tih razloga različita QM praksa generiše i različite vrednosti za organizaciju. Ipak istraživanja pokazuju da se dva elementa posebno značajna za regresioni model – kultura kvaliteta i orijentacija na kupca.

Praktične implikacije u primeni: Najveći procenat naših organizacija je orijentisan QM praksi samo u odnosu na QMS. Zbog toga ova istraživanja treba proširiti i na one čija je QM praksa viša/niša nego što je to QMS.

Originalnost i vrednosti: Ova studija je rezultat istraživanja koja se prvi put izvedena u našoj zemlji. Zbog toga je ona posebno vredna za naše QM menadžere iz ugla daljeg razvoja i unapređenja ISO 9001 modela u praksi. Slična istraživanja nisu izvedena ni u svetu.

Vrsta rada: Naučni/istraživački rad.

Ključne reči: QM, TQM, QMS, Kontinualna unapređenja.

1. UVODNE NAPOMENE

Unapređenje kvaliteta je globalni fenomen. Sistemski prilazi razvoju i primeni QM modela različitog nivoa i obima, su se razvijali tokom dvadesetog veka, od inspekcije do poslovne izvrsnosti (BE). Ovaj razvoj je prošao kroz nekoliko faza, da bih u drugoj polovini prošlog veka, QM model bio usmeren na različite obime QA (procesa, proizvodnje, proizvoda, sistema, cele organizacije). Savremeni koncept QM je okrenut integraciji svih faza životnog veka proizvoda, uključujući u model i sve aspekte organizacije, a to su TQM i BE [1].

Ako razmotrimo situaciju u poslednjoj deceniji prošlog veka, možemo zaključiti da su posebno intezivirana istraživanja različitih aspekata TQM (modeli, struktura, uticaji), a posebno onih koji se odnose na rezultate primene ovog modela u praksi. Zato su istraživači posebnu pažnju posvetili analizi različitih TQM modela (svetski poznate nagrade za kvalitet, nacionalne nagrade za kvalitet, kompanijski TQM modeli). Ove analize su vršene kroz različite nivoe i iz posebnih uglova [4,5]. Tako je na primer jedan od najčešćih prilaza bio da se TQM u praksi posmatra kroz tri nivoa: vrednosti, tehnike i alati koji ga podržavaju. Drugi prilaz je bio da se posmatraju različiti QM modeli i njihov uticaj na razvoj znanja za novu

¹ Prof. dr Vidosav D. MAJSTOROVIĆ, dipl.maš.inž., Mašinski fakultet, Beograd

praksu QM-a u organizaciji. Zbog toga, naše istraživanje je imalo jedan pravac – šta su osnovne specifičnosti QMS nastale u njihovoj primeni kod nas? Kako se one determinišu i kakva je njihova korelaciona veza?

Sve ovo je imalo za cilj da u našim uslovima uspostavimo istraživanja koja će pomoći unapređenju QM prakse u našoj sredini.

2. ANALIZA ISTRAŽIVANJA U SVETU

Naše analize pokazuju da je u svetu je do sada izvršeno više istraživanja koja su se odnosila na definisanje faktora uspešnosti primene različitih QM modela. Tako na primer [6], za uspešnu primenu QS/TQM modela u organizaciji je neophodno kreirati "kulturu kvaliteta" koja će izbalansirati: strategiju, kompetitivnost okoline i ciljeve. U [7] se definišu četiri kategorije faktora uspešnosti za efektivnu primenu QM alata i tehnika, njihovu ulogu u unapređenju procesa, organizacije i infrastrukture, prikupljanja podataka i njihovog korišćenja u primeni QM alata i tehnika. Takođe je preporučeno kako umanjiti negativne efekte koji se mogu javiti kao posledica nedovoljnog iskustva, nedovoljne podrške menadžmenta, nedostatka resursa i nedovoljne obuke.

Vršena su i istraživanja koja su se odnosila na rezultate primene QM u kontekstu same organizacije. Jedna empirijska studija [2] pokazuje da na organizacioni kontekst kvaliteta najveći uticaj ima percepcija menadžmenta za QM. Interni faktori kao su stepen podrške top menadžmenta i performanse kvaliteta organizacije, kao i eksterni faktori, kao što su stepen kompetencije industrije i zakonska regulativa za kvalitet su takođe važni činioci uticaja. Istraživanja u [8] pokazuju da primena različitih alata i tehnika QM zavisi od ciljeva kvaliteta i strategije unapređenja. Takođe je otkriveno, što je vrlo interesantno, da postoje vrlo male razlike između dve industrije (automobilska i elektronska), u primeni istih alata za unapređenje kvaliteta. U komparativnoj studiji istočne (čitaj – japanske) i zapadne prakse QM, otkriveno je se alati kvaliteta i metode: eksperimentalno projektovanje, QFD, dijagram – uzrok/posledica i drgi mnogo češće koriste na istoku.

Neka istraživanja su bila usmerena na određivanje nivoa vrednosti i kulture kvaliteta. Tako na primer u [9] je istraživana praksa QM u vezi sa mehanističkim, organiskim i kulturnim modelima organizacije, kao mosta između TQM prakse i teorije menadžmenta. Pokazano je da mnoge ideje koje se odnose na TQM, asociraju na organske modele ali sa mehanističkim uticajem, što obezbeđuje dodatno povezivanje TQM-a i postojećih menadžment modela. Sledeći prilaz ovoj problematici je bio razvijeni procesni model kvaliteta [10], integrisan sa kadrovskim resursima, tehničkim i sistemom unapređenja kvaliteta, podržan tehnikama kvaliteta i metodologijom dinamičke analize sistema. Ovaj model je baziran na visokoj odgovornosti, ovlašćenjima i uključenosti zaposlenih u njega.

Sledeći prilaz je analizirao uticaj QM modela na poslovne performanse organizacije [2]. Analizirani su TQM modeli (nagrade za kvalitet), QMS model kao i njihova kombinacija. Pokazano je da je preporučljivo primenjivati kombinaciju elemenata QM modela za različite situacije: neadekvatno liderstvo, otpor promenama, nedostatak QM prakse i znanja za rešavanje problema, nedostaci u projektima i timovima za unapređenja, nedostatak resursa, informacija i njihova analiza.

3. ISTRAŽIVANJA KOD NAS – NAŠ PRILAZ

Glavni fokus ovih istraživanja je opšti model QM-a i njegova primena kod nas. Npravo da TQM i BE predstavljaju njegov vrh, dok je QMS niži nivo, a on je i bio obuhvaćen ovim istraživanjima. U literaturi QM koncept se opisuje kroz različite nivoe primene. Najpoznatiji pristup je da se to uradi preko šest nivoa [3], od nepoređljene organizaciji do svetske klase kvaliteta. Svaki nivo, je podržan različitim alatima i tehnikama QM. Najnoviji prilaz ovom problemu definiše TQM prilagođavanja preko tri nivoa: vrednosti, tehnike i alati. Prvi nivo razvoja i primene TQM se bazira na podršci osnovnih QM alata. Na drugom nivou se uspostavljaju holistički modeli ili prilazi. Najzad treći nivo uspostavlja organizacionu strukturu za uspešnu primenu projektovanog TQM modela.

Naša istraživanja su bila fokusirana na tri nivoa QM modela, čiji representent je bio QMS. Počnimo od trećeg nivoa, vrednosti za organizaciju koja primenjuje QMS model. One su date kao: orijentacija na kupca, liderska odgovornost, participacija zaposlenih, kontinualna unapređenja, menadžment na bazi činjenica i procesna orijentacija. Sve ove elemente možemo prepoznati u TQM/BE modelima poslednje generacije.

Na drugom nivou posmatraju se i analiziraju QM modeli, kroz zajedničku osnovu. Tako prvu grupu čine QM modeli proistekli iz standrda (QS, QMS, QS-9000, TL-9000, itd.), sledeću grupu obuhvataju TQM

modeli nagrada i najzad poslednju čine TQL i six sigma model. Svaka od navednih grupa, obuhvata/sadrži bazni QM model prethodne.

Najzad, treći nivo se odnosi na praktičnu analizu u primeni tehnika i alata za QM. Oni koji se načešće primenjuju su: dijagram toka, DoE, FMEA, poka-yoka, Taguchi metod, sedam starih QC alata, sedam novih QC alata, sedam QC alata menadžmenta, SPC i kružoci kvaliteta.

Metodologija istraživanja je bila zasnovana na upitniku [11]. Korišćena je baza podataka JUSK-a, a upitnik je bio distribuiran QM menadžerima, sertifikovanim organizacijama slučajno izbranim, uzorkom od oko 10% zvaničnog broja sertifikata za QMS. Pitanja su bila grupisana u nekoliko celina: osnovne poslovne aktivnosti organizacije; veličina i tip organizacije; vrednosti za organizaciju; primenjeni QM modeli; tehnike i alati QM koji se primenjuju, rezultati koji se u primeni ostvaruju. Procenat odgovora je bio 81.1% od broja poslanih upitnika. Na sva pitanja u dobijenim upitnicima su dati svi odgovori.

Od ukupnog broja odgovora, 65% je bilo proizvodnih a 35% uslužnih. Broj zaposlenih se kretao od 4 do 2550, sa prosekom od 486 i standardnom devijacijom 32.

Jedan skup pitanja se odnosio na vrednosti TQM-a za organizaciju. QM menadžer je trebao da odgovori prema skali koja je imala sedam nivoa – od "vrlo malih" do "vrlo velikih". Rezultati su dati u tabeli 1.

Tabela 1. TQM vrednosti za organizaciju

TQM vrednosti	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Napomena
Orjentacija na kupca	4.379	1.51	Zahtev QMS-a
Procesni model	3.227	2.15	Različiti modeli procesa
Participatija zaposlenih	2.971	1.27	
Liderska odgovornost	3.716	1.43	
Kontinualna unapređenja	3.906	1.29	Zahtev QMS-a
Menadžment na bazi činjenica	4.058	1.32	

Rezultati iz gornje tabele pokazuju da je TQM orjentacija naših organizacija ustvari ispunjenje "zahteva QMS-a" – orjentacija na kupca, dok su ostali elementi, niži, neki i značajno. Međutim mora se reći da za sve elemente "velika" standardna devijacija, što znači da je "velika" razlika u nivoima TQM vrednosti između anketiranih organizacija.

Sledeća grupa pitanja se odnosila na to – kako QM menadžeri vide dalji razvoj ovog koncepta (QM modela) u svojoj organizaciji. Sistematizovani odgovori su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Plan razvoja QM modela za organizaciju

Model QM-a	Procenat korišćenja	Napomena
QMS – nove verzije	62	Sertifikat za QMS
TQM/BE	24	
Šest sigma	4	
Ne znam	10	

Analiza odgovora nam pokazuje da naši QM menadžeri skoro apsolutno smatraju da nam je dovoljan QMS, odnosno njegove nove verzije koje će doći. Njihova svest ili želja ka QM unapređenju ka novim modelima je relativno mala.

Jedna grupa pitanja se odnosila na to – koliko i u kom obimu se primenjuju alati kvaliteta. Rezultati su dati u tabeli 3.

Tabela 3. Primena QM alata

Tehnika kvaliteta (QM alat)	Primenjuje se (%)	Pokušavamo da primenimo (%)	Primenićemo u budućnosti (%)	Napomena
Dijagram toka	83	17	-	Zahtev QMS-a
FMEA	15	36	49	
SPC	21	43	36	
DoE	4	5	91	
QFD	3	3	94	
Taguchi metod	1	5	94	
7 osnovnih QC alata	5	8	87	
7 novih QC alata	5	9	86	
7 menadžerskih QC alata	4	7	89	
Kružoci kvaliteta	0	2	98	

Rezultati iz gornje tablice su jako nepovoljni. Dijagrami toka se odnose na grafički opis QMS procedura. SPC i FMEA metod su sasvim na početku ozbiljne primene, dok su svi ostali u "planu za buduću primenu". Ovi pokazatelji nam govore o tome da su i sertifikati QMS-a na "donjem" nivou efektivnosti.

Posebna grupa pitanja se odnosila na pozitivne/negativne efekte QMS-a na organizaciju. Sistematizovani odgovori, izraženi u procentima su dati u tabeli 4.

Tabela 4. Glavni efekti QMS-a na organizaciju

Efekti QMS-a	Procenat - %	Napomena
POZITIVNI EFEKTI		
Unapređenje odnosa sa kupcem	44.2	Zahtev QMS-a
Unapređenje "klime" kvaliteta	22.4	
Unapređenje procesa	19.1	
Povećanje učešća zaposlenih	12.5	
Nema pozitivnih efekata	1.8	
NEGATIVNI EFEKTI		
Povećanje birokratije	26.7	QMS dokumentovanje
Produženje radnih procesa	19.8	
Smanjenje pažnje	4.1	

Glavni pozitivni efekat na organizaciju koja ima sertifikovan QMS je unapređenje odnosa sa kupcima, a negativni – povećanje birokratije.

Najzad, poslednje pitanje se odnosilo na ocenu QM menadžera, kolika je "specifična" težina njihove funkcije/organizacione celine u organizaciji. Odgovori su gradirani prema skali od sedam nivoa – "vrlo mala" do "vrlo velika". Dobijena je srednja vrednost odgovora od 3.14, sa standardnom devijacijom od 1.31.

Dalja istraživanja ove oblasti biće usmerena na utvrđivanje stepena korelacije između QM modela i analiziranih faktora, primenom modela korelacione analize. Na kraju bi se utvrdila korelaciona jednačina QM modela i faktora koji je detremišu za organizaciju.

Ovaj model bi dalje omogućio da se vrši predikcija QM prakse u našim organizacijama. Na taj način bi QM praksa postala aktivni deo poslovne politike svake organizacije.

4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Izvršena istraživanja [12], pokazuju da je osnova uspostavljanja QM modela u organizaciji "kultura kvaliteta organizacije". Ona definiše vrednosti QM za organizaciju – iz čega proizilazi zrelost QM-a u primeni.

U našoj sredini nedostaju ovakva istraživanja – sve se uglavnom zasniva na empiriji i entuzijazmu QM menadžera da se njihova funkcija razvije u organizaciji.

Istraživanja u svetu pokazuju nešto drugo – obično je QM funkcija generator razvoja, ne samo unapređenja funkcije kvaliteta, već i proizvoda i usluga organizacije. Ovo znači da ona postaje "razvoj" organizacije – što je cilj kome treba da teže naše SLUŽBE/SEKTORI KVALITETA.

Ovaj rad predstavlja doprinos autora uspostavljanju ovih trendova i u našoj zemlji [12].

Reference

- [1]. Bergman, B., *Quality from Customer Needs to Customer Satisfaction*, McGraw-Hill, London, 2004.
- [2]. Benson, G., at all, *The effects of organizational context on QM: an empirical investigation*, International Journal "Management Science", Vol. 47, No. 9, pp. 1107 – 1124, 2001.
- [3]. Dale, B., *Managing quality*, Blackwell, Oxford, 2001.
- [4]. Dale, B., at all, *The use of QM techniques and tools: an examination of some of some key issues*, International Journal of Technology Management, Vol. 16, No. 4/6, pp. 305-325, 1998.
- [5]. Cerdwen, J., *Using quality's tool: what's working well?*, The Journal for Quality and Participation, Vol. 15, No. 2, pp. 92 – 98, 1992.
- [6]. Shin D., et all, *Critical implementation issues in QS/TQM*, SAM Advanced Management Journal, Vol. 63, No.1, pp. 10-14, 1998.
- [7]. McQuater, R., et all, *The effectiveness of quality management tools and techniques an examination of the key influences in five plants*, Journal of Engineering Manufacture, Vol. 210, pp. 329 – 338, 1996.
- [8]. Ghosh, S., et all, *The applicaton of quality tools in achieving quality attributes and strategies*, Quality Management Journal, Vol. 5, No. 1, pp. 75 – 100, 1997.
- [9]. Spencer, A., *Models of organization and total quality management: a comparasion and critical evolution*, The Academy of Management Review, Vol. 19, No.3, pp. 446 – 471, 1994.
- [10]. Mandal, P., eta all, *A systematic approach to quality improvements the interactions between the technical, human and quality systems*, Total Quality Management, Vol. 9, No. 1, pp. 79 – 100, 1998.
- [11]. Majstorović, V., *Upitnik za QM analizu*, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- [12]. Majstorović, V., *QM praksa u našoj zemlji – Studija stanja*, Mašinski fakultet, Beograd, 2006.

QM PRACTICE RESEARCHES IN CERTIFICATE ORGANIZATIONS

Prof. Dr. Vidosav D. MAJSTOROVIĆ, Mechanical Engineering Faculty, Belgrade

Abstract

Purpose of this paper: *The main goal of the research [12], is the investigation of applications effects on different quality tools in our country. For the purpose of this investigation are identifications different effects in results applications.*

Design/methodology/approach: *We are developed questionnaire [11], who is delivery on 85 certified organizations on Q managers (SMEs and large organizations). We are collection on 69 answers. Main questions are related on accepted of TQM values in development and applications QM tools. Based those answer we are made detailed analysis.*

Results: *Our investigations show high level correlations between TQM values and successful QM model. Those are related on QMS model.*

Research limitations/implications: *The above investigation was carried out on the sample of 59 certified organizations amounting to about 5% of the total number of QMS certificates issued in our country. All assessed organizations of different size (SME or bigger) belonged to the manufacturing sector.*

Practical implications: *The transition process of the West Balkan countries to the EU require the harmonization of QM practice issues as well. This investigation is a contribution to the development of good QM practice in the organizations from this countries.*

What is original/value of paper: *The application of the model based on evolutionary management development enables the transfer of knowledge about process re-design for QM and thus provides a sustainable development of QM in manufacturing systems with lower level of development.*

Type of paper: *Research paper.*

Key words: *QM, TQM, QMS, Continuous improvement.*



Danijela Nenadić¹

OBRAZOVANJE NA DALJINU - STVARANJE NOVOG AMBIJENTA ZA UČENJE UZ PODRŠKU TEHNOLOGIJE

REZIME: Kako će se učiti u budućnosti? Da li postoji model obezbeđenja kvalitetnog obrazovanja za sve? Otvoreno obrazovanje i obrazovanje na daljinu, shvaćeni kao mnogo više od inovativnih tehnologija za prenos znanja, su osnovna strategija obrazovanja u visokorazvijenim društvima, čiji je ekonomski i društveni progres zasnovan, pre svega, na neprestanom unapređivanju znanja i sposobnosti.

1. UVOD

Razlikuju se dva pristupa obrazovanju:

1. KLASIČNI PRISTUP (klasična škola, čija je primarna karakteristika neposredan odnos predavača i polaznika) i
2. OBRAZOVANJE NA DALJINU (obrazovna tehnologija se javlja kao posrednik u odnosima predavača i polaznika).

Obrazovanje na daljinu je sistem i proces povezivanja polaznika sa distribuiranim obrazovnim resursima. Definicija obrazovanja na daljinu Hrvatske akademske i istraživačke mreže CARNet glasi: Obrazovanje na daljinu je uspostavljanje veza između ljudi i resursa pomoću komunikacionih tehnologija u svrhu obrazovanja.

Učenje na daljinu, kao instrukcioni koncept rada, je potpuno nova forma obrazovanja koja podrazumeva da se nastavnik (predavač, instruktor) i korisnik (učenik, student, polaznik kursa) ne nalaze na istom mestu u nekom unapred određenom vremenu. To je forma obrazovanja na daljinu u kojem je, na bazi primene računarskih mreža i drugih savremenih elektronskih učila, učenicima (korisnicima) omogućeno: praćenje predavanja, pristupanje obrazovnim sadržajima i programima, komunikacija sa nastavnikom, sticanje određenih diploma (sertifikata), što proizilazi iz svega prethodno navedenog, svaki polaznik dolazi do odgovora kroz brzu povratnu vezu, pojedini programi su dozvoljavali studentu da zauzme aktivnu ulogu u procesu učenja.

Savremene info-komunikacione tehnologije (Internet, hipermedijalni sistemi, digitalizacija, minijaturizacija) učinili su učenje na daljinu primarnim konceptom u sticanju otvorenog znanja. Obrazovanje na daljinu se koristi kao dopuna ili zamena tradicionalnom obrazovanju. U upotrebi je na svim nivoima obrazovanja. Sve je veći broj obrazovnih institucija koje se okreću ka novom vidu učenja. Primena virtuelne obuke u različitim sferama, nesumnjivo ima široke mogućnosti.

Ako se o obrazovanju na daljinu ne razmišlja samo u smislu tehnologije, već u smislu koncepta i ideje, tada je obrazovanje na daljinu:

- obrazovanje u pravom trenutku,
- globalno obrazovanje,
- obrazovanje bilo gde i bilo kada,
- obrazovanje na radnom mestu,
- obrazovanje na zahtev,
- elektronske škole, škole bez zidova,
- nove kolege, nove perspektive, nove mogućnosti.

Ako na obrazovanje na daljinu gledamo sa aspekta korisnika, tada naše reakcije mogu biti:

- Da li će se povećati iskorišćenost novčanih sredstava?
- Da li će se uštedeti na troškovima putovanja?
- Da li se, sa postojećim kadrovima, time može obrazovati više studenata?
- Da li se time može rešiti problem geografske udaljenosti?

2. OBRAZOVANJE NA DALJINU I INTERNET

Internet, kao globalna računarska mreža, uticao je na ukidanje prostora i vremena, kao ograničavajućih faktora nastave i doprineo većem prihvatanju obrazovanja na daljinu. Učenje je postalo

¹ Mr Danijela Nenadić, dipl.ing. ZASTAVA AUTOMOBILI, a.d. Direkcija kvaliteta, 34000 Kragujevac, Trg topolivaca 4

efikasnije, poboljšala se interakcija predavača i korisnika i korisnik je doveden u aktivnu poziciju.

Možda i najznačajniji pokretač obrazovanja na daljinu posredstvom Interneta je međunarodni centar ICDL (International Centre for Distance Learning) za obrazovanje na daljinu. ICDL ima više od 31000 programa za obrazovanje na daljinu i preko 1000 članova u vidu aktivnih institucija koje se bave edukacijom na daljinu. Istraživanja su pokazala da Internet tehnologije obezbeđuju: značajno smanjenje troškova obrazovanja i značajno povećanje uspeha studenata.

3. DIGITALNE VIDEO BIBLIOTEKE

Digitalne video biblioteke obezbeđuju efikasno indeksiranje, pretraživanje i pregledanje video materijala i tada se govori o kvalitetnom opsluživanju korisnika. Digitalni video zapisi imaju formu MPEG fajlova i smešteni su na medijumima, katalogizovani i indeksirani. Postoji mnoštvo aplikacija namenjenih edukaciji, naučnim istraživanjima, video produkciji, zabavi. Sve je veći broj univerziteta koji nude video materijal predavanja online. Digitalna video biblioteka uvodi nove procese: digitalizaciju, kompresiju, umetanje video žigova, interaktivnu navigaciju i dr.

Zahtevi i problemi sistema digitalnih biblioteka:

- 1) znatni resursi za smeštanje,
- 2) izuzetna brzina protoka podataka,
- 3) automatizovana video segmentacija,
- 4) veličina video podataka koja otežava interakciju sa korisnicima,
- 5) tipična brzina protoka podataka na Internetu je nedovoljna za kvalitetno emitovanje video materijala.

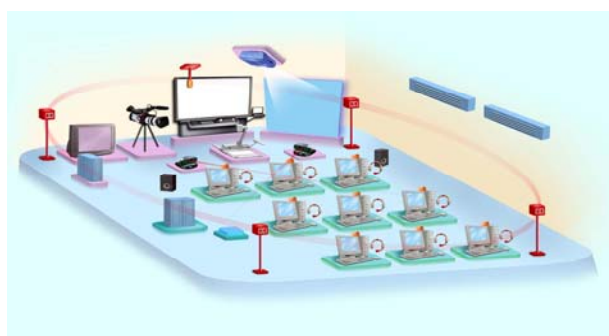
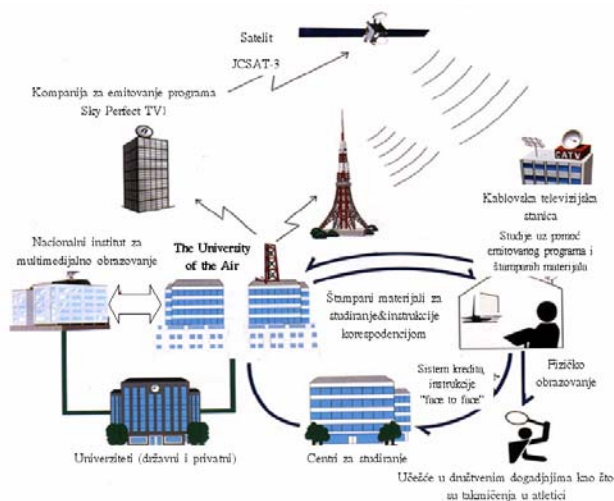
4. SISTEMI OBRAZOVANJA NA DALJINU

Sistemi za razvoj obrazovanja na daljinu su centri koji informišu, obrazuju, organizuju, koordiniraju, daju didaktičku i tehnološku podršku.

Osnovni tehnološki zahtevi za realizaciju obrazovanja na daljinu su:

- stvaranje multimedije,
- stvaranje hipermedijalne učionice.

Za stvaranje multimedije se upotrebljavaju: računar za video produkciju i kreaciju web predavanja, stanica za zapisivanje i umnožavanje (CD, DVD trake i video recorder), stanica za skeniranje (foto i dija skener) i stanica za štampu (štampanci i ploteri). Na slici br. 1 je prikazan primer alternativnog sistema u obrazovanju na daljinu - The University of the Air (Univerzitet u vazduhu), koji je lociran u Tokiju. On emituje 18 sati predavanja dnevno. "Univerzitet u vazduhu" ima 84000 studenata, a budžet iznosi 168 000 000 Y. Predavanja se odvijaju u hipermedijalnoj učionici (prikazanoj na slici broj 2).



Slika br. 1. The University of the Air (Univerzitet u vazduhu)

Slika br. 2 Hipermedijalna učionica

5. TEHNOLOGIJE OBRAZOVANJA NA DALJINU

U sastav sistema obrazovanja na daljinu ulaze multimedijalni servis (mreža) koji obezbeđuje softversku podršku u obliku obrazovnih proizvoda, uputstva za korisnike, sistem za evaluaciju i elektronska mreža koja povezuje korisnike sa servisima.

Prema obliku komunikacije razlikuju se dva modela obrazovanja, odnosno dva tipa virtuelne škole:

- sinhroni (real time), gde se komunikacija odvija u realnom vremenu,
- asinhroni, gde se komunikacija ne odvija istovremeno.

Sinhrona virtuelna škola (škola on-line tipa) zasniva se na pretpostavci da su svi korisnici i nastavnici “na vezi” u isto vreme. Oblici on-line nastave su: interaktivna televizija, kompjuterske konferencije, višekorisnički domeni (Multi - user Domains - MUD). Osnovna prednost sinhronih tehnologija je uspostavljanje direktne komunikacije predavača i korisnika.

Mnogo je više virtuelnih škola off-line tipa koje daju studentu (korisniku) mogućnost izbora kada će i koliko vremena provesti u virtuelnoj učionici. Asinhrona tehnologije obrazovanja su: dopisno obrazovanje, audio i video kasete, DVD, elektronska pošta, televizijski obrazovni program i www orijentisani kursevi.

Škole on-line tipa namenjene su za učenje u obliku kratkih specijalizovanih kurseva. Asinhrona škole su podesnije za duže oblike obrazovanja (srednje, više, visoke škole).

6. USPOSTAVLJANJE VIRTUELNE ŠKOLE

Broj učenika u virtuelnoj učionici je neograničen. Svi korisnici imaju potpuno iste uslove za ovladavanje znanjima iz određene oblasti. Veći broj virtuelnih učionica predstavlja virtuelnu školu, koja može biti škola za specijalizovane kurseve iz određenih oblasti ili kompletna srednja, viša ili škola za visoko obrazovanje - virtuelni univerzitet.

Osnovni i neophodni preduslovi za njihovo uspešno obavljanje su: obučenos nastavnika (predavača) za rad školi ovog tipa, obučenos polaznika (u smislu postojanja odgovarajućih znanja potrebnih za rad na mreži), postojanje odgovarajuće mreže u školi i kod korisnika, profesionalnos sadržaja programa virtuelne škole, kao i njihovog prezentiranja.

U virtuelnu školu korisnik dolazi tako što posećuje Web sajt te škole, na kome se nalaze potrebne informacije i uputstva, koja služe za upoznavanje: tipa škole, organizacije škole, načina rada i mogućnosti za uspešno savladavanje odabranih programa.

Web sajt virtuelne škole mogu posećivati slučajni posetioci, u cilju informisanja, i učenici (studenti, polaznici škole), koji imaju svoj virtuelni desk na koji se loguju pri svakoj poseti i odakle mogu ići na različite linkove - sadržaje). Sa svog deska korisnik može da posećuje virtuelne učionice u kojima su mu dostupni sadržaji kurseva. Strukturu kursa čine lekcije, koje se u određeno vreme nalaze na sajtu. Lekcija se sastoji iz predavanja, vežbi, mogućnosti kontakta sa nastavnikom, diskusije putem E-mail-a i domaćeg zadatka, koji se nastavniku može poslati posredstvom E-mail-a. Ostvarivanje kontakta korisnika i predavača može biti i on-line preko Sobe za četovanje (Chat rooms).

Jedan od mogućih načina polaganja ispita je on-line polaganje testa, sastavljenog od slučajno odabranih pitanja iz baze podataka (test ne može biti zadat više od jednog puta). Neposredno pre polaganja ispita sadržaj svih predavanja se privremeno uklanja iz učionica. Rezultat polaganja ispita korisniku je poznat odmah po završetku testiranja. Polaznik škole koji uspešno položi sve testove naknadno dobija diplomu (sertifikat) škole.

Obaveštenja o ispitima za kurseve, o predavanjima, vežbama, kao i sve ostalo vezano za rad virtuelne učionice, smešteno je na oglasnoj tabli te učionice.

7. VIRTUELNA OBUKA - PRINCIPI RADA

Postoje sledeći tipovi virtuelne obuke:

- linijski programi obuke, koji sadrže informacione materijale i praktične zadatke, izgrađeni po analogiji sa programima učenja na daljinu,
- specijalizovani portali, gde se mogu izabrati različiti dijalog i autonomni programi,
- web - sajtovi, koji sadrže detaljnu informaciju o onom ili drugom proizvodu ili uslugama, koji su sastavljeni i uobličeni slično reklamnoj brošuri,
- sajtovi sa kojih se mogu prepisivati članci ili programski dodaci (ili potpuno besplatno ili, ako je reč o programu, sa mogućnošću besplatnog ispitivanja pre kupovine).

Za označavanje (obeležavanje) paketa programa za učenje, koji se koriste pre svega na Internetu, koristi se skraćenica WBT (Web based Teaching), a prostor u kome su oni smešteni naziva se virtuelnim.

Da bi se skupili u virtuelnoj učionici i učestvovali u virtuelnom radu (poslu), licima koja uče dovoljno je da sednu za svoje personalne računare, ma gde da se nalaze u posmatranom trenutku. Razmena informacija se vrši preko multimedijalnih sredstava. U toku učenja mogu se uspešno koristiti video i audio konferencije, koje omogućavaju korisnicima da kolektivno rade u jednom programu i da zajedno pregledaju ili sastavljaju dokumenta, da izražavaju svoje mišljenje, da odgovaraju na pitanja testova itd.

8. KVALITET U OBRAZOVANJU NA DALJINU

Kakav uticaj obrazovanje na daljinu ima na učenje studenata? Da li je ono efektivnije od tradicionalnog obrazovanja? Manje efektivno? Ili isto? Vrlo je kompleksno da se u jednom ozbiljnom istraživanju uzmu u obzir svi faktori koji utiču na on-line učenje, između ostalog, jer su u pitanju elementi (tehnologija i studenti), koji se stalno menjaju.

Russell je 1999. godine, nakon što je recenzirao 355 studija na temu obrazovanja na daljinu, zaključio da "učenje nije uzrokovano tehnologijom, ali metod predavanja (obuke) zavisi od medija. Tehnologija, to je prosto sredstvo dostave predavanja, dakle, nema uticaj na postignuće".

Uspeh u učenju studenata može da zavisi samo od individualnih kvaliteta kao što su: pozitivan odnos i motivacija, samostalnost, zadovoljavajuće iskustvo u radu sa računarom, shvatanje da obrazovanje nije pasivan proces apsorpcije informacija. Ove individualne razlike čine teškim unapređenje bilo kog pristupa obrazovanju i prilagođavanje svakom korisniku.

Diskusije koje se vode poslednjih godina na Skupštini Američke Federacije nastavnika i rezolucija koja je doneta utvrdili su suštinu u vezi kvaliteta programa učenja na daljinu. Mnogo je onih koji smatraju da se kvalitet nastave ogleda u podršci studentima da budu snabdeveni informacijama i da ih usvoje, i da taj kvalitet nije kod obrazovanja na daljinu na istom nivou kao kod konvencionalnog obrazovanja "licem u lice". Ovakav stav zastupaju mnoge akademske institucije. Međutim, brojna su istraživanja dokazala suprotno. Naravno, faktori koji ograničavaju ovaj vid obrazovanja (na primer troškovi i dr.) biće predmet budućih rasprava.

Na Univerzitetu Texas-Pan American kvalitet se posmatra sa tri različita stanovišta: kvalitet materijala kursa, kvalitet prezentacije i kvalitet servisa za studente.

Na ovom Univerzitetu primenjen je pristup razvoju materijala kursa, koji se podešava prema sposobnostima učenja korisnika i njihovim veštinama, kao i podrška tehnologije koja odgovara stilu predavanja (obrazovanja). Nivoi podrške su na jednom serveru i održavaju se na potrebnom nivou od strane eksperata, jednog instrukcionog dizajnera, jednog ili više asistenata koji se bave tehnologijom. Takođe, postoji rubrika koju nastavnici koriste za samoocenjivanje materijala kursa. Posredstvom Univerziteta u Teksasu i Konzorcijuma servisnih institucija (HETS) studentima koji se obrazuju na daljinu obezbeđen je pristup informacionim resursima, savetodavnim i mentorskim programima.

9. ZAKLJUČAK

Učenje na daljinu, zahvaljujući prednostima savremene informatičke tehnologije, stavlja učenika u aktivni položaj tako što mu omogućava izbor mesta i vremena sticanja znanja. Na ovaj način mogu se obrazovati i odrasli, koji su zaposleni. To su samo neke prednosti ovog oblika edukacije. Zašto onda nije u većoj meri zastupljeno na našim prostorima? Činjenica je da su mnogi uslovi obezbeđeni. Treba ih uočiti, a pre svega iskoristiti veliki potencijal mladih koji poseduju solidno računarsko obrazovanje. Naravno, tu je nezaobilazna ekonomska analiza rentabilnosti primene ovog oblika edukacije. Na kraju ovog razmatranja postavlja se pitanje efikasnosti učenja na daljinu. Sprovedena su brojna istraživanja čiji rezultati uglavnom pokazuju da je ono podjednako efikasno kao i tradicionalno, a u mnogim slučajevima pokazalo je i veću efikasnost.

LITERATURA

- [1] Krneta R.: "Virtuelne škole na našim prostorima - da ili ne", YU INFO 2002 Simpozijum o računarskim naukama i informacionim tehnologijama, Zbornik radova na CD-u, Kopaonik, mart 2002
- [2] Nadrljanski Đ.: "Obrazovni računarski softver i sistem kvaliteta", Zbornik radova 5. međunarodne konferencije Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM-2002, Beograd, jun 2002
- [3] Ristić M.: "Obrazovanje na daljinu i Internet", 5. Međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM-2002, Beograd, jun 2002
- [4] Lisse S.: "Karakteristike kvaliteta softverskog proizvoda", Časopis "Kvalitet"
- [5] Ocokoljić I., Radivojević N.: "Digitalne video biblioteke i Internet", Zbornik radova 6. međunarodne konferencije Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM-2003, Beograd, jun 2003
- [6] Marić P., Đukić V., Gajić Z., Ristić S., Kaurin A.: "E-learning platforma za razvoj online kurseva baziranih na SCORM standardu, Zbornik radova Festivala ICT dostignuća INFOFest, Budva, oktobar 2003

Abstract: How are people going to learn in future? Is there a model of quality education for everybody? Open education and education at a distance, taken as much more than just innovative technologies for knowledge transfer, are the basic strategy in education in high developed countries whose economic and social progress are primarily based on a continual improvement of knowledge and skills.

MAINTENANCE OF BUCKET ELEVATORS IN CROP ENSILAGES

Vyara Pozhidaeva¹
Genadij Takov²
Dragan Živković³

Abstract: This paper analyses corrective maintenance of transport equipment with ensilages, and the number of failures occurring on elevators, as a measure of the quality of successfulness of preventive maintenance. The research was conducted at a Oil factory that features ensilages having a 40.000t capacity and associated transport equipment, and the results are presented in this paper. Finally, measures are proposed that should result in better preventive maintenance and reduce activities of corrective maintenance.

Keywords: maintenance, ensilages, transport equipment, elevators,

1. INTRODUCTION

During drying and storage of granular agricultural products, it is important that the transport equipment in driers and ensilages be in operating condition. Failures on transport equipment in storage facilities (drier-storage system) during a season of harvesting and drying of agricultural products may cause extended damage, and therefore it is very important that in the season the whole system operates without failures.

It is necessary to move the grains from one chamber to another a few times during storage (*figure: 1*). Granular products are moved by a system of vertical and horizontal transport devices. The drier-ensilage system mainly features the following transport equipment:

- elevators,
- transport belt,
- threaded transport devices (worm gear),
- wheels.

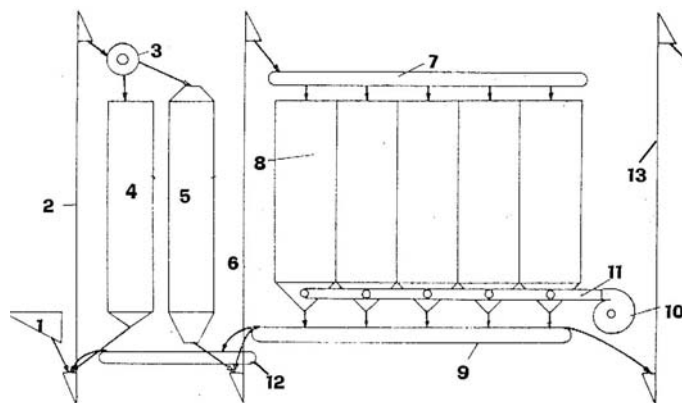


Figure 1: Schematic illustration of the drier-storage system

(1-Reception bunker; 2, 6 i 13 -elevator; 3-cleaner; 4-bunker for reception of damped grain; 5-drier; 7,9 i 12 -horizontal transport device, 8- storage-ensilage; 10-fan; 11-air tube)

¹ Vyara Pozhidaeva, Assoc. prof. University of Mining & Geology "St. Ivan Rilski" Sofia, email: vpojidaeva@abv.bg

² Genadij Takov, Assoc. prof. University of Mining & Geology "St. Ivan Rilski" Sofia

³ Dragan Živković, professor VTŠ Zrenjanin, Đorđa Stratimirovića 23, 23000 Zrenjanin, e-mail: zivkkev@drenik.net

2. ELEVATORS

Elevators are continuous vertical transport machines that carry fine grain scattered materials. To carry these materials bucket elevators are used (*figure:2*). Depending on the type of bucket frame, elevators can be with chain belt or with rubber belt. In ensilages they are mainly with rubber belt. Elevators consist of:

- Elevator drive, that is a motor reducer assembly with an electromagnetic brake, that is directly connected to a driving shaft of the elevator via an elastic coupling.
- Belt drive (barrel)
- Tension element (upper barrel)
- Pulling element in form of a rubber belt. The belt is placed so that it slides over the belt drive and tension element of the elevator.
- Several buckets.

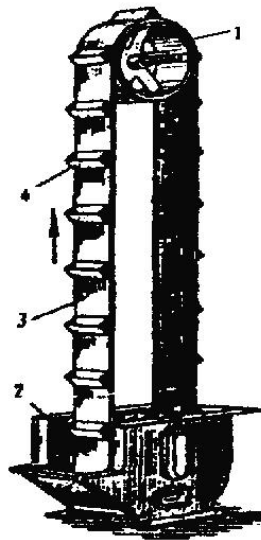


Figure 2: Schematic illustration of an elevator
(1-upper barrel; 2-driving barrel; 3-rubber belt; 4-buckets)

3. PREVENTIVE MAINTENANCE OF AN ELEVATOR

Preventive maintenance is based on carrying out a sequence of planned interventions on the equipment or technical systems before a failure occurs. Basically, preventive maintenance may be classified into:

- Preventive maintenance according to the state of elements, is carried out by periodical control (measuring) of certain parameters of a technical system. If deviations on elements of Preventive maintenance according to a constant time period or another work parameter
- a technical system from the set characteristics are detected, they are replaced in order to keep the technical system working. This method of determining the state of an element of a technical system is called technical diagnostics. Therefore, maintenance according to state is a diagnostic process which helps us to determine the state of each elements of a machine, i.e. technical system, and helps to prevent a failure on a technical system.
- Preventive maintenance based on periodical checks that have the task to keep operating safety of equipment within the limits given. Periodical checks are most often carried out according to regulations.

Preventive maintenance of an elevator includes the following:

- inspection of rubber belt condition,
- inspection of buckets and their alignment,
- removal(cleaning) of sticking material and dust,

- inspection of reducer and coupling,
- inspection of belt drive and bearings,
- inspection of grain router,
- lubrication of elevator elements according to manufacturer's recommendation.

Table 1: Positions for lubrication on the elevator at the oil factory "Banat"

No	Part	Lubrication interval	Quantity of lubricant used	Lubricant type
1	electromotor	yearly	15 cm ³	Skf
2	upper barrel	monthly	10 cm ³	Lismos-2
3	lower barrel	weekly	7 cm ³	Lismos-2

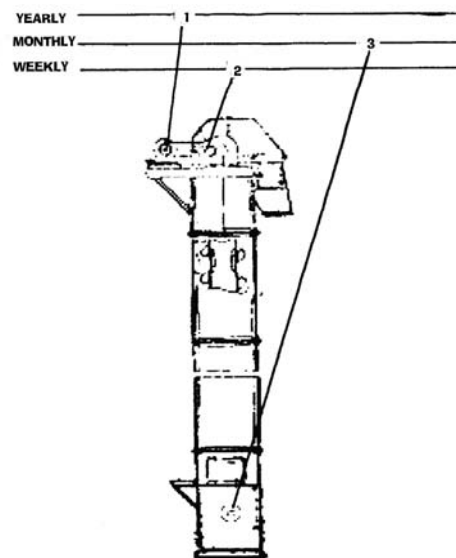


Figure 3: Schematic illustration of the positions to be lubricated

4. RESEARCH RESULTS

The oil factory „Banat” features two ensilages: an old one, having a capacity of 10.000t capacity and a new one, having a capacity of 30.000t. Part of the assembly also is a drier, which does supplementary drying of granular products (sunflower) due to storage humidity. Supplementary drying is performed by warm air. Vertical transport of sunflower grain is performed by an elevator.

However, despite corresponding preventive maintenance of the elevator at the oil factory, rare and short-term failures occur. Analyzing the number of failures occurring on the levator, lead to the failure intensity values for its particular elements, that are shown in *table:21*.

Table:2; Number of failures per year on the elevator at the oil factory

No	Part	No. of failures	Failure type	Method for Failure Removal
1	pulling belt	0,2	wear and tear	replacement
2	bucket	0,3	bending	straightening
3	lower bearings	0,5	wear and tear	replacement
4	upper bearings	0,5	wear and tear	replacement
5	reductor	0,1	wear and tear	replacement

The failure frequency can be calculated from the equation (1):

$$\lambda_F(t) = \frac{N}{(n - N)\Delta t} \quad (1)$$

where:

λ_F (occurrence/time)-failure frequency,
N-total number of elements "in failure",
n-total number of elements,
(n-N)- total number of elements "in work",
 Δt -observation time interval.

The results in the table above show that the number of failures on elevator elements is not negligible. If we add the fact that the real time of failure repair is a few hours (usually the time out of operation is one day: the time to notify the service, the time necessary for the service personnel to arrive, to detect and remove the failure is far longer than the time needed for the repair itself, then the number of failures specified in the table above is a good indication for the maintenance department. The results in the table are a very good guide for conducting adequate activities of preventive maintenance, to reduce the failure intensity for elevator elements. The results show that the failures are most frequent on bearings ($\lambda=0,5$).

5. CONCLUSION

The intensity or number of failures with agricultural equipment, i.e. elevators is one of many, but not the only and not the most optimal criterion for the evaluation of maintenance quality. The evaluation of maintenance quality allows for evaluation of the completed work, the maintenance department, and to assess mistakes made and undertake adequate actions to eliminate them. The research results show that the most frequent failures with elevators occur on bearings,, on the pulling belt and buckets. The intensity of failures on elevator elements also is an indicator how to apply preventive maintenance.

6. REFERENCE

- [1] 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.
- [2] Kartunov S., S. Stefanov, Unterstuetzte Projektierung der Komponenten und technologischen Vorgaenge in der Mikrosystemtechnik, Ilmenau, 48. IWK, 09. 2003
- [3] Kartunov S., Mechanische Mikrofertigungsverfahren - Übersicht, Besonderheiten, Auswahl, Anwendungen, Beispiele, Potentiale, Entwicklung, Ilmenau, 47. IWK, 2002

ODRŽAVANJE KOFIČASTIH ELEVATORA U ŽITNIM SILOSIMA

Abstrakt: U radu se analizira korektivno održavanje transportne opreme kod silosa, odnosno broj otkaza koji se javlja kod elevatora kao merilo kvaliteta uspešnosti preventivnog održavanja. Istraživanje je vršeno u Fabrici ulja koja raspolaže silosima kapaciteta 40.000t i odgovarajućom transportnom opremom, a rezultati su prezentovani u radu. Na kraju se predlažu mere koje treba da doprinesu boljem preventivnom održavanju, odnosno smanjenju aktivnosti korektivnog održavanja.

Ključne reči: održavanje, silosi, transportna oprema, elevatori,



B.Jović-Radanov¹

AUTOMATIZACIJA ETALONA SILE

Rezime: Kada je u pitanju promet robe i usluga, zdravstvo, zaštita ljudi i imovine i kontrola kvaliteta u vezi sa obračunom merila mase ne mogu se zaobići. Zakonska metrologija štiti posebne interese u trgovinskim transakcijama i olakšava rad komercijalnih tržišta. Merni pretvarači sile koriste se kao deo merila mase. Modularni pristup ispitivanja razdvaja merni sistem u module koje ispitujemo odgovarajućom laboratorijskom opremom. U laboratoriji za silu, Zavoda za mere i dragocene metale, vrši se ispitivanje tipa mernih pretvarača sile. Rekonstrukcija etalona sile, automatizacija procesa ispitivanja, softversko rukovođenje i analiza podataka, kao opis sistema za akviziciju podataka predstavljaju glavne teme ovog rada.

1. UVOD

Kada govorimo o trgovini odnosno, prometu robe i usluga, o zdravstvu, o zaštiti ljudi i imovine, o kontroli kvaliteta u vezi sa obračunom, jako važna stavka u tim lancima kao spona između onih koji nude uslugu i korisnika sa druge strane, predstavljaju merila mase. Zakonska metrologija u oblasti merila mase štiti interese i jednih i drugih.

Merni pretvarač (load cell) predstavlja najvažniji deo vage. Merni pretvarači sile koriste se kao deo merila mase koji pod uticajem sile gravitacije na masu obezbeđuju određeni odnos prema izlaznoj veličini.

Revoluciju u ovoj oblasti donele su elektromehaničke vage u drugoj polovini dvadesetog veka. Danas, pojavom mikroracunara došlo je do još značajnijeg napretka kada govorimo o efikasnijem, tačnijem, komfornijem kao i pouzdanijem merenju u najnepovoljnijim uslovima. Danas se radi na što boljim konstrukcionim rešenjima koja u kombinaciji sa odgovarajućim softverom daju odlične rezultate.

Povećanje tačnosti merenja i smanjenje dimenzija i cene su primarni zadaci, kada se govori o razvoju mernih pretvarača sile. Sa novim optičkim i rezonantnim mernim pretvaračima sile, sa novim materijalima za elastična tela i primenom novih tenzometarskih traka napravljeni su značajni koraci u razvoju ove oblasti.

Merni pretvarači sile sa tenzometarskim trakama, koji su inače najzastupljeniji u merilima mase, zasnivaju se na tenzootpornom efektu. Prve merne trake bile su od žice, a danas se izrađuju od poluprovodnika. Merni pretvarači sile su osetljivi na delovanje parazitnih opterećenja, zato se koriste kompenzacione mere i postupci.

Oblast primene merila mase uslovljava pored samog procesa merenja, konstrukcione specifičnosti i metrološke kriterije koji moraju biti zadovoljeni. Međunarodnom preporukom "R60" definisani su metrološki propisi za merne pretvarače koji se koriste u merilima mase.

Pravilnik o metrološkim uslovima za merne pretvarače za merila mase koji je propisan od strane Zavoda za mere i dragocene metale SCG, propisuje metrološke uslove koje moraju ispunjavati elektromehanički merni pretvarači (u daljem tekstu: EMP) koji se koriste u merilima mase.

2. ETALON SILE U LABORATORIJI ZA SILU ZAVODA ZA MERE I DRAGOCENE METALE SCG

Modularni pristup ispitivanja razdvaja merni sistem u module koje ispitujemo odgovarajućom laboratorijskom opremom. Ispitivanje EMP obavlja se pomoću uređaja za silu (zadavanje sile metodom direktnog opterećenja), a akvizicija i obrada podataka vrši se pomoću digitalnog mernog pojačivača.

Digitalni merni pojačivač DMP39 i uređaj za kalibraciju BN100 čine celinu namenjenu za ispitivanje mernih pretvarača na bazi tenzometarskih traka.

U laboratoriji za silu, Zavoda za mere i dragocene metale nalazi se primarni etalon sile kapaciteta 2,4 kN na koji je povezan merni i pokazni uređaj HBM - DMP39 (proizvođača HBM, Hottinger Baldwin

¹ Branka Jović-Radanov, dipl.maš.inž., Zavod za mere i dragocene metale SCG, Mike Alasa 14, Beograd, tel:20-24-449

Messtechnik GmbH), sa svojim kalibratorom BN 100 (induktivni delitelj napona), komandni orman sa svom potrebnom elektronikom (upravljački deo) i personalni računar (PC). Digitalni merni pojačivač DMP39 i BN100 poseduju DKD sertifikat. Karakteristike DMP39 su rezolucija do milion podeljaka, pobuda EMP je niskofrekventnog tipa (225 Hz). Uređaj za kalibraciju BN100 je posebno projektovan za DMP39 i realizovan na bazi induktivnog delitelja napona, takođe napajanja zbog zaštite od elektromagnetnog zračenja. Takve karakteristike zahtevaju redovno povezivanje i proveravanje (komparaciju).

Ovo je jedan klasičan primer sistema za akviziciju podataka u laboratorijskim uslovima. Softverski deo je izveden tako da postoji programski deo koji upravlja mašinom za silu, i programski deo koji vrši arhiviranje rezultata i njihovo prikazivanje. Na ovom etalonu vrši se ispitivanje tipa elektromehaničkih mernih pretvarača za merila mase i elektronskih uređaja za ista merila. U sklopu etalona je klima komora u koju se montira objekat ispitivanja koji se može ispitivati na različitim temperaturama. Ono što je bilo potrebno uvesti je automatska regulacija parametara ispitne komore (temperature i vlažnosti). Takođe, instalacijom softvera koji arhivira podatke sa DMP 39, računa greške i formira dijagrame dobijena je velika ušteda u vremenu za metrologa, koji je sada u mogućnosti da se više posveti radu na razvoju što je jedan od najvažnijih zadataka Metrološkog razvojnog sektora.

3. REKONSTRUKCIJA ETALONA SILE I UNAPREDJENJE PROCESA ISPITIVANJA MERNIH PRETVARAČA SILE

Prilikom rekonstrukcije etalona sile ugrađena je sledeća oprema:

programibilni logički kontroler (u daljem tekstu: PLC) – “Unitronics vision 230“, ulazno izlazna kartica, napajanje (24 V), digitalni enkoder pozicije, induktivni senzor – graničnik donje ploče i sonde za merenje temperature. PLC je programibilni logički kontroler koji je zamenio staru neispravnu elektroniku. Posедуje alfa numeričku tastaturu, grafički panel sa dva serijska porta, baterijski ram. Koristi se za ručno podešavanje parametara mašine, ručno i automatsko vođenje mašine kao i za regulaciju temperature u komori. Ulazno izlazna kartica zakačena je sa zadnje strane PLC-a i koristi se za povezivanje PLC-a sa perifernim uređajima: granični prekidači, tasteri, enkoderi, izlazi-releji tj. motori, analogni izlazi i ulazi. Napajanje PLC-a i senzora izvedeno je sa 24 V DC -1.5 A. Relejni blok se koristi da bi se PLC odvojio od strujnog kola pod velikim naponom. Postojeći enkoder se pokazao kao neispravan pa je zamenjen novim. Induktivni senzor kao graničnik je zamenio stari koji bio neispravan. Dodate su i dve platinijumske sonde Pt100 kako bi se obezbedila automatizacija vođenja temperature prilikom merenja.

Dodatno je obezbeđeno isključivanje kompresora za hlađenje kako bi se postigao ekonomičniji rad kod ispitivanja na različitim temperaturama. Postojeća konfiguracija omogućava jednostavno proširenje sa regulacijom vlažnosti (ugradnjom senzora za vlagu i uređajima za regulaciju vlage).

PLC ne upravlja brzinom direktno, u automatskom režimu ploča se usporava kada nailazi na zadatu poziciju. Brzina pomeranja se zadaje ručno pomoću potencijometra.

Termoregulacija komore je izvedena tako da korisnik preko tastature zadaje željenu temperaturu. Na panelu PLC-a se može očitati trenutna temperatura u komori, trenutna temperatura alkohola u rezervoaru i naravno, ona temperatura koju smo zadali ručno preko tastera na panelu. Predviđeno je da se po potrebi uključuje termoregulator. Za ispravan rad termoregulatora predviđene su dve sonde. Jedna sonda se nalazi u komori a, druga u rezervoaru sa alkoholom. Njena temperatura se takođe prikazuje kako je već rečeno i bitna nam je zbog procene snage grejanja jedan ili oba grejača. Ukoliko se nakon aktiviranja termoregulatora aktivira kompresor može se isključiti na posebnom tasteru po potrebi.

Ukoliko se primeti da mašina ne pozicionira ispravno odnosno onako kako je zadato u automatskom režimu postoji mogućnost podešavanja pozicije. Naime PLC nema informaciju o tome koliko je tegova postavio na senzor. PLC ima kvalitetnu kontrolu pozicije. Za svaku poziciju tega postoji referentna vrednost u brojaču. Nuliranje može da se izvrši pomoću odgovarajućeg tastera pozicije. Za svaku poziciju tega postoji referentna vrednost u brojaču. Nuliranje može da se izvrši pomoću odgovarajućeg tastera.

Kada je reč o softveru koji preuzima podatke sa DMP-a obrađuje, arhivira ih, koristi ih za dalje analize i izračunavanja, mogu se istaći njegove sledeće karakteristike i prednosti.

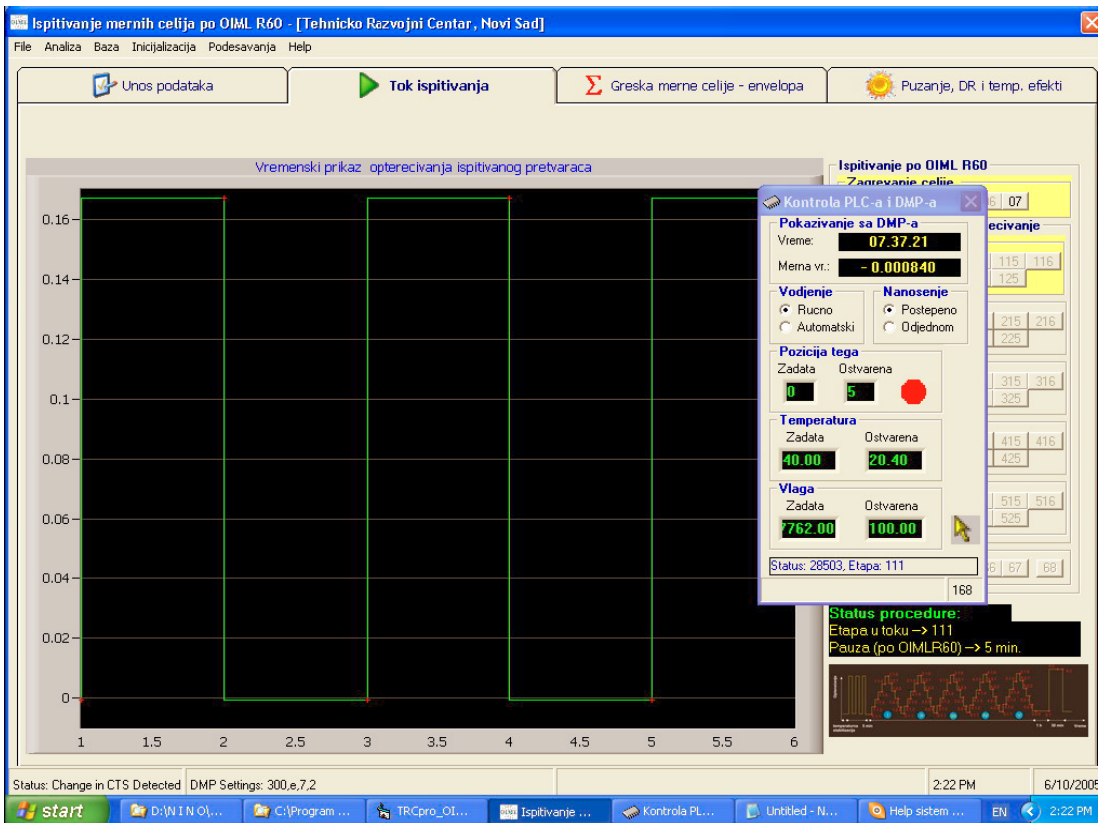
„OIMLR60“ je 32-bitna korisnička aplikacija za rad sa mašinom za kalibraciju mernih ćelija uz podršku “Unitronic Vision PLC-a”. Aplikacija je razvijena za potrebe Zavoda za mere i dragocene metale Srbije i Crne Gore i u potpunosti je usaglašena sa referentnim propisom OIML R60.

Grafički interfejs programa “OIMLR60” sadrži četiri karakteristične kartice grafičkog interfejsa i “Utility” meni sa pripadajućim komandama.

Kartica za unos podataka Kartica za prikaz toka ispitivanja Kartica za prikaz grešaka merne ćelije



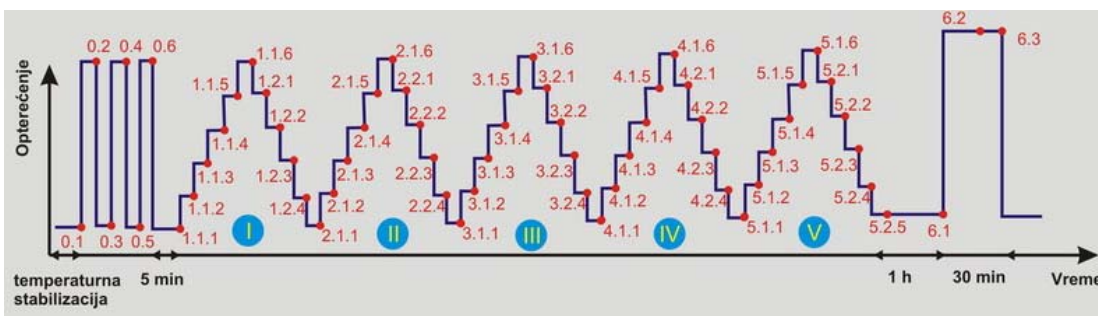
Slika 1. Četiri karakteristične kartice grafičkog interfejsa



Slika 2. Grafički interfejs programa, kartica “Tok ispitivanja”

“File”: komande za učitavanje i eksportovanje podataka sa ispitivanja, generisanje izveštaja i prekid programa; “Analiza”: komande za izračunavanje grešaka mernog pretvarača; ”Baza”: komanda za pregled snimljenih podataka u bazi, u tabelarnoj formi; “Inicijalizacija”: komande za inicijalizaciju komunikacije PC-a sa DMP-om i PLC-om; “podešavanja”: različita podešavanja hardvera sistema; “Help”: uputstvo za rukovanje softverom.

Posle startovanja softvera, nakon što se izvrši inicijalizacija komunikacije između PC-a i PLC, kao i PC-a i DMP-a, unesu se neophodni parametri ispitivanja. Na odabranoj temperaturi softver rukovodi ispitivanjem po međunarodnoj preporuci “OIMLR60”. Izvršava se procedura opterećivanja /rasterećivanja merne ćelije i vrši se analiza grešaka kao i štampanje rezultata.



Slika3. Preporučeni tok ispitivanja po OIMLR60

Paralelno sa tokom ispitivanja, merni podaci se pre prikazivanja na grafiku memorišu u internu bazu softvera. Interna baza softvera je tabela sa unapred definisanim brojem vrsta i kolona i deo je akvizicionog softvera "HBM CatMan" koji je sastavni deo softvera "OIMLR60" i sa njim komunicira primenom ActiveX tehnologije. Podaci se upisuju po vrstama tabele. Zavisno od trenutne etape i ispitne temperature bira se trenutno aktivni kanal za upis.

4. ZAKLJUČAK

Ovako izveden sistem za akviziciju uz određene novine predstavlja veliku uštedu u vremenu i povećanu pouzdanost i tačnost merenja. Specifična softverska rešenja, automatizovan postupak ispitivanja, dobro izvedena komunikacija između opreme koja je povezana u jednu celinu i čini sistem za akviziciju i obradu podataka su osnovne karakteristike ovog sistema za ispitivanje. Time se obezbeđuje potrebna usaglašenost sa međunarodnom preporukom i domaćim propisima, i obezbeđuje validnost dobijenih rezultata. Cilj ovog projekta razvijanje naše laboratorije za masu i silu a, samim tim i jedan skroman doprinos ideji i rešenosti da se spreči uvoz merila lošeg kvaliteta i loših metroloških karakteristika u našu zemlju.

5. LITERATURA

1. Sartorius AG: The Fundamentals of Weighing Technology, 1st edition 1996.
2. Правилник о метролошким условима за мерне претвараче за мерила масе ("Службени лист СРЈ", бр.3/2000).
3. International Recommendation OIML R 60, Edition 2000 (E).
4. Škundrić, S., Kovačević, D.: Elektromehaničke vage, BMG, Beograd, 1995.
5. Stanković, D.: Fizičko tehničko merenje, Zavod za grafičku tehniku Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd, 1997.



INTEGRISANI PROCESNI MODEL ZA RAZVOJ NOVOG PROIZVODA

mr S. Randelović, dr P. Milosavljević, S. Mladenović¹

Rezime

U radu se daje prikaz modeliranja procesa koji može da generiše proizvod na nivou svetske klase u metaloprerađivačkoj industriji. Nezavisno od toga o kojoj tehnologiji i o kom proizvodu se radi daje se model procesa koji može da ponudi potpuno novi ili poboljšani proizvod koji će ispuniti zahteve kupca. Predloženi model pronalazi kritičan proces, podproces i aktivnost, sve do nivoa parametara procesa od kojih direktno zavise performanse gotovog proizvoda koji se pojavljuje na tržište pred kupcem.

1. UVOD

Razvoj novog procesa i proizvoda uvek će početi i završiti sa korisnikom. Garancija za kupca nisu više strogo kontrolisani proizvodi, već jasna svest kompanije da se moraju ispuniti zahtevi kupca ukoliko se želi opstanak na tržištu.

Sve je to moguće na jednom dinamičkom procesnom modelu koji pruža mogućnost prilagođavanja i uređenja kompanije uz pomoć alata i metoda kvaliteta na nivou svetske klase proizvoda. Šta više da bi kompanija preživela nije dovoljno da prati promene, neophodno je da predviđa promene. Praćenje promena omogućava kompaniji samo da se adaptira, ali joj ne daje mogućnosti da raste, a bez rasta nema opstanka kompanije. Kompanije koje pak imaju sposobnost predviđanja koriste priliku da se na vreme pozicioniraju i pripreme za nastupajuće promene [1,2].

2. INTEGRISANI PROCESNI MODEL

Ključni momenat nove koncepcije uspešnog poslovanja je integrisani procesni model (sl.1) koji uključuje nova tehničko tehnološka dostignuća, stečene veštine sa bogatim iskustvom uz aktivnu podršku alata kvaliteta podržanih softverom. To je uzastopni sistemski pristup, na različitim nivoima, potpunoj analizi i obradi informacija koje dolaze sa tržišta. U njegovoj strukturi mogu se prepoznati pet ključnih zadataka, na različitim nivoima, koje je potrebno rešiti i sprovesti čime se dobijene informacije prenose i obrađuju od ulaza do nivoa same realizacije. To su:

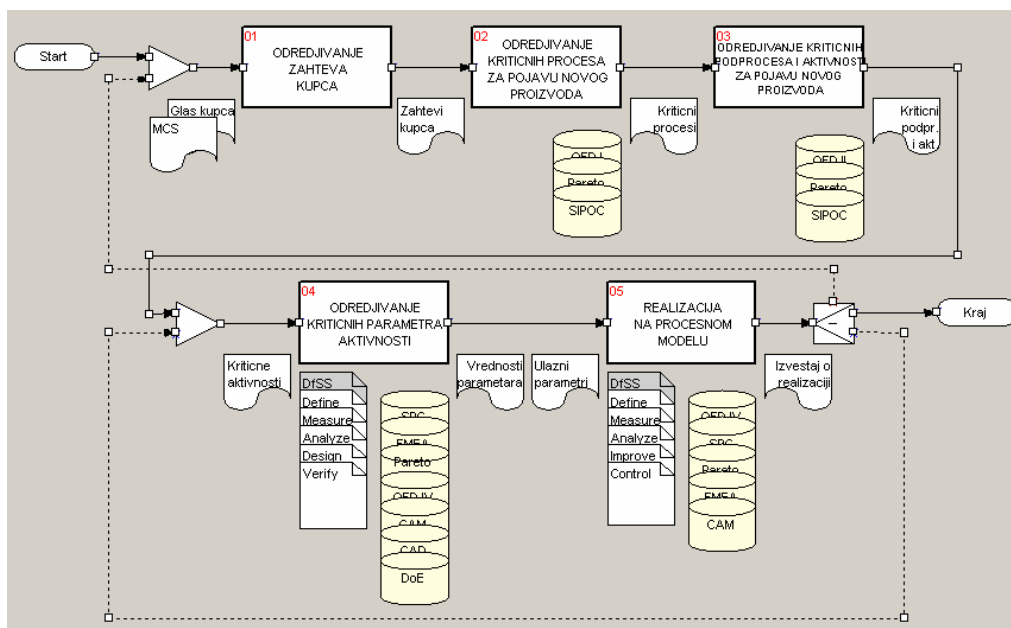
- određivanje zahteva kupca,
- određivanje kritičnih procesa za pojavu novog proizvoda,
- određivanje kritičnih podprocesa i aktivnosti za pojavu novog proizvoda,
- određivanje kritičnih parametar aktivnosti i
- realizacija na procesnom modelu.

Procesnim modelom to se može ilustrovati vrlo jednostavno i slikovito gde se prepoznaje uzastopni tok informacija, ulaz i izlaz iz procesa, alati kvaliteta podržani softverom, povratne informacije i signali koji imaju za cilj da vrata pravu informaciju i uporede je sa zadatom vrednošću na ulazu (sl.1).

Kada se isti takav procesni model poveže sa tržištem, kao jedinim i pravim njegovim ciljem, i pokušamo da ukažemo na tok informacija, sa višeg na niži nivo, do same realizacije, dobija se mega proces koji uključuje sve aspekte jednog savremenog poslovnog procesa. Tek na tržištu se vidi prava vrednost i sposobnost prethodnih procesa, dostignuti kvalitet u odnosu na konkurenciju i naravno srazmerno tome

¹ mr Saša Randelović, sassa@masfak.ni.ac.yu; dr Peđa Milosavljević; Srđan Mladenović, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu

adekvatan finansijski uspeh. S druge strane, tržište je izvor i prilika za prikupljanje odlučujućih i presudnih informacija za čitav mega proces. Sve to ukazuje da je tržište vrlo bitan element jednog ovakvog integrisanog procesnog modela jer se tu dobijaju prave informacije na osnovu kojih se sve kreira od samog početka.



Slika 1. Integrirani procesni model za svetski nivo novog procesa i proizvoda (OPISys, Visual Processes, Software, ©CIM College)

3. IZBOR ALATA I METODA ZA INTEGRISANI PROCESNI MODEL

Prikazani integrirani procesni model može biti realizovan i sproveden u praksi na različite načine i uz pomoć većeg broja naprednih alata kvaliteta. Na ovom mestu daje se jedno od mogućih rešenja koje omogućava dobijanje proizvoda široke potrošnje, prilagođene ličnim zahtevima po bilo kom parametru, u pogledu dimenzija, oblika, funkcionalnosti, prilagodljivosti, i izbora boja, i sl., po prihvatljivim cenama tek nešto višim od standardnih rešenja [2,3].

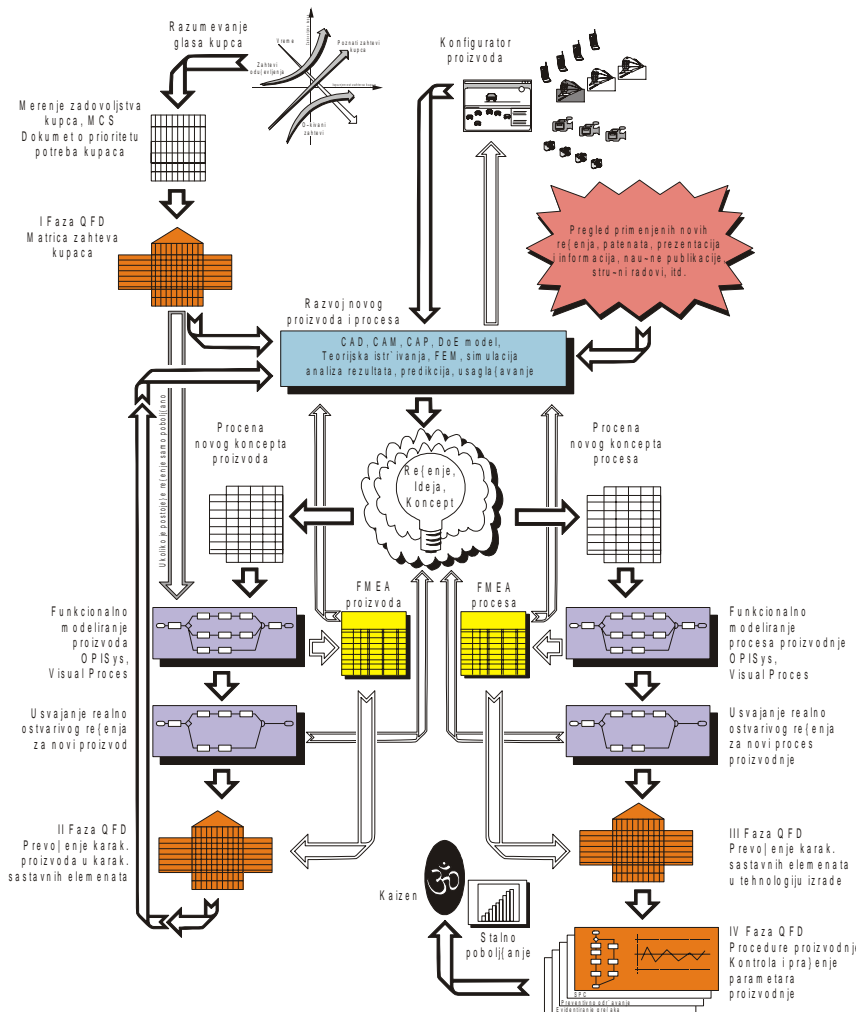
S druge strane, proizvođač beleži smanjenje zaliha i gubitaka u lancu snabdevanja, mnogo tačnije informacije u pogledu zahteva kupaca, jer se ostvaruje intenzivniji i bliži međusobni odnos na obostranu korist. Imajući u vidu naučni, tehnički i organizacioni potencijal, savremeni proizvodni sistemi su sposobni da proizvedu veoma široku strukturu proizvoda, u smislu velikog broja varijanti, sa efikasnošću bliskoj masovnoj proizvodnji.

Prikazano rešenje za integrirani procesni model novog koncepta (sl.2) počinje sa Kano modelom za analizu zadovoljstva kupca i konfiguratorom proizvoda, da bi preko generisanja novog rešenja za proizvod i proces došli do optimalnog i primenljivog koncepta u datim uslovima. Pored toga, neophodna je kreativnost i brzina sa ciljem da se osigura inventivnost i aktuelnost koja će garantovati lojalnost korisnika ili čak šta više atraktivnost za kupce naše konkurencije. Takav zahtev, bez podrške globalne mreže za razmenu znanja i informacija, danas nema smisla. Sve to je objedinjeno uopštenim integrisanim procesnim modelom koji sukcesivno, na različitim nivoima nudi rešenja za konačan uspeh [3,4].

Svemu je naravno puni smisao dao razvoj internet tehnologije, obezbedivši korisnicima i proizvođačima platformu putem koje je moguće primiti specifikaciju narudžbine bez dodatnih troškova, čak i za robu široke potrošnje. Do nedavno je ovakav oblik izražavanja ličnih zahteva mogao biti ostvaren samo u neposrednom kontaktu obučenih trgovaca sa mušterijama uz visoke troškove, danas, to se prepušta softveru, koji nude daleko više (MCS - Measurement Customer Satisfaction, ©CIM College). Novonastala situacija otvorila je potencijale pre svega u komunikacionim i informacionim tehnologijama, posebno na području virtualnog razvoja proizvoda, umrežavanja i elektronske razmene podataka, fleksibilne automatizacije i elektronskog poslovanja. Danas već usvojeni konfiguratori proizvoda predstavljaju alat kojim kupac oblikuje, dimenzioniše, varira i personalizuje virtualni model proizvoda.

Konfigurator proizvoda u sprezi sa CAD / CAM sistemima i alatima kvaliteta (e - kompanije budućnosti) predstavljaju ključne karike za obezbeđenje upravljanja podacima i ostvarenja krajnjeg cilja – integrisani procesni model za proces i proizvod svetske klase. Postavljanjem CAD sistema za osnovu interaktivnog portala kompanije, zahtevi i želje kupaca se direktno transliraju u parametrizovane geometrijske modele proizvoda zasnovane na teorijskom i praktičnom znanju.

To je složen model gde se kupci uključuju direktno u proces kreiranja finalnog proizvoda od najranije faze, za razliku od pružanja mogućnosti izbora unapred definisanih modula i raspoloživih varijacija. Konfigurator se kreću od jednostavnih rešenja, koja dopuštaju uticaj na samo nekoliko opcija, do veoma složenih sistema u koje je ugrađen veoma veliki broj pravila, integrišući finansijski, intelektualni i tehnički potencijal kompanije u oblasti razvoja, projektovanja, izrade, transporta, montaže proizvoda, a sve prema specifičnom zahtevu kupca.



Slika 2. Integrisani procesni model podržan QFD, FMEA i SPC metodom

najbolje fundamentalne i primenjene discipline, alate i metode za pronalaženje pravog puta ka vrhu i zadržavanje leaderske pozicije na tržištu. Na nivou mega procesa QFD će poslužiti za prepoznavanje kritičnih procesa za sticanje i zadržavanje visokog rejtinga kompanije. Drugim rečima, za prepoznavanje najbitnijih poluga kompanije svetske klase koje donose uspeh i profit (sl.2).

Do druge faze QFD analize, za jedan ili čitav sklop proizvoda nepohodno je sprovesti brojne analize i procene koje će opravdati i potvrditi novo rešenje. Sigurno je da to rešenje treba svesti u realno ostvarive okvire što zahteva optimizaciju i redukciju broja raspoloživih funkcija (sl.2). Tako redukovan koncept proizvoda zahteva proveru i poređenje sa prvobitnim rešenjem radi definisanja veličine odstupanja i neusaglašenosti. Druga faza poslužiće za izdvajanje najbitnijih sastavnih elemenata koji će pojedinačno opet proći kroz modeliranje, ispitivanje i testiranje, jer upravo oni imaju odlučujuću ulogu za kvalitet i zadatu funkciju finalnog proizvoda. U ovoj fazi, za identifikovan proces, postavljaju se naspram specifičnih zahteva podproces i aktivnosti koji to mogu da ispune i realizuju. Pojedinačno svaki proces ima podproces koji sa

Alati za analizu i dostizanje kvaliteta svetske klase, poput QFD, FMEA, FEM ili DoE vrše konačno detaljno definisanje date porudžbine putem formiranja geometrijskog modela, sastavnice, tehnološkog postupka, planova i parametara proizvodnje itd. Sama realizacija ovakvog modela moguća je uz softversku podršku sa zadatkom obrade i procesiranja velikog broja parametara. To podrazumeva vrlo brzo pristupanje i korišćenje postojećih znanja i činjenica na putu kreiranja novih rešenja koja su maksimalno prilagođena kupcu. Upravo to prilagođavanje zahtevima, koji se neprekidno podižu na viši nivo, traži primenu savremenih alata kvaliteta koji to mogu da prevedu na jezik proizvodnje i primene u konkretnim uslovima.

Za prepoznavanje ključnih informacija i karakteristika kod ovakvog integrisanog modela, QFD je već dokazan i potvrđen pristup za integraciju i ubrzanje procesa razvoja i lansiranje novog proizvoda na tržište [19, 22]. Šta više, to je pristup koji uključuje

manjim ili većim težinskim faktorom ispunjava zahteve proizvoda svetske klase. Neminovno je da svako novo rešenje proizvoda ili čitavog procesa u sebi sadrži potencijalna mesta greške i prilike za poboljšanje, koje će uz pomoć FMEA, biti pronađene, procenjene i procesirane da bi u potpunosti bile eliminisane iz procesa i aktivnosti koje slede. FMEA analiza dobija ulogu kontrolnog i pratećeg alata, da evidentira, proceni i spreči neminovno učinjene greške [7,8].

Nakon prve dve faze QFD analize, gde se sprovodi analiza procesa i gde se sva pažnja posvećuje prepoznavanju najbitnijih karakteristika za kupca slede druge dve faze koje nas dovode do nivoa parametara, fizičkih veličina i performansi jednog procesa i proizvoda kao njegovog izlaza. Sve navedeno objedinjuje eksperimentalna postavka i provera zadatih parametara (DMADV), njihova verifikacija u datim uslovima do trenutka nalaženja delimično ili potpuno novog rešenja. U zadatim uslovima novi proces, odnosno njegovi parametri, prate se FMEA analizom kako bi se dobile optimalne i proverene vrednosti ključnih parametara. Utvrđivanje minimalno prihvatljivog okvira za proces proizvodnje, i neophodnog broja parametara predstavlja osnovu za propisivanje same tehnologije izrade koja se definiše u trećoj fazi QFD analize.

4. ZAKLJUČAK

Odvijanje samog procesa zahteva permanentno zadržavanje zadatih parametara u predviđenim granicama. Tu se već prepoznaje uloga DMAIC modela sa statističkom kontrolom procesa (SPC) koja aktivno prati parametre u zadatim granicama i ne dozvoljava uzastopno napuštanje i prekoračenje kontrolnih vrednosti. Na nivou procesa to podrazumeva kontinualno i neprekidno poboljšanje, Kaizen pristup, potpunu posvećenost zapošljenih procesu kao i njihova spremnost za evidentiranje problema kvaliteta, generisanje ideja za poboljšanjima, zaustavljanje procesa kada je to neophodno, analiza problema i primena različitih rešenja. Time se stvaraju preduslovi za kontinualno poboljšanje i unapređenje jednog adaptivnog procesa koji ima visoku sposobnost prilagođavanja novonastalim uslovima na tržištu u užem i širem okruženju.

THE NEW PRODUCT DEVELOPMENT WITH INTEGRATED PROCESS MODEL

Abstract

The goal of this paper is modelling a process which can generate a world-class product in metal processing industry. Regardless of the technology and product itself, what is given is a process model which can offer a completely new or improved product, which will satisfy the consumer's requirements. Proposed model has found critical process, sub-process and activity, at the level of parameters of process, which direct depend properties of the final product on the market.

LITERATURA:

- [1] Drew A, Lean Engineering Integrating 6-Sigma, VM, and Lean into DFSS, Freudenberg - NOK, Value Creation Workshop, IMC&JMC, Plymouth, Michigan, September 2003.
- [2] Frank W, "Integrated Innovation Management", Innovation in R&D and Manufacturing Management, Natinal Australia Bank Brakfast Presentation, 5th November 2004, Adelaide
- [3] Gerald M. Katz, Is QFD making a comeback, vol XXVII no. 2 , PDMA Visions Magazine, April 2003
- [4] Glenn H. Mazur, QFD in Support of Design for Six Sigma (DFSS), QFD Institute, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 2003
- [5] Ross Ph J., Taguchi Techniques for Quality Engineering, McGraw-Hill, 1996.
- [6] Schneiderman A. M, The 7 - Steps of Process Management, str. 66-71, Quality Business Management, jun 2000, Niš
- [7] Stoiljković V, Veljković B, Stoiljković P, Jevremović D, Promenama do svetske klase, CIM College – Mašinski fakultet Niš, 1998, Niš
- [8] Stoiljković V, Uzunović R, Majstorović V, i dr. "Q-Tools", CIM College, Mašinski fakultet u Nišu, 1996, Niš



M. Sorak¹, R. Božičković, P. Gojković²

METODOLOGIJA PRIMJENE PROCESNOG PRILAZA SISTEMU MENADŽMENTA KVALITETOM

U radu je na osnovu istraživanja problema projektovanja i implementacije sistema menadžmenta kvalitetom, razvijena metodologija primjene procesnog prilaza koja omogućava da se u organizacijama stvarno zadovolje zahtjevi standarda ISO 9001:2000.

1. UVOD

Pošto uspjeh organizacija zavisi od razumijevanja i zadovoljenja aktuelnih i budućih potreba i očekivanja sadašnjih i mogućih zainteresovanih strana, to je iste neophodno identifikovati i održati uravnotežen odgovor na njih. Pri tom organizacije trebaju da prevedu identifikovane potrebe i očekivanja u zahtjeve koji se iskazuju strategijskim planom koji prema J. Todoroviću/1/ treba da sadrži viziju, misiju, ciljeve, politiku i strategiju.

Kako se potrebe i očekivanja sadašnjih i mogućih zainteresovanih strana zadovoljavaju putem karakteristika kvaliteta proizvoda i/ili usluga, to ih je neophodno identifikovati i iskazati u specifikacijama (zahtjevima, koji mogu biti tehnički, funkcionalni...) za proizvod i/ili usluge.

Da bi se postigle identifikovane karakteristike kvaliteta proizvoda i usluga organizacija mora da identifikuje i obavlja menadžment povezanim procesima. Pod procesom se podrazumijeva **skup međusobno povezanih ili međusobno dejstvujućih aktivnosti kojie pretvaraju ulazne elemente u izlazne**. Obzirom da su procesi međusobno povezani, to su često izlazi jednih ulazi drugim procesima. Upravo sistemski identifikacija procesa i njihovih veza i menadžment njima i njihovim vezama može se okvalifikovati kao "**procesni pristup**" /2/.

2. PRIMJENA PROCESNOG PRILAZA SISTEMU MENADŽMENTA KVALITETOM

2.1 Osnovne postavke sistema menadžmenta kvalitetom

Standardi serije ISO 9000 zahtijevaju da se u organizacijama definišu standardni postupci rada, mjerljivi ciljevi poslovanja i upravljački postupci koji vode prema utvrđenim ciljevima. Navedeni problem se rješava projektovanjem, implementacijom, održavanjem i permanentnim poboljšavanjem sistema menadžmenta kvalitetom, koji bi kao rezultat trebalo dati standardan kvalitet proizvoda i/ili usluge.

Stoga se danas pred organizacije, ukoliko žele da se uključe u međunarodnu podjelu rada, postavlja zahtjev da u svoje procese rada ugrade zahtjeve **sistema menadžmenta kvalitetom (QMS)** u skladu sa međunarodnim standardima serije ISO 9000:2000. Navedeni standardi definišu minimum zahtjeva koje neka organizacija treba da ispuni da bi se sertifikovala od ovlaštene međunarodne institucije.

U naprijed navedenom smislu u seriji standarda ISO9000:2000 definisane su osnovne postavke za sistem menadžmenta kvalitetom, a to su:

- kvalitet proizvoda i usluga je dio poslovne politike organizacije, pa istu treba jasno i nedvosmisleno definisati top menadžment,

¹ Prof. dr Miloš Sorak, TEHNOLOŠKI FAKULTET BANJA LUKA, tel./faks 051/468-646, E-mail: sorakmilos@yahoo.com

² Doc. dr Ranko Božičković, prof. dr Perica Gojković, SAOBRAĆAJNI FAKULTET DOBOJ, tel./faks 053/200-781, E-mail: sorakmilos@yahoo.com

- kvalitet proizvoda i usluga obezbjeđuje se funkcionisanjem cjelokupne organizacije,
- svaka poslovna aktivnost u organizaciji treba biti jasno i nedvosmisleno propisana odgovarajućom dokumentacijom, s tim da ista ne bi trebala da sputava kreativnost u procesima realizacije proizvoda i usluga,
- prilikom izvođenja poslovnih aktivnosti treba se striktno pridržavati procedura i uputstava za rad,
- odvijanje aktivnosti od značaja za kvalitet proizvoda i/ili usluga treba da bude dokumentovano odgovarajućim zapisima
- sistem menadžmenta kvalitetom treba da bude permanentno kontrolisan, preispitivan i poboljšavan/2/.

Da bi se sprovele navedene postavke sistema menadžmenta kvalitetom primarnu odgovornost ima menadžment organizacije. Njemu se u seriji standarda ISO 9000:2000, za razvoj i primjenu sistema menadžmenta kvalitetom predlažu redosledno sledeći koraci:

- utvrđivanje potreba i očekivanja kupaca,
- definisanje politike i ciljeva kvaliteta organizacije,
- utvrđivanje procesa i odgovornosti neophodnih za dostizanje ciljeva kvaliteta,
- definisanje načina za izvođenje procesa,
- definisanje resursa neophodnih za dostizanje ciljeva kvaliteta,
- utvrđivanje načina mjerenja efektivnosti i efektivnosti procesa,
- definisanje načina za sprečavanje neusaglašenosti i eliminisanje njihovih posledica i
- davanje prioriteta onim unapređenjima koja omogućuju povećanje efikasnosti i efektivnosti procesa/3/.

Upravo u navedenom smislu je i postavljen model sistema menadžmenta kvalitetom zasnovan na procesima (slika 1)/4/.

Kako se ovdje akcenat stavlja na sistem menadžmenta kvalitetom, kao podsistem menadžmenta organizacije, saglasno zahtjevima međunarodnog standarda ISO 9000:2000, organizacija isti mora, kao što je rečeno, prvo da projektuje (dokumentuje), a nakon toga implementira, održava i stalno unapređuje. Pri tom izuzetan značaj ima identifikacija procesa rada, na sledeći način:

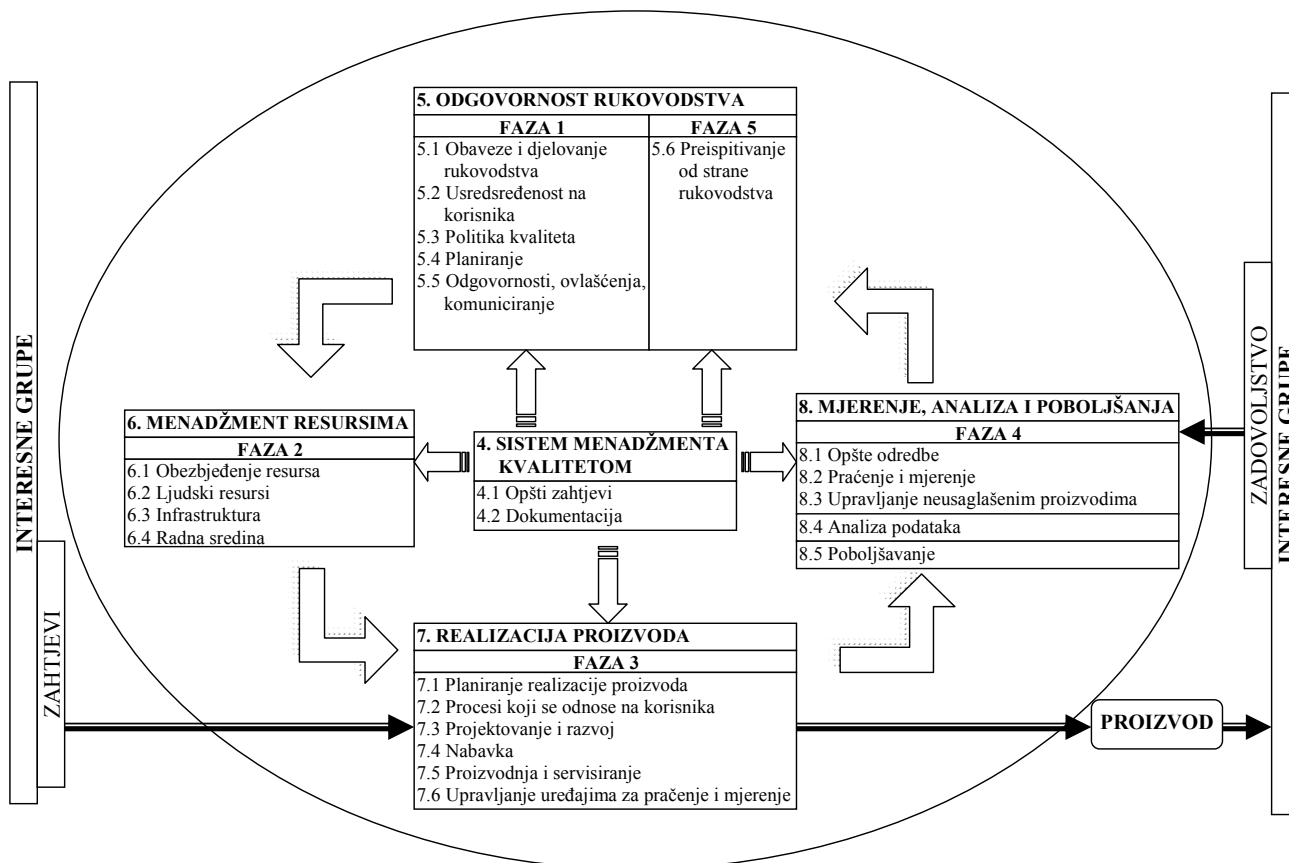
- utvrđivanje ulaznih veličina,
- definisanje procesa transformacije ulaznih veličina u izlazne,
- utvrđivanje izlaznih veličina,
- definisanje kako, gde i šta se mjeri na posmatranom procesu,
- utvrđivanje odgovornosti za proces i
- definisanje drugih parametara bitnih za razumijevanje procesa.

Prilikom identifikacije procesa veoma je bitno permanentno voditi računa o njihovoj usmjerenosti ka potrebama i očekivanjima kupaca i drugih zainteresovanih strana. Tom prilikom bitno je utvrditi i logički redosled aktivnosti procesa rada, kao i njihove međusobne veze korišćenjem odgovarajućih alata kvaliteta.

3. ZAKLJUČAK

Projektovanjem i implementacijom sistema menadžmenta kvalitetom naprijed navedenom metodologijom omogućeno je da se:

1. Na osnovu istraživanja i analize tržišta odrede potrebe i očekivanja zainteresovanih strana,
2. Na osnovu potreba i očekivanja zainteresovanih strana definiše odgovarajući proizvodni program,
3. Na osnovu proizvodnog programa definišu poslovni procesi primjenom procesnog i sistemskog prilaza,
4. Uspostave ciljevi kvaliteta, čija će realizacija voditi ka ostvarenju strategijskog plana i
5. Definišu standardni transparentni postupci rada, koji će omogućiti standardan kvalitet proizvoda, čije će se karakteristike permanentno poboljšavati.



Slika 1. Model sistema menadžmenta kvalitetom

LITERATURA

1. Todorović J.: Strategijski i operativni menadžment, Conzit, Beograd 2003
2. Savezni zavod za standardizaciju: Novi standardi JUS ISO 9000:2000, Beograd 2001
3. Vulanović V. i drugi: Sistem kvaliteta, ISO 9000:2000, FTN- IIS, Novi Sad 2001
4. Sorak M.: Menadžment poslovnim funkcijama prema ISO 9000:2000, Tehnološki fakultet, Banja Luka 2005.

METHODOLOGY OF THE USE OF PROCESSING APPROACH TO THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

This work develops methodology of the use of processing approach to the QMS which makes possible for the organizations to satisfy the demands of ISO 9000:2000 standards, based on research of the problem of projecting and implamenting QMS.



УНАПРЕЂЕЊЕ СИСТЕМА КВАЛИТЕТА У ЗАВОДИМА ЗА МЕТРОЛОГИЈУ И ИНТЕЛЕКТУАЛНУ СВОЈИНУ

Мр Маја Теслић-Алексић¹, Мр Милорад Г. Теслић²

Резиме: Области метрологије и интелектуалне својине су директно у функцији развоја привреде и економије, посебно у индустрији прераде метала. Процесни прилаз систему управљања квалитетом подразумева стално унапређење система управљања квалитетом. Стандард ISO 9001:2000 сардџи захтеве система управљања квалитетом на основу којих организација демонстрира своју способност да задовољи корисника. У раду се на примеру процеса у заводима за метрологију и интелектуалну својину разматра увођење система управљања квалитетом.

1. УВОД

Традиција уређења и примене области метрологије, као и заштите индустријске својине на простору Србије и Црне Горе, дужа је од једног века. Прва организација за мере образована је, 1. децембра 1873. године као Одељење мера, при Министарству финансија Кнежевине Србије. Србија је била једна од 11 држава које су, потписивањем Париске конвенције о заштити индустријске својине, 1883. године основали Париску унију. Већ 1884. год. у Краљевини Србији донети су први закони из ове области (Закон о фабричким и трговачким жиговима и Закон о индустријским мустрама и моделима). Тек је Краљевина СХС, краљевском уредбом, 15. новембра 1920. године основала Управу за заштиту индустријске својине и тако испунила обавезу из Париске конвенције.

У току свог постојања државне организације за мере и интелектуалну својину мењале су свој статус и назив. Институција која се данас бави пословима метрологије у Србији и Црној Гори је Завод за мере и драгоцене метале, а која се бави пословима заштите интелектуалне својине је Завод за интелектуалну својину СЦГ.

Полазећи од делокруга рада оба Завода, кадровских и других ресурса, као и захтева стандарда ISO 9001:2000, идентификоваћемо процесе рада у Заводима, битне за систем управљања квалитетом. Након идентификовања процеса неопходних за систем управљања квалитетом, приказаћемо по један процес из оба Завода, помоћу карте процеса.

2. НАДЛЕЖНОСТ ДРЖАВНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ У ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИЈЕ И ИНТЕЛЕКТУАЛНЕ СВОЈИНЕ

На основу Уредбе о образовању министарстава, организација и служби Савета министара ("Службени лист СЦГ", бр.25/2003) од 13. јуна 2003. год. Завод за мере и драгоцене метале и Завод за интелектуалну својину су организације у саставу Министарства за унутрашње економске односе Савета министара државне заједнице Србије и Црне Горе. На тај начин ови Заводи представљају највиши државни орган и имају највећа овлашћења у области метрологије и интелектуалне својине у Србији и Црној Гори. Заводи су једине организације са таквим надлежностима у земљи. Специфичност послова оба Завода састоји се у корелацији управног и надзорног поступка и доминантне компоненте техничке експертизе, као и у директној повезаности тих послова с потребама привреде и научноистраживачких организација.

Заводи се непосредно старају о извршењу одговарајућих закона, који су усклађени са прописима ЕУ, и то: а) Завод за мере и драгоцене метале (ЗМДМ) стара се о извршавању Закона о метрологији ("Службени лист СЦГ", бр. 44/05) и Закона о контроли предмета од драгоцених метала ("Службени лист СРЈ", бр. 80/94 и 28/96);

¹ Мр Маја Теслић-Алексић, дипл.маш.инж., самостални саветник-метролог за дужину, Завод за мере и драгоцене метале, Мике Аласа 14, 11000 Београд, тел: (011) 2024-418, e-mail: maja@szmdm.sv.gov.yu

² Мр Милорад Г. Теслић, дипл.маш.инж., самостални саветник-патентни инжењер, Завод за интелектуалну својину, Змај Јовина 21, 11000 Београд, тел: (011) 2630-499, e-mail: mteslic@yupat.sv.gov.yu

б) Завод за интелектуалну својину (ЗИС) стара се о извршавању Закона о патентима ("Службени лист СЦГ", бр. 32/04), Закона о ауторском и сродним правима, Закона о жиговима, Закона о правној заштити дизајна и Закона о заштити топографија интегрисаних кола (сви "Службени лист СЦГ", бр. 61/04).

У надлежности Завода за мере и драгоцене метале су следећи послови: развој и унапређење система мерних јединица и обезбеђење примене законских мерних јединица; остваривање, чување, одржавање и утврђивање метролошких својстава националних (примарних), секундарних и радних еталона и узорака референтних материјала; припрема и доношење прописа из области метрологије; сарадња са међународним организацијама и организацијама других земаља у области метрологије; испитивање типа мерила; преглед мерила и узорака референтних материјала и испитивање предмета од драгоцених метала; утврђивање испуњености услова за образовање метролошких лабораторија; надзор над спровођењем законских одредби.

Најзначајнији послови и задаци Завода за интелектуалну својину јесу: управни послови, који се односе на заштиту проналазака, жигова и дизајна; информационо-документациони послови, који се односе на прикупљање, сређивање стављање на увид патентне документације заинтересованим привредним, научним и истраживачко-развојним организацијама и појединцима; међународна сарадња са одговарајућим органима и организацијама других земаља, као и са међународним организацијама, посебно са Светском организацијом за интелектуалну својину, Европским заводом за патенте и Евроазијским заводом за патенте; припрема домаћих прописа, као и припрема закључивања и извршавања међународних уговора из области индустријске својине, ауторских и сродних права; послови управног надзора над радом организација за колективно искоришћавање ауторског и сродних права.

3. СИСТЕМ КВАЛИТЕТА У ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИЈЕ И ИНТЕЛЕКТУАЛНЕ СВОЈИНЕ

Постоји велики број дефиниција које описују појам система квалитета, при чему се све базирају на значају квалитета као кључа опстанка, пословног успеха и просперитета организације. У том смислу активности организације су усмерене на: превентиву за квалитет у читавом животном циклусу производа и/или услуге, са циљем приближавања раду без грешке; и стицање поверења корисника да систем обезбеђује производе и/или услуге потребног и довољног нивоа квалитета.

Серија стандарда ISO 9000 има за циљ пружање помоћи организацијама да побољшају: квалитет, комуникације и конкурентност, у националној, регионалној и међународној размени. Стандард ISO 9001:2000 садржи захтеве система управљања квалитетом на основу којих организација демонстрира своју способност да задовољи корисника. Организација мора да успостави, документује, примењује и одржава систем управљања квалитетом и да стално побољшава његову ефикасност, у складу са захтевима овог међународног стандарда. Организација мора да: идентификује процесе неопходне за систем управљања квалитетом и да их примењује у целој организацији; одреди редослед и међусобно деловање ових процеса; одреди критеријуме и методе потребне да се обезбеди да извођење ових процеса и управљање њима буде ефективно; осигура расположивост ресурса и информација неопходних за подршку извођењу и праћењу ових процеса; прати процесе, мери и анализира њихове перформансе; примењује мере потребне за остваривање планираних резултата и стално побољшавање ових процеса. Организација мора да обавља управљање овим процесима.

Први корак у примени система управљања квалитетом, је идентификација процеса и подпроцеса у организацији. Свака активност или група активности која улазе претвара у излазе може се сматрати процесом. Идентификација процеса подразумева: лоцирање почетка и завршетка процеса; познавање улазних величина; препознавање трансформације улазних величина у излазне; како, где и шта се мери на посматраном процесу, сазнање о величинама на излазу из процеса; утврђивање одговорности за процес; и утврђивање других параметара од значаја за разумевање процеса.

У следећој табели приказани су процеси за одабране главне групе процеса у Заводима, са напоменом да нису наведени сви процеси по главним групама процеса који се одвијају у Заводима, јер се овде приказује само пример модела.

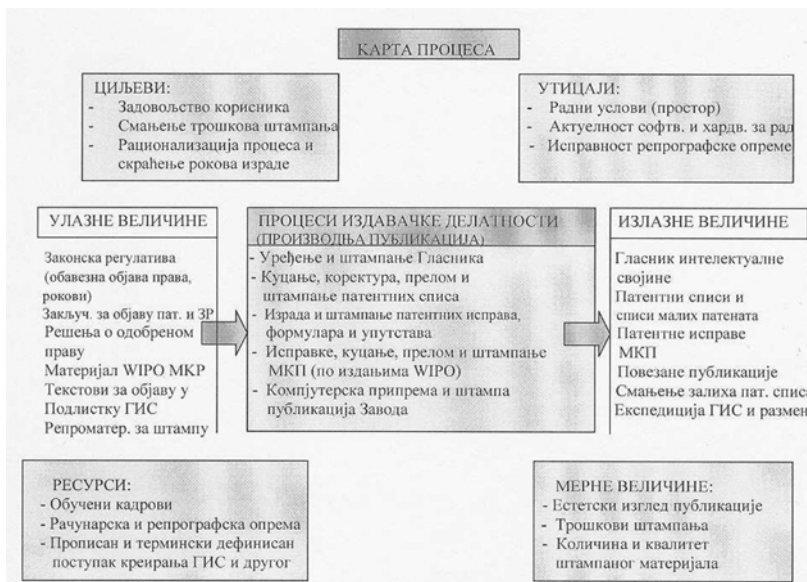
Табела 1. Процеси рада у Заводима

Завод за мере и драгоцене метале (ЗМДМ)		Завод за интелектуалну својину (ЗИС)	
Група процеса	Процеси	Група процеса	Процеси
Процес управљања организацијом	Циљеви Визија Политика квалитета Планирање Управљање ресурсима Преиспитивање од стране руководства...	Процес управљања организацијом	Циљеви Визија Политика квалитета Планирање Управљање ресурсима Преиспитивање од стране руководства
Процеси метролошко-развојног сектора	Примена Међународног система јединица (SI) Развој, остваривање, чување и коришћење националних (примарних) еталона и обезбеђење њихове међународне метролошке следљивости Остваривање и еталонирање референтних материјала Активности из области законске метрологије које се односе на доношење метролошких прописа и њихово спровођење, оцену усаглашености и оверавање мерила која се користе у трговини, безбедности и заштити људи, имовине и околине Активности у вези са акредитацијом лабораторија за оверавање	Процес патената	Испитивање пријава патената Класификовање пријава патената Резултати испитивања Доношење решења о одобреном патенту и малом патенту...
		Процес знакова разликовања	Вођење поступка Класификација пријава Претраживање базе података Доношење решења по пријавама ЗР...
		Процес документације	Анализа, обрада и коришћење примарне и секундарне пат. док, Размена патентних списа Формирање и одржавање картотеке...
		Процес издавачке делатности	Издавање Гласника интелект. својине Припрема и штампање пат. списа Штампање МКП и др. публ. Израда исправа о одобреном праву...
		Процес дисеминације	Информисање корисника инт. свој. Анализа стања технике Израда решершних извештаја...
		Процес развоја ИС	Обезбеђење функционисања ИС Пројектовање и реализација ИС Администрирање базама података Израда апликација за АОП...
Процес регистрације и писарница	Пријем, отпремање и архивирање предмета	Процес регистрације и писарница	Регистровање патената и ЗР Пријем, отпремање и архи. предмета Статистика интелектуалне својине...
Процес општих послова	Фин. матер. послови Зав. Кадровски послови Односи с јавношћу...	Процес општих послова	Финанс. матер. послови Завода Кадровски послови Односи с јавношћу...
Процес контроле предмета од драгоцених метала	Испитивање предмета од драг. метала Жигосање пр. од др. мет.	Процес набавке репроматеријала	Планирање набавке репроматеријала Избор испоручиоца Уговарање набавке...
Процеси контролно-инспекцијског сект.	Преглед мерила Надзор и контрола над употребом мерила	Процес ауторских и сродних права	Заштита аутор. и сродних права Израда прописа и мишљења Пиратерија и кривотворење...
Процес међународне сарадње	Сарадња Завода са ВРМ, OIML, EUROMET и др. заводима	Процес међународне сарадње	Сарадња Завода са WIPO, WTO, EPO и др. заводима Преводачки и документациони послови међ. сарадње...

4. УВОЂЕЊЕ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА КВАЛИТЕТОМ – ПРИМЕРИ ИЗДАВАЧКЕ ДЕЛАТНОСТИ У ЗИС И ОВЕРАВАЊА МЕРИЛА У ЗМДМ

Поставили смо себи задатак да, полазећи од делокруга рада оба Завода, кадровских и других ресурса, као и захтева стандарда ISO 9001:2000, идентификујемо процесе битне за систем управљања квалитетом и утврдимо њихове међусобне везе.

Увођење система управљања квалитетом у Заводима приказаћемо кроз један процес Завода за интелектуалну својину за сегмент издавачке делатности и један Завода за мере и драгоцене метале који се односи на оверавање мерила. Процесе ћемо представити одговарајућом картом процеса.



Слика 1. Карта процеса издавачке делатности у ЗИС

Слично као код ЗИС и у ЗМДМ постоје „производи“ као што су: Уверења о оверавању мерила, Резултати испитивања, записници и друго.

Свака производња се састоји од низа операција од којих су многе значајне за остварење пројектованог квалитета. Због тога је у циљу обезбеђења квалитета процеса рада потребно држати под контролом све операције које утичу на квалитет. У сам процес рада морају бити уграђене мере за спречавање грешака и могућност благовременог и брзог кориговања процеса.



Слика 2. Карта процеса оверавања мерила у ЗМДМ

5. ЗАКЉУЧАК

Систем управљања квалитетом је важан део укупног система управљања. У овом раду приказан је модел процесног приступа систему управљања квалитетом, на два примера који се односе на делатности Завода за мере и драгоцене метале и Завода за интелектуалну својину. У нашем случају под производом подразумевамо и услуге ових Завода. Свака производња се састоји од низа операција од којих су многе значајне за остваривање пројектованог квалитета. За одвијање процеса рада неопходно је обезбедити основне елементе који се односе на: одговарајуће стручне кадрове, услове околине, средства за рад, техничко-технолошке инструкције, предмет рада.

Abstract: Fields of metrology and intellectual property are directly in function of economy development, specially in heavy industry. Process access to quality management system mean constant work on his progress. ISO 9001:2000 standard contain requirements, on the basis which organization demonstrate their ability to satisfy client. In this work, on the examples of processes in bureaus for metrology and intellectual property, the introduction of quality management system, are presented.



G. Velikić¹, B. Nikolić, Lj. Gavanska, Z. Velikić²

RAZVOJ I UVODJENJE MENADŽMENTA SISTEMA KVALITETA U VIŠOJ TEHNIČKOJ ŠKOLI U NOVOM SADU

Rezime: U radu su izneta iskustva na uvodjenju i primeni sistema menadzmenta kvalitetom u obrazovnoj ustanovi. Posebno je posvećena paznja organizovanju i motivaciji zaposlenih na razvoju sistema, kako bi se postigli postavljeni ciljevi u što kraćem roku uz maksimalnu efikasnost svih učesnika.

Gljučne reči: Kvalitet, procesi, veze, zapisi.

UVOD

Viša tehnička škola u Novom Sadu je uspostavila, dokumentovala, primenjuje i održava menadžment sistema kvaliteta u skladu sa standardima ISO JUS 9001 2001, juna 2004. godine.

Cilj zbog kojeg se rukovodstva Ustanove opredelilo za razvoj i uvodjenje ovog sistema bio je pre svega poboljšanje kvačiteta poslovanja u svim procesima rada.

Menadzment sistemao kvaliteta obuhvata sve procese neophodne za realizaciju utvrdjene politike i ciljeva kvaliteta. Tokom razvoja i uvodjenja menadžmenta sistema kvaliteta, pokazalo se da je to bio jedan sveobuhvatan proces velikog spremanja načina obavljanja posla ali i opreme i prostora i ponašanja svih zaposlenih.

Opšti zahtevi

Usvojeni menadžment sistema kvaliteta ISO 9001 zasniva se na upravljanju procesima, pa je prvi korak bio na identifikaciji procesa i veza između njih. Proces koji se odvijaju u Ustanovi su identifikovani i označeni i to :

OZNAKA	Opis procesa	Broj procedura
RU	Rukovodjenje	11
SK	Upravlčjanje sistemom kvaliteta	10
NA	Nastava	9
IR	Istraživanje i razvoj	9
LA	Laboratorijski proces	2
EF	Ekonomsko-finansiski	6
LO	Logistiki procesi	6

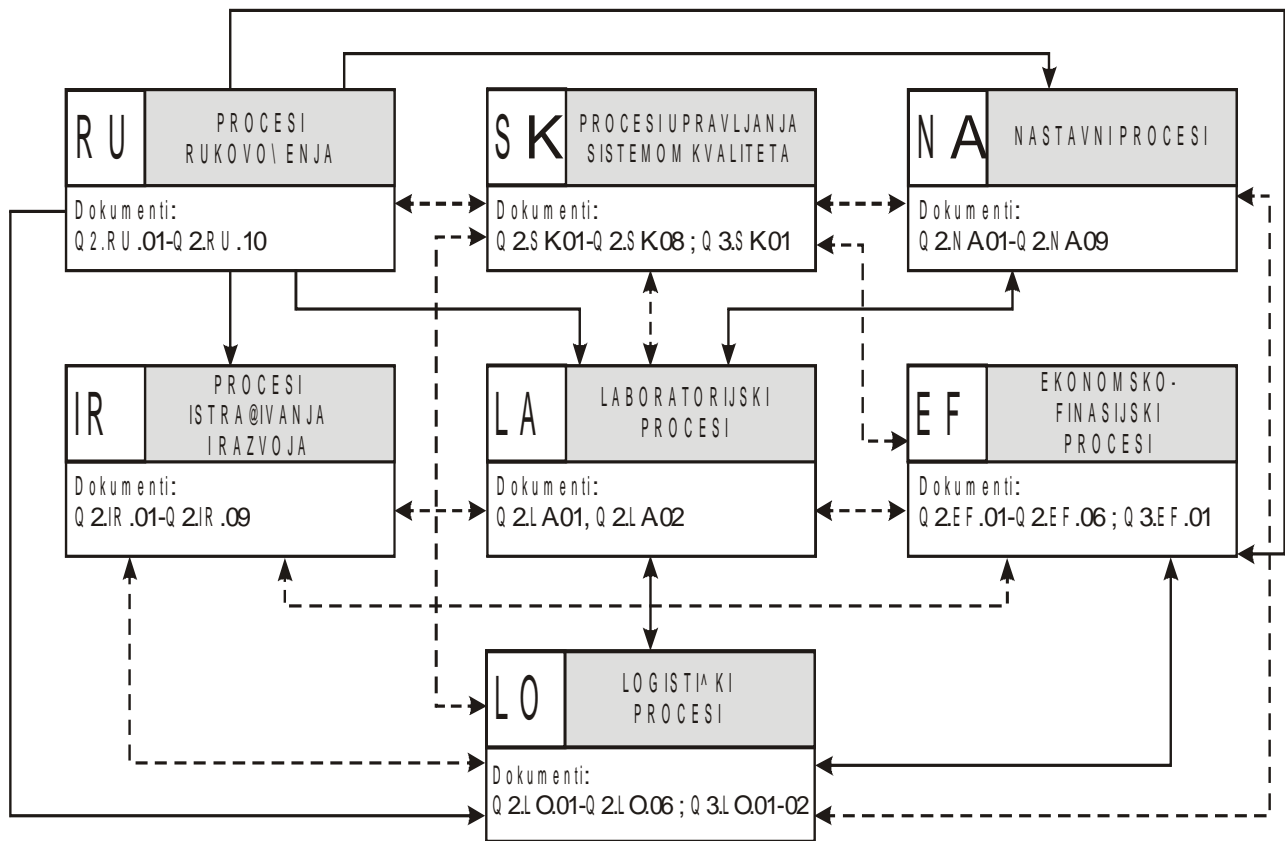
Da bi sistem mogao da funkcioniše nephodno je uspostaviti dobru saradnju svih organizacionih jedinica.

Medjusobne veze između identifikovanih procesa prikazane su šematski na slici br.1. ("Šema funkcionalnih veza procesa"), na kojoj su neposrednim vezama označeni procesi koji proističu jedan za drugim (rezultata jednog procesa se koristi za sledeći proces), a posrednim vezama su označeni oni procesi koji ne proističu neposredno jedan za drugim, ali imaju dodirnih elemenata.

Neposredne veze označene su punom linijom a posredne isprekidanom linijom.

¹ Gordana Velikić, saradnik, Univerzitet of Rochester USA, GVEL@ece.Rochester.edu

² Božo Nikolić, prof. Direktor, Ljilja Gavanska prof, pomoćnik direktora, Zdravka Velikić, prof. Predstavnik rukovodstva za kvalitet, VTŠ, Novi Sad, VTSNS@Metrohive.net



Slika 1. Šema funkcionalnih veza procesa

Struktura dokumentacije upravljanja sistema kvalitetom

Za rad po ovom sistemu bilo je neophodno razviti dokumenta koja podržavaju ceo sistem i to:

- Poslovník o kvalitetu , dokumentom koji u potpunosti opisuje sistem kvaliteta u Ustanovi
- Postupci i uputstva koja defini[u način odvijanja procesa , odnosno aktivnosi koje neposredno utiču na kvalitet procesa rada
- Zapisi , kao dokaz da su procesi , odnosno aktivnosti i izvršene
- Politikom i ciljevima kvaliteta

Izrada terminskog plana svih aktivnosti

Postavljeni cilj završetka projekta je bio juni 2004g. Što znači da je kompletan rad na projektu trebalo završiti za sedam meseci.

Terminski plan svih aktivnosti prikazan je na slici br. U okviru plana kvakiteta

Red.br.	Aktivnost	Kontrolne tačke	Način kontrole	izvršioi	Početak /završetak
1.	Izrada uputstava i obrazaca postupaka	Završen radni materijal	Razgovor sa konsultantom	Rukovodstvo	Decembar-februar.
2.	Usvajanje dokumenata SK			Odbor za kvalitet	Mart-mart
3.	Rad po usvojenim dokumentima	Nakon prve primene postupka	Razgovor sa izvršiocima	Interni kontrolori	Mart-april
4.	Prethodna interna kontrola rada po dokumentima SK	Zapisi izveštaj	Interna provera	Konsultanti i interni kontrolori	maj
5.	Prikupljanje ponuda za sertifikaciju	ponude		komisija	maj
6.	Izbor najpovoljnije ponude			komisija	maj
7.	Sertifikacija				jun

Sl.br.2

Organizovanje aktivnosti

Da bi razvoj i uvođenje menadžmenta sistema kvaliteta bio završen u planiranom roku juni 2004g., dogovoreno je da se sve aktivnosti izvrše frontalno uz učešće svih članova kolektiva Svaki zaposleni u Ustanovi , dobio je zadatak na izradi procedure , dijagrama toka i definisanju zapisa procedure , u okviru procesa koji obavlja u Ustanovi.

Dakle svi zaposleni su uključeni u rad na izradi procedura i oblikovanju zapisa kao završne faze svake procedure.Prema tabeli sl.3 u nastavku izvršena je podela poslova :

P. br.	Oznaka dokumenta	Naziv dokumenta	Datum završetka	Datum usvajanja	Tim na izradi
1.	Q1.CK.01	Poslovník kvaliteta	10. mart	22.03.04	Svi zaposleni
2.	Q2.XX.XX	Q2.SK.01-----Q2.LO.06	Januar / februar	Januar/ februar	Svi zaposleni

Sl.3

Posle uspešno završenih poslova na izradi procedura , zapisa i uputstava koji drfinišu način odvijanja procesa odnosno aktivnosti koje posredno ili neposredno utiču na kvalitet procesa rada. , prešlo sa na rad na izradi Poslovníka o kvalitetu.Na ovom poslu su takođe uključeni svi zaposleni , pri čemu je izbor područja rada oblasti iz poslovníka izvršena prema učešću na izradi procedura u okviru iste oblasti.

Oformljeni su timovi i definisan rok završetka posla u skladu sa postavljenim ciljem prikazano u sledećoj tabeli :

Poglavlje u poslovníku	Zahtev standarda 9001	Referentna dsokumenta	Zaduženi tim	Rok završetka

Ovakvim pristupom izvodjenja projekta , *aktivnim učešćem svih zspostenih* postignuto je da je rad na razvoju i uvodjenju projekta trajao rela tivno kratko vreme, uz veoma visok stepen efikasnosti , odgovornost za ispravnost i kvalitet dokumenata (procedura , zapisa i poslovníka) je tačno definisana po imenu i

prezimeni članova tima a svako je obradio proceduru u okviru procesa koji svakodnevno radi . Na taj način je ostvarena visoki stepen motivacije za kvalitetom izrade i kasnije rada po izradjenoj proceduri .

Ukupno je izrađeno 56 procedura i 350 zapisa. je definisana je odgovornost za svaki postupak . Učešćem svih zaposlenih postignuto je da je za 7 meseci sistem razvijen , uveden i sertifikovan.

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN VTS NOVI SAD: IMPLEMENTATION AND DEVELOPMENT

Abstract: In this paper we present empirical point of view to implementation and development of quality management system applied to educational facility. We particularly studied affect of motivation and organizing of employees to shorten the time needed for realization of planned goals while maximizing employee's efficiency.

Key words: quality, management, processes, connections, records, plan, goals,



S. Vidojković, B. Grujić¹

TUMAČENJE NAJNOVIJEG EVROPSKOG STANDARDA ZA KVALITET NAPOJNE VODE KOTLOVSKIH POSTROJENJA

ABSTRAKT

U radu je predstavljen najnoviji evropski standard EN 12952-12:2003 za kvalitet napojne i kotlovske vode. Rad sadrži kratak osvrt na preporuke za kondicioniranje, kao i pregled i komentare normi za kotlove sa prinudnom i kotlove sa prirodnom cirkulacijom

UVOD

Primena standarda EN 12952-12:2003, Kotlovske cevi i pomoćne instalacije-Deo12: Preporuke za napojnu i kotlovsku vodu odobrenog od strane Evropskog komiteta za standardizaciju 24.07.2003. je obavezna za sve zemlje članice EU.

Postoje tri zvanične verzije standarda: engleska, francuska i nemačka. Članice Evropske komisije za standardizaciju, gde spadaju Austrija, Belgija, Češka, Danska, Finska, Francuska, Nemačka, Grčka, Madjarska, Island, Irska, Italija, Luksemburg, Malta, Holandija, Norveška, Portugal, Slovačka, Španija, Švedska, Švajcarska i Velika Britanija, publikuju standard na sopstvenom jeziku koji dobija status zvanične verzije standarda.

Kvalitet pare nije predmet razmatranja ovog standarda.

U standardu se navodi da je njegov osnovni cilj pouzdanost rada kotla i da postavlja minimum zahteva koji treba da omoguće smanjenje rizika od korozije, obrazovanja kamenca i depozita koji može izazvati oštećenja i druge probleme tokom eksploatacije.

KONDICIONIRANJE

Standard predlaze tradicionalne agense za kondicioniranje kao sto su: natrijum hidroksid, natrijumfosfat, natrijumsulfit, amonijak i hidrazin. Kao jednu od mogućnosti preporučuje takodje i orgnske kondicione agense koji se već godinama koriste u mnogim zemljama.

KOTLOVI SA PRINUDNOM CIRKULACIJOM

Kod kotlova sa prinudnom cirkulacijom normiraju se sledeći parametri: katjonska provodljivost, pH, natrijum i kalijum (Na +K), gvoždje (Fe), bakar (Cu), silicijum (SiO₂), kiseonik (O₂) i ukupni organski ugljenik (TOC).

¹ Dr Sonja Vidojković, Dr Biljana Grujić, Termoelektrane "Nikola Tesla" D.O.O., tel.011 875 50 11/443, e-mail:sonja66yu@yahoo.com, Institut LOLA, 011 205 55 40.

Zahtevana katjonska provodljivost je $<0.2\mu\text{S}/\text{cm}$ [1], a dozvoljeni opseg pH vrednosti je 7-9. U standardu je, takodje, data korelacija izmedju koncentracije kiseonika i pH u napojnoj vodi. U opsegu limitiranih vrednosti koncentracije pH i kiseonika se podešavaju tako da koncentracija gvoždja i bakra u napojnoj vodi bude minimalna.

Dozvoljena koncentracija kiseonika je $\leq 0.250\text{mg}/\text{l}$. Maksimalna dozvoljena koncentracija gvoždja je $<0.010\text{mg}/\text{l}$ sa napomenom da je za kotlove koji rade na pritiscima ispod 60bar prihvatljiva koncentracija $<0.020\text{mg}/\text{l}$, bakra $<0.003\text{mg}/\text{l}$, silicijuma $<0.020\text{mg}/\text{l}$, organskih primesa (kao TOC) $<0.2\text{mg}/\text{l}$ i Na+K $<0.010\text{mg}/\text{l}$.

Nakon objavljivanja standarda publikovani su radovi sa komentarima i kritičkim osvrtom na pojedine njegove delove. Najčešće se akcenat stavlja na neusaglašenosti izmedju cilja koji postavlja standard, a to je pouzdanost i preporuka za normiranje napojne vode. To se odnosi i na provodljivost koja se u mnogim slučajevima kod ovakvih kotlova kreće više od $0.2\mu\text{S}/\text{cm}$ zbog prisustva ugljen dioksida, ali to ne predstavlja opasnost za rad kotla (naravno, to nije opravdano sa stanovišta efikasnosti i ekonomičnosti)[2].

Smatra se, izmedju ostalog, da je formulacija u standardu koja se odnosi na vezu izmedju pH i legura bakra i aluminijuma nepotrebna jer je standard relevantan samo za bezbednost kotla, a ne uređaja van njega. Poznato je da čak i na pH iznad 10 kotao može da radi bezbedno iako to naravno nije ekonomski opravdano.

Uključeni su i neki parametri koji nisu povezani sa pouzdanošću kotla i na taj način odstupaju od Direktive evropske komisije za sudove pod pritiskom, a neki autori ističu da je nedostatak standarda to sto preuzima norme relevantne za akcione nivoe 1 razlicitih industrijskih tehničkih uputstava [2] i proglašava ih parametrima od značaja za bezbednost kotla.

KOTLOVI SA PRIRODNOM CIRKULACIJOM

Kada je reč o kotlovima sa prirodnom cirkulacijom koji rade na pritiscima preko 100bar dozvoljena katjonska provodljivost je $<0.2\mu\text{S}/\text{cm}$. Ova koncentracija je ista kao i kod kotlova sa prinudnom cirkulacijom i to zbog visokih zahteva za kvalitet vode za ubrizgavanje. Kada se doziraju agensi za alkalizaciju za kotlove sa prirodnom cirkulacijom koji rade na pritiscima iznad 100bar preporučuje se da opseg pH vrednosti bude od 9.3-9.7. Za pomenute kotlove na pritiscima iznad 100bar normiraju se sledeći parametri: kiseonik na $<0.1\text{mg}/\text{l}$, natrijum i kalijum (Na+K) na $<0.010\text{mg}/\text{l}$, gvoždje (Fe) na $<0.020\text{mg}/\text{l}$, bakar (Cu) na $<0.003\text{mg}/\text{l}$, silicijum (SiO_2) na $<0.020\text{mg}/\text{l}$, ulja i maziva na $<0.5\text{mg}/\text{l}$, orgaske materije (kao TOC) na $<0.2\text{mg}/\text{l}$ ili alternativno permanganatni indeks na $5\text{mg}/\text{l}$.

Mnogi autori tvrde da i kod kotlova sa prirodnom cirkulacijom postoji neusaglašenost izmedju osnovnog cilja standarda i normi koje preporučuje. To se odnosi i na provodljivost, zatim na pH jer i niže vrednosti pH ne dovode pouzdanost kotla u pitanje[2]. Osim toga EPRI tehnička uputstva preporučuju pH vrednosti <8 . Kritike se odnose i na to sto su uključeni parametri koji nisu odgovorni za pouzdanost kotla niti personala, kao sto je, na primer, bakar.

ZAKLJUČAK

1. Osnovni cilj koji standard postavlja je obezbedjivanje pouzdanosti rada kotla
2. Standard preporučuje sredstva za kondicioniranje, norme za kotlove sa prirodnom i prinudnom cirkulacijom, a ne uzima u razmatranje kvalitet pare
3. Komentari i kritički osvrti na sadržinu ovog standarda ukazuju na mnogorojne neusaglasenosti, pre svega na protivrečnosti izmedju osnovnog cilja koji se odnosi isključivo na pouzdanost i normiranih parametara relevantnih za efikasnost i ekonomsku opravdanost.

LITERATURA

[1]. Water-Tube Boilers and Auxiliary Instalations-Part 12: Requirements for Boiler Feedwater and Boiler Water Quality, 2003, European Committee for Standardization Brussels, Belgium, EN 12952-12:2003.

[2]. Bursik A., Power Plant Chemistry, 2004, 6(7), 427



THE NUMBER OF FAILURES ON SPRAYING MACHINES FOR THE PROTECTION OF PLANTS AS A MEASURE OF PREVENTIVE MAINTENANCE QUALITY

Dragan Živković¹
Vyara Pozhidaeva²
Genadij Takov³

Abstract: This paper deals with the analysis of corrective maintenance of spraying machines for the protection of plants, i.e. of the number of failures that occurs on them as a measure of how successful preventive maintenance has been executed. The research was done at a agricultural facility, and the results are presented in the paper. As a conclusion measures that should contribute to better preventive maintenance, leading to reduction of corrective maintenance activities are suggested.

Keywords: maintenance, number of failures, spraying machines for crop protection

1. INTRODUCTION

The protection of plants is an integral part of food production, without which modern agriculture would not be possible. The goal of plant protection is to protect the plant against various harmful organisms, not damaging the protected plant or environment, and being economical at the same time. The machines that are most often used for crop protection, are spraying machines.

Spraying machines for crop protection work only for a short period of time per year (approximately one month), whereas they are being kept preserved in storage facilities for the rest of the year. With spraying machines for crop protection, the deadline in agricultural terms may be prolonged due to failures during operation, leading to loss in quality and quantity of crops due to inadequate crop protection. The number of failures on spraying machines for crop protection may be an important indicator of maintenance quality. Based on the analysis of the number of failures, in order to reduce it, adequate activities of preventive maintenance shall be planned.

2. SPRAYING MACHINES FOR CROP PROTECTION

Spraying machines may be classified according to purpose, the drive type of working parts and the method of transport. A tractor pulled spraying machines is a highly productive device for accurate sprinkling of crops with pesticides and liquid fertilizers (*figure 1.*)

3. MAINTENANCE OF SPRAYING MACHINE FOR CROP PROTECTION

The European Organization for Quality Control-EOQC defines maintenance as a combination of all technical and corresponding administrative activities necessary to keep a working resource or system functioning, or bring it into a condition where the working resource or system can carry out its function.

Interesting is the definition of maintenance from 1963, adopted at the OECD conference, that states: Maintenance is a function that has been accredited with the permanent control of facilities and the performance of certain repairs and revisions, whereby permanent functional capability and preservation of manufacturing facilities, auxiliary facilities and other equipment, is made possible.

Regardless of any definition, maintenance activities have the following objective:

¹ Dragan Živković, professor VTŠ Zrenjanin, Đorđa Stratimirovića 23, 23000 Zrenjanin, e-mail: zivkkev@drenik.net

² Vyara Pozhidaeva, Assoc. prof. University of Mining & Geology "St. Ivan Rilski" Sofia, email: vpojidaeva@abv.bg

³ Genadij Takov, Assoc. prof. University of Mining & Geology "St. Ivan Rilski" Sofia

- to minimize equipment exploitation costs due to not planned equipment failures,
- to maintain manufacturing equipment in its quantitative and qualitative function,
- to limit and slow down the ageing of equipment, through optimum modernization.
- to watch and improve the safety and security of the equipment for the environment,
- to monitor the exploitation results and the behavior of equipment, eliminating the weak spots.

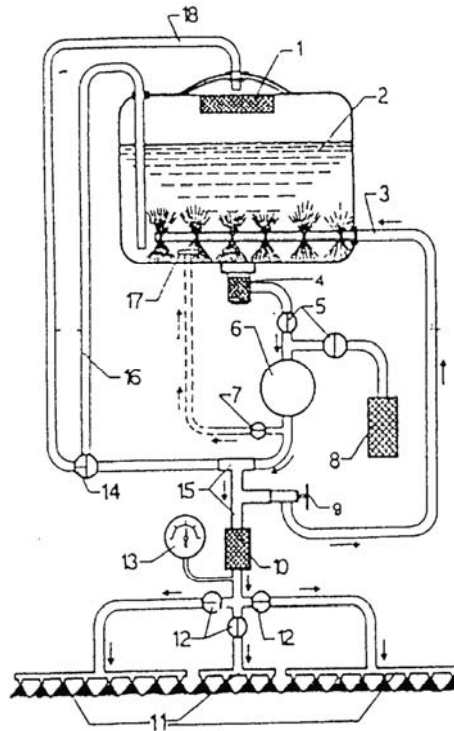


Figure 1: Diagram of a sprinkler for crop protection

(1-filter, 2-tank, 3-duct for mixing of pesticides, 4-intake filter, 5-control valve, 6-pump, 7-valve, 8-filter, 9-safety valve, 10-filter, 11-sprinkling head, 12-valve, 13-pressure gauge, 14-main valve, 15- anti-dripping device, 16-back duct, 17-mixing enhancer, 18 tank filling pipe)

4. CRITERIA FOR EVALUATING MAINTENANCE QUALITY

One of the most interesting questions emerging is the evaluation of the quality of technical systems in time, i.e. measuring the quality of maintenance.

Measuring is the comparing a known quantity to an unknown quantity being examined, i.e. measured. Measuring the maintenance quality isn't always an easy task. However, to be in a position to measure maintenance quality certain criteria, based on which maintenance quality will be possible to be evaluated, have to be defined in advance. The most important criteria for evaluating maintenance quality are as follows: reliability of a technical system, failure frequency, availability of equipment, level of documentation and similar.

5. FAILURE FREQUENCY (NUMBER)

Failure is an event within the system, which by reducing or loosing working ability, disables it for carrying out its set objective function. The basic components, identifying a failure, are: cause of failure, manifestation of failure, place (location) of failure, failure frequency and failure repair method.

The failure frequency is one of the more important system reliability parameters and it describes the ratio between "in failure" state occurrence density function and the cumulative "in work" state occurrence density. In case of continuous change of state, the failure frequency can be calculated from the equation:

$$\lambda_F(t) = \frac{f_F(t)}{P_P(t)} = \frac{\frac{dP_F(t)}{dt}}{P_P(t)} = \frac{1}{P_P(t)} \frac{dP_F(t)}{dt} \quad (1)$$

where:

$\lambda_F(t)$ -failure frequency in case of continuous change of state,
 $f_F(t)$ - "in failure" state occurrence density function,
 $P_P(t)$ -probability of occurrence of an "in failure" interval,
 $P_F(t)$ -probability of occurrence of an "in work" interval,
 $dP_F(t)/dt$ - "in failure" state occurrence density function.

In case of non-continuous change of state, the failure frequency can be calculated from the equation:

$$\lambda_F(t) = \frac{N}{(n - N)\Delta t} \quad (2)$$

where:

N-total number of elements "in failure",
n-total number of elements,
(n-N)- total number of elements "in work",
 Δt -observation time interval.

6. RESEARCH RESULTS

The agricultural facility "Agrobanat" has 2200 ha of farm land. Crop protection is performed by 3 spraying machines of type "Morava 1000". Appropriate procedures precisely describe preventive maintenance steps and preservation procedures at the end of the season.

Researching on the number of failures occurring on a sprinkler, the following failure frequency values were determined for each of its elements and are shown in *table: 1*.

Table 1: Resulting number and type of failures

Number	Description of part	Number of failures per year λ	Failure repair time (min)	Failure description	Failure repair procedure
1	Pressure regulator	2	30	No pressure	Adjust regulator
2	Nozzle	1	20	Clogged sieve or nozzle opening	Clean sieve or nozzle openings with soft wood
3	Mixer	1	10	Clogged mixing device nozzle opening	Rinse sieve or clean openings
4	Injector	2	20	Clogged injector opening	Rinse sieve
5	Pump diaphragm	1	60	Mixed oil and water leakage from pump	Change diaphragm
6	Pump	0,5	120	Pump does not suck liquid in	Clean the intake
7	Valve	0,5	30	Pump produces little liquid	Change valve

From the results shown in the table above it is obvious that the failure level on sprinkler elements is not negligible. Including the fact that the actual failure repair time exceeds (usually, the machine stays inoperable for one day: the sprinkler has to be transported to the workshop, repaired and returned to the work place), the repair time itself by a few hours and that the operation of the sprinkler is limited by weather conditions, and time of year (the operating time per year is less than a month), the number of failures shown in the table is a very good indication for the maintenance department. In addition to maintenance quality, the number of failures determined in the research and shown in the table, are also a very good guidance for performing appropriate preventive maintenance activities, in order to reduce the number of failures on sprinkler elements. The research results show that failures are most frequent on the pressure regulator ($\lambda=2$), injector, etc.. Due to the failure of these elements, the sprinkler has an average of up to four failures per year, which can be reduced by better preventive maintenance.

7. CONCLUSION

The failure level, i.e. the number of failures on agricultural equipment, particularly spraying machines, is one of many, but not the only and not the most optimal criterion for evaluating maintenance quality. Maintenance quality evaluation provides means for assessing the work of the maintenance department and to recognize mistakes and take measures to eliminate them. The number of failures on spraying machines elements indicates what preventive maintenance should be focusing on.

8. LITERATURA

- [1] Živković, D. Veljić, M. Rančić, M. Preventive Maintenance of Centrifugal Pump on Devices for Spray Irrigation, 5TH Interational Conference Resarch 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 LJuality, 4rd International Conference Research and Development in Mechanical Industry- RaDMI 2004, Zlatibor, 2004, pp.439-444.
- [3] Kartunov S., S. Stefanov, Unterstuetzte Projektierung der Komponenten und technologischen Vorgaenge in der Mikrosystemtechnik, Ilmenau, 48. IWK, 09. 2003
- [4] Kartunov S., Mechanische Mikrofertigungsverfahren - Übersicht, Besonderheiten, Ausnjahl, Annjendungen, Beispiele, Potentiale, Entnjicklung, Ilmenau, 47. IWK, 2002
- [5] Pozhidaeva, V. 2004, *A Method for Evaluation of the Quality of Operation of Mining Machines Based on Results from Technical Diagnostics*, Scientific-Expert Conference with International Participation HIPNEF-2004, Mechanical Engineering Faculty University of Nis, Vrnjacka Banja, Serbia and Montenegro, 593-598.
- [6] Pozhidaeva, V. 2003. *Analysis of the Applicability of Vibration Methods for Control of Mine Mechanization*, 3rd International Conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2003, H.Novi, Serbia and Montenegro, 1910-1914.

BROJ OTKAZA KOD PRSKALICA ZA ZAŠTITU BILJA KAO MERILO KVALITETA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

Rezime: U radu se analizira korektivno održavanje prskalica za zaštitu bilja, odnosno broj otkaza koji se javlja na njima kao merilo kvaliteta uspešnosti preventivnog održavanja. Istraživanje je vršeno na jednom poljoprivrednom imanju, a rezultati su prezentovani u radu. Na kraju se predlažu mere koje treba da doprinesu boljem preventivnom održavanju, odnosno smanjenju aktivnosti korektivnog održavanja.

Ključne reči: održavanje, prskalice za zaštitu biljaka, broj otkaza

Мр Срђан Живковић, дипл.инж. [▲]

ИНСПЕКЦИЈА ГЕОМТРИЈЕ СЕКТОРА ЦИКЛОТРОНА "ТЕСЛА"

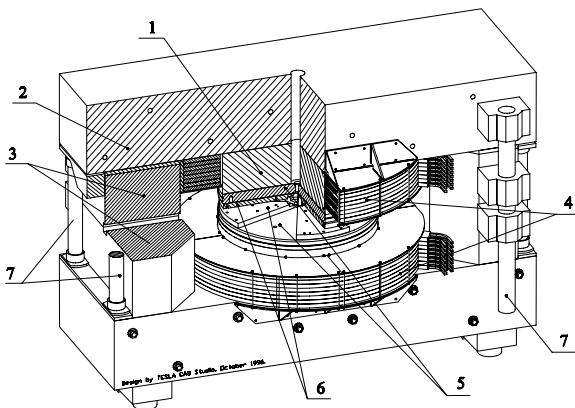
Резиме

Инспекција геомтрије феромагнетних сектора циклотрона "VINCY" који се гради у ИИН "Винча" заједно са мерењима магнетног поља директно је утицла на накнадне машинске обраде. Цео процес је завршен у неколико поновљених циклуса: инспекција геомтрије → мерење магнетног поља → машинска обрада → инспекција геомтрије → ...

Кључне речи: QA, СММ, САD/САМ, резање меких метала, масшинска обрада великим брзинама резања,

1) УВОД

Конструкција циклотрона «VINCY», који је срце акцелераторске инсталације «ТЕСЛА» у оквиру Лабораторије за физику Института Нуклераних Наука - Винча почела је још давне 1993. г. Радови на инсталацији су прекинути 1998. и настављени 2002. г. Обликовање магнетних полова (шимовање) је настављено 2004. год. у ВТИ Београд и завршено 2005.г. Финално обликовање (шимовање) магнетне структуре је изведено са циљем повећања ефикасности преноса млаза водониковог јона (H^+ ion beam). Распоред маса и геометријски облик феромагнетних језгара, која формирају магнетне полове, директно утичу на прецизност млаза и његово расипање.

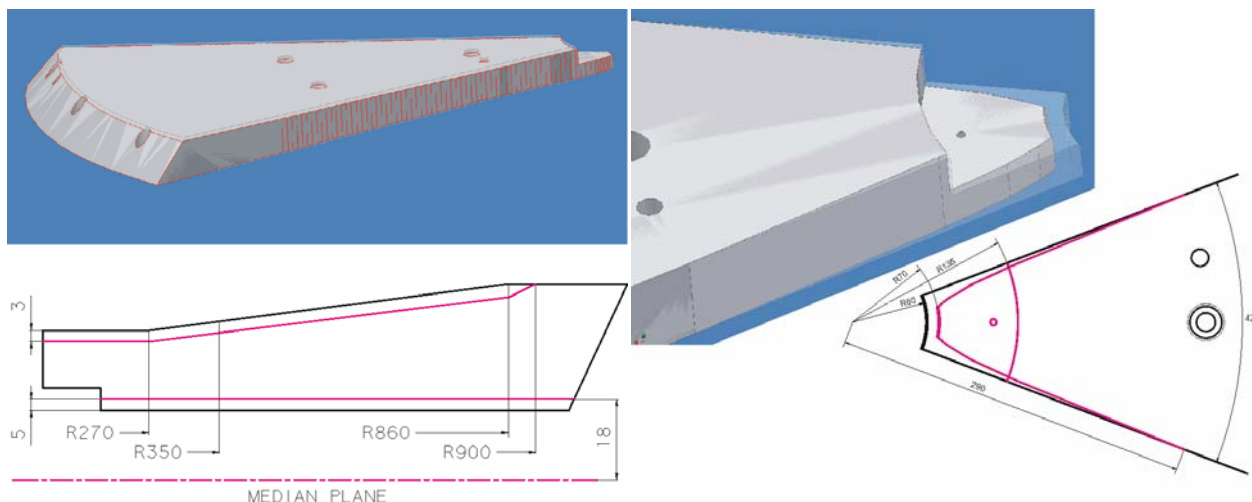


Слика 1. Циклотрон VINCY, схематски прикз и фотографија магнетних полова

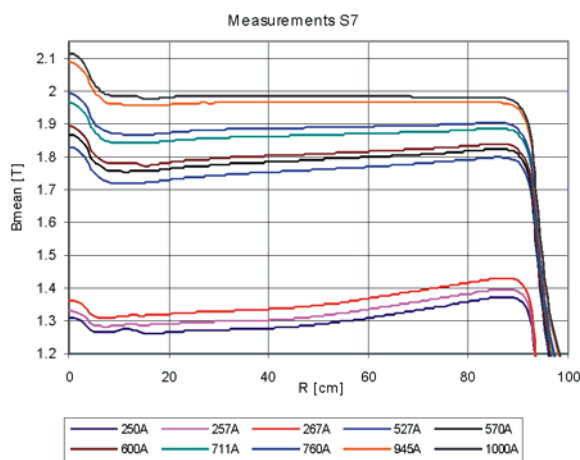
На слици 1. приказана је магнетна структура циклотрона VINCY: 1 – Пол, 2 – Траверза, 3 – Стуб, 4 – Главни калемови, 5 – Полне плоче, 6 – Сектори, 7 – Хидраулички систем. Магнетни полови су у пречнику 2 метра и у раду генеришу магнетну индукцију нешто преко 2Т.

[▲] водећи истраживач, ВТИ Бгд, Ратка Рисановића, Бгд, тел: +381641833790, Srdjan_VTI@yahoo.com

ВТИ Бгд је давао услуге машинске обраде и геометријске инспекције феромагнетних елемената који формирају магнетне полове. Феромагнетни елементи су, грубо посматрано, одсечци круга. Финалне једначине које описују промену дебљине сектора (аксијални шим) и облик бочних праваца (азимутални шим) су добијени у неколико итеративних корака: прорачун → пројекат → машинска обрада → инспекција геомтрије → мерење магнетног поља → прорачун → репројектовање → машинска обрада → инспекција геомтрије → ... У сваком итеративном кораку мењана је геометрија док се у неколико приближавања није дошло до жељеног циља.



Слика 2. Модификације сектора S5→S6 затим S6→S7



више «поклопи» са прорачунима и захтевом. Дозвољена су варирања поља у јако уским толеранцијама. Зато су и машинске толеранције јако уске за овако велике објекте. Свака промена геометрије је и промена масе. Промена масе се рефлектује као варијација магнетног поља. Сваки дисконтинуитет у материјалу (вијци нпр) се на дијаграму читавају као скок поља (*pick*).

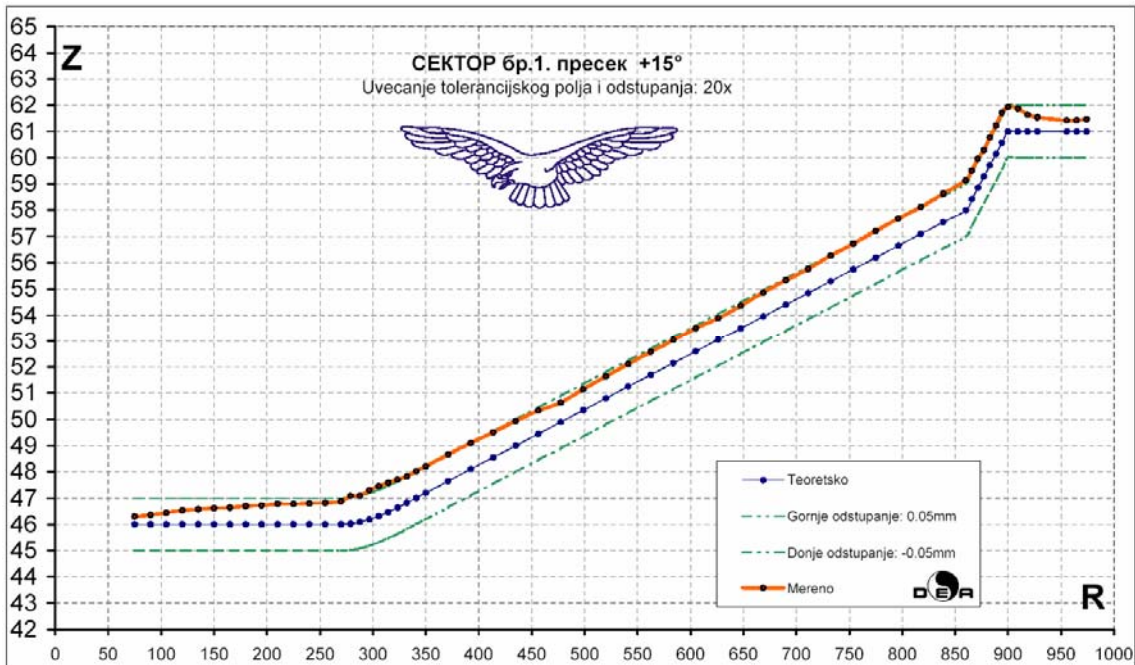
Слика 3. Измерна магнетна индукција

2) ИНСПЕКЦИЈА ГЕОМЕТРИЈЕ СЕКТОРА

Сва мерења вршена су у аутоматском режиму рада тј. извршена су програмска мерења. Геометријски облик сектора, који је дефинисан на CAD/CAM систему, послужио је као основ за генерисање програма инспекције. Координатна мерна машина, програмски, контактима мерне сонде генерише ИЗМЕРЕНЕ координате појединачних тачака на конкретном сектору. Те ИЗМЕРЕНЕ координате се пореде са ТЕОРЕТСКИМ координатама које су добијене са CAD/CAM система. Израчунава се одступање као минимално растојање између координата измерене и теоретске тачке у простору. Одступања су позитивна (+) ако је измерена тачка на страни да је на мереном комаду остало

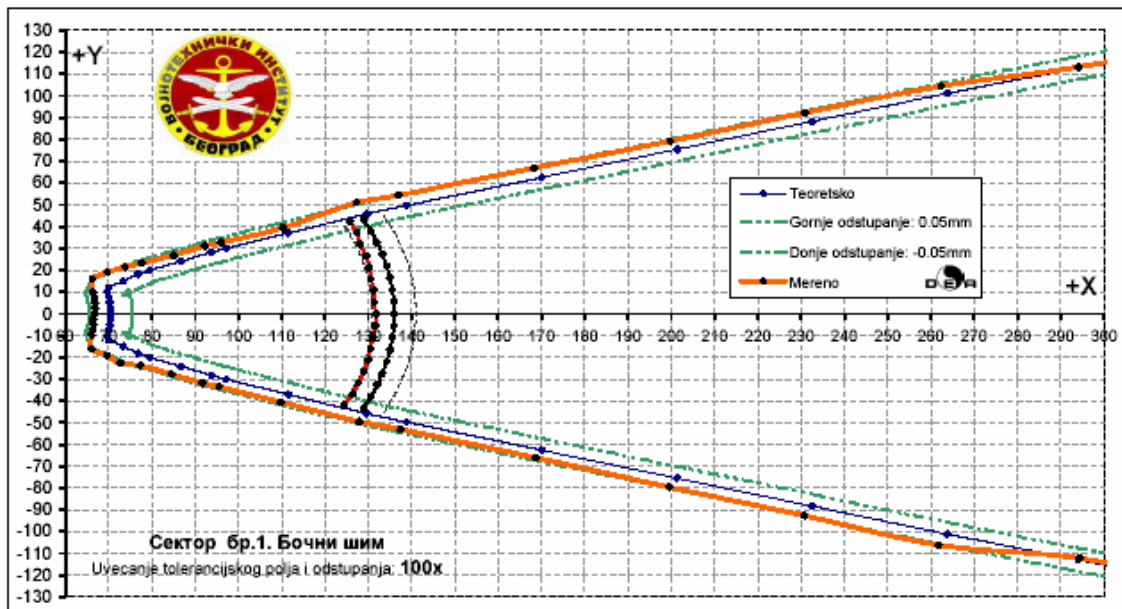
материјала за дораду (изван материјала). Одступања су негативна (-) ако је мерена тачка у правцу материјала (унутар материјала).

Аксијални шим (дебљина) сектора мерен је у три пресека: 0° - дуж централне равни симетрије, $+15^\circ$ ротиран пресек у позитивном математичком смеру, -15° пресек ротиран за овај угао у негативном математичком смеру. Резултати и дијаграми дати су у поларно-цилиндричном координатном систему. Толеранцијско поље и одступања су увећани 20 пута да би се лакше уочили.



Слика 4. Инспекција аксијалниог шима сектора

Азимутални шим (бокови) је мерен у погледу у плану. Резултати и дијаграми су приказани у кратезијусовом (декартовом) координатном систему. Толеранцијско поље и одступања су увећани 100 пута да би се лакше уочиле, евентуалне, грешке.



Слика 5. Инспекција азимуталног (бочног) шима

На претходним, иначе *MS EXCEL*, дијаграмима само је теоретска крива исцртана према исписаним бројевима на координатним осама тј. недеформисано. Остале три (мерено, горња и доња граница толеранцијског поља) нацртане су увећано (деформисано) на одговарајућем растојању увећаном за

жељени фактор. Коришћењем широко распрострањеног *spreadsheet* програма постигнута је лакоћа (помодарски ТРАНСПАРЕНТНО) у трансферу резултата инспекције и њеном графичком приказу.

У *MS EXCEL* није могуће цртати еквидистантне криве на задатим (па још и) параметарски контролисаним растојањима. За те потребе развијен је посебан математички апарат исцртавања еквидистантних кривих са увећаним приказима. Избор фактора увећања доступан је крајњем корсинку. На овај начин су колеге из Винче биле ослобођене заморног и често за њих неразумљивог «читања» хиљада бројева инспекције геометрије. Слично, као што су нама машинцима, неразумљива њихова читавања мерења магнетне индукције.

3) МАШИНСКА ОБРАДА

У раду се почело од инспекције а не од пројектовања и машинске обраде како је то уобичајено јер су сектори у ВТИ прво дошли на мерење. ВТИ и даље, на жалост српске металопрераде, једини има потпуно интегрисане све елементе производње *CAD/CAM* → *CNC* → *CMM*. Глодање 3D геометрије сектора у задатим, веома уским толеранцијама, је био посебан и потпуно нов проблем. Материјал од којег су израђени сектори и плагови који формирају магнетне половине је гвожђе веома високог процента чистоће (99,99% Fe). После прве инспекције два од осам сектора су одбачена као шкарт и израђивана су два потпуно нова сектора. Затим су дошли сви претходно описани итеративни кораци.

Чисто гвожђе је, као што је познато, веома мекано и самим тим веома «незгодно» за машинску обраду. Потребна су глодала посебне резне геометрије и посебно прилагођени параметри резања.

Свака промена геометрије после мерења магнетног поља значила је поновно враћање на машинску обраду и поновно веома прецизно позиционирање сектора на глодалицу. Свака нова дорада је повећавала могућност грешке при постављању а «додаци» за обраду су бивали све мањи како је растао број итерација. Сектори имају недовољно праваца за поуздано позиционирање на *CNC* глодалицу јер су клинасте форме у погледу у плану. Стога је генерисан посебан *CNC* програм у коме је глодалица имала улогу мерне машине. Код већине нових (али не и код ове) алатних машина постоји могућност рада са мерном сондом. Произвођачи управљачких јединица развијили су и специјалне *G* функције за потребе међуоперацијских мерења.

4) ЗАКЉУЧАК

Сектори су исечци круга тј. они су ротациони облици (*revolution*) и најлогичније би било да су израђивани на *CNC* карусел стругу. Али у фабрици где су иницијално стругани нема координатне мерне машине! Ово је још један, али не и једини, показатељ да без квалитетне и стручне контроле не можете имати квалитетан погон *CNC* машинске обраде.

Пројектом циклотрона се тражило да се добије квалитетан, контролисан, убрзан до одређеног енергетског нивоа млаз јона који ће на жељеном месту да напусти циклотрон, таласоводом одведе до друге просторије и на крају свог пута да «погоди» мету. Дан свечаног пуштања у погон акцелераторске инсталације «ТЕСЛА» се приближава!

5) ЛИТЕРАТУРА

- S. B. Vorozhtsov, A. S. Vorozhtsov, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, **Russia**
A. Dobrosavljević, P. Beličev, S. Ćirković, A. Ilić, Đ. Košutić, N. Nešković, M. Rajčević, J. Ristić-Đurović, V. Vujović, Lj. Vukosavljević, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, **Serbia** and Montenegro, FINAL SHAPING OF THE MAGNETIC STRUCTURE OF THE VINCY CYCLOTRON, постер, ЈАПАН, 2005. г.
- George Schneider, *CUTTING TOOL APPLICATIONS*, www.toolingandproduction.com/

Abstract

Manufacturing process and geometrical inspections of sectors and plugs for VINCY cyclotron are taken in connections with measured magnetic field. The final shaping of the magnetic structure of the cyclotron has been undertaken to increase the transmission efficiency of the ion beam. Whole process is finished in several iteration: Calculation → Design → Manufacturing → Inspection of Geometry → magnetic field measurement → recalculation → redesign → reshaping → ...

32. JUPITER KONFERENCIJA
32nd JUPITER CONFERENCE

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



POKROVITELJI

Zlatibor, maj 2006.

POKROVITELJI



regionalna privredna komora
regional chamber of commerce
southwestern serbia užice

Regionalna Privredna Komora, Užice



CAD Professional, Beograd

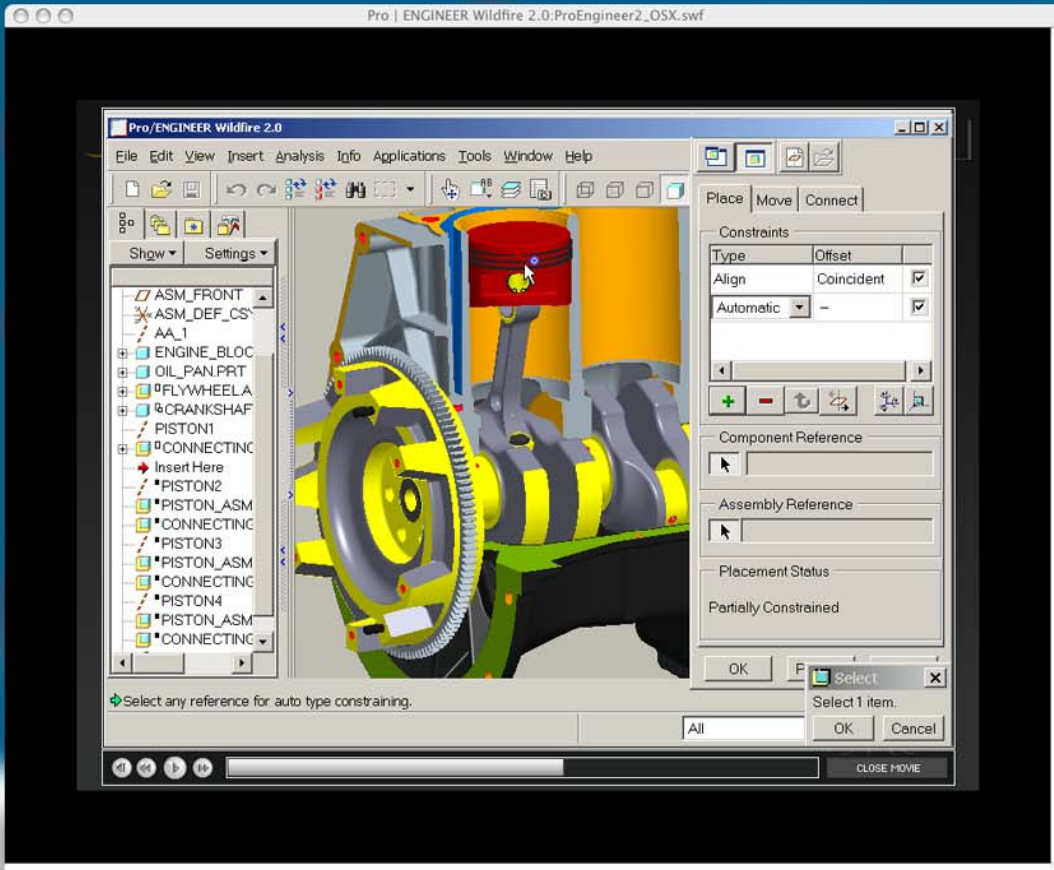


Ikarbus, Beograd



regionalna privredna komora
regional chamber of commerce
south/western serbia **uzice**







Pro|ENGINEER[®]

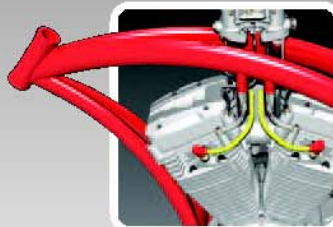
W I L D F I R E[™]

NEVER Compromise.



Bulevar Mihajla Pupina 10 Z/V NP 28
11070 Novi Beograd, Yugoslavia
Tel/Fax: ++381 11 311 52 31, 311 54 59
e-mail: office@cadpro.co.yu

THE PRODUCT DEVELOPMENT COMPANY[™]





IKARBUS



JS" A.D. FABRIKA AUTOBUSA I SPECIJALNIH VOZILA - "IKARBUS" J.S.C. FACTORY OF BUSES AND SPECIAL VEHICLES - "IKARBUS" A.D. FABRIKA AUTOBUSA I SPECIJALNIH VOZILA

3 x E

Efektivnost - Ekonomičnost - Ekologija

IKARBUS AD - Fabrika autobusa i specijalnih vozila najveći je jugoslovenski proizvođač svih tipova autobusa. Od 1923. godine, kada je osnovan IKARUS kao prva fabrika aviona na Balkanu, proizvedeno je preko 1000 aviona i oko 20.000 autobusa.

Danas IKARBUS ima oko 1000 zaposlenih i proizvodi kompletnu gamu gradskih, prigradskih, međugradskih i turističkih autobusa. Vozila su modernog dizajna, sa tehničko-tehnološkim rešenjima po svetskim standardima. Svi modeli autobusa imaju motore EURO-2 i EURO-3 vodećih evropskih proizvođača sa smanjenom emisijom štetnih materija i buke, koji zadovoljavaju sve važeće međunarodne ekološke propise.

Nastup na svetskom tržištu je imperativ današnjeg poslovanja IKARBUSA, jer kapaciteti fabrike (1000 autobusa godišnje) premašuju potrebe domaćeg tržišta. Pored velikog broja domaćih dobavljača, IKARBUS ima i dugogodišnju saradnju sa renomiranim evropskim kompanijama, među kojima posebno sa MAN-om, "Rabom" i "Mercedesom".



1923-2003

IKARBUS

80
IKARBUS

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)

ZBORNİK radova = Proceedings

[Elektronski izvor] / 25. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala [i] 19. simpozijum CAD/CAM [i] 28. simpozijum NU - ROBOTI - FTS [i] 34. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala [i] 12. simpozijum Menadžment kvalitetom [sve ovo u okviru] 32. Jupiter konferencija, Zlatibor, maj 2006. ; organizator Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu. - Elektronski tekstualni podaci. - Beograd : Mašinski fakultet Univerziteta, 2006 (Beograd : Planeta print). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) : tekst, slika ; 12 cm

Radovi na srp., engl. i rus. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200.
- Str. V-VI : Predgovor / Radovan Puzović = Preface / Radovan Puzović.
- Nasl. sa naslovnog ekrana. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz većinu radova. - Registar. - Summaries.

ISBN 86-7083-557-6

1. Уп. ств. насл. 2. Јупитер конференција (32; 2006; Златибор)
3. Симпозијум СИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала (25 ; 2006 ; Златибор) 4. Симпозијум САД/САМ (19 ; 2006 ; Златибор) 5. Симпозијум НУ - РОБОТИ - ФТС (28 ; 2006 ; Златибор) 6. Симпозијум Управљање производњом у индустрији прераде метала (34 ; 2006 ; Златибор) 7. Симпозијум Квалитет (12 ; 2006 ; Златибор)
а) СИМ системи - Зборници б) САД/САМ 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 130472204

ISBN 86-7083-557-6



9 788670 835573 >