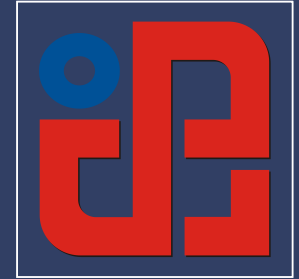




FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO



PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

Vezba 2 i 3: Projektovanje idejnog tehnološkog procesa izrade

**Tema: Tehnologije izrade vratila i ozubljenja, zupčanika,
čaura i kućišta**

Prof. dr Dejan Lukić

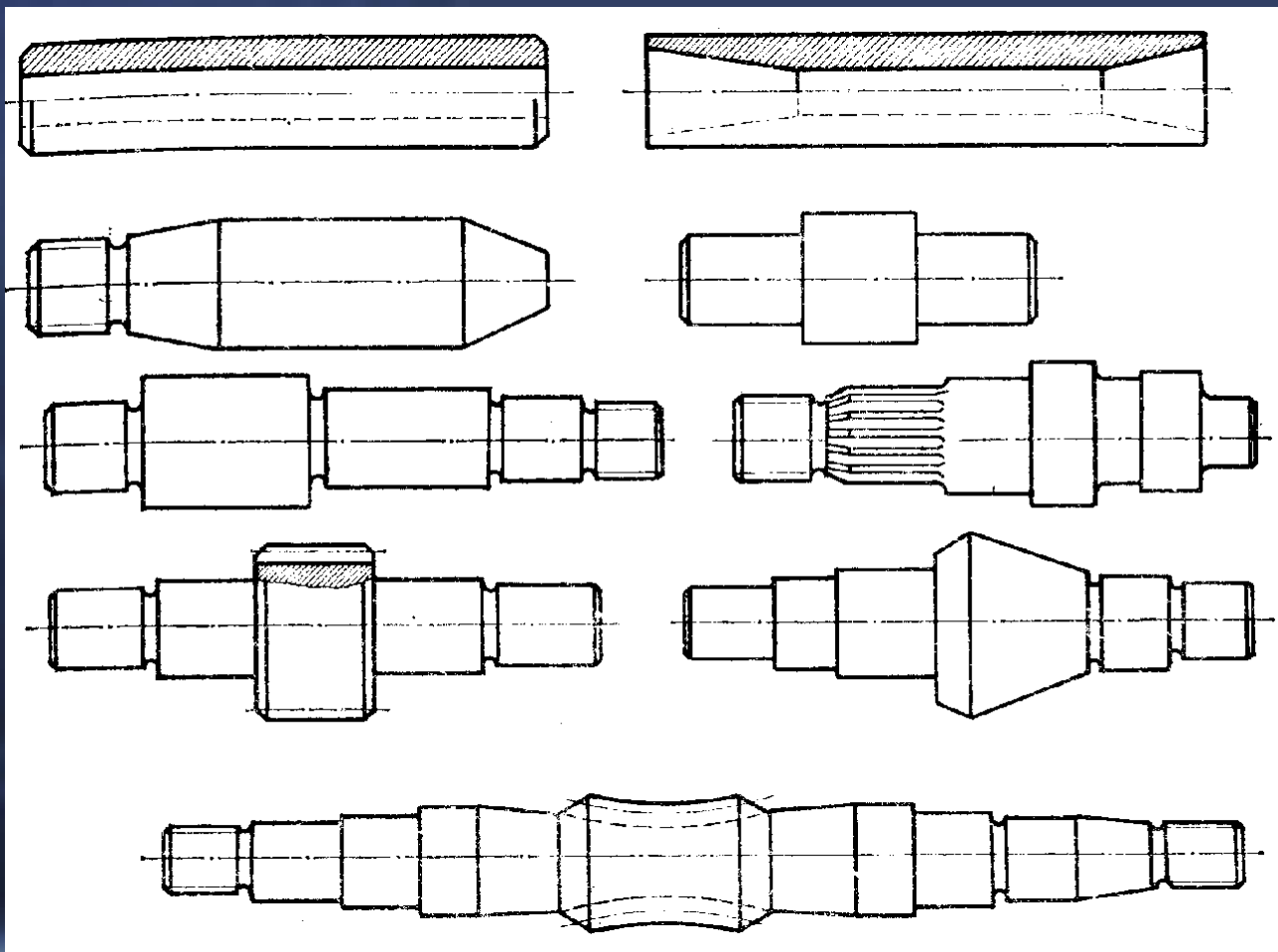
Zadatak vežbanja

U okviru ove vežbe razmotriće se tehnologije izrade površina za obradu koje se sreću na pojedinim grupama mašinskih delova koji su najzastupljeniji u mašinogradnji, kao što su:

- **Vratila i osovine**
- **Zupčanici**
- **Čaure i diskovi**
- **Kućišta**

Vratila i osovine

Konstruktivni oblici vratila i osovina zavise od namene i mogu biti veoma različiti. Tako postoje glatke i stepenaste, pune i šuplje osovine, odnosno vratila. (Slika 1)



Slika 1. Konstruktivni oblici vratila i osovina

Osnovne površine koje se obrađuju na vratilima i osovinama su površine rotacionog oblika koje se najviše obrađuju operacijama obrade struganja i brušenja (strugovi i bruslice za okruglo brušenje).

Pored ovih površina javljaju se i druge površine, kao što su:

- **Navoji (spoljašnji i unutrašnji),**
- **Žljebovi za klinove spoljašnji i unutrašnji razne izvedbe,**
- **Radijalni i aksijalni otvori,**
- **Kanali za prstenaste uskočnike, za izlaz alata, itd.**
- **Konične fazonske površine, i dr.**

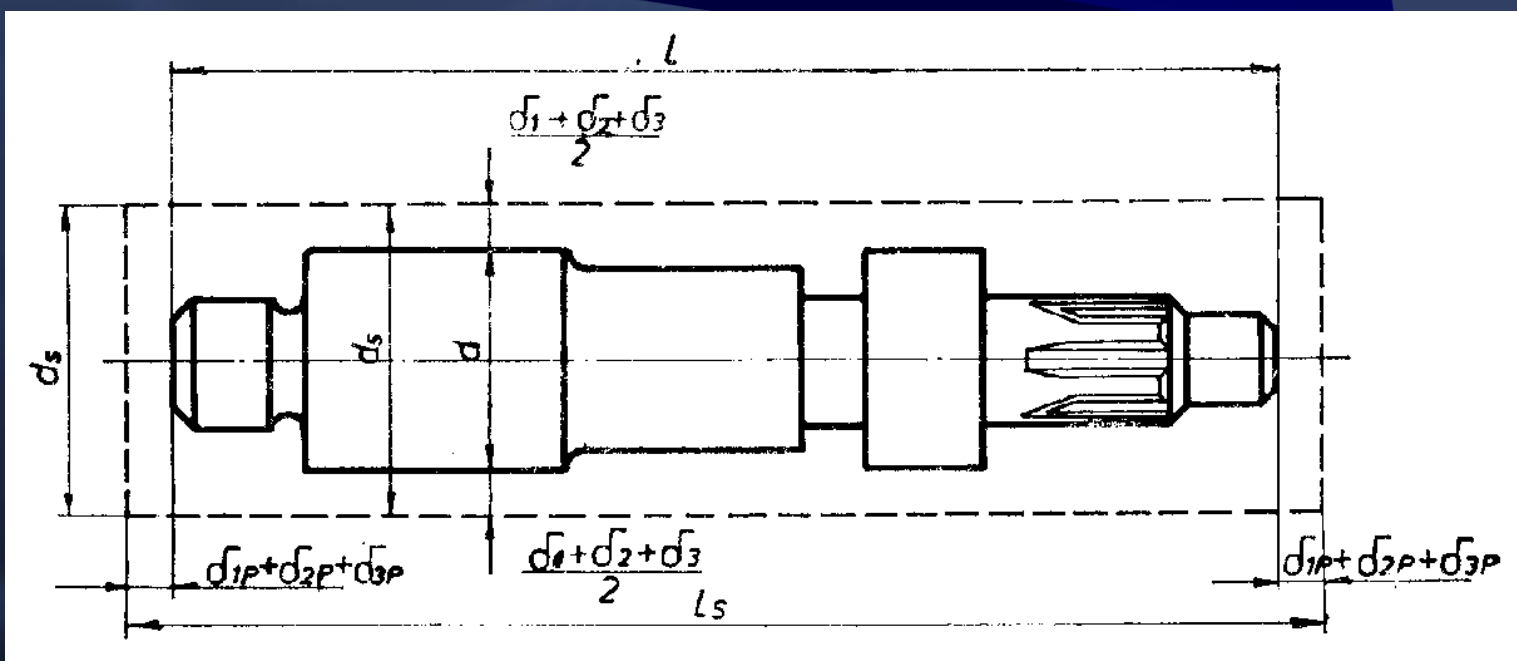
Kod vratila se javljaju i druge površine, kao što su:

- **Ozubljenja sa pravim, kosim, koničnim zubima**
- **Ožljebljenja raznih tipova,**
- **Spojnička ozubljenja**
- **Pužni navoji (puževi),**

Polazni oblici pripremaka

Šipke:

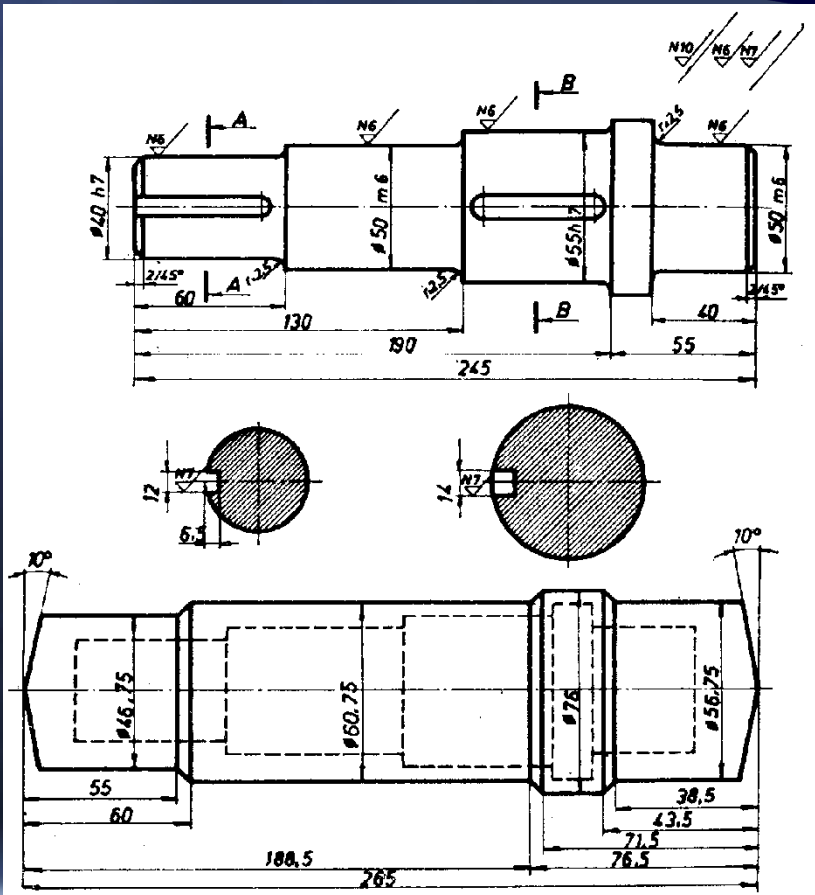
- Toplo valjane šipke (kod stepenastih osovina za manje obime proizvodnje),
- Vučene šipke (kod glatkih osovina za veće obime proizvodnje) izrađuju se kvalitetu h9 i h11



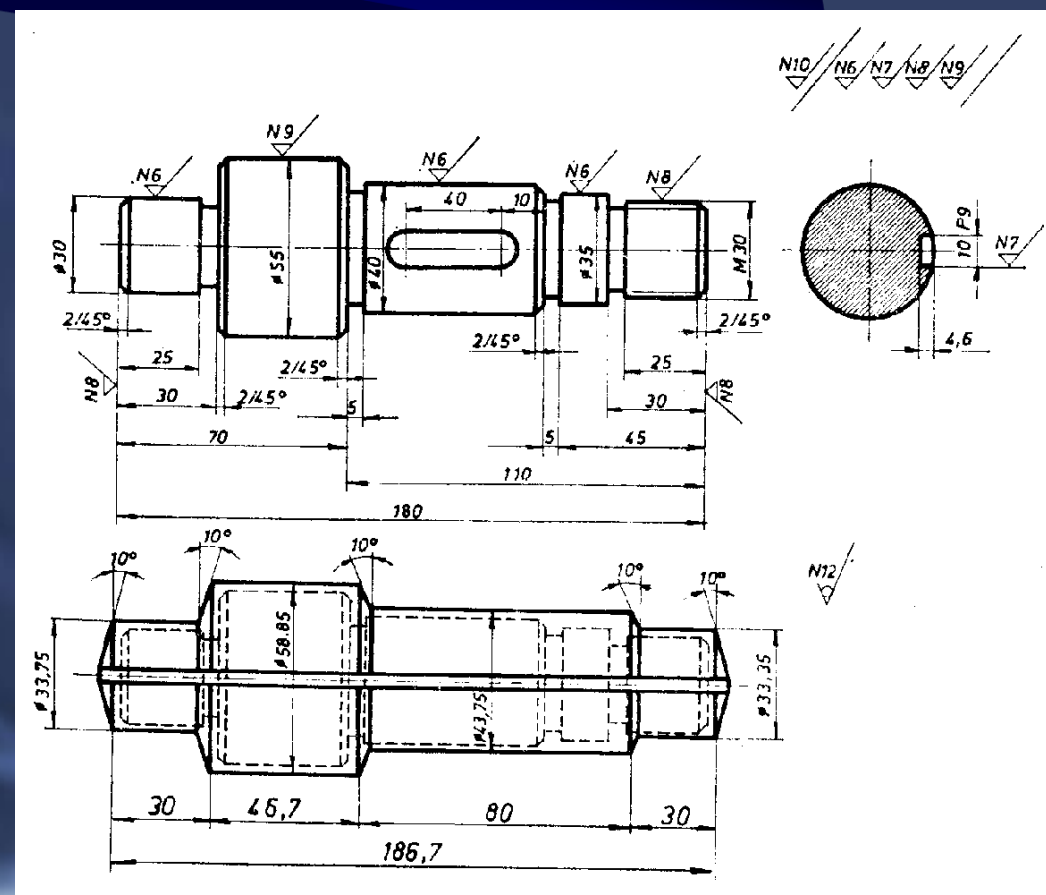
Definisanje prečnika šipki i dužine odsecanja

Otkovci:

- Slobodno kovanje (kod manjih obima proizvodnje),
- Kovanje u kalupu (za veće obime proizvodnje)



Otkovak-slobodno kovanje

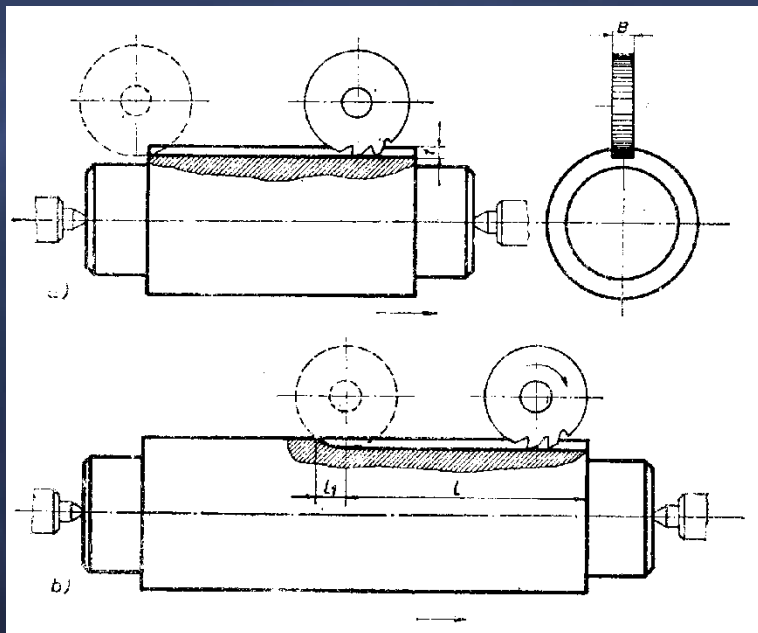


Otkovak-kovanje u kalupu

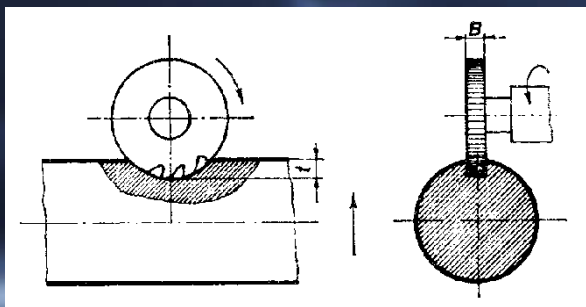
Izrada pojedinih konstrukcionih elemenata

Izrada žljebova za klinove:

Obrada na horizontalnoj glodalici sa koturastim (pločastim) glodalom

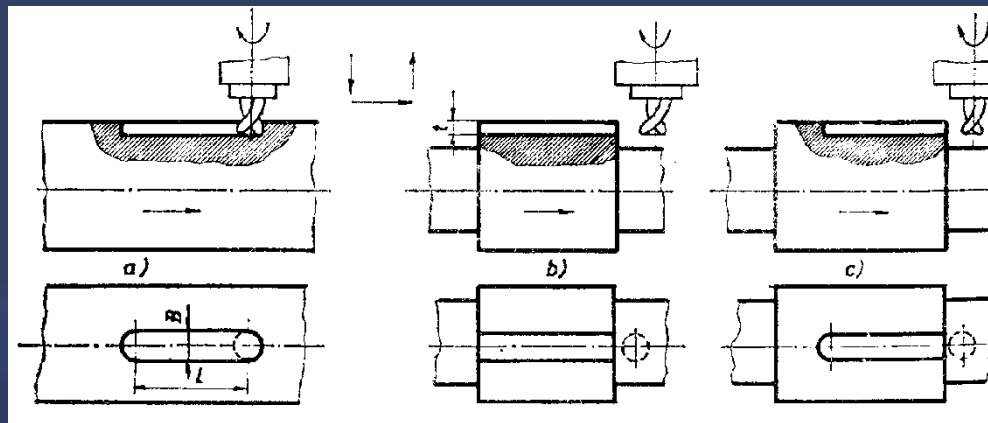


Otvoreni, poluotvoreni i zatvoreni žljeb



Žljeb za segmentni klin

Obrada na vertikalnoj glodalici sa vretenastim glodalom

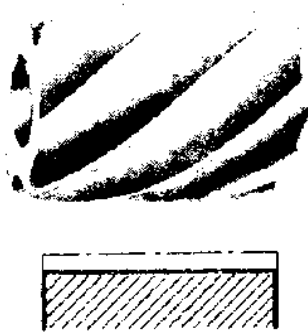
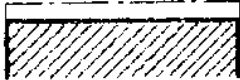
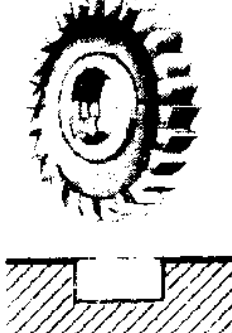




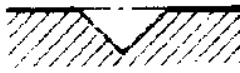

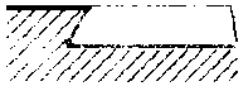



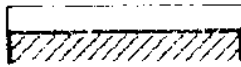
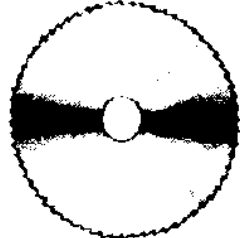
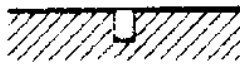







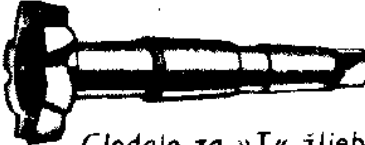


Otvoreni, poluotvoreni i zatvoreni žljeb



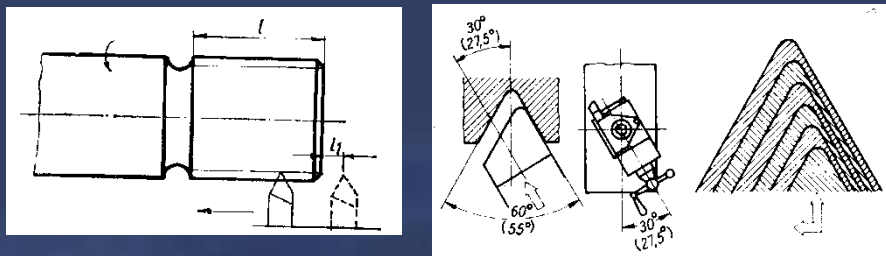
Izrada unutrašnjeg žljeba na vertikalnoj rendisaljci

Glodala koja se najčešće koriste sa odgovarajućim primerima primene

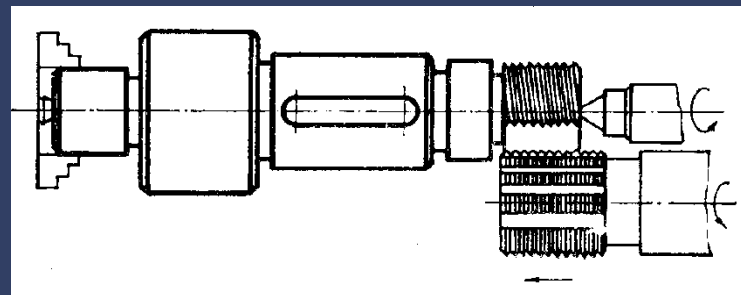
  Valjčasto	  Valjčasto čeono	  Koturasto	  Ugaono simetrično
  Ugaono nesimetrično	  Polukružna ispuščeno	  Glava s noževima	  Testerasto
  Vretenasto sa valjčastom drškom	  Vretenasto sa koničnom drškom		
  Glodalo za žljebove za segmentne klinove	  Glodalo za »T« žljebove		

Izrada navoja:

Obrada na strugu sa nožem za navoj

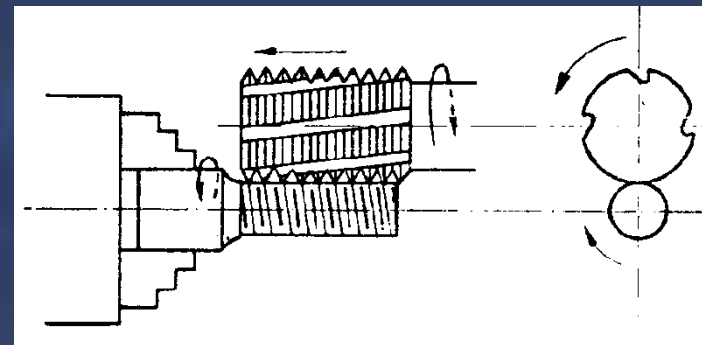


Obrada na glodalici za navoj spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja



Spoljni milimetarski navoj	Materijal predmeta			
	ugljenični, legirani i konstrukcioni čelik		sivi liv	
	Broj prolaza <i>i</i>			
<i>s</i> [mm]	Gruba	Fina	Gruba	Fina
1 do 1,5	2	2	—	—
2	2	2	2	2
3	3	2	3	2
4	4	2	4	2
5	5	2	4	2
6	6	2	5	2

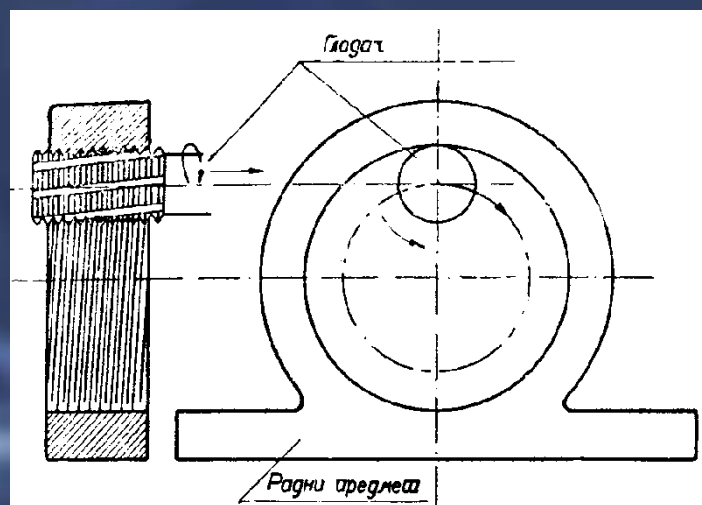
Napomena: Za izradu unutrašnjeg navoja broj prolaza za grubu obradu uvećava se za jedan.



Broj prolaza pri obradi alatom od tvrdog metala

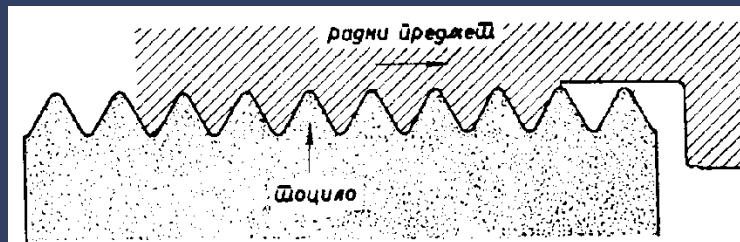
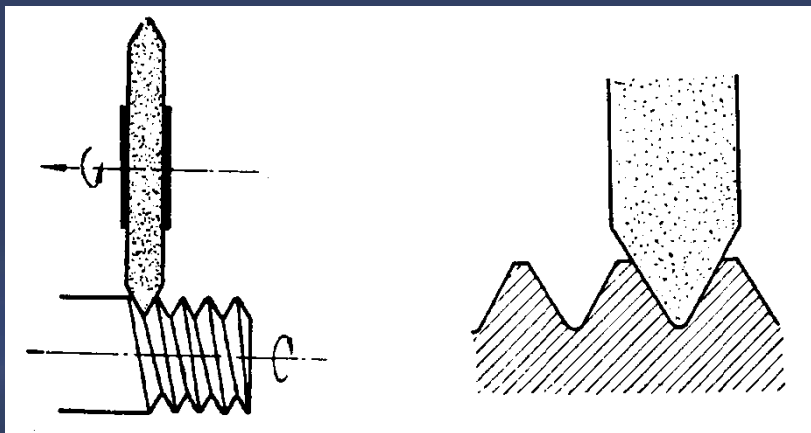
Korak navoja <i>s</i> [mm]	Materijal predmeta											
	ugljenični konstrukcioni čelik		legirani čelik i čelični liv				sivi liv, bronza i mesing					
	spoljni	unutrašnji	spoljni	unutrašnji	spoljni	unutrašnji	spoljni	unutrašnji	spoljni	unutrašnji		
	Broj prolaza <i>i</i>											
1,0 do 1,5	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>
1,75	4	2	5	3	5	3	6	4	4	2	5	3
2,0 ÷ 3,00	5	3	6	3	6	4	7	4	5	3	6	3
3,5 ÷ 4,5	6	3	7	4	7	4	9	5	6	3	7	3
5,0 ÷ 5,5	7	4	9	4	9	5	11	6	6	3	7	3
6,0	8	4	10	5	10	5	12	7	6	4	8	4
	9	4	12	5	12	5	15	7	6	4	8	5

Napomena: Pri izradi navoja sa više početaka broj prolaza *i* treba povećati za 1 do 2 za svaki hod navoja.
Oznaka u tabeli: *G* — grubo obrada; *F* — fina obrada



Broj prolaza pri obradi alatom od BČ

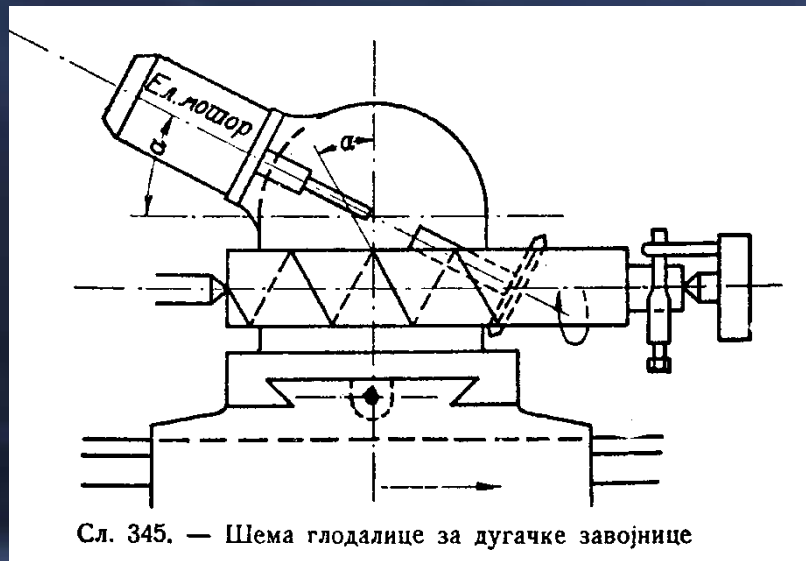
Obrada navoja brušenjem



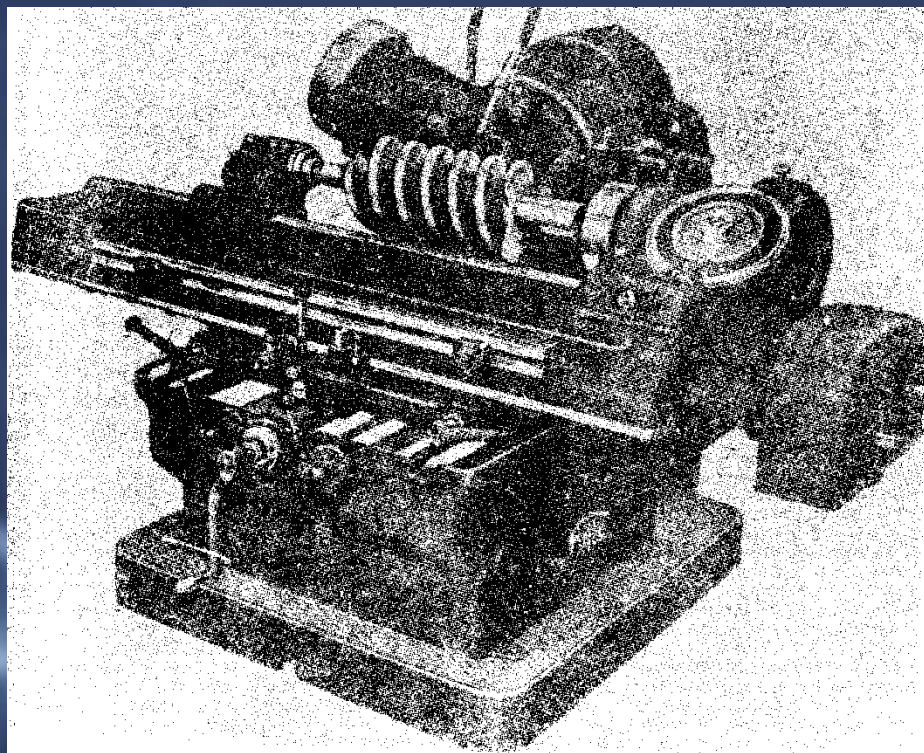
Сл. 438. — Брушење завојнице вишепрофилним тоцилом



Izrada pužnih navoja (puževa):

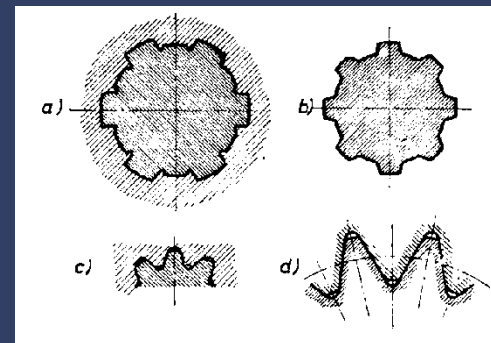


Сл. 345. — Шема глодалице за дугачке завојнице



Izrada spoljašnjih ozubljenja i ožljebljenja:

Obrada na horizontalnoj glodalici uz primenu podeonog aparata

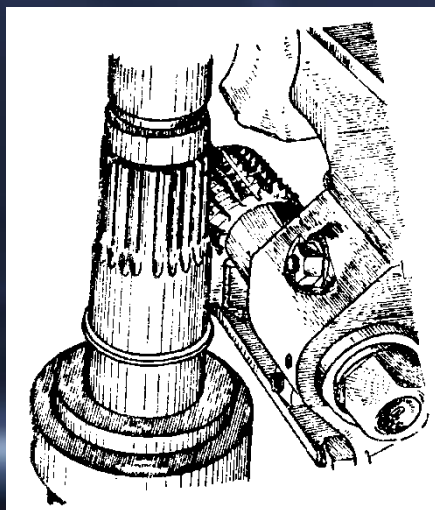


a) Pravougaoni b) Trapezni
c) Evolventni d) Troglasti profili

Glodala za ožljebljenja – za izradu ožljebljenja (bez bradice i sa bradicom)

Modulna glodala – za izradu ozubljenja

Obrada na odvalnoj (pfauter) glodalici



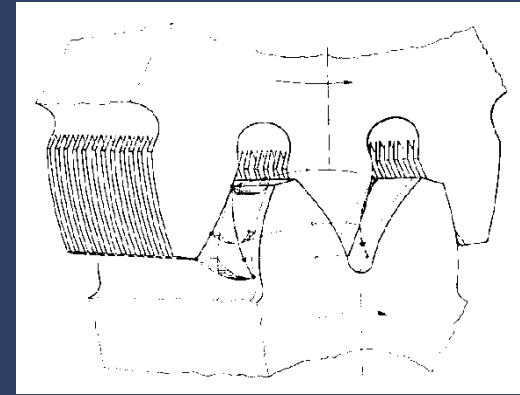
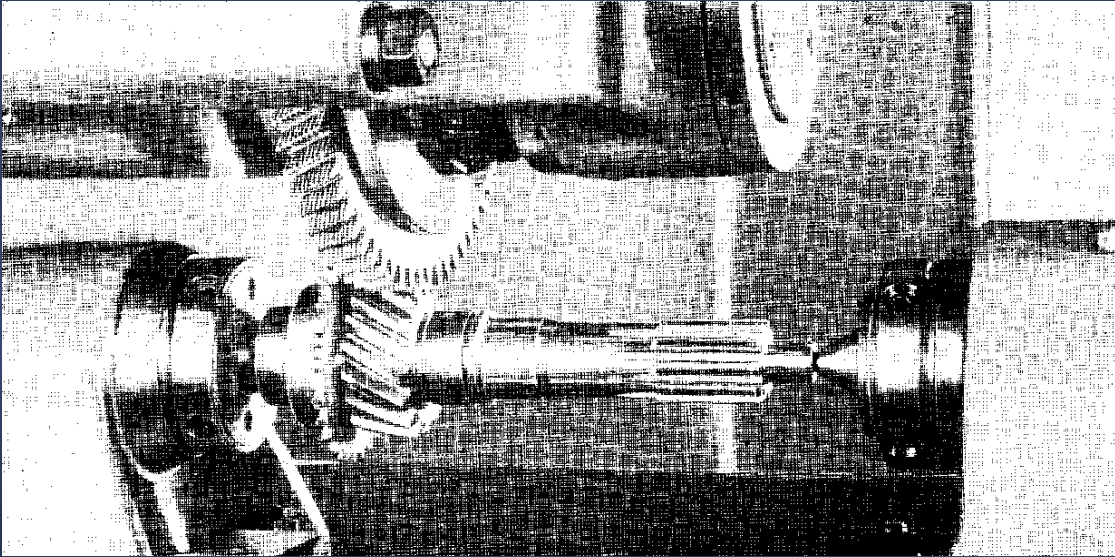
Odvalno glodalo za ožljebljenje (sa bradicom)



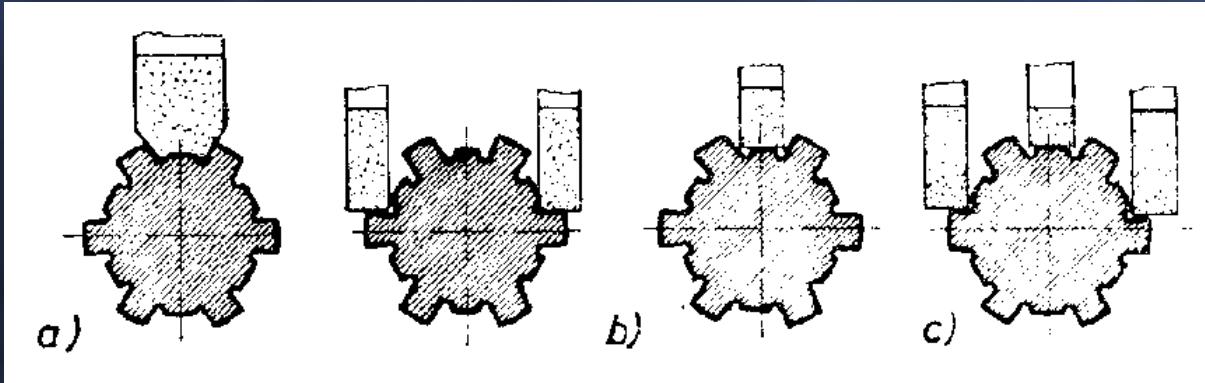
Modulno odvalno glodalo

Obrada na MAAG i Felows rendisaljci

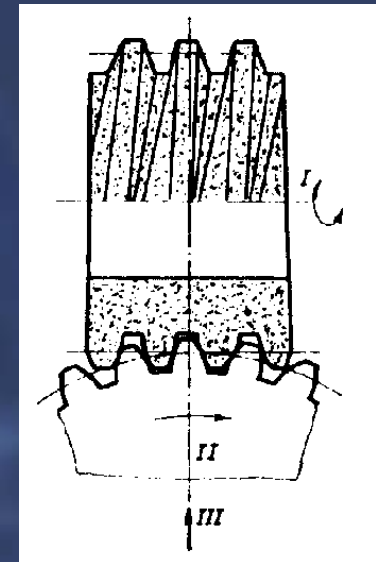
Brijanje (ljuštenje) ozubljenja



Brušenje ožljebljenja i ozubljenja

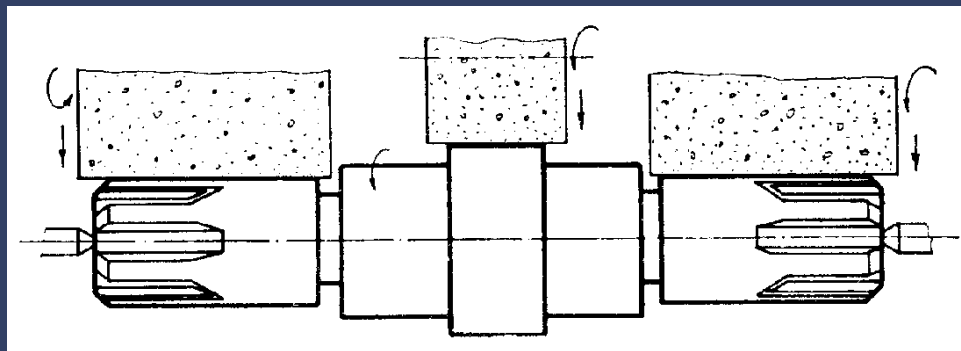
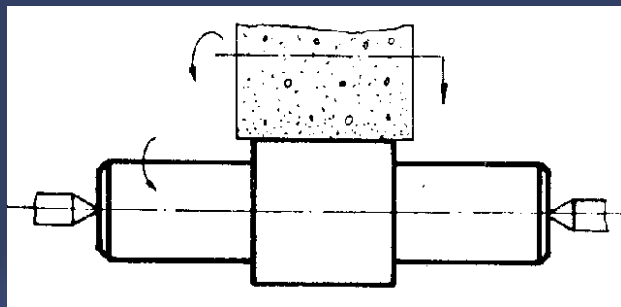


Razne varijante brušenja žljebova ožljebljenih vratila

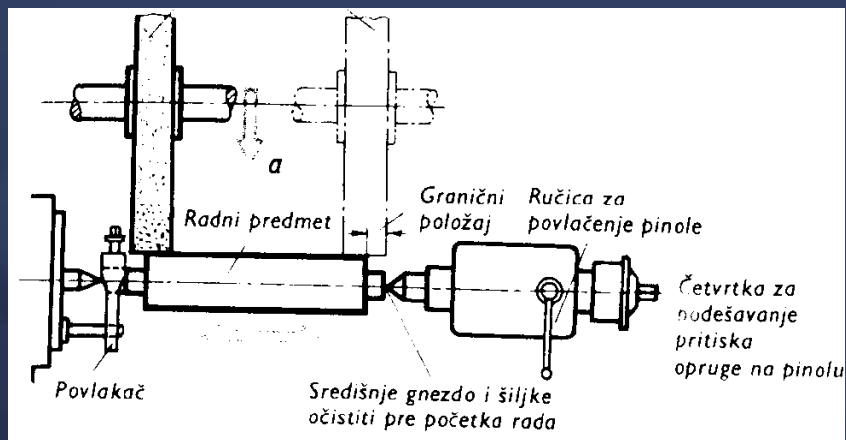


Primer brušenja ozubljenja relativnim kotrljanjem

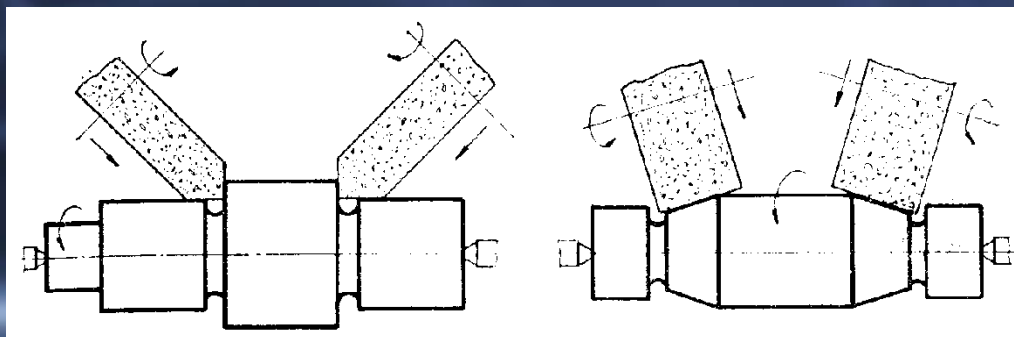
Brušenje vratila i osovina



Radijalno brušenje jedne i više površina



Spoljašnje kružno uzdužno brušenje



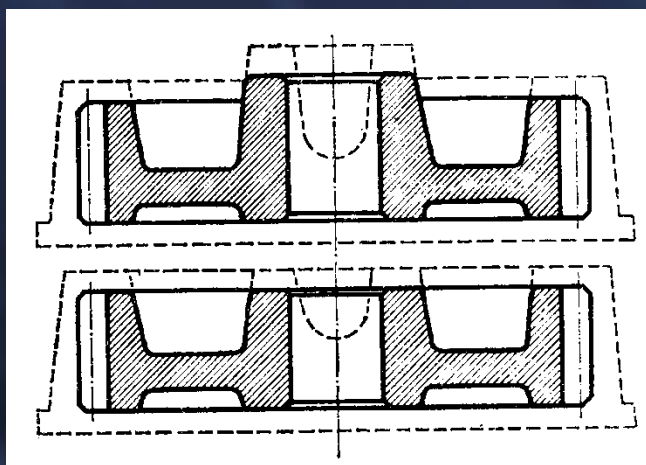
Brušenje naslona i konusnih površina

Zupčanici

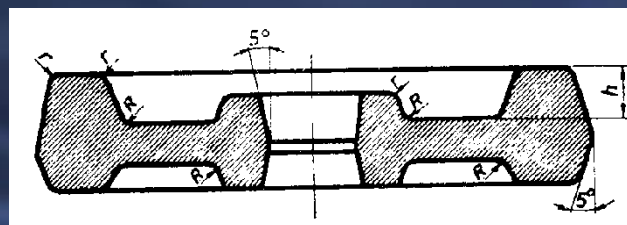
U tehnici se koristi veoma veliki broj zupčanika raznih oblika i dimenzija, koji se izrađuju raznim postupcima obrade. Najčešće se koriste cilindrični zupčanici sa pravim i kosim zubima, konusni zupčanici i pužni parovi (puž i pužni točak). Zupčanici se izrađuju od raznih materijala, a najčešće od čelika,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

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

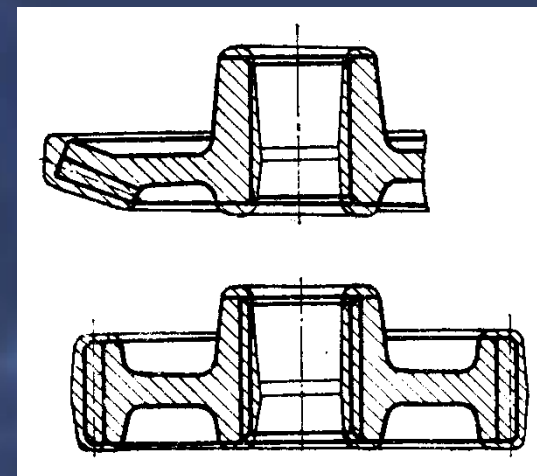
U pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji (do prečnika 125mm) najviše se koristi pripremak od toplo valjane šipke, a većih prečnika otkovak dobijen slobodnim kovanjem ili pak livenjem od čeličnog liva. U maloserijskoj proizvodnji koristi se kovanje u jednostranim kalupima. U srednjeserijskoj i višim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



Otkovci dobijeni u jednostranim kalupima



Otkovci dobijeni u dvostranim kalupima

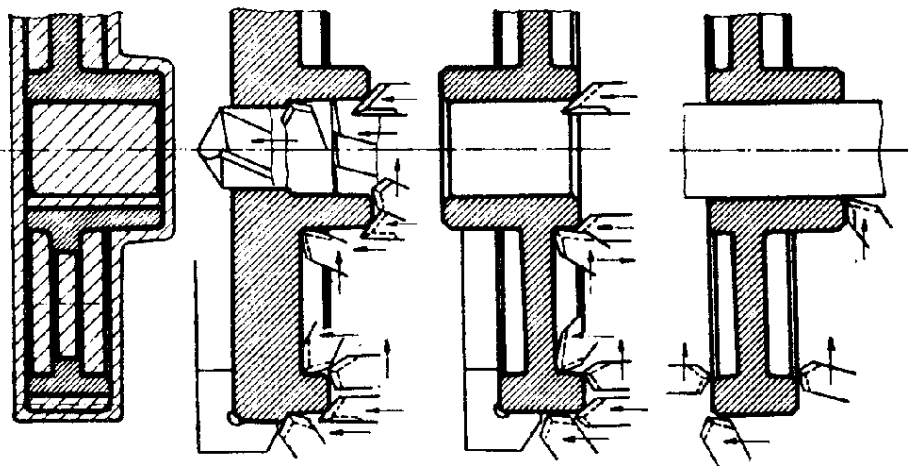


Pripremljeni se obrađuju mehaničkom obradom skidanjem materijala (strugotine) i termo-hemijskom obradom.

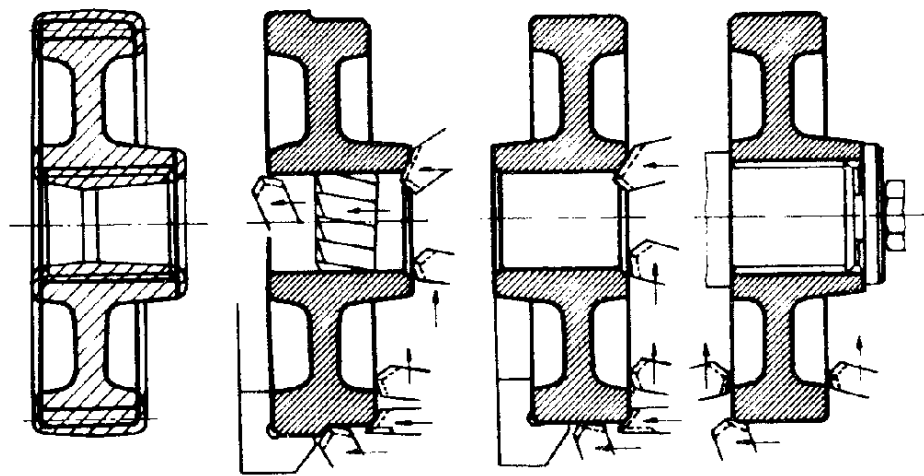
Mehanička obrada skidanjem materijala se može podeliti na tri faze:

- 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.



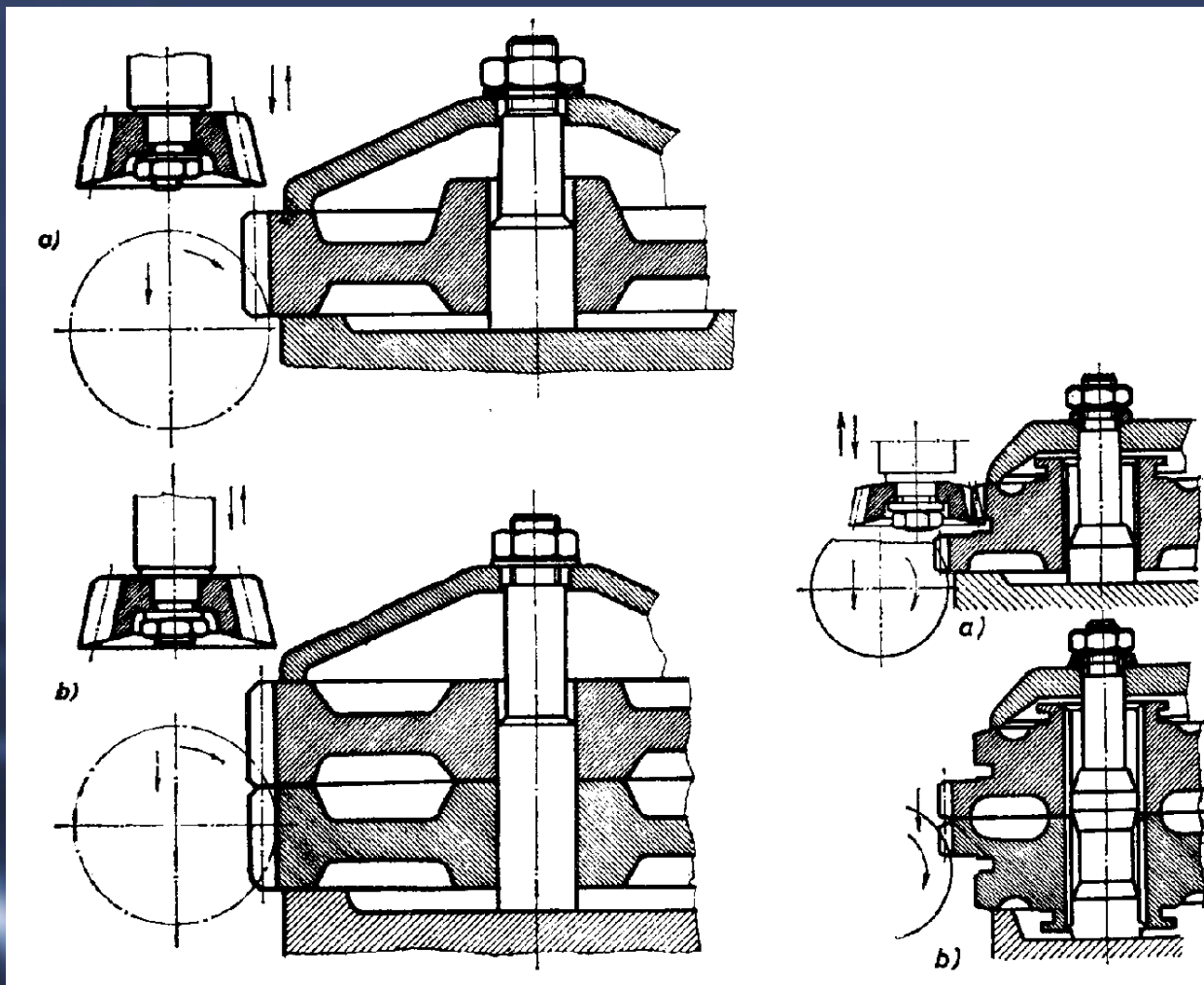
Primer obrade zupčanika na potrebne mere od pripremljenog dobijenog slobodnim kovanjem



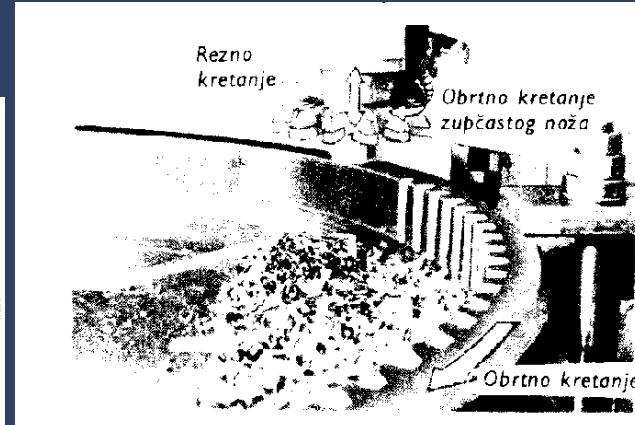
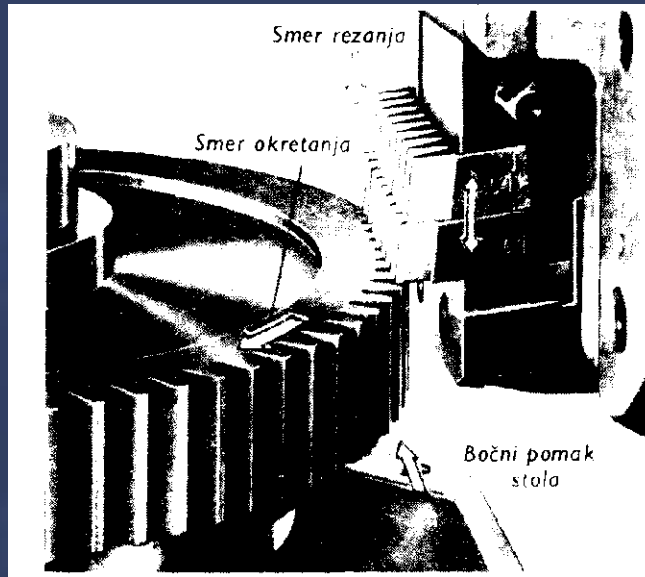
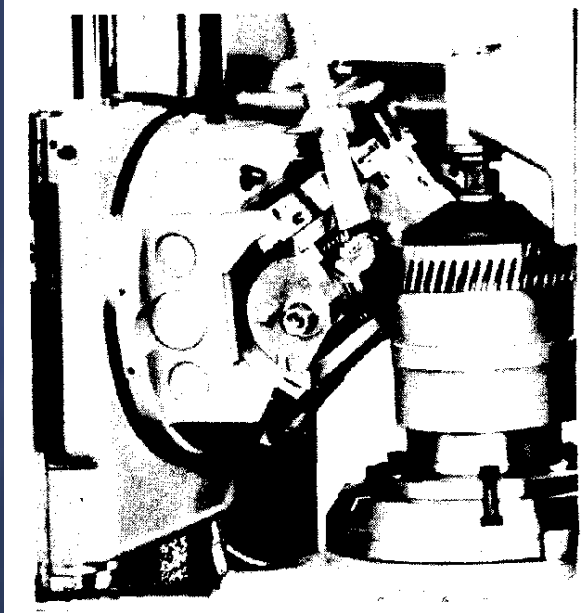
Primer obrade zupčanika na potrebne mere od pripremljenog kovanjem u dvostranom kalupu

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

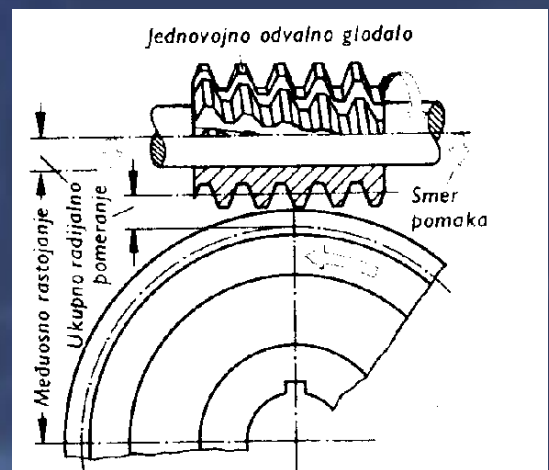
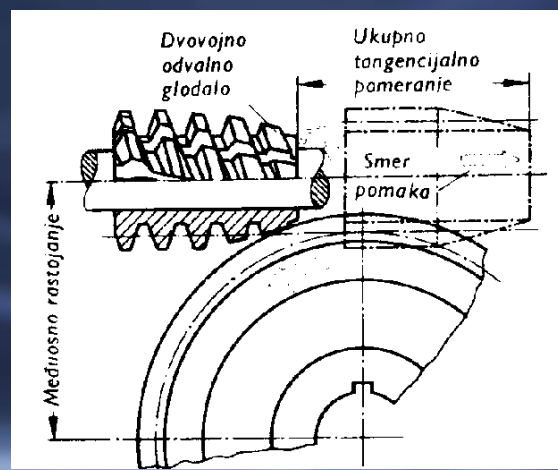
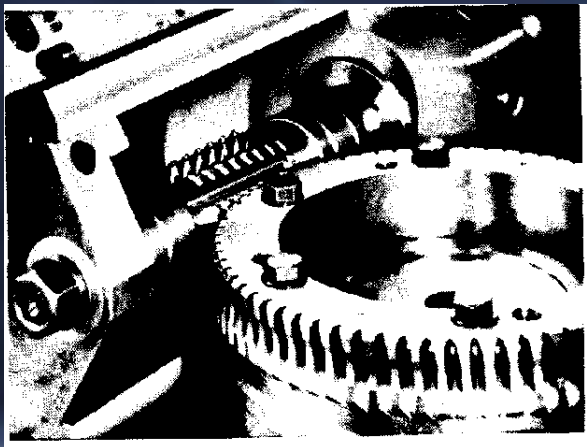
Tehnološke baze za obradu zupčanika su otvor u glavčini i čeone površine vena zupčanika. U pojedinačnoj proizvodnji ozubljenja se mogu izrađivati na univerzalnoj glodalici sa podeonim aparatom i modulnim glodalima. Dok se u višim tipovima proizvodnje izrađuju metodama relativnog kotrljanja, glodanjem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



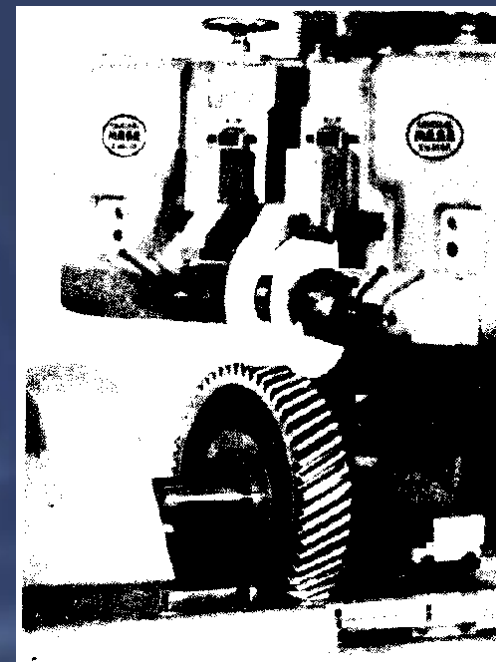
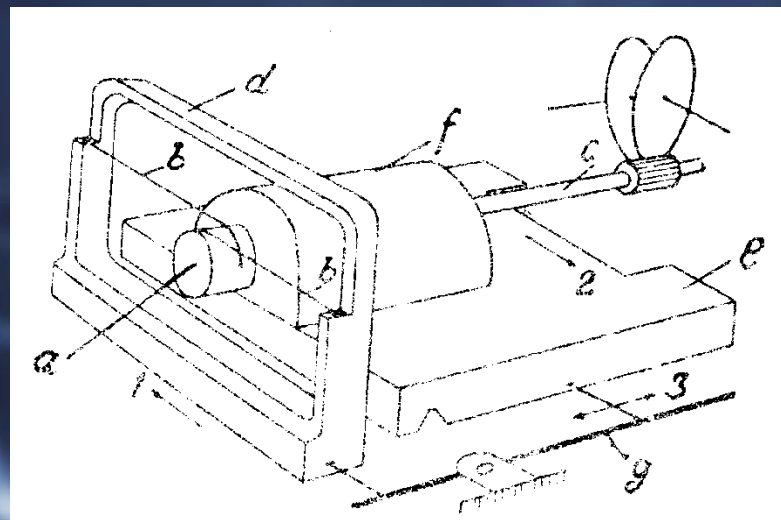
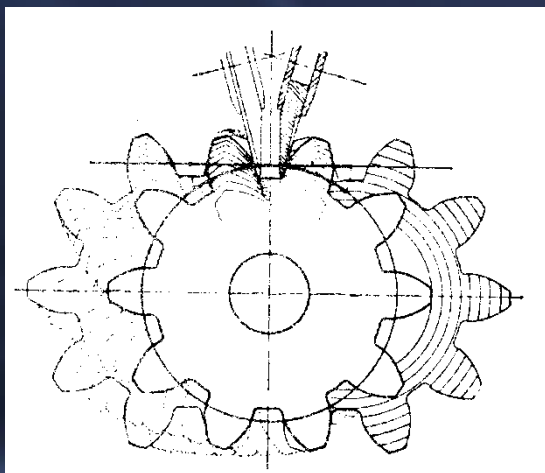
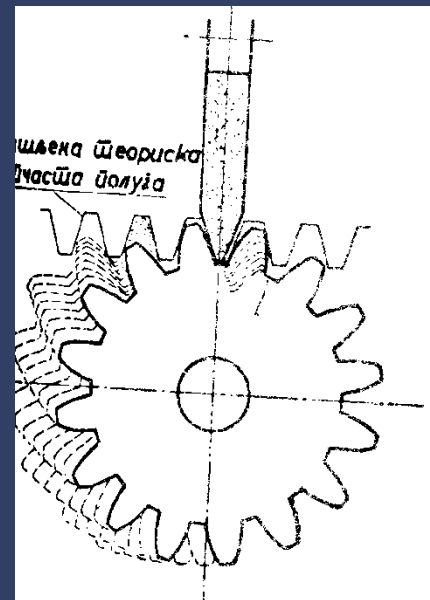
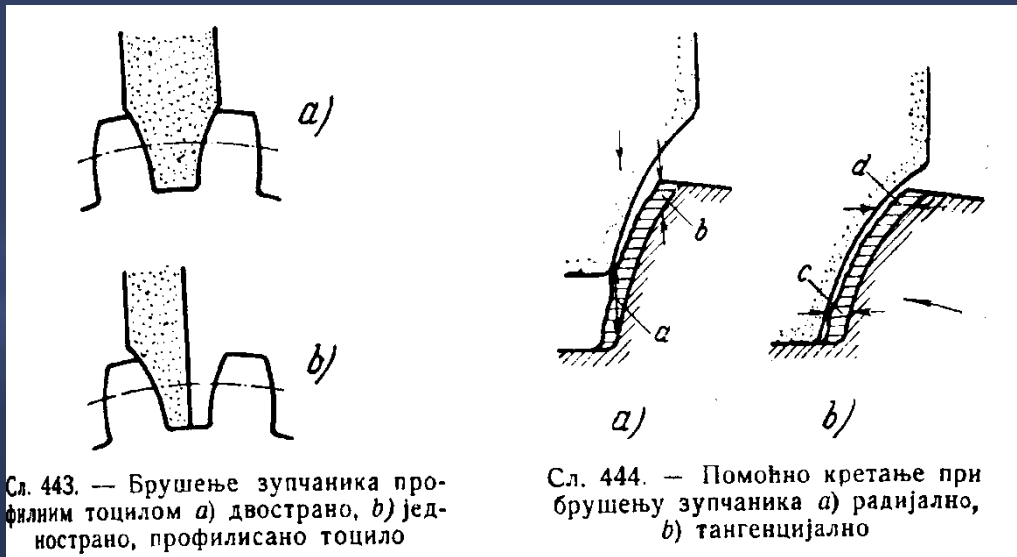
Izrada spoljašnjeg i unutrašnjeg ozubljenja



Izrada pužnih točkova

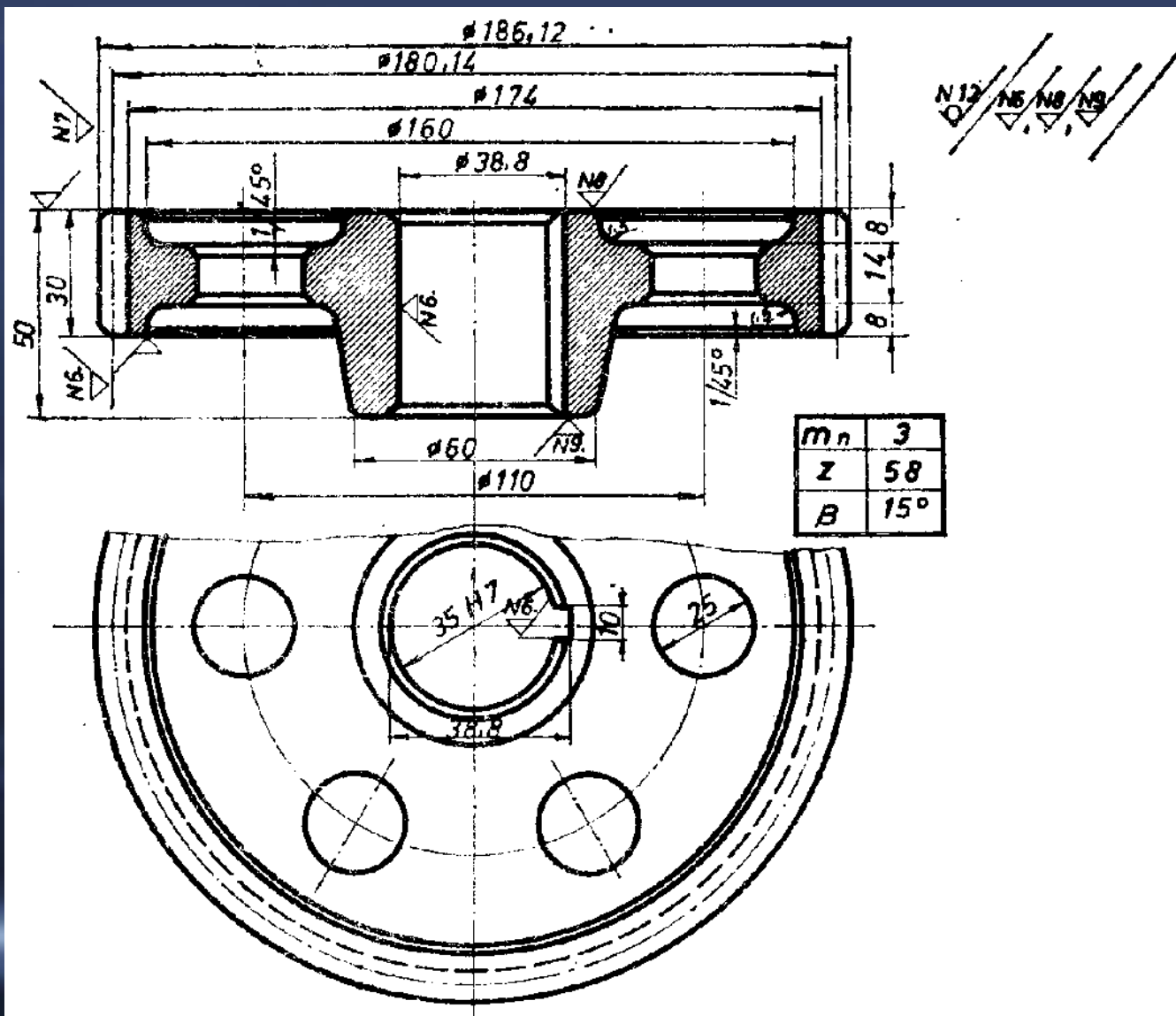


Brušenje ozubljenja



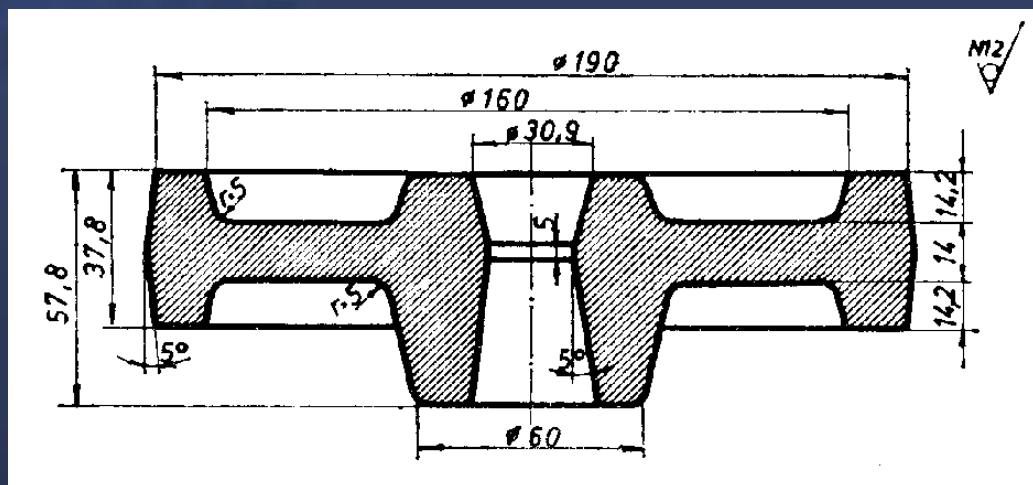
Primer izrade zupčanika

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 .



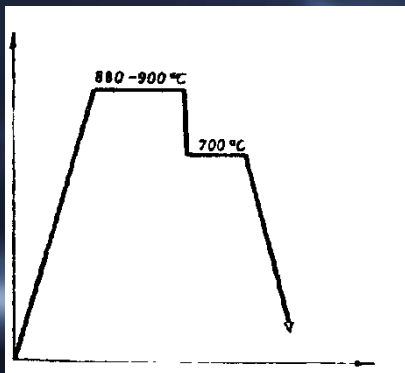
Kao polazni oblik priprema izabran je otkovak dobijen u dvostranom kalupu.

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°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

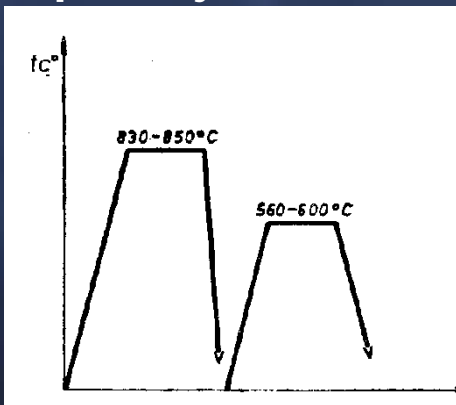
20/1 Grubo struganje prve strane zupčanika

(čela, spoljašnjeg prečnika i otvora)

20/2 Grubo srtruganje druge strane zupčanika

(čela i spoljašnjeg prečnika) i završno struganje otvora

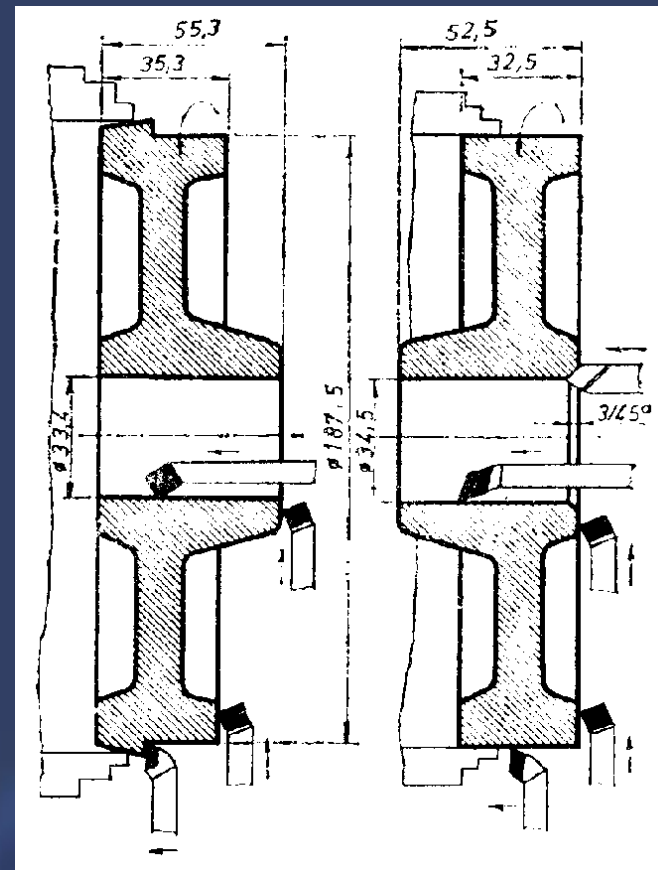
Operacija 30. Poboljšanje (kaljenje + otpuštanje)



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.



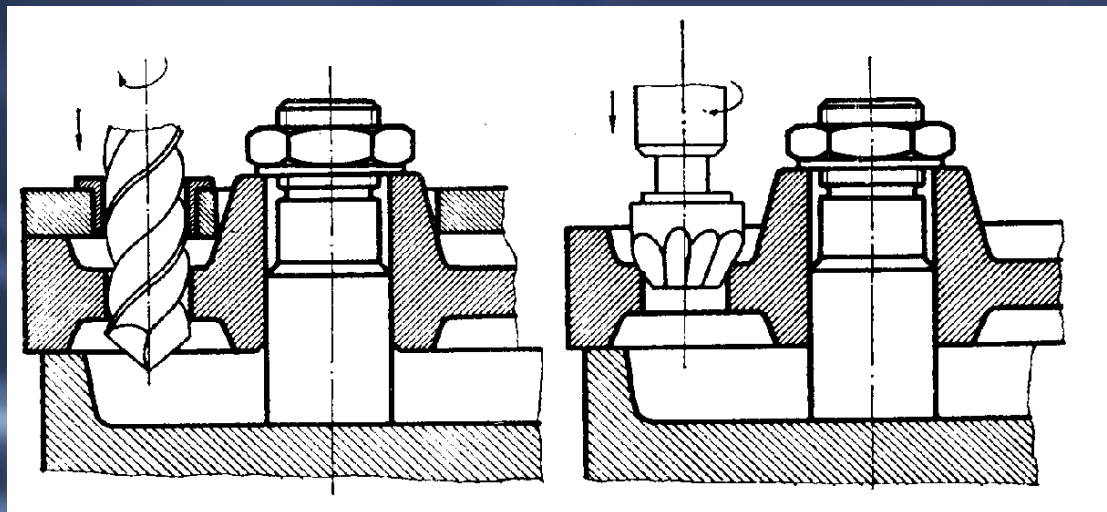
Operacija 40. Izrada 6 otvora $\Phi 25$

Mašina: Vertikalna bušilica

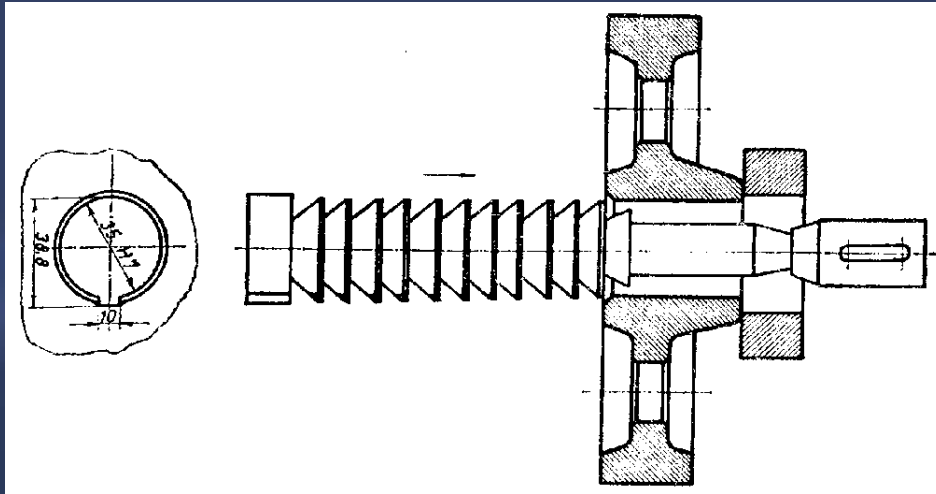
Pribor: Specijalni pribor za bušenje sa kaljenim vođicama (Trn za baziranje)

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

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



Operacija 50. Provlačenje otvora i žljeba za klin

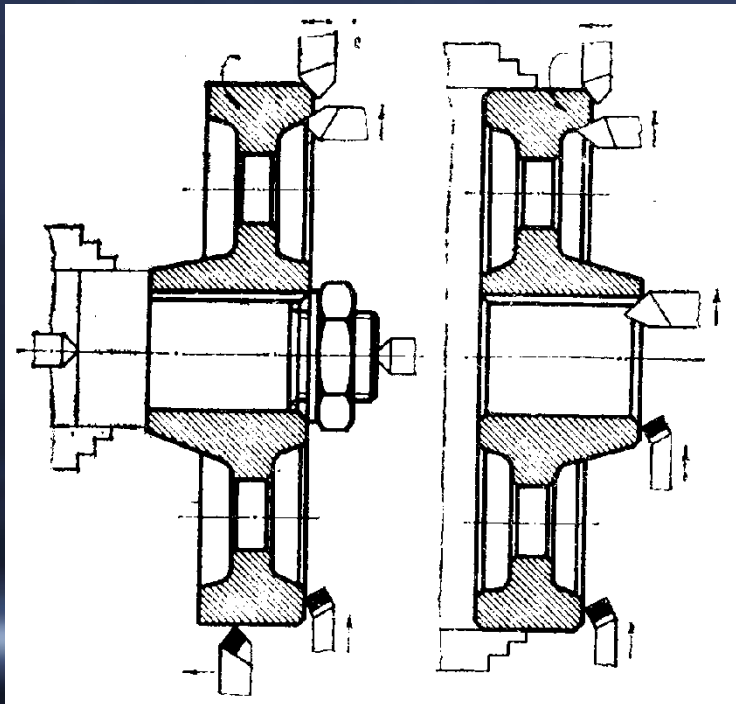


Mašina: Provlakačica

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)

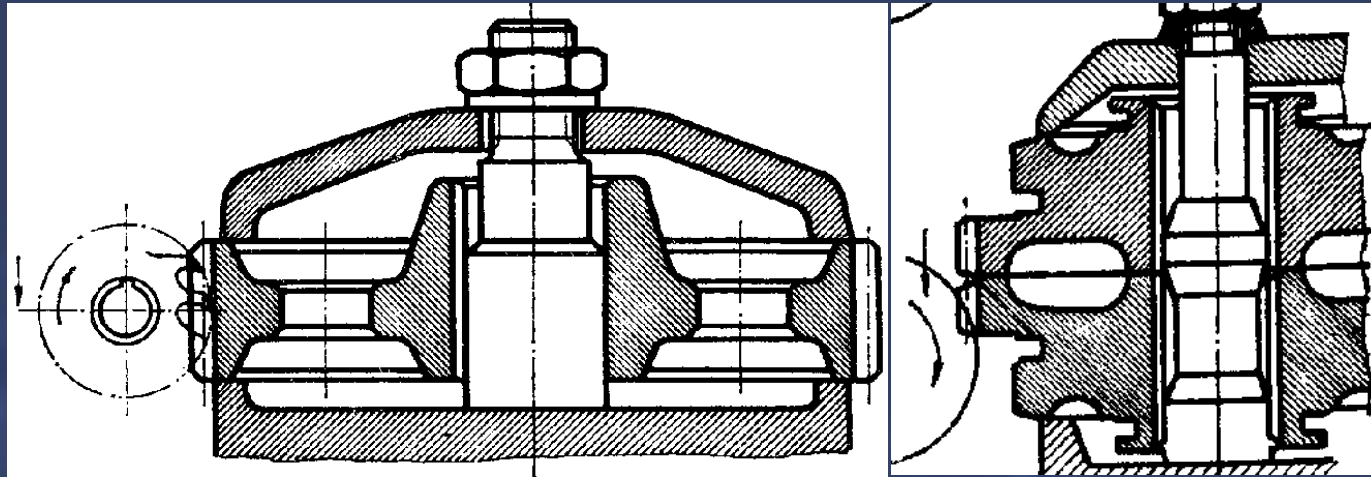
Pribor: Trn/ostvarenje koncentričnosti otvora, čeonih površina i venca

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

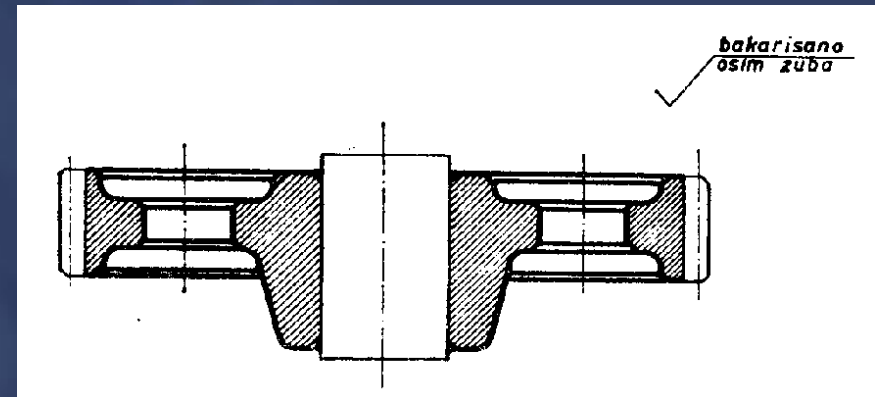


Mašina: Pfauter glodalica
Pribor: Trn/ostvarivanje
odnosa površina otvora i
ozubljenja
Alat: Odvalno glodalo
modula 3mm

Izvršiti glodanje
ozubljenja uz ostavljanje
dodatka za brušenje

Operacija 80. Zaštita od cementacije

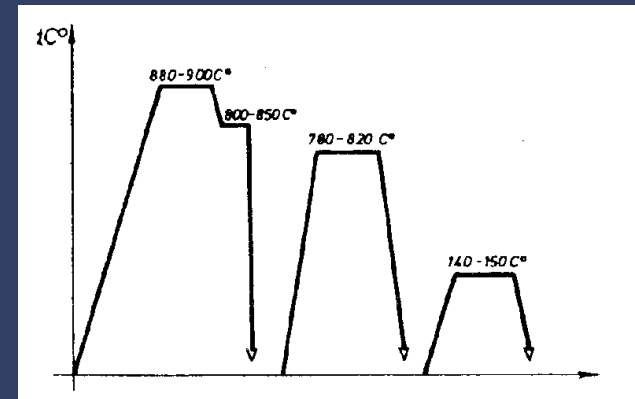
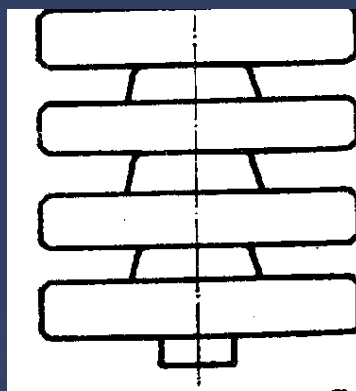
Površine, koje nije potrebno cementirati treba zaštititi od prodiranja ugljenika (cementacije). Ako odaberemo cementaciju u gasovitoj sredini onda efikasnu zaštitu površina od cementacije možemo ostvariti bakaranjem, a otvor zaštititi bakarnim čepom. Površine koje nećemo bakarisati premažemo slojem stearina, 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

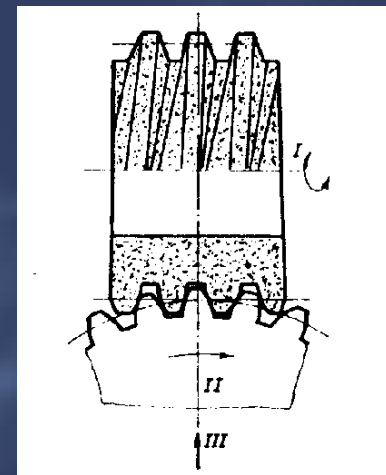
Mašina: Brusilica za ozubljenje po metodi relativnog kotrljanja

Pribor: Trn/ostvaruje se međusobni odnos otvora i ozubljenja

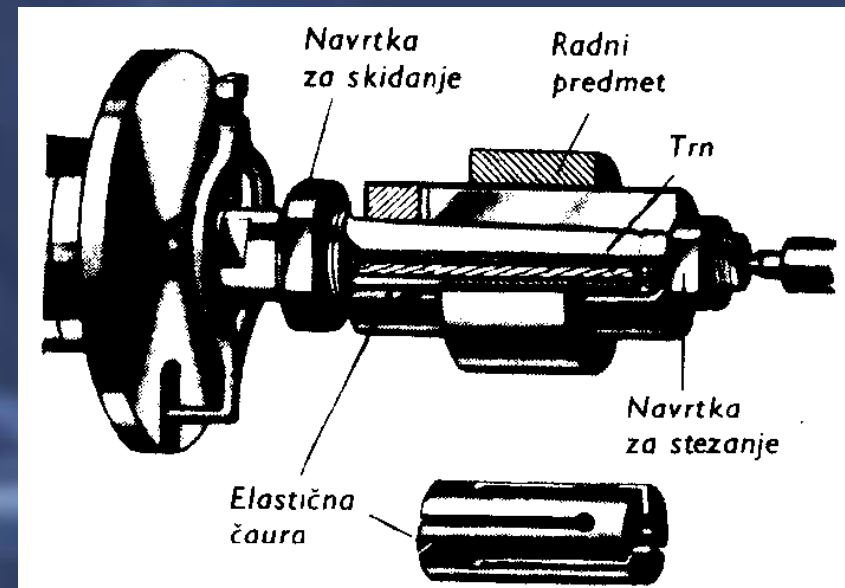
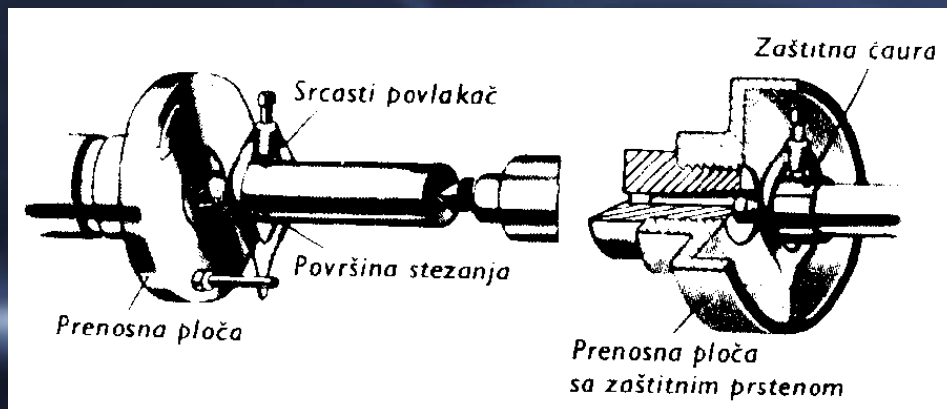
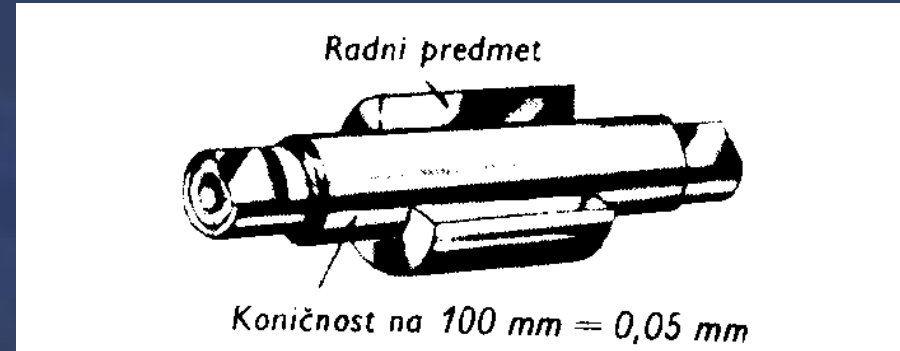
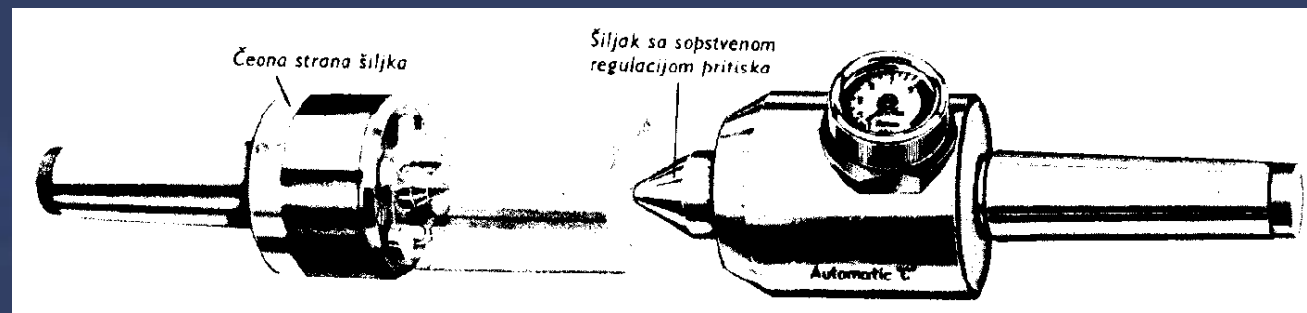
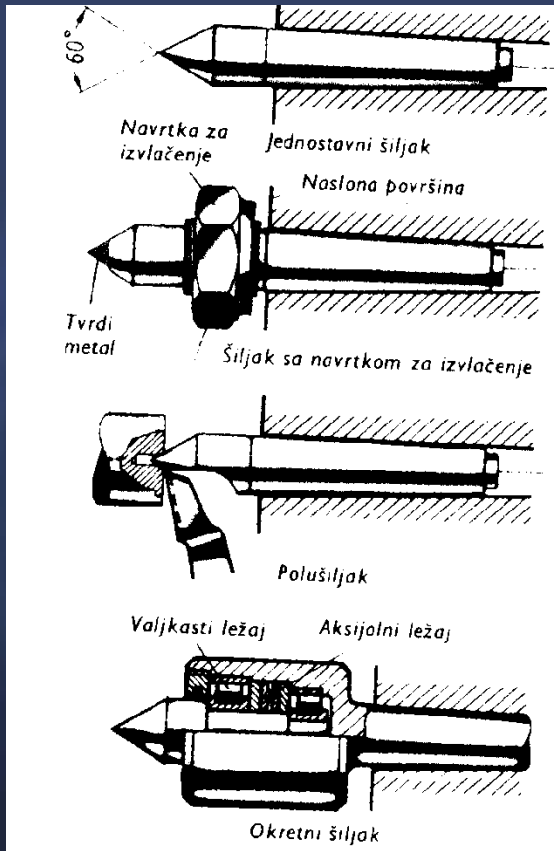
Alat: Pužno tocilo

Operacija 140. Završna kontrola

Kontrolisati deo prema crtežu (dimenzije, tvrdoća,)

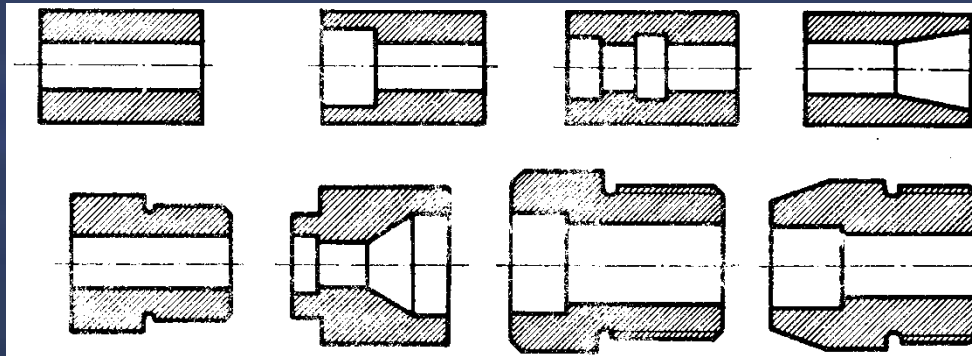


Primeri stezanja vratila, osovina i zupčanika



Čaure

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



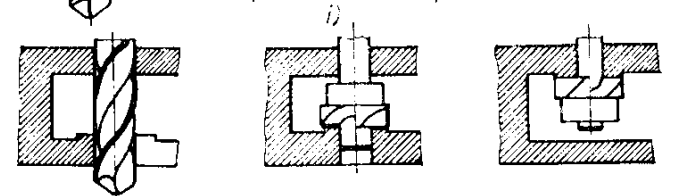
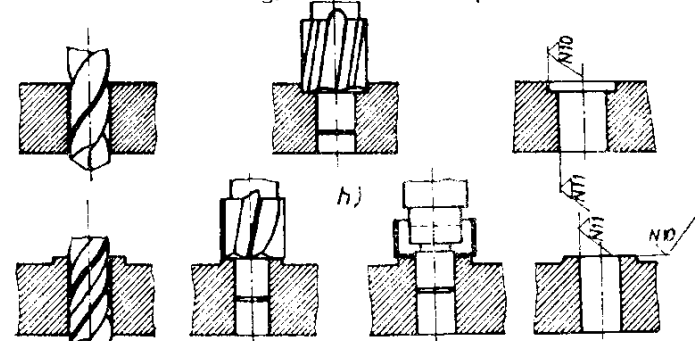
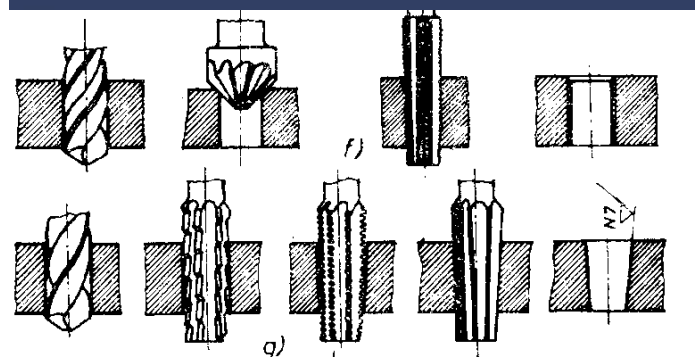
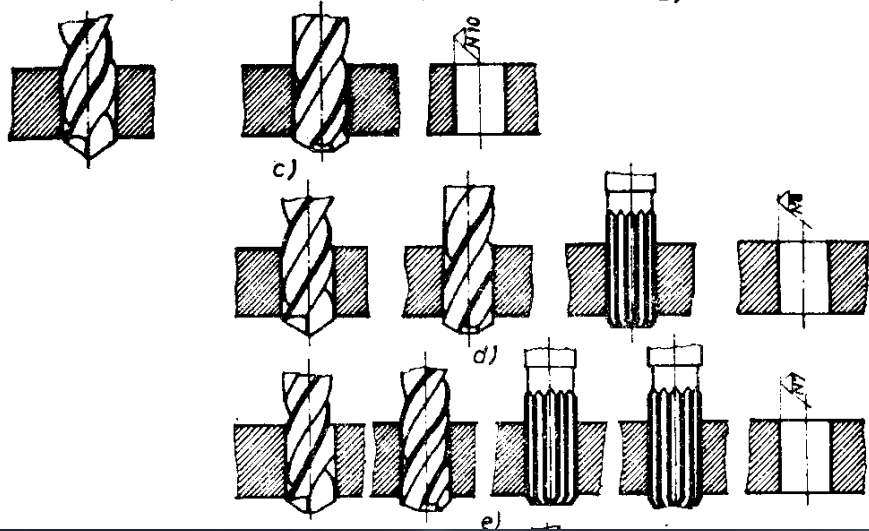
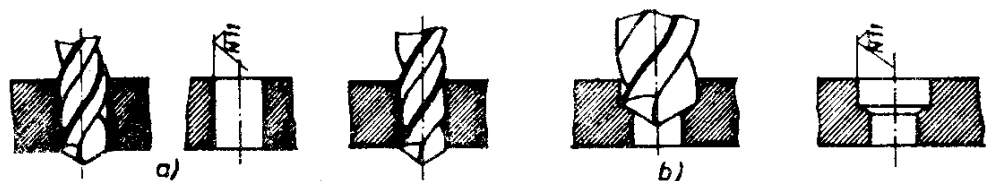
Osnovne spoljašnje i unutrašnje površine na čaurama su površine rotacionog oblika. Spoljašnje površine se najviše obrađuju operacijama obrade struganja i brušenja (strugovi i bruslice za okruglo brušenje).

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

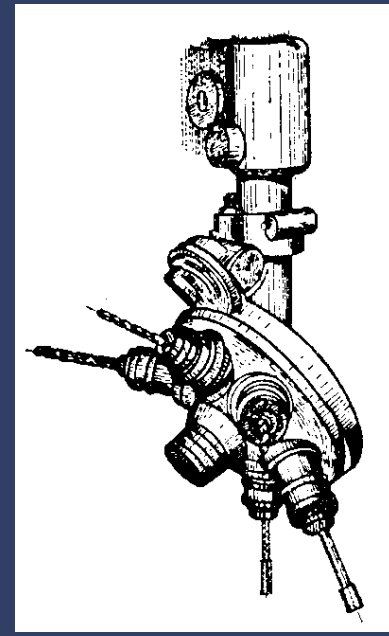
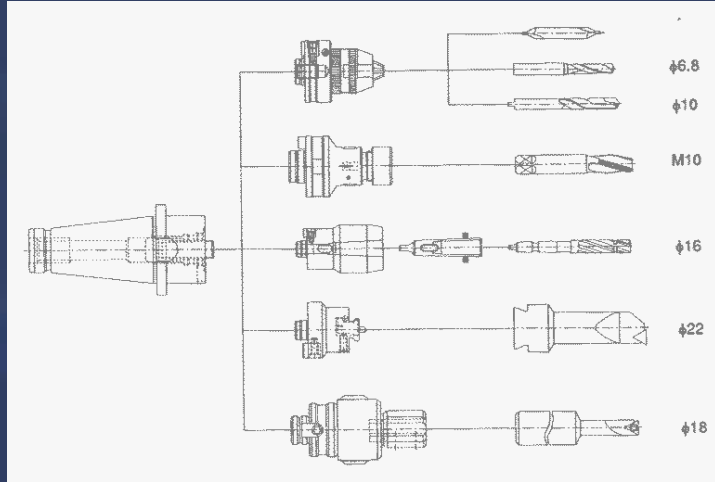
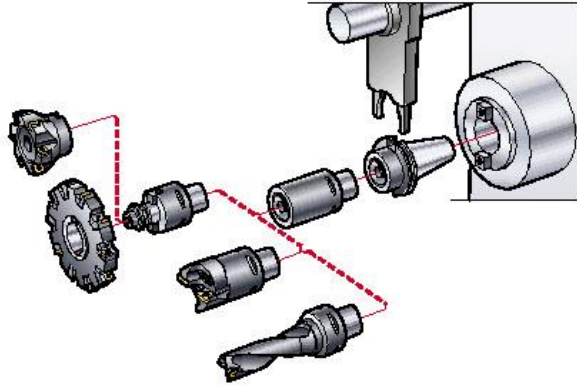
- Napomene:
1. Proširivanje rupe ili otvora može se izvoditi sa jednim od navedenih tipova alata : proširivačem, strugarskim nožem (uzdužno unutrašnje struganje), strugarskim nožem sa držačem (prostrugivanje) i glodalom (konturno glodanje).
 2. Razbušivanje se izvodi burgijom.
 3. Bušenje rupe (otvora) 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.

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*

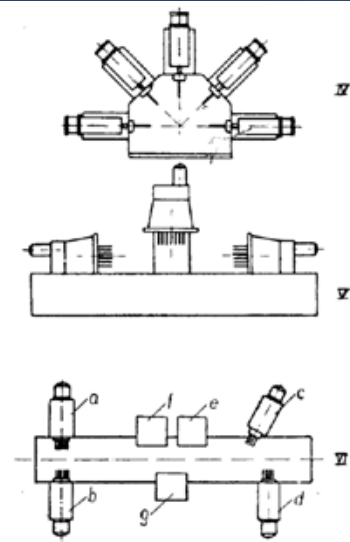
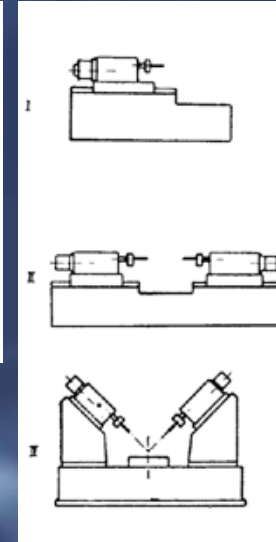
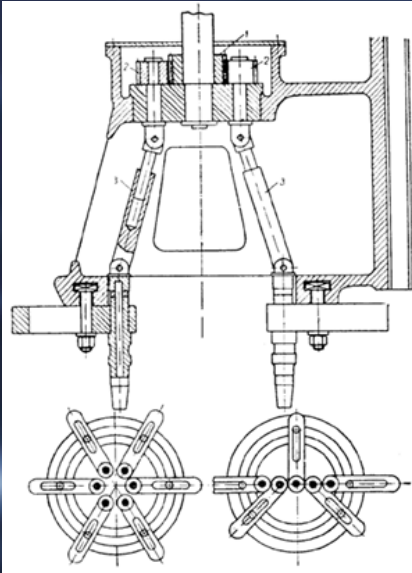
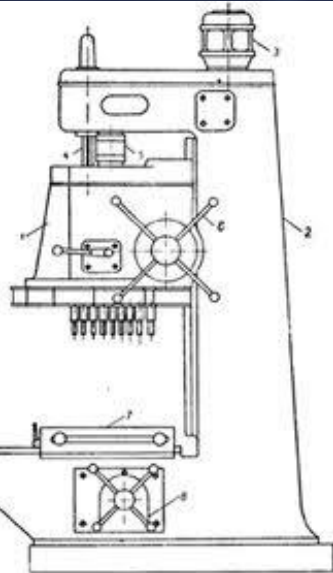
Za postizanje boljeg kvaliteta obrađene površine koriste se druge metode, kao što je brušenje, provlačenje, honovanje i dr.

Bušilice za obradu otvora mogu biti:

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



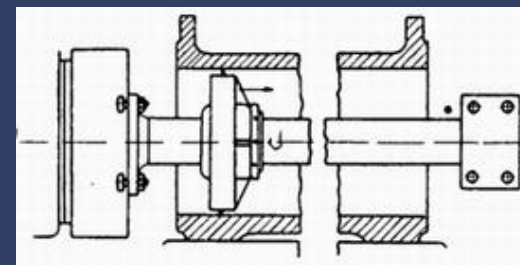
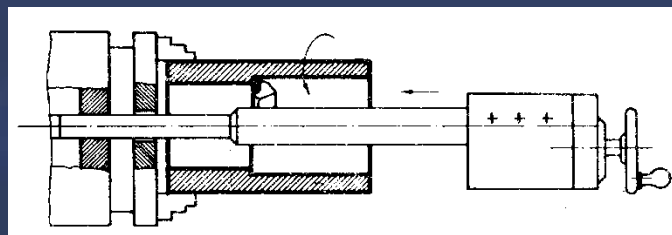
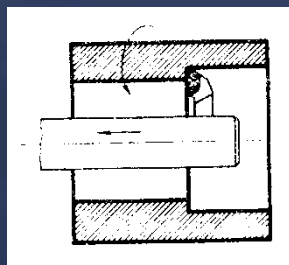
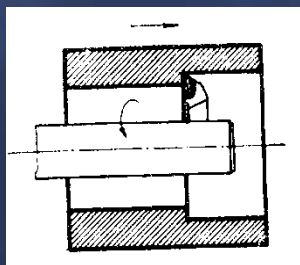
U serijskoj i masovnoj proizvodnji za obradu otvora se koriste viševretene bušilice i agregatne bušilice, koje se karakterišu visokom proizvodnošću.



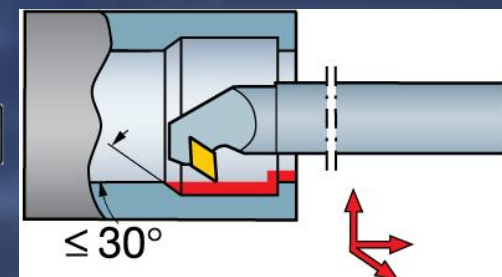
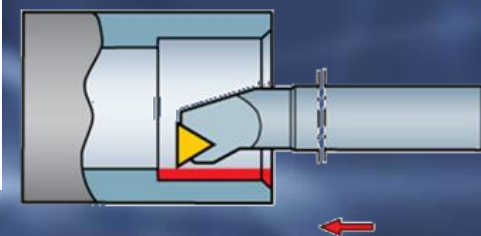
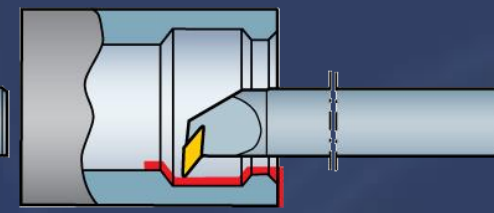
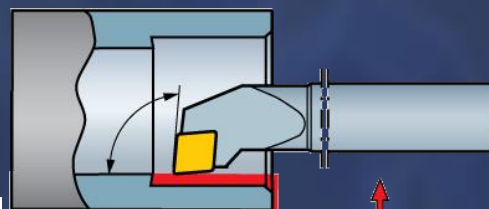
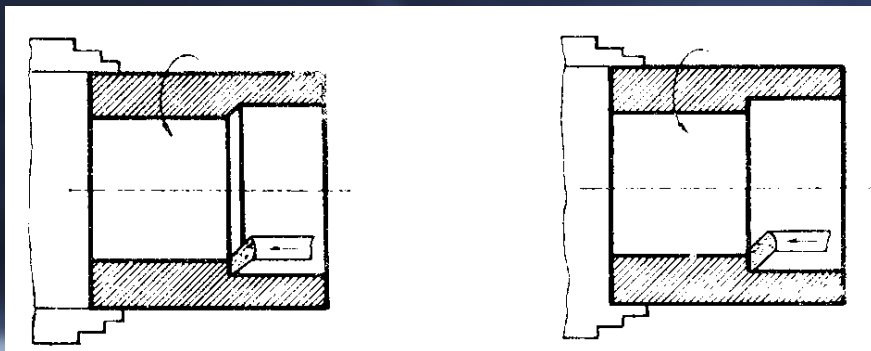
Obrada otvora proširivanjem nožem, provlačenjem, brušenjem, honovanjem

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

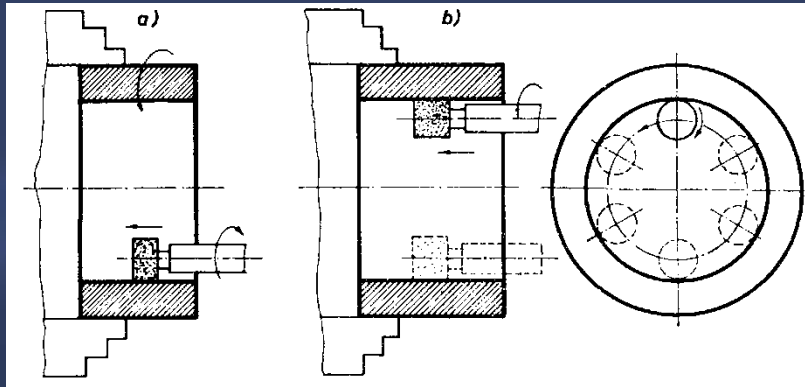
Otvore veće dužine proširujemo sa motkom za bušenje na koju se postavlja nož za proširivanje. Ako se ona postavlja na horizontalnim ili vertikalnim bušilicama onda može da se obrće a ako se postavlja na strug onda se ne okreće. Pri proširivanju otvora velike dužine da bi se smanjilo savijanja motke vrši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



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



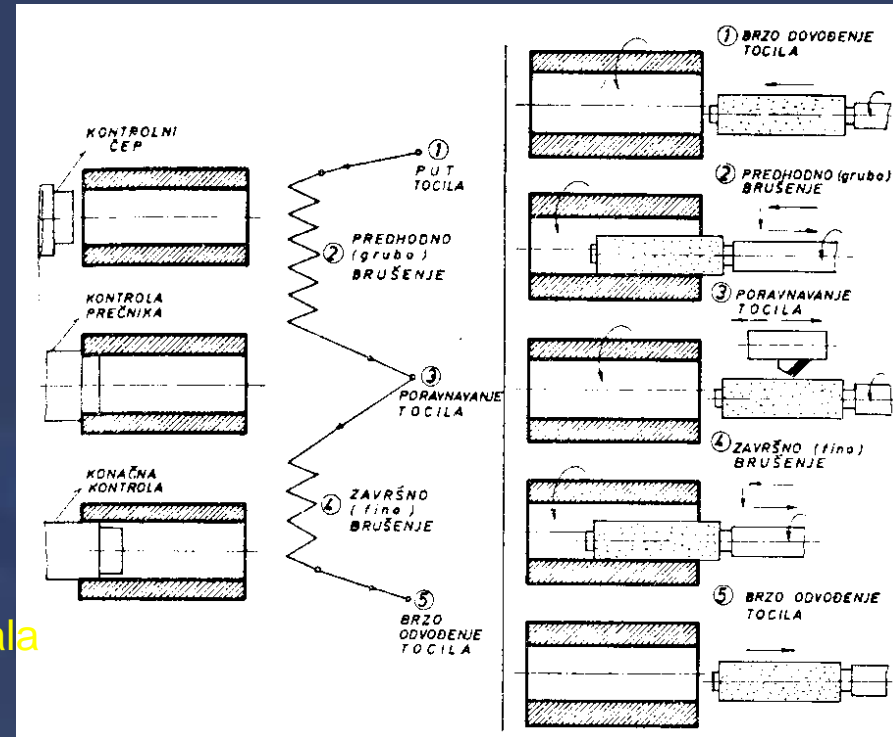
Jedna od metoda za postizanje boljeg kvaliteta obrađene površine (N5 i N6) se odnosi na unutrašnje brušenje, i to posebno na delovima od tvrdih i termički obrađenih materijala.



- 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

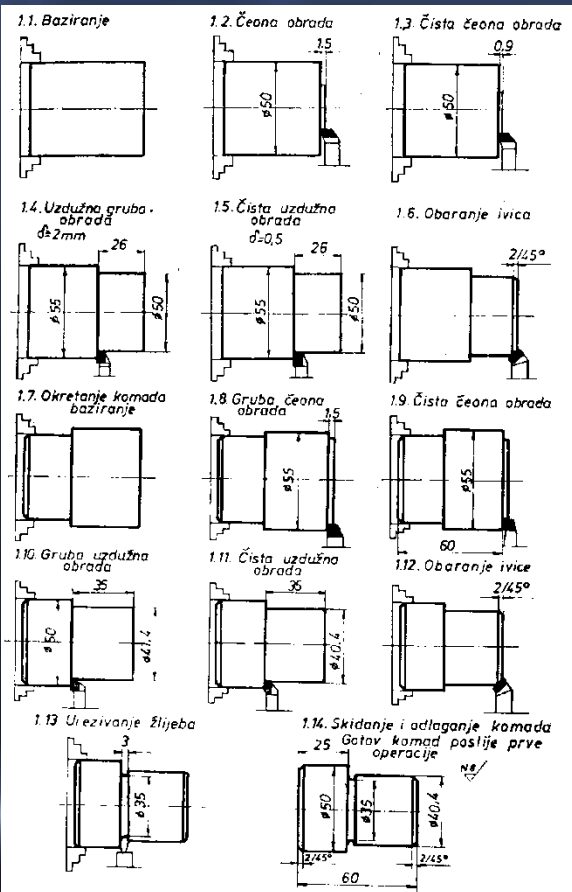
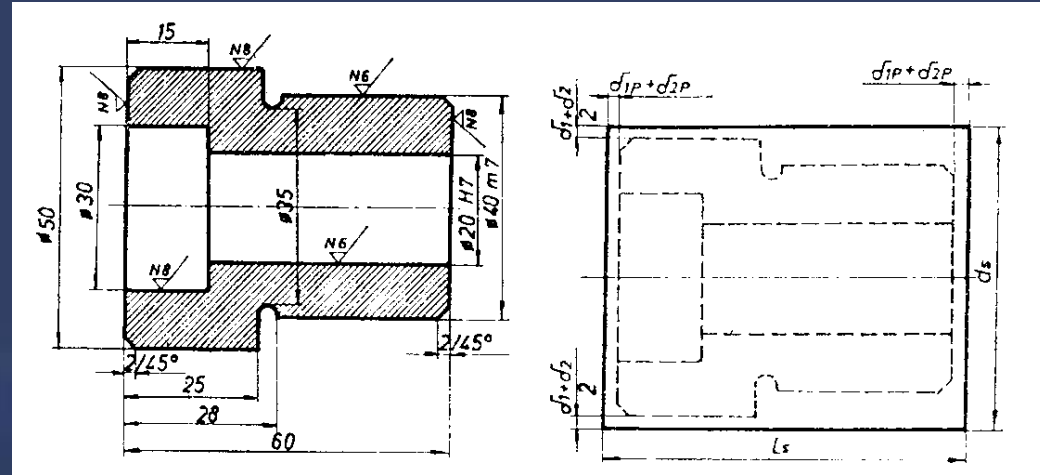
Primer izrade čaure

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

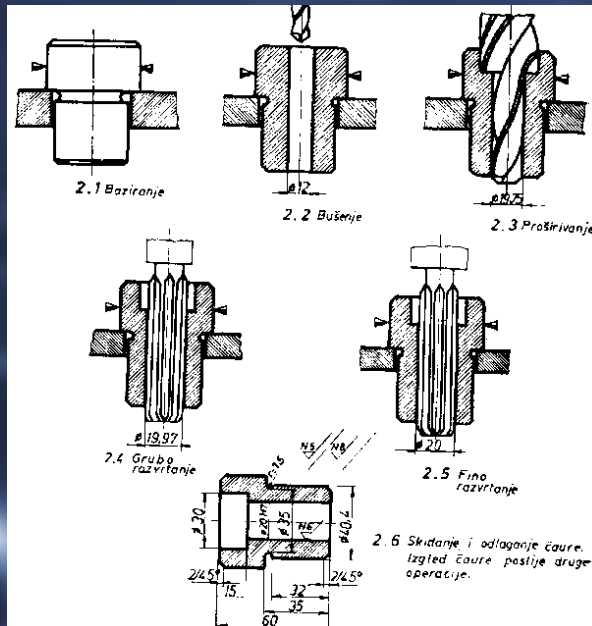
Primer tehnološkog procesa izrade čaure u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji

Operacija 10. Odsecanje (Testera)

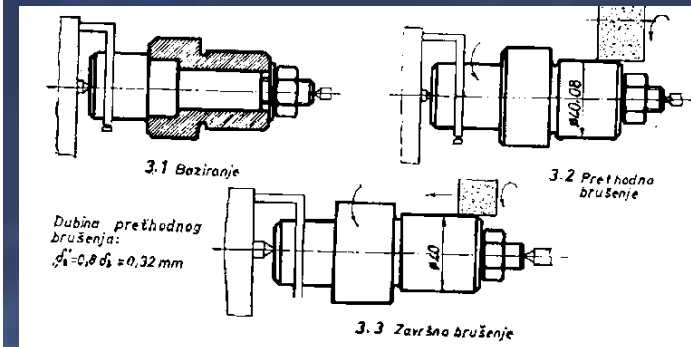
Operacija 20. Struganje (Univerzalni strug)



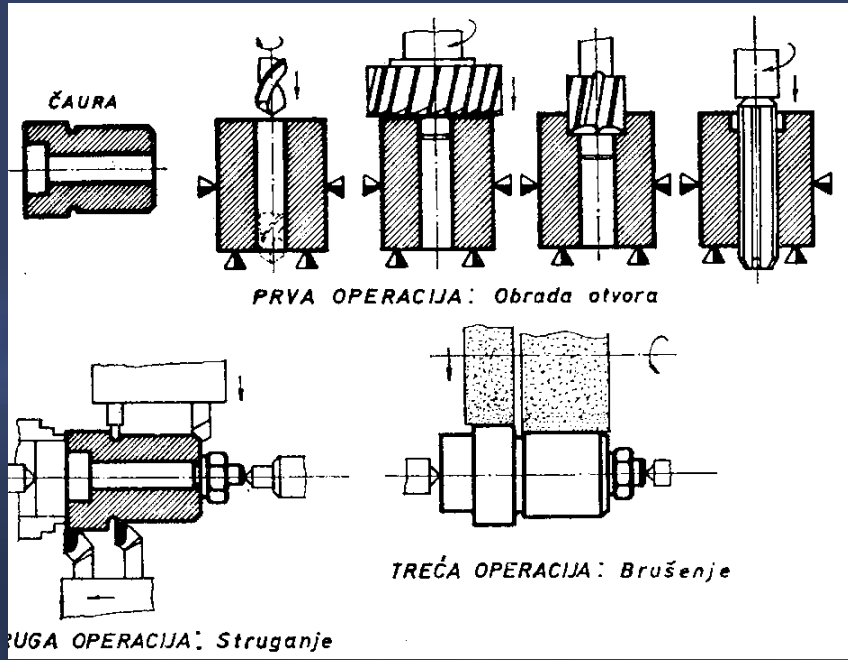
Operacija 30. Bušenje (Stubna bušilica)



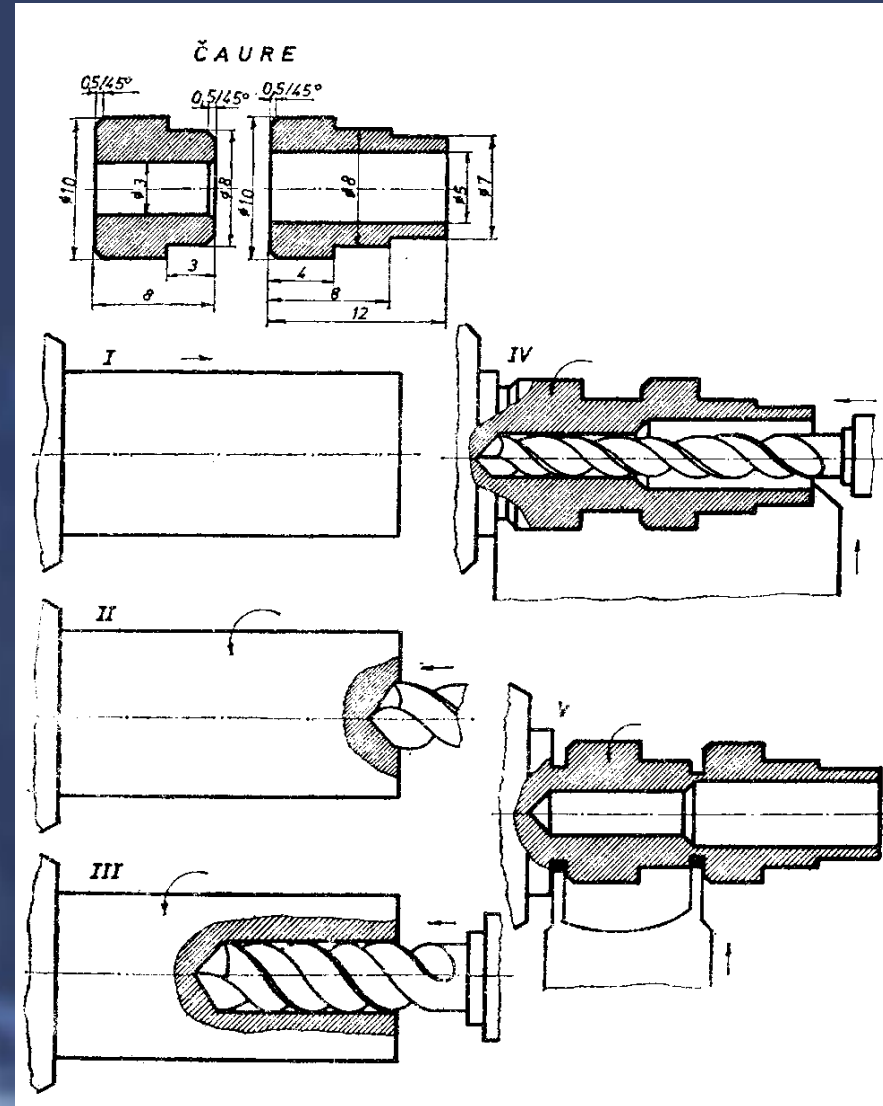
Operacija 40. Brušenje (Brusilica za okruglo brušenje)



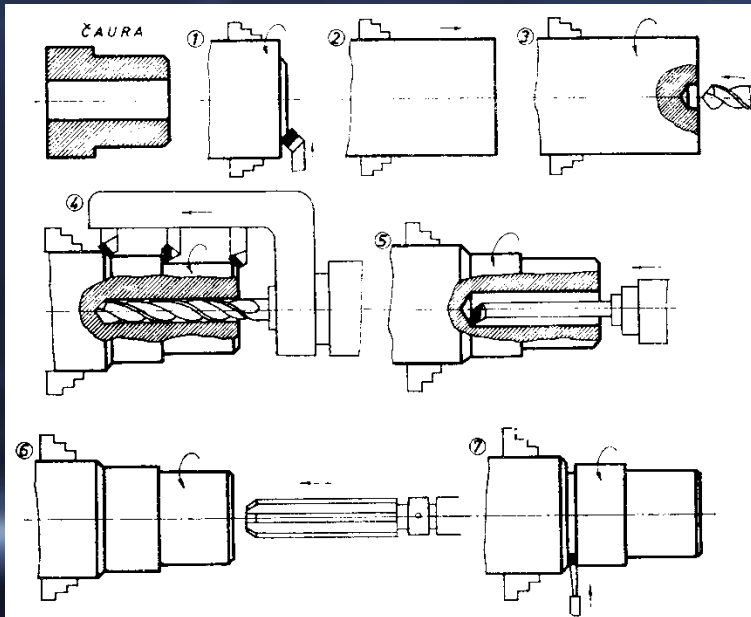
Primer tehnološkog procesa izrade čaure (var2)



Primer operacije obrade dve čaure (var4)



Primer operacije izrade čaure (var3)

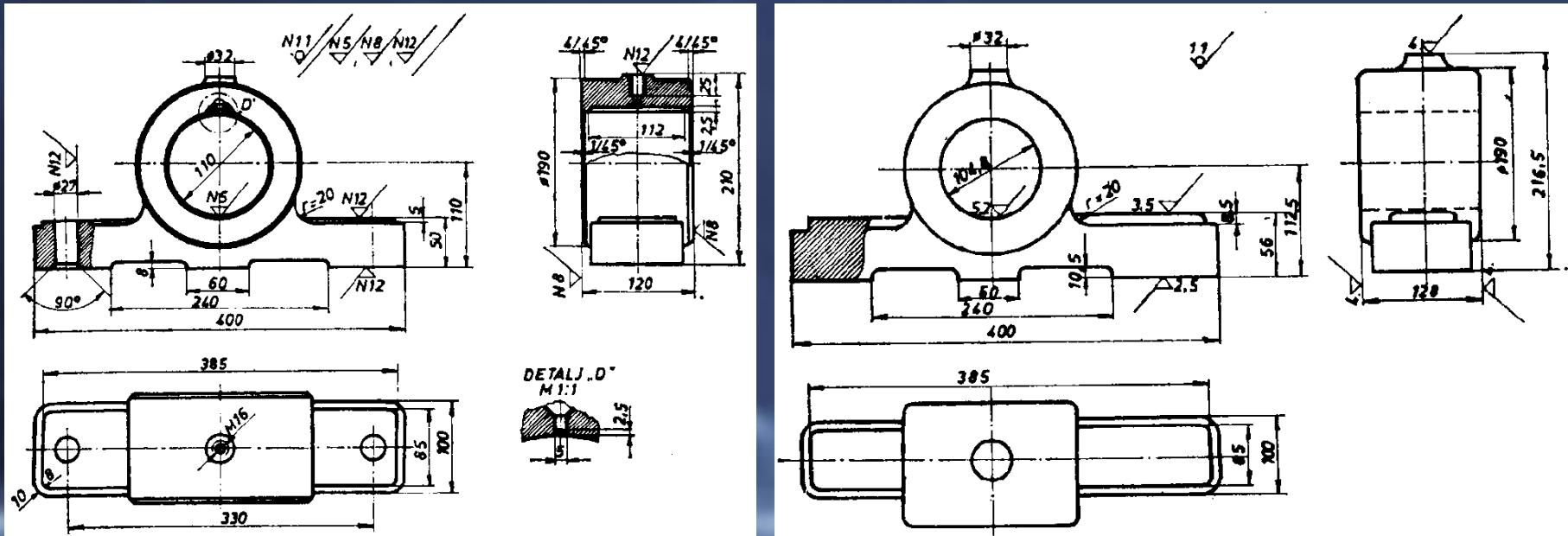


Kućišta

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

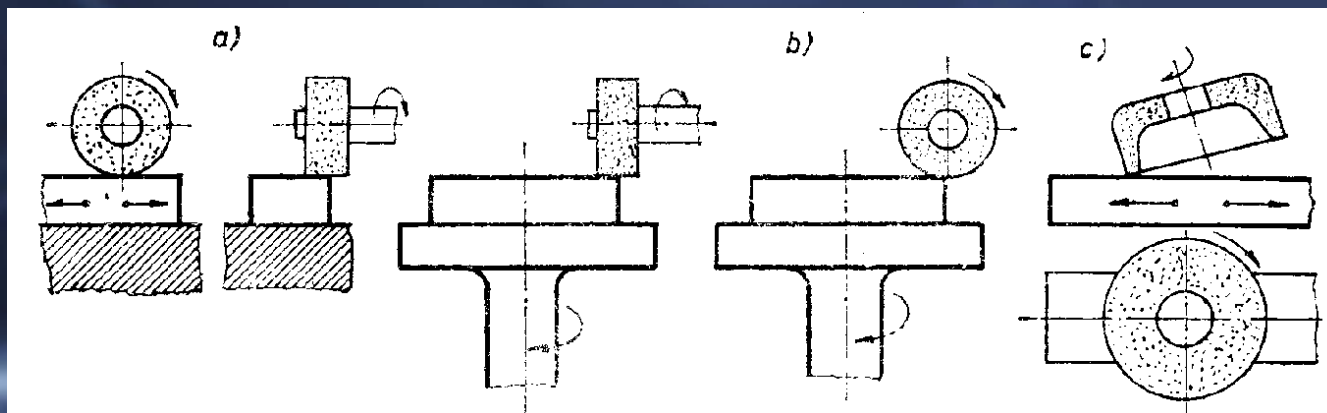
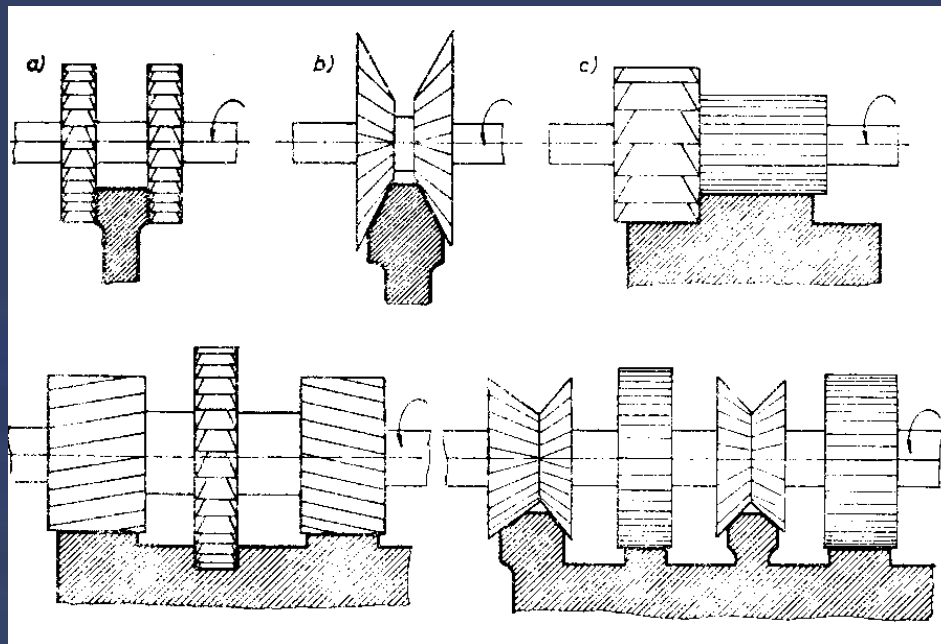
Realizacija ovih operacija najviše zavisi od obima proizvodnje i raspoložive opreme.



Primer jednog kućišta i odgovarajućeg priprema u vidu odlivka

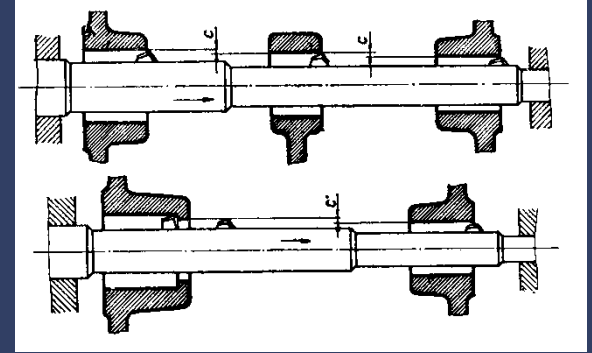
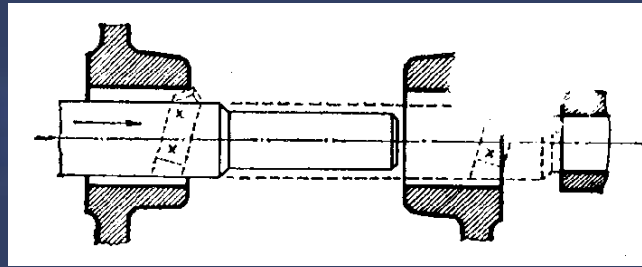
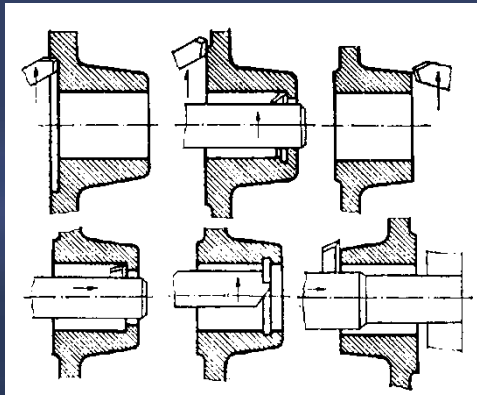
Obrada ravnih površina

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

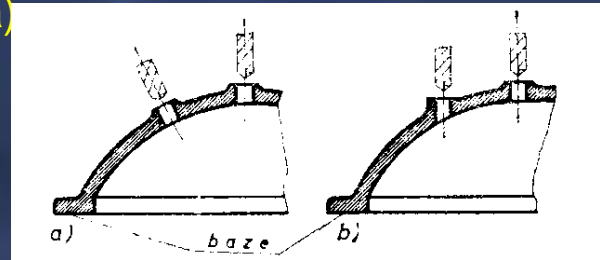
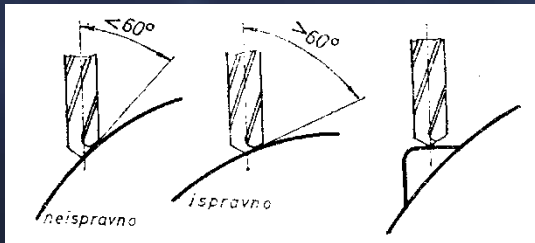


Obrada otvora i rupa

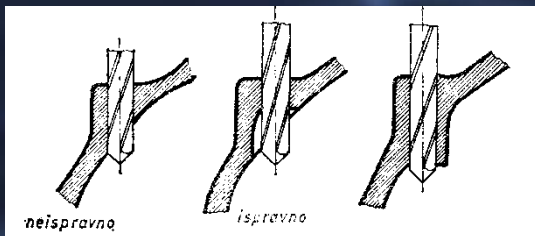
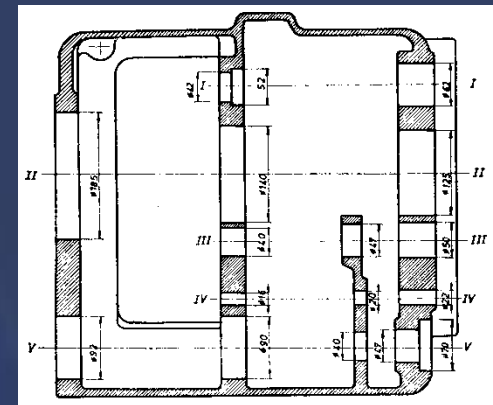
Otvori većih dimenzija se najčešće izrađuju na bušilicama (radijalnim, koordinatnim, borverk) ili pak na mašinama za glodanje (klasičnim, NC ili pak obradnim centrima).



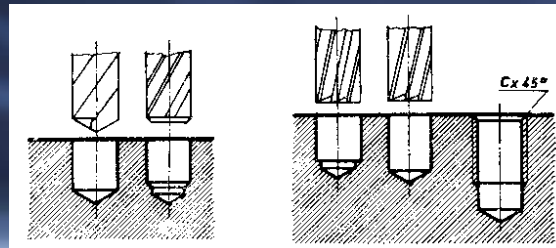
Otvori manjih dimenzija izrađuju se na bušilicama (radijalnim, stubnim, koordinatnim, NC) ili pak na mašinama za glodanje (klasičnim, NC ili obradnim centrima).



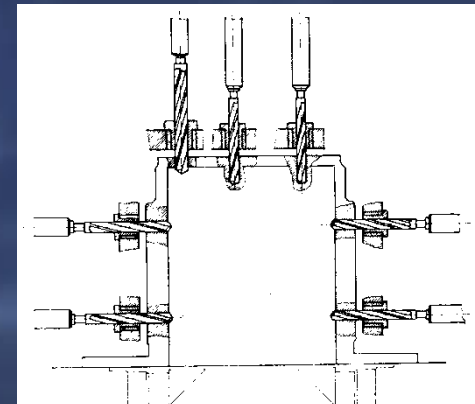
Položaj ose otvora u odnosu na bazu



Položaj površina na ulazu i izlazu pri bušenju burgijom



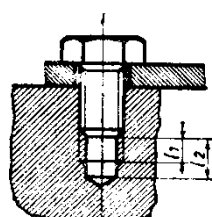
Bušenje, proširivanje rupe i urezivanje navoja



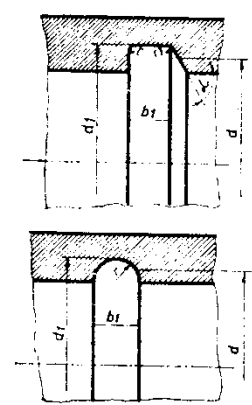
Izrada unutrašnjih navoja za vijke u otvorima i rupama:

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	$d + 1,5$	

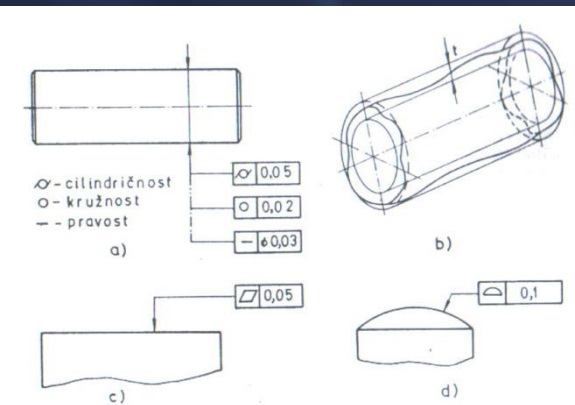
Oblici i dimenzije kanala za izlaz noža za rezanje navoja u rupi i otvoru

Metode za postizanje zahtevanog međusobnog odnosa površina i osa

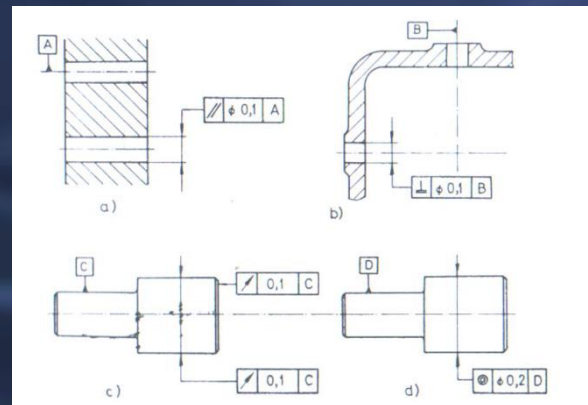
U cilju ispunjenja funkcije delova u proizvodu veoma često se na njima postavljaju zahtevi u pogledu tolerancija oblika i položaja. **Tolerancije oblika** ograničavaju odstupanje jednog elementa od njegovog idealnog oblika (pravost, kružnost, ravnost, cilindričnost, oblik linije i površine). **Tolerancije 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:

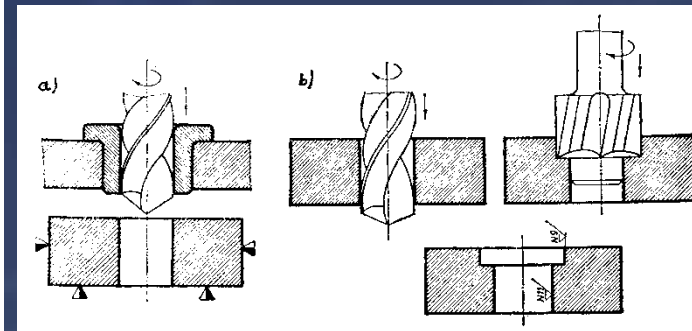
- Primena iste baze za obradu u istoj operaciji
- Primena iste baze za obradu u različitim operacijama
- Pozicioniranje i stezanje preko jedne za obrada druge površine
- Primenom dodatnih površina kao baza (dodatne baze) za obradu



Primeri tolerancija oblika površina

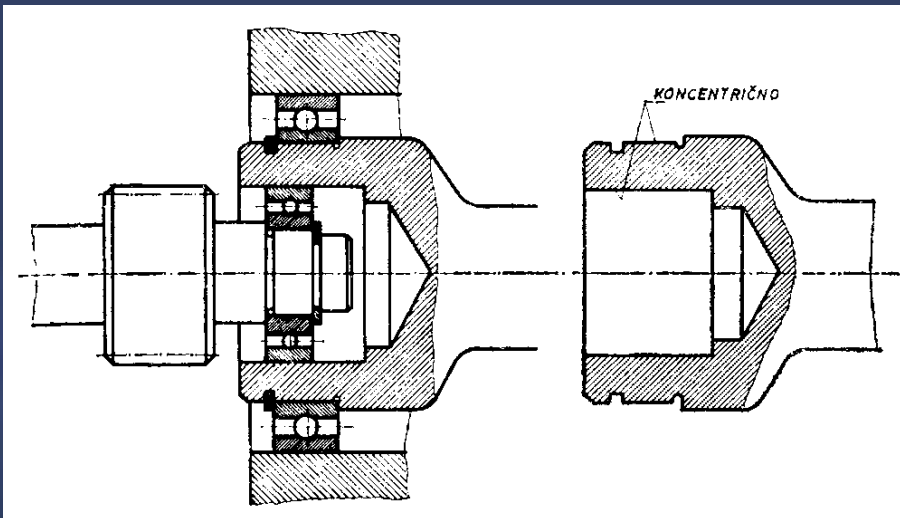


Primeri tolerancija položaja, (odnosa površina)



Primer ostvarenja koncentričnosti pri bušenju i proširivanju

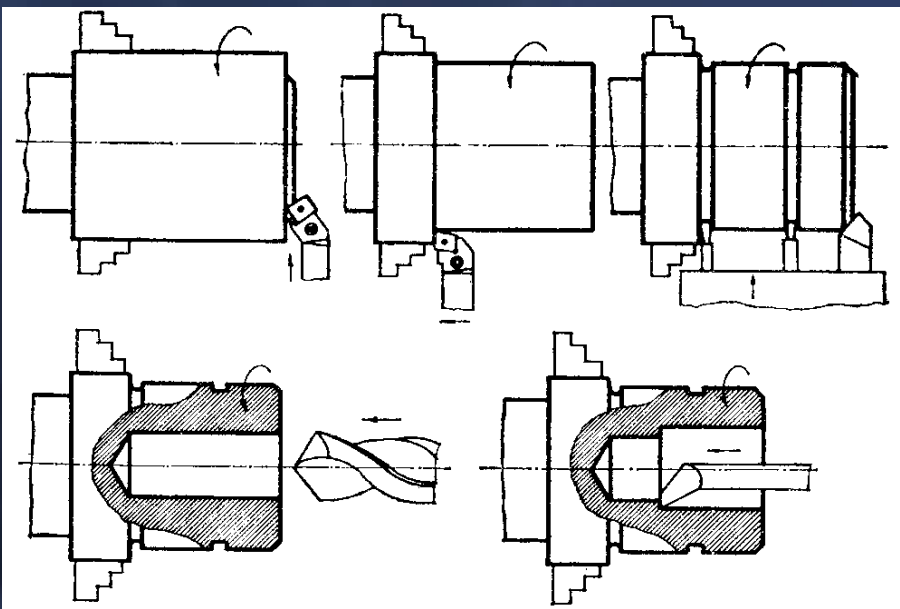
Primer postizanja uslova koncentričnosti dve površine osovine u sklopu dva ležišta



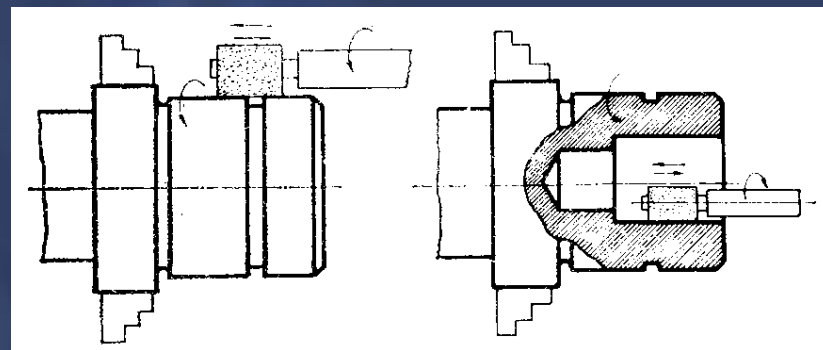
Na slici je prikazan sklop dva ležišta. Otvor na čelu vratila mora biti koncentričan sa spoljašnjom površinom, kako bi se mogla obavljati funkcija proizvoda.

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

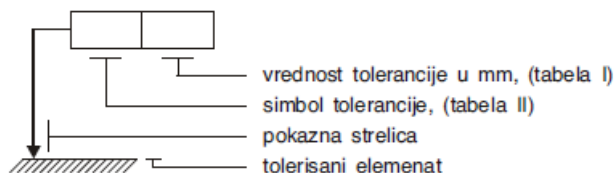


TABELA I

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

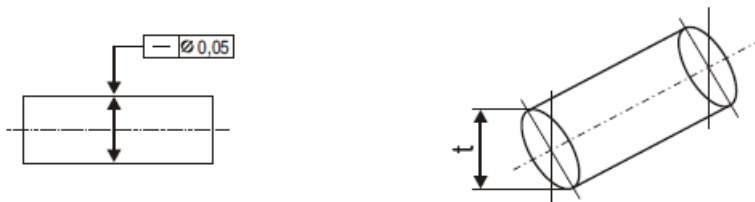
TABELA II

Standardne vrednosti tolerancija oblika i položaja u 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

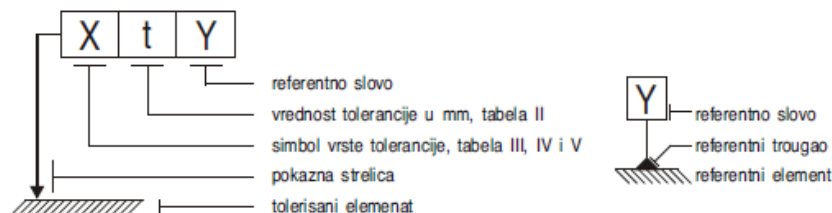


TABELA III

Tolerancije po pravcu

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

TABELA IV

Tolerancije po mestu

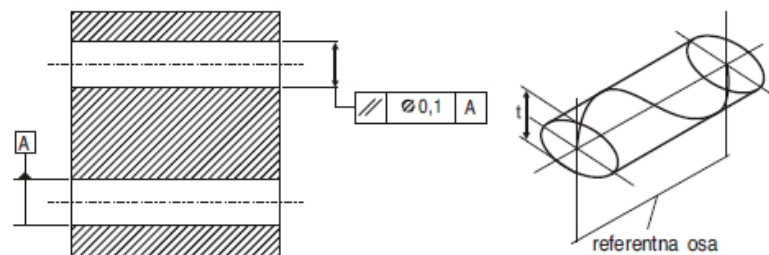
simbol	naziv
⊕	LOKACIJA
≡	SIMETRIČNOST
⊙	KOAKSIJALNOST

TABELA V

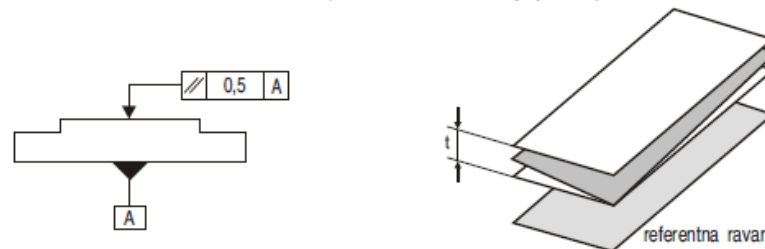
Tolerancije tačnosti obrtanja

simbol	naziv
↗	KRUŽNOST 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.



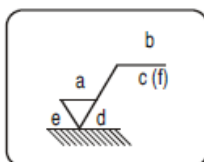
Tolerisana površina mora ležati između dve paralelne ravni razmaka $t = 0,5$ mm upravni na referentnu površinu.

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 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 HRPAVOSTI												
	N1	N	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
max. u μm	R_a	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.	R_z	0,10	0,20	0,40	0,80	1,60	3,20	6,30	12,50	25	50	100	200
		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	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, 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: $R_{max} = 0,4 \mu\text{m}$