



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



Nastavni predmet:

INTEGRISANI CAPP SISTEMI I TEHNOLOŠKA BAZA PODATAKA

Vežba br 6:

***Određivanje redosleda obrade u CAPP sistemima u skladu sa
pravilima prioriteta***

Profesor: dr Dejan Lukić

Predmetni asistent: Dejan Božić

Projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda obuhvata definisanje neophodnih operacija i zahvata obrade, kao i njihovog redosleda izvođenja. U proizvodnoj praksi javlja se dva osnovna prilaza rešavanja ovog problema:

➤ **Prvi prilaz**

Na osnovu analize karakteristika proizvoda i prethodnog iskustva vrši se određivanje potrebnih operacija i njihovog redosleda (sadržaj tehnološkog procesa), kao i sadržaja operacija u vidu potrebnih zahvata i njihovog redosleda (karte operacija).

Ovaj način se primenjuje kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje gde se ne vodi računa o tome da li je tehnološki proces optimalan, već se akcenat daje na brzinu projektovanja tehnološkog procesa i izrade proizvoda.

➤ **Drugi prilaz**

Bazira se na analizi tipskih oblika-feature (površina za obradu) na proizvodu i zahtevima koji su na njima postavljeni sa tehničkog i ekonomskog aspekta. U okviru ovog prilaza prvo se definišu zahvati obrade i njihov redosled, a potom se grupisanjem zahvata definišu operacije obrade.

Projektovanje tehnoloških procesa primenom drugog prilaza (na bazi feature tehnologija)

U okviru projektovanja tehnoloških procesa primenom drugog prilaza koji se bazira na feature tehnologijama imamo dva osnovna zadatka:

- **Izbor i definisanje mogućih zahvata obrade izdvojenih tipskih oblika/površina za obradu**
Izbor zahvata baziran je na geometriji tipskih oblika, tehnološkim zahtevima u pogledu njihove obrade, raspoloživim mašinama, alatima, priborima i drugim resursima, kao i mogućim pravcima prilaza alata.
- **Određivanje optimalnog redosleda izvođenja zahvata** uz zadovoljenje tehničkih (konstrukcionih i tehnoloških) i ekonomskih ograničenja zadatih tehničkom dokumentacijom i drugim uslovima proizvodnje.

U cilju definisanja validnog a potom i optimalnog izvođenja zahvata obrade koriste se **pravila prethođenja** (pravila prioriteta).

Pravila prioriteta izvođenja zahvata

Pravila prioriteta izvođenja zahvata se definišu na osnovu tehničkih i ekonomskih ograničenja.

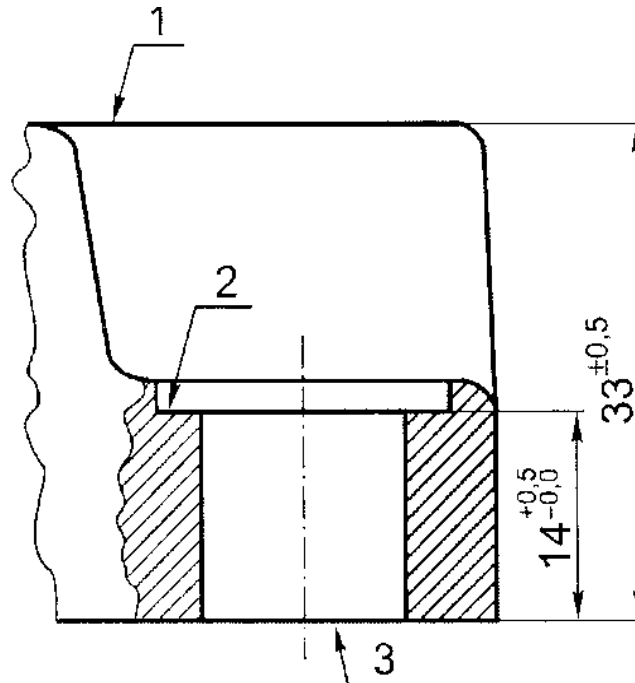
- 1. DIMENZIONO PRETHOĐENJE** - *Pre neke površine obrađuje se površina u odnosu na koju je posmatrana površina dimenzionisana, a prioritet imaju površine dimenzionisane u odnosu na bazu.*
Ovo prethođenje je vezano za **kotiranje-dimenzionisanje delova**
- 2. GEOMETRIJSKO PRETHOĐENJE** - *Površine u odnosu na koju je definisana tolerancija položaja neke druge površine ima prioritet pri obradi.*
Ovo prethođenje je vezano za **tolerancije položaja/međusobnog odnosa površina i osa**
- 3. TEHNOLOŠKO PRETHOĐENJE** - *Redosled obrade treba da bude tehnologičan;*
Ovo ograničenje je najčešće odnosi na pravila redosleda izvođenja zahvata feature koji se obrađuje sa više zahvata, npr. gruba pre poluzavršne a ona pre završne obrade (bušenje pre proširivanja i pre razvrtanja)
- 4. EKONOMSKO PRETHOĐENJE** – Ova ograničenja se odnose pre svega na **smanjenje troškova i vremena obrade** (kraće vreme zahvata, kraća pomoćna vremena, smanjenje troškova alata.....)

Primena različitih tipova prethođenja su data u nastavku:

1. Dimenziono prethođenje

Na slici je prikazan primer dimenzionog prethođenja: površina (3) je dimenzionisana u odnosu na neobrađenu površinu (1) i logično je da površina (3) bude obrađena pre (2).

Ako iz nekih razloga površina (2) mora da bude obrađena pre (3), neophodno je izvršiti transfer dimenzija, što će dovesti do smanjenja tolerancija.

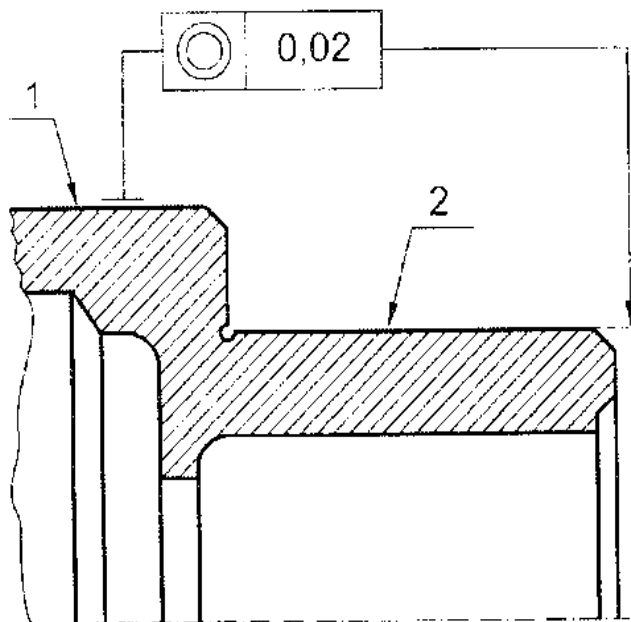


2. Geometrijsko prethođenje

Na slici je prikazan primer geometrijskog prethođenja:

Tolerancija centričnosti površine (2) definisana u odnosu na površinu (1).

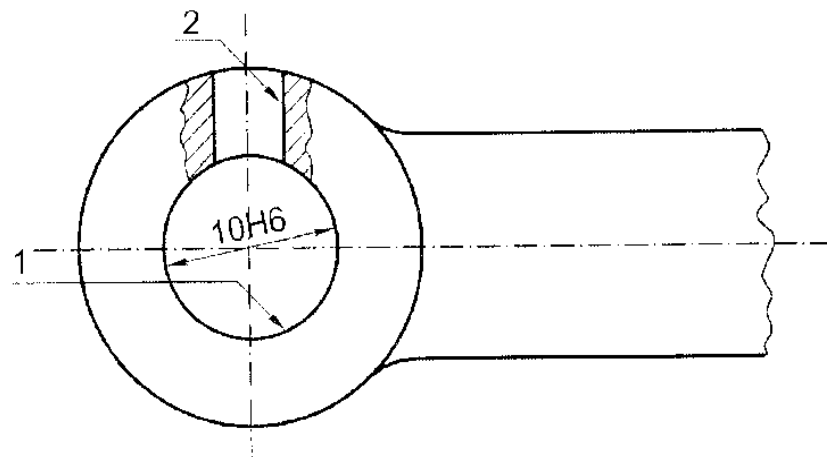
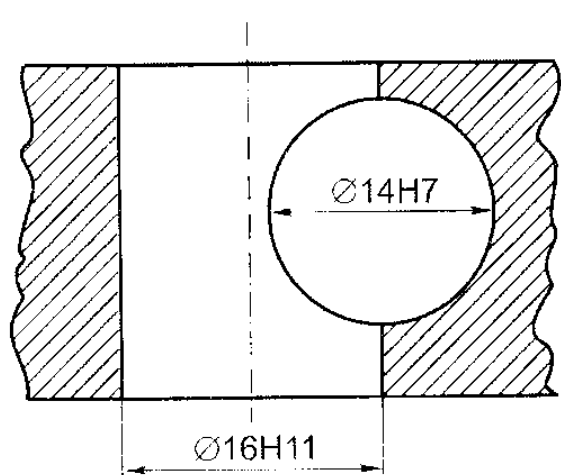
Na osnovu toga površina (1) mora biti obrađena pre površine (2)



3. Tehnološko prethođenje

Na prvoj slici je prikazan primer tehnološkog prethođenja: Otvor manjeg prečnika ili veće dubine treba da bude obrađen pre otvora većeg prečnika ili manje dubine, jer pravost manjeg ili preciznijeg otvora može da bude narušena većim ili manje preciznim otvorom, ako se oba otvora seku. Na ovoj slici otvor 14H7 treba da bude izrađen pre 16H11.

Na drugoj slici dat je primer kada u preciznom otvoru (1) ne sme da se pojavi oštećenje ivica na mestu ukrštanja sa otvorom (2). Zbog toga otvor (2) mora da se izradi pre otvora (1).



Najčešće se ova pravila javljaju pri obradi TO koji zahtevaju više zahvata, npr otvor 40H7 (N6) zahteva (1. bušenje, 2. razbušivanje, 3. proširivanje, 4. razvrtanje (grubo i fino))

4. Ekonomsko prethođenje

Ekonomska prethođenja u izvođenju zahvata obrade pojedinih tipskih oblika su vezana za smanjenje troškova i vremena obrade (kraće glavno vreme zahvata, kraća pomoćna vremena, smanjenje troškova alata i pribora, i drugih uređaja) koji se mogu ostvariti kvalitetnim izborom redosleda zahvata.

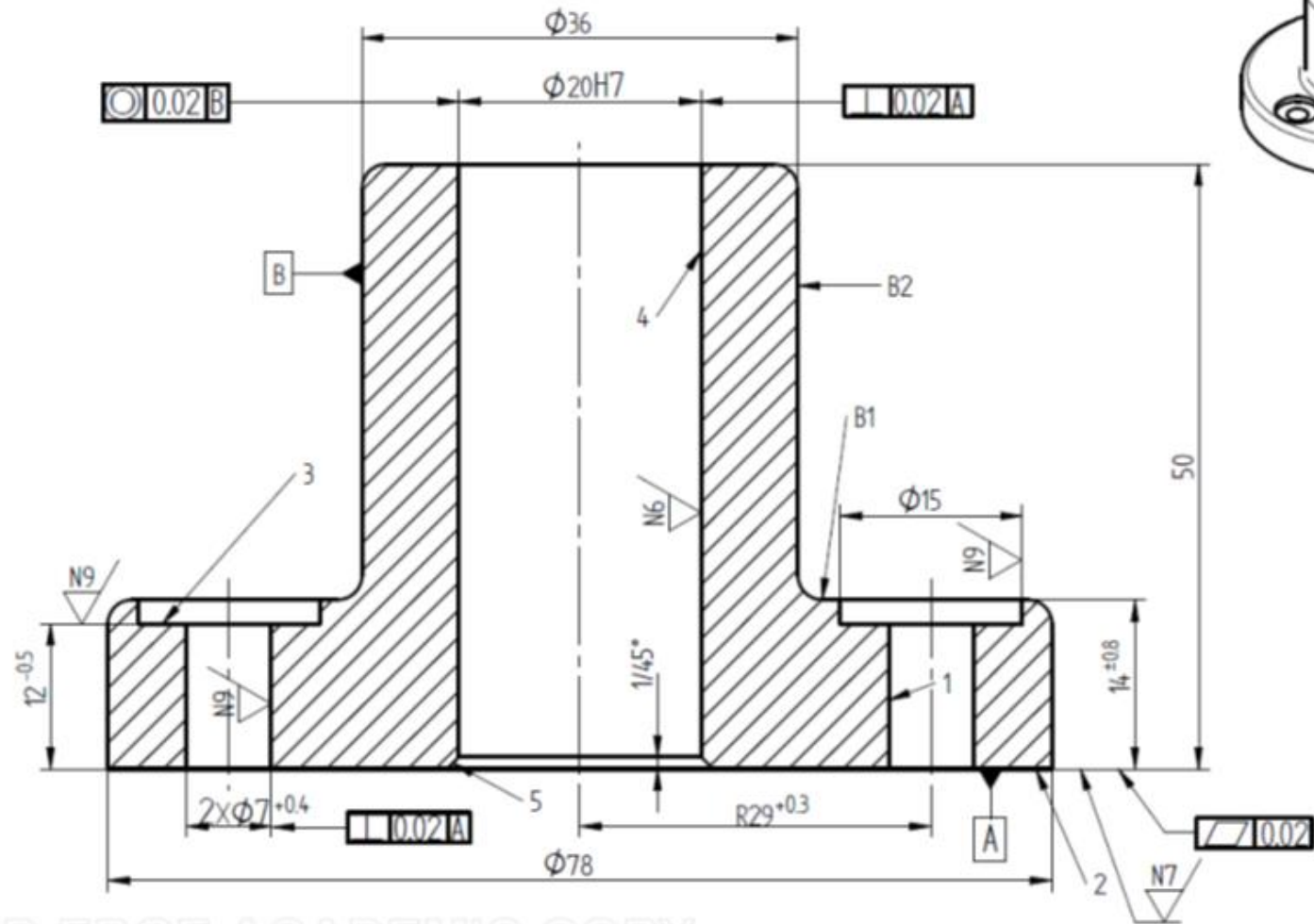
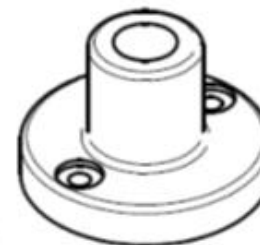
Primer

Primenom pravila prethođenja/prioriteta izvođenja zahvata obrade izvršiti projektovanje tehnološkog procesa obrade kućišta od SL-20, koje se proizvodi u serijskoj proizvodnji od 2000 (kom./god.).

Pri tome potrebno je:

- Definisati tipske oblike (feature), zahvate i alate sa pravcom prilaza
- Odrediti redosled zahvata obrade na bazi pravila prioriteta
- Grupisati zahvate u operacije obrade;
- Izabrati načina stezanja i pozicioniranja

liveno



1.0 Definisanje tipskih oblika, zahvata i alata sa pravcom prilaza alata

Tipski oblici (forme) tj. površine za obradu su obeležene na crtežu brojevima 1 do 5. B1 i B2 su neobrađene površine koje predstavljaju tehnološke baze.

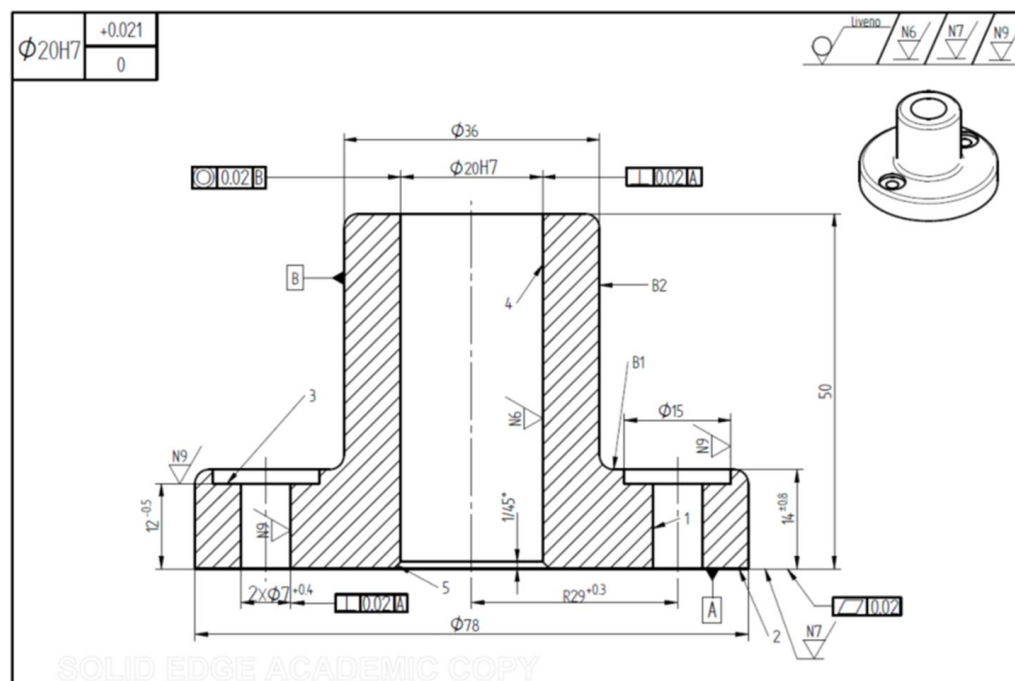
Tipski oblik (feature)/površina obrade	Osnovni podaci-specifikacija tipskog oblika	Vrsta i oznaka obrade, preporuka alata			TAD (pravac prilaza alata)
		Gruba	Fina (Poluzavršna)	Završna	
(1) Otvor	Prečnik $\varnothing 7^{+0,4}$ Ra=6,3 μ m (N9) Poz. $29^{\pm 0,3}$ od ose povr. (4)	Bušenje (1G) Burgija $\varnothing 7$			+z, -z
(2) Obrtna ravna čeaona površina	Poz. $14^{\pm 0,8}$ od B1 Ra=1,6 μ m (N7) Ravnost 0,02	Gruba čeaona obrada (2G) Nož za grubu čeaonu obradu	Fina čeaona obrada (2F) Nož za finu čeaonu obradu		-x, -y
(3) Upušten otvor	Prečnik $\varnothing 15$ Poz. $12^{-0,5}$ u odnosu na (2) Ra=6,3 μ m (N9)	Upuštanje (3G) Upuštač $\varnothing 15$			+z
(4) Otvor	Prečnik $\varnothing 20H7$ Ra=1,6(N7) $\rightarrow$ 0,8 (N6) Centričnost 0,02 prema (B/B2) Upravnost 0,02 prema (2)	Bušenje (4G) Burgija $\varnothing 18$	Proširivanje (4F) Proširivač $\varnothing 19,8/$ Nož za fino unutr.struganje	Razvrtanje (4Z) Razvrtač $\varnothing 20H7$	+z, -z
(5) Oborena ivica	Dim $1/45^\circ$ Ra=6,3 μ m (N9)		Obaranje ivice (5F) Nož za obaranje ivice 45°		+z, -z

Tabela 1. Definisani tipski oblici, zahvati i alati za obradu dela

2.0 Određivanje redosleda izvođenja zahvata na bazi pravila prethođenja

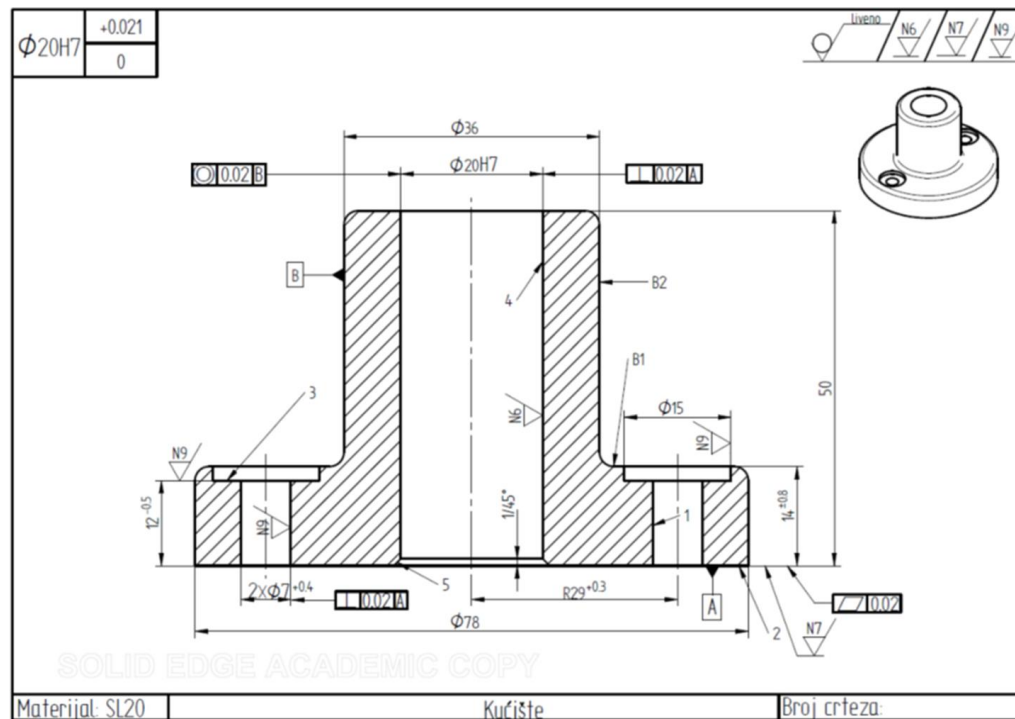
➤ Dimenziono prethođenje:

Kota	Objašnjenje	Pravilo
R29±0,3	Pre bušenja otvora/površine 1 (zahvat 1G) mora se završno obraditi otvor/površ. 4 (zahvat 4Z)-jer je preko ose otvora 4 kotiran otvor 1	4Z→1G
14±0,8	Pre obrade površine 2 fino (zahvata 2Z) mora se prethodno definisati površina B1(ova površina se ne obrađuje-dobija se livenjem)-jer je površina 2 kotirana u odnosu na površinu B1	B1→2F
12-0,5	Pre upuštanja otvora/upusta 3 (zahvat 3G) mora se završno obraditi površina 2 (zahvat 2F)-jer je dubina upuštanja 3 kotirana u odnosu na površinu 2	2F→3G
1/45°	Pre obaranja ivice 5 (zahvata 5F) mora biti obrađen otvor – površina 2 (zahvat 2F)-jer je oborena ivica 5 kotirana u odnosu na površ. 2	2F→5F



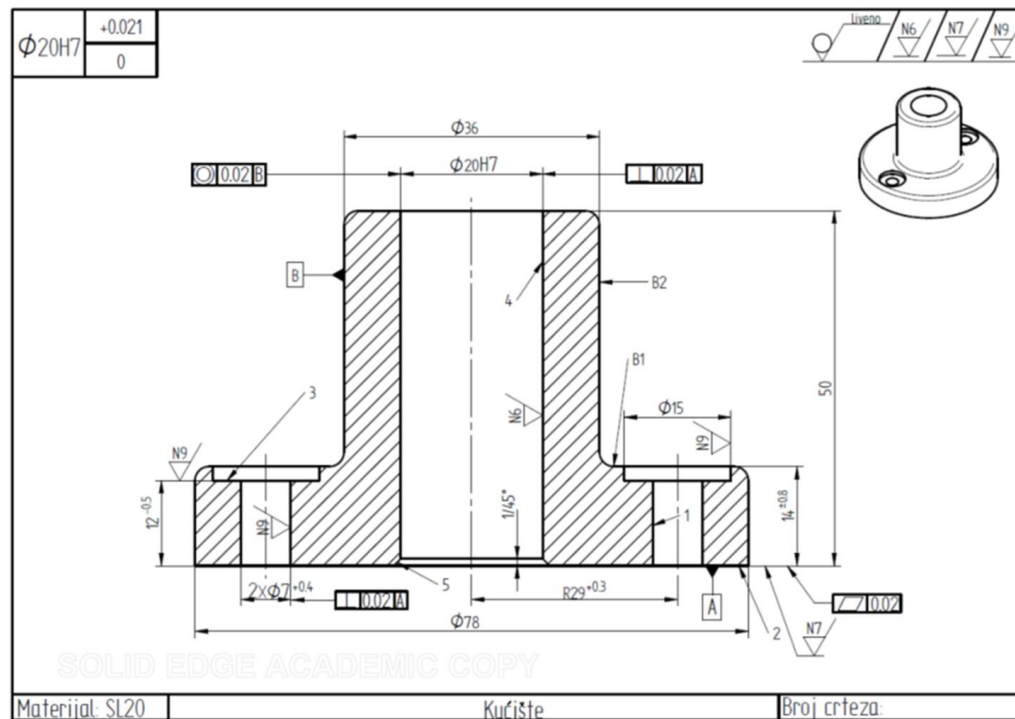
➤ Geometrijsko prethođenje:

Tolerancija položaja	Objašnjenje	Pravilo
Koaksijalnost površine 4 u odnosu na površ. B, vrednosti 0,02	Pre završne obrade površine 4 (zahvata 4Z) mora se prethodno definisati površina B(B2) (ova površina se ne obrađuje-dobija se livenjem)	B(B₂)→4Z
Normalnost površ. 4 u odnosu na površ. A(2), vrednosti 0,02	Pre završne obrade otvora 4 (zahvat 4Z) mora se završno obraditi površina 2 (zahvat 2F)-jer je tolerancija položaja površine 4 definisana u odnosu na 2	2F→4Z
Normalnost površ. 1 u odnosu na površ. A(2), vrednosti 0,02	Pre obrade otvora 1 (zahvat 1G) mora se završno obraditi površina 2 (zahvat 2F)-jer je tolerancija položaja površine 1 definisana u odnosu na 2	2F→1G
Saosnost površine 3, u odnosu na površinu 1	Pre obrade upusta 3 (zahvat 3G) mora se obraditi/bušiti otvor 1 (zahvat 1G)	1G→3G



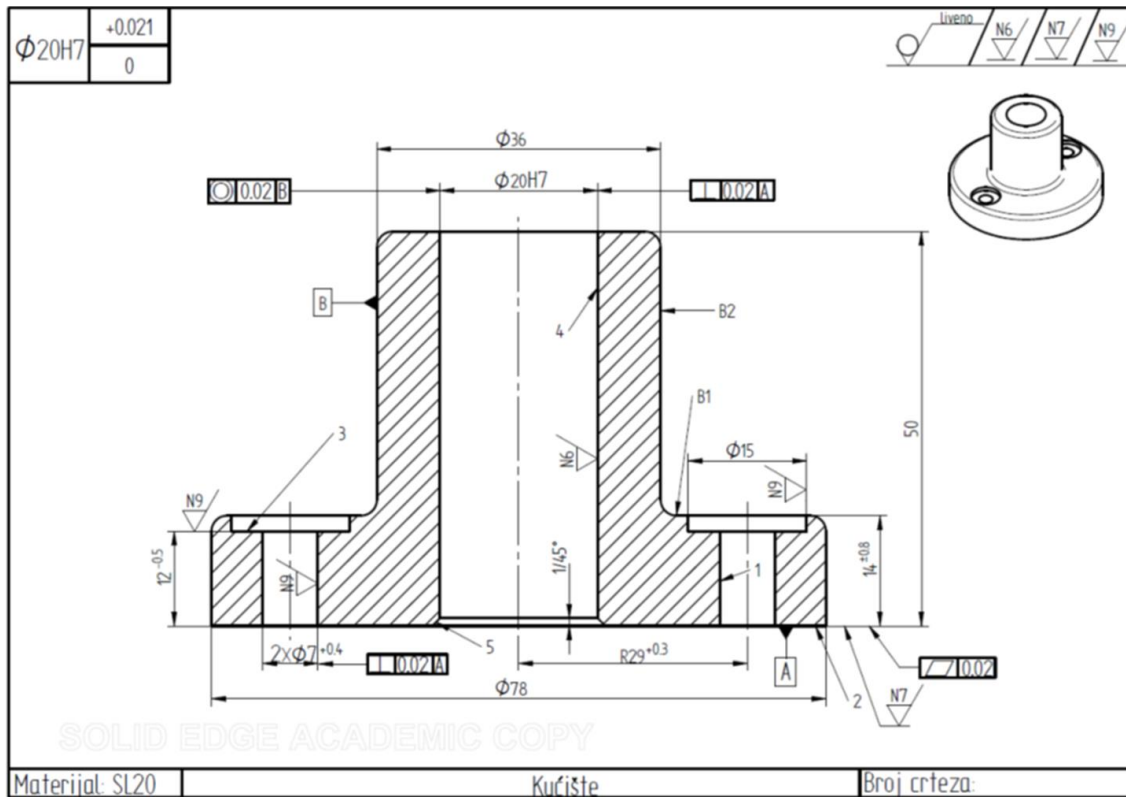
➤ Tehnološko prethođenje:

Tipski oblik	Objašnjenje	Pravilo
Površina 4 – Otvor $\varnothing 20H7$ u kvalitetu obrade N6	Na osnovu dimenzije mere $\varnothing 20H7$ i kvaliteta obrade otvora iz punog materijala, preporučeni su sledeći zahvati: Bušenje (4G) + Proširivanje (4F) + Razvrtanje (4Z), koji se izvode ovim redosledom	4G→4F→4Z
Površina 2 – Obrtna čeona površina u kvalitetu obrade N7	Na osnovu kvaliteta obrade N7, preporučeni su sledeći zahvati obrade: Gruba čeona obrada (2G) i Fina čeona obrada (2F), navedenim redosledom	2G→2F
Oborena ivica 5 $1/45^\circ$ u kvalitetu obrade N9	Zbog visokog kvaliteta obrade otvora – površine 4, potrebno je pre završne obrade razvrtanja uraditi obaranje ivice 5, kako ne bi došlo do oštećenja na ivicama (pojava pucni)	5F→4Z

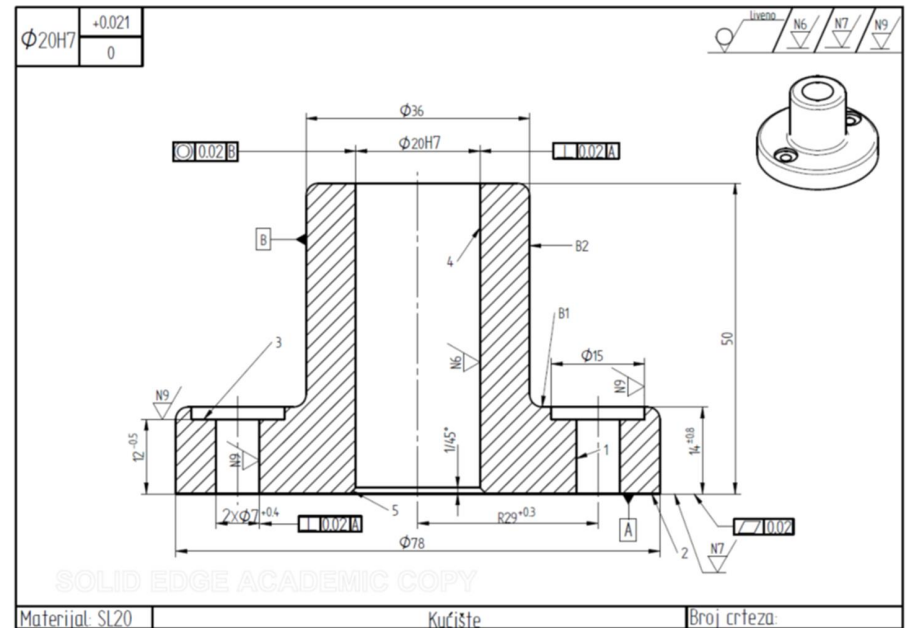


➤ Ekonomsko prethodenje:

Objašnjenje	Pravilo
Obradi čeone površine 2 (zahvat 2G) treba da prethode zahvati obrade otvora 4 (zahvat 4G i 4F) zbog toga što će da se više smanji vreme obrade i količina skinute strugotine ove površine zbog kraćeg hoda alata	$(4G)4F \rightarrow 2G$
Obradi oborene ivice 5 (zahvata 5F) treba da prethodi zahvat fine obrade otvora 4 (zahvat 4F) zbog toga što će da se smanjiti količina skinute strugotine i zaštititi alat za obaranje ivice	$4F \rightarrow 5F$
Završnoj obradi otvora (zahvat 4Z) treba da prethodi zahvat fine obrade čeone površine (zahvat 2F) zbog zaštite alata (razvrtača kao kvalitetnog alata) od prodiranja kroz površinu 2	$2F \rightarrow 4Z$



Na bazi prethodno definisanih pravila prethođenja zahvata obrade formirana je tabela 2.



Tipski oblik/ površina	Zahvati obrade	Prethodni zahvati (na bazi pravila prethođenja)			
		Dimenziono	Geometrijski	Tehnološki	Ekonomski
(1)	1G	4Z	2F		
(2)	2G				4F
	2F	B1		2G	
(3)	3G	2F	1G		
(4)	4G				
	4F			4G	
	4Z		B2, 2F	4F, 5F	2F
(5)	5F	2F			4F

Tabela 2. Tablica relacija prethođenja zahvata obrade

Tipski oblik/ površina	Zahvati obrade	Prethodni zahvati (na bazi pravila prethođenja)			
		Dimenziono	Geometrijski	Tehnološki	Ekonomski
(1)	1G	4Z	2F		
(2)	2G				4F
	2F	B1		2G	
(3)	3G	2F	1G		
(4)	4G				
	4F			4G	
	4Z		B2, 2F	4F, 5F	2F
(5)	5F	2F			4F

U levom delu matrice uneti su prioriteti prethođenja pojedinih zahvata na bazi tab. 2

Izvršiti ove zahvate								Nivoi							
								1	2	3	4	5	6	7	8
Prije izvršenja ovih zahvata	1G		x				x	2	2	2	2	1	1	1G	
	2G					x		1	1	2G					
	2F	x						1	1	1	2F				
	3G	x	x					2	2	2	2	1	1	1	3G
	4G							4G							
	4F				x			1	4F						
	4Z		x			x	x	3	3	2	2	1	4Z		
	5F		x			x		2	2	1	1	5F			
								4G	4F	2G	2F	5F	4Z	1G	3G

Slika 1. Matrica određivanja redosleda izvođenja zahvata obrade

Sa desne strane matrice definisan je redosled izvođenja zahvata uz poštovanje svih pojedinačnih prioriteta iz levog dela matrice, na sledeći način.

- U prvoj koloni (1 nivo) desnog dela matrice za svaki zahvat je upisan broj zahvata koji mu prethodi. Kod zahvata 4G stajala bi nula, jer ovom zahvatu ne prethodi niti jedan drugi, pa je on uzet kao prvi zahvat, što je i upisano u donjem redu matrice.
- Na drugom nivou se oduzima broj prethođenja onim zahvatima kojima je prethodio zahvat 4G, što je u ovom slučaju bilo samo kod zahvata 4F. Sada ovaj zahvat 4F može da se realizuje i upisuje se u donjem redu matrice.
- Na trećem nivou oduzima se broj onim zahvatima kod kojih je prethodnik bio zahvat 4F, a to su zahvati 2F, 4Z i 5F. S obzirom da zahvat 2G više nema prethodnika, on može da se realizuje kao sledeći i upisuje se u dnu matrice kao sledeći, itd.

	Izvršiti ove zahvate								Nivoi							
	1G	2G	2F	3G	4G	4F	4Z	5F	1	2	3	4	5	6	7	8
Prije izvršenja ovih zahvata	1G		x				x		2	2	2	2	1	1	1G	
	2G					x			1	1	2G					
	2F	x							1	1	1	2F				
	3G	x	x						2	2	2	2	1	1	1	3G
	4G								4G							
	4F				x				1	4F						
	4Z		x			x		x	3	3	2	2	1	4Z		
	5F		x			x			2	2	1	1	5F			
									4G	4F	2G	2F	5F	4Z	1G	3G

3.0 Grupisanje zahvata u operacije

U cilju postizanja tolerancija položaja neophodno je izvršiti odgovarajuće grupisanje zahvata u operacije kako bi se maksimalno iskoristila tačnost i raspoloživost mašina i drugih resursa.

Za grupisanje zahvata u istu operaciju moraju biti zadovoljeni sledeći uslovi:

- Da se zahvati mogu obrađivati na istoj mašini
 - Da se mogu izvoditi primenom istog pribora u jednom podešavanju mašine
 - Da se zahvati izvode redosledom kojim smo definisali
-
- ◆ Na primer površine (2) i (4) treba da imaju normalnost sa tolerancijom 0,02mm. Ove dve površine su spregnute i obe površine treba da budu obrađene u istom stezanju na strugu. Spregnute površine su površine između kojih postoji funkcionalni odnos, npr. tolerancija položaja i orijentacije.
 - ◆ Grupisanje ima uticaj i na ekonomičnost i zbog toga je, za dati primer, preporučljivo povezati površinu (5) sa grupom (2+4).
 - ◆ Slična logika se primenjuje na grupu (1+3) za koju postoji tolerancija zavisnosti, ali je ekonomičnije ove dve površine obrađivati u istom stezanju.

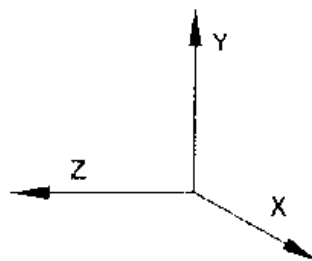
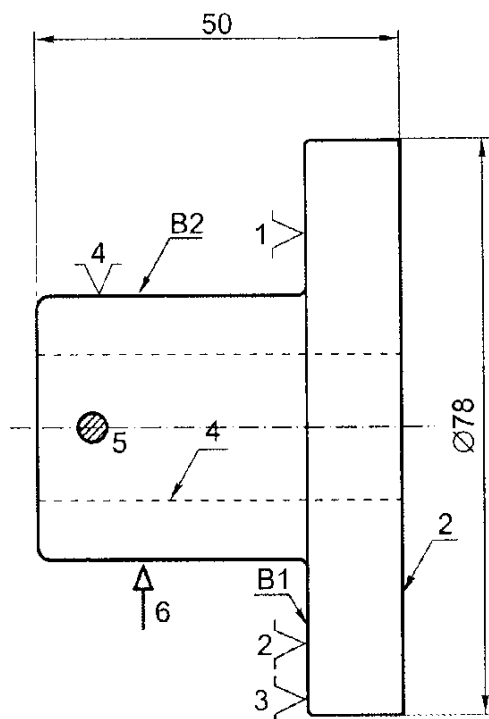
Zbog tačnosti treba izvršiti grupisanje obrade sledećih zahvata, odnosno površina:

- Operacija 1: (2)+(4)+(5) – struganje
- Operacija 2: (1)+(3) - bušenje

4.0 Izbor načina stezanja i pozicioniranja

- Precizno postavljanje dela u odnosu na pribor i koordinatni sistem
- Čvrsto stegnut deo tako da spoljne sile koje nastaju pri obradi ne mogu da promene poziciju dela ili da naruše stabilnost.

PRIMENA IZOSTATIČKOG SISTEMA (6 TAČAKA) – kada se deo izvadi iz pribora može se staviti drugi deo u potpuno istu poziciju.



- 3 tačke 1, 2 i 3 u ravni B1 ($Z \leftrightarrow$, x rotacija, y rotacija)
- 2 tačke 4 i 5 na površini B2 ($y \updownarrow$, $x \leftrightarrow$)
- 1 tačka 6 na površini B1 (Z rotacija) – ima i funkciju stezanja

Slika 3. Pozicioniranje i stezanje obradka u operaciji struganja

TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

TOLERANCIJE OBLIKA

označavanje

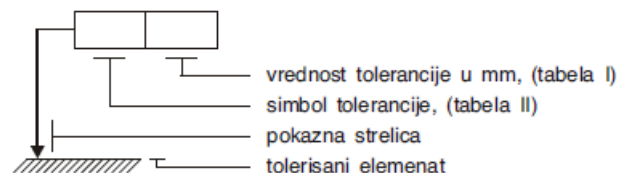


TABELA I

SIMBOL	NAZIV
—	Pravost
□	Ravnost
○	Kružnost
⊙	Cilindričnost
⌒	Oblik linije
⌒	Oblik površine

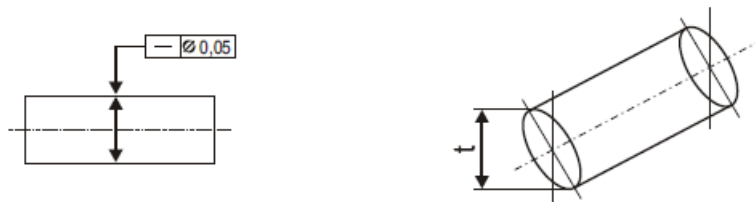
TABELA II

Standardne vrednosti tolerancija oblika i položaja u μm										
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,8		
1	1,2	1,6	2	2,5	4	5	6	8		
10	12	16	20	25	40	50	60	80		
100	120	160	200	250	400	500	600	800		
1000	1200	1600	2000	2500	4000	5000	6000	8000		
10000	12000	16000								

PRAVOST



Tolerisana ivica mora ležati između dve paralelne ravni razmaka 0,1 mm upravni na označeni pravac.



Osa cilindričnog dela mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0.05$ mm.

TOLERANCIJE POLOŽAJA

označavanje

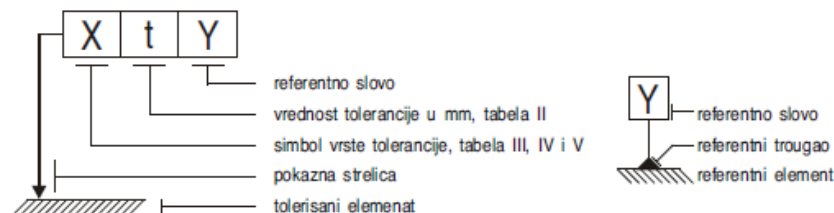


TABELA III

Tolerancije po pravcu

simbol	naziv
∥	PARALELNOST
⊥	UPRAVNOST
∠	NAGIB (ugao nagiba)

TABELA IV

Tolerancije po mestu

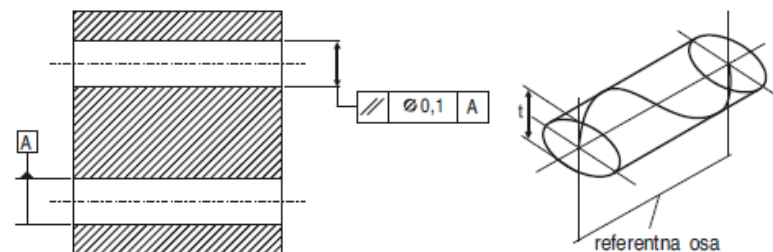
simbol	naziv
⊕	LOKACIJA
≡	SIMETRIČNOST
⊙	KOAKSIJALNOST

TABELA V

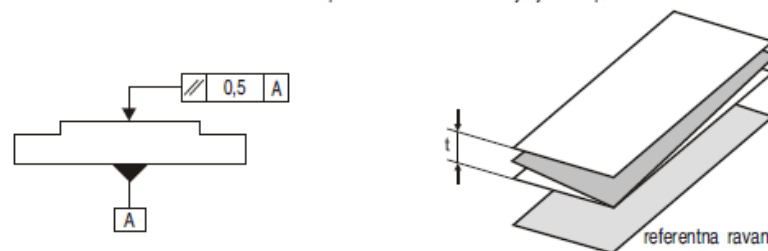
Tolerancije tačnosti obrtanja

simbol	naziv
↗	KRUŽNOST OBRRTANJA (radijalno bacanje)
↗	KRUŽNOST OBRRTANJA (aksijalno bacanje)

PARALELNOST



Tolerisana osa mora ležati unutar cilindra prečnika $t = 0.1$ mm čija je osa paralelna sa referentnom osom.



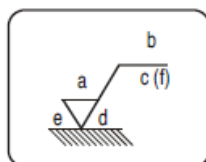
Tolerisana površina mora ležati između dve paralelne ravni razmaka $t = 0.5$ mm upravni na referentnu površinu.

OZNAKA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI

ZNACI ZA POVRŠINSKU OBRADU

OZNAKA	OPIS
	Obrada dobijena bilo kojom metodom proizvodnje; - predstavlja osnovni znak i upotrebljava se kada je značenje objašnjeno napomenom.
	Obrada dobijena skidanjem materijala mašinskom obradom.
	Obrada dobijena bez skidanja materijala ili sa površine koje treba da ostanu u stanju koje rezultira iz predhodne obrade.
	Dodatna vodoravna linija na koju se unose specijalne karakteristike površine.

DODATNE OZNAKE U ZNAKU ZA POVRŠINSKU HRAPAVOST



- a) - vrednost hrapavosti R_a u μm ili broj klase hrapavosti (tabela VI)
- b) - metod proizvodnje, postupak ili prevlaka.
- c) - referentna dužina; tabela VII i tabela VIII
- d) - pravac prostiranja brazde, prema tabeli IX
- e) - dodatak za mašinsku obradu.
- f) - druge vrednosti hrapavosti R_z ili R_{max}

TABELA VI

NAJVEĆA VREDNOST	BROJ KLASSE HRAPAVOSTI											
	N1	N	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
max. R_a	0,025	0,050	0,100	0,20	0,40	0,80	1,60	3,20	6,30	12,50	25	50
μm R_z	0,10	0,20	0,40	0,80	1,60	3,20	6,30	12,50	25	50	100	200
Korak brazde k u mm.	0,006	0,0125	0,025	0,050	0,100	0,20	0,40	0,80	1,60	3,2	6,3	12,5

NAPOMENA: Korelacija između vrednosti R_a , R_z i k datih u tabeli važi samo u slučaju kada je polazna vrednost R_a .

REFERENTNA DUŽINA I PROCENAT NOŠENJA PROFILA

TABELA VII

L (mm)	0,08			0,25		0,8	2,5		8	25	
P _n %	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

ZAVISNOST REFERENTNE DUŽINE I OSTALIH KRITERIJUMA

TABELA VIII

REFERENTNA DUŽINA L, u mm	ZA PERIODIČNE POVRŠINE KORAK, k u mm	ZA NEPERIODIČNE POVRŠINE	
		R_a μm	R_z μm
0,08	preko 1 do 32	-	-
0,25	iznad 32 do 32	do 0,1	do 0,5
0,8	iznad 100 do 320	iznad 0,1 do 2	iznad 0,5 do 10
2,5	iznad 320 do 1000	iznad 2 do 10	iznad 10 do 50
8	iznad 1000 do 3200	iznad 10	iznad 50

NAPOMENA: Periodične površine: struganje, rendisanje i slične,
Neperiodične površine: brušenje, razvrtanje, lepolovanje i slične.

TABELA IX

DODATNE OZNAKE ZA POVRŠINSKU HRAPAVOST

	Obradena površina može da ima najveću hrapavost $R_a = 3,2 \mu\text{m}$
	Obradena površina može da ima najveću hrapavost od $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ i najmanju od $R_a = 1,6 \mu\text{m}$
	Površina je brušena
	Referentna dužina: 2,5 mm
	Pravac prostiranja brazde: upravno na ravan projekcije pogleda
	Dodatak za obradu: 2 mm
	Naznaka maksimalne hrapavosti: $R_{max} = 0,4 \mu\text{m}$