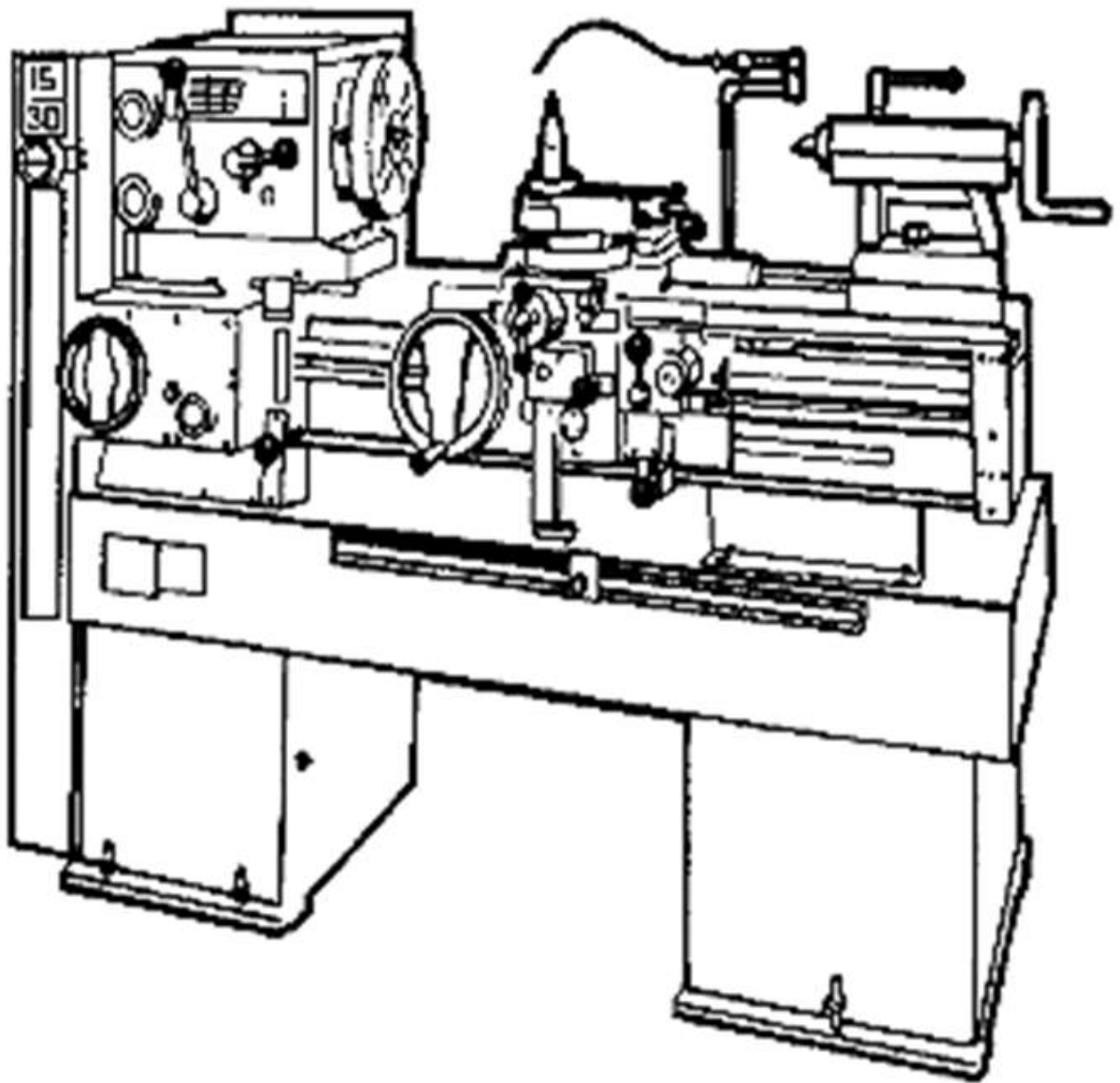


# OBRADA MATERIJALA II

2 . 4 . 18 .

zanimanje 010104 - strojarski tehničar



dipl. ing. strojarstva **Ivo Slade**

## Obrada materijala II

### 1.0 UVOD

Ova skripta je namjenjena učenicima I. tehničke škole TESLA u Zagrebu smjer strojarski tehničar, za lakše praćenje predmeta **Obrada materijala 2**. Rađena je u dva dijela, po jedan za svako polugodište.

Obrada materijala 2 se nastavlja na predmet „Obrad materijala 1“. Skripta obuhvaća strojnu obradu odvajanjem čestica, toplinsku obradu, zaštitu površine metala, održavanje strojeva te postizanje kvalitete.

Sadržaj skripte je u cijelosti prilagođen okvirnom nastavnom planu i programu predmeta **Obrada materijala** za 2. razred strojarskih tehničkih škola.

Kako su nastavni sadržaji dosta složeni, gradivo je podijeljeno u tematske cijeline koje su pak podijeljene u manje podcjeline. Na kraju svake cjeline nalaze se pitanja i zadaci za provjeru usvojenosti sadržaja.

Pri izradi ove skripte koristio sam se uglavnom mojim pripremanjima za predavanja i materijalima – pogotovo slikama, koje sam našao na internetu. Kako slika govori tisuću riječi tako sam nastojao skriptu što više „oslikati“ fotografijama i ilustracijama. Skripta nije komercijalnog karaktera, niti je zamjena za bilo koji udžbenik, već je pomoć mojim učenicima u savladavanju gradiva.

Zahvaljujem se svima koji su korisnim savjetima pomogli da se ova skripta izradi. Također ću biti zahvalan i na budućim dobronamjernim prijedlozima i savjetima kako poboljšati i osuvremeniti skriptu.

Slade Ivo

## Obrada materijala II

### SADRŽAJ

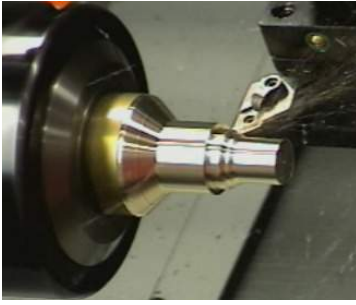
1. Uvod .....	2
2. Sadržaj .....	3
3. Strojne obrade odvajanjem materijala .....	5
3.1 Obrada odvajanjem čestica na alatnim strojevima s definiranom geometrijom alata	
3.1.1 Tokarenje .....	7
3.1.2 Površinska hrapavost .....	9
3.1.3 Tokarski nož .....	11
3.1.4 Parametri obrade tokarenjem .....	13
3.1.5 Strugotina .....	14
3.1.6 Tokarilice .....	15
3.1.7 Pitanja 1 .....	18
3.1.8 Glodanje .....	19
3.1.9 Glodalo .....	22
3.1.10 Kutovi alata .....	24
3.1.11 Sile pri glodanju .....	25
3.1.12 Režimi rada .....	26
3.1.13 Glodalice .....	27
3.1.14 Pitanja 2 .....	29
3.1.15 Bušenje .....	30
3.1.16 Zabušivanje .....	30
3.1.17 Proširivanje rupe .....	30
3.1.18 Upuštanje .....	31
3.1.19 Razvrtanje .....	32
3.1.20 Urezivanje navoja .....	33
3.1.21 Bušilice .....	35
3.1.22 Parametri bušenja .....	38
3.1.23 Pitanja 3 .....	39
3.1.24 Blanjanje .....	40
3.1.25 Noževi za blanjanje .....	40
3.1.26 Blanjallice .....	42
3.1.27 Dubilice .....	45
3.1.28 Provlačenje .....	45
3.1.29 Alati za provlačenje .....	45
3.1.30 Provlačilice .....	46
3.1.31 Pitanja 4 .....	47
3.2 Obrada odvajanjem čestica na alatnim strojevima bez definirane geometrije alata	
3.2.1 Strojno brušenje .....	49
3.2.2 Plošno brušenje .....	49
3.2.3 Kružno brušenje .....	50
3.2.4 Vanjsko brušenje .....	50
3.2.5 Unutarnje brušenje .....	50
3.2.6 Kružna brušenja ekscentričnih obradaka .....	51
3.2.7 Profilno brušenje .....	52
3.2.8 Izrada brusnih ploča .....	53

## Obrada materijala II

4. Ostali postupci
  - 4.1 Poliranje
  - 4.2 Lapanje
  - 4.3 Honanje
  
5. Nekonvencionalni postupci obrade
  - 5.1 Plazma
  - 5.2 Erozija
  - 5.3 Ultrazvuk
  
6. Obrada postizanjem strukture
  - 6.1 Osnove toplinske obrade metala
  - 6.2 Postupci toplinske obrade metala
    - 6.2.1 Kaljenje
    - 6.2.2 Žarenje
    - 6.2.3 Popuštanje
    - 6.2.4 Poboljšavanje
    - 6.2.5 Cementiranje
  - 6.3 Oprema za toplinsku obradu
    - 6.3.1 Peći
  
7. Zaštita površine
  - 7.1 Korozija
  - 7.2 Zaštitne prevlake
    - 7.2.1 Galvanizacija
    - 7.2.2 Metalizacije
  - 7.3 Bojanje
  
8. Kvaliteta
  
9. Održavanje strojeva i opreme
  - 9.1 Pregled organizacije
  - 9.2 Održavanje alata i strojeva

## Obrada materijala II

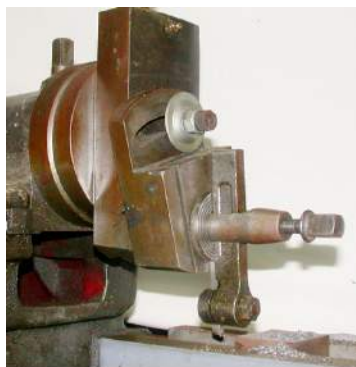
### 3. Strojne obrade odvajanjem materijala



Tokarenje



Glodanje



Blanjanje



Bušenje



Provlačenje

Ljudska potreba i izazov je da se napravi nešto novo, bolje, ljepše, čvršće, veće, brže, ekonomičnije, ... Pri tome stalno treba mijenjati postojeće ili stvarati nove proizvode. Razne inovacije stvaraju nove proizvode, poboljšavaju stare, ali bilo da se radi o potpuno novom proizvodu ili se izrađuje stari, dobro uhodani proizvod, materijali od kojih se oni sastoje stalno se moraju obrađivati.

Obrada materijala je promjena oblika, dimenzija ili svojstava materijala radi daljnje upotrebe. Može se podijeliti na:

- ručnu i
- strojnu obradu.

Strojna obrada se obavlja na alatnom stroju sa unaprijed određenim alatima, kako bi se u što kraćem vremenu dobio proizvod zadovoljavajuće kvalitete. Alatni strojevi su strojevi na kojima čovjek u proizvodnom procesu upravlja alatom. Osnovni zadatak alatnih strojeva je: zamjena ljudskog rada uz povećanje točnosti, produktivnosti, ekonomičnosti, ...

Postupci strojne obrade odvajanjem čestica mogu se podijeliti na nekoliko načina, a svaki od njih u nekoliko skupina.

Prikazana je podjela prema obliku oštrice noža:

#### 1 - Postupci obrade definiranom geometrijom alata

- Tokarenje
- Glodanje
- Blanjanje / dubljenje
- Bušenje
- Provlačenje
- Piljenje
- Ozublivanje

#### 2 - Obrada bez definirane oštrice alata

- Brušenje

#### 3 - Obrada slobodnom oštricom

- Poliranje
- Honanje
- Lapanje
- Superfinaš

#### 4 - Obrada bez oštrice

- Elektroerozija
- Ultrazvučna obrada
- Obrada plazmom
- Rezanje vodenim mlazom
- Obrada laserom

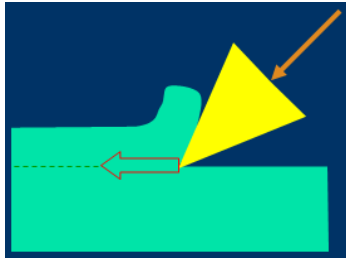


Honanje



Lapanje

## Obrada materijala II



Alat u obliku klina

### 3.1 Obrada odvajanjem čestica na alatnim strojevima s definiranom geometrijom alata

Obrada odvajanjem čestica je postupak promjene oblika sirovca, gdje dolazi do smanjenja volumena obratka zbog djelovanja reznog sredstva – alata.

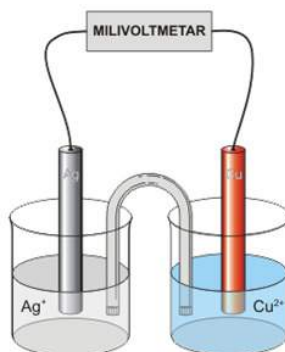
Osnovni oblik reznog alata je klin. Njegova zadaća je razdvajanje materijala i odvajanje čestica materijala.



Obrada elektroerozijom

Prednosti obrade odvajanjem čestica su:

- omogućuje postizavanje točnosti i preciznosti (uske tolerancije) te dobre kvalitete obrađene površine, često bez potrebe za naknadnim završnim obradama,
- najbolji, pa i često jedini način da se oblikuju oštri rubovi, ravne površine, te unutarnji i vanjski profili,
- može se primjeniti pri obradi gotovo svih materijala,
- jedini način preoblikovanja toplinski obrađenih i krtih materijala,
- moguće je obrađivati i kompliciranu geometriju,
- moguće su obrade u širokom rasponu dimenzija (od makroprodukcija poput turbina i zrakoplova do mikroprodukcija),
- pri odvajanju malo se mijenja struktura materijala obratka (samo tanki sloj),
- pogodna je za automatizaciju,
- ekonomičnost i produktivnost (jeftinija i brža) kod maloserijske i pojedinačne proizvodnje.



Elektrokemijska obrada

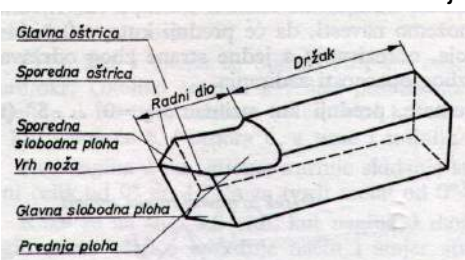
Nedostaci obrade odvajanjem čestica su:

- stvara odvojene čestice,
- za izradu jednog elementa obratka (tolerirani provrti, utori,..) potrebno je više obadnih postupaka i više raznovrsnih alatnih strojeva,
- neki dijelovi zahtijevaju primjenu CNC strojeva i komplicirano programiranje,
- alatni strojevi i potreba za rukovanjem alatima i obradcima zahtijevaju velik prostor,
- na mikroklimu jako utječu obradni procesi (toplina, buka, rashladne tekućine, ulja, ...),
- visoki udio pomoćnih i pripremno-završnih vremena (vrijeme zahvata alata i obratka je često manje od 2 % ukupnog vremena protoka pozicije).



Ultrazvučna obrada

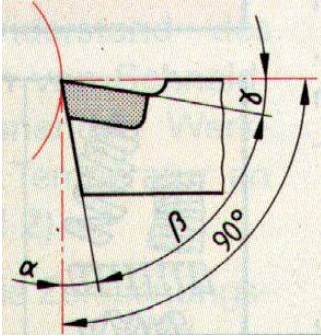
Definirana geometrija alata je obrada noževima kod kojih se kutevo obrade i namještanja alata mogu mjeriti i mijenjati. To su obrade: tokarskim noževima, noževe za blanjanje ili dubljenje, glodlima, svrdlima, razvrtalima, upuštalima, iglama ili motkama za provlačenje, pilama,...



Definirane površine tokarskog noža



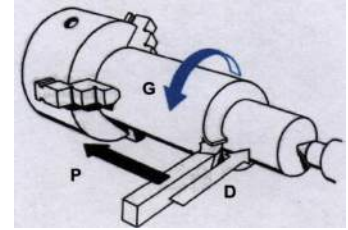
## Obrada materijala II



Definirana geometrija tokarskog noža

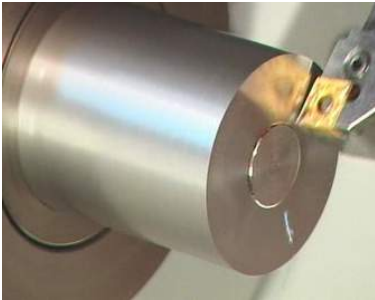
### 3.1.1 Tokarenje

Tokarenje je postupak obrade skidanjem čestice kojim se proizvode obratci rotacijskih površina (valjkasti proizvodi). Izvodi se na alatnim strojevima, tokarilicama. Obradak obavlja glavno gibanje, dok alat obavlja posmično, pripremno i dostavna gibanja.

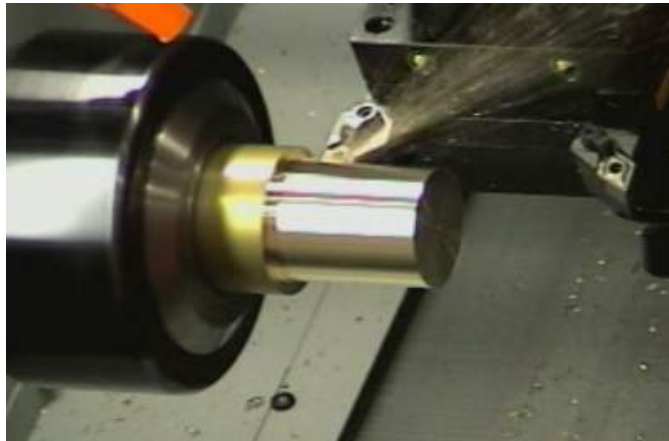


Tokarenje se može podijeliti na više načina:

#### 1. Prema obliku tokarene površine:



Poprečno (plansko ili čeono) tokarenje



- okruglo (uzdužno, aksilalno) - posmično gibanje je u smjeru osi rotacije
- plansko ili poprečno - posmično gibanje je okomito na smjer osi rotacije



Poprečno tokarenje – izrada utora ili odrezivanje



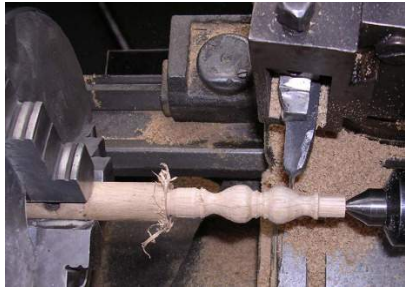
- konusno - posmično gibanje je pod nekim kutom u odnosu na os rotacije
- prilno – koriste se profilni noževi i pposmično gibanje je pod nekim kutom na os rotacije.



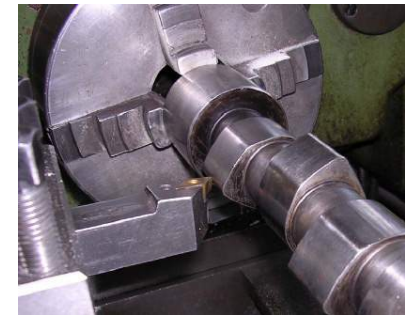
Profilno tokarenje

Kod profilnog tokarenja pravac ulaza nože može varirati od paralelnog sa osi rotacije do okomitog na os rotacije ali se tijekom obrade ne mijenja

## Obrada materijala II



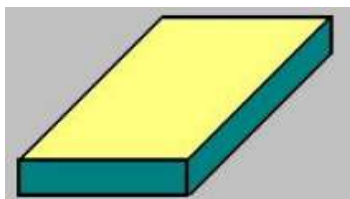
Kopirno tokarenje



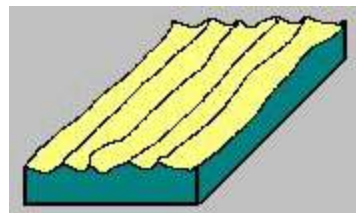
Neokruglo tokarenje



Istovremeno vanjsko i unutarnje tokarenje



Idealno ravna površina



Realno stanje površine

- kopirno - posmično gibanje je u obliku krivulje u odnosu na os rotacije. Nož putuje po krivulji koju definira ticalo kopirnog uređaja putujući po šabloni (modelu)



- tokarenje navoja - posmično gibanje je u smjeru osi rotacije i definirano je korakom navoja
- neokruglo - posmično i dostavno gibanje su u međusobnoj ovisnosti o glavnom gibanju

### 2. Prema položaju tokarene površine:

- vanjsko tokarenje
- unutarnje tokarenje

### 3. Prema kinematici gibanja noža:

- uzdužna tokarenja (aksijalna)
- poprečna tokarenja (radijalna)
- istovremeno uzdužna i poprečna tokarenja (konusi, krivulje)

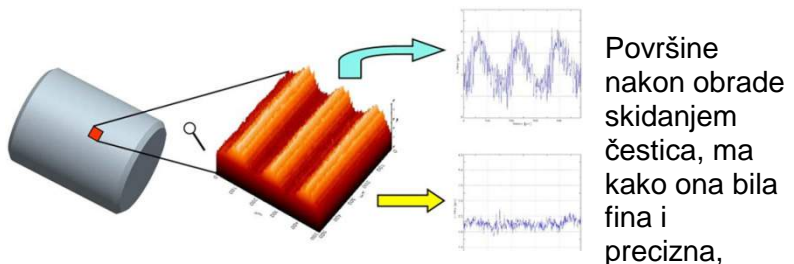
### 3. Prema kvaliteti obrađene površine:

- grubo tokarenje
- polugrubo tokarenje (završno, čisto)
- fino tokarenje

Tokarenjem se postižu obrade u kvaliteti N4 do N12.

Stupanj površinske hrapavosti	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Najveća vrijednost $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

N1 do N12 su razredi hrapavosti.



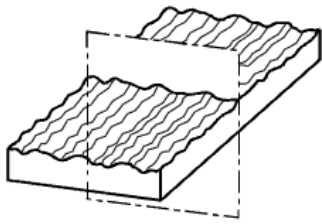
Površine nakon obrade skidanjem čestica, ma kako ona bila fina i precizna,

nisu idealno glatke. Mikroskopski gledano one su hrapave i pune neravnina raznih oblika, veličina i smjerova.



# Obrada materijala II

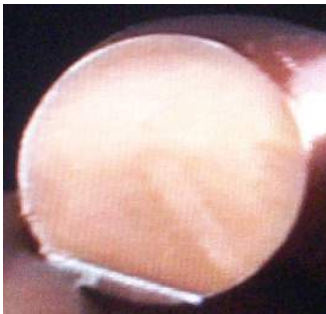
## 3.1.2 Površinska hrapavost



Presjek površine na kojoj se mjeri hrapavost

POSTUPAK OBRADBE	Referentna dužina [mm]			
Blatjanje		2,5	8	25
Glodanje , bušenje	0,8	2,5	8	
Tokarenje , raz vrta nje	0,8	2,5		
Brušenje	0,25	0,8	2,5	
Honanje , lepanje	0,25	0,8		

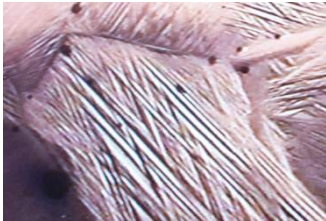
Referentne duljine mjerenja



Površina bakrene šipke 10x uvećana



Stanje površine kod povećanja 52x



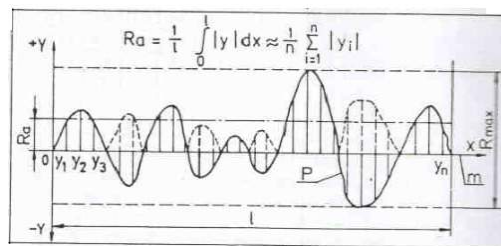
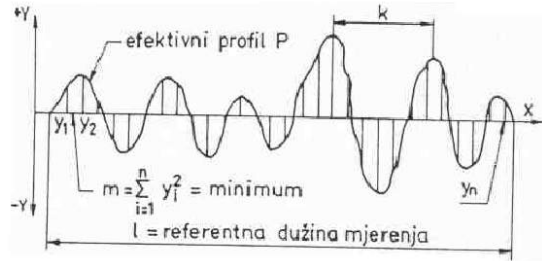
Vidljiva hrapavost površine kod povećanja 150x



Hrapavost kod 560x povećanja

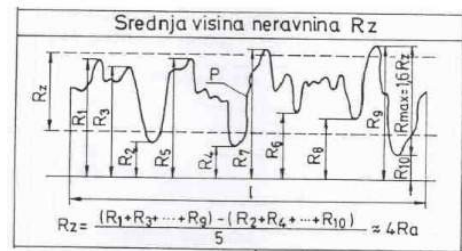
Površinska hrapavost su mikogeometrijske nepravilnosti na površini nekog obratka. One su standardizirane. Oblik neravnina se mjeri na nekom presjeku obratka. Promatra se samo određeni dio koji je definiran referentnom dužinom mjerenja  $l$ .

Linija  $m$  predstavlja srednju crtu profila tako da zbroj kvadrata udaljenosti svih točaka od srednje crte  $m$  bude minimalan.



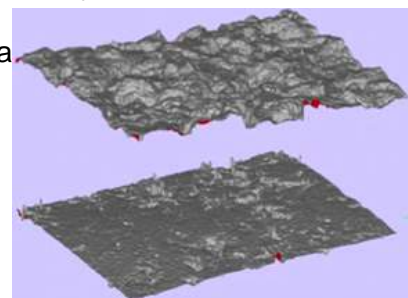
Prosječno odstupanje profila  $R_a$  je aritmetička udaljenost profila od srednje linije  $m$ .

Prosječna visina neravnina  $R_z$  je prosjek od pet uzastopnih mjerenja između maksimalne i minimalne vrijednosti neravnina na referentnoj dužini.



Najveća visina neravnina  $R_{max}$  je udaljenost između najviše i najniže točke profila na referentnoj dužini

Stanje površine prije brušenja i nakon brušenja



Mjerenje neravnina obavlja se mjeračima koji mogu biti ručni ili stacionarni.





## Obrada materijala II



Set tokarskih noževa

### 3.1.3 Tokarski nož

Prema postupcima tokarenja potrebno je koristiti adekvatne tokarske noževe. Tokarski nož se razvijao tijekom dugog razdoblja i stano se usavršava. Danas se za izradu tokarskog nože koriste brzorezni čelik, tvrdi metal, cermet, keramika, CBN, dijamant

Tokarske noževe je moguće podijeliti na nekoliko načina:

#### 1. Noževi prema vrsti obrade

- Noževi za grubu obradu
- Noževi za polugrubu (čistu) obradu
- Noževi za finu obradu



Grubi vanjski desni tokarski nož

#### 2. Noževi prema položaju tokarenja

- Noževi za vanjsko tokarenje
- Noževi za unutarnje tokarenje



Fini vanjski desni tokarski nož



Grubu unutarnji desni tokarski nož



Fini unutarnji desni tokarski nož

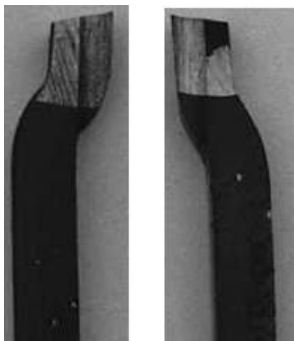
#### 3. Noževi prema orijentaciji vrha alata

- Lijevi tokarski nož
- Neutralni tokarski nož
- Desni tokarski nož



Fini vanjski neutralni tokarski nož

Na gornju površinu noža se položi dlan ruke. Kad se pravac vrha nože i palca ruke poklope određen je smjer – orijentacija noža.



Lijevi i desni tokarski nož za vanjsko tokarenje izrađeni od vrlo tvrdog čelika



Fini vanjski desni tokarski nož



Fini vanjski lijevi tokarski nož



## Obrada materijala II

### 4. Noževi za utore i odrezivanje

- Noževi za odrezivanje
- Noževi za vanjsko dubljenje
- Noževi za unutarnje dubljenje
- Nož za čeono dubljenje
- Noževi za unutarnje i vanjsko podrezivanje
- Noževi za unutarnje i vanjsko profiliranje,.....



Tokarski nož za odrezivanje



Tokarski nož za čeono dubljenje



Tokarski nož za vanjsko dubljenje



Tokarski nož za unutarnje dubljenje



Tokarski nož za narezivanje navoja

### 5. Noževi za navoje

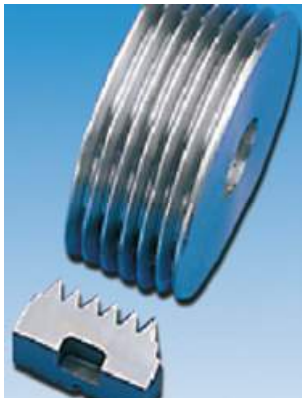
- Noževi za vanjske navoje
- Noževi za unutarnje navoje



Tokarski nož za urezivanje navoja

### 6. Profilni noževi

Profilni noževi kod tokarenja imaju samo jedno gibanje radijalno ili aksijalno do određene dubine te povratno. Mogu biti ravni ili okrugli profilni noževi.



Ravni profilni tokarski nož

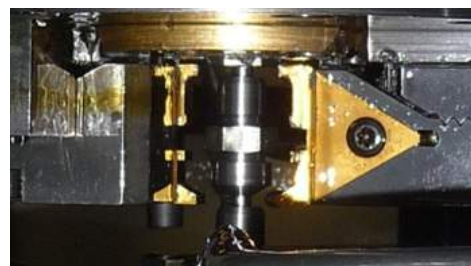


Ravni profilni noževi

Okrugli profilni tokarski nož

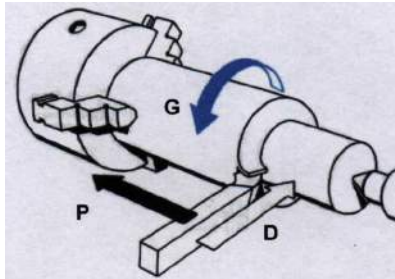


Tokarenje profilnim nožem



## Obrada materijala II

### 3.1.4 Parametri obrade tokarenjem



G – glavna brzina rezanja  
P – posmak  
D – dostavno gibanje

Kod tokarenja potrebno je definirati :

- vrstu obrade
- dubinu rezanja
- glavnu brzinu tokarenja (broj okretaja)
- posmak

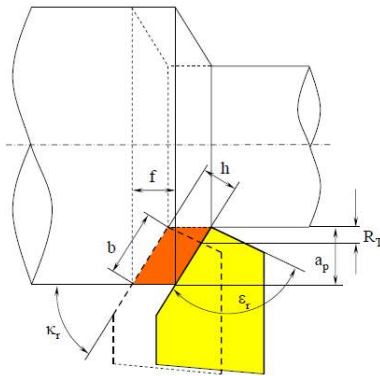
Brzina rezanja  $v_c$  je brzina kojom se alat giba kroz neki materijal. Ona je specifična za određeni materijal i za određeni nož – ovisi o materijalu alata, dubini rezanja  $a_p$ , snazi alatnog stroja, stanju obrađene površine – hrapavosti,

...

Kod tokarenja glavnu brzinu rezanja ima obradak.

Mjeri se u mm/min, odnosno kod tokarenja se preračunava u  $n$  broj okretaja u minuti

$$n = \frac{v_c * 1000}{D * \pi}$$



f - posmak (mm/o)  
b – širina obrađene čestice – strugotine (mm)  
h – debljina obrađene čestice – strugotine (mm)  
 $a_p$  – dubina rezanja - obrade (mm)

Posmak  $f$  je relativno gibanje alata prema obratku. Okomit je na glavnu brzinu rezanja  $v_c$ . Ovisi o vrsti materijala obratka, dubini rezanja, stanju površine – hrapavosti, suhom ili hladenom tokarenju, alatu,...

Kod tokarenja posmak obavlja alat. Mjeri se u mm/o (milimetrima po okretaju glavnog radnog vretena – odnosno obratka).

Dostavno gibanje je gibanje alata u materijal i ono daje dubinu rezanja  $a_p$ . Ovisi o vrsti obrade, alatu, hlađenju, snazi stroja,...

Kod tokarenja dostavno gibanje obavlja alat. Definira se dubinom reza  $a_p$  (mm), a brzina odgovara brzini posmaka.



Oblici strugotine ovisе o parametrima obrade

Prazni hod, povratno gibanje, mrtvi hod to su nazivi gibanja pri povratku noža u ponovno pozicioniranje za novi rez.

Vrsta obrade se definira prema hrapavosti površine i kod tokarenje se najčešće koriste termini grubo tokarenje, čisto ili polugrubo tokarenje i fino tokarenje.

	Stupanj hrapavosti	Srednje odstupanje profila $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	Srednja visina neravnina $R_z$ ( $\mu\text{m}$ )	Najveća visina neravnina $R_{\text{max}}$ ( $\mu\text{m}$ )	Referentna dužina $l$ (mm)
Grubo tokarenje	N4	0,2	0,8	1,25	2,5
	N5	0,4	1,6	2,5	
	N6	0,8	3,2	5	
Čisto tokarenje	N7	1,6	6,3	10	8
	N8	3,2	12,5	20	
	N9	6,3	25	40	
Fino tokarenje	N10	12,5	50	80	25
	N11	25	100	160	
	N12	50	200	320	

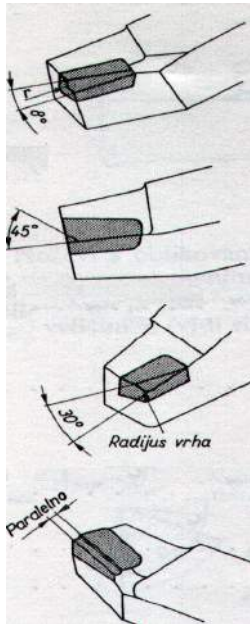


## Obrada materijala II

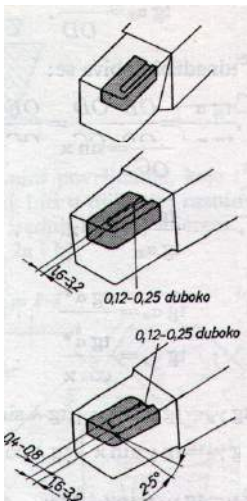
### 3.1.5 Strugotina

Strugotina je odsječeni dio materijala koji može prema strukturi imati tri oblika:

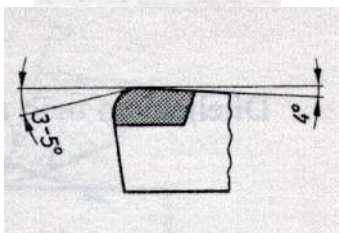
- lomljena (mrvičasta) strugotina
- nasječena (rezana) strugotina
- tekuća (trakasta) strugotina



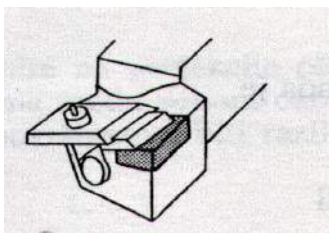
Izvedba sa ubrušenom stepenicom



Izvedba sa ubrušenim žlijebom



Izvedba s negativnim bočnim kutom



Mehaničko lomilo strugotine

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
duga - glatka	zgužvana	zavojna	zavojno cilindrična	cilindrična	kratkot cilindrična	spiralno cilindrična	spiralna	krupno drobljena	sitno drobljena
nepovoljna					zadovoljava				
					dobra				

Neki oblici strugotine su povoljni u proizvodnji dok drugi otežavaju rad te ih je dobro tijekom obrade usitnjavati - lomiti

Dodavanje lomila strugotine na nož je još jedan način produljenja trajanja noža (osim optimalnih kutova noževa, kutova postavljanja noževa, zaobljenja vrha noža i ubrušivanja faze noža).

Četiri osnovna oblika lomila strugotine:

1 - Izvedba sa ubrušenom stepenicom

Najčešće upotrebljavani oblik lomila strugotine (Slika Ovaj oblik prisiljava strugotinu da se savija na stranu i time ostavlja slobodnu oštricu noža. Ovisno o kutu, radijusu, dubini i širini stepenice određuju se parametri tokerenja

2 - Izvedba sa ubrušenim žlijebom

Plitki žlijeb ( dubina 0,12 – 0,25 mm, širina 1,6 – 3,2 mm ) se ubrusi paralelno sa oštricom noža i završava ispred vrha noža

3 - Izvedba sa negativnim bočnim kutom

Negativnom bočnim kutom od 3° do 5° moguće je dobro kontrolirati odvođenje strugotine

4 - Mehaničko lomilo strugotine

Koristi se kod velikih alata

## Obrada materijala II

### 3.1.6 Tokarilice

Alatni strojevi za obradu odvajanjem čestice pomoću kojih se rezanjem obrađuju i izrađuju dijelovi rotacionog oblika.

Tokarilice se dijela:

#### - Jednostavne tokarilice

Suport služi samo kao držač alata i nije predviđen posmak (samo ručni). Broj okretanja glavnog vretena određuje se remenskim prijenosom - prebacivanjem remena.



#### - Univerzalne tokarilice

Imaju elaktromotorni pogon (trofazni asinkroni kavezni elektromotor). Glavni prigon je spojen na glavno radno vreteno na kojem se nalazi centrirajuća stezna glava (amerikaner). Iz dva posmična prigona izlaze navojno vreteno za tokarenje navoja i posmično (glatko) vreteno. Oba prolaze kroz suport. Navojno vreteno se spaja preko dvodjelne (rasklopne) matice i osigurava posmak suporta koji odgovara koraku tokarenog navoje. Posmično vreteno se u suportu spaja preko padnog puža – mehanizma koji omogućava uzdužni i/ili poprečni posmak kod tokarenja. Na suportu se nalazi držač noža u koji se upinju tokarski noževi. Suport klizi po vodilicama koje se nalaze na krevetu tokarilice. Na vodilice se može montirati i lineta kojom se centriraju duža i tanja vratila kao bi se izbjegao mogući progib i velike vibracije tijekom tokarenja. Konjić na kraju tokarilice služi za centriranje duljih predmeta zbog što točnije obrade

Na njima se osim operacija tokarenja (unutarnjeg i vanjskog obodnog tokarenja, konusnog tokarenja, planskog tokarenja, urezivanja i odrezivanja, profilnog i krivoljnog tokarenja) mogu se izvoditi operacije bušenja, upuštanja, razvrtnja, rezanja unutrašnjih i vanjskih navoja, ljuštenja, vrtloženja, iztokarivanja,.....



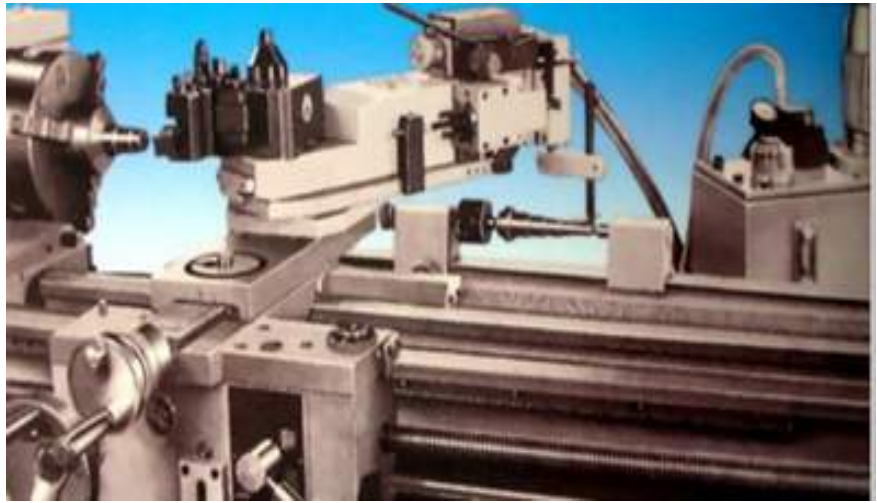
## Obrada materijala II

### - Kopirne tokarilice

Kopirne tokarilice obrađuju samo pomoću kopirnog uređaja. Na tokarilici se nalazi model – šablona po kojoj klizi ticalo. Ticalo je povezano s alatom koji kopira položaj ticala. Alat je jednostavni tokarski nož masivnih dimenzija. Nalazi se u držaču alata koji je na suportu. Suport je smješten pod kutom u odnosu na os rotacije, kako bi se mogli kopirati i stepenasti oblici.

Sistemi za kopiranje su:

- mehanički
- električni
- hidraulički
- kombinirani (npr elektrohidraulički)



### - Planska tokarilica

Planska tokarilica služi za izradu obradaka velikih dimenzija. Izradak se upinje u plansku ploču. Može se poduprijeti konjićem. Planske tokarilice imaju dimenzije planske ploče od 1000 - 4000 mm



### - Karusel tokarilica



Karusel tokarilica ima horizontalno položenu steznu ploču za prihvat izratka. Postoje karusel tokarilice sa jednim ili dva vertikalna stupa za okomito pomicanje grede. Po horizontalnoj gredi se kreću jedan (kod jednostupne) ili dva suporta (kod dvostupne).

Promjeri tokarenja kod jednostupnih su od 630 do 1500 mm, dok su kod dvostupnih od 1500 do 25 000 mm



## Obrada materijala II

### - Revolverska tokarilica

Revolverske tokarilice služe u serijskoj proizvodnji za kompletnu obradu izratka u jednom zahvatu. Naziv su dobile po karakterističnom nosaču alata - revolverskoj glavi. Revolverska glava može prihvatiti veći broj alata, koji u jednom zahvatu izvrše sve potrebne operacije obrade. Pri tome se pojedini rezni alati ili slogovi alata uključuju jedan za drugim u obradu.

Danas se sve više zamjenjuju CNC tokarilicama



### - CNC tokarilice

CNC (Computer Numerical Control) – brojčano upravljani alatni strojevi danas su sve više u upotrebi. Strojevi imaju jednu ili dvije stezne glave (amerikanera), jedan ili dva suporta sa revolverskom glavom. Alati mogu biti bez ili s pogonom te se tokarilice pretvaraju u obradne centre. Jednostavnim programiranjem moguće je proizvoditi komplicirane predmete. Također je moguće CAD-CAM tehnologijom programskie naredbe iz 3D crteža.



## Obrada materijala II

### Pitanja 1

1. Što je obrada materijala i kao se dijeli ?
2. Što su alatni strojevi ?
3. Kako se dijele postupci strojne obrade ?
4. Što znači definirana geometrija alata ?
5. Što su alati sa slobodnom oštricom ?
6. Koji je osnovni oblik reznog alata ?
7. Koje su prednosti obrade odvajanjem čestice ?
8. Koji su nedostaci obrade odvajanjem čestice ?
9. Što je tokarenje ?
10. Koja se osnovna gibanja alata i obratka pojavljuju kod tokarenja ?
11. Kako se može tokarenje podijeliti (sistematizirati) ?
12. Što je kvaliteta obrade ?
13. Što je površinska hrapavost ?
14. Što je  $I$  kod mjerenja hrapavosti ?
15. Što je  $m$  kod mjerenja hrapavosti ?
16. Što je  $R_a$  kod mjerenja hrapavosti ?
17. Što je  $R_z$  kod mjerenja hrapavosti ?
18. Što je  $R_{max}$  kod mjerenja hrapavosti ?
19. Čemu služi tokarski nož ?
20. Kako se dijele tokarski noževi ?
21. Što su parametri obrade kod tokarenja ?
22. O čemu ovise parametri obrade
23. Što je glavna brzina rezanja ?
24. Što je posmak ?
25. Što je dostavno gibanje ?
26. Što je strugotina ?
27. Kakvi su oblici strugotine ?
28. O čemu ovise oblici strugotine ?
29. Što je lomilo strugotine i kako se dijele ?
30. Što su tokarilice ?
31. Kakvih tokarilica ima ?
32. Što se sve može obrađivati na univerzalnoj tokarilici ?
33. Kako radi kopirna tokarilica ?
34. Po čemu se karusel tokarilica razlikuje od ostalih tokarilica ?
35. Što je CNC tokarilica ?



## Obrada materijala II



Glodanje

### 3.1.8 Glodanje

Glodanje je nakon tokarenja najvažniji postupak obrade materijala skidanjem čestice. Tim postupkom možemo obraditi ravne plohe, prizmatične žljebove i utore, zupčanike, navoje te uzdužno i prostorno profilirane površine.

Glodanje je postupak obrade skidanjem čestice kod kojeg alat obavlja glavno gibanje. Posmično gibanje je uvijek pod nekim kutom u odnosu na os rotacije alata i obavlja ga ili obradak ili alat.

Obavlja se alatima sa više jednakih oštrica ili sa sastavljenim alatima. Sve oštrice toga alata nisu istodobno u zahvatu. Zato je glodanje složenija operacija od tokarenja ili bušenja – zbog većeg broja oštrica alata i zbog promjenjivog presjeka strugotine koju skida pojedini zub za vrijeme obrade. Zubi glodala dolaze jedan za drugim u zahvat sa materijalom i za vrijeme zahvata jako se mijenja opterećenje zuba.

Prema kombinaciji glavnog i posmičnog gibanja **glodanje se dijeli** na:

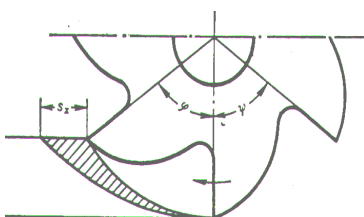
a) **OBODNO GLODANJE** koje može biti:

#### 1. plošno (pravocrtno)

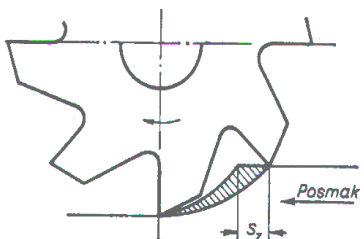
Kod obodnog plošnog glodanja skidanje čestica obavlja se obodom glodala koje izvodi glavno gibanje, dok je posmak pravocrtan. Plošno glodanje se dijeli na:



Obodno glodanje – protusmjerno i istosmjerno



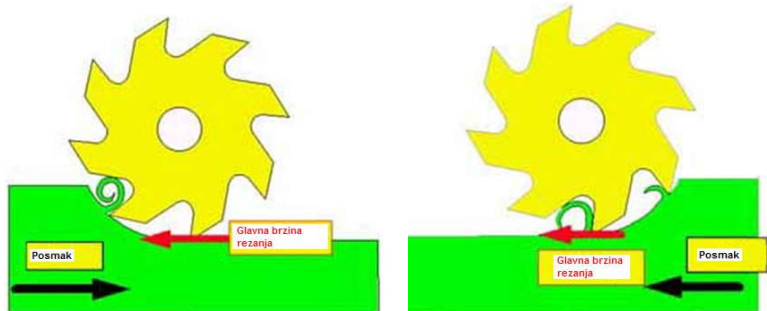
Izgled strugotine kod protusmjernog glodanja



Izgled strugotine kod istosmjernog glodanja

protusmjerno

istosmjerno



**Protusmjerno glodanje** (konvencionalno glodanje)

Rotacija alata (glavno gibanje) je u obrnutom smjeru od smjera posmaka. Strugotina se stvara od malog prema većem presjeku. Sile koje nastaju prilikom glodanja su prema gore i žele izbiti obradak iz škripca.

**Istosmjerno glodanje**

Rotacija alata (glavno gibanje) je u istom smjeru kao smjer posmaka. Strugotina se stvara od većeg prema najmanjem presjeku. Sile koje nastaju prilikom glodanja su prema dole i žele zabiti obradak u škripac.

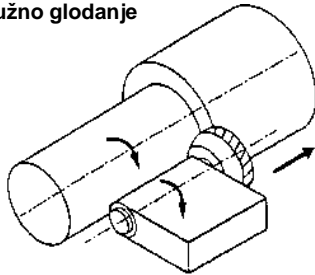
## Obrada materijala II

### 2. Kružno

Kod obodnog kružnog glodanja skidanje čestica obavlja se obodom glodala koje izvodi glavno gibanje, dok je posmak kružni. Ovisno o izgledu alata i smještaju obratka kružno glodanje može biti vanjsko, unutarne ili obilazno.

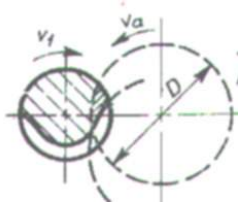


Kružno glodanje



Vanjsko kružno glodanje

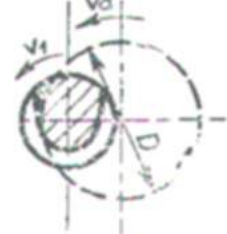
vanjsko,



unutarne,



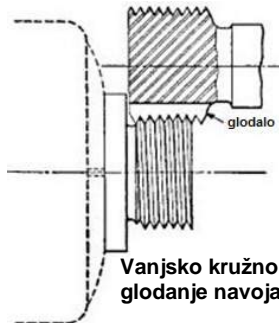
obilazno



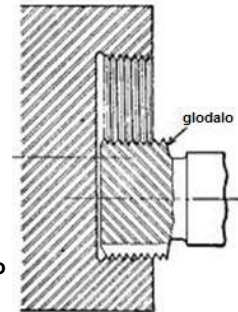
Među kružna glodanja spadaju odvalna glodanja navoja,



Vanjsko planetarno glodanje navoja



Vanjsko kružno glodanje navoja

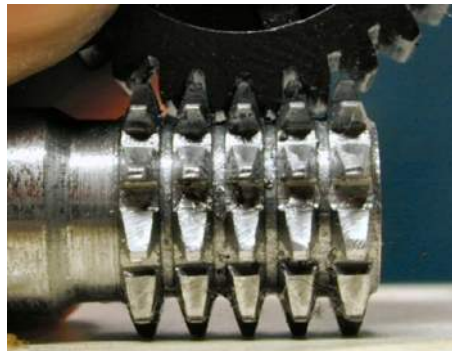


Unutarne kružno glodanje navoja

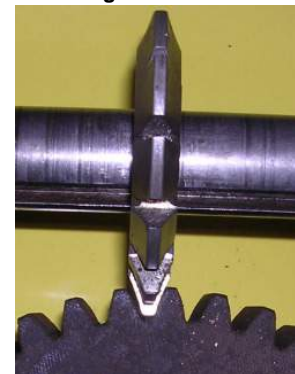


Glodanje zupčanika segmentnim zubima glodala

glodanja zupčanika



Glodanje zupčanika odvalnim glodalom



Glodanje zupčanika



Glodanje pužnog kola



## Obrada materijala II

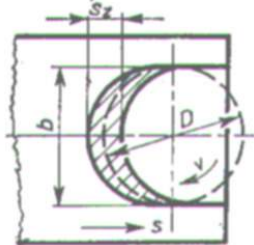
### b) ČEONO GLODANJE

Čeono glodanje skida čestice materijala zubima koji su smješteni na čelu glodala ili glave alata i može biti

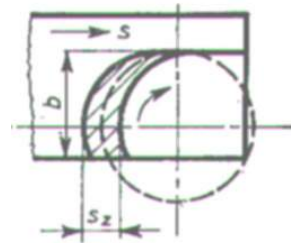


Čeono glodalo (glava za glodanje)

#### Simetrično



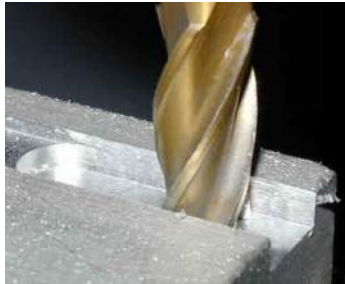
#### Nesimetrično



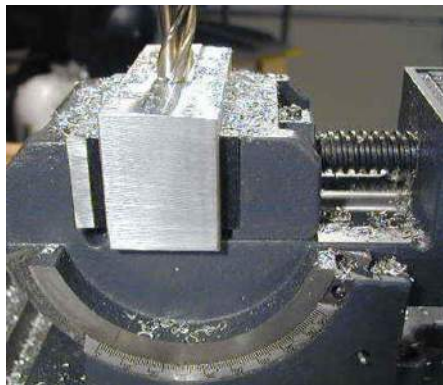
Prstasto glodalo za čeona glodanja

Kod simetričnog glodanja alat obrađuje cijelom širinom – prolaz alata jednak je promjeru alata. Nesimetrično glodanje ima trag alata manji od promjera glodala.

Prstasta glodala osim za čeono poravnavanje služe za obradu rubova, utora, džepova, profila, ...



Glodanje utora

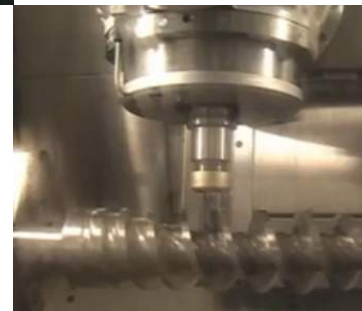


Čeono poravnavanje



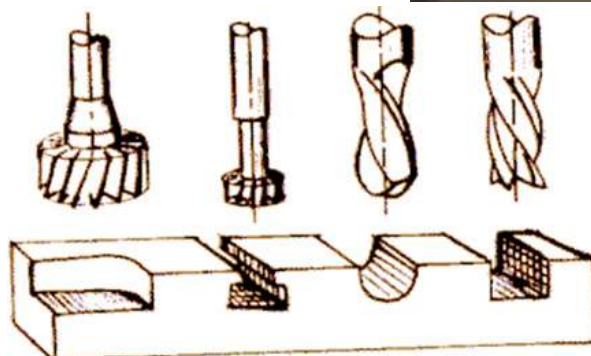
Glodanje zarez pod kutom

Čeono glodanje spiralnog profila



Glodanje u nagibnom škripcu

Tragovi glodanja različitim glodalima



čeono glodalo

T glodalo

Zaobljeno glodalo

Utorno glodalo

## Obrada materijala II

### 3.1.9 Glodalo

Glodalo s glodanim zubima



Glodalo služi za raznoliku upotrebu obrade materijala odvajanjem čestica, npr. za poravnavanje, izradu prizmatičnih rubova, izradu čepova, džepova, izrezivanje, urezivanje, prerezivanje, izradu različitih utora na osovinama, izradu zubaca zupčanika, za rezanje navoja itd... Zbog toga je i oblik glodala raznolik. U osnovi se dijele na više načina:

1. **Prema načinu izrade** dijele se na:

- glodala s glodanim zubima
- glodala s natražno tokarenim i brušenim zubima
- glodala ili glave s umetnutim zubima

Glodalo s umetnutim zubima od tvrdog metala



2. **Prema obliku zubi** se dijele na:

- glodala sa ravnim zubima
- glodala sa spiralnim zubima
- glodala sa križnim zubima



Glodalo s spiralnim zubima

3. **Prema obliku tijela** dijele se na:

- valjkasta glodala



Glodalo s ravnim zubima



Glodalo s križnim zubima

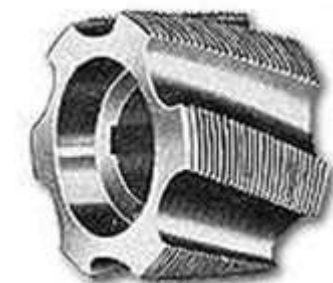
- valjkasta čeona glodala



- valjkasto glodalo za ozubljenje



- valjkasto glodalo za navoje



Valjkasto glodalo za navoje

- pločasta (plosnata) glodala



- pločasto glodalo s umetnutim zupcima



## Obrada materijala II



- pilasta glodala



- profilna glodala

- modulna glodala



Profilna glodala

- glave za glodanje



Vretenasto  
(prstasto, utorno)  
glodalo



- vretenasta glodala



Vretenasto glodalo s pločicama od  
tvrdog metala

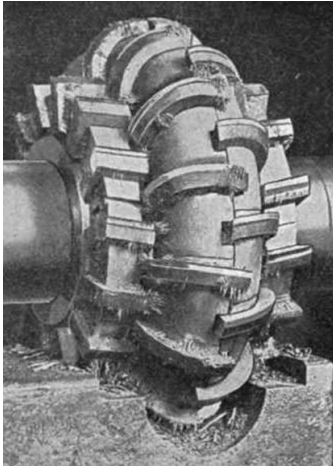
- konusna glodala





## Obrada materijala II

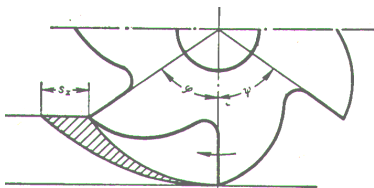
- specijalna glodala



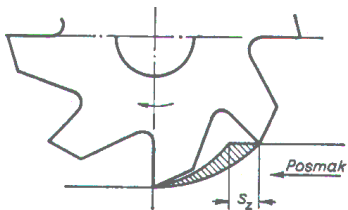
Specijalno glodalo



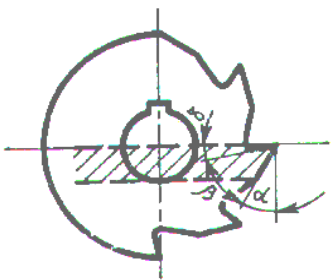
Sve vrste glodala se izrađuju za rezanje u lijevom ili desnom smjeru okretanja.



Oblik strugotine kod protusmjernog glodanja



Oblik strugotine kod istosmjernog glodanja



$\alpha$  – slobodni (leđni) kut

$\beta$  – kut oštrenja (klina)

$\gamma$  – prednji (grudni) kut

### 3.1.10 Kutovi alata

Pri pojedinim načinima glodanja različit je i oblik dobivene površine. Kako bi se odredio oblik strugotine potrebno je proučiti putanju jednog zuba glodala.

Strugotina ima oblik savinutog klina čija se debljina mijenja od nule do maksimuma kod protusmjernog glodanja, odnosno od maksimuma do nule kod istosmjernog glodanja. Na taj način se mijenja i sila koja djeluje na alat. Nejednoliko opterećenje loše utječe na alat i stroj. Da bi se taj loši utjecaj izbjeglo kod ravnih zubi povećava se broj zubaca u zahvatu. Što je veći broj zubaca na glodalu i što je veća dubina glodanja više će zubaca biti u zahvatu i biti će mirniji rad, jednoličnije opterećenje alata i stroja, manje vibracije, bolja kvaliteta obrađene površine.

Drugi način postizanja jednoličnijeg opterećenja je upotreba spiralnih zuba. Veliki utjecaj na jednolikost opterećenja ima kut spirale odnosno nagib zavojnice zuba, širina obrađivane površine, dubina glodanja. Što je veći nagib zavojnice i što je veća širina obrađivane površine biti će i veći broj zubaca u zahvatu. Time dobivamo jednoličnije opterećenje, bolju obradu.

Kod glodala sa ravnim zubima kutovi rezanja se ne razlikuju od kutova koje imamo kod tokarskog noža.

Kod alata sa spiralnim zubima posebno se označavaju kutovi u normalnom i čeonom presjeku.

U normalnom presjeku (presjeku okomitom na oštricu zuba) su:

$\alpha$  – normalni slobodni (leđni) kut

$\beta$  – normalni kut oštrenja (klina)

$\gamma$  – normalni prednji (grudni) kut

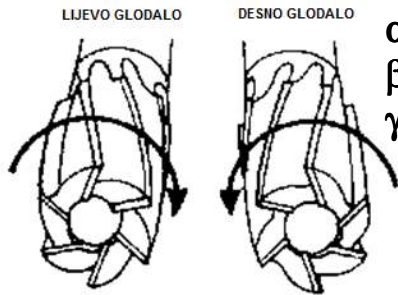
## Obrada materijala II

U čeonom presjeku (presjeku okomitom na os glodala) su:

$\alpha'$  – čeono slobodni (leđni) kut

$\beta'$  – čeoni kut oštrenja (klina)

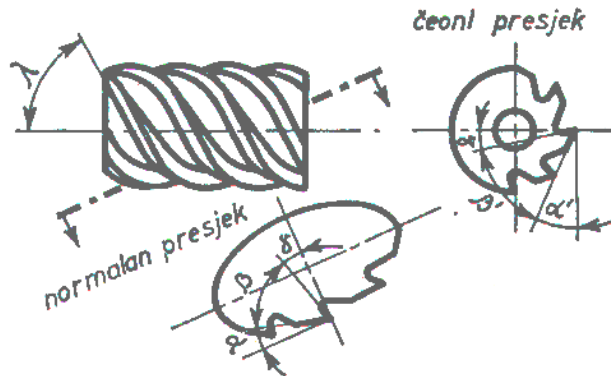
$\gamma'$  – čeoni prednji (grudni) kut



Smjer spirala kod desnovojnog i lijevovojnog glodala



Različiti nagibi spiralnih utora kod glodala



### 3.1.11 Sile pri glodanju

Kod glodanja svaki zub u pojedinom trenutku skida strugotinu druge debljine pa se tako mijenjaju i sile koje djeluju na zub. Zbog toga se pojavljuje neravnomjernost rada koja je posljedica promjena pojedinih faza kod odvajanja strugotine, ali je i posljedica periodičkih ulazaka i izlazaka zuba u i iz materijala.

**Kod protusmjernog glodanja** pojavljuje se sila  $F$  na zubu blodala koja se može rastaviti u:

$F_a$  – natražnu silu u smjeru osi glodala

$F_h$  – glavnu silu rezanja u smjeru brzine rezanja

Taj zub djeluje i na obradak silom  $F'$  koja je iste veličine kao i sila  $F$  ali je suprotnog smjera.

Sila  $F'$  se rastavlja u dvije komponente – jednu u smjeru suprotnom brzine posmaka  $F'_s$  i jednu okomito na obradak  $F'_v$ . Sila  $F'_s$  se suprotstavlja posmaku i opterećuje posmični prigon, dok sila  $F'_v$  mijenja svoj položaj zavisno od položaja zuba, promjera glodala i dubine glodanja. Ako obradak nije dobro pričvršćen za radni stol sila  $F'_v$  će obradak podići sa stola.

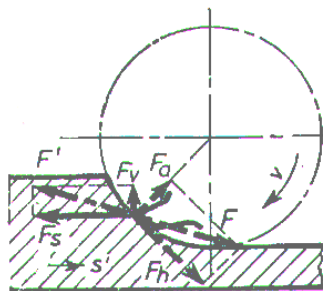
**Kod istosmjernog glodanja** pojavljuje se sila  $F$  na zubu glodala koja se može rastaviti u:

$F_a$  – natražnu silu u smjeru osi glodala

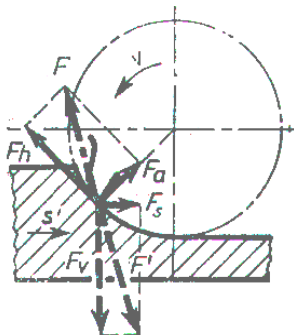
$F_h$  – glavnu silu rezanja u smjeru brzine rezanja (suprotnog smjera nego kod protusmjernog glodanja)

Sila  $F'$  i komponente  $F'_s$  i  $F'_v$  pojavljuju se na obratku.

Sila  $F'_s$  podvlači posmični prigon i može dovesti do loma glodala.



Sile koje se javljaju na zubu glodala kod protusmjernog glodanja



Sile koje se javljaju na zubu glodala kod istosmjernog glodanja

## Obrada materijala II

Koraci kod odabira alata i režima rada iz kataloga alata

### 1 Odabir načina glodanja:

- čeono glodanje
- obodno glodanje
- glodanje ruba
- profilno glodanje
- utorno glodanje




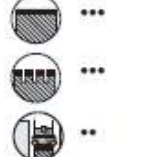


### 2 Odabir materijala obratka

- P** - čelik
- M** - nehrđajući čelik
- K** - lijevano željezo
- N** - aluminij
- S** - toplinski otporne i titan legure
- H** - tvrdi metali

### 3 Odabir glodala:

- čeono glodanje
- obodno glodanje
- profilno

	
Cutting depth (a <sub>p</sub> ), mm	6 / 10
D <sub>z</sub>	D <sub>z</sub> 32 - 250 mm
Material	<b>P M K N S H</b>
	
Face milling	*** *** **

Ako je alat predviđen za pločice od tvrdog metala treba odrediti koje će se koristiti prema potrebnoj geometriji pločice

					
R/L331.1A 04/05/08/ 11/14	N331.1A 04/05/08/ 11/14	R/L365 15	R/L590 11	R/CHT 10/12/16/20	R/CKT 10/12/16/20

Odabrani alat i pločica imaju preporučenu maksimalnu brzinu rezanja i dubinu reza te debljinu srugotine koju mogu pri tome skidati. Iz tih podataka računa se brzina posmaka.

### 3.1.12 Režimi rada

Koji alat koristiti, kojom brzinom se alat okreće, koja je dubina rezanja, kojim posmakom, s hlađenjem ili bez su pitanja koja moraju biti detaljno riješena prije početka rada.

Prije pristupanja samoj obradi materijala potrebno je pripremiti tehničko tehnološku dokumentaciju iz koje su vidljivi i režimi rada kod pojedinih zahvata.

**Operacijski list** je osnovni – matični dokument tehnološke pripreme. Izrađuje se za svaki pojedini dio proizvoda. U njemu je definiran tehnološki proces, a izgled ovisi o poduzeću - radionici te o načinu upotrebe. Najčešći sadržaj operacijskog lista su : operacija, zahvat, stroj ili strojna grupa, alat ili naprava te njihovi režimi rada tj brzina rezanja, posmak, dubina rezanja, broj prolaza, tehnološka i pomoćna vremena izrade, itd.

**Operacija** je onaj dio strojne obrade koji se obavlja na jednom radnom mjestu od uzimanja obratka do njegovog odlaganja (tokarenje, bušenje, glodanje, rezanje, prešanje, sastavljanje,...)

**Zahvat** je određena logička cjelina unutar operacije (glodanje alatom D=40mm, bušenje svrdlom D=5mm, narezivanje navoja M10, tokarenje grubim lijevim tokarskim nožem, ...)

**Brzina rezanja v** (m/min) ovisi o materijalu obratka i materijalu alata. Svaki proizvođač alata daje svoje brzine rezanja za taj alat. Postoje preporučene brzine rezanja koje se nalaze u raznim tablicama. Kod grube obrade koriste se manje brzine rezanja i veći posmaci, dok se pri finoj obradi koriste veće brzine rezanja, a manji posmaci.

**Broj okretaja glodala** se prema brzini rezanja računa

$$n = (1000 \cdot v) / (D \cdot \pi)$$

**Posmak** po zubu glodala  $s_z$  (mm) ovisi o materijalu, alatu i dubini rezanja.

**Posmak glodala po okretu**  $s = s_z \cdot z$  (mm/okr)

**Posmak u minuti**  $s' = s_z \cdot z \cdot n$  (mm/min)

Brzine posmaka glodala se kreću kod grubog glodanja između 100 i 500 mm/min dok se kod finog glodanja kreću od 10 do 50 mm/min. Ovo su opće preporuke, ali one ovise o vrsti alata, materijalima, snazi stroja,...

**Dubina obrade** (strugotine)  $a$  (mm) ovisi o alatu i snazi alatnog stroja. Također postoje različite tablice i preporuke za dubinu strugotine u ovisnosti od materijala obratka.

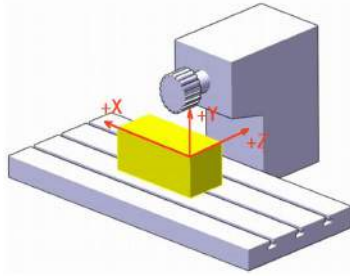
**Broj prolaza i** – potrebno ponavljanje obrade, ovisno o dubine strugotine, od sirove mjere do željene dimenzije obratka

Da se odredi specifikacija alata potrebno je napraviti detaljni tehnološki proces – odnosno razraditi proces po operacijama i zahvatima (fazama). Potrebno je odrediti optimalni alat za predviđen stroj i postupak kako bi se u najkraćem vremenu dobili optimalni rezultati.



## Obrada materijala II

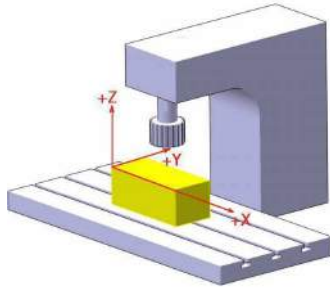
### 3.1.13 Glodalice



Shema koordinatnog sustava horizontalne glodalice

Alatni strojevi za obradu odvajanjem čestice pomoću kojih se rezanjem obrađuju dijelovi pretežno ravnog oblika (poravnavanja, utori, žljebovi,..) te profili, navoji, zubi, ... Glavno gibanje je uvijek rotaciono dok je posmično gibanje pravocrtnog ili kružnog oblika i uvijek je okomito ili pod nekim kutom na os rotacije..

Glodalice se dijele prema položaju glavnog radnog vretena na horizontalne i vertikalne, dok su ostale u podskupinama:

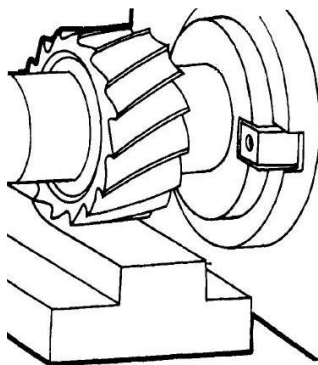


Shema koordinatnog sustava vertikalne glodalice

#### Horizontalne glodalice

Nazivaju se konzolne ili jednostavne glodalice. Služe za obradu obodnim glodanjem (istosmjernim ili protusmjernim)

Glodalo se upinje u horizontalno vratilo i obavlja glavno gibanje. Obradak je stegnut na radnom stolu koji obavlja posmično gibanje.



Glodanje na horizontalnoj glodalici

#### Planske glodalice

su podgrupa horizontalnih. Ime su dobile jer se na njima najčešće glodaju ravne horizontalne plohe. Imaju krutu konstrukciju i visoku produktivnost. Izvedene su tako da se radni stol po vodilicama na kućištu može gibati samo uzdužno.



#### Univerzalna glodalica



Set za pregradnju univerzalne horizontalne glodalice u vertikalnu glodalicu



Izvode se slični kao i horizontalne glodalice, ali imaju radni stol koji se osim uzdužni i poprečno može gibati i oko svoje vertikalne osi. To se postiže ugradnjom kružnih utora za vođenje.

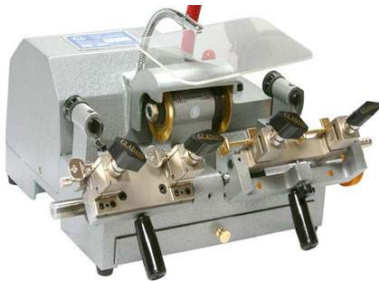
## Obrada materijala II



Glodanje na vertikalnoj glodalici

### Vertikalne glodalice

Izvide se tako da im os glodala stoji vertikalno dok je ostali dio stroja jednak horizontalnim. Pogodne su za čelono glodanje, glodanje utora, kanala, rubova utornim glodalima, profilno glodanje,...



Kopirna glodalica za izradu ključeva

### Kopirna glodalica

Služi isključivo za kopiranje pomoću kopirnih uređaja koji ticalom prelaze po šablona



Upravljačka konzola CNC glodalice

### CNC glodalica

Upravlja se programski. Može imati višesno upravljanje čime je moguće izraditi najkompliciranije obratke u jednom stezanju.





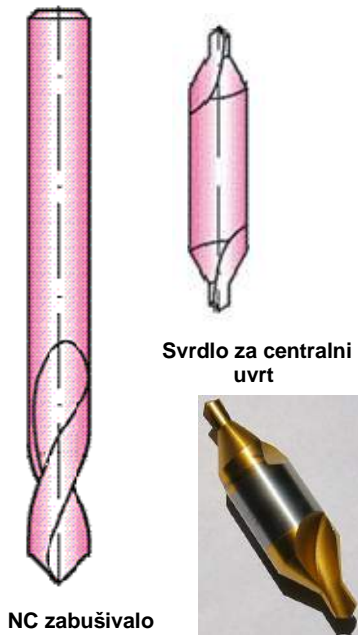
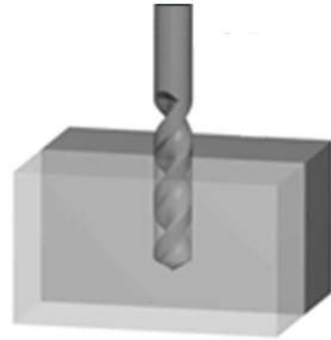
### Pitanja 2

36. Što je glodanje ?
37. Što se može obraditi glodanjem ?
38. Zašto se mijenja opterećenja na zubu glodala ?
39. Kako se glodanje dijeli ?
40. Što obodno glodanje ?
41. Koje su vrste obodnog glodanja ?
42. Koje su vrste plošnog (pravocrtnog) glodanja ?
43. Kako se obavlja protusmjerno glodanje ?
44. Kako se obavlja istosmjerno glodanje ?
45. Koje su vrste kružnog glodanja ?
46. Kako se dijeli čeonog glodanje ?
47. Što je asimetrično čeonog glodanje ?
48. Što je simetrično čeonog glodanje ?
49. Kako se mijenja sila na zubu tijekom čeonog glodanja ?
50. Što se može čeonog glodati ?
51. Kako se općenito dijele glodala ?
52. Kako se dijele glodala prema načinu izrade ?
53. Kako se dijele glodala prema obliku zubi ?
54. Kako se dijele glodala prema obliku tijela ?
55. Koji su kutevi ravnog zuba glodala ?
56. Koji su kutevi spiralnog zuba glodala?
57. Zašto se kod glodanja pojavljuje naravnost rada ?
58. Kako djeluju sile na zub alata kod protusmjernog glodanja ?
59. Kako djeluju sile na zub alata kod istosmjernog glodanja?
60. Kakav je posmak u odnosu na glavno gibanje alata ?
61. Što su režimi rada kod glodanja ?
62. Što je operacijski list ?
63. Što operacija, a što zahvat ?
64. Što je brzina rezanja, a što broj okretaja glavnog vretena ?
65. Kako se sve mjeri posmak ?
66. O čemu ovisi dubina obrade ?
67. Kako se dijele glodalice i kako dobivaju naziv ?
68. Što obrađuju i kako rade horizontalne glodalice ?
69. Što obrađuju i kako rade vertikalne glodalice ?
70. Što je CNC glodalica ?

## Obrada materijala II

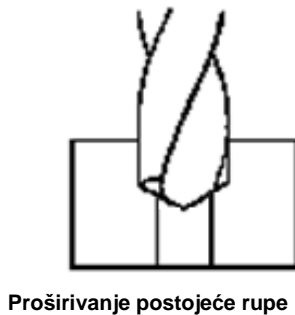
### 3.1.15 Bušenje

Bušenje je način obrade odvajanjem čestica kojim se specifičnim alatom izrađuju cilindrične rupe u obratku. Alat obavlja glavno rotacijsko gibanje i pravocrtno posmično gibanje koje mora biti u smjeru osi rotacije.



Bušenje je povezano s predradnjom zabušivanja i naknadnim operacijama proširivanja, upuštanja, razvrtanja i izbušivanja.

**3.1.16. Zabušivanje** je proces označavanja središta rupe specijalnim svrdlima – zabušivalima. Svrha zabušivanja je centriranje rupe kako ne bi



Proširivanje postojeće rupe



spiralno svrdlo prilikom bušenja rupe napravilo otklon. Alati za zabušivanje su svrdla za centralni uvt ili NC svrdla.

**3.1.17 Proširivanje** je proces bušenja svrdlom većeg promjera od promjera već postojeće rupe. Proširivanja se može obaviti više puta, ali je preporučljivo da promjer svake slijedeće veće rupe bude između 50% do 100% veći od prethodne rupe.



Bušenje



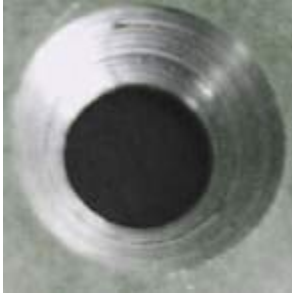
Proširivanje



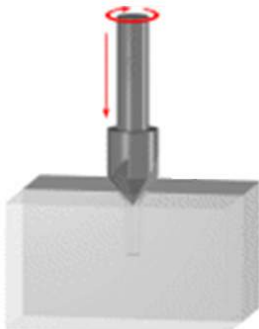
Set spiralnih svrdala od  $\Phi$ 1-10mm



## Obrada materijala II



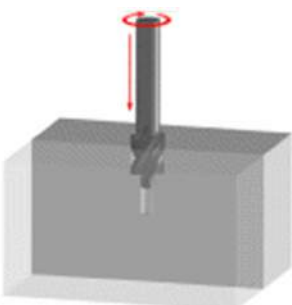
Konusno upušten ulaz u rupu



Konusno upuštanje



Proširen ulaz rupe



Upuštanje vratnim upuštalom



Vratno upuštalno

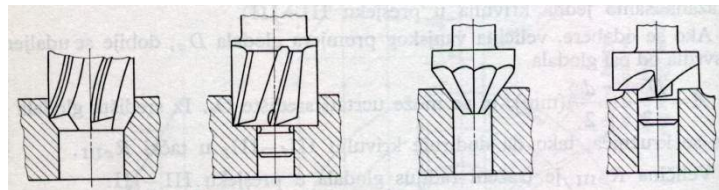
**3.1.18 Upuštanje** je postupak obrade ulaza ili izlaza okrugle rupe

Upuštalna su rezni alati koji se upotrebljavaju za proširivanje ulaza ili izlaza rupe te za postizanje točnijeg oblika postojećih rupa. Režu kao i svrdla i izrađuju se sa dvije, tri ili više reznih oštrica. Upuštanje je gruba obrada materijala.

Njima obrađujemo čelne plohe ravno ili pod kutom.

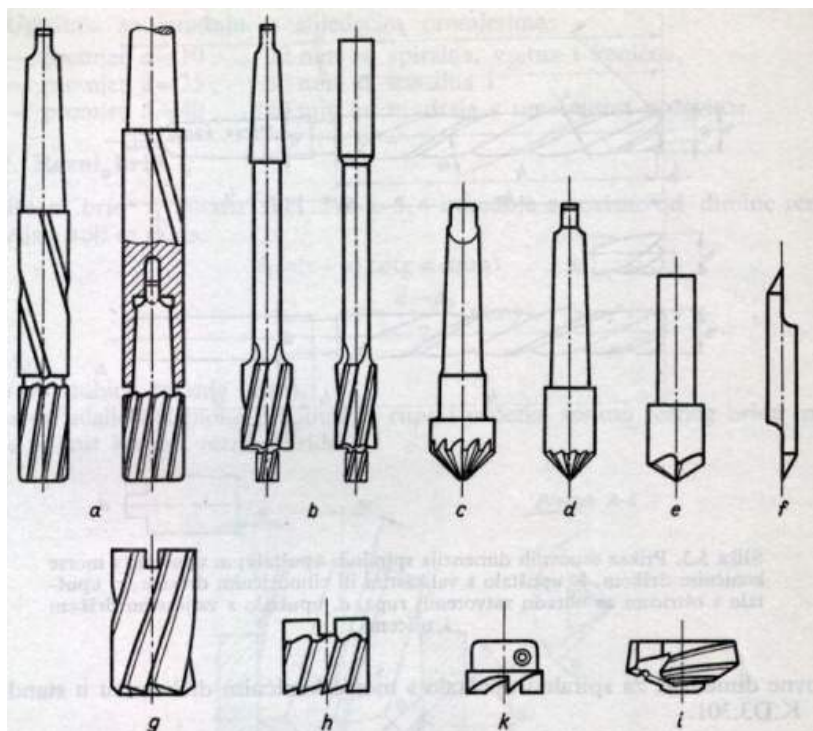
Služe za:

- proširivanje
- upuštanje za glave vijka
- obradu kosih krajeva rupe
- poravnavanje uzdignutih dijelova obratka

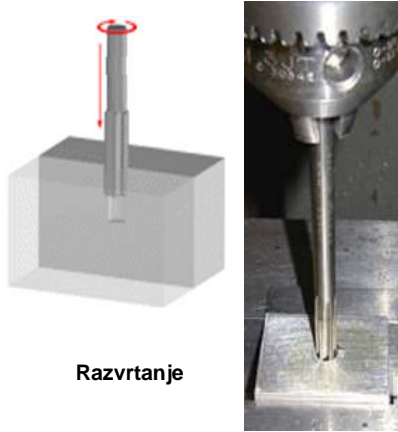


Prema obliku i svrsi dijele se na:

- spiralna ili navojna upuštalna (a)
- vratna upuštalna (b)
- konusna upuštalna (c, d, e, f)
- nasadna upuštalna (g)
- jednostrana čelna upuštalna (h)
- specijalna upuštalna (i, k)



## Obrada materijala II



Razvrtanje



Cilindrična razvrtala



Specijalno razvrtalo za sjedište metka u pušanoj cijevi

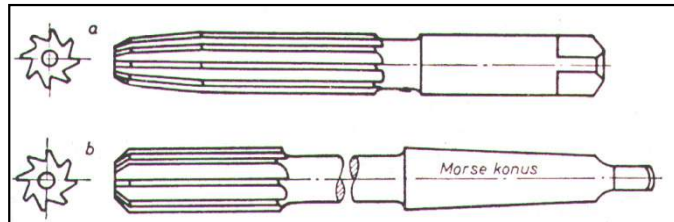


Konusno razvrtalo

**3.1.19 Razvrtanje** - je postupak fine (završne) obrade cilindrične rupe.

Točnost dimenzije, geometrijski oblik i hrapavost površine koja se u dobije nakon obrade svrdlom ne zadovoljava u većini slučajeva.

Razvrtala su rezni alati koji se upotrebljavaju za završnu obradu rupe i služe za finu obradu već postojećih rupa, tj. za dotjerivanje glatkoće površine i postizanje veće točnosti izbušenih rupa.



Razvrtalo skida relativno mali sloj materijala sa relativno malom brzinom obrade. Alat postupno aksijalno ulazi u rupu. Razvrtalo obrađuje samo prednjim konusnim dijelom, dok cilindrični dio služi kao vodilica i za zaglađivanje rupa. Dužina konusnog dijela ovisi o vrsti obrađivanog materijala. Veća duljina konusnog dijela daje ljepšu i čistiju obrađenu površinu.

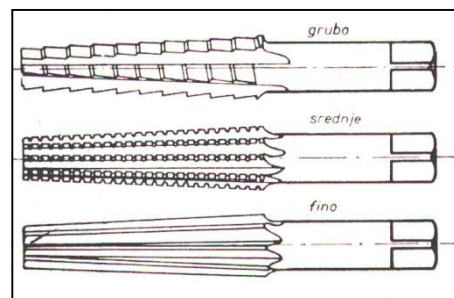
Pravilan rad razvrtala ovisi od njegove konstrukcije, izrade i načina upotrebe ( režimima rada ).

U radu se susreće puno vrsta i veliki broj razvrtala.

Dijele se prema konstrukciji zuba, vrsti materijala, načinu primjene, obliku obrađivane rupe, načinu pričvršćenja,....

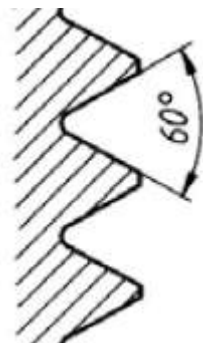
Kod konusnih razvrtala javljaju se posebni uvjeti rezanja zbog njihove konstrukcije. Garnitura se u principu sastoji od tri razvrtala.

- Prvo razvrtalo služi za grubu obradu i ima stepeničaste bridove – zube.
- Drugo razvrtalo ima sitne zube koji pri razvrtanju lome strugotinu i služi za finu obradu.
- Treće razvrtalo ima ravne ili spiralne zube kontinuirano po cijeloj duljini brida i služe za najfiniju obradu.

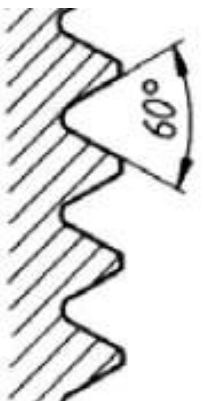




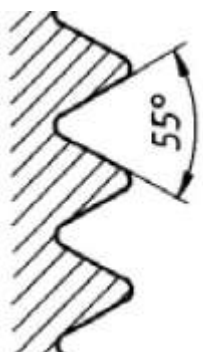
## Obrada materijala II



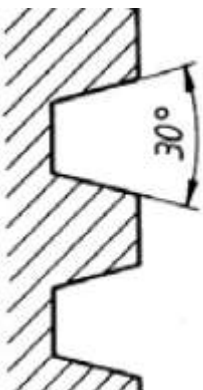
Metrički navoj



Fini metrički navoj



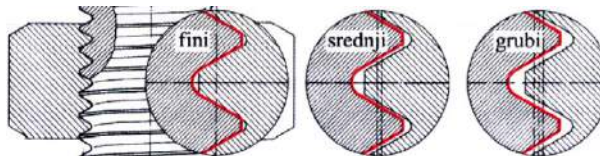
Whitworth-ov cijevni navoj



Trapezni navoj

**3.1.20 Urezivanje navoja u rupu** - je postupak izrade spiralnih utora u postojećoj rupi. Ureznica ulazi okomito u okruglu rupu definiranim brojem okretaja te određenim posmakom koji mora odgovarati koraku navoja.

Navoji mogu biti lijevi ili desni. Mogu biti grubi, srednji ili fini. Utori mogu biti različitih profila pa se tako razlikuju metrički, navoji, trapezni navoji, pilasti navoji, Withwortovi navoji,...



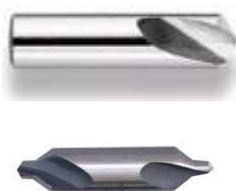
Vrste navoja:

- M – Metrički
- MF – Metrički fini navoj
- Whitworth-ov cijevni navoj
- Trapezni navoj
- Pilasti navoj
- Obli navoj
- Obli elektro navoj – Edisonov navoj

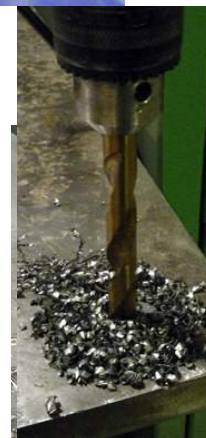
### Primjer postupka izrade navoja

Za izradu navoja M10 u rupu potrebno je:

1. Na odabranoj poziciji zabušiti navrt NC zabušivalom

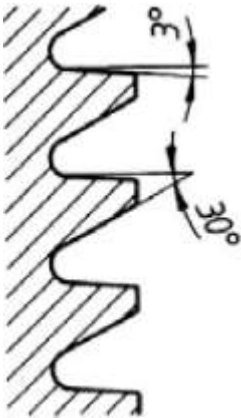


2. Prema dimenziji i vrsti navoja odabire se potrebno svrdlo koje buši okruglu rupu. (npr za M10 potrebna je rupa prema proračunu  $D = 8,376$  mm – odabire se spiralno svrdlo  $D=8.4$ mm  
Ako je potrebni izvrši se predbušenje spiralnim svrdlom npr  $D= 5$ mm



## Obrada materijala II

3. Preporuka je upuštanje ulaza rupe zbog lakše daljnje obrade te lakšeg kasnijeg uvođenja vijka



Pilasti navoj

4. Također se odabire ureznica sa definiranim profilom koja urezuje navoj. Prema tablocama M10 ima korak 1,5 mm re se prema njemu definira brzina rezanja (S) i posmak (F).

Npr S=400 o/min, F=400x1.5=600 mm/min ili 1,5 mm/okr



Obli navoj



Za **M10** definirane su sljedeće vrijednosti:

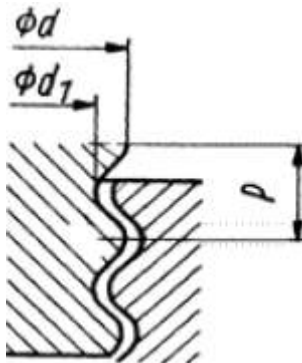
D, d = 10 mm

D1, d1 = 8,376 mm

D2, d2 = 9.026 mm

P = 1,5 mm

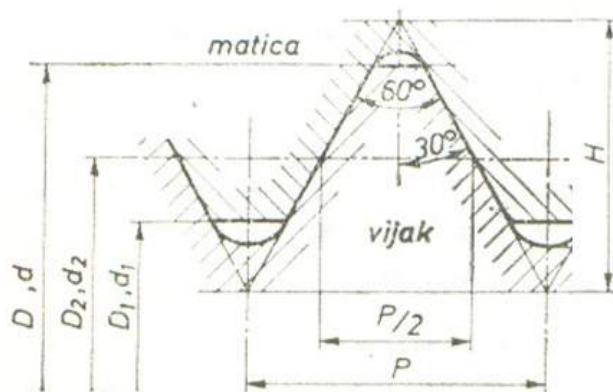
H = 1,2990 mm



Edisonov navoj

D, D1 I D2 su dimenzije matice

D, d1 I d2 su dimenzije vijka



## Obrada materijala II

### 3.1.21 Bušilice

Bušilice su alatni strojevi kojima se pomoću alata za bušenje izrađuju okrugle rupe

Dijele se na:

- stolne bušilice
- stolno stupne bušilice
- stupne bušilice
- redne bušilice
- revolverске bušilice
- viševretene bušilice
- radijalne bušilice
- horizontalne bušilice
- bušilice glodalice
- koordinatne bušilice
- bušilice za duboko bušenje
- bušilice za urezivanja navoja



Ručna stolna bušilica iz prelaza 19. na 20. stoljeće



Stolna bušilica



Stolno stupna bušilica

#### Stolna bušilica

Radni stol kod stolnih bušilica nalazi se na podložnoj ploči. Vretnište se može visinski pomicati. Prijenos snage u vretenište sa motora na glavno vreteno vrši se klinastim remenom. Radno vreteno je uležištano u pinoli koja omogućuje posmično gibanje ručnom polugom.



Remenski prigon bušilice

#### Stolno stupna bušilica

Razlika stolno stupnih i stolnih bušilica je u radnom stolu koji se nalazi konzolno smješten na stupu bušilice i koji se može pomicati i zakretati

Stolne i stolno stupne bušilice moraju biti smještene na povišeno radno mjesto – radni stol.



## Obrada materijala II

### Stupna bušilica

Stupne bušilice se izrađuju sa okruglim stupom za manje promjere bušenja ili sa sandučasto oblikovanim stalkom za veće dubine promjere bušenja.

Podložna ploča se kod stupnih bušilica pričvršćuje na temelje.



Za prijenos snage se koristi višeosovinski zupčasti prijenosnik

Radni stol se visinski pomiče i moguće ga je, kod bušilica sa okruglim stupom, zakretati

Buše se dublje rupe većeg promjera. U podnožju je najčešće spremnik i pumpa za rashladnu tekućinu.



Pinola bušilice



Stupna bušilica sa sandučastim stupom

### Redne bušilice



Redne bušilice se sastoje od jednog čvrstog stola na koji je pričvršćeno više stolnih, stolno stupnih bušilica ili bušilica na stalku. Služe za obradu većeg broja rupa raznih dimenzija u istom obratku. Upotrebljavaju se zbog bolje ekonomičnosti u serijskoj proizvodnji. Lako se automatiziraju.



Glava revolverske bušilice s alatima

### Revolverske bušilice

Revolverske bušilice namjenski su slične rednim bušilicama, ali ih karakterizira specijalna revolverska glava. Njima se obrađuje rupa čija obrada zahtjeva različite operacije. Obradak stegnut u steznoj napravi obrađuje u jednom zahvatu.

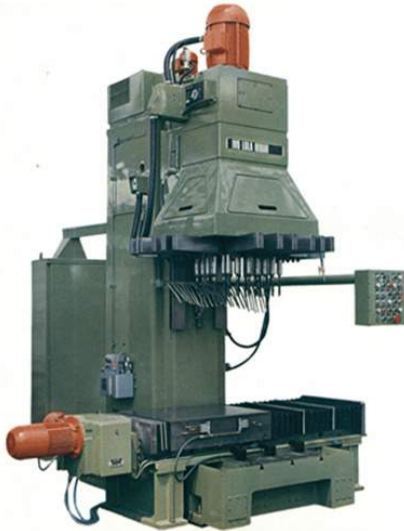




## Obrada materijala II

### Viševretene bušilice

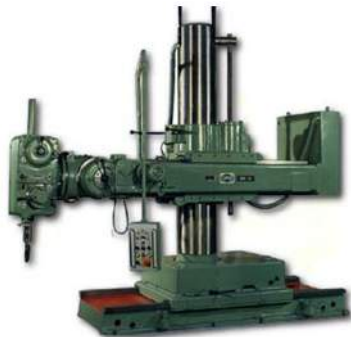
Služe u serijskoj i masovnoj proizvodnji za istovremenu obradu više rupa, odnosno svih vrsta uvert, provrta, upuštanja, navoja, na jednom obratku u jednom zahvatu. Razvile su se iz stupnih bušilica dodavanjem zvona sa nizom paralelno ukopčanih radnih vetena.



Viševretena bušilica

### Radijalne bušilice

Glavo vretenište sa bušnim vretenom pomiče se po konzoli. Konzola se može vertikalno pozicionirati te zakretati oko stupa. Ovime se povećava radni prostor u kojem mogu precizno bušiti. Radijalne bušilice služe za obradu bušenja na velikim i teškim predmetima koji bi se teško pomicali ispod bušnog vretena. Sva gibanja obavlja alat, dok je obradak pričvršćen za radni stol na temeljnoj ploči (podnožju).



Radijalna bušilica

### Horizontalne bušilice

Služe za vrlo točnu obradu bušenjem najvećih dijelova u jednom zahvatu. Time se omogućuje točan odnos među osima raznih provrta. Zbog tražene točnosti horizontalne bušilice moraju biti jako krute.

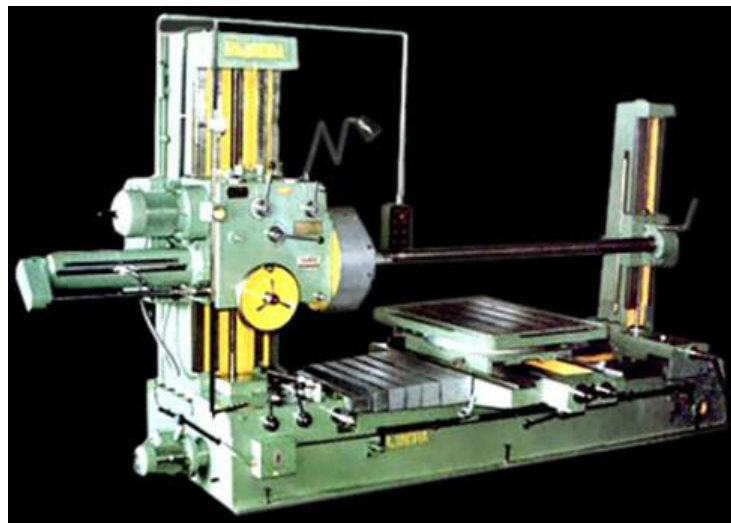
Na postolju je radni stol koji može prihvatiti izrazito velike i teške obratke. Jedan stup nosi vretenište sa glavnim vretenom, dok drugi stup ima prihvatni ležaj za prihvat i centriranje bušne motke.



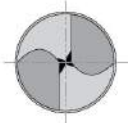
Primitivna horizontalna bušilica



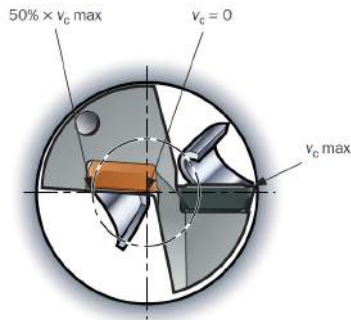
Moderna horizontalna bušilica



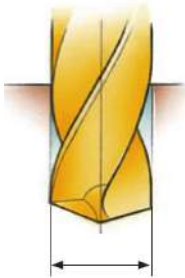
## Obrada materijala II



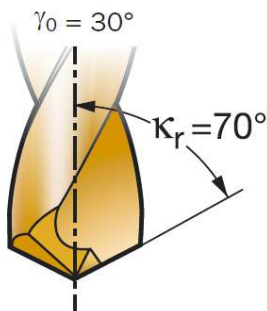
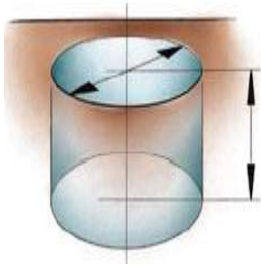
Oblik spiralnog svrdla - na spoju dva utora ima poprečnu oštricu



Raspored brzina na oštrici svrdla - u sredini na poprečnoj oštrici je brzina 0



Važni faktori kod bušenja - promjer svrdla i dubina bušenja

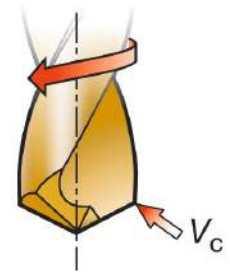


Prema određenoj vrsti materijala sirovca definiraju se i kutevi alata (vršni kut i kut uspona spiralnih utora)

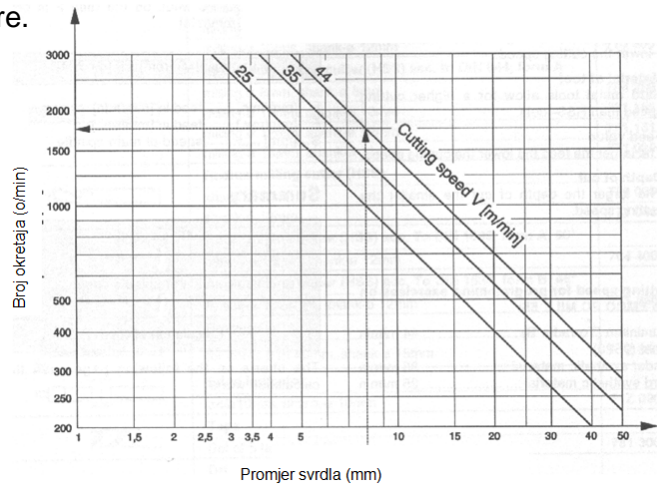
### 3.1.22 Parametri bušenja

Kod bušenja svake rupe potrbno je definirati parameter ili režime rada. Osnovni parametri su brzina rezanja, brzina okretanja svrdla, posmak, promjer svrdla i dubina bušenja.

- Brzina rezanja  $v_c$  je obodna brzina na svrdlu tj brzina s kojom alat obrađuje sirovac. Ona ovisi o materijalu koji se obrađuje. Svaki materijal ima svoju brzinu kojom se može rezati. Brzina rezanja ovisi o alatu kojim se buši, o potrebnom stanju površine nakon bušenja, o hlađenju za vrijeme bušenja, o snazi stroja, o posmaku,...



Brzine rezanja se mogu naći u obliku dijagrama, tablica, a ima i software-skih programa koji sami računaju potrebne parametre.



Dijagramski prikaz obisnosti brzine rezanja, broja okretaja svrdla i promjera svrdla (primjer: uz  $D=8\text{mm}$  i  $v_c=44\text{m/min}$  dobije se  $n=1750\text{ okr/min}$ )

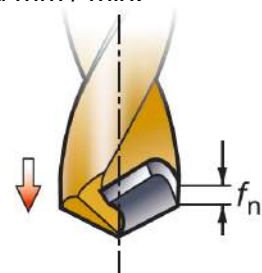
Broj kretaja glavnog radnog vretena  $n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi}$  se mjeri u (okr / min) ili ( $\text{min}^{-1}$ )

Primjer: uz  $D=8\text{mm}$  i  $v_c=44\text{m/min}$  dobije se  $n=1750\text{ okr/min}$

$$n = \frac{44 \cdot 1000}{8 \cdot \pi} = 1750 \text{ min}^{-1}$$

Posmak  $v_f$  je relativna brzina gibanja alata prema obratku - kod bušenja uvijek u pravcu osi rotacije. To je brzina ulaza (penetracije) alata u materijal. Mjeri se u mm / min.

Posmak po okretaju  $f_n$  (mm/okr) definira se kao aksijalni pomak alata tijekom jednog okretaja. Koristi se za računanje dubine penetracije te za definiranje posmaka bušenja

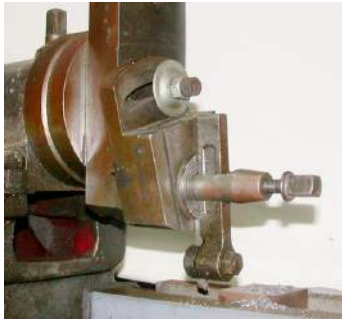


### Pitanja 3

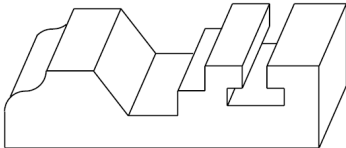
1. Što je bušenje ?
2. Koji alat je potreban za bušenje ?
3. Koje su sve operacije povezane s bušenjem ?
4. Što je zabušivanje ?
5. Kakvi alati se koriste kod zabušivanja ?
6. Kako se radi predbušenje, odnosno proširivanje okrugle rupe ?
7. Što je upuštanje ?
8. Kakvih ima upuštalica ?
9. Što je razvrtanje ?
10. Koje su vrste razvrtala ?
11. Kako se obavlja zahvat razvrtanja kod konusne rupe ?
12. Što je urezivanje navoja ?
13. Koji alati se koriste za izradu navoja ?
14. Kakve vrste navoja se najčešće izrađuju ?
15. Kako se definiraju broj okretaja i posmak kod narezivanja navoja ?
16. Objasniti postupak izrade navoja u rupi.
17. Koji su parametri bušenja ?
18. Kako je definirana brzina rezanja  $v_c$  ?
19. Što je posmak kod bušenja ?
20. Što je posmak po okretu i čemu služi ?
21. Kako promjer alata i dubina utjecu na faktore bušenja ?
22. O čemu ovise kutevi alata ?
23. O čemu ovise vršni kut i kut uspona spiralnih kanala ?
24. Kako se dijele bušilice ?
25. Koja je razlika između stolnih i stolno stupnih bušilica ?
26. Kako se dijele stupne bušilice i koje su im karakteristike ?
27. Kada se koriste redne bušilice, a kada revolverske ?
28. Što su viševretene bušilice ?
29. Kako rade i gdje se primjenjuju radijalne bušilice ?
30. Objasniti horizontalne bušilice



## Obrada materijala II



Blanjanje



Oblici obrađenih površina blanjanjem



Ravni nož za blanjanje



Noževi za blanjanje u specijalnim držalima



Blanjanje utora u provrtu

### 3.1.24 Blanjanje

Blanjanje je postupak obrade metala odvajanjem čestice kojim se obrađuju ravne površine (vodoravno, okomito ili koso), različiti prizmatični utori, kanali, vodilice,...

Alat za blanjanje – nož definirane geometrije, dok reže obavlja pravocrtno glavno gibanje. Povrat alata u početni položaj je po istoj putanji. Nakon povratka slijedi posmak koji je okomit na glavno gibanje i kod kratkohodnih blanjalica ga obavlja radni stol (obradak).



Dubina reza se određuje spuštanjem ili podizanjem noža u držaču alata.

Osnovna karakteristika blanjanja je mala produktivnost te se često zamjenjuju glodalicama.

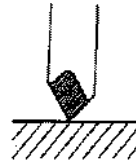
### 3.1.25 Noževi za blanjanje

Prema vrsti obrade – gruba ili fina obrada, dijele se i noževi za glodanje. U osnovi jako slične tokarskim noževima, ali su prilagođeni za blanjanje.

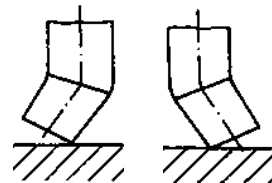
Noževi za blanjanje klasificiraju se prema slijedećim skupinama

Podjela prema obliku držala alata:

- Ravni nož



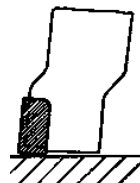
- Savinuti nož lijevi i desni



- Nož u obliku labuđeg vrata



- Ofset nož



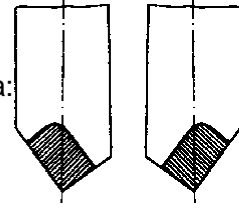
## Obrada materijala II



Noževi za blanjanje

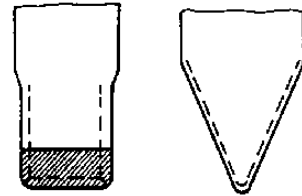
Podjela prema orijentaciji alata.  
Postavljanjem dlana na nož,  
palac pokazuje smjer ošttrice alata:

- Lijevi nož
- Desni nož



Podjela prema obliku glave alata

- ravni nož
- šiljasti nož



Podjela prema načinu rezanja (primjene) alata

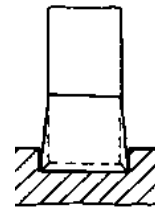
- Nož za rubove (obodni nož)



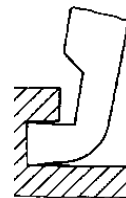
- Nož za odrezivanje



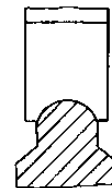
- Nož za dubljenje



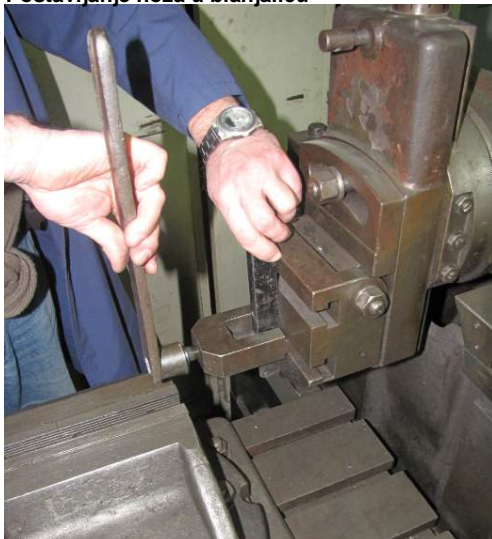
- Nož za žljebljenje



- Profilni nož



Postavljanje noža u blanjalicu



Nož u držaču  
alata na blanjalici



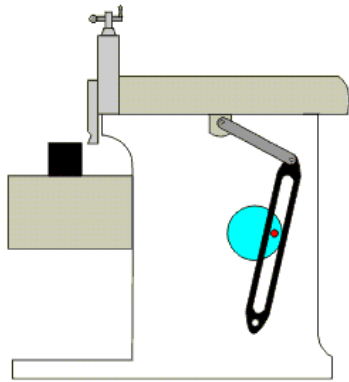
## Obrada materijala II

### 3.1.26 Blanjalice

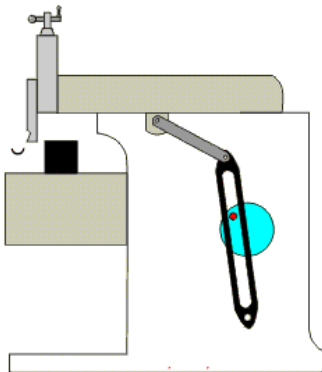
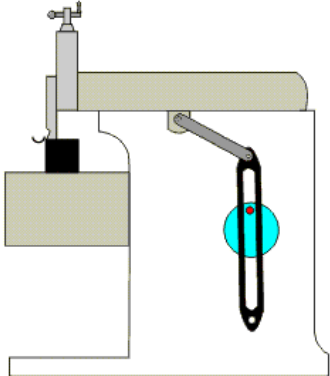
Blanjalice se dijela prama vrsti glavnog gibanja na

- Kratkohodne blanjalice i
- Dugohodne blanjalice

**Kratkohodne blanjalice** ostvaruju glavno gibanje alatom koji se giba pravocrtno. Posmak obavlja radni stol.



Glavno gibanje kod kratkohodne mehaničke blanjalice ostvaruje se kulisnim prigonom

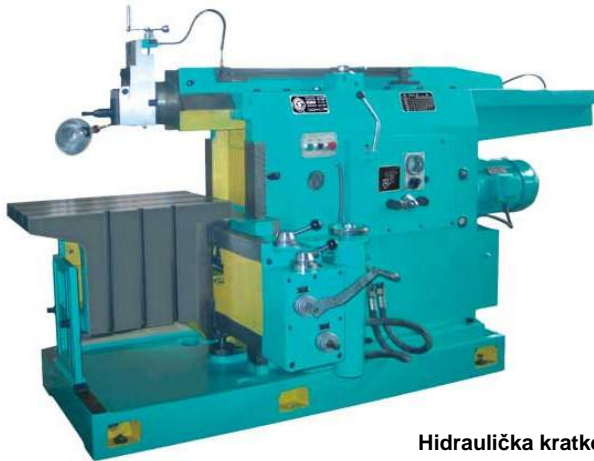


Mehanizam posmaka kratkohodne mehaničke blanjalice



Mehanička kratkohodna blanjalica

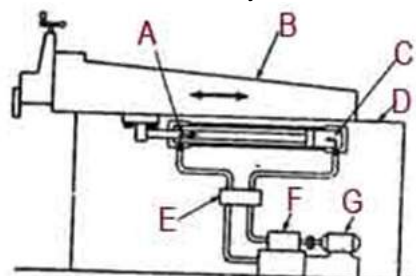
Izrađuju se kao mehaničke ili kao hidrauličke. Kod mehaničkih blanjalica glavno gibanje se ostvaruje kulisnim prigonom, dok se kod hidrauličkih blanjalica glavno gibanje ostvaruje dvoradnim hidrauličkim cilindrom



Hidraulička kratkohodna blanjalica

Shema hidrauličke kratkohodne blanjalice

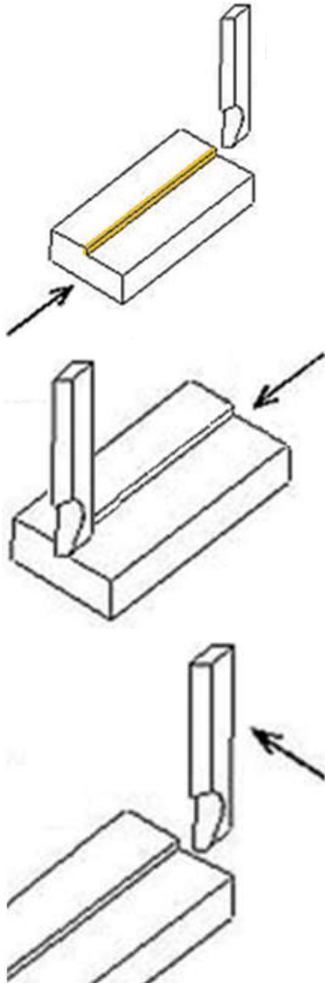
- A – povratni takt1
- B – klizač blanjalice
- C – radni takt
- D – kučište
- E – razvodnik
- F – crpka
- G – elektromotor



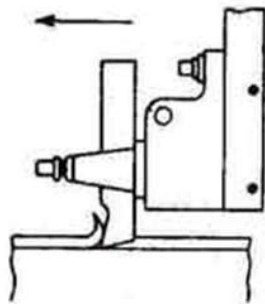


## Obrada materijala II

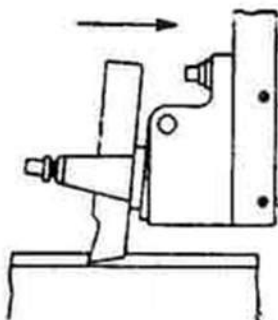
**Dugohodne blanjalice** ostvaruju glavno gibanje pravocrtnim gibanjem radnog stola i obratka. Posmak obavlja alat.



Shema glavnog gibanja i posmaka kod dugohodnih blanjalica

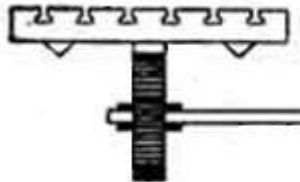


Princip rada blanjalice - alat blanja te se vraća po istoj putanji i lagano kliže po obratku

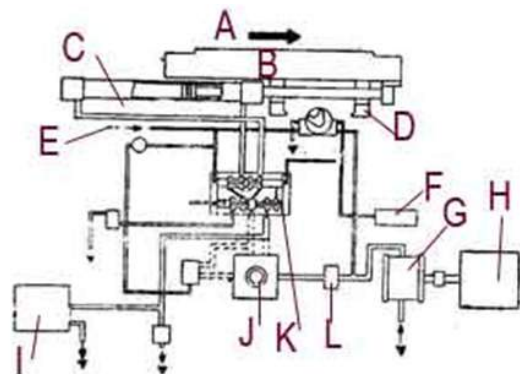


Dugohodna blanjalica

Također se izrađuju kao mehaničke ili kao hidrauličke. Kod mehaničkih dugohodnih blanjalica glavno gibanje se ostvaruje zupčanicom i zubnom letvom ili lančanicom (remenom) ili motorima sa reverzibilnim pogonom, dok se kod hidrauličkih blanjalica glavno gibanje ostvaruje dvoradnim teleskopskim hidrauličkim cilindrima.



Mehanički prigon radnog stola zupčanicom i zubnom letvom

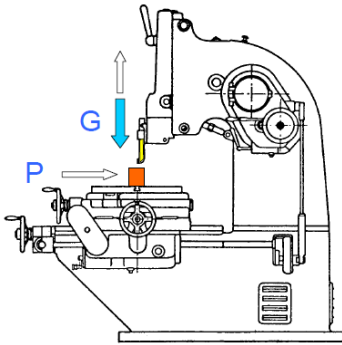


Shema hidrauličkog prigona dugohodne blanjalice

- A - smjer gibanja radnog stola
- B - radni stol
- C - dvoradni hidraulički cilindar radnog stola
- D - graničnik
- E - podizač alata
- F - cilindar za posmak
- G - crpka
- H - elektromotor
- I - hladnjak
- J - kontrola glavne brzine rezanja
- K - razvodnik
- L - sekvencni (slijedni) ventil

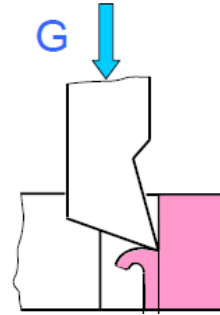
## Obrada materijala II

### 3.1.27 Dubilice

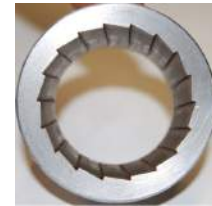


Schema dubilice

Dubilice su specijalne kratkohodne blanjalice kod kojih je glavno gibanje verikalno. Obavlja ga alat. Posmak obavlja obradak. Posmak je načešće rotacioni.



Upotrebljavaju se kod posebnih vrsta obrada koje se blanjalicama ne mogu napraviti.



Primjeri obrade dubljenjem u rupama



Nož postavljen u dubilicu za obradu utora



Nož dubilice

Umeci (inserti) za nož za dubljenje



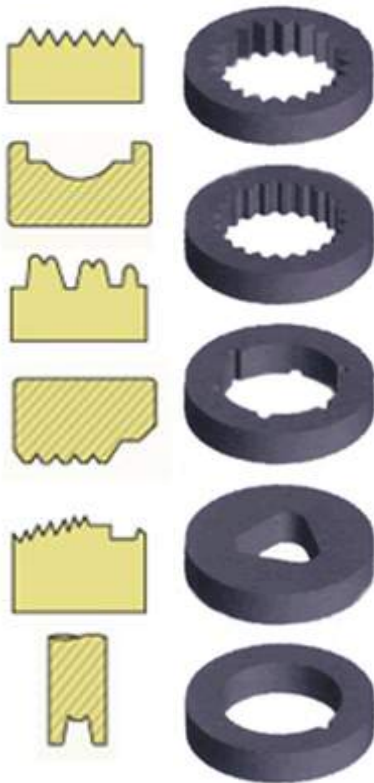
Primjeri vanjske obrade – npr. obrada zupčanika



Dubilice također mogu imati mehanički ili hidraulički prigon za glavno i posmično gibanje alata i obratka.

## Obrada materijala II

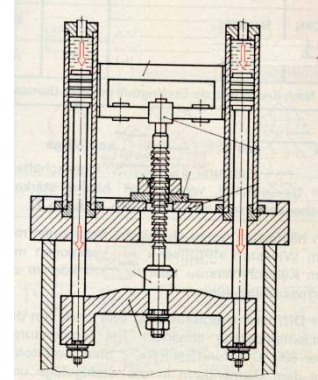
### 3.1.28 Provlačenje



Provlačenje je jedan od novijih postupaka u obradi odvajanjem čestice. Uspjeh ovog postupka proizvodnje je u visokoj kvaliteti obrade i dobroj produktivnosti. Kod obrade dubokih rupa te ravnih i spiralnih utora u njima ovaj postupak je nezamjenjiv.

To je završna obrada.

Glavno gibanje obavlja alat, dok posmičnog gibanja nema. Ako se provlači zavojnica, onda je glavno gibanje kombinirano – translacija i rotacija, dok posmaka i dalje nema.



### 3.1.29 Alati za provlačenje

Alati - ( *izvlačila ili provlačila* ) se razlikuju:  
- za **vanjsko** - „*motka*“  
- za **unutarnje** - „*igle*“  
provlačenje.

Primjeri obrađenih površina kod vanjskog i unutarnjeg provlačenja



Puščana cijev zračne puške. Kanali za rotaciju metka se izrađuju provlačenjem koje se sastoji od translacijskog i rotacijskog gibanja.



Različite igle za izradu pušanih cijevi



Alati za unutarnje provlačenja mogu biti:

1 dugačke igle - vučeni alati (*provlačači*)



2 kratke igle - potiskivani alati (*probijači*)



Alat za vanjska izvlačenja su motke koje također mogu bitivučene ili potiskivane



Alati za provlačenja se mogu sistematizirati na mnogo načina. Mogu se podijeliti i prema obliku na cilindrične, kvadratne, trokutaste, žljebaste, pravokutne,...



## Obrada materijala II

### 3.1.30 Provlačilice



Obradak i alat kod provlačenja

Provlačilice su alatni strojevi za obradu odvajanjem čestica koji rade bez posmičnog gibanja i obavljaju završnu finu obradu rupa. Izvlačilice obrađuju vansku površinu obratka.

Provlačilice i izvlačilice mogu biti:

- vertikalne (kraće)
- horizontalne (duže)



Prigoni na provlačilicama / izvlačilicama mogu biti:

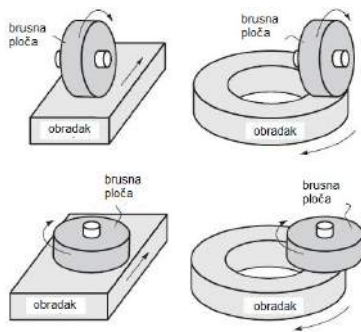
- mehanički (rijeđe)
  - zupčanik i zubna letva
  - navojno vreteno i matica
- hidraulički (najčešći)
  - dvoradni hidraulički cilindar



### Pitanja 4

1. Što je blanjanje ?
2. Kako se dijeli blanjanje ?
3. Koje su karakteristike kratkohodnog blanjanja ?
4. Kakvo je glavno gibanje, a kakav je posmak kod kratkohodnih blanjalica ?
5. Kako se dijele noževi kod blanjanja ?
6. Kako se noževi za blanjanje dijele prema držalu alata ?
7. Kako se definira koji je alat lijevi, a koji desni ?
8. Za koje se primjene koristi noževi za blanjanje ?
9. Kako se dijele blanjalice ?
10. Kakva je razlika između mehaničkih i hidrauličkih kratkohodnih blanjalica ?
11. Koje su karakteristike dugohodnog blanjanja ?
12. Kakva je razlika između mehaničkih i hidrauličkih dugohodnih blanjalica ?
13. Kakvo je glavno gibanje, a kakav je posmak kod dugohodnih blanjalica ?
14. Kakva je razlika između kratkohodnog i dugohodnog blanjanja ?
15. Kakva je razlika između blanjanja i dubljenja ?
16. Za što se načešće primjenjuje dubljenje ?
17. Kakvo je glavno gibanje, a kakav je posmak kod dubilica ?
18. Što je provlačenje ?
19. Kakva se gibanja ostvaruju kod provlačenja ?
20. Koja je razlika između provlačenja i izvlačenja ?
21. Kakvi se alati koriste kod provlačenja ?
22. Kakvi se alati koriste kod izvlačenja ?
23. Što se proizvodi provlačenjem ?
24. Što se proizvodi izvlačenjem ?
25. Što su provlačilice, a što izvlačilice i kako se dijele ?

## Obrada materijala II



4 tipa plošnog brušenja



Brusilica za plošno obodno brušenje



Plošno obodno brušenje



Plošno čono brušenje



### 3.2 Obrada odvajanjem čestice bez definirane geometrije alata

Brušenje je proizvodni postupak obrade odvajanjem čestica koji skida promjenjiv presjek strugotine. Postupak se koristi kao jedan od završnih obrada, jer njime postizemo veliku točnost i kvalitetu površine uskih tolerancija. Fino brušenje postiže stupanj hrapavosti N3 – N5 i tolerancije u razredu IT5 – IT6.

#### 3.2.1 Strojno brušenje

Osnovne karakteristike strojnog brušenja su:

- Velike glavne brzine rezanja uz male posmične brzine
- Alat bez geometrije, oblik alata je različit i neujednačen

Brušenje se dijeli prema kinematici (pa tako i brusovi) na:

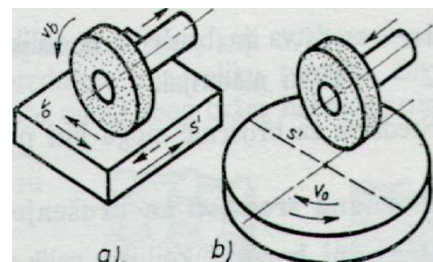
1. plošno brušenje
  - a) obodno
  - b) čono
2. kružno brušenje
  - a) vanjsko
  - b) unutrašnje
3. profilno

#### 3.2.2 Plošno brušenje

Kod plošnog brušenja glavno radno vereteno može biti smješteno horizontalno ili vertikalno i obavlja glavno gibanje, dok pomoćna gibanja obavlja radni stol pravocrtno ili kružno. Prema tome se i plošna brušenja dijela na:

##### - Brušenje obodom brusne ploče

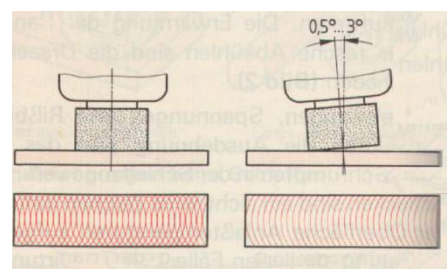
Alat (valjkasta brusna ploča) ima glavno kružno gibanje velikog broja okretaja, dok obradak obavlja posmično gibanje male brzine.



##### - Brušenje čelom brusne ploče

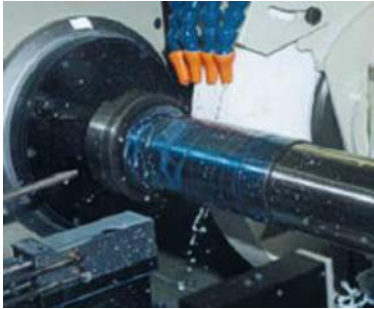
Alat - brusna ploča je obično šuplja, jer tako postiže veliku brzinu brušenja. Može se postaviti okomito na obradak ili pod nekim kutom.

O tome ovise oblici tragova brušenja, dok razmak između tragova ovisi o brzini posmaka.



## Obrada materijala II

Brusilica za čelono brušenje



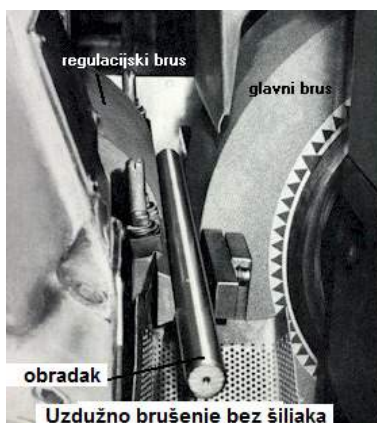
Kružno vanjsko uzdužno brušenje



Brusovi



Kružno vanjsko radijalno brušenje



### 3.2.3 Kružno brušenje

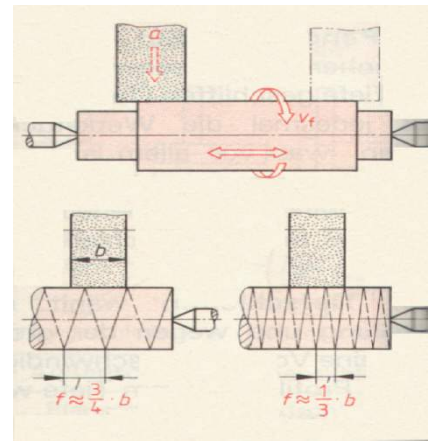
Kod brušenja obradaka kružnog presjeka razlikuju se u osnovi dvije vrste brušenja vanjsko i unutarnje

#### 3.2.4 Vanjsko brušenje :

- uzdužno
- radijalno (zasječno)
- brušenje bez šiljaka

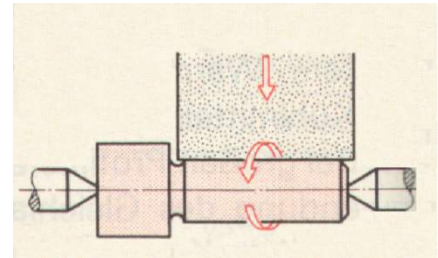
#### - Kružno vanjsko uzdužno brušenje

Glavno kružno gibanje obavlja alat, dok je posmično gibanje sastavljeno od dva: - kružnog koje obavlja obradak i uzdužnog koji mogu obavljati alat ili obradak. Koristi se kod brušenja predmeta kružnih oblika različitih dužina. Alat je kraći od obratka koji se brusi



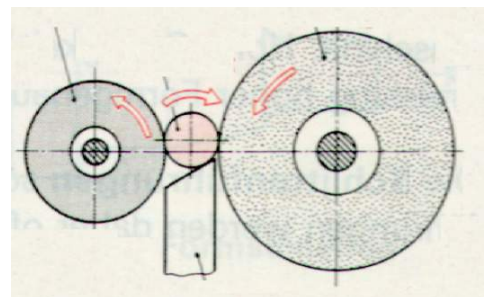
#### - Radijalno (zasječno) vanjsko kružno brušenje

Glavno kružno gibanje obavlja alat, dok je posmično gibanje radijalno – prema obratku. Brusna ploča mora biti istih dimenzija kao i obradak ili veća. Nema uzdužnog gibanja, postiže se bolji učinak nego kod kružnog vanjskog uzdužnog brušenja.



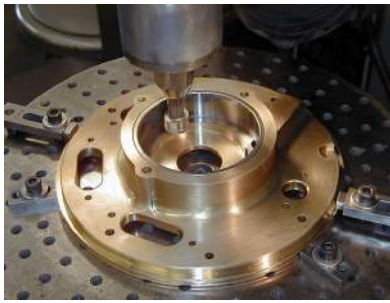
#### - Vanjsko kružno brušenje bez šiljaka

To je posebna metoda kružnog brušenja kod kojeg obradak nije stegnut između šiljaka, nego je postavljen samo na potpornu ploču (podupirač) i umetnut između dvije brusne ploče. Jedna od tih ploča je glavna velike obodne brzine, dok je druga ploča regulacijska (vodeća). Regulacijska ploča ima malu obodnu brzinu i služi za kočenje okretanja obratka do potrebne brzine. Postupak može biti uzdužni (aksijalni) i zasječni (radijalni).





## Obrada materijala II



Kružno unutrašnje uzdužno brušenje



Kružno unutrašnje radijalno brušenje



Alati – brusevi za unutrašnje kružno brušenje



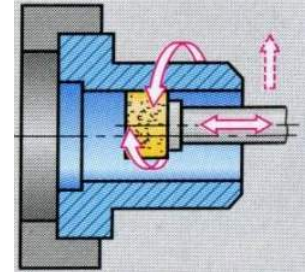
Vanjsko planetarno brušenje

### 3.2.5 Unutarnje brušenje :

- uzdužno
- radijalno (zasječno)
- brušenje bez šiljaka

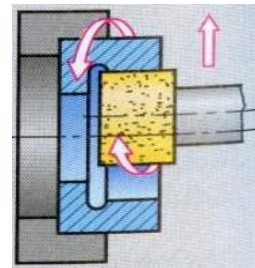
#### - Kružno unutrašnje uzdužno brušenje

Kao i kod vanjskog kružnog uzdužnog brušenja glavno gibanje (kružno) obavlja alat, dok je posmična gibanja (kružno i uzdužno) obavljaju alat i obradak. Alat je kraći od obratka koji se brusi.



#### - Radijalno unutrašnje kružno brušenje

Glavno kružno gibanje obavlja alat kao kod vanjskog radijalnog brušenja. Posmično gibanje koje je samo radijalno – prema obratku obavlja alat ili obradak. Brusna ploča mora biti istih dimenzija kao i obradak ili veća. Nema uzdužnog gibanja.



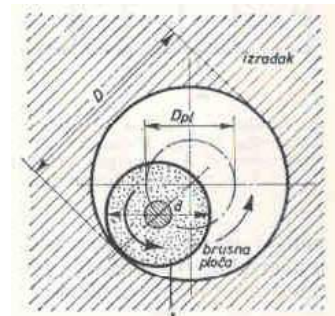
Brusilice za unutarnja brušenja mogu imati i vretena za čeonu brušenja.



Kada se moraju brusiti teški glomazni predmeti za unutarnje brušenje može se koristiti planetarno brušenje.

#### - Planetarno brušenje

Kod obradaka većih dimenzija i težine koristi se planetarno unutrašnje kružno brušenje. Postupak može biti radijala ili aksijalan (zasječni ili uzdužni). Alat obavlja glavno kružno gibanje, ali se još os alata rotira po kružnoj putanji. Ovim načinom mogu se brusiti veliki promjeri na teškim predmetima koji ne obavljaju nikakva pomoćna gibanja.

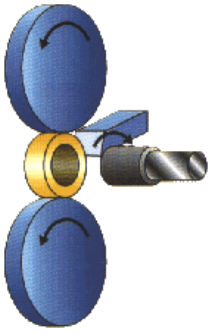




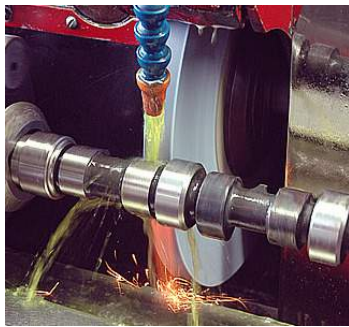
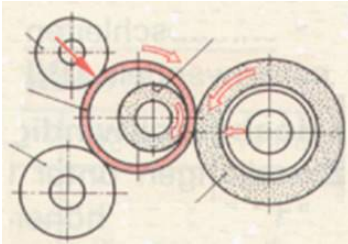
## Obrada materijala II

### - Unutarnje kružno brušenje bez šiljaka

To je posebna metoda kružnog brušenja kod kojeg obradak nije stegnut između šiljaka, nego je postavljen samo na potporne valjke (podupirače) i umetnuta je brusne ploče. Brusna ploča – alat koji je u predmetu radi glavno gibanje dok posmak može raditi alat ili obradak. Koristi se kod velikih teških predmeta koje je teško upeti u steznu napravu.

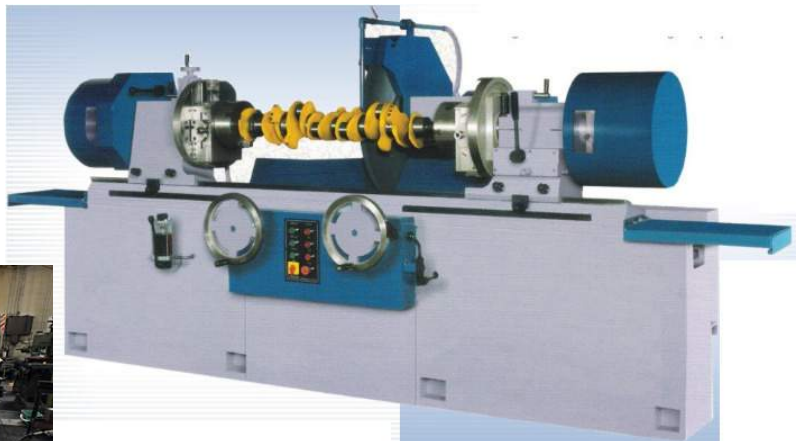
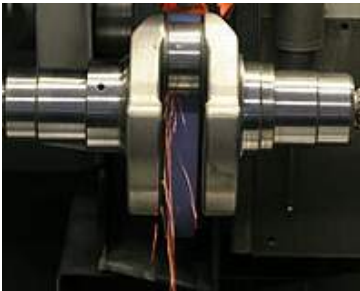


Shematski prikazi unutarnjeg brušenja bez šiljaka



### 3.2.6 Kružna brušenja ekscentričnih obradaka:

Bregaste osovine i koljenaste osovine spadaju među ekscentrične izratke koji zahtijevaju izrazitu preciznost u kvaliteti materijala i obrade. Brušenje ovakvih obradaka zahtijeva posebne uvjete brušenja. Putanja reusa mora biti jednaka krivulji površine obratka. Alat - brus mora osim glavne rotacione brzine gibanja imati dostavno gibanje približavanja i udaljavanja obratku u ovisnosti o kutu zakreta obratka. (npr. krivuljne ploče ili model s ticalom) Moderne verzije strojeva koci CNC upravljanja moraju imati i C-os za obradu ekscentričnog brušenja.



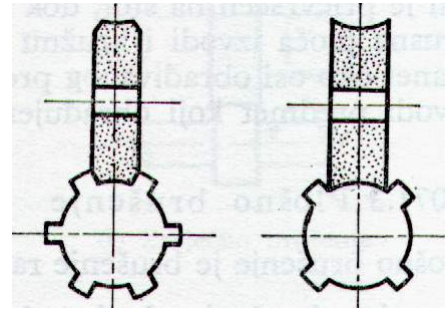
## Obrada materijala II

### 3.2.7 Profilno brušenje



Profilno brušenje

Upotrebljava se kao završna obrada kod raznih izljebljenih vratila. Profil brusne ploče je u zavisnosti sa profilom obrađivane površine. Glavno gibanje obavlja brus, a obradak se giba posmičnom pravocrtnom putanjom.

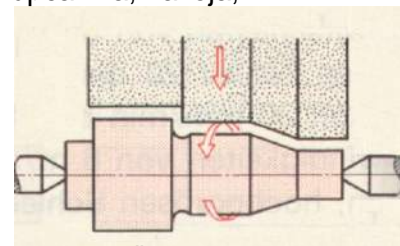


Profilne brusne ploče



Brušenje zupčanika

U ovu grupu brušenja spadaju i kružna brušenja vratila, brušenja zupčanika, navoja,....



Brušenje vratila



Brušenje vanjskog navoja

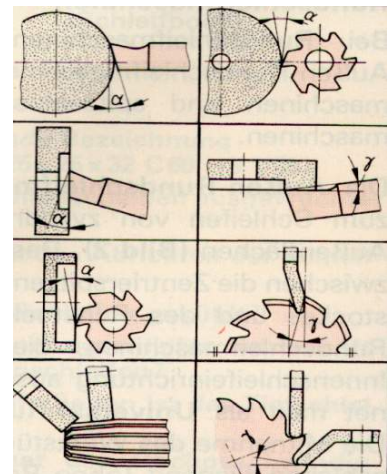


Brušenje unutrašnjeg navoja



Brušenje spiralnog svrdla

Posebnu grupu po načinu brušenja čine brusovi za brušenje alata.



Ručno brušenje tokarskog noža



Stroj za brušenje tokarskog noža



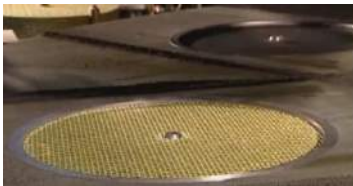
## Obrada materijala II



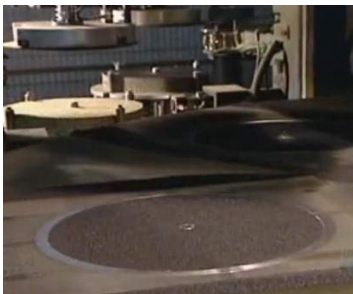
Brusna zrnca



Sijanje smjese brusnih zrnaca za izradu brusne ploče



Pripremljeni kalup sa umetnutom mrežom od staklene vune za tanke brusne ploče



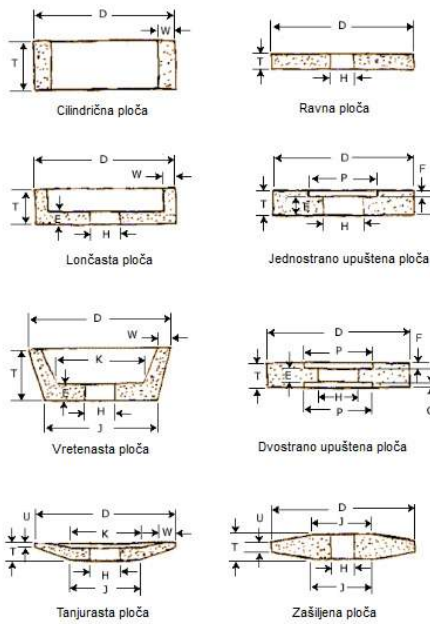
Napunjeni kalup



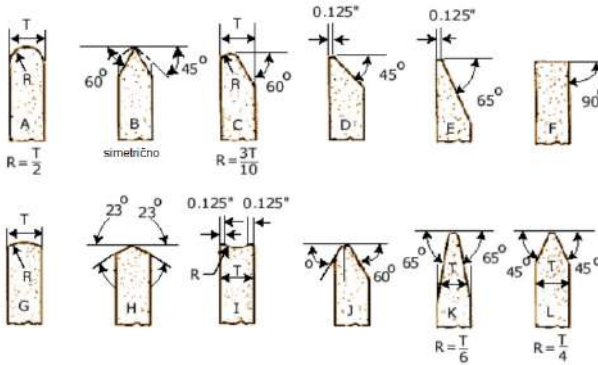
Zatvaranje kalupa za pečenje pod velikim pritiskom



Dijamant kod jednozrnatog poravnjivača može imati 0.15 – 5 karata



Presjeci standardnih profilnih brusnih ploča



### 3.2.8 Izrada brusnih ploča

kreće od izbora brusnih zrnaca i veziva koja se ubacuju u mješalice. Nakon mješanja slijedi sušenje smjese te sijanje kako bi se točno definirala potrebna zrnatost brusne ploče. Prosijana smjesa se puni u kalupe te se pod visokim pritiskom zapeče.

Slijedeći korak je uprešavanje prstena koji služi kao zaštita ploče i olakšava montažu ploče u stroj.



Kod većih i debljih brusnih ploča nakon pečenja i vađenja iz kalupa slijedi centriranje ploče. Ploča se okreće većom brzinom (do 40%) od radne brzine same ploče. Centriranje se obavlja pomoću poravnjivača.



Jednozrnati poravnjivači

## Obrada materijala II