

6. Programsko rešenje – sistem **PROTEH-R**

Na osnovu analize teoretskih postavki projektovanja tehnoloških procesa, mogućnosti primene računara, logike razvijenih CAPP sistema, postavljenih zahteva i uspostavljenog modela sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa za klasu rotacionih delova, razvijen je softverski paket PROTEH-R (slika 6-1).



Slika 6-1. Naslovni ekran sistema PROTEH-R

6.1. Opis sistema

PROTEH-R je CAPP sistem višeg nivoa za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa za klasu rotacionih delova koja se obrađuju na strugu. Sistem je zasnovan na interaktivnom radu projektanta tehnološkog procesa. Obuhvata izbor dodataka za obradu i priprema, definisanje materijala dela, formalno opisivanje dela, automatizovani izbor operacija i zahvata sa određivanjem njihovog redosleda, izbor alata, automatizovani izbor režima i proračun vremena obrade, kao i generisanje tehnološke dokumentacije. (Babić J., 2001).

Sistem PROTEH-R je razvijen pomoću MS Access-a 2000 na PC - pentium računaru u Windows okruženju.

Sistem PROTEH-R sadrži više programskih modula napisanih u VBA (Visual Basic for Applications) jeziku. Programski moduli sadrže pravila za pretraživanje tabela materijala, dodataka za obradu, alata, preporučenih vrednosti režima obrade i dr., kao i pravila projektovanja tehnoloških procesa, sadržanih u bazi znanja.

6.1.1 Modul za izbor dodatka za obradu i izbor priprema

Na prvoj PROTEH-R "stranici" koju tehnolog "ispisuje", potrebno je preuzeti CAD model dela (urađen u nekom CAD paketu) u deo forme predviđen za crtež dela i zatim, definisati osnovne podatke o delu (identifikacioni broj, naziv dela, tip proizvodnje, vrsta polufabrikata, materijal, itd.) (slika 6-2).

Materijal se određuje na osnovu specifikacije date na crtežu dela. Projektant tehnološkog procesa u polje za oznaku materijala, upisuje odgovarajući podatak prema standardu (JUS, DIN, AIS/SAE/ASMT, GOST) na osnovu koga se, iz odgovarajućih tabela, određuje grupa/podgrupa pripadnosti materijala i osnovna mehanička svojstva i hemijski sastav tog materijala (slika 6-2).

Crtez dela

Ident broj: 555
 Naziv dela: DEO 1
 Tip proizvodnje: Velikoserijska - masovna
 Vrsta polufabrikata: šipka

Materijal: JUS C 0645 Grupa: 1 Podgrupa: 3
 HB: 170-195 Rm [N/mm2]: 600-720

Pomoć za izbor materijala

Grupa	1	Co		Te	
Podgrupa	3	Ti		Ostali	
C	0.2	W		JUS	C 0645
Al		Al		DIN 17007	1.0050
Cr		Cr		DIN 17006	21.50-2
Mn		Fe		AIS/SAE/ASMT	
V		Mp		GOST	06
Ni		Zn		Rm	600-720
Si		Sn		HB	170-195
P	0.02	Su			

Unesite oznaku materijala za standard po kojem vršite pretraživanje

JUS oznaka materijala: C 0645
 DIN 17007:
 DIN 17006:
 AIS/SAE/ASMT:
 GOST:

Slika 6-2. Forma za osnovne podatke dela i izbor materijala

Projektant tehnološkog procesa, zatim, otvara podformu za izbor dodatka za obradu i zadaje opšte podatke o polufabrikatu (klasa tačnosti, način sečenja) i dužina izratka (slika 6-3).

Sledi opis površina koje se obrađuju. Za svaku površinu se zadaje: redni broj površine, nazivni prečnik, vrsta obrade (poprečna spoljašnja, uzdužna spoljašnja, uzdužna unutrašnja...) i završna obrade (gruba, fina, brušenje).

Dodaci za obradu se automatski određuju, odnosno biraju iz odgovarajućih tabela i ispisuju u liniji odgovarajuće površine. To su:

- dodaci za spoljašnje i unutrašnje grubo i fino struganje,
- dodaci za poprečno grubo i fino struganje,

- dodaci za obradu otvora (proširivanje, grubo i fino razvrtanje),
- dodaci, odnosno širine noževa za usecanje i odsecanje,
- dodaci za brušenje.

Crtez dela

Ident broj: 555
 Naziv dela: DGO 1
 Tip proizvodnje: Velikoserijska - masovna
 Vrsta polufabrikata: šipka

Materijal Dodaci za obradu Opis dela Tehnološki postupak

Tačnost: Povišena Ukupna dužina izratka: 145 Secenje: odsecanje je zahvat na strug

Red br površine	Prečnik	Vrsta obrade	Završna obrada	δ_1	δ_2	δ_3
10	80	Poprečna sp	Gruba	2	0	0
20	80	Uzdružna sp	Gruba	2,5	0	0
30	80	Uzdružna sp	Fina	2,5	1	0
40	45	Uzdružna sp	Fina	2	0,9	0

Record: 14 of 1 of 5

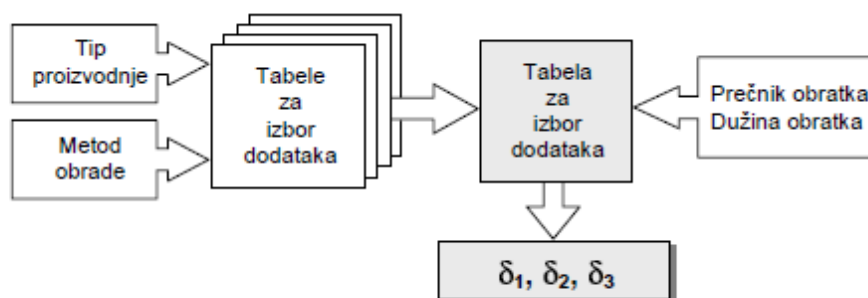
Izbor polufabrikata: Max. spoljašnji prečnik: 82,5 Dužina pripremla: 165

Širina noža za odsecanje: 5 Prečnik pripremla: 80 Sledeći Potvrda izbora

Slika 6-3. Forma za izbor dodatka za obradu i pripremla

Sve tabele dodatka za obradu postoje kao varijante za pojedinačnu i maloserijsku, odnosno masovnu i velikoserijsku proizvodnju. Izbor dodatka se vrši na osnovu tipa proizvodnje, metoda obrade, prečnika obrade, dužine obratka i tipa završne obrade. Dodaci su dati za normalnu NT i povišenu PT klasu tačnosti šipkastog polufabrikata.

Model izbora dodatka za obradu (grubu - δ_1 , finu - δ_2 i završnu - δ_3) prikazan je na slici 6-4.



Slika 6-4. Model za izbor dodatka za obradu

Posle izbora dodataka za obradu, u modulu se određuju računске mere priprema. Za rotacione delove one se dobijaju sabiranjem nominalnih mera i odgovarajućih dodataka u aksijalnom i radijalnom pravcu.

Ukoliko je pripremak standardni polufabrikat u istom modulu se vrši i izbor standardnih mera polufabrikata iz tabele standardnih priprema. Najveći računski prečnik se standardizuje do prve veće standardne mere šipkastog okruglog polufabrikata. Za ostale profile (kvadratne i šestougaone) računске mere priprema se uklapaju u najbliže standardne profile.

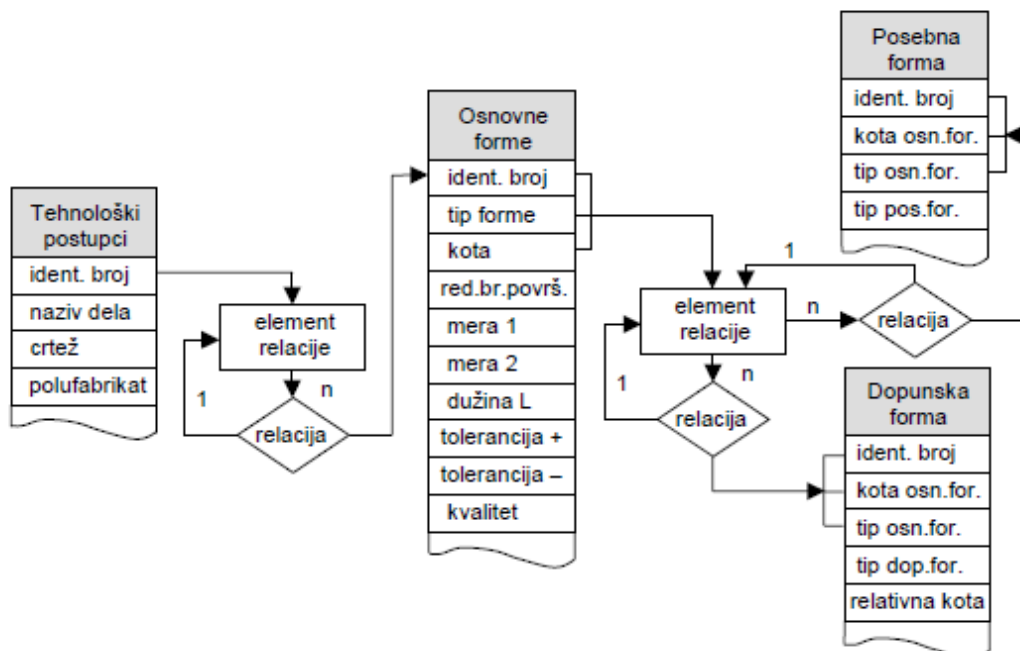
Pri određivanju dužine priprema iz tabela se automatski bira širina noža za odsecanje, ukoliko se radi o odsecanju polufabrikata.

U poslednjem koraku u modulu, projektant tehnološkog procesa vrši potvrdu izabranih dodataka za obradu i mera priprema.

6.1.2 Modul za formalni opis dela

U modulu za formalni opis dela se definišu:

- osnovni tipove formi (cilindar, konus, otvor, ...),
- dopunske forme (oborena ivica, žleb, zaobljenje, ...),
- posebne forme (navoj, nareckana površina).



Slika 6-5. Tabele za opis dela i njihove relacije

Projektant definiše osnovne forme posmatrajući deo sleva nadesno, sa koordinatnim početkom u krajnjoj levoj tački dela, za njih odmah "vezuje" dopunske i posebne forme ako ih deo ima. Pri definisanju parametara koji opisuju formu automatski se preuzimaju podaci uneti pri izboru dodatka za obradu (redni broj površine i prečnik).

Forme se mogu posmatrati kao unutrašnje i spoljašnje i pri njihovom opisivanju svakoj formi se pridružuju odgovarajući atributi. Atributi su tip forme, dužina forme, prečnik, kvalitet obrade, tolerancije mera, redni broj površine... Redni broj površine pravi vezu sa tabelom generisanom u modulu za izbor dodatka.

Atributi se smeštaju u određene tabele. Međusobne relacije između tabela prikazane su na slici 6-5. Relacije su tipa jedan prema n . To znači da se za jedan slog određenog dela, u tabeli tehnoloških postupaka, vezuje više (n) slogova koji opisuju pojedinačne forme, u tabeli osnovnih formi. Dalje se za svaku osnovnu formu može vezati po više slogova u tabelama posebnih, odnosno dopunskih formi. Obrazac za formalni opis dela prikazan je na slici 6-6.

Slika 6-6. Obrazac za formalni opis dela

6.1.3 Modul za izbor metoda obrade i određivanje redosleda obrade

Tehnološki postupak se generiše na osnovu prethodno definisanih podataka o delu i to, kroz nekoliko koraka:

- klasifikacija dela,
- određivanje orijentacije dela,
- izbor zahvata,
- određivanje redosleda zahvata.

Ident broj: 555
 Naziv dela: DEO 1
 Tip proizvodnje: Velikoserijska - mešovita
 Vrsta polufabrikata: šipka

Crtez dela

Materijal: Dodatak za obradu | Opis dela | Tehnološki postupak

Klasifikacija dela: Spoljni oblik: Jednostrano stepenast | Orijentacija: desni

Redosled obrade: Rezimi

Operacija	Zahvat	Opis zahvata	Metod obrade	D	L	Dul.
10	5	Slezanje na fi 60			0	0
10	10	Čeona obrada fi 45	Struganje	Poprečno	Gruba	N9 90 23
10	15	Grubo uzdužno struganje fi 60 L= 145	Struganje	Uzdužno	Gruba	N9 90 145
10	20	Grubo uzdužno struganje fi 60 L= 95	Struganje	Uzdužno	Gruba	N10 80 95
10	25	Grubo uzdužno struganje fi 45 L= 95	Struganje	Uzdužno	Gruba	N10 61 95
10	30	Fino uzdužno struganje fi 60 L= 60	Struganje	Uzdužno	Fina	N7 61 60

Slika 6-7. Forma za određivanje tehnološkog postupka

Klasifikacija dela obuhvata automatsko određivanje klase spoljašnjeg oblika dela (jednostrano stepenast, konveksno stepenast, konkavno stepenast, itd.). Određivanje **orijentacije dela** podrazumeva određivanje površina za baziranje dela (promena desne i leve strane obratka) i analiziranje prilaza alata. Sledi automatski izbor vrsta zahvata (čeona gruba/fina, uzdužna gruba/fina, itd.) i automatsko određivanje njihovog redosleda. Projektant ima mogućnost da, po potrebi, "ručno" dodaje ili briše zahvate, menja redosled obrade i sl.

Redosled obrade zavisi od klase dela, a za svaku klasu postoje pravila za utvrđivanje redosleda obrade. Na osnovu usvojenog metoda obrade u obrascu (slika 6-7) automatski se ispisuju nazivi zahvata. Takođe se određuje prečnik na koji se vrši obrada i dužina obrade, pri čemu se koriste podaci iz tabela za opis dela. Kvalitet obrade za pojedine površine se preuzima iz tabele za opis dela za slučaj završne obrade, a usvaja se N10 (prema preporuci) (Kalajdžić *et al*, 2001) za zahvate prethodne obrade. Istovremeno se određuje i dubina rezanja pri čemu se vodi računa o prethodno izvršenim zahvatima.

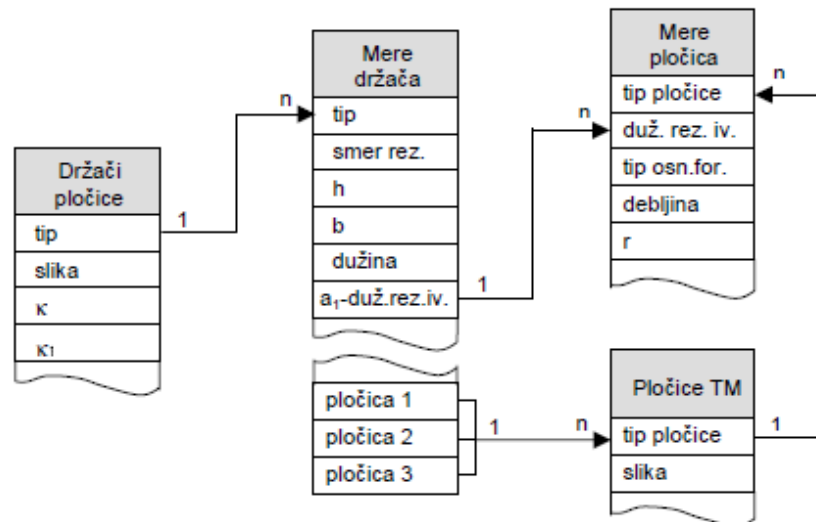
6.1.4 Modul za izbor alata

U modulu za izbor alata projektant tehnološkog procesa bira držač i pločicu alata iz baze alata. Pri izboru držača pločice bira se standardni držač u skladu sa tipom zahvata i oblikom dela pri čemu se vodi računa o maksimalnom preseku držača koji mašina može da prihvatiti.

Pri izboru alata koriste se:

- tabela držača pločice,
- tabela pločica,
- tabela mera držača,
- tabela mera pločica.

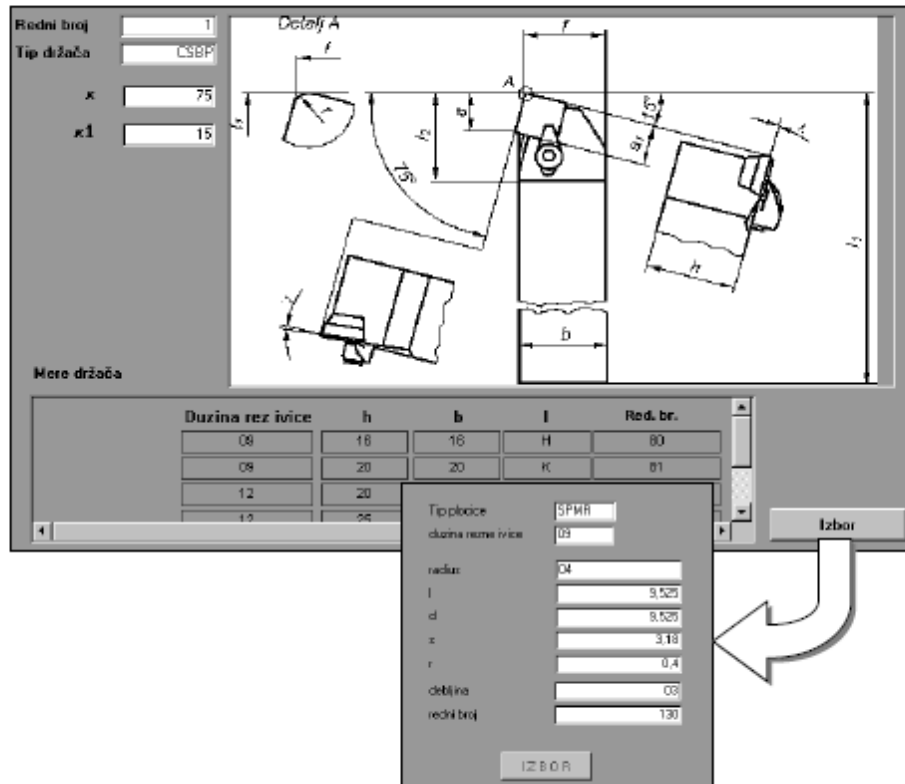
Međusobne relacije između tabela prikazane su na slici 6-8. Relacije su tipa jedan prema n . To znači, npr., da se za jedan slog određenog držača, u tabeli držača pločice, vezuje više (n) slogova mera držača, u odgovarajućoj tabeli. Preko oznaka pločica koje odgovaraju tom držaču dalje se uspostavlja veza sa tabelom pločica. Slog pločice je preko tipa pločice, relacijom jedan prema n , povezan sa slogovima mera pločica. Veza između tabela mera držača i mera pločica, preko polja dužina rezne ivice, obezbeđuje da se izbor pločica za određeni tip držača "suži" na pločice odgovarajućih dimenzija.



Slika 6-8. Relacije između tabela koje sadrže podatke o alatima

Pri selektovanju polja za oznaku alata, u formi za određivanje tehnološkog postupka, projektant tehnološkog procesa "dobija" formu za izbor tipa držača (slika 6-9). Projektant vrši izbor tipa držača u skladu sa vrstom obrade (spoljašnja, unutrašnja, navoji, gruba, fina, i sl.) i oblikom dela (cilindričan, stepenast i sl.). Dalje je potrebno odrediti dimenzije za izabrani tip držača. Pri izboru mera držača treba voditi računa o potrebnoj dužini sečiva, u zavisnosti od dubine rezanja. Sledi izbor pločice iz grupe pločica koje odgovaraju odabranom držaču. Podaci u modulu su organizovani tako da se korisniku preporučuju pločice koje odgovaraju izabranom držaču po tipu i dimenzijama.

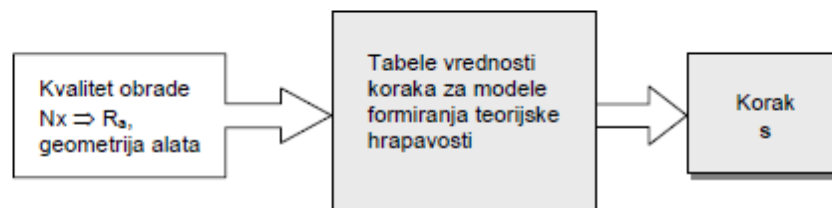
Imajući u vidu da se radi o obradi rotacionih delova na NC mašinama za period postojanosti usvaja se $T = 30$ min i korekcionni faktor za brzinu rezanja $\kappa_T = 1$ (Kalajdžić et al, 2001).



Slika 6-9. Forma za izbor alata

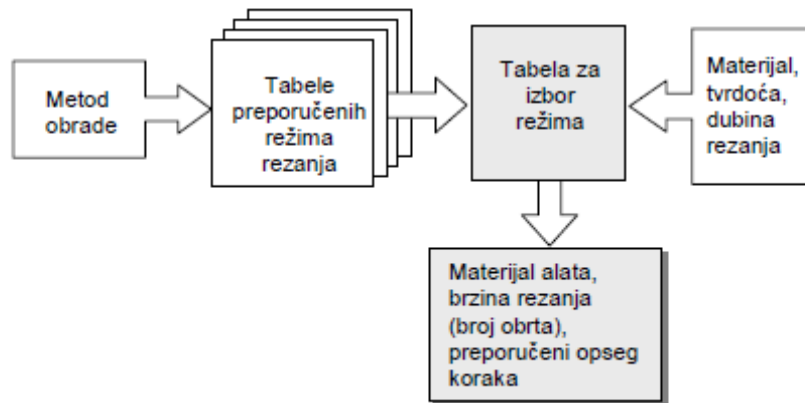
6.1.5 Modul za izbor režima i proračun vremena obrade

U skladu sa tehnološkim postupkom, na osnovu dobijenih podataka iz prethodnih modula, projektant tehnološkog procesa vrši izbor režima obrade (korak, broj obrta, broj prolaza). Izbor režima, za sve zahvate, se automatski obavlja iz tabela preporučenih režima (Kalajdžić et al, 2001).



Slika 6-10. Model za izbor koraka

Za obradu struganjem **korak** se određuje na osnovu kvaliteta obrade (N_x), tj. hrapavosti R_a i geometrije alata (napadni ugao κ , i pomoćni napadni ugao κ_1) (slika 6-10). Izbor se vrši iz tabele za odgovarajući model hrapavosti. Na osnovu izabranog koraka određuje se merodavni korak, a to je prvi manji broj zaokružen na dve decimale (NC mašina).



Slika 6-11. Model za izbor brzine rezanja

U skladu sa materijalom obratka, dubinom rezanja, korakom i materijalom alata iz tabela preporučenih režima obrade bira se nominalna brzina rezanja v_n . Uporedo sa brzinom rezanja definiše se i kvalitet materijala alata, a takođe se proverava i da li je usvojeni korak u preporučenom opsegu koraka (slika 6-11). **Budući da se obrada vrši na NC mašini nije potrebno vršiti popravku brzine rezanje ($v_T = v_n \cdot k_T$, $k_T = 1$).**

Metod obrade	D	L	Dubina	Drzac	Plucica	i	s	n	tg				
			0	0	0		0	0	0				
Struganje	Pozicno	Gruba	N9	90	23	1,2	CSBPRL161609	SPGR0900	P20	1	0,28	691	0,13
Struganje	Uzdužno	Gruba	N9	90	145	3	CSBPRL161609	SPGR0900	P20	1	0,28	435	1,19
Struganje	Uzdužno	Gruba	N10	80	95	8,5	CSBPRL161609	SPGR0900	P20	2	0,41	485	0,47
Struganje	Uzdužno	Gruba	N10	61	35	7,55	CSBPRL161609	SPGR0900	P20	1	0,41	542	0,13
Struganje	Uzdužno	Fina	N7	61	60	0,5	CTPRL101003	DWR0200	P10	1	0,1	1122	0,53

Slika 6-12. Forma za određivanje tehnološkog postupka (deo za izbor režima)

Računski broj obrta se određuje prema formuli (5.2). Merodavni broj obrta $n_r \rightarrow n$ [o/min] predstavlja prvu manju celobrojnu vrednost (NC mašina).

Na osnovu utvrđenih parametara režima obrade: korak, broj obrta i broj prolaza, određuje se glavno vreme obrade prema formuli (5.5).

Postupak određivanja parametara režima obrade sprovodi se automatski za sve zahvate za koje su prethodno definisani potrebni podaci (prečnik obrade, dužina obrade, dubina rezanja, alati, itd.), pritiskom na "dugme" "Režimi" u formi za određivanje tehnološkog postupka (slika 6-12).

6.1.6 Modul za generisanje tehnološke dokumentacije

U modulu za generisanje tehnološke dokumentacije, projektant tehnološkog procesa, po potrebi, formira različite tipove izveštaja (tehnološki postupak, operacione liste, plan alata i sl.). Međusobne relacije između tabele tehnološki postupci, tabele usvojenih dodataka za obradu i tabele zahvata prikazane su na slici 6-13. Relacije su tipa jedan prema n . To znači da se za jedan slog tehnološkog postupka, vezuje više (n) slogova dodataka za obradu, kao i više slogova zahvata.



Slika 6-13. Relacije između tabela tehnološkog postupka

6.2. Tehničke karakteristike sistema

Sistem PROTEH-R je razvijen pomoću MS Access-a 2000 na PC - pentium računaru u Windows okruženju.

Sadrži više programskih modula koji su napisani u VBA (Visual Basic for Applications) jeziku, sedamdeset jednu tabelu sa podacima (dodaci za obradu, materijali, alati, preporučeni režimi obrade, itd.), dvadeset osam formi (komunikacija sa sistemom), deset upita (pretraživanje i generisanje izveštaja). Programski moduli integrišu pravila

projektovanja tehnoloških procesa. U prilogu 2 su dati ključni programski moduli za klasifikaciju dela, određivanje redosleda obrade i izbor režima obrade.

Baza podataka (baza materijala, baza dodataka za obradu i priprema, baza alata, baza preporučenih režima obrade) je formirana prema podacima iz (Kalajdžić *et al*, 2001).

Sistem je jednostavan za korišćenje. Funkcionalne celine su organizovane u skladu sa redosledom aktivnosti projektovanja tehnološkog postupka. Sistem na logičan način "vodi" projektanta kroz module projektovanja i "zahteva" od njega unošenje odgovarajućih podataka, odnosno, aktiviranje određenih funkcija (pritiskom na odgovarajuće "dugme"). Projektant može, po potrebi, ispravljati (editovati) generisane zahvate.

Modularna koncepcija sistema čini sistem otvorenim za nadogradnju. Uvođenjem novih modula, npr. modula za izbor mašina i modula za generisanje NC koda, sistem je moguće jednostavno proširiti i tako podići nivo performansi sistema.

Sistem je moguće koristiti u računarskoj mreži i WEB okruženju, a takođe se može povezati sa sistemima za projektovanje proizvoda (CAD) i planiranje i upravljanje proizvodnjom (PP).

6.3. Povezivanje sa sistemima za projektovanje proizvoda i planiranje proizvodnje

Razvoj proizvodnih sistema u 21. veku jeste/biće uslovljen karakteristikama koje se mogu grupisati u, za sada, tri velike grupe:

- modularnost,
- standardizacija,
- integrabilnost,
- proizvodni koncepti.

Modularnost proizvoda, kao osnovna karakteristika procesa projektovanja proizvoda, imaće za posledicu uspostavljanje modularnosti tehnoloških procesa, mašina, proizvodnih sistema, itd.

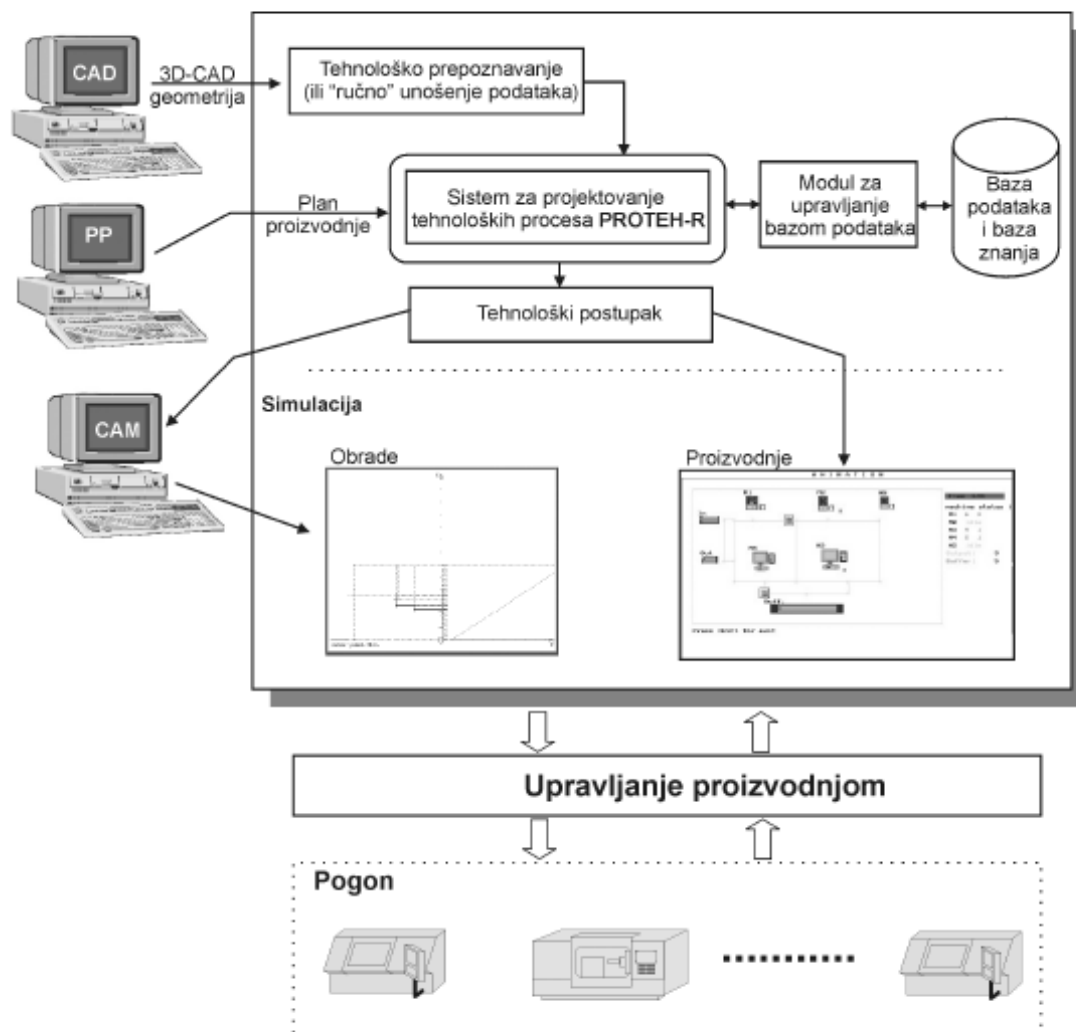
Standardizacija hardvera i softvera, već sada, predstavlja uslov za prilagođavanje proizvodnog sistema potrebama novog okruženja.

Integrabilnost je sposobnost povezivanja pojedinih sistema/modula sa drugim sistemima/modulima uz razvoj odgovarajućih interfejsa.

Novi proizvodni koncepti podrazumevaju holonske tehnološke sisteme, agilne tehnološke sisteme i druge.

Budući, da su obradni sistemi uglavnom statičke kategorije, novi proizvodni koncepti se najčešće zasnivaju na modularnosti softvera i otvorenoj arhitekturi upravljanja proizvodnjom.

Sistem PROTEH-R podržava opisanu koncepciju kroz sposobnost integracije sa sistemima za projektovanje proizvoda i planiranje i upravljanje proizvodnjom (slika 6-13). Veza sa sistemom za projektovanje proizvoda (CAD) se može ostvariti preko modula za tehnološko prepoznavanje i interpretaciju 3D geometrije, čime se obezbeđuje preuzimanje tehničkih podataka o delu. Ekonomski parametri se dobijaju iz sistema za planiranje proizvodnje (PP), dok su tehnološki uslovi sadržani u bazi podataka samog sistema PROTEH-R. Tehnološki postupak, kao izlaz iz sistema za projektovanje tehnoloških procesa, predstavlja ulaz za sistem za generisanje NC programa (CAM).



Slika 6-14. Povezivanje sistema PROTEH-R sa drugim sistemima

Nivo simulacije obuhvata sistem za simulaciju obrade i sistem za simulaciju proizvodnje. Verifikacija NC programa se vrši pomoću modula za simulaciju obrade i predstavlja kontrolu generisane putanje vrha alata. Sistem za simulaciju proizvodnje omogućuje kreiranje virtuelnog proizvodnog pogona. Na osnovu generisanih tehnoloških postupaka i podataka iz pogona, pored analize celokupnog tehnološkog procesa, sistem daje osnove za optimizaciju tehnoloških postupaka u skladu sa raspoloživim resursima u pogonu.

Karakteristike jednog ovakvog integralnog sistema su:

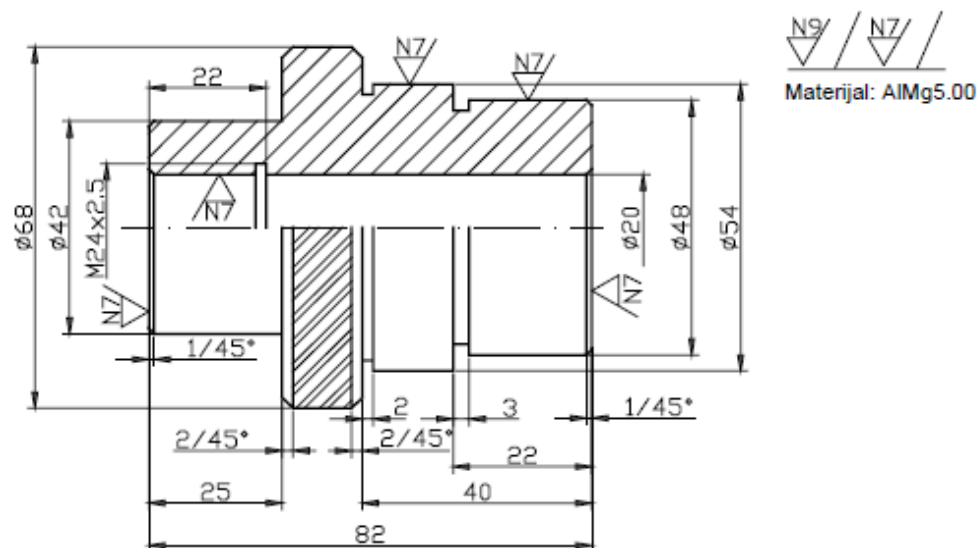
- sposobnost brze adaptacije postojeće strukture promenama u proizvodnji,
- mogućnost autonomnog usavršavanja i razvijanja komponenti sistema,
- kooperativnost između unutrašnjih ili spoljnih komponenti sistema.

Opisani integralni sistem doprineo bi prevazilaženju problema kao što su: gubitak informacija, povećano vreme projektovanja proizvoda, smanjenje kvaliteta i povećanje vremena proizvodnje, koji se javljaju kao posledica nezavisnog razvoja sistema za projektovanje proizvoda, projektovanje tehnoloških procesa i upravljanje proizvodnjom (Tonshoff, Woelk, 2002).

7. Primeri

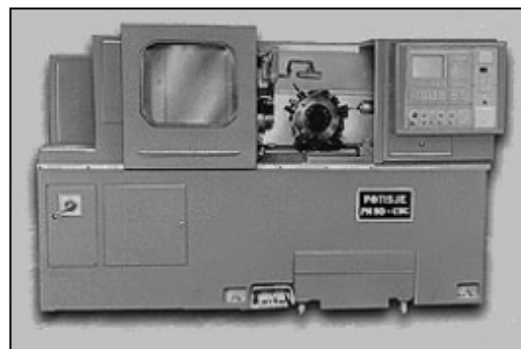
7.1. Primer 1

Za deo dat na slici 7-1, projektovan je tehnološki proces obrade primenom sistema PROTEH-R. Obrada se izvodi u uslovima pojedinačne proizvodnje.



Slika 7-1. Specijalna čaura

Mere na crtežu su date bez oznaka tolerancija, pa se za dozvoljena odstupanja mera uzimaju tolerancije slobodnih mera. Budući da se obrada izvodi u uslovima pojedinačne proizvodnje, pripremak je standardni šipkasti polufabrikat normalne tačnosti. Obrada se vrši na strugu Potisje PH42-CNC (upravljačka jedinica SINUMERIK 810-T) (slika 7-2) sa tehničkim karakteristikama datim u tabeli 7-1 (Kalajdžić *et al*, 2001).



Slika 7-2. Strug Potisje PH42-CNC

Tabela 7-1. Tehničke karakteristike struga Potisje PH42-CNC

MODEL		PH42-CNC	
PROIZVOĐAČ		POTISJE	
POREKLO		YU	
Max. prečnik obratka	mm	200	
Max. dužina obratka	mm	450	
Glavno vrteno (1)	Snaga pogonskog motora	kW	16
	Oblast regulisanja br. obrta	min ⁻¹	19-8000
	Max. moment na G.V.	Nm	98.5
	Unutrašnji prečnik	mm	42
	Prirubnica (oblik i veličina)		DIN55027 5x135
	Veličina stezne glave		140,160,175
	Stežanje elast. čaurom		max Ø42
Gl. vret. (2)	Snaga pogonskog motora	kW	-
	Oblast regulisanja br. obrta	min ⁻¹	-
	Max. moment na G.V.	Nm	-
	Uzdužni hod	mm	-
Revolver iza ose	Hodovi X / Z	mm	120/340
	Brzine (brzi hod) X / Z	m/min	2/6
	Max. vučna sila X / Z	kN	8/12
	Broj alata		13
	Prihvati alata		DIN69880-30
	Max presek drške noža	mm	20x20
Revolver ispred ose	Hodovi X / Z	mm	-
	Brzine (brzi hod) X / Z	m/min	-
	Max. vučna sila X / Z	kN	-
	Broj alata		-
	Prihvati alata		-
	Max. presek drške noža	mm	-
	Snaga motora gonjenih alata	kW	-
	Oblast br.obrta gonjenih alata	min ⁻¹	-
Nosać zad. šilj	Automatsko pozicioniranje		-
	Hod pinole	mm	80
	Max.aksijalna sila na pinoli	kN	5.0
	Konus u pinoli		MK2
	Gabariti L x B x H	m	2.9 x 1.75 x 2.0
	Masa mašine ¹⁾	kg	5000

Projektovanje tehnološkog postupka sprovedeno je u skladu sa procedurom koja je detaljno objašnjena šestom poglavljju.

Prvi korak projektovanja tehnološkog procesa predstavlja preuzimanje crteža dela (iz nekog CAD sistema) u deo forme predviđen za crtež dela i zatim, definisanje osnovnih podataka o delu (identifikacioni broj, naziv dela, tip proizvodnje, vrsta polufabrikata) (slika 7-3).

7.1.1 Određivanje materijala i mera priprema

7.1.1.1 Materijal

Oznaka za materijal dela AIMg5.00 se upisuje u odgovarajuće polje za JUS oznaku i dobijaju se karakteristike za mehanička svojstva: $R_m = 230 - 310 \text{ N/mm}^2$, HB=50-85 (slika 7-3).

Ident broj

Naziv dela

Tip proizvodnje

Vrsta polufabrikata

Crtez dela

Materijal **Dodaci za obradu** **Opis dela** **Tehnoloski postupak**

JUS **Grupa** **Podgrupa**

HB **Rm [N/mm2]**

Pomoć za izbor materijala

Slika 7-3. Ekran sa osnovnim podacima o delu i materijalu

7.1.1.2 Izbor dodatka za obradu

U modulu za izbor dodatka za obradu se prvo definiše tačnost priprema standardnog šipkastog polufabrikata (normalna), ukupna dužina izratka (82 mm) i zadaje način sečenja priprema (sečen na odgovarajuću dužinu).

Saglasno zadatim klasama za kvalitet površina u sistemu PROTEH –R se određuje broj i vrsta potrebnih zahvata za svaku površinu i biraju dodaci za obradu. Za svaku površinu se zadaje redni broj površine, nazivni prečnik, bira se vrsta obrade i tip završne obrade iz padajućih menija (slika 7-4). Sistem PROTEH –R automatski

Materijal **Dodaci za obradu** **Opis dela** **Tehnoloski postupak**

Tačnost **Ukupna dužina izratka** **Sečenje**

Red br površine	Prečnik	Vrsta obrade	Završna obrada	δ1	δ2	δ3
10	42	Poprečna sp	Fina	1,5	0,9	0
20	42	Uzdružne sp	Gruba	2,5	0	0
30	68	Uzdružne sp	Gruba	3,5	0	0
40	54	Uzdružne sp	Fina	3,5	1,5	0
50	48	Uzdružne sp	Fina	3	1,3	0
60	48	Poprečna sp	Fina	1,5	0,9	0
70	20	Unutrašnje uzd.	Fina	0	1,4	0

Record: 14 of 7

Izbor polufabrikata **Max. spoljašnji prečnik** **Dužina priprema**

Širina noža za odsecanje **Prečnik priprema** **Sledeći** **Potvrda izbora**

Slika 7-4. Ekran sa izborom dodatka za obradu i priprema

određuje odgovarajuće dodatke za svaki zahvat. Na osnovu izabranih dodataka za obradu i nominalnih mera gotovog dela dobijaju se računске mere priprema. Najveći računski prečnik (71.5 mm) se standardizuje (pritiskom na "dugme" "Izbor polufabrikata") na prvi veći broj saglasno podacima u bazi standardnih polufabrikata, tako da je prečnik polufabrikata $D_p=75$ mm, a dužina priprema $L_p=87$ mm.

Na kraju ove aktivnosti se prihvatanje ponuđenih podataka potvrđuje preko "dugmeta" "Potvrda izbora".

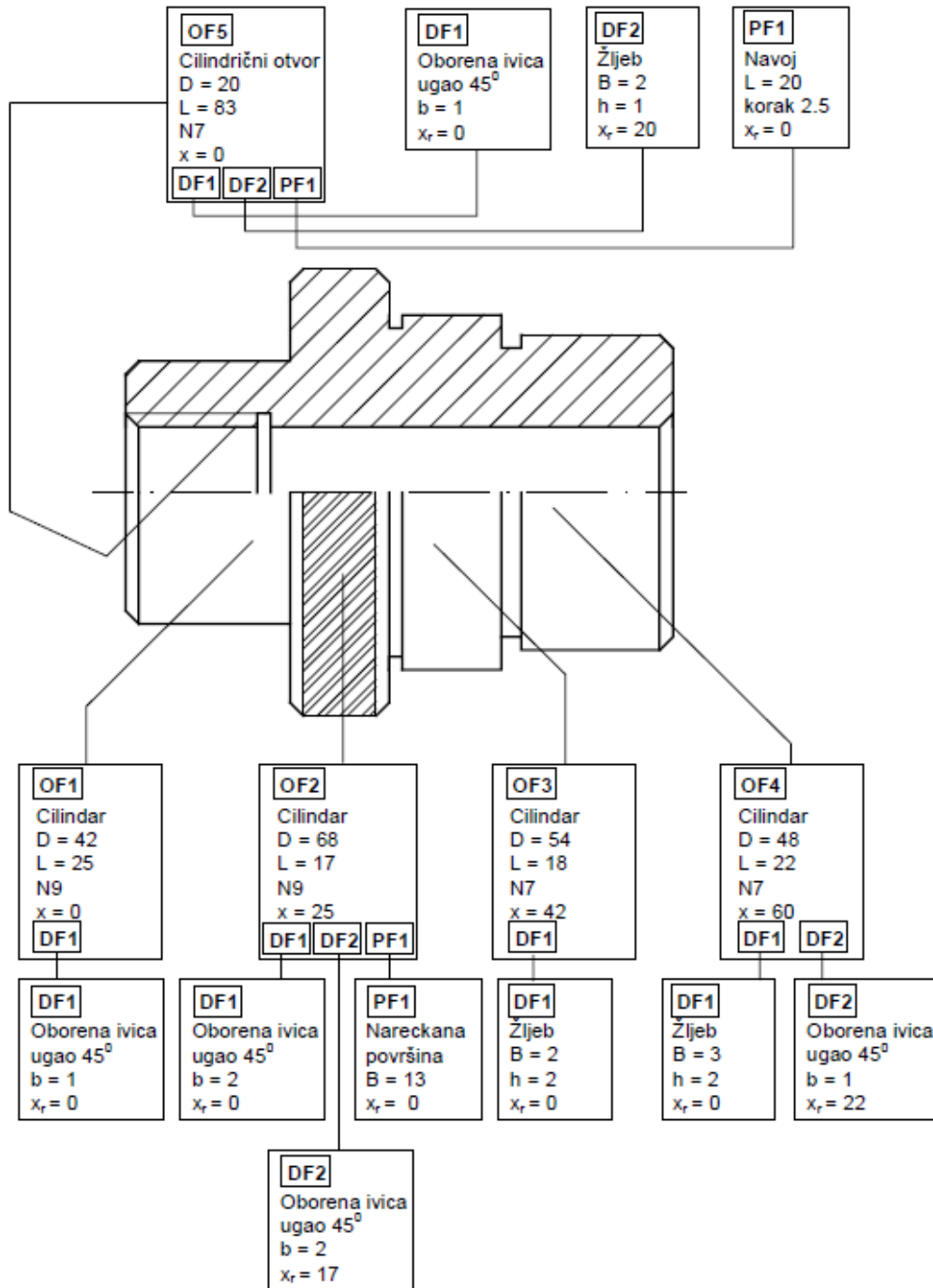
7.1.2 Formalni opis dela

U cilju generisanja redosleda operacija i zahvata potrebno je deo formalno opisati. Na slici 7-5 je prikazan ekran na kojem je definisana jedna forma, dok je na slici 7-6 data kompletna struktura dela, preko osnovnih formi (cilindar), dopunskih formi (oborena ivica) i posebnih formi (nareckana površina).

Slika 7-5. Ekran sa formalnim opisom dela

Slika 7-5 pokazuje kako se definiše osnovna forma OF2 (cilindar). Redni broj površine se bira iz padajućeg menija koji sadrži sve površine dela (bliže je određen nazivnim prečnikom te površine i automatski se prenosi u odgovarajuće polje), a koje su prethodno zadate u modulu za izbor dodataka za obradu. Potrebno je, dalje, uneti apsolutni kotu površine (početna tačka je krajnji levi položaj dela), dužinu forme, tolerancije i kvalitet obrađene površine.

Zatim se u podformi bira vrsta dopunske forme (oborena ivica) i unosi njena relativna kota, ugao i širina oborene ivice. Posebna forma je definisana izborom vrste dopunske forme (nareckana površina) iz padajućeg menija, relativnom kotom, širinom nareckane površine i oznakom standarda koji definiše tip nareckane površine.



Slika 7-6. Formalni opis dela

7.1.3 Redosled operacija i zahvata

Ova faza projektovanje tehnološkog postupka obuhvata klasifikacija dela preko automatskog određivanje klase spoljašnjeg oblika dela (obostrano stepenast-ispupčen) i orijentacije dela (desna orijentacija). Pritiskom na "Redosled obrade" automatski se vrši izbor vrsta zahvata i automatski se određuje njihov redosled.

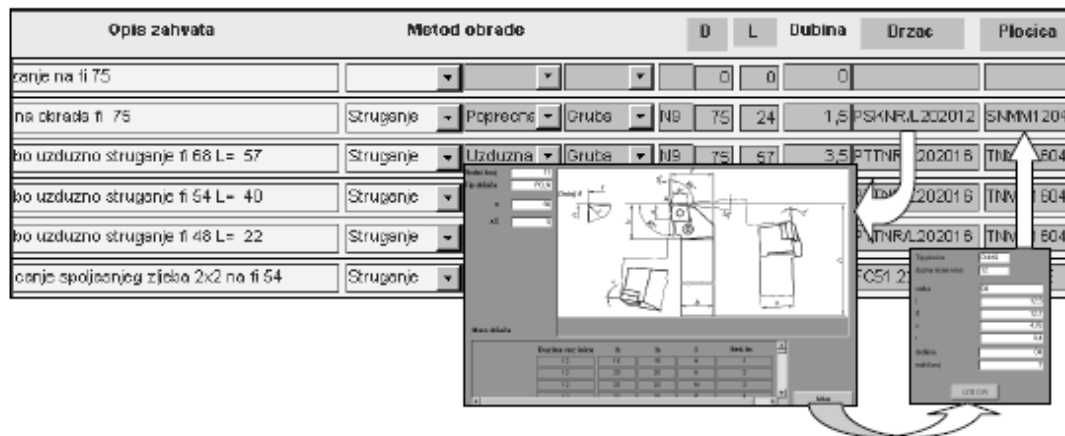
Materijal		Dodaci za obradu		Opis dela		Tehnološki postupak	
Klasifikacija dela		Spoljni oblik		Obostrano stepenast - ispupčen		Orijentacija	
Redosled obrade						Rezimi	
Operacija	Zahvat	Opis zahvata		Metod obrade		D	L
10	5	Stezanje na fi 75				0	0
10	10	Ceona obrada fi 75		Struganje	Poprečno Gruba	N9	75 24
10	15	Grubo uzdužno struganje fi 68 L= 57		Struganje	Uzdužno Gruba	N9	75 57
10	20	Grubo uzdužno struganje fi 54 L= 40		Struganje	Uzdužno Gruba	N10	68 40
10	25	Grubo uzdužno struganje fi 48 L= 22		Struganje	Uzdužno Gruba	N10	56 22
10	26	Usecanje spoljnjeg zijeba 2x2 na fi 54		Struganje	Poprečno Fina	N7	54 2
10	27	Usecanje spoljnjeg zijeba 3x2 na fi 48		Struganje	Poprečno Fina	N7	48 2
10	30	Fino uzdužno struganje fi 54 L= 18		Struganje	Uzdužno Fina	N7	56 18
10	35	Fino uzdužno struganje fi 48 L= 22		Struganje	Uzdužno Fina	N7	49 22
10	36	Zabušivanje		Busenje			2 0
10	37	Busenje otvora fi 18.5 L=62		Busenje		Gruba	N10 18 62
10	38	Fino unutrašnje struganje fi 20 L=62		Struganje	Unutrašno Fina	N7	20 62
10	39	Obranjevice 1,45 na fi 20		Struganje		Fina	N7 20 1
10	40	Obranjevice 1,45 na fi 48		Struganje		Fina	N7 48 1
10	41	Obranjevice 2,45 na fi 68		Struganje		Fina	N7 68 2
10	44	Stezanje na fi 48					0 0
10	45	Ceona obrada fi 42		Struganje	Poprečno Gruba	N9	75 38
10	50	Grubo uzdužno struganje fi 42 L= 25		Struganje	Uzdužno Gruba	N9	75 25
10	55	Obranjevice 2,45 na fi 68		Struganje		Fina	N7 68 2
10	60	Obranjevice 1,45 na fi 42		Struganje		Fina	N7 42 1
10	65	Usecanje unutrašnjeg zlebo 2x2 na fi 20		Struganje		Fina	N7 20 2
10	70	Gruba obrada unutrašnjeg navoja M24		Struganje		Gruba	N9 24 20
10	75	Fina obrada unutrašnjeg navoja m24		Struganje		Fina	N7 24 20
10	80	Nareckivanje na fi 68					68 0
0	0						0 0

Slika 7-7. Redosled operacija, stezanja i zahvata

Na slici 7-7 dat je redosled operacija, stezanja i zahvata koje je generisao sistem PROTEH-R na osnovu formalnog opisa dela. U slučaju serijske proizvodnje dela postojale bi dve operacije koje bi odgovarale stezanjima (prvo i drugo stezanje).

7.1.4 Izbor alata

Obada datog dela se izvodi alatom od tvrdog metala (osim bušenja), gde se koriste držači sa izmenljivim pločicama sa maksimalnim presekom drške 20 x 20 mm. Izbor alata se vrši za svaki zahvat posebno. "Ulaskom" u prazno polje za izbor držača, dobija se forma za izbor tipa držača alata, u okviru koje se pretražuju raspoloživi držači alata u bazi alata i bira odgovarajući tip držača za dati zahvat. Za izabrani tip držača se, zatim, bira pločica alata i automatski upisuje u odgovarajuće polje (slika 7-8). Spisak alata za sve zahvate dat je u izveštaju "Plan alata".



Slika 7-8. Izbor alata (tipa držača i pločice)

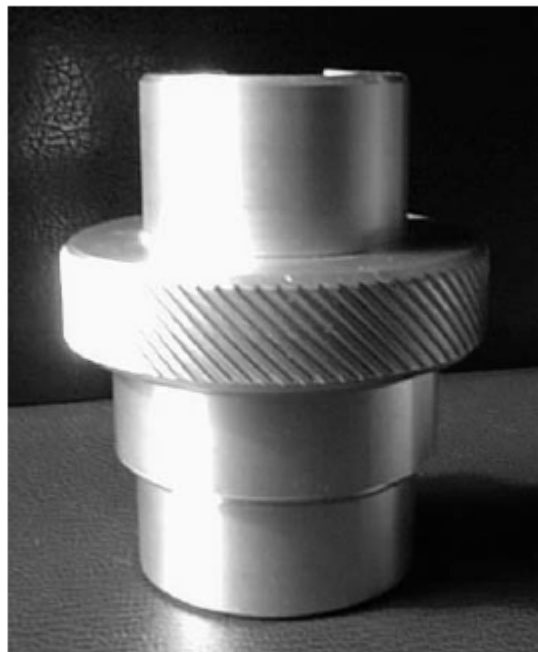
7.1.5 Izbor režima obrade

Izbor režima obrade za sve zahvate se vrši automatski iz baze preporučenih režima, pritiskom na "dugme" "Režimi" (slika 7-7). Izlazni dokument je "Tehnološki postupak".

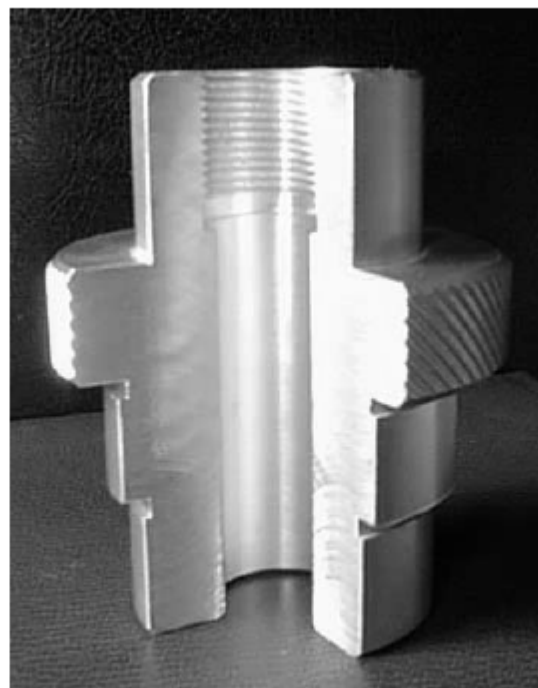
Sistem PPROTEH-R ne podrazumeva generisanje NC koda, jer postoje mnogobrojni razvijeni CAM sistemi koji generišu NC kod. Za deo iz ovog primera je napravljen NC kod ručnim programiranjem i dat je u prilogu 1.

NC program je verifikovan pomoću programa za simulaciju putanje vrha alata, u cilju vizuelne kontrole izlaznih podataka. Grafički prikaz putanje vrha alata je, takođe, dat u prilogu 1.

Na osnovu generisanog tehnološkog postupka, datog u nastavku primera, urađen je probni komad u Zavodu za mašine alatke MF. Obrada je vršena na revolver strugu Potisje PH42-CNC (upravljačka jedinica SINUMERIK 810-T) i gotov deo prikazan je dat na slikama 7-9 i 7-10.



Slika 7-9 Probni komad



Slika 7-10 Probni komad - presek

Tehnološki postupak

Ident broj 455 Ime dela Spec. caura
 Materijal AlMg5.00 HB = 50-85 RM [N/mm2] = 230-310
 Grupa 26 1

Tip proizvodnje Pojedinačna - maloserijska

Pripremak sipka JUS C.B3.021 D= 75 L= 86,8 Normalna tacnost

Operacija 10

Zahvat	a [mm]	D	n	s	i	L	tg	Alat	Pločica
5 Stezanje na fi 75									
10 Ceona obrada fi 75	1,5	75	2334	0,28	1	24	0,037	PSKNR/L202012	SNMM120408
15 Grubo uzdužno struganje fi 68 L= 57	3,5	75	2334	0,28	1	57	0,087	PTTNR/L202016	TNMM160408
20 Grubo uzdužno struganje fi 54 L= 40	6,25	68	1709	0,39	1	40	0,060	PTTNR/L202016	TNMM160408
25 Grubo uzdužno struganje fi 48 L= 22	3,1	55,5	3154	0,39	1	22	0,018	PTTNR/L202016	TNMM160408
26 Usecanje spoljasnog zljeba 2x2 na fi 54	2	54	1795	0,41	1	2	0,010	FC51.22.2020	C51.2-4E
27 Usecanje spoljasnog zljeba 3x2 na fi 48	2	48	1895	0,53	1	2	0,010	FC51.22.2020	C51.2-4E
30 Fino uzdužno struganje fi 54 L= 18	0,75	55,5	3499	0,14	1	18	0,037	PTTNR/L202016	TNMG160404
34 Fino uzdužno struganje fi 48 L= 22	0,65	49,3	3939	0,14	1	22	0,040	PTTNR/L202016	TNMG160404
35 Zabusivanje	0	2	1000	0,1	1	0	0,010	JUS K.D3.061-4	
36 Busenje otvora fi 16 L=82	0	16	1671	0,4	1	82	0,125	JUS K.D3.022-16	
37 Grubo unutrašnje struganje fi 20 L=82	1,5	18,5	4000	0,27	1	82	0,082	RS. 36.9-12-09	TPGR090204
38 Fino unutrašnje struganje fi 20 L=82	1,4	20	4000	0,15	1	82	0,132	12M-STFCR/L-09	TCMT090204
39 Obaranje ivice 1/45 na fi 20	1	20	1800	0,14	1	1	0,010	PTTNR/L202016	TNMM160408

Operacija 10

Zahvat	a [mm]	D	n	s	i	L	tg	Alat	Pločica
40 Obaranje ivice 1/45 na fi 48	1	48	1800	0,14	1	1	0,010	PTTNR/L202016	TNMM160408
41 Obaranje ivice 2/45 na fi 68	2	68	1800	0,14	1	2	0,010	PTTNR/L202016	TNMM160408
44 Stezanje na fi 48									
45 Ceona obrada fi 42	1,5	75	2334	0,28	1	37,5	0,057	PSKNR/L202012	SNMM120408
50 Grubo uzdužno struganje fi 42 L= 25	16,5	75	1549	0,28	3	25	0,058	PTTNR/L202016	TNMM160408
55 Obaranje ivice 2/45 na fi 68	2	68	1800	0,14	1	2	0,010	PTTNR/L202016	TNMM160408
60 Obaranje ivice 1/45 na fi 42	1	42	1800	0,14	1	1	0,010	PTTNR/L202016	TNMM160408
65 Usecanje unutrašnjeg zjeba 2x2 na fi 20	2	20	2100	0,41	1	2	0,010	R/L 154.91	R/L 154.93-3 100
70 Gruba obrada unutrašnjeg navoja M24	0,98	24	442	1,5	5	20	0,025	JUS K.C1.064 16X16	
75 Fina obrada unutrašnjeg navoja m24	0,51	24	1320	1,5	5	20	0,008	JUS K.C1.064 16X16	
80 Nareckivanje na fi 68	0	68	0	0	1	0	0,000	NARECKIVAC	

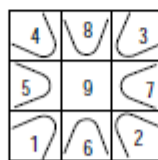
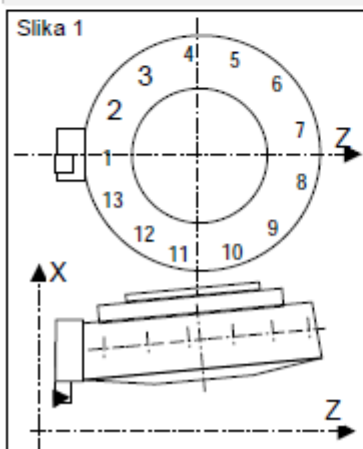
Plan alata

Ident broj dela 455

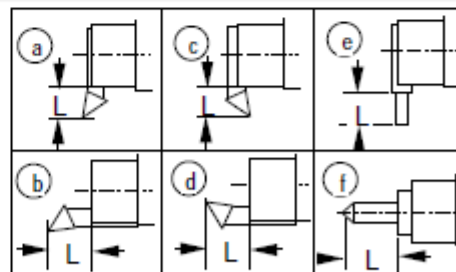
Naziv dela Spec. caura

T	D	Tip	Drška	Oblik pločice	Materijal	Pol. vrha alata	Smer GV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0								
2	75	S	PSKNR/L202012	SNMM120408	P20	3	a	M3
3	75	S	PTTNR/L202016	TNMM160408	P20	3	a	M3
4	55, 5	S	PTTNR/L202016	TNMG160404	P10	3	e	M3
5	54	S	FC51.22.2020	C51.2-4E	P20	3	e	M4
6	68	S	NARECKIVAC			3	e	M3
8	2	B	JUS K.D3.061-4		HSS	7	f	M3
9	16	B	JUS K.D3.022-16		HSS	7	f	M3
10	18, 5	S	RS. 36.9-12-09	TPGR090204	P10	2	d	M3
11	20	S	12M-STFCR/L-09	TCMT090204	P10	2	d	M3
12	20	S	R/L 154.91	R/L 154.93-3 100	P10	2	d	M3
13	24	S	JUS K.C1.064 16X16			2	d	M3

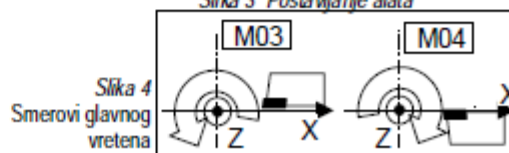
1 - Pozicija revolver glave (pema slici 1) * 2 - Broj korekcije mera * 3 - Strugarski/ Busački * 4 - ISO oznaka * 5 - ISO oznaka (Za alat od HSS ili za lemljene pločice: broj JUS stand. ili broj crteža) * 6 - Materijal reznog dela alata * 7 - Prema slici 2 * 8 - Prema slici 3 * 9 - Prema slici 4



Slika 2
Orijentacija vrha alata



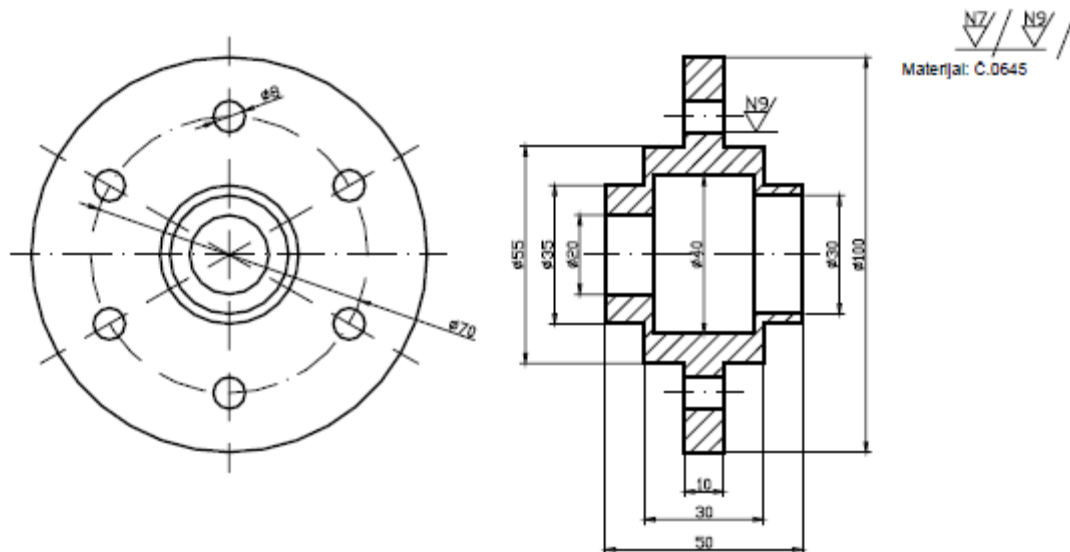
Slika 3 Postavljanje alata



Slika 4
Smerovi glavnog vretena

7.2. Primer 2

Za deo dat na slici 7-12, projektovan je tehnološki proces obrade primenom sistema PROTEH-R. Obrada se izvodi na strugu u uslovima pojedinačne proizvodnje. Materijal obratka je Č. 0645.



Slika 7-11. Prirubnica

Mere na crtežu su date bez oznaka tolerancija, pa se za dozvoljena odstupanja mera uzimaju tolerancije slobodnih mera. Budući da se obrada izvodi u uslovima pojedinačne proizvodnje, pripremak je standardni šipkasti polufabrikat normalne tačnosti.

Projektovanje tehnološkog procesa za ovaj deo sadrži sve korake projektovanje kao u primeru 1. Rezultat projektovanja pomoću sistema PROTEH-R u nastavku je dat preko izlaznih dokumenata: "Tehnološki plan" i "Plan alata". Zahvati koji se ne izvode na strugu (operacija 20 - bušenje) su "ručno" definisani.

Tehnološki postupak

Ident broj 456 **Ime dela** Prirubnica
Materijal č.0645 HB = 170-195 **RM [N/mm²]** =600-720
Grupa 1 8
Tip proizvodnje Pojedinačna - maloserijska
Pripremak sipka JUS C.B3.021 D= 110 L= 59 Normalna tacnost

Operacija 10

Zahvat	a [mm]	D	n	s	i	L	tg	Alat	Pločica
5 Stezanje na fi 110									
10 Ceona obrada fi 110	1,2	110	492	0,5	1	10	0,041	PCLNR/L161612	CNMM120404
15 Grubo uzdužno struganje fi 100 L= 50	4,2	110	356	0,74	1	50	0,190	PCLNR/L161612	CNMA120404
20 Grubo uzdužno struganje fi 55 L= 20	22,55	101,6	385	0,74	4	20	0,070	PCLNR/L161612	CNMA120404
25 Grubo uzdužno struganje fi 35 L= 10	10,1	56,5	693	0,74	2	10	0,020	PCLNR/L161612	CNMA120404
30 Ceona obrada fi 20	0,8	20	3422	0,15	1	10	0,019	PCLNR/L161612	CNMG120404
35 Fino uzdužno struganje fi 100 L= 10	0,8	101,6	674	0,15	1	10	0,099	PCLNR/L161612	CNMG120404
40 Fino uzdužno struganje fi 55 L= 10	0,75	56,5	1211	0,15	1	10	0,055	PCLNR/L161612	CNMG120404
41 Fino uzdužno struganje fi 35 L= 10	0,65	36,3	1885	0,15	1	10	0,035	PCLNR/L161612	CNMG120404
42 Zabusivanje	0	0	0	0	0	0	0,000	JUS K.D3.061-4	
43 Busenje otvora fi 18.5 L+50	0	185	447	0,4	1	50	0,280	JUS K.D3.019 18.5	
44 Grubo unutrašnje struganje fi 30 L =50	5	28,4	1100	0,74	1	35	0,610	S22R-SVQBR	VBMT
45 Grubo unutrašnje struganje fi 40 L =25	5,75	38,5	1150	0,74	2	25	0,030	S22R-SVQBR	VBMT
46 Fino unutrašnje struganje fi 20 L =12.5	1,4	20	1550	0,15	1	12,5	0,054	S22R-SVQBR	VBMT

Operacija 10

Zahvat	a [mm]	D	n	s	i	L	tg	Alat	Pločica
47 Fino unutrašnje struganje fi 30 L=12,5	1,4	30	1550	0,15	1	12,5	0,054	S22R-SVQBR	VBMT
48 Fino unutrašnje struganje fi 40 L=25	1,5	40	1550	0,15	1	25	0,100	S22R-SVQBR	VBMT
50 Odsecanje na fi 110	0	110	390	0,061	1	55	2,310	FC51.22	C 51.2-4E
55 Stezanje na fi 35									
60 Ceona obrada fi 35	1,2	110	492	0,5	1	55	0,224	PCLNR/L161612	CNMM120404
65 Grubo uzdužno struganje fi 55 L= 20	22,55	101,6	385	0,74	5	20	0,070	PCLNR/L161612	CNMA120404
70 Grubo uzdužno struganje fi 35 L= 10	10,1	56,5	693	0,74	2	10	0,020	PCLNR/L161612	CNMA120404
75 Ceona obrada fi 35	0,8	35,8	1912	0,15	1	17,9	0,062	PCLNR/L161612	CNMG120404
80 Fino uzdužno struganje fi 55 L= 10	0,75	56,5	1211	0,15	1	10	0,055	PCLNR/L161612	CNMG120404
85 Fino uzdužno struganje fi 35 L= 10	0,65	36,3	1885	0,15	1	10	0,035	PCLNR/L161612	CNMG120404

Operacija 20

Zahvat	a [mm]	D	n	s	i	L	tg	Alat	Pločica
5 Zabušivanje 6 otvora na podeonom krugu	0	0	1000	0,2	0	0	0,010	JUS K.D3.061-4	
10 Busenje 6 otvora fi 8	0	8	1030	0,24	1	10	0,190	US K.D3.019 8	