

**PROGRAMSKA REŠENJA ZA BRUŠENJE SLOŽENIH
KONTURA NA BRUSLICAMA ZA RAVNO BRUŠENJE SA
OSVRTOM NA MOGUĆE GREŠKE PRI INTERPOLACIJI**

**PROGRAM SOLUTIONS FOR GRINDING COMPLEX
SURFACES ON FLAT GRINDER GRINDING WITH
REVIEW OF POSSIBLE ERROR INTERPOLATION**

Milan Petrić¹, Ratko Gatalo², R., Milan Zeljković³

¹MMP Metal, Bačka Palanka

²Mašinski fakultet Istočno Sarajevo

³Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Rezime: Problem upravljanja pri obradi brušenjem na CNC brusilicama za ravno brušenje nije dovoljno obrađivano u naučno stručnoj literaturi. Pri tome se oseća poseban nedostatak konkretnih rešenja interpolacionih zadataka.

U vezi s tim u radu se izlaže jedno konkretno rešenje kružne i linearne interpolacije za CNC brusilicu za ravno brušenje domaće proizvodnje, sa upravljačkom jedinicom SINUMERIK 3000, sa posebnim osvrtom na problematiku mogućih grešaka koje nastaju zbog zaokruživanja kao i specifičnosti procesa interpolacije.

Ključne reči: kružna i linearana interpolacija, brusilica za ravno brušenje

Abstract: The problem of managing the process grinding to CNC grinders for grinding straight is not sufficiently processed in the professional scientific literature. When it feels special lack of concrete solutions interpolation tasks.

In this regard, the paper presents a particular solution of circular and linear interpolation for CNC grinders for grinding flat domestic production, the control unit SINUMERIK 3000, with special emphasis on the issue of possible errors that arise due to rounding and interpolation process specificity.

Key words: circular and linear interpolation, flat grinding machine



1. UVOD

Nastankom današnjeg potrošačkog društva životni vek proizvoda se skraćuje. Skraćeni životni vek na tržištu podrazumeva da je vreme razvoja i izrade proizvoda značajno skraćeno tako da se i obradi brušenjem, kao nezaobilaznim postupkom pri obradi tvrdih materijala, postavljaju novi zahtevi. To su, pored velike tačnosti i male hrapavosti brušene površine, zahtevi veće produktivnosti i ekonomičnosti. Razvoj visokopozornih tocila omogućio je duboko brušenje i time podigao produktivnost samog procesa obrade. Drugi pravac razvoja odnosi se na razvoj upravljanja mašinama za brušenje. Problemi u vezi sa upravljanjem mašinama za ravno brušenje su:

- Uproščavanje programiranja izradom standardnih podprograma
- Pojednostavljanje izrade radnih predmeta komplikovanih geometrijskih oblika

Potrebna konfiguracija radnog predmeta se može ostvariti pomoću programskog (profilnog) alata, ili programskog kretanja alata.

Pri obradi ravnim brušenjem česta je primena programskog alata. Princip rada je da se preko CNC vođenja na dijamantskim „abrihterima” obradi određeni profil na radnoj površini tocila i da se taj profil usecanjem prenese na radni predmet. Primena programskog alata ima smisla pri izradi većih serija i sitnijih profila. Loše strane ovakvog

načina su: a) potreban visokostručni rukovaoc za izradu podprograma abrihtovanja, b) tocilo korišteno za izradu jednog predmeta se ne može koristiti za izradu drugih radnih predmeta, c) ne mogu se obrađivati radni predmeti širi od tocila.

Primenom programskog vođenja alata povećava se vreme obrade, ali zato se ostvaruje ušteda na troškovima reznog alata i omogućena je obrada radnih predmeta širih od tocila.

Princip obrade programskim vođenjem alata zamišljen je tako da se tocilo „abrihtuje“ i da mu je radna površina u obliku radijusa, a konfiguracija se ostvaruje kretanjem tocila po izvodnicama radnog predmeta. Ovo se postiže korištenjem podprograma linearne i kružne interpolacije, koji vode tocilo tako da uvek tangira radni predmet.

U nastavku se ukratko izlaže način realizacije jedne i druge interpolacije sa posebnim osvrtom na probleme koji nastaju pri primeni pomenutih softverskih rešenja na mašine sa dve CNC upravljane ose, kao i greške koje se mogu javiti usled razlika tačnosti matematičkog proračuna i tehničkih mogućnosti mašine.

2. KRUŽNA INTERPOLACIJA

2.1 Definisane parametara kružne interpolacije

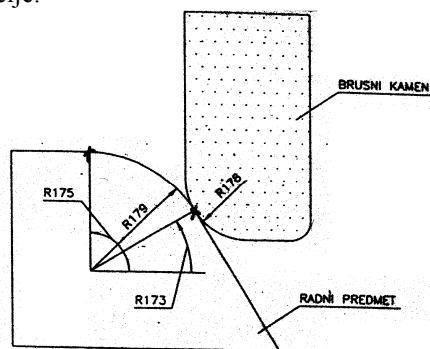
Da bi se kao rezultat dobilo kretanje koje odgovara kotrljanju kruga po krugu sa jednakim koracima (kretanje

alata od početne tačke po izvodnicama kružnog luka koje su međusobno pomerene za određeni ugao u odnosu na centar luka) usvojene su sledeće veličine za definisanje kretanja:

- radijus na tocilu
- radijus na obratku
- početni ugao na obratku
- završni ugao na obratku
- broj interpolacija
- početna pozicija brušenja po osi Y
- početna pozicija brušenja po osi Z

Pri određivanju ugla nula se nalazi na osi X, meri se suprotno smeru kazaljke na satu. Izvodnica po kojoj se vrši brušenje definiše se pomoću ugla.

Na slici 1. dat je grafički prikaz parametara kružne interpolacije.



Slika 1. Parametri kružne interpolacije

Definisanje navedenih parametara je izdvojeno u poseban podprogram (L80) nazvan "PARAMETRI KRUŽNE INTERPOLACIJE". Ovako definisanje parametara u posebanom podprogramu omogućava i drugačiji način programiranja, tj. iskusnijim programerima definisanje navedenih parametara funkcionalnim zavisnostima u glavnom programu. Podprogram sadrži tekstualne poruke i kontroliše format unetih vrednosti. Izgled podprograma je dat u nastavku.

```
L80
M17
& L80 (PARAMETRI KRUŽNE INTERPOLACIJE )
R173 6.3 (POČETNI UGAO *** ** STEPENI )
R174 3.0 (BROJ INTERPOLACIJA ***)
R175 6.3 (ZAVRŠNI UGAO *** ** STEPENI )
R176 -6.3 (POČETNA POZICIJA PO Y -*** ** MM )
R177 -6.3 (POČETNA POZICIJA PO Z -*** ** MM )
R178 6.3 (RADIJUS NA TOCILU *** ** MM)
R179 6.3 (RADIJUS NA OBRATKU *** ** MM)
M17
```

2.2 Podprogram kružne interpolacije

2.2.1 Polazna razmatranja

Podprogram je osmišljen tako da se po dolasku u početnu poziciju vrši kretanje po osi X (radni hod). Nakon toga moguće su dve varijante:

1. Suprotnosmerno brušenje i
2. Istosmerno brušenje

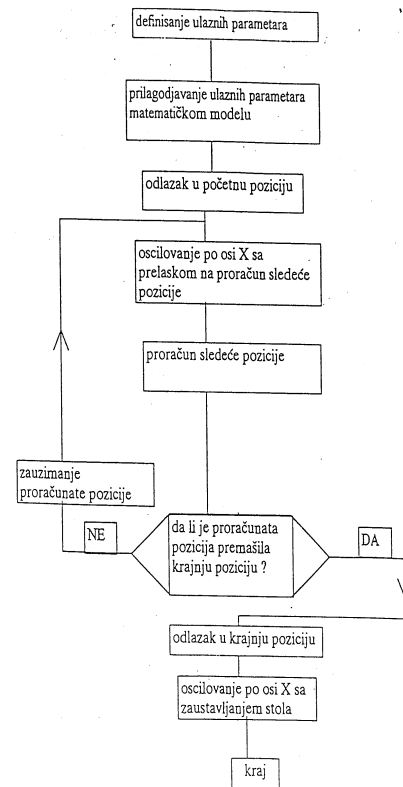
Da bi se smanjilo vreme potrebno za proračun sledeće pozicije i izbegla moguća greška operatera podprogram je izveden iz dve celine:

- Podprogram spoljašnje kružne interpolacije (u intervalu od 0 do 180°)

- Podprogram unutrašnje kružne interpolacije (u intervalu od 180 do 360°)

2.2.2 Konceptiono rešenje

Globalni algoritamski tok kružne interpolacije prikazan je na slici 2.



Slika 2. Globalni algoritamski tok kružne interpolacije

Prilagodavanje ulaznih parametara matematičkom modelu izvodi se prema bloku na slici 3.

```
M62
R51=R173 R52=R174 R53=R175
R56=R176 R57=R177
R55=R178 R54=R179
R54=R54+R55
R58=R53-R51 R52=R58/R52
R60=R58*R58 R60=SQR R60
R59=R52*R52 R59=SQR R59
R66=R59
```

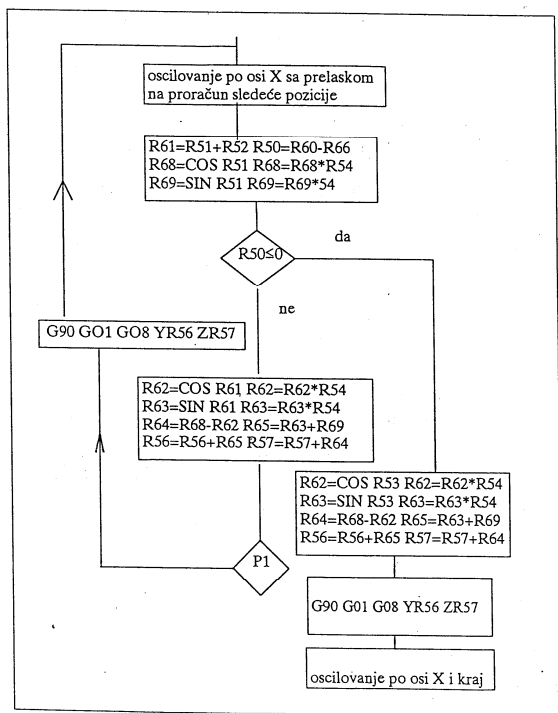
Slika 3. Segment upravljačkog programa za prilagodavanje parametara

Vrednost ulaznih parametara je dodeljena navedenim parametrima da bi se sa njima vršile matematičke transformacije u cilju računanja pozicija brušenja. Vrednosti smeštene na početnim adresama se ne menjaju, one služe samo za poređenja.

Odlazak u početnu poziciju izvodi se posredstvom sledećeg bloka:

```
G90 G01 G08 YR56 ZR57 F=800
```

Proračun sledeće pozicije sa odlaskom u proračunatu poziciju ili krajnju u zavisnosti od postignutog ugla izvodi se prema algoritmu na slici 4.



Slika 4. Algoritam za proračun sledeće pozicije

2.2.3 Listing podprograma spoljašnje kružne interpolacije

```
L81
M62
R51=R173 R52=R174 R53=R175 R56=R176
R57=R177 R55=R178 R54=R179 R54=R54+R55
N4 R58=R53-R51 R52=R58/R52
G90 G08 Y R56 Z R57 F=800
N9 R60=R58*R58 R60=SQR R60
R59=R52*R52 R59=SQR R59 R66=R59
N10 N30 P+12 R00
M61
-----
R65=R63+R69 R56=R56+R65 R57=R57+R64
G90 G01 G08 Y R56 ZR57 F=800
N210 N230 P=12 R00
M61
N220 N245 P+2
N225 N220 P-1
N230 M60
N235 N245 P+3
N240 N235 P-1
N245 M62
G90 G5
M17
& L81(SPOLJASNJA KRUZNA INTERPOL.)
M17
```

2.2.4 Listing podprograma unutrašnje kružne interpolacije

```
L82
M62
R51=R173 R52=R174 R53=R175 R56=R176
R57=R177 R55=R178 R54=R179 R54=R54-R55
N4 R58=R53-R51 R52=R58/R52
G90 G08 Y R56 Z R57 F=800
N9 R60=R58*R58 R60=SQR R60
R59=R52*R52 R59=SQR R59 R66=R59
N10 N30 P+12 R00
```

M61

```
-----
R56=R56+R65 R57=R57+R64
G90 G01 G08 Y R56 ZR57 F=800
N210 N230 P=12 R00
M61
N220 N245 P+2
N225 N220 P-1
N230 M60
N235 N245 P+3
N240 N235 P-1
N245 M62
G90 G5
M17
& L81(SPOLJASNJA KRUZNA INTERPOLACIJA)
M17
```

3. LINEARNA INTERPOLACIJA

3.1 Definisane parametara linearne interpolacije

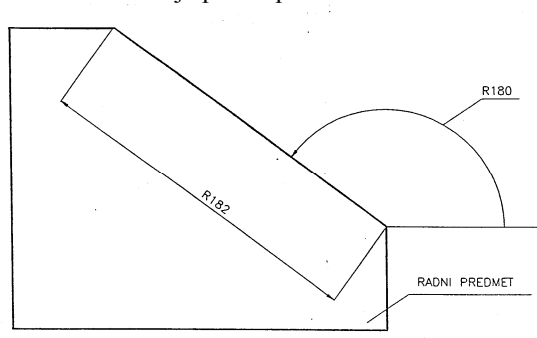
Potrebno je ostvariti pozicioniranje tocila tako da tangira radni predmet koji je pod određenim uglom po osama Y i Z zatim izvršiti obradu po osi X, ponovo pozicionirati pod istim uglom, ponovo vršiti obradu i tako dok se ne obradi ceo segment. Za definisanje ovog problema usvojene su sledeće ulazne veličine:

- ugao interpolacije
- broj interpolacija
- dužina interpolacije
- početna pozicija brušenja po Y
- početna pozicija brušenja po Z

Pri određivanju ugla nula se nalazi na osi X, pozitivan smer je smer suprotan smeru kazaljke na satu.

Definisane navedenih parametara je izdvojeno u poseban podprogram (L84) pod imenom "PARAMETRI LINEARNE INTERPOLACIJE".

Na slici 5 dat je prikaz parametara linearne interpolacije.



Slika 5. Parametri linearne interpolacije

Izgled podprograma je dat u nastavku.

```
L84
M17
& L84 (PARAMETRI LINEARNE INTERPOLACIJE)
R180 6.3 (UGAO INTERPOLACIJE***.***STEPENI)
R181 3.0 (BROJ PROLAZA***)
R182 6.3 (DUZINA INTERPOLACIJE***.***MM)
R183 -6.3 (POCETNA POZICIJA PO Y_***.***MM)
R184 -6.3 (POCETNA POZICIJA PO Z_***.***MM)
M17
```

3.2 Podprogram linearne interpolacije

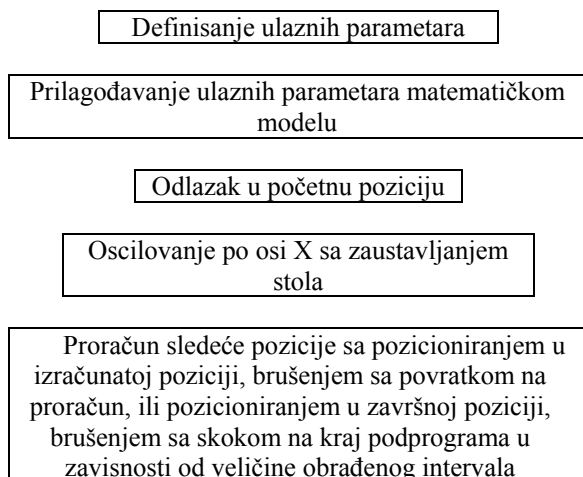
3.2.1 Polazna razmatranja

Isto kao kod kružne interpolacije prvo se zauzima početna pozicija posle čega sledi radni hod po osi X.

Moguće je istosmerno i suprotnosmerno brušenje. Programaska logika je slična logici u podprogramu kružne interpolacije, sem drugačijeg toka proračuna (različiti matematički modeli). Pre pozicioniranja u proračunatu poziciju vrši se odzimanje intervala koji bi bio obrađen posle nove pozicije od dužine interpolacije (ulazna veličina). Ukoliko je razlika manja ili jednaka nuli pozicionira se u završnu poziciju posle čega sledi kraj podprograma. Podprogram je rađen za mašine sa dve i tri numerički upravljane ose.

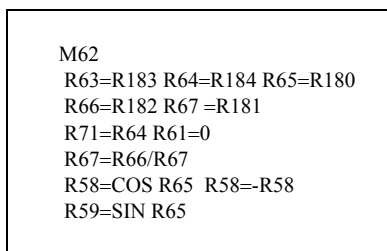
3.2.2 Konceptiono rešenje

Globalni algoritam je prikazan na slici 6.



Slika 6. Globalni algoritam linearne interpolacije

Prilagođavanje ulaznih parametara matematičkom modelu izvodi se prema bloku na slici 7.



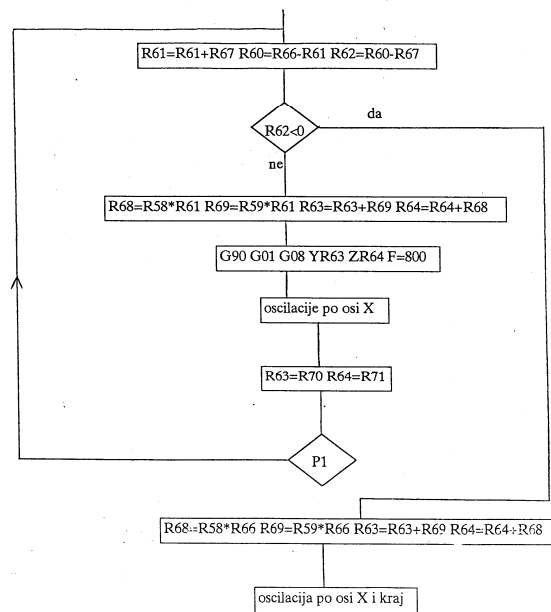
Slika 7. Segment upravljačkog programa za prilagođavanje ulaznih parametara

Odlazak u početnu poziciju izvodi se posredstvom sledeće rečenice:

G90 G01 G08 YR63 ZR64 F=800

Segment za oscilovanje po osi X je isti kao u podprogramu kružne interpolacije s tim što je poslednja rečenica M62 (zaustavljanje stola).

Proračun pozicije i brušenje do kraja intervala izvodi se prema algoritmu na slici 8.



Slika 8. Algoritam proračuna pozicije

3.2.3 Listing podprograma linearne interpolacije

```
L85
M62
R63=R183 R64=R184 R65=R180 R66=R182
R67=R181 R70=R63 R71=R64 R61=0R67=R66/R67
G90 G01 G08 Y R63 Z R64 F=500
N100 N130 P+12 R00
M61
-----
R64=R64+R68
G90 G01 G08 Y R63 Z R64 F=800
N310 N330 P+12 R00
M61
N320 N345 P+2
N325 N320 P-1
N330 M60
N335 N345 P+3
N340 N335 P-1
N345 M62
G90 G5
M17
& L85 (LINEARNA INTERPOLACIJA)
M17
```

4. NEKI PROBLEMI PRIMENE PROGRAMSKIH REŠENJA NA MAŠINE SA DVE NUMERIČKI UPRAVLJANE OSE

Podprogrami su razvijani za mašine sa dve i tri numerički upravljane ose.

U nastavku se navodi kratak opis mogućih problema kod primene na mašini sa dve numerički upravljane ose sa stanovišta upravljanja:

Mašine za klasično (višeprolazno) brušenje u najvećem broju slučajeva imaju dve numerički upravljane ose, obzirom da su znatno jeftinije od mašina sa tri numerički upravljane ose. Pri tome su ose Y i Z sa numeričkim upravljanjem, a osa X je nezavisna sa hidrauličnim pogonom. Princip rada će biti prikazan na brusilici BM 400 CNC proizvođača HP "Majevica" sa upravljačkom jedinicom Sinumerik 3000.

Programer na osu X može da utiče preko sledećih M-funkcija:

- M60 pokretanje radnog stola u levo
- M61 pokretanje radnog stola u desno
- M62 zaustavljanje radnog stola

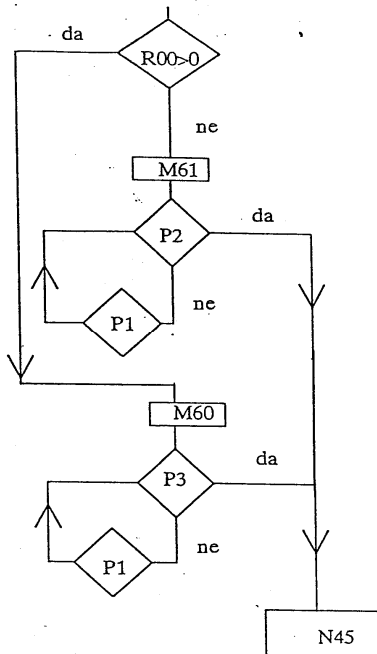
Parametar R00 služi kao pokazatelj On naizmenično menja vrednost u +1 ili - 1 zavisno od toga koji je od podešljivih graničnika poslednji imao kontakt.

Da bi se programski pokrenula mašina svaki podprogram mora da obezbedi naizmenično kretanje u jednom ili drugom smeru (radni hod) po osi X.

Navedeni logički problem je rešen na sledeći način:

Na početku se postavlja pitanje da li je parametar R00 veći od nule. Praktično pita se da li je poslednji dotaknut levi graničnik, ako jeste radni sto polazi u desno (M61) i ide na desnu stranu sve dok ne dobije signal P2 (dok desni graničnik ne primi signal). Kad primi signal P2 prelazi se na proračun sledeće pozicije interpolacije. Ako je parametar R00 manji od nule radni sto polazi u levo i ide dok ne dobije signal P3 pa prelazi na proračun sledeće pozicije.

Naizmenično kretanje po osi X sa prelaskom na proračun sledeće pozicije izvodi se prema algoritmu prikazanom na slici 9.



Slika 9. Algoritam naizmeničnog kretanja po osi X

Na slici 10 pikazan je izgled segmenta upravljačkog programa za naizmenično kretanje u oba smera po osi X.

```

N10 N30 P+12 R00
M61
N20 N45 P+2
N25 N20 P-1
N30 M60
N35 N45 P+3
N40 N35 P+1

```

Slika 10. Segment upravljačkog programa za naizmenično kretanje po osi X

Posmatrajući sa stanovišta veće tačnosti pozicioniranja

alata idealno bi bilo zaustaviti radni sto, izvršiti pozicioniranje pa ponovo pokrenuti radni sto. Međutim u praksi to znači da pri obradi nekog kružnog ili linearnog segmenta interpolacijom sa 200 koraka treba 400 puta startovati i zaustaviti pogonski motor ili u najboljem slučaju pritisak u sistemu bi varirao od nule do maksimalne vrednosti što bi se negativno odrazilo na samu mašinu. Da bi se ovo izbeglo, uzimajući u obzir da se radi o obradi brušenjem gde se traži visok kvalitet obrađene površine pa samim tim i izvodnice po kojima se brusi moraju biti blizu tj pomeranja tocila moraju biti mala, dovoljno je produžiti radni hod za nekoliko milimetara i softverski ne zaustavljati radni sto već ga pustiti da slobodno kreće između graničnika. Sledeća pozicija obrade se izračunava za vreme radnog hoda. Vreme od kontakta sa graničnikom i promene smera stola do ponovnog ulaska tocila u radni zahvat je dovoljno za pozicioniranje alata.

5. GREŠKE KOJE SE JAVLJAJU PRI PRIMENI MATEMATIČKOG MODELA

Sledeći problem koji se javlja pri primeni matematičkog modela u praksi odnosi se na grešku koja nastaje kao razlika vrednosti izračunate pozicije i tačnosti koju može postići mašina za obradu brušenjem.

Problem nastaje kad se proračun vrši u relativnom kordinatnom sistemu što je matematički posmatrano najlogičniji i najkraći put, tj. kad se proračun sledeće pozicije vrši u odnosu na prethodnu. Računar proračunava sledeću poziciju sa greškom od 1×10^{-8} mm, a mašina može postići tačnost od 1×10^{-3} mm. Razlika između ove dve veličine pretstavlja grešku koja je pri klasičnom upravljanju bez upotrebe interpolacija zanemarljiva ali pri obradi podprogramima sa interpolacijama, gde se profil obrade aproksimira sa nekoliko stotina tačaka, dolazi do sabiranja grešaka i ona postaje reda veličine 1×10^{-2} mm što je neprihvatljivo velika greška za obradu brušenjem.

Problem je rešen tako što je u program ubačena još jedna petlja koja proračunatu poziciju uvek proverava u odnosu na nultu tačku radnog predmeta i time se anulira ova greška.

Greška može nastati i pri određivanju broja tačaka interpolacije. Prilikom definisanja interpolacija kao ulazna veličina pojavljuje se veličina „BROJ PROLAZA“ koja pretstavlja broj interpolativnih tačaka na obrađivanom profilu. Preko ove veličine direktno se određuje kvalitet obrađene površine što je jedan od osnovnih zahteva pri obradi brušenjem. Što je veći broj prolaza manje je rastojanje između izvodnica i veći je kvalitet obrađene površine.

Program funkcioniše tako što se na osnovu zadatog broja prolaza izračunava korak interpolacije koji se koristi u daljem proračunu. Pošto je pomenuti korak čisto matematička veličina koja se ne može porediti sa reperima na radnom predmetu i mašini, a da bi izbegli mogućnost greške kao ulazna veličina u program pojavljuju se kordinate poslednje tačke obrade kod kružne i dužina interpolacije kod linearne interpolacije. Da bi se izbegla moguća greška program stalno proverava da li je preostali neobrađeni deo konture manji ili jednak koraku interpolacije. U slučaju da je preostali deo manji ili jednak koraku interpolacije ne koristi se korak za proračun sledeće pozicije već se tocilo direktno šalje u poslednju tačku obrade čime se izbegava potencijalna greška koraka interpolacije.

6. TESTIRANJE PROGRAMSKIH REŠENJA NA KONKRETNOM PRIMERU - PRIMENA

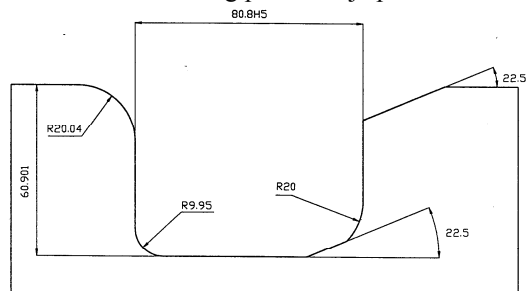
6.1 Radni predmet

Testiranje programskih rešenja je izvršeno na mašini BM 400-CNC u fabrici "IMT" Beograd.

Radni predmet pretstavlja jedan složen oblik koji ima dva segmenta za kružnu interpolaciju i pet segmenata za linearnu interpolaciju.

Dva segmenta linearne interpolacije se moraju bočno brusiti pa se mora voditi računa i o bočnom oštrenju tocila.

Tehnički crtež radnog predmeta je prikazan na slici 11.



Č 3840
KALJEND 60 HRC
Slika 11. Radni predmet

6.2 Rezultati brušenja

Rezultati brušenja se navode kroz izveštaj kontrole radnog predmeta (slika 12). Za segmente rađene linearnom i kružnom interpolacijom interesantne su tačke 10, 11 i 12. Na ovim segmentima se vidi tačnost pozicioniranja ostvarena podprogramima interpolacija. Greška pri brušenju radijusa od 20.04 milimetra iznosi 0.0036 milimetara, pri brušenju radijusa od 9.95 milimetara greška iznosi 0.004 milimetara, pri obradi sementa pod uglom od 22.5° greška je 25 ".

```

1. SURFACE      Y 66.2278
   Z/Y          A1 0.0196
   X/Y          A2 0.0069
   15P S/MIN/MAX 0.0007 (14)-0.0010 (15) 0.0010
2. ROTATE SPACE A 0.0208
3. ZERO PT      Y 66.2278
4. SURFACE      X -190.1410
   Y/X          A1 0.0010
   Z/X          A2 0.0063
   13P S/MIN/MAX 0.0009 (5)-0.0013 (4) 0.0017
5. ROTATE PLANE A 0.0063 ABOUT SPC AXIS Y
6. ZERO PT      X -190.1410
7. POINT        Z -251.6733
8. ZERO PT      Z -251.6733
9. SURFACE      X 81.0319
   Y/X          A1 0.0018
   Z/X          A2 -0.0005
   11P S/MIN/MAX 0.0004 (11)-0.0009 (10) 0.0008
   A1 0 DEGR 0 MIN 6.40SEC
   A2 0 DEGR 0 MIN -1.80SEC
10. SURFACE     X 60.7746
   Z/Y          A1 0.0017
   X/Y          A2 0.0015
   17P S/MIN/MAX 0.0006 (1) 0.0014 (2) 0.0010
   A1 0 DEGR 0 MIN 6.12SEC
   A2 0 DEGR 0 MIN 5.58SEC
11. CIRC E      X -20.0455
   Y 40.7091
   D 40.1460
   10P S/MIN/MAX 0.0014 (6)-0.0020 (9) 0.0017
12. CIRC I      X -9.9614
   Y 9.9394
   D 19.8800
    
```

```

8P S/MIN/MAX    0.0015 (2)-0.0022 (7) 0.0015
13. SURFACE     Y -25.2435
   Z/Y          A1 0.0001
   X/Y          A2 -22.4929
   15P S/MIN/MAX 0.0004 (5)-0.0005 (1) 0.0006
14. SURFACE     Y 15.2305
   Z/Y          A1 0.0023
   X/Y          A2 -22.4986
   14P S/MIN/MAX 0.0005 (1)-0.0011 (13) 0.0008
   A1 0 DEGR 0 MIN 8.30SEC
   A2 -22 DEGR -29 MIN -54.83SEC
    
```

Slika 12. Protokol o kontroli radnog predmeta

7. ZAKLJUČAK

Primenom postupaka interpolacije u obradi brušenjem omogućava se obrada radnih predmeta širih od tocila kao i značajna ušteda na troškovima alata. U radu je, pored prikaza programskih rešenja za brušenje složenih kontura, posebno ukazano na probleme koji se u javljaju pri primeni programskih rešenja (koja zadovoljavaju pri simulaciji na računaru) na konkretne mašine za brušenje. Prikazana programska rešenja bi se mogla proširiti i na mašine za okruglo brušenje kao i na segment oštrenja (abrihtovanja) alata. Ukazivanja na moguće greške primene navedenih softverskih rešenja ima za cilj jednostavniju izradu novih podprograma (modula).

8. LITERATURA

- [1] Drobnjak, P.: *Prilog razvoju sistema upravljanja otvorene arhitekture za pogone industrije predrade metala, magistarska teza*, Mašinski fakultet, Beograd, 2003
- [2] Kalajdžić, M., Gatalo, R., Glavonjić, M., Lukić, Lj., Milutinović, D., Hodolić, J., Majstorović, V., Borojević, Lj.: *Fleksibilni tehnološki sistemi u obradi rezanjem, stanje i perspektive razvoja*, Zbornik radova, Naučna konferencija „Mašinstvo za XXI vek, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1995.
- [3] Petrić, M. *Razvoj softverskih rešenja za numerički upravljane brusilice za ravno brušenje*, Magistarski rad-radni materijal, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [4] Gatalo, R., Zeljković M., Petrić M., *Razvoj programskih rešenja za brušenje složenih kontura na brusilicama za ravno brušenje*, Savetovanje PM, Novi Sad 2008
- [5] Zeljković, M., Gatalo, R., Borojević, Lj., i dr.: *Retrofitting familije mašina za brušenje složenih oblika*, Projekat u okviru tehnološkog razvoja MIS 3.02.3220), finansiran od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 2002-2003.
- [6] ----- SINUMERIK 3000 G, NC-18, SIEMENS, Germany, 1988.

Autori: Prof. dr Ratko Gatalo, Mašinski fakultet, Istočno Sarajevo, Prof. dr Zeljković Milan, Fakultet tehničkih nauka, Departman za proizvodno mašinstvo, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, Tel.: +381 21 485-2351, Fax: +381 21 454-495. Petrić Milan, dipl. ing. „MMP Metal“ d.o.o. Kralja Petra I 89, Bačka Palanka
E-mail: gatalora@uns.ns.ac.yu
milanz@uns.ns.ac.yu
milpetric@iinet.rs