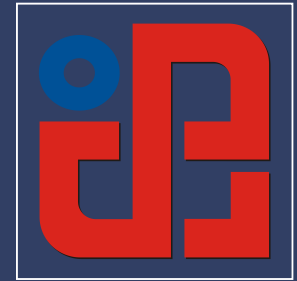




**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**  
DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO



# **PROJEKTOVANJE I OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESA PROIZVODNJE**

**Vezba 3: Projektovanje idejnog tehnološkog procesa izrade**

**Tema: Tehnološki procesi izrade zupčanika,  
čaura i kućišta**

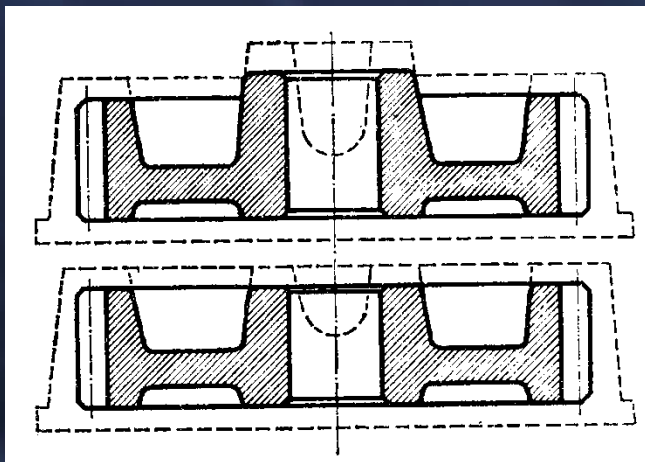
**Prof. dr Dejan Lukić**

# Zupčanici

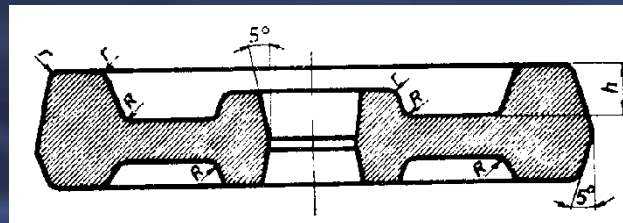
U tehnici se koristi veoma veliki broj zupčanika raznih oblika i dimenzija, koji se izrađuju raznim postupcima obrade. Najčešće se koriste cilindrični zupčanici sa pravim i kosim zubima, konusni zupčanici i pužni parovi (puž i pužni točak). Zupčanici se izrađuju od raznih materijala, a najčešće od čelika, čeličnog liva, livenog gvožđa, legura obojenih metala, plastičnih materijala i dr.

Polazni oblik (pripremak) najviše zavisi od dimenzija, vrste materijala i obima proizvodnje.

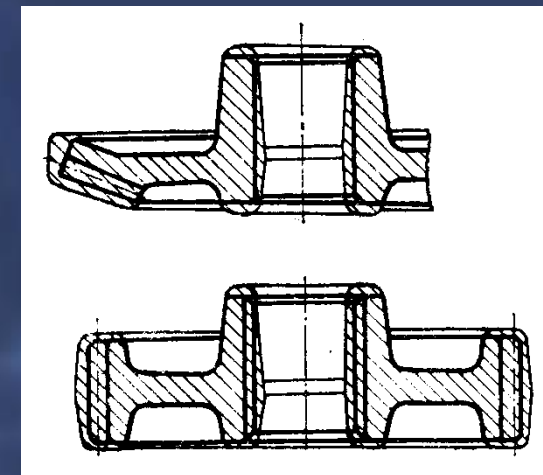
U pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji (do prečnika 125mm) najviše se koristi pripremak od toplo valjane šipke, a većih prečnika otkovak dobijen slobodnim kovanjem ili pak livenjem od čeličnog liva. U maloserijskoj proizvodnji koristi se takođe toplo valjana šipka i kovanje u jednostranim kalupima. U srednjeserijskoj i višim tipovima proizvodnje (male i srednje veličine) pripremaci se najčešće izrađuju kovanjem u dvostranim kalupima.



Otkovci dobijeni u jednostranim kalupima



Otkovci dobijeni u dvostranim kalupima

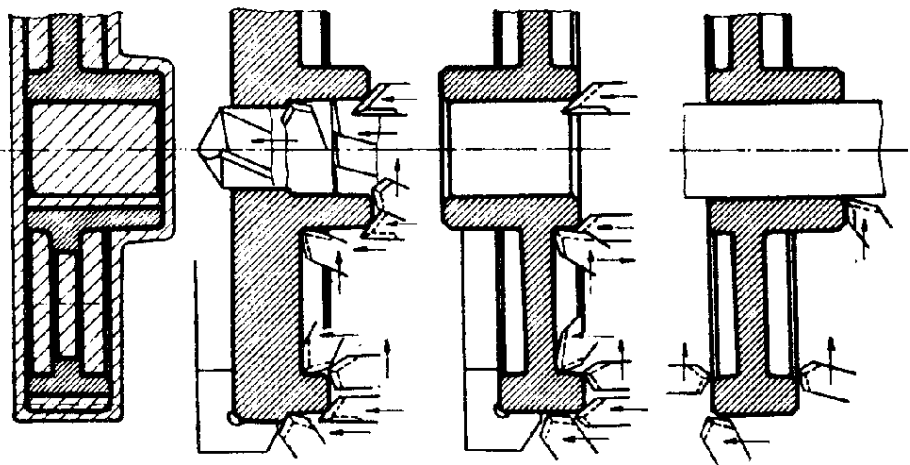


Pripremljeni se obrađuju mehaničkom obradom skidanjem materijala (strugotine) i termo-hemijskom obradom.

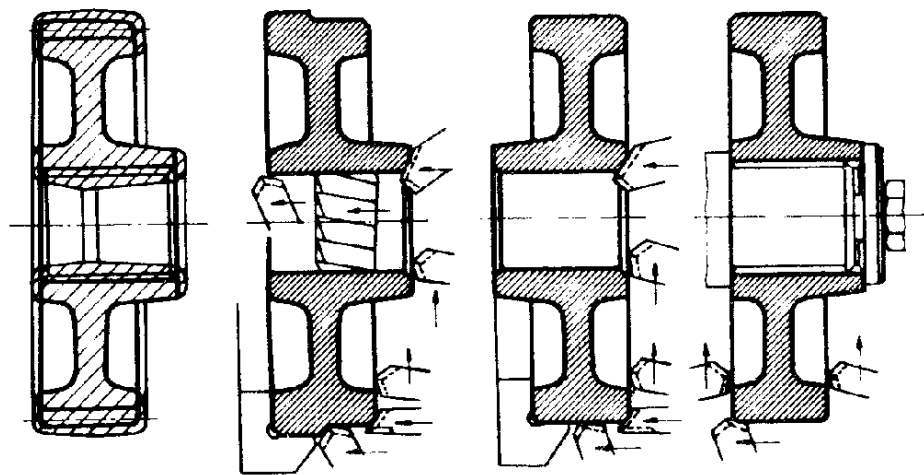
Mehanička obrada skidanjem materijala se može podeliti na tri faze:

- Obrada pre izrade ozubljenja
- Izrada ozubljenja
- Završna obrada

U prvoj fazi neophodno je ostvariti međusobni odnos venca sa otvorom (koncentričnost) i obezbediti odnos čeonih površina (normalnost). Tehnologija obrade u ovoj fazi zavisi od konfiguracije zupčanika, dimenzija i obima proizvodnje.



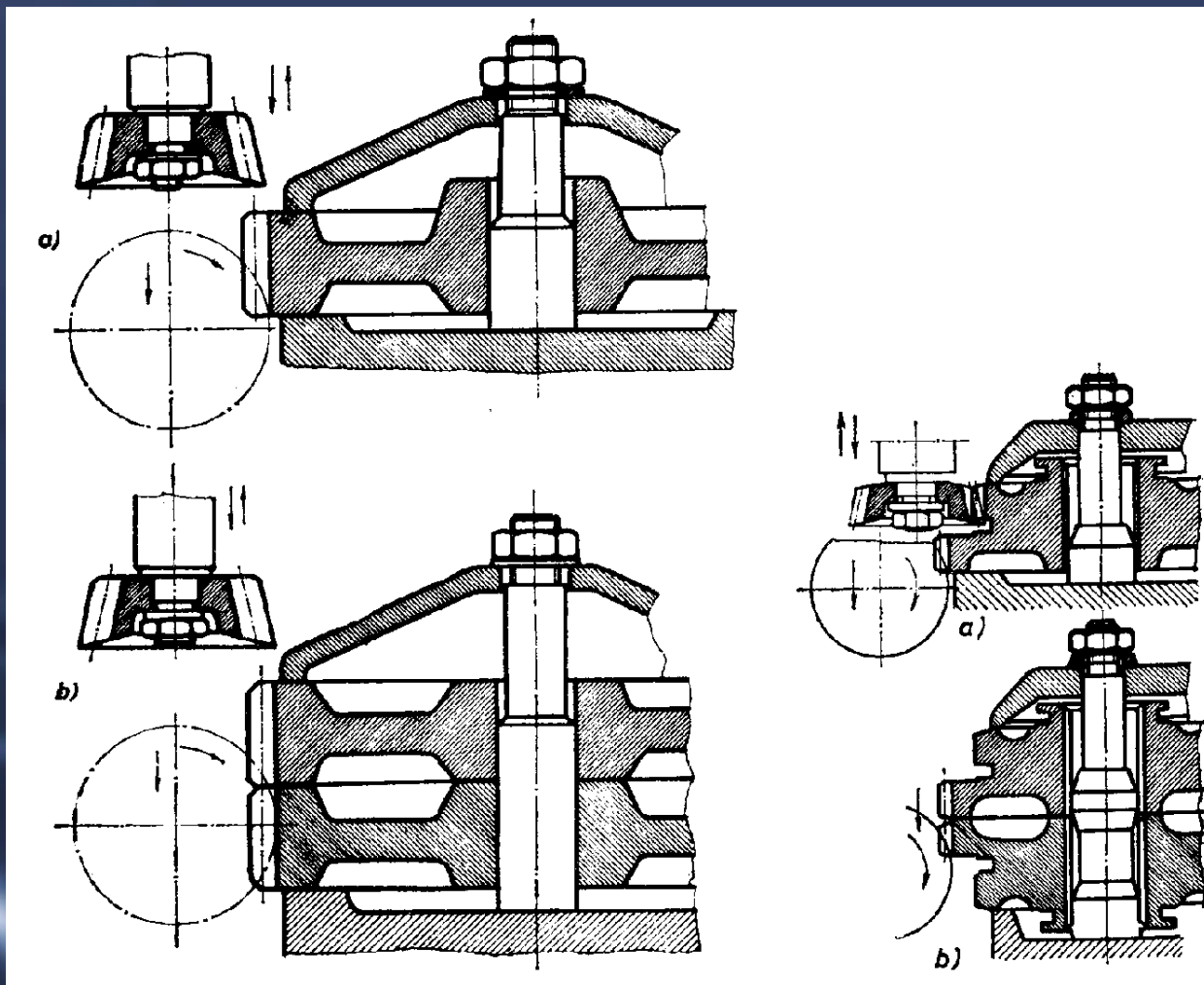
Primer obrade zupčanika na potrebne mere od priprema dobijenog slobodnim kovanjem



Primer obrade zupčanika na potrebne mere od priprema dobijenog kovanjem u dvostranom kalupu

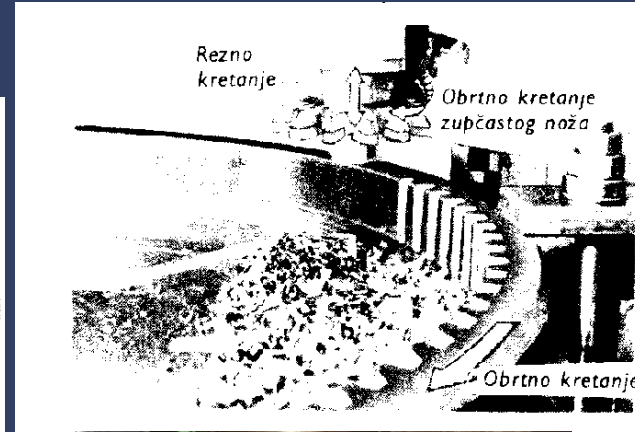
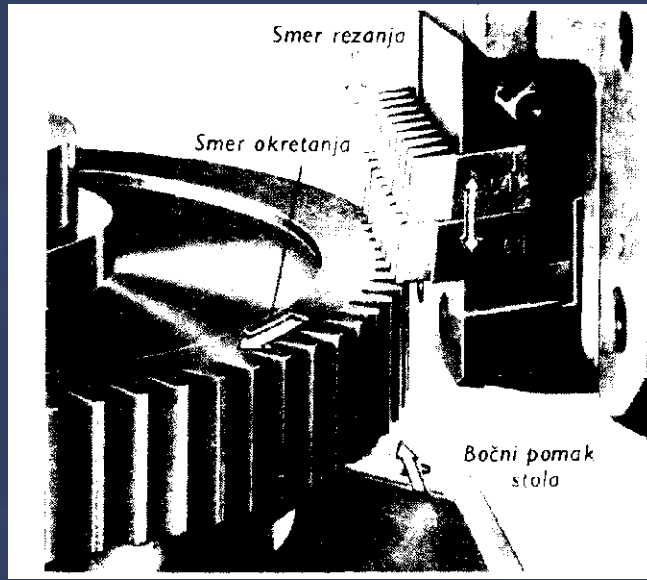
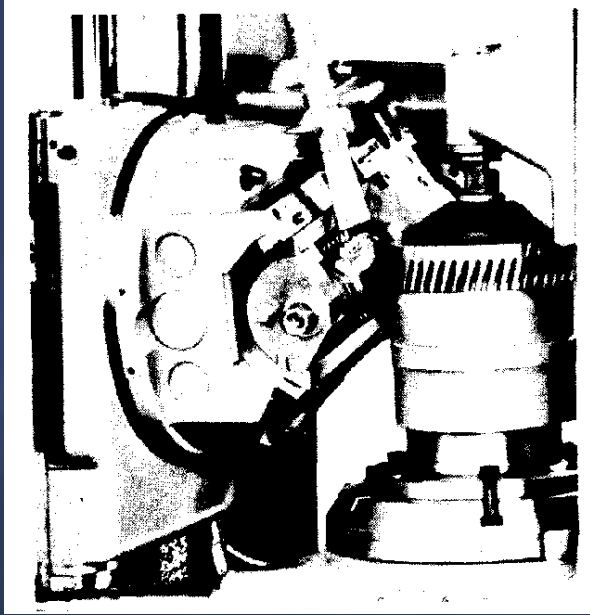
Za izradu zuba zupčanika neophodno je da su bazne površine dobro obrađene i da imaju odgovarajući oblik i međusobni odnos.

Tehnološke baze za obradu zupčanika su otvor u glavčini i čeone površine vena zupčanika. U pojedinačnoj proizvodnji ozubljenja se mogu izrađivati na univerzalnoj glodalici sa podeonim aparatom i modulnim glodalima. Dok se u višim tipovima proizvodnje izrađuju metodama relativnog kotrljanja, glodanjem po metodi Pfauter i rendisanjem po metodama Felows i Maag.

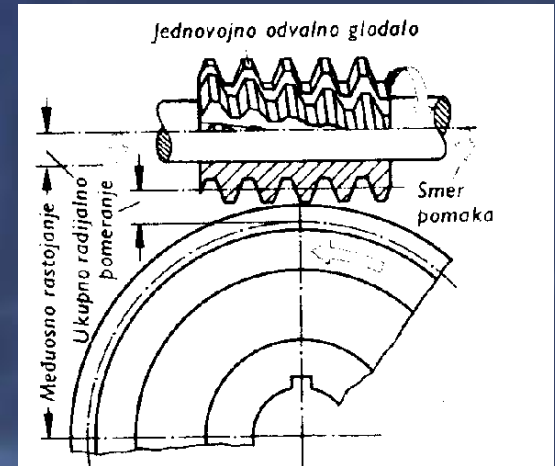
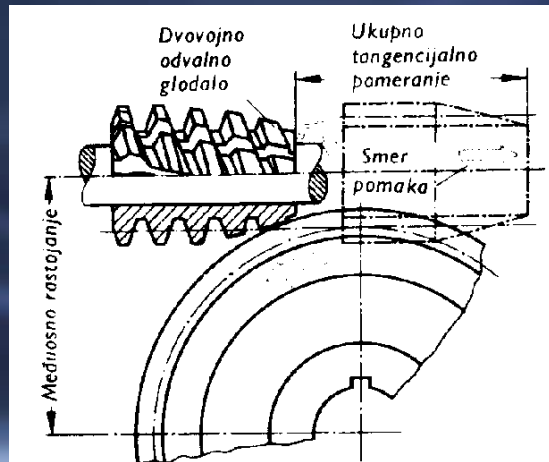
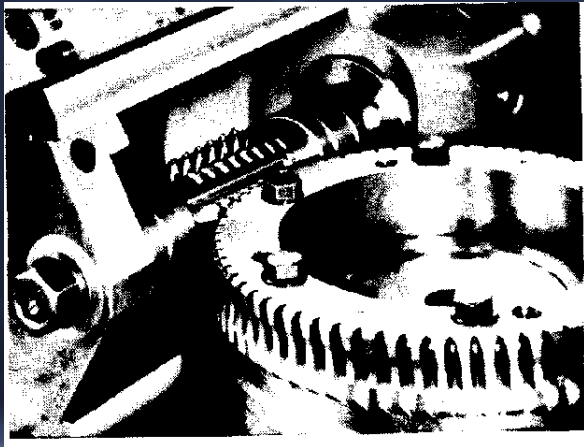




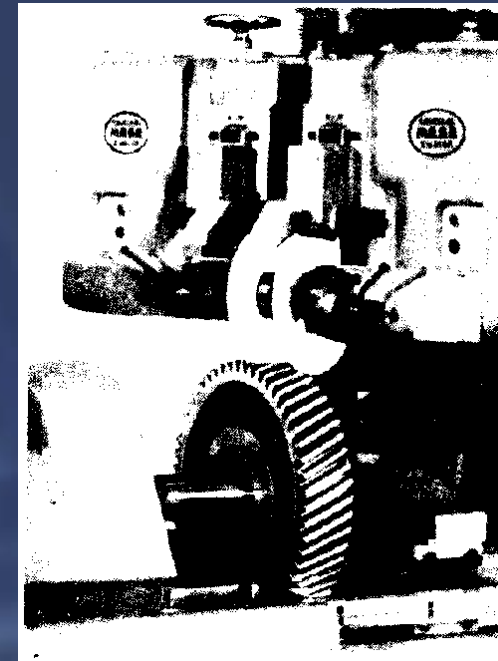
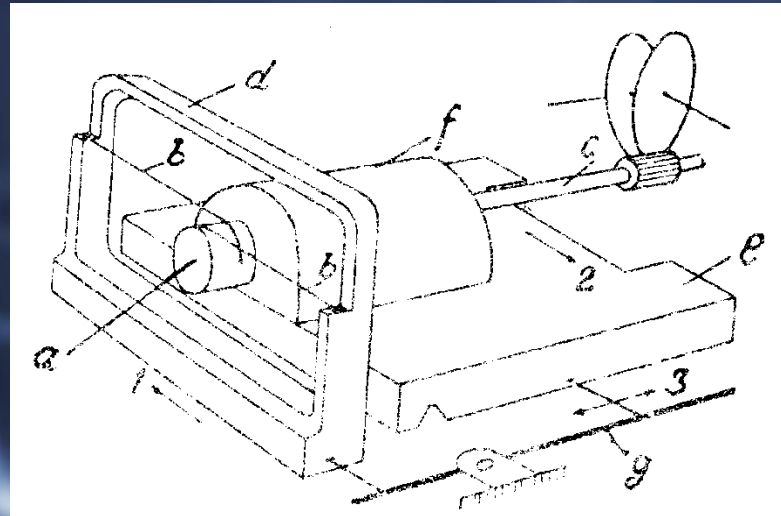
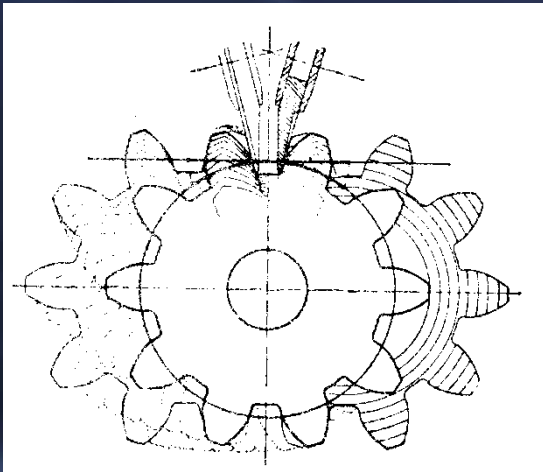
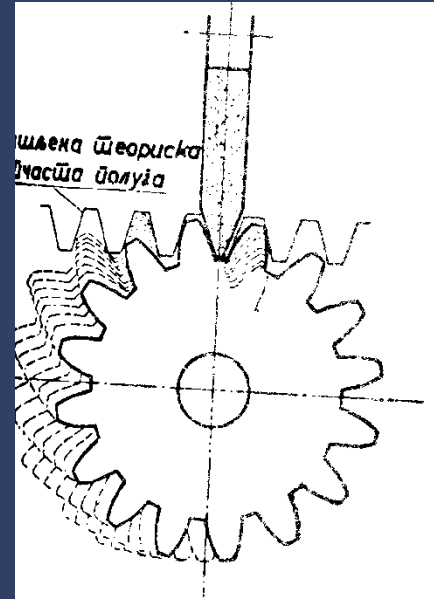
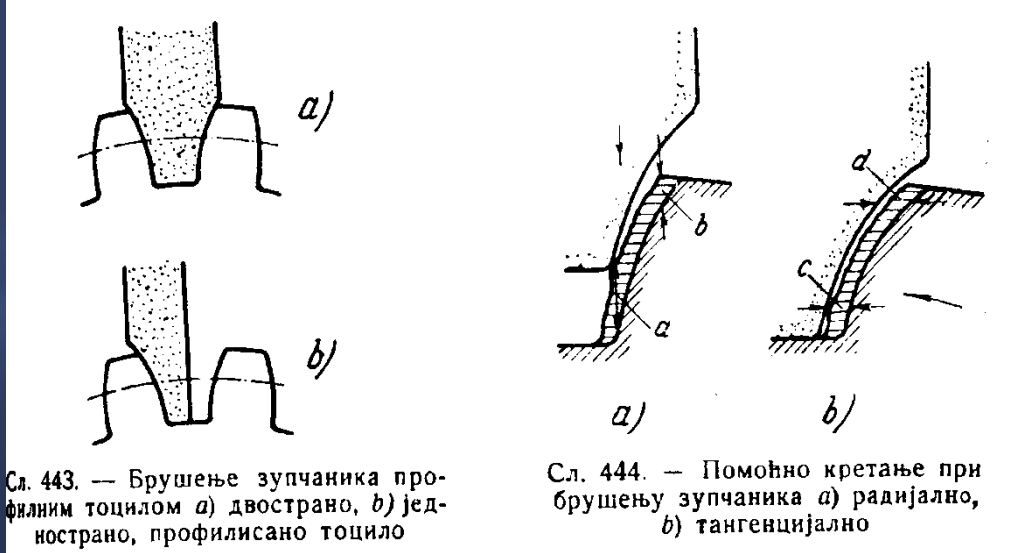
# Izrada spoljašnjeg i unutrašnjeg ozubljenja



# Izrada pužnih točkova

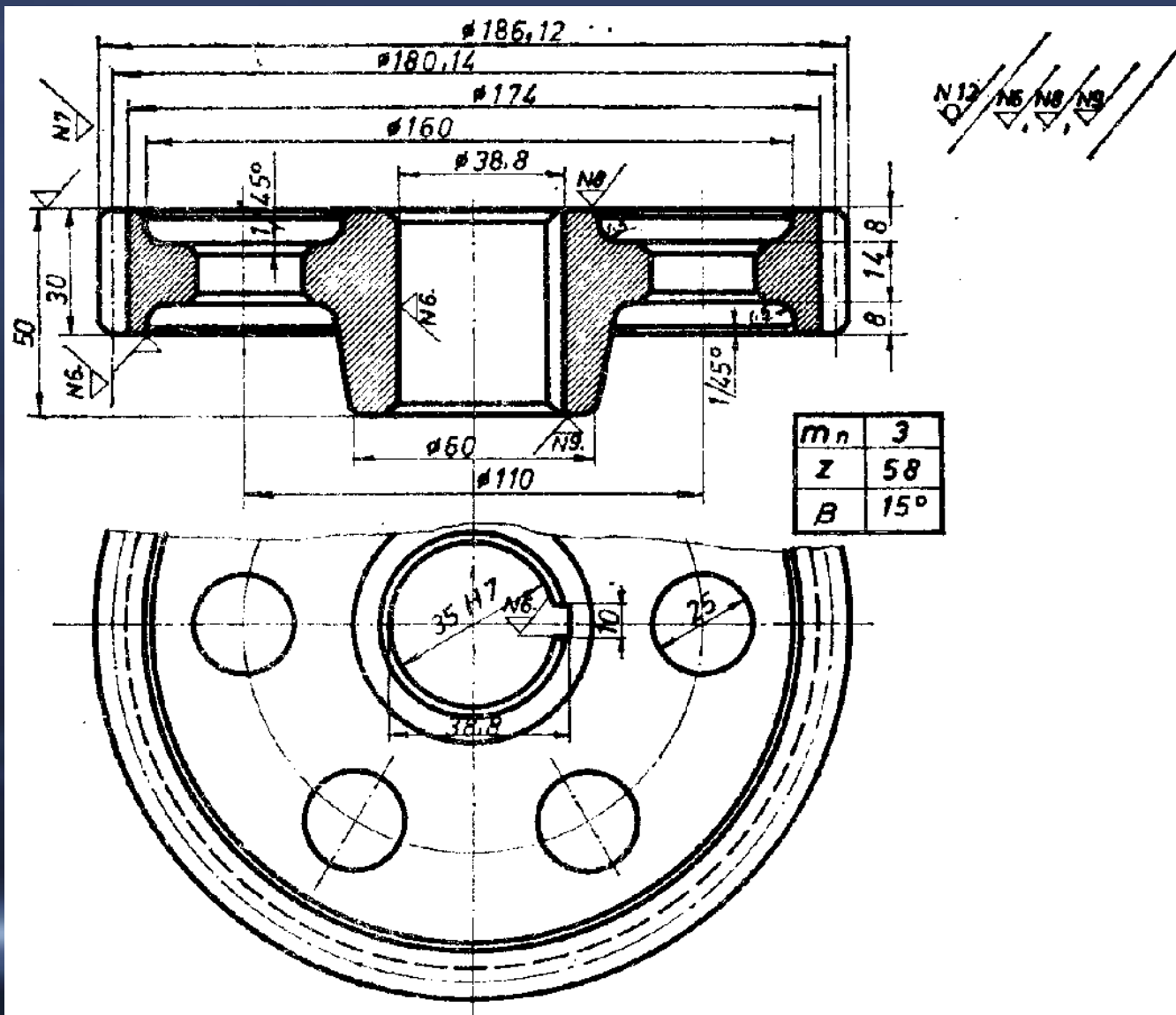


# Brušenje ozubljenja



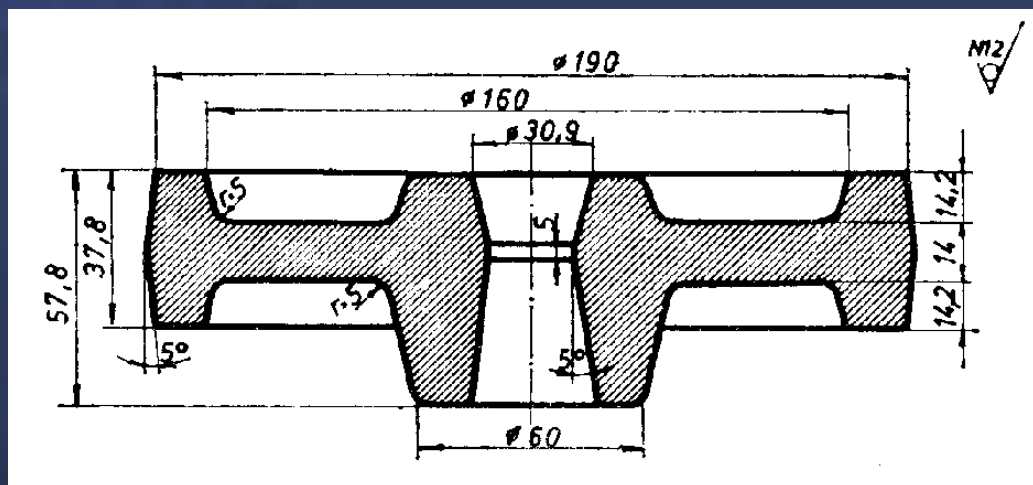
# Primer izrade zupčanika

U nastavku je prikazan tehnološki proces izrade zupčanika sa kosim zubima od Č.4321, koji se proizvodi u serijskoj proizvodnji. Posmatrani zupčanik je potrebno kaliti i cementirati na tvrdoću 58-63 HRC .



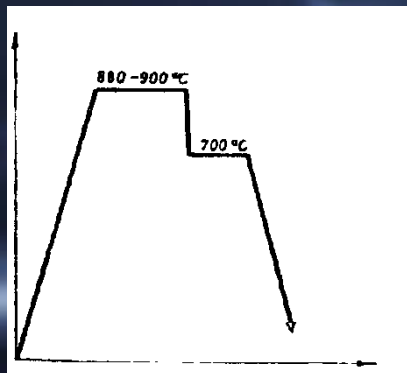
Kao polazni oblik priprema izabran je otkovak dobijen u dvostranom kalupu.

S obzirom na potrebne kvalitete obrade i odgovarajuće zahvate obrade koje je potrebno primeniti, proračunom dodataka za obradu definisan je odgovarajući izgled priprema, odnosno otkovka (što se realizuje nakon definisanja operacija i zahvata obrade).



## Operacija 10. Žarenje

Nakon obrade kaljenja delove je potrebno žariti kako bi mu se popravila struktura.



Delove upakovati u peć i zagrejeti na temperaturu  $880-900^\circ\text{C}$  i žariti u trajanju od 4 časa, a potom sniziti na temperaturu  $700^\circ\text{C}$  i žariti još 6 časova. Posle završenog žarenja ostaviti delove da se ohlade do sobne temperature



## Operacija 20. Gruba obrada struganjem

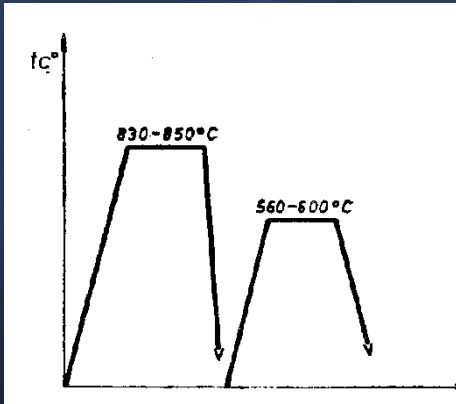
Mašina: Univerzalni strug (NC strug)

Pribor: Samocentrirajući stezač

Alati: Noževi za grubo uzdužno i poprečno struganje, nož za fino unutrašnje struganje i obaranje ivica

20/1 Grubo struganje prve strane zupčanika (čela, spoljašnjeg prečnika i otvora)

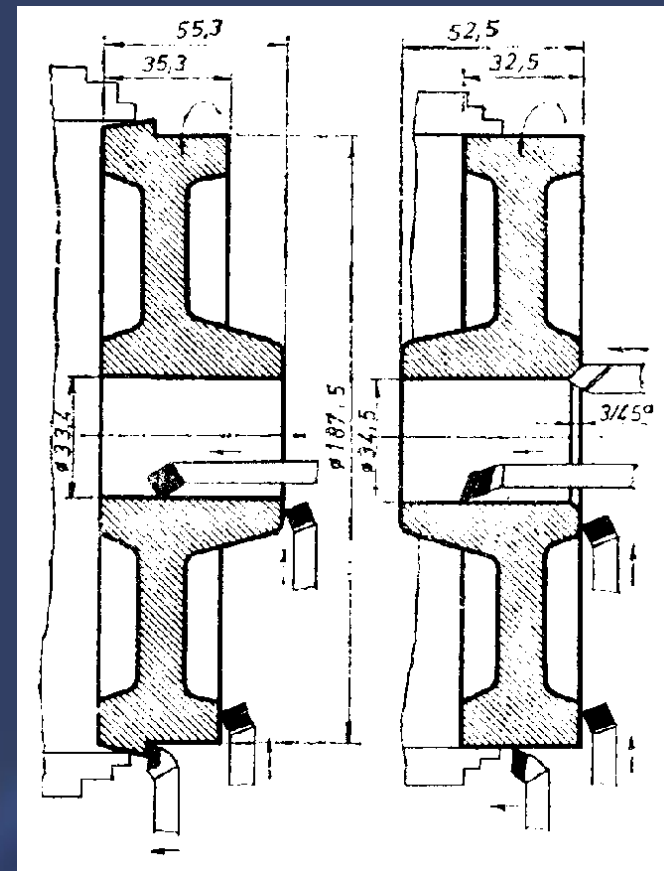
## Operacija 30. Poboljšanje



Mašina: Komorna peć

Kaljenje-zagrejati na 830-850 °C i držati 1 sat, potom hladiti u ulju.

Otpuštanje-zagrejati na 580-600 °C i držati 1,5 sat a potom hladiti na mirnom vazduhu.



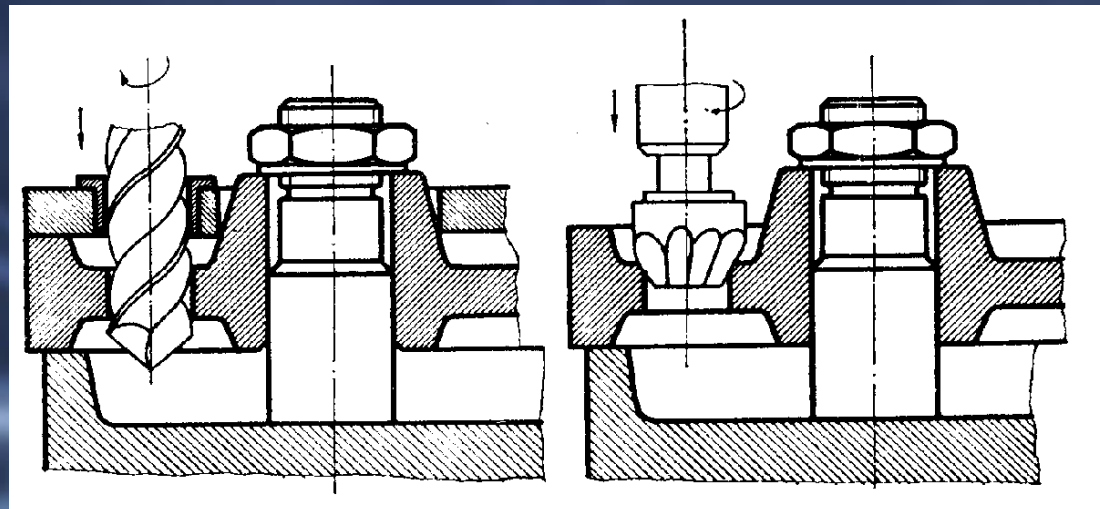
## Operacija 40. Izrada 6 otvora $\Phi 25$

Mašina: Vertikalna bušilica

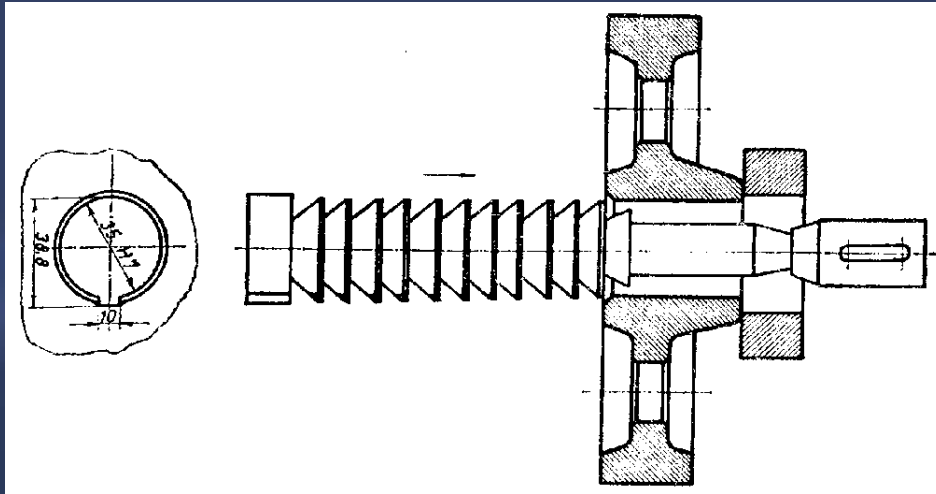
Pribor: Specijalni pribor za bušenje sa kaljenim vođicama (Trn za baziranje)

Alati: Burgija  $\Phi 25$  i upuštač  $2/45^\circ$

Bušenje  $6 \times \Phi 25$  uz upotrebu kaljenih vođica, a potom upuštanje ivica otvora  $2/45^\circ$ .

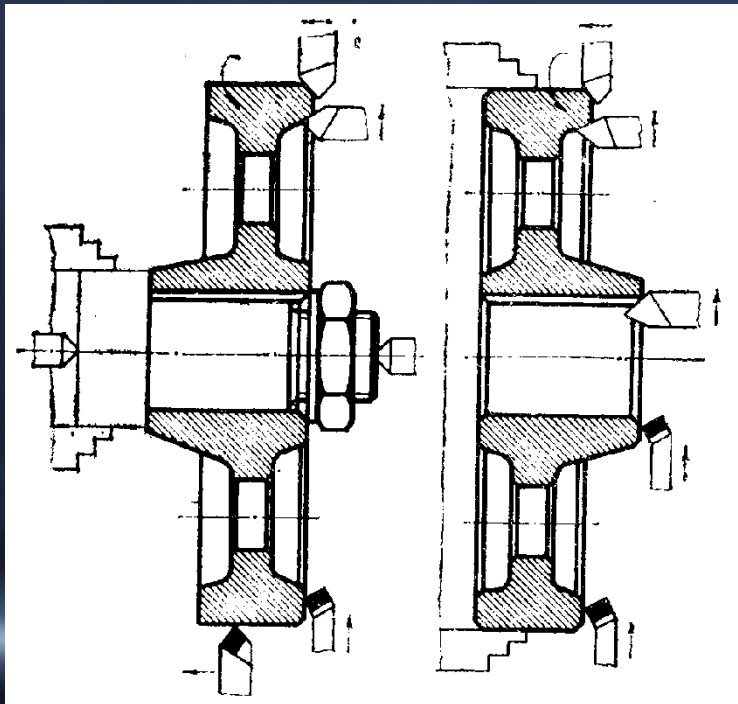


## Operacija 50. Provlačenje otvora i žljeba za klin



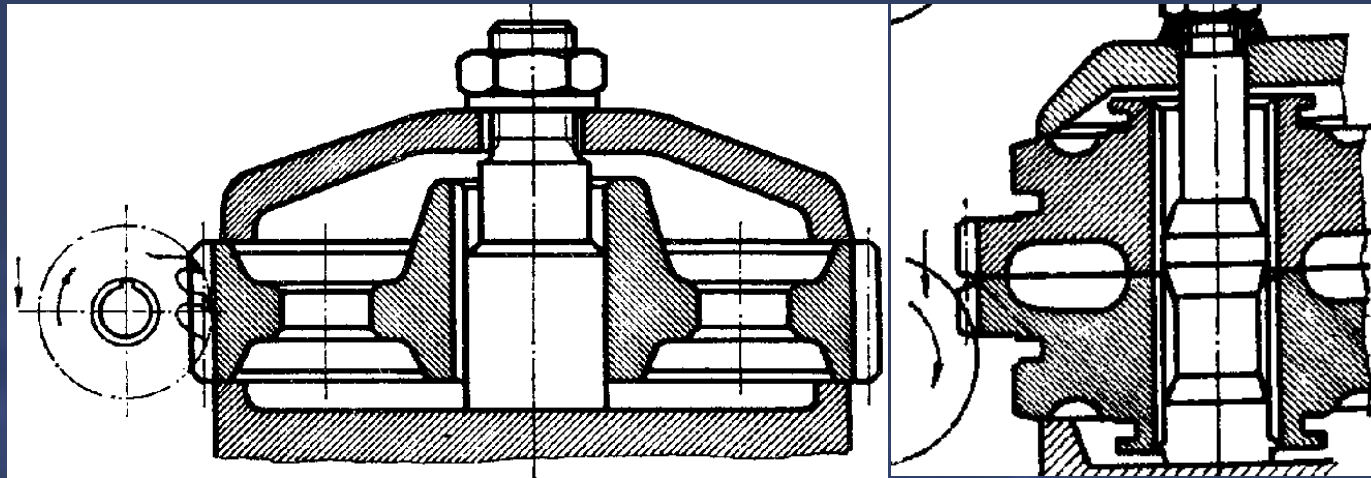
Mašina: Provlakačica  
Alat: Provlakač za otvor i žleb  
Završna obrada otvora  $\Phi 35H7$  provlačenjem uz istovremenu izradu žljeba za klin širine 10mm na dimenziju 38,8.

## Operacija 60. Završna obrada struganjem



Mašina: Strug (NC strug)  
Pribor: Trn/ostvarenje koncentričnosti otvora, čeonih površina i venca  
Alati: Noževi za završno uzdužno i poprečno struganje, noževi za obaranje ivica  
60/1 Završno struganje prve strane (čela, spoljašnjeg prečnika i ivica)  
60/2 Završno struganje druge strane (čela, spoljašnjeg prečnika i ivica)

## Operacija 70. Izrada ozubljenja

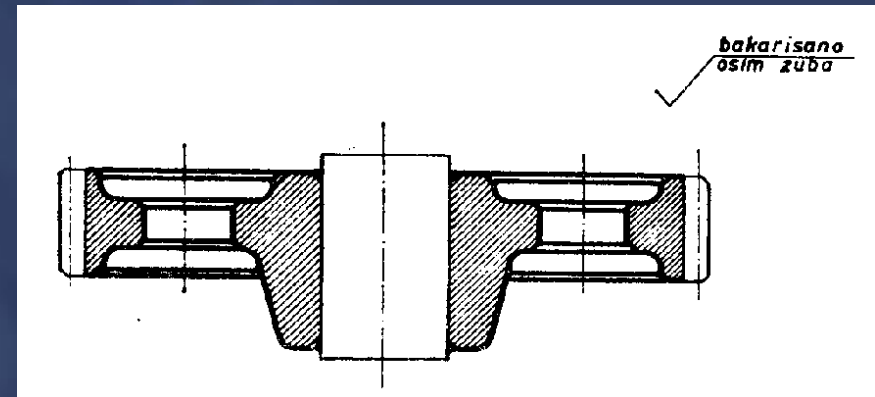


Mašina: Pfauter glodalica  
Pribor: Trn/ostvarivanje  
odnosa površina otvora i  
ozubljenja  
Alat: Odvalno glodalo  
modula 3mm

Izvršiti glodanje  
ozubljenja uz ostavljanje  
dodatka za brušenje

## Operacija 80. Zaštita od cementacije

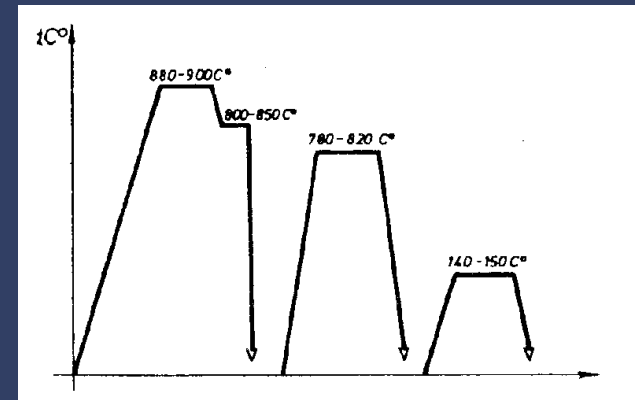
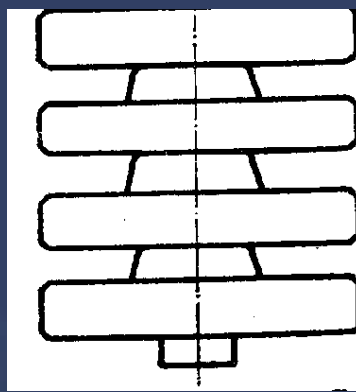
Površine, koje nije potrebno cementirati treba zaštititi od prodiranja ugljenika (cementacije). Ako odaberemo cementaciju u gasovitoj sredini onda efikasnu zaštitu površina od cementacije možemo ostvariti bakaranjem, a otvor zaštititi bakarnim čepom. Površine koje nećemo bakarisati premažemo slojem stearina, a potom vršimo bakarisanje elektrolitički (podebljane površine). Po završetku bakaranja skida se sloj stearina i tada su komadi pripremljeni za cementaciju.



## Operacija 90. Cementacija

## Operacija 100. Kaljenje

## Operacija 110. Otpuštanje



90/Zupčanici se slažu prema slici i unose u peć za gasovitu cementaciju, zajedno sa epruvetama za kontrolu cementacije. Peć se zagreva na 880-900 C na kojoj se drže oko 6 časova uz stalno strujanje gasovitog sredstva za cementaciju. Potom se spušta temperatura na 800-850 C i vrši kaljenje u ulju.

100/Drugo kaljenje se izvodi na temperturi 780-820 C oko jedan čas.

110/Da bi se smanjili unutrašnji naponi izvodi se otpuštanje u ulju na temperatri 140-160 C u vremenu od 1,5 časa.

## Operacija 120. Kontrola termičke obrade (dubine cementacije i tvrdoće)

Kontrola dubine cementacije pomoću epruvete (termički obrađena sa ozubljenjem) koja se preseca i nagriza razblaženom kiselinom-meri se tamni sloj koji predstavlja dubinu cementacije.

Kontrola tvrdoće – merenje po metodi Rokvela skala C (HRC)

## Operacija 130. Brušenje ozubljenja

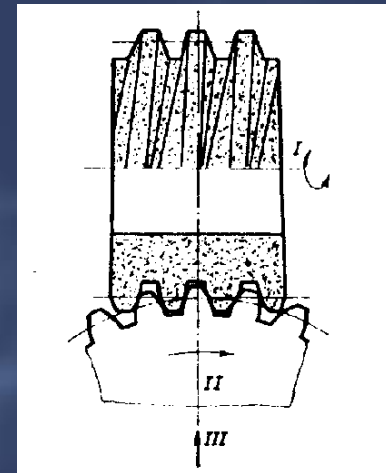
Mašina: Brusilica za ozubljenje po metodi relativnog kotrljanja

Pribor: Trn/ostvaruje se međusobni odnos otvora i ozubljenja

Alat: Pužno tocilo

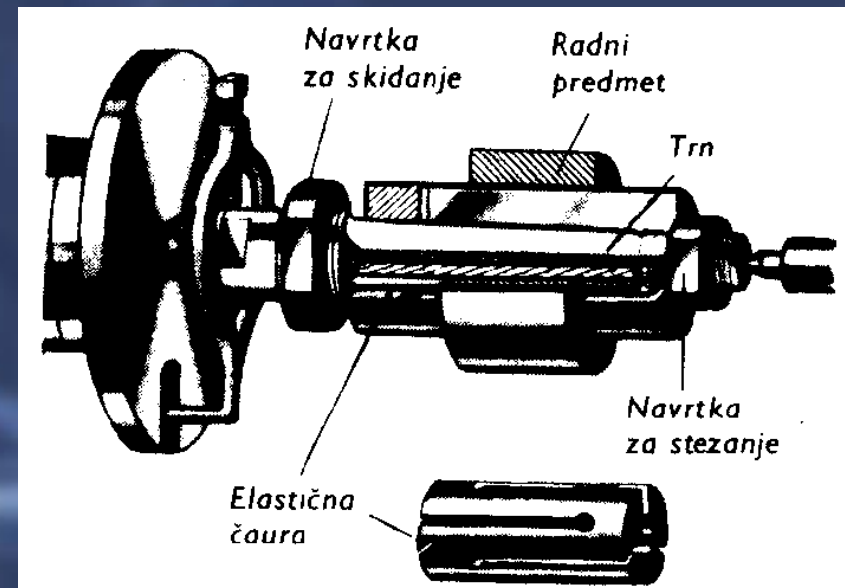
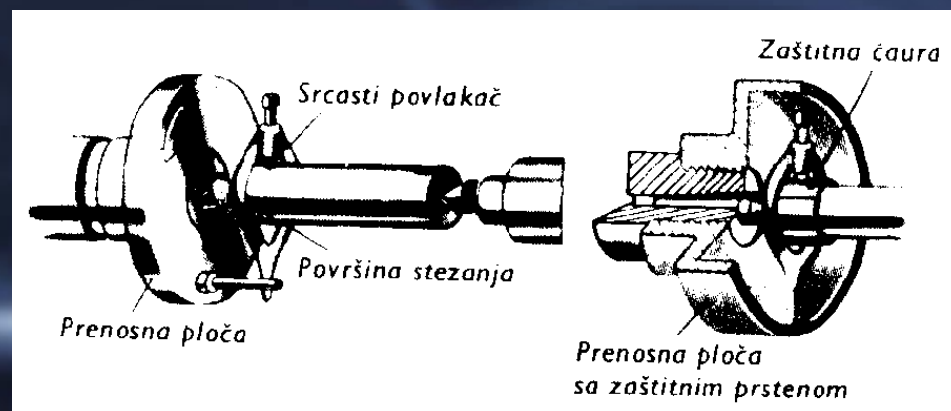
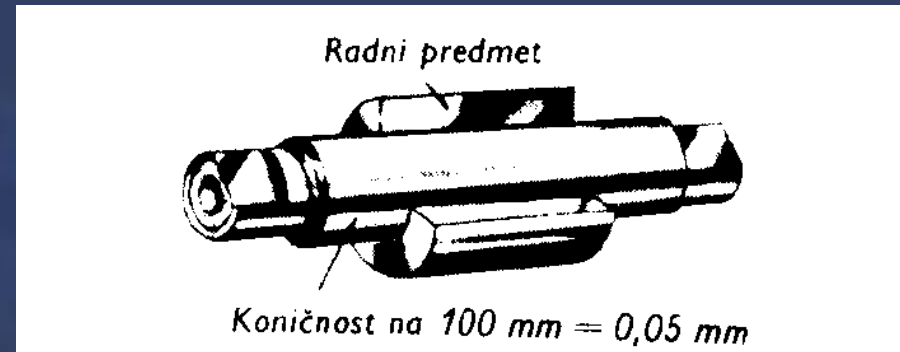
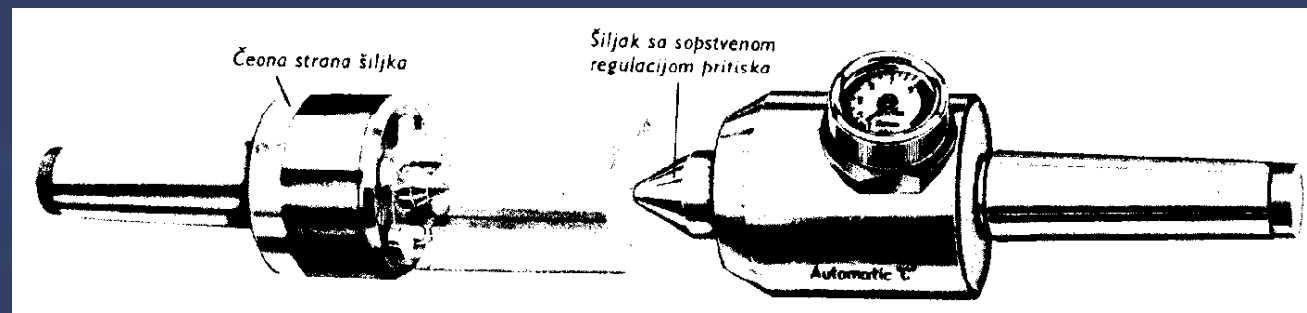
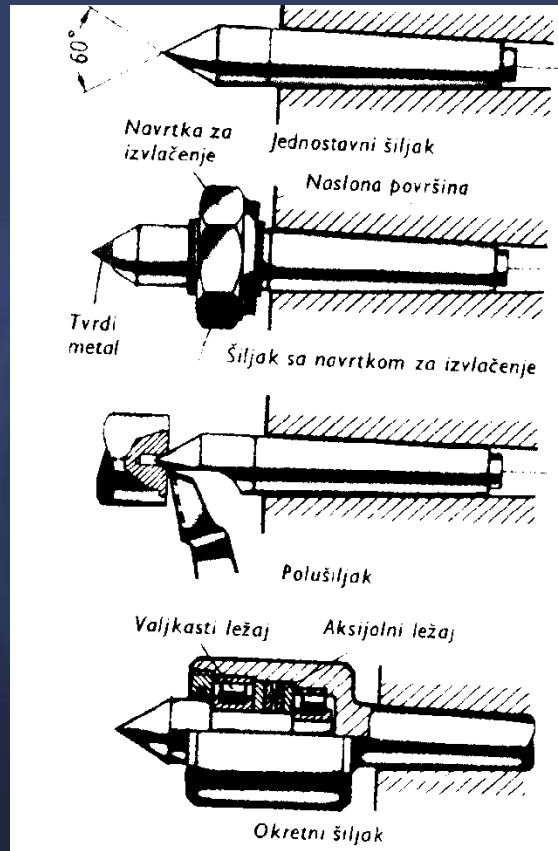
## Operacija 140. Završna kontrola

Kontrolisati deo prema crtežu (dimenzije, tvrdoća, ....)





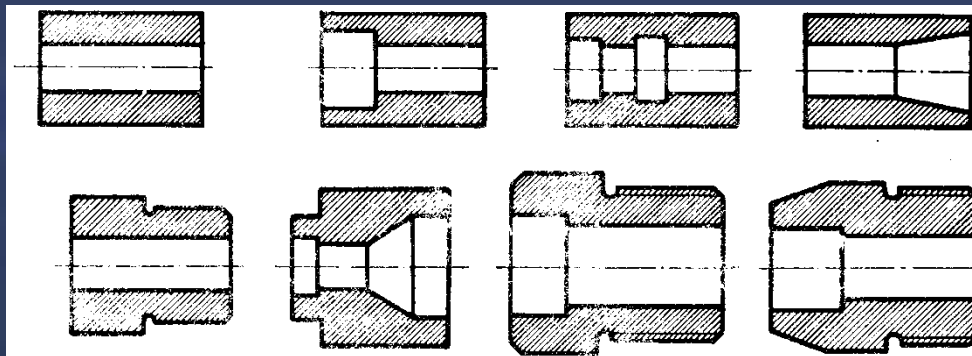
# Primeri stezanja vratila, osovina i zupčanika





# Čaure

Čaure su mašinski elementi različitih spoljašnjih oblika koje imaju centralni otvor ( $l/d < 2$ ). Na slici je prikazano nekoliko mašinskih delova oblika čaura.



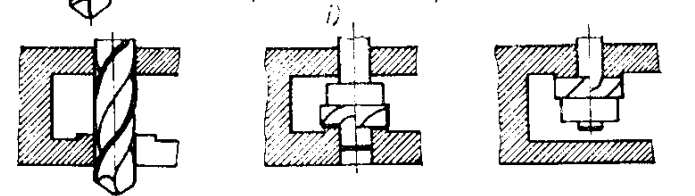
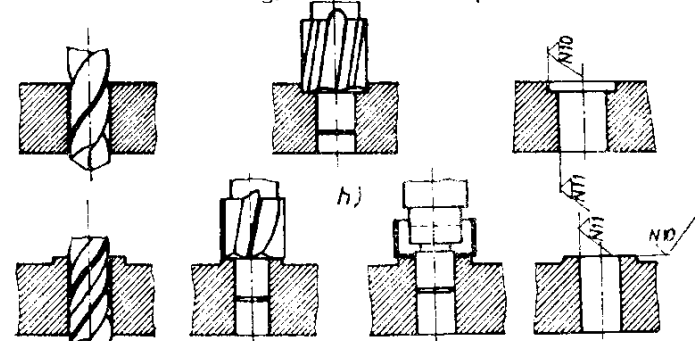
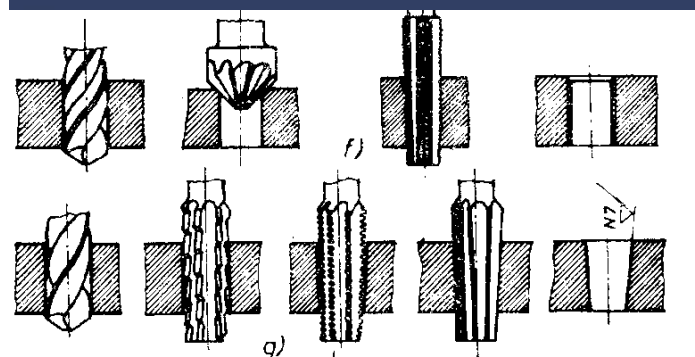
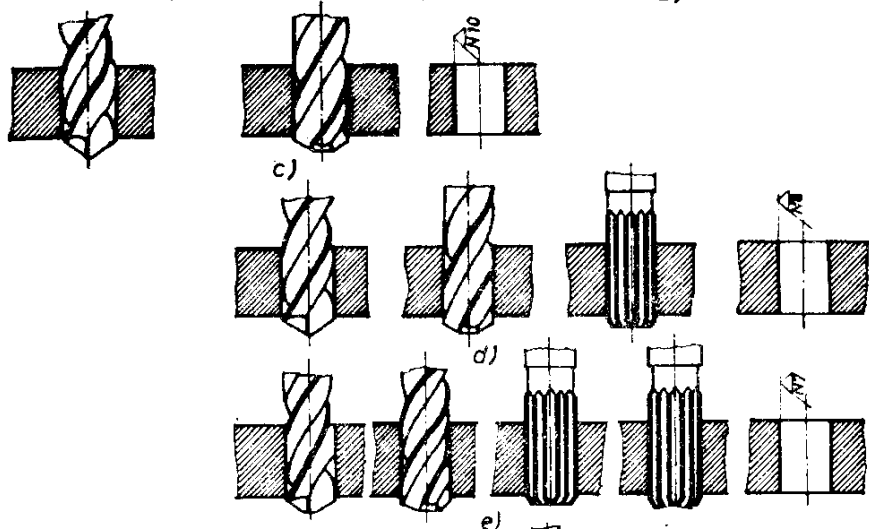
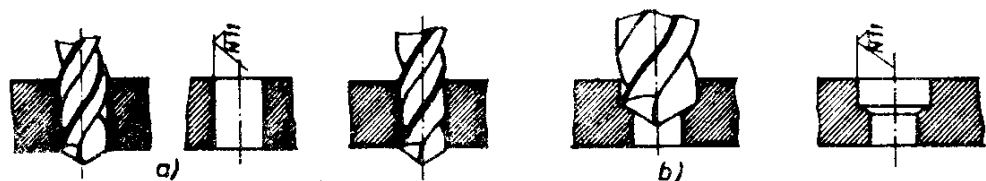
Osnovne spoljašnje i unutrašnje površine na čaurama su površine rotacionog oblika. Spoljašnje površine se najviše obrađuju operacijama obrade struganja i brušenja (strugovi i bruslice za okruglo brušenje).

Unutrašnje površine, odnosno odgovarajuće mere se ostvaruju:

- Bušenjem i razbušivanjem (proširivanjem) burgijom,
- Proširivanjem sa proširivačem ili nožem za proširivanje,
- Upuštanjem upuštačem,
- Razvrtanjem razvrtačem (grubo i fino),
- Glodanjem sa različitim glodalima,
- Unutrašnjim brušenjem,
- Provlačenjem provlakačem,
- Glačanjem i honovanjem.

# Obrada otvora bušenjem, proširivanjem, razvrtnjem i upuštanjem

Obrada otvora se najčešće i najracionalnije realizuje operacijama obrade bušenjem na bušilicama (jednovretenim ili viševretenim) primenom burgija, proširivača, upuštača i razvrtača. Isto tako otvori se obrađuju i na drugim mašinama kao što su strugovi, glodalice, i dr. primenom ovih i drugih alata.



# Potrebni zahvati obrade otvora i rupa u zavisnosti od zahtevane tačnosti obrade

Broj i redosled zahvata pri izradi/obradi rupa i otvora				
Nazivni prečnik D [mm]	Uslovi za obradu rupe ili otvora	Redosled zahvata pri izradi/obradi rupe ili otvora, zahtevane tačnosti		
		IT 7	IT 8, IT 9	IT 10 - IT 13
do 10	Izrada/obrada u punom materijalu	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Grubo razvrtanje 4.Fino razvrtanje	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Razvrtanje	1.Zabušivanje 2.Bušenje
10 do 30	Izrada/obrada u punom materijalu	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Grubo proširivanje 4.Grubo razvrtanje 5.Fino razvrtanje	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Grubo proširivanje 4.Razvrtanje	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Proširivanje
	Obrada prethodno odlivene ili otkovane rupe (otvora)	1.Grubo proširivanje 2.Grubo razvrtanje 3.Fino razvrtanje	1.Grubo proširivanje 2.Razvrtanje	1.Proširivanje
30 do 100	Izrada/obrada u punom materijalu	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Razbušivanje 4.Proširivanje 5.Grubo razvrtanje 6.Fino razvrtanje	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Razbušivanje 4.Proširivanje 5.Razvrtanje	1.Zabušivanje 2.Bušenje 3.Razbušivanje 4.Proširivanje
	Obrada prethodno odlivene ili otkovane rupe (otvora)	1.Proširivanje 2.Grubo razvrtanje 3.Fino razvrtanje	1.Proširivanje 2.Razvrtanje	1.Proširivanje
Preko 100	Obrada prethodno odlivene ili otkovane rupe (otvora)	1.Proširivanje 3.Grubo razvrtanje 4.Fino razvrtanje	1.Proširivanje 2.Razvrtanje	1.Proširivanje

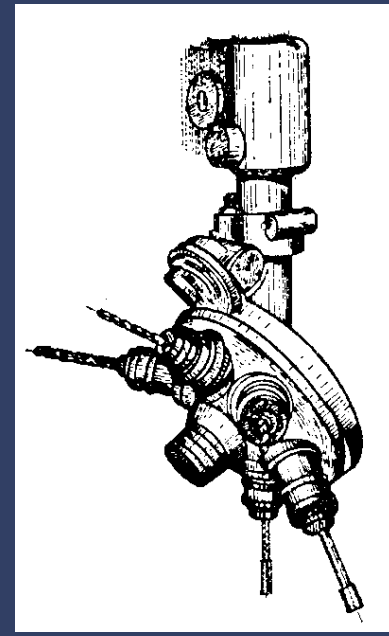
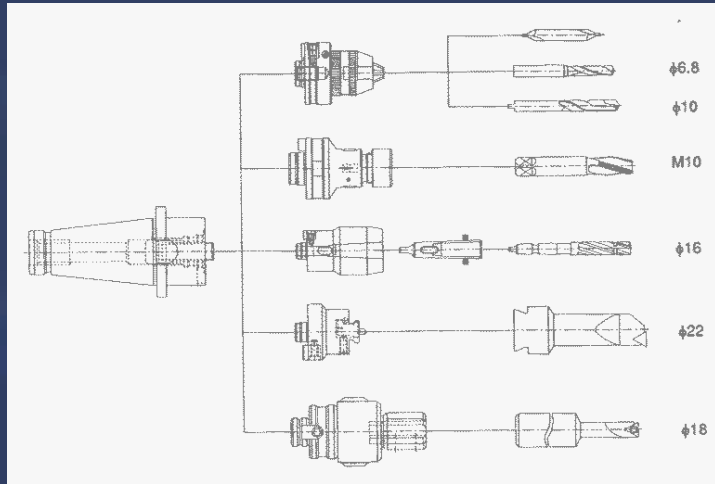
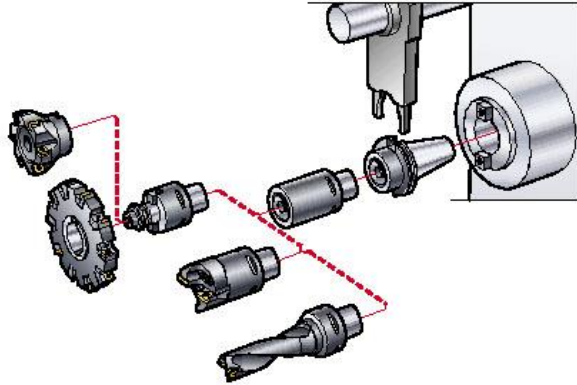
- Napomene:
1. Proširivanje rupe ili otvora može se izvoditi sa jednim od navedenih tipova alata : proširivačem, strugarskim nožem (uzdužno unutrašnje struganje), strugarskim nožem sa držačem (prostrugivanje) i glodalom (konturno glodanje).
  2. Razbušivanje se izvodi burgijom.
  3. Bušenje rupe (otvora) za prečnik D > 30 u punom materijalu radi se na prečnik 0.6xD.
  4. Razvrtanje (grubo i fino) rupa (otvora) preko 50 mm može se raditi specijalnim razvrtačima ili nožem.

**Za postizanje boljeg kvaliteta obrađene površine koriste se druge metode, kao što je brušenje, provlačenje, honovanje i dr.**

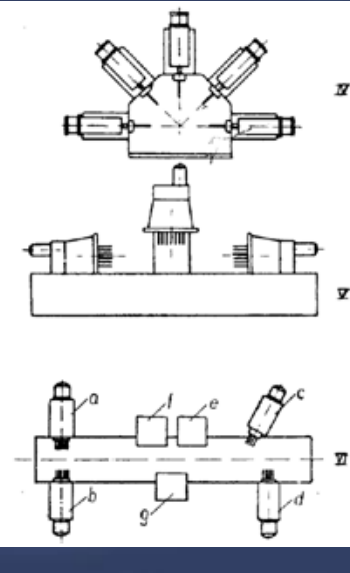
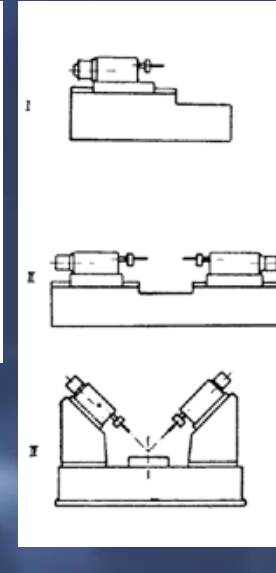
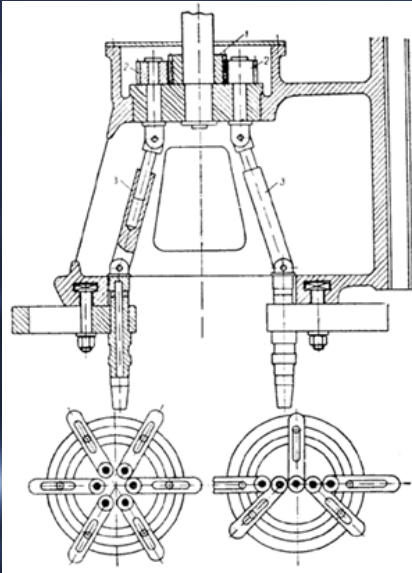
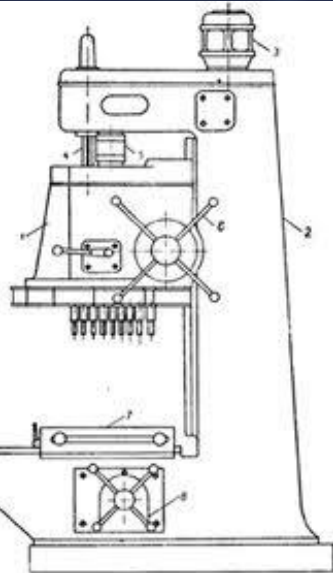
Oznaka klase ISO tolerancije	Klase hrapavosti i odgovarajuća vrednost Ra za područje nazivnih mera									
	do 3		iznad 3 do 18		iznad 18 do 80		iznad 80 do 250		iznad 250	
	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra
IT5	N3	0,1	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8
IT 6	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N6	0,8
IT 7	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6
IT 8	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2
IT 9	N6	0,8	N6	0,8	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3
IT 10	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3
IT 11	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5
IT 12	N8	3,2	N8	3,2	N9	6,3	N10	12,5	N11	25
IT 13	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5	N11	25	N11	25
IT 14	N10	12,5	N10	12,5	N11	25	N11	25	N12	50
IT 15	N10	12,5	N10	12,5	N11	25	N12	50	-	100*
IT 16	N11	25	N11	25	N12	50	-	100*	-	100*

# Bušilice za obradu otvora mogu biti:

Jednovretene bušilice kod kojih se za povećanje proizvodnosti koriste brzoizmenljive glave za bušenje (modularni fleksibilni sistemi alata), potom revolvervske glave sa podešenim alatima za obradu, kao i magacini alata kod obradnih centara.



U serijskoj i masovnoj proizvodnji za obradu otvora se koriste viševretene bušilice i agregatne bušilice, koje se karakterišu visokom proizvodnošću.

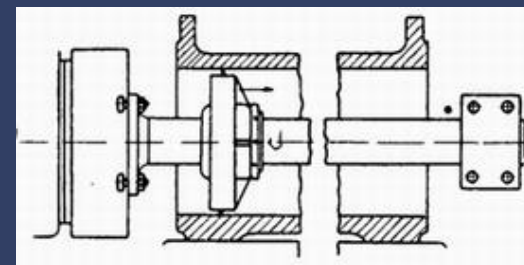
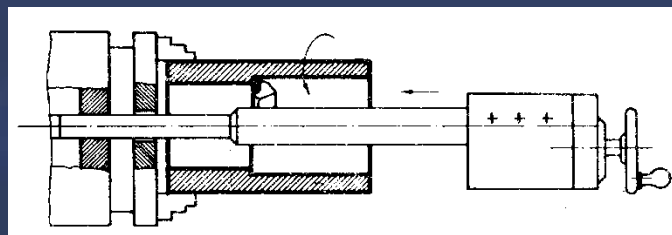
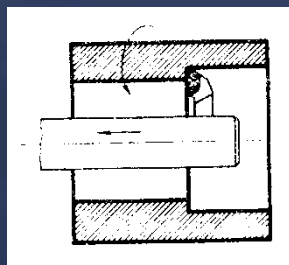
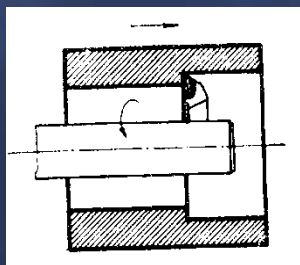




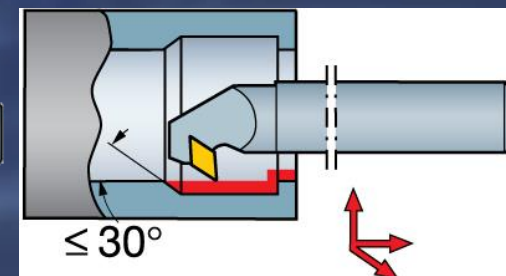
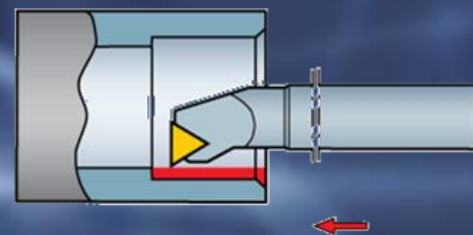
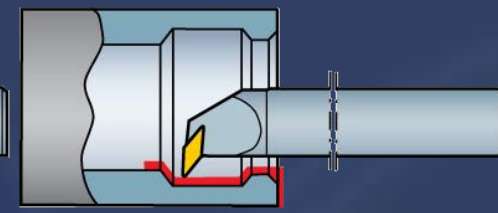
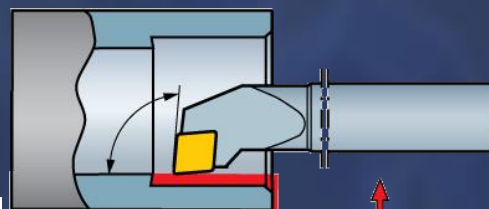
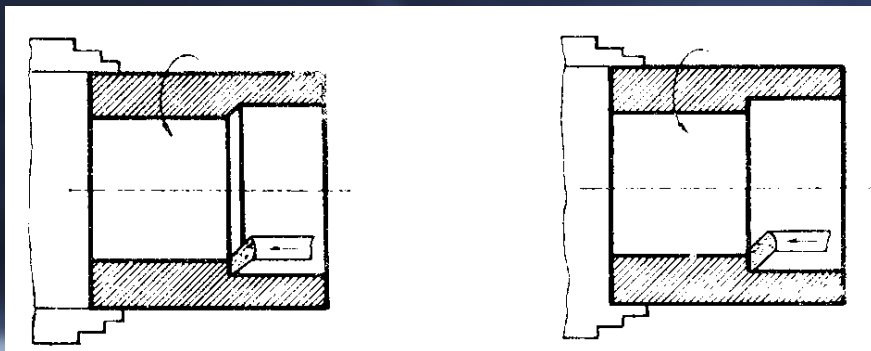
# Obrada otvora proširivanjem nožem, provlačenjem, brušenjem, honovanjem

Otvori koji su dobijeni livenjem ili bušenjem često se do konačne mere dovode proširivanjem nožem, provlačenjem, brušenjem, honovanjem (glačanjem).

Otvore veće dužine proširujemo sa motkom za bušenje na koju se postavlja nož za proširivanje. Ako se ona postavlja na horizontalnim ili vertikalnim bušilicama onda može da se obrće a ako se postavlja na strug onda se ne okreće. Pri proširivanju otvora velike dužine da bi se smanjilo savijanja motke vrši se obostrano vođenje motke (npr. Borverk).

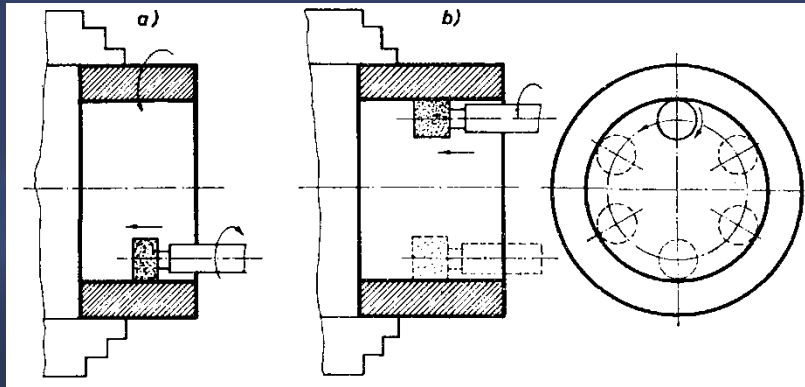


Otvore manje dužine možemo proširivati nožem za unutrašnje struganje na strugu.





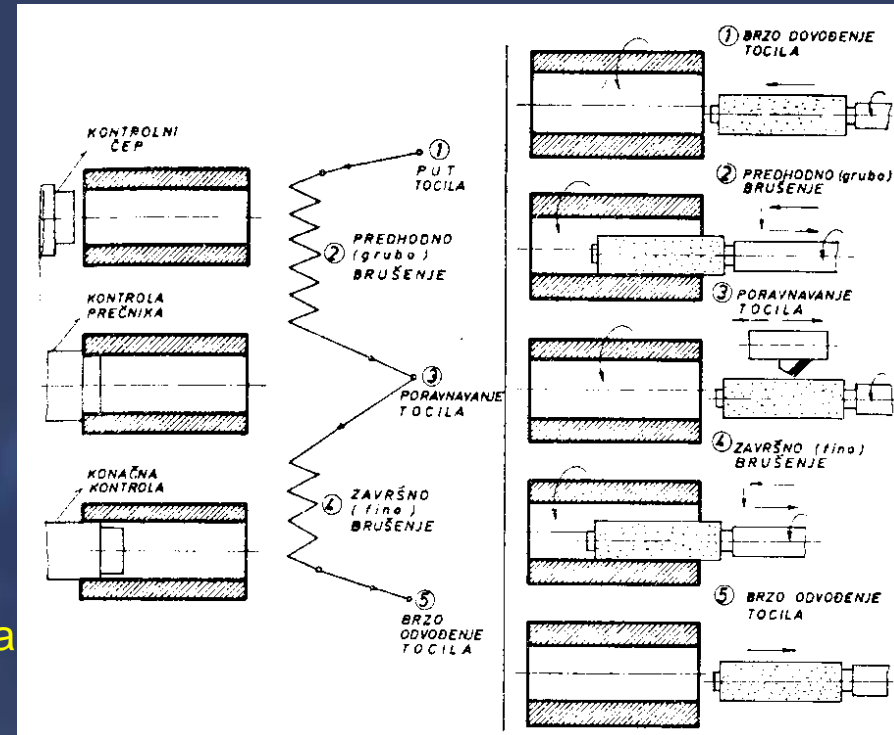
Jedna od metoda za postizanje boljeg kvaliteta obrađene površine (N5 i N6) se odnosi na unutrašnje brušenje, i to posebno na delovima od tvrdih i termički obrađenih materijala.



- a) Brušenje kada se deo obrće
- b) Brušenje kada je deo nepokretan

Brušenje otvora najčešće izvodimo:

- Za obradu tvrdih i termički obrađenih materijala
- Za obradu površina neravnomerne tvrdoće
- Za obradu otvora velike tačnosti
- Za obradu otvora male debljine zidova
- Za obradu otvora koji imaju kanale i žljebove



Šema brušenja kod poluautomatske brusilice

Osnovni problemi i nedostaci obrade otvora brušenjem su:

- Neophodno je koristiti točila manjeg prečnika od prečnika otvora (0,7-0,9)
- Konzolni položaj točila, što je nepovoljno za veće dužine otvora i male prečnike
- Manja produktivnost procesa u odnosu na spoljašnje brušenje (blaži režimi, manja dubina i pomak)
- Neophodno je češće poravnanje točila što dovodi do bržeg trošenja

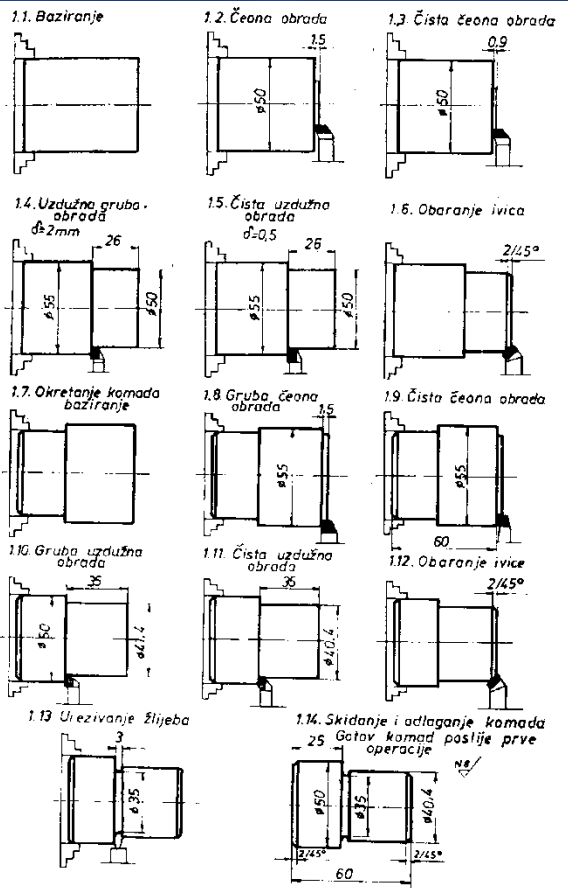
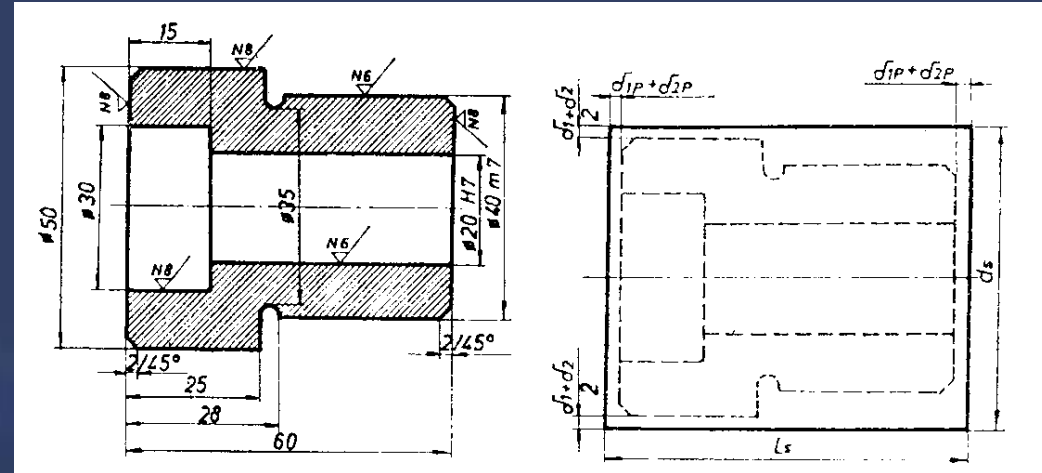
# Primer izrade čaure

U nastavku su prikazani tehnološki procesi izrade čaure za različite tipove proizvodnje.

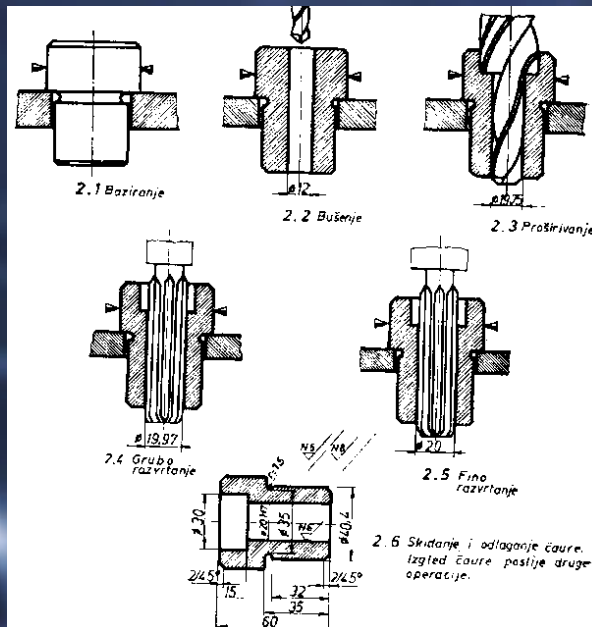
Primer tehnološkog procesa izrade čaure u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji

Operacija 10. Odsecanje (Testera)

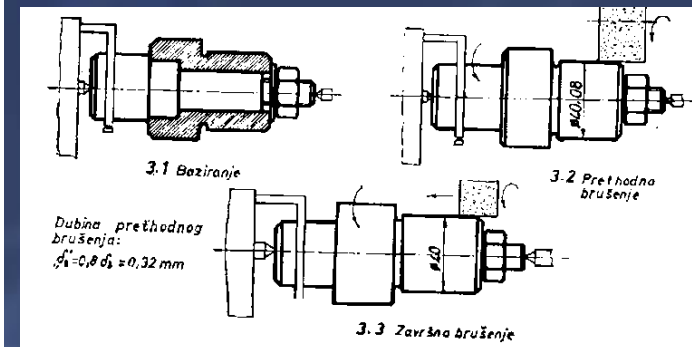
Operacija 20. Struganje (Univerzalni strug)



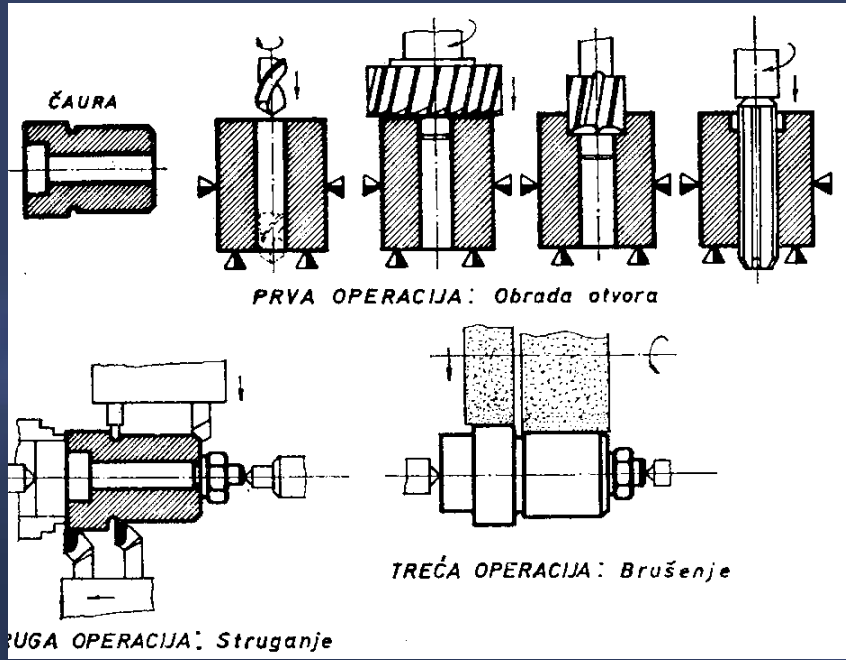
## Operacija 30. Bušenje (Stubna bušilica)



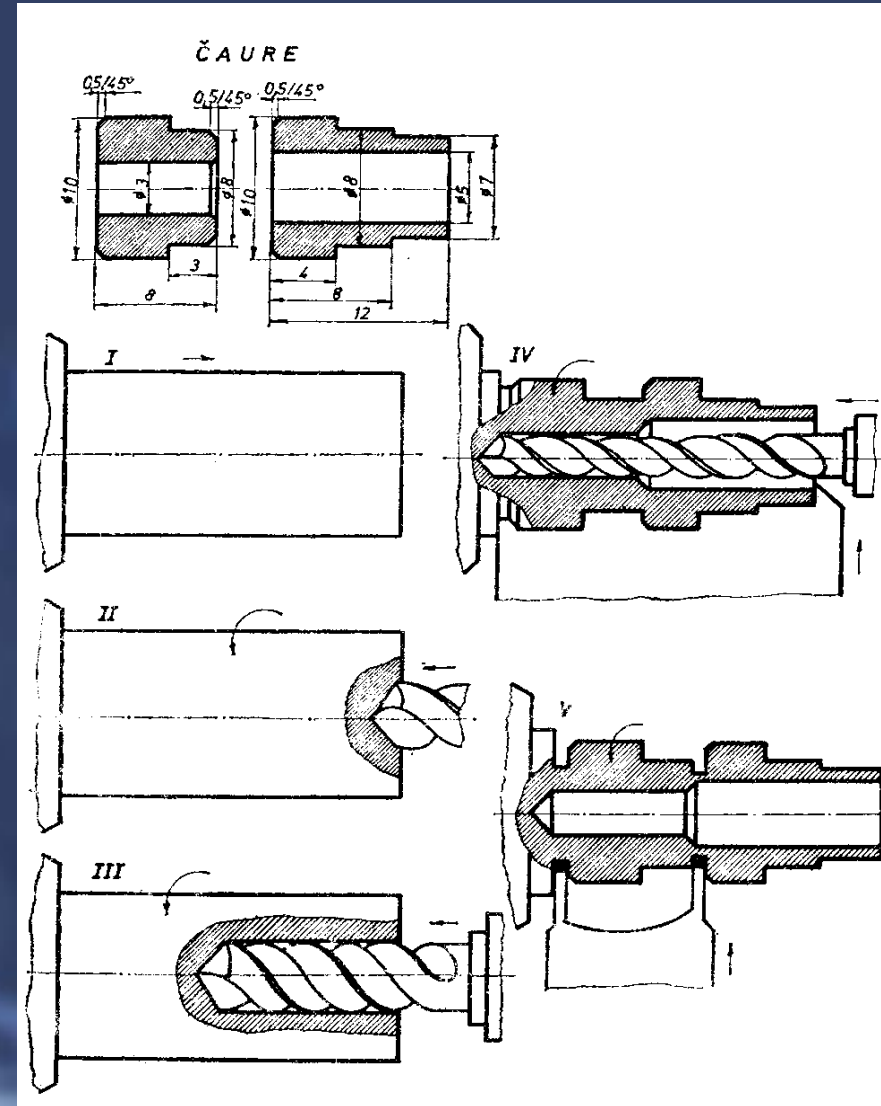
## Operacija 40. Brušenje (Brusilica za okruglo brušenje)



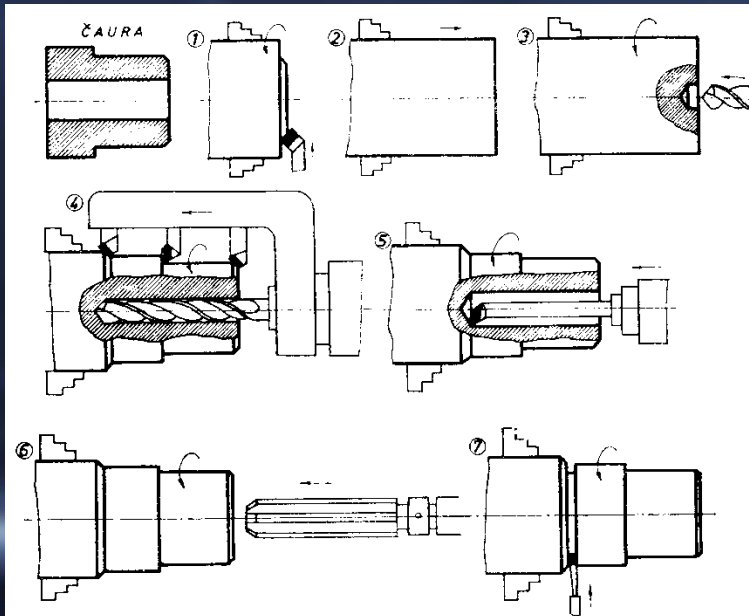
# Primer tehnološkog procesa izrade čaure (var2)



# Primer operacije obrade dve čaure (var4)



# Primer operacije izrade čaure (var3)

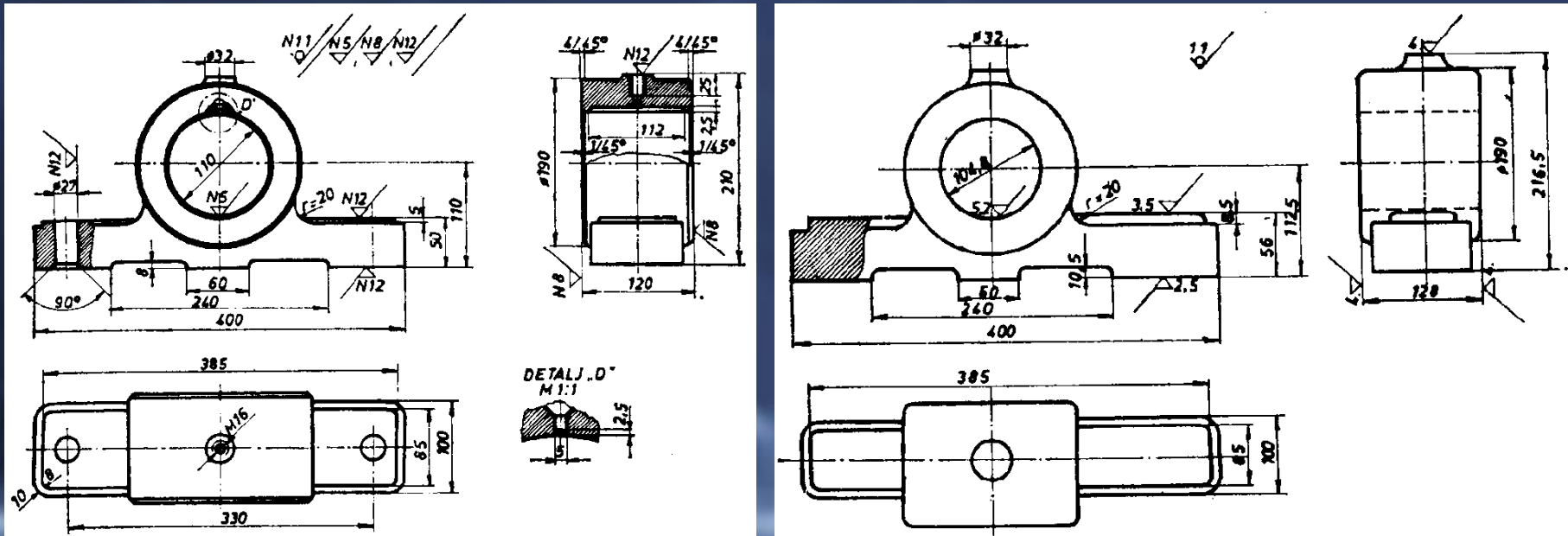


# Kućišta

Kućišta su složeni mašinski delovi sklopova raznih mašina, reduktora itd. Obrada kućišta je složen posao i zahteva primenu različitih operacija obrade, pri čemu se kao pripremak najčešće koriste odlivci koji se mogu dobiti različitim tehnologijama livenja. Obrade kućišta se mogu svrstati u operacije koje se odnose na:

- Obradu ravnih površina
- Obradu otvora većih dimenzija i veće tačnosti i
- Obradu malih otvora i rupa

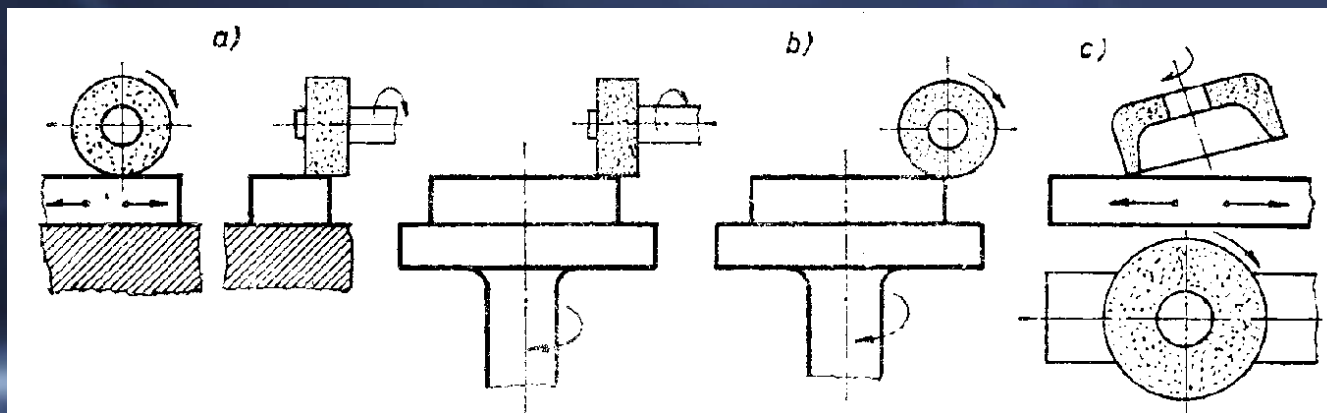
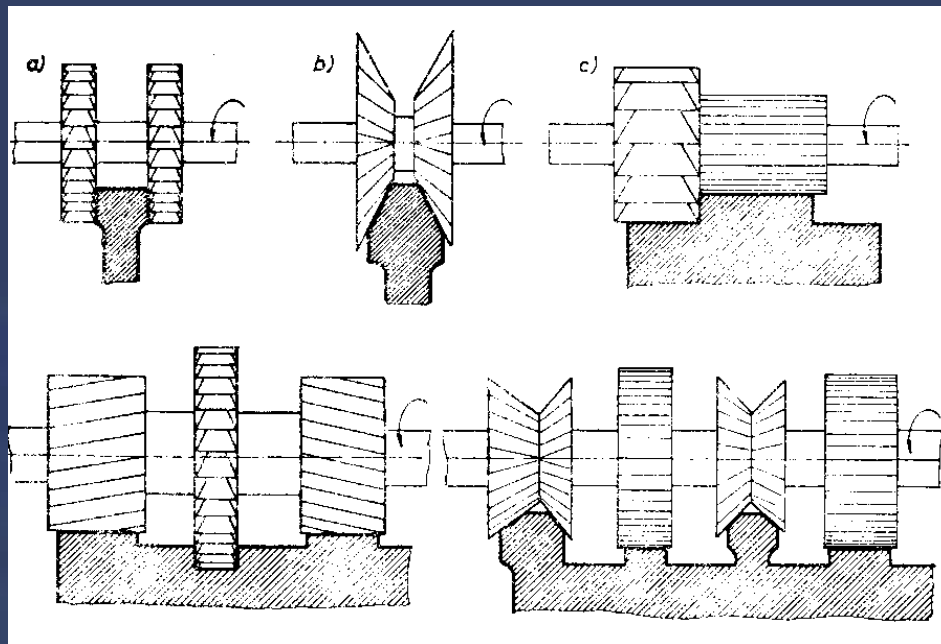
Realizacija ovih operacija najviše zavisi od obima proizvodnje i raspoložive opreme.



Primer jednog kućišta i odgovarajućeg priprema u vidu odlivka

# Obrada ravnih površina

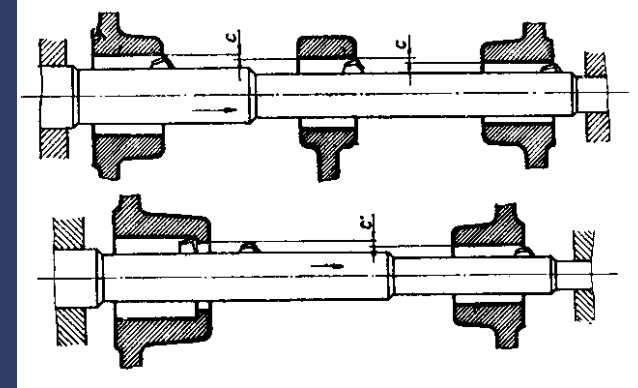
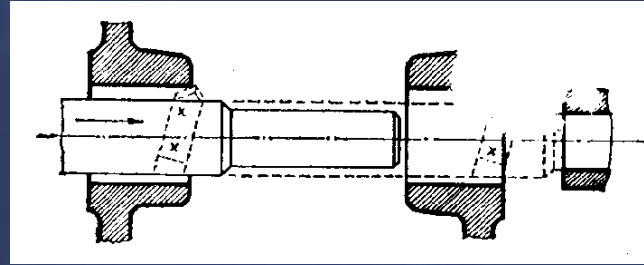
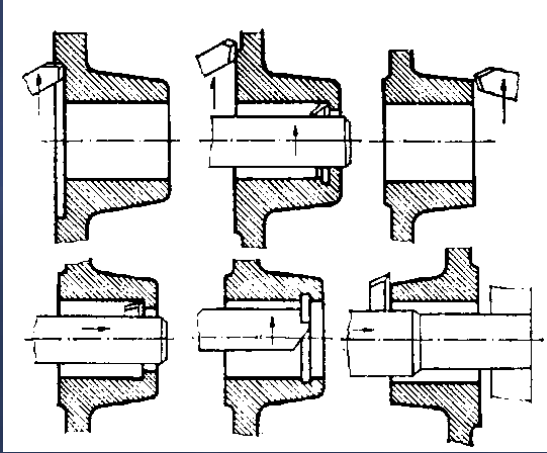
Ravne površine se mogu obrađivati rendisanjem (u poslednje vreme sve manje), glodanjem, provlačenjem, brušenjem i specijalnim postupcima obrade (poliranje i dr.).



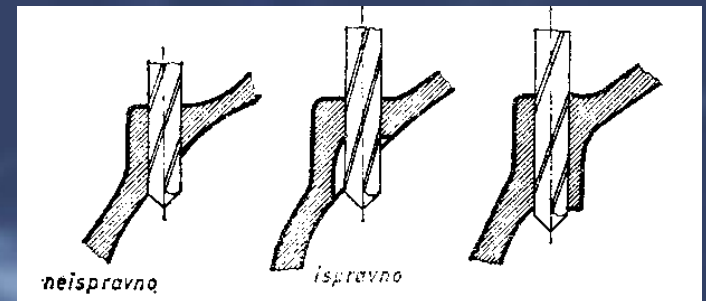
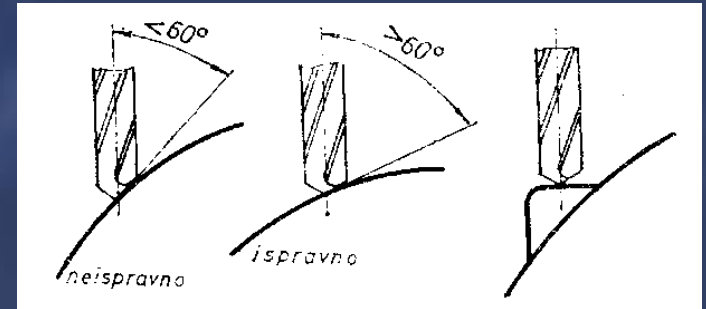


# Obrada otvora i rupa

Otvori većih dimenzija se najčešće izrađuju na bušilicama (radijalnim, koordinatnim, borverk) ili pak na mašinama za glodanje (klasičnim, NC ili pak obradnim centrima).



Otvori manjih dimenzija izrađuju se na bušilicama (radijalnim, stubnim, koordinatnim, NC) ili pak na mašinama za glodanje (klasičnim, NC ili obradnim centrima).



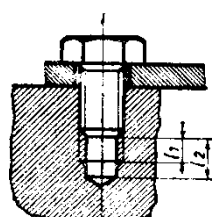
*Položaj površina na ulazu i izlazu pri bušenju burgijom*



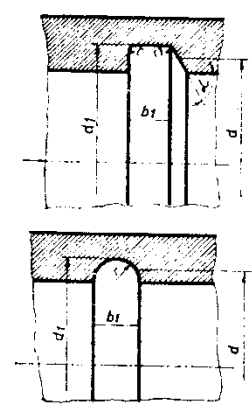
# Izrada unutrašnjih navoja za vijke u otvorima i rupama:

Prečnik navoja [mm]	M1	M1,2	M1,4	M1,7	M2	M2,6	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14
Prečnik burgije [mm]	0,75	0,95	1,1	1,3	1,6	2,1	2,5	2,9	3,3	4,2	5,0	6,7	8,4	10,0	11,75
Prečnik navoja [mm]	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M42	M45	M48	M52	
Prečnik burgije [mm]	13,5	15,25	17,25	19,25	20,5	23,5	26,0	29,0	31,5	34,5	37,0	40,0	42,25	46,25	

## Prečnici za bušenje rupa i otvora za milimetarski navoj

	Korak $s$ [mm]	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0	4,0
	$l_1$ [mm]	2,2	3,4	4,7	5,8	7,0	9,5	11,7	15,6
	$l_2$ [mm]	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	12,0	15,0	20,0

## Dužine rupe i navoja u zavisnosti od dužine vijka

	Korak navoja $s$ [mm]	oblik I		oblik II			$d_1$ [mm]
		$b_1$	$r$	$b_1$	$r$	$r_1$	
	0,5	—	—	2,0	0,5	0,3	$d + 0,3$
	0,75	—	—	3,0	1,0	0,5	$d + 0,4$
	1,0	3,6	2,0	4,0	1,0	0,5	$d + 0,5$
	1,25	4,5	2,5	5,0	1,5	0,5	$d + 0,5$
	1,5	5,4	3,0	6,0	1,5	1,0	$d + 0,7$
	2,0	6,5	3,5	8,0	2,0	1,0	$d + 1,0$
	3,0	11,4	6,5	10,0	3,0	1,0	$d + 1,2$
4,0	14,3	8,0	12,0	3,0	1,0	$d + 1,5$	

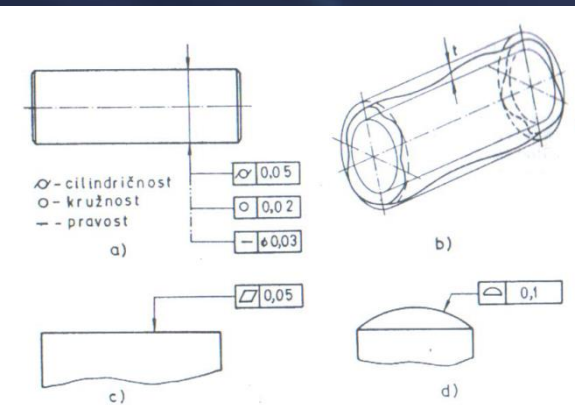
## Oblici i dimenzije kanala za izlaz noža za rezanje navoja u rupi i otvoru

# Metode za postizanje zahtevanog međusobnog odnosa površina i osa

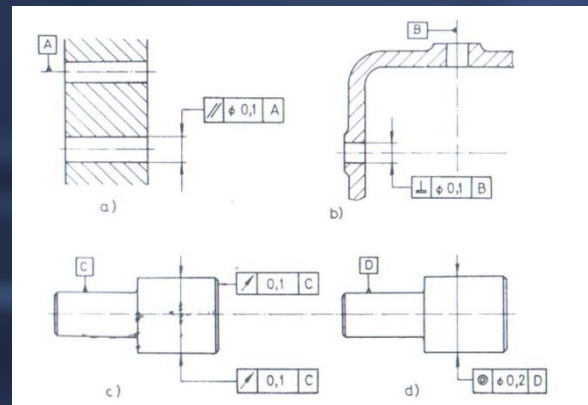
U cilju ispunjenja funkcije delova u proizvodu veoma često se na njima postavljaju zahtevi u pogledu tolerancija oblika i položaja. **Tolerancije oblika** ograničavaju odstupanje jednog elementa od njegovog idealnog oblika (pravost, kružnost, ravnost, cilindričnost, oblik linije i površine). **Tolerancije položaja** ograničavaju dozvoljena odstupanja od geometrijski idealnog položaja dva ili više elemenata u odnosu jedan prema drugom (paralelnost, upravnost, koncentričnost, koaksijalnost, kružnost i ravnost obrtanja, i dr.).

Opšta pravila za ispunjenje uslova definisane tolerancije međusobnog odnosa površina:

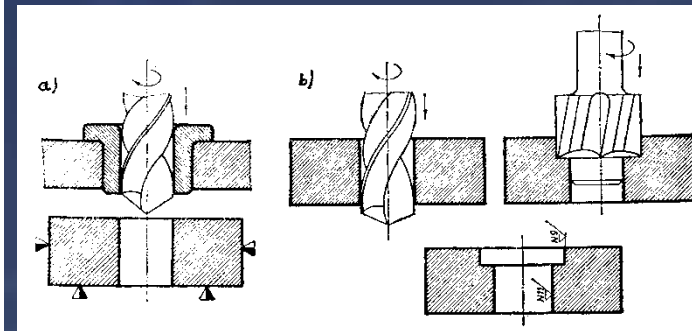
- Primena iste baze za obradu u istoj operaciji
- Primena iste baze za obradu u različitim operacijama
- Pozicioniranje i stezanje preko jedne za obrada druge površine
- Primenom dodatnih površina kao baza (dodatne baze) za obradu



Primeri tolerancija oblika površina

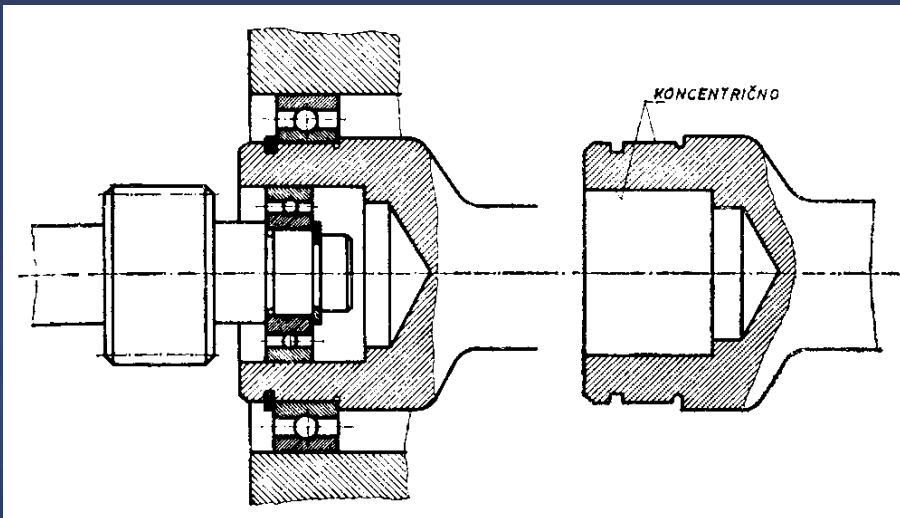


Primeri tolerancija položaja, (odnosa površina)



Primer ostvarenja koncentričnosti pri bušenju i proširivanju

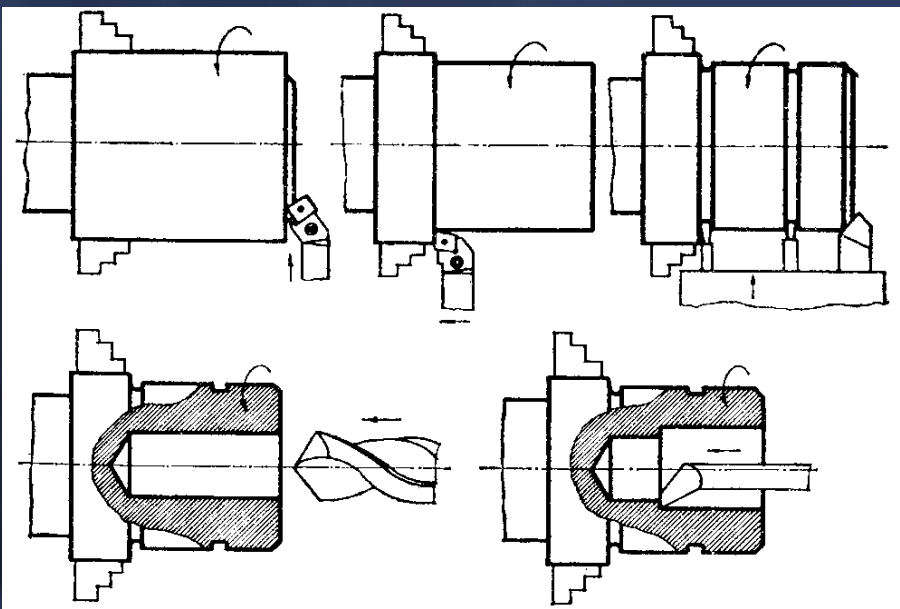
## Primer postizanja uslova koncentričnosti dve površine osovine u sklopu dva ležišta



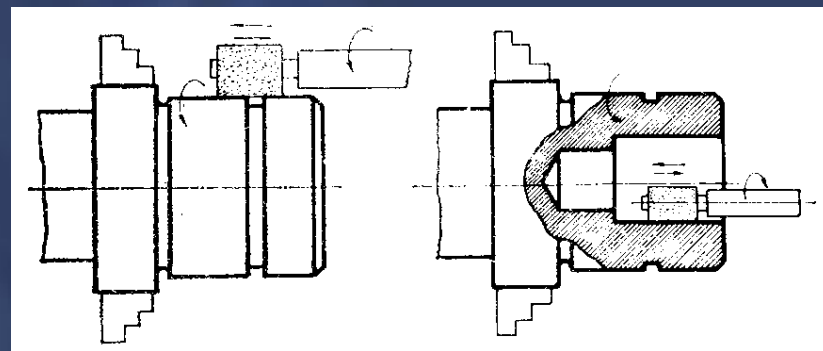
Na slici je prikazan sklop dva ležišta. Otvor na čelu vratila mora biti koncentričan sa spoljašnjom površinom, kako bi se mogla obavljati funkcija proizvoda.

Postizanje koncentričnosti ove dve površine pri obradi nije jednostavno, s obzirom da se zahteva velika tačnost i kvalitet obrađene površine.

U ovom primeru je prikazana primena iste baze za obradu spoljašnje površine i otvora pri jednom stezanju u operacijama struganja i brušenja.



Operacija obrade struganja otvora i spoljašnje površine (1 operacija)



Operacija obrade brušenja otvora i spoljašnje površine (1 operacija)



# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## TOLERANCIJE OBLIKA

### označavanje

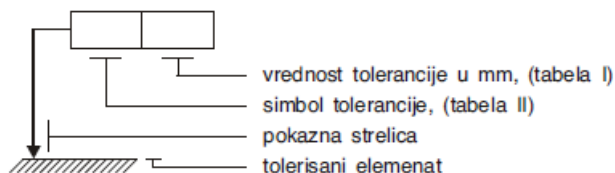


TABELA I

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

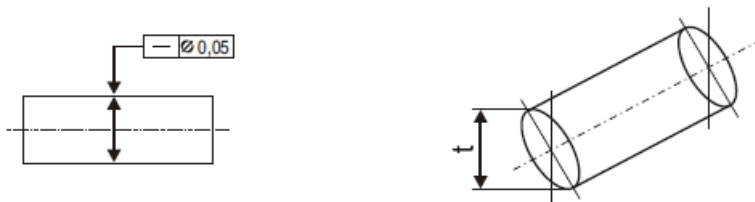
TABELA II

Standardne vrednosti tolerancija oblika i položaja u $\mu\text{m}$									
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

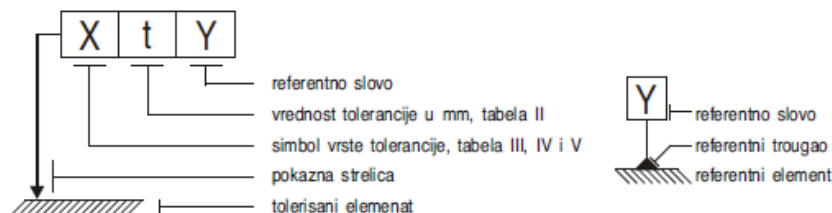


TABELA III

Tolerancije po pravcu

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

TABELA IV

Tolerancije po mestu

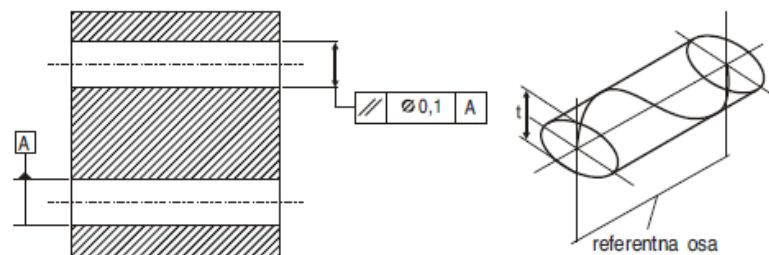
simbol	naziv
⊕	LOKACIJA
≡	SIMETRIČNOST
⊙	KOAKSIJALNOST

TABELA V

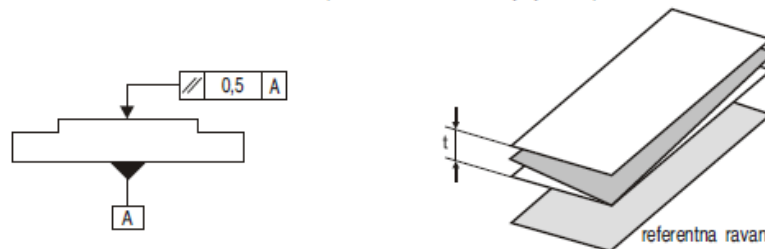
Tolerancije tačnosti obrtanja

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

### PARALELNOST



Tolerisana osa mora ležati unutar cilindra prečnika  $t = 0,1$  mm čija je osa paralelna sa referentnom osom.



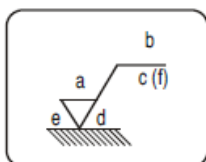
Tolerisana površina mora ležati između dve paralelne ravni razmaka  $t = 0,5$  mm upravni na referentnu površinu.

# OZNAKA POVRŠINSKE HRPAVOSTI

## 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 HRPAVOST



- a) - vrednost hrapavosti  $R_a$  u  $\mu\text{m}$  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 HRPAVOSTI											
	N1	N	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
max. $R_a$ u $\mu\text{m}$	0,025	0,050	0,100	0,20	0,40	0,80	1,60	3,20	6,30	12,50	25	50
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					
$P_a$ %	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	
		$R_a$ $\mu\text{m}$	z $\mu\text{m}$
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, lepovanje i slične.

TABELA IX



## DODATNE OZNAKE ZA POVRŠINSKU HRPAVOST

	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: $R_{max} = 0,4 \mu\text{m}$

## **Zadatak 2.**

**Kućište pužnog prenosnika se izrađuje u maloserijskoj proizvodnji u količini od 150 kom/god**

- **Odrediti vrstu priprema i dati njegovu skicu**
- **Projektovati tehnološki proces obrade sa:**
  - **redosledom operacija,**
  - **opisom i skicom svake operacije sa označenim površinama za obradu, baziranje i stezanje,**
  - **definisanjem najpovoljnije mašine za svaku operaciju kao i racionalnih alata, pribora i merila.**

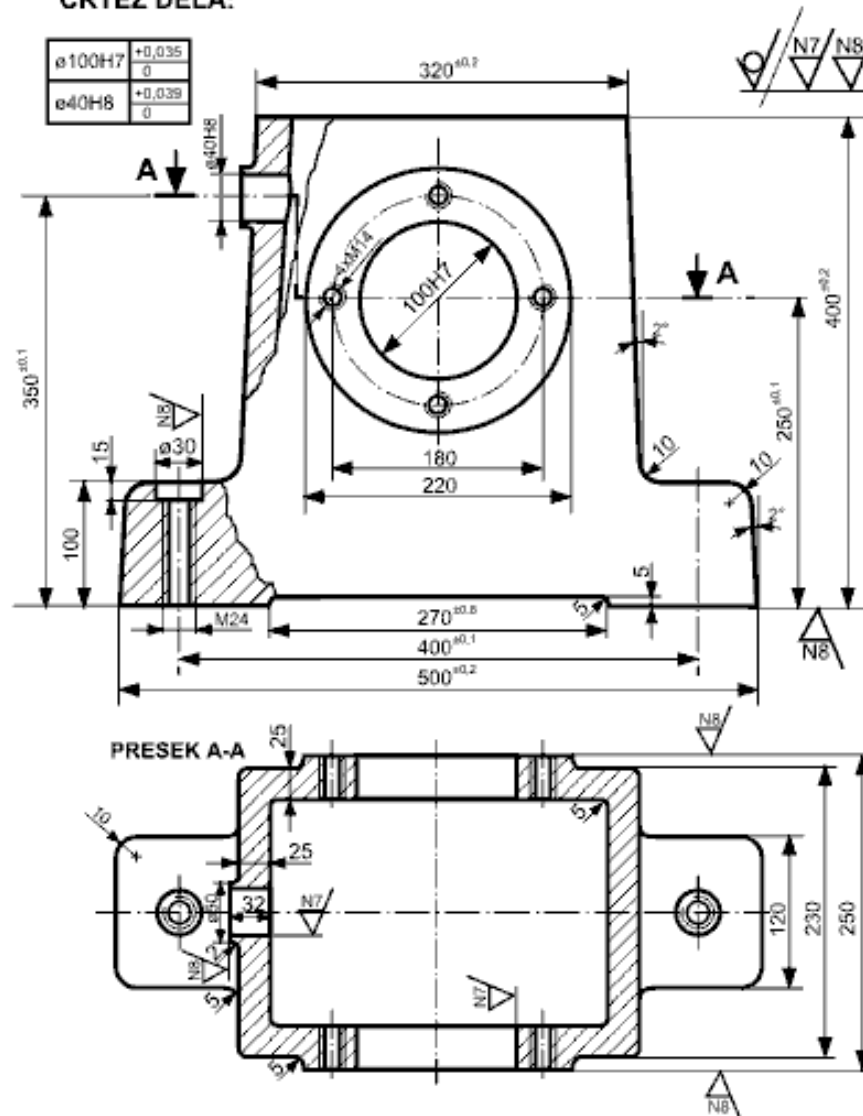
# Kućište pužnog prenosnika:

NAZIV DELA: Kućište pužnog prenosnika

MATERIJAL: SL 18

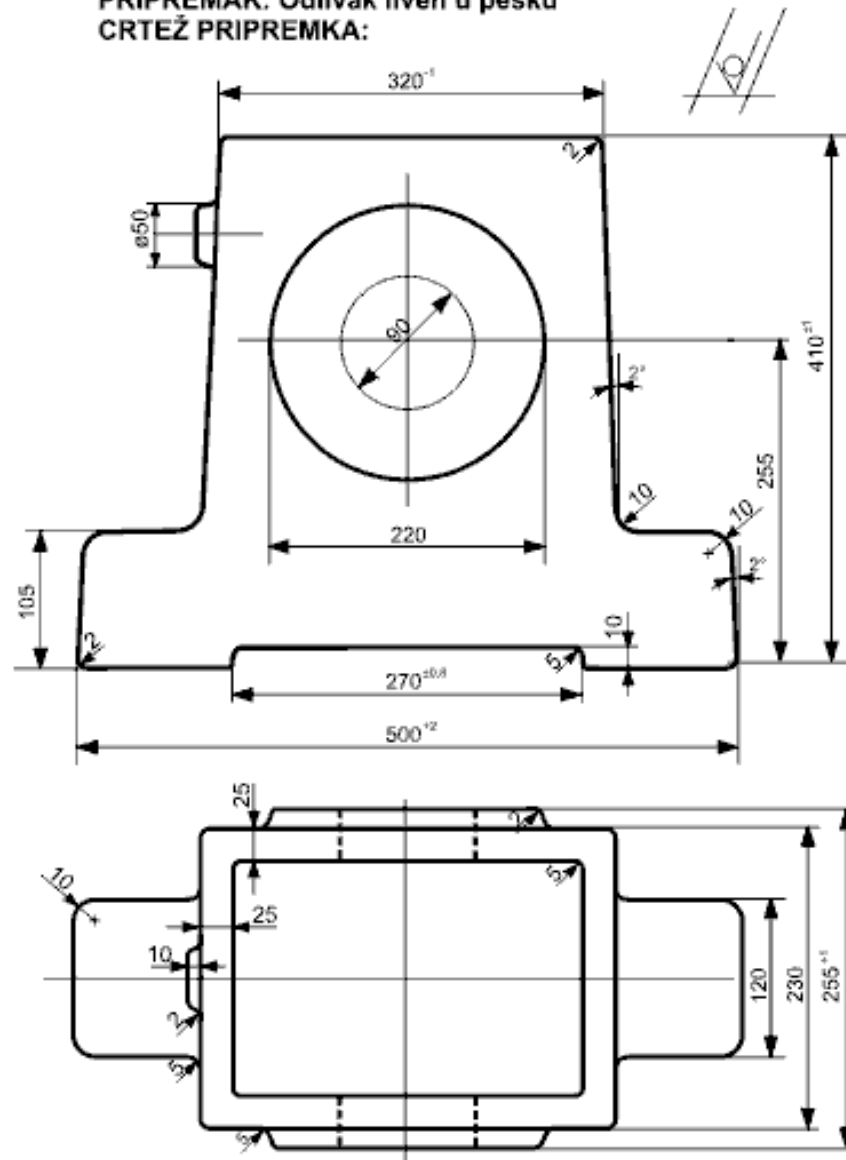
OBIM PROIZVODNJE: 150 kom/god

CRTEŽ DELA:



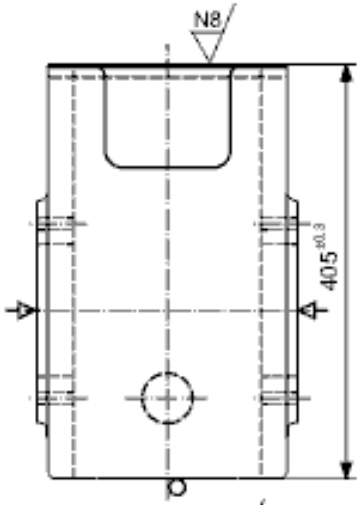
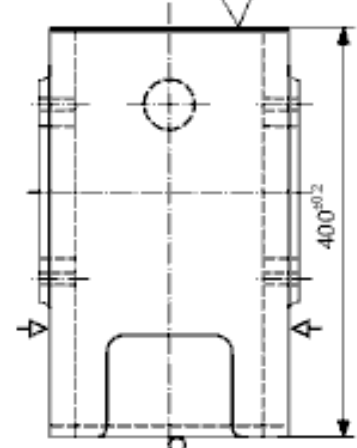
# Crtež pripremk:

PRIPREMAK: Odlivak liven u pesku  
CRTEŽ PRIPREMKA:





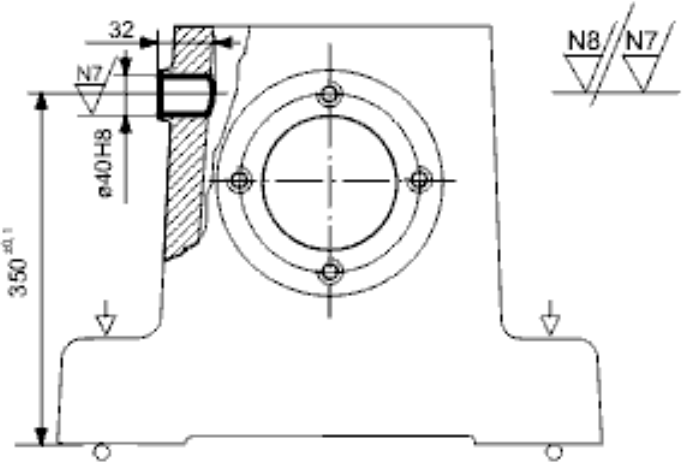
# Idejni tehnološki proces obrade: operacija 10

Br. Op.	SKICA OPERACIJE	Opis operacije	Maš.	Pribori, Alati, Merila
10/1		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grubo i završno glodati bazu za obradu na meru <math>405 \pm 0,3</math></li> </ul>	VERTIKALNA GLODALICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standardni pribor (Stezne čeljusti-Mengele)</li> <li>- Glava za glodanje</li> <li>- Pomično merilo</li> </ul>
10/2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grubo i završno glodati čeonu površinu na meru <math>400 \pm 0,2</math></li> </ul>		

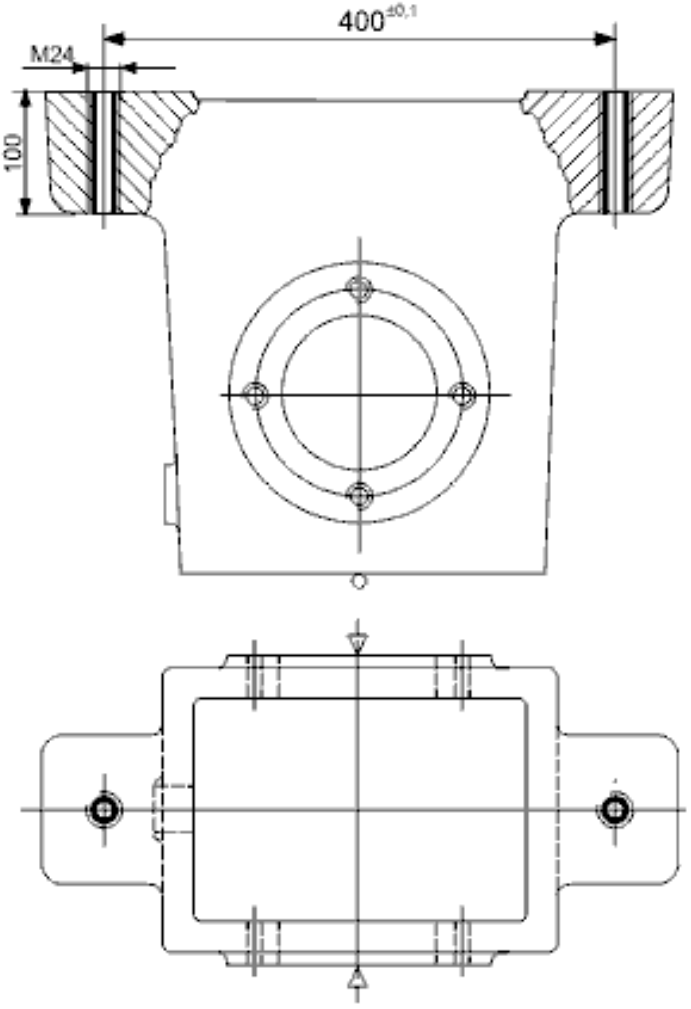
# Idejni tehnološki proces obrade: operacija 20

Br. Op.	SKICA OPERACIJE	Opis operacije	Maš.	Pribori, Alati, Merila
20/1		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poravnati ispust na <math>\varnothing 220</math></li> <li>- Proširiti otvor na <math>\varnothing 95</math></li> <li>- Poluzavršno proširiti otvor sa jedne strane na <math>\varnothing 98 \pm 0,2</math></li> <li>- Zabušiti 4 rupe za navoj na prečniku <math>\varnothing 180</math></li> <li>- Bušiti 4 otvora za navoj</li> <li>- Urezati 4 navoja M16.</li> </ul>	OBRADNI CENTAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obrtni sto</li> <li>- Standardni pribor</li> <li>- Glava za glodanje</li> <li>- Vreteno za fino bušenje</li> <li>- Zabušivač</li> <li>- Spiralna burgija</li> <li>- Mašinski ureznik</li> <li>- Pomično merilo</li> <li>- Čep za navoj</li> </ul>
20/2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poravnati ispust na <math>\varnothing 220</math></li> <li>- Proširiti otvor na <math>\varnothing 95</math></li> <li>- Poluzavršno proširiti otvor sa druge strane na <math>\varnothing 98 \pm 0,2</math></li> <li>- Završno proširiti otvor <math>\varnothing 100H7</math> celom dužinom</li> <li>- Zabušiti 4 rupe za navoj na prečniku <math>\varnothing 180</math></li> <li>- Bušiti 4 otvora za navoj</li> <li>- Urezati 4 navoja M16</li> </ul>		

# Idejni tehnološki proces obrade: operacija 20,30

Br. Op.	SKICA OPERACIJE	Opis operacije	Maš.	Pribori, Alati, Merila
20/3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Čeono poravnati ispust za otvor <math>\varnothing 40H8</math></li> <li>- Zabušiti rupu za otvor <math>\varnothing 40H8</math></li> <li>- Bušiti otvor <math>\varnothing 38</math></li> <li>- Proširiti otvor na <math>\varnothing 40H8</math></li> </ul>	OBRADNI CENTAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Čeono glodalo</li> <li>- Zabušivač</li> <li>- Spiralna burgija</li> <li>- Proširivač</li> <li>- Pomično merilo</li> <li>- Čep za otvor</li> </ul>
30	KONTROLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontrolisati otvore <math>\varnothing 100H7</math> i <math>\varnothing 40H8</math></li> </ul>	KONTROLNI STO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Čep za otvor <math>\varnothing 100H7</math></li> <li>- Čep za otvor <math>\varnothing 40H8</math></li> </ul>

# Idejni tehnološki proces obrade: podoperacija 40/1

Br. Op.	SKICA OPERACIJE	Opis operacije	Maš.	Pribori, Alati, Merila
40/1		<ul style="list-style-type: none"><li>- Bušiti dva otvora za navoj</li><li>- Urezati dva navoja M24.</li></ul>	RADIJALNA BUŠILICA	<ul style="list-style-type: none"><li>- Standardni pribor (Mengl - Stega)</li><li>- Ploča sa vodičama</li><li>- Spiralna burgija</li><li>- Mašinski urezник</li><li>- Pomično merilo</li><li>- Čep za navoj</li></ul>

# Idejni tehnološki proces obrade: podoperacija 40/2

Br. Op.	SKICA OPERACIJE	Opis operacije	Maš. Pribori, Alati, Merila
40/2		<p>- Upustiti 2 x <math>\varnothing 30</math> na dubinu 15</p>	<p>RADIJALNA BUŠILICA</p> <p>- Produženi upuštač <math>\varnothing 30</math></p>
50	ZAVRŠNA KONTROLA	<p>- Kontrolisati deo prema ctežu</p>	<p>KONTROLNI STO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pomična merila</li> <li>- Čepovi za otvore</li> <li>- Čepovi za navoje</li> </ul>