



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

Predmet: **Osnovi mašinskih tehnologija**

Nastavnik: *Prof. dr Marin Gostimirović*



# ***TEHNOLOGIJA OBRADE SKIDANJEM MATERIJALA***

Novi Sad, šk. 2014/2015. god.

# TEHNOLOGIJA OBRADRE REZANJEM

## *Brušenje*

- ★ **Brušenje** je jedan od važnijih postupaka, naročito za obradu visoke tačnosti i kvaliteta obrađene površine.
- ★ Brušenjem se mogu obrađivati vrlo **tvrdi i čvrsti materijali** i oblikovati radni predmeti cilindričnog, prizmatičnog ili složenog oblika.
- ★ U novije vreme, pored *klasičnog višeprolaznog brušenja*, u primeni su i postupci **brušenja visoke proizvodnosti** i kvaliteta obrade.
- ★ Kod brušenja alat izvodi glavno kružno kretanje, dok pomoćno kružno ili pravolinijsko kretanje izvodi obradak.
- ★ **Debljina sloja materijala** koja se u jednom prolazu skida sa predmeta obrade određena je dubinom rezanja  $a$ .



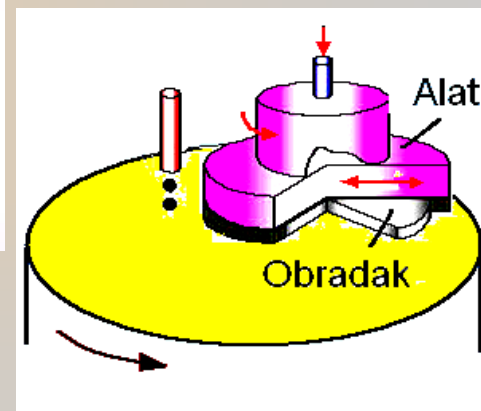
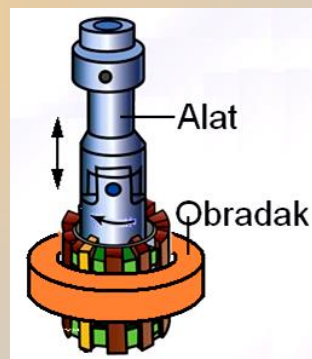
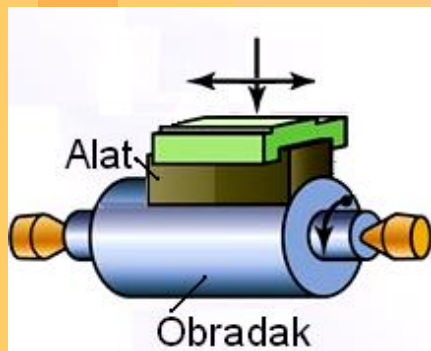
# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Brušenje – osnovni zahvati*

B R U Š E N J E		
KRUŽNO	RAVNO	SLOŽENIH POVRŠINA
<b>Spoljašnje</b> 	<b>Obimno</b> 	<b>Rotacionih profilnih površina</b> 
<b>Unutrašnje</b> 	<b>Čeono</b> 	<b>Pravolinijskih profilnih površina</b> 
<b>Poprečno</b> 	<b>Obimno sa obrt. stolom</b> 	<b>Zavojnica</b> 
<b>Bez šiljaka</b> 	<b>Čeono sa obrt. stolom</b> 	<b>Zupčanika</b> 

# TEHNOLOGIJA OBRADJE REZANJEM

## *Brušenje – osnovni zahvati glačanja*



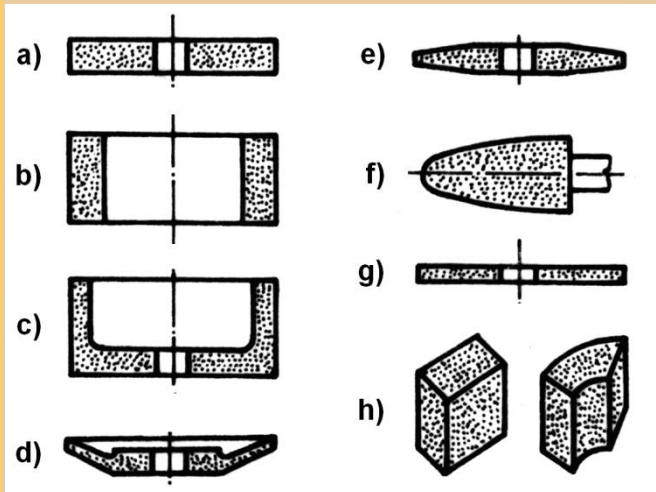
*a) superfiniš; b) lepovanje; c) honovanje; d) poliranje*

# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Brušenje*

### *Alati za obradu brušenjem*

- ★ *Alati za obradu brušenjem - tocila* su **višesečni alati** sastavljeni od velikog broja brusnih zrna nedefinisane rezne geometrije.
- ★ Brusna zrna su međusobno povezana poroznim vezivnim sredstvom u jednu celinu određenog oblika i dimenzija.
- ★ Pregled **osnovnih oblika tocila**.



*a) koturasto; b) obručasto; c) lončasto; d) tanjirasto; e) konično; f) vretenasto; g) lisnato; h) segmenti*



# TEHNOLOGIJA OBRADRE REZANJEM

## Brušenje

### Karakteristike tocila

- ★ Definišu osnovnu **topografiju radne površine tocila**, omogućuju pravilan izbor i korišćenje tocila.
- ★ Karakteristike su definisane preko **oznake** ispisane na neradnoj površini tocila

KARAKTERISTIKE TOCILA →	MAT. BRUS. ZRNA	KRUPNOĆA ZRNA	TVRDOĆA	STRUKTURA	VEZIVNO SRED.
PRIMER OZNAČAVANJA	<b>C</b>	<b>100</b>	<b>M</b>	<b>10</b>	<b>V</b>

KRUPNOĆA			
gruba	srednja	fin	vrlo fina
	30	70	
8	36	80	240
10	46	90	280
12	54	<b>100</b>	320
14	60	120	400
16		150	500
20		180	600
24		220	800

MAT. BRUS. ZRNA	
korund	<b>A</b>
silicijumkarbid	<b>C</b>
borkarbid	<b>BC</b>
kubni nitrid bora	<b>BN</b>
sintetički dijam.	<b>D</b>

STRUKTURA														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>10</b>	11	12	13	14
← zatvorena struktura										otvorena struktura →				

VEZIVNO SREDSTVO	
<b>V</b>	keramičko vezivo
<b>S</b>	silikatno vezivo
<b>R</b>	gumeno vezivo
<b>RF</b>	gumeno vezivo ojačano vlaknima
<b>B</b>	veštačka smola
<b>BF</b>	veštačka smola ojačana vlaknima
<b>Mg</b>	magnezitno vezivo
<b>M</b>	metalno vezivo

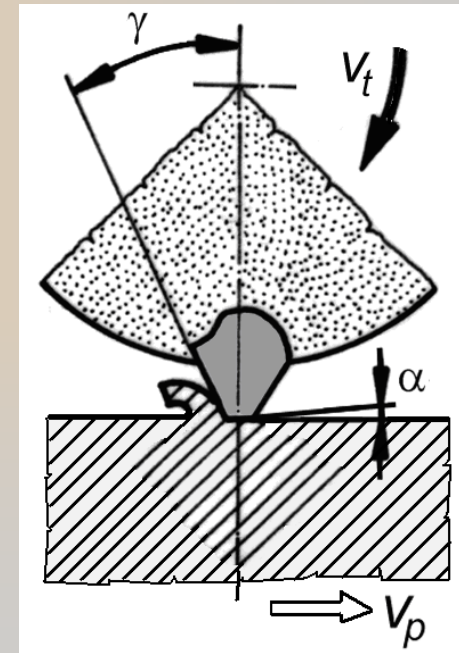
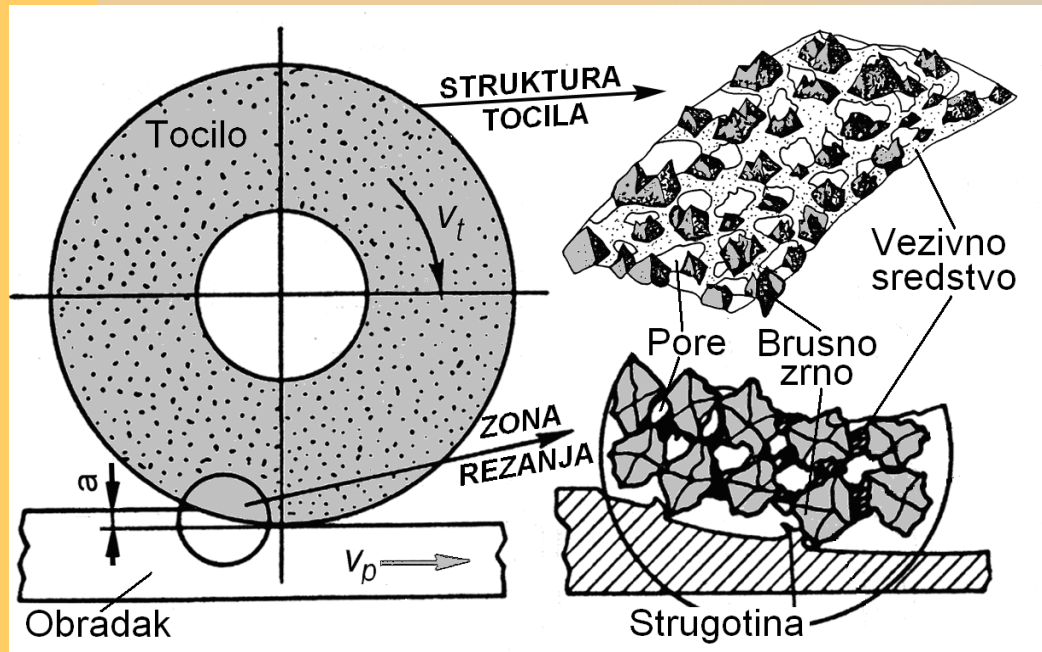
TVRDOĆA				
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	izuzetno meka
<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	-	vrlo meka
<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	mek
<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	srednja
<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	tvrda
<b>T</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	vrlo tvrda
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	-	izuzetno tvrda

# TEHNOLOGIJA OBRADRE REZANJEM

## *Brušenje*

### Struktura i rezna geometrija tocila

- ★ Proces rezanja pri brušenju se ostvaruje tako što istovremeno veći broj brusnih zrna zahvata vrlo tanak sloj materijala..
- ★ Proces brušenja se odvija sa različitim geometrijskim oblikom brusnih zrna. Zbog toga, svako zrno ima drugačiju i **nedefinisanu reznú geometriju**.



# TEHNOLOGIJA OBRADRE REZANJEM

## Brušenje

### Sile i snaga rezanja

Komponente rezultujućeg otpora rezanja

✓ glavna sila rezanja  $F_{vm}$ ,

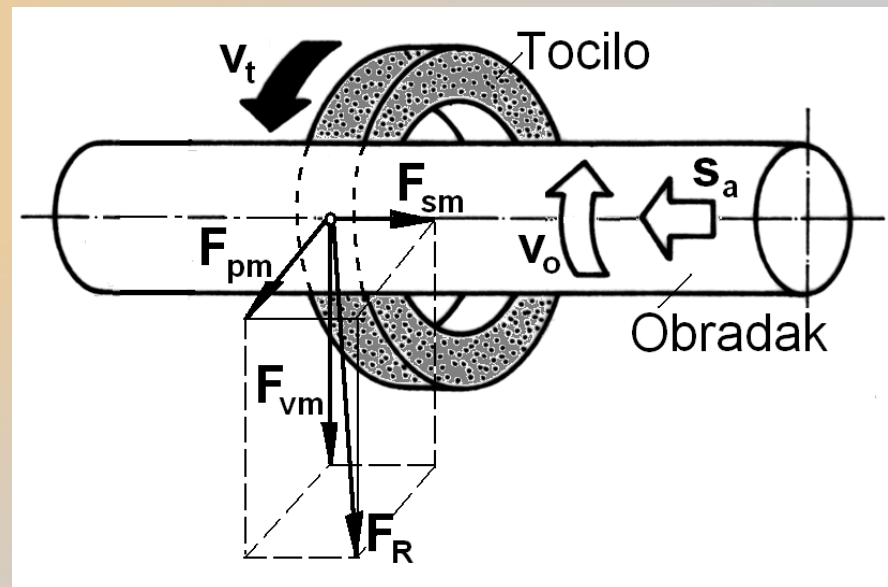
$$F_{vm} = \frac{v_o}{v_t} a \cdot s_a \cdot k_{vm}$$

✓ sila pomoćnog kretanja  $F_{sm}$

✓ sila prodiranja  $F_{pm}$

Snaga pogonskog elektromotora

$$P_M = \frac{F_{vm} \cdot v_t}{\eta}$$





## *Brušenje*

### *Režim obrade*

Zavisno od postupka brušenja, sačinjavaju parametri kojima se definišu glavno, pomoćno i neka sporedna kretanja na mašini

- ★ dubina rezanja  $a$
- ★ brzina pomoćnog kretanja  $v_o$
- ★ pomak  $s$
- ★ brzina rezanja  $v$ , odnosno broj obrtaja  $n$

## *Brušenje*

### *Dubina rezanja*

- ★ **Debljinu sloja materijala** koji se skida pri brušenju u jednom prolazu.
- ★ Dubina rezanja **određuje se zavisno** od: *postupka brušenja; zahtevanog kvaliteta obrade; materijala i dimenzija obratka; karakteristika tocila; snage mašine alatke* itd
- ★ Dubina rezanja je u direktnoj vezi sa ukupnim **dodatkom za obradu  $\delta$**  koji može da se skida u jednom ili više prolaza
- ★ Dodatak za brušenje se deli na *dodatak za grubo* i *dodatak za fino brušenje*  
$$\delta_g = 0,8 \cdot \delta$$
$$\delta_f = 0,2 \cdot \delta$$
- ★ **Broj prolaza za grubo/fino brušenje** određuje se na osnovu sledećeg izraza kod kružnog/ravnog brušenja

$$i_{g/f} = \frac{\delta_{g/f}}{2 \cdot a_{g/f}} \quad i_{g/f} = \frac{\delta_{g/f}}{a_{g/f}}$$

## Brušenje

### Brzina pomoćnog kretanja

Određivanje brzine pomoćnog kretanja obratka može se izvršiti na više načina

- ★ **Prvi način** ➤ Najjednostavniji postupak je **usvajanje brzine obratka** na osnovu različitih preporuka zavisno od: *vrste brušenja, tocila, materijala obratka* i dr
- ★ **Drugi način** ➤ **Bazira na izračunavanju** brzine obratka za prethodno usvojenu maksimalnu brzinu rezanja (tocila)  $v_t$ , odnosno

$$v_o = \frac{v_t}{q}$$

- ★ **Treći način** ➤ Za određivanje brzine obratka koristi se **empirijska jednačina**

$$v_o = \frac{C}{\sqrt{a/D_{te}}}$$

- ★ Merodavni **broj obrtaja obratka**  $n_o$  kod kružnog, odnosno **broj radnih hodova**  $n_L$  kod ravnog brušenja, sada se određuje respektivno iz izraza

$$n_o = \frac{v_o}{D_o \cdot \pi}$$

$$n_L = \frac{v_o}{L}$$

## *Brušenje*

### *Pomak*

- ★ U zavisnosti od vrste brušenja razlikuje se više vrsta pomaka. Tako, kod kružnog brušenja postoji **aksijalni pomak**  $s_a$ , kod ravnog brušenja sa koturastim točilom **bočni pomak**  $s_b$ , a kod radijalnog brušenja **radijalni pomak**  $s_r$ .
- ★ **Aksijalni i bočni pomak zavise od širine radne površine** koturastog točila  $B$  i kvaliteta brušenja. Obično se uzima da je kod grube obrade  $s_{a/b}=(0,6\div 0,8)B$ , odnosno kod fine obrade  $s_{a/b}=(0,2\div 0,4)B$ .
- ★ **Radijalni pomak ima istu vrednost kao dubina brušenja** koja se skida za svaki obrtaj radnog predmeta, odnosno  $s_r=a$
- ★ Prethodno usvojene vrednosti pomaka neophodno je **proveriti s obzirom na raspoloživu snagu mašine alatke**

$$s_{a/b} \leq \frac{P_M \cdot \eta}{v_o \cdot a \cdot k_{vm}}$$

$$s_r \leq \frac{P_M \cdot \eta}{v_o \cdot B \cdot k_{vm}}$$

## *Brušenje*

### *Brzina rezanja*

- ★ Na brzinu rezanja **utiče veliki broj faktora**, stim da maksimalnu brzinu rezanja ne određuje postojanost alata, već otpornost tocila prema rasprskavanju zbog delovanja unutrašnjih napona.
- ★ **Dozvoljena brzina tocila** koja je dosta manja od kritične brzine pri kojoj dolazi do rasprskavanja tocila, odnosno

$$v_t = \frac{v_{tk}}{U}$$

- ★ Uzimajući u obzir spoljašnji prečnik tocila  $D_t$  i prethodno određenu dozvoljenu brzinu tocila, određuje se dozvoljeni **broj obrtaja tocila** koji se ne sme prekoračiti u primeni datog tocila, odnosno

$$n_t = \frac{v_t}{D_t \cdot \pi}$$



# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## Brušenje

### Glavno vreme obrade

- ★ Kod *kružnog brušenja* glavno vreme se određuje primenom sledećeg izraza

$$t_g = i \frac{L \cdot k}{s_a \cdot n_o}$$

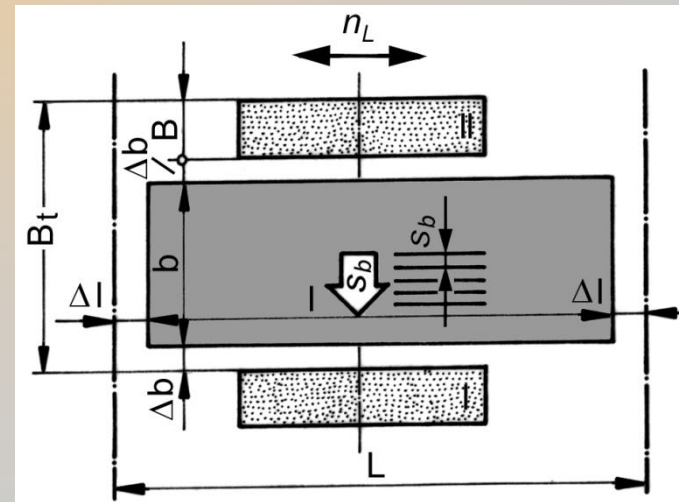
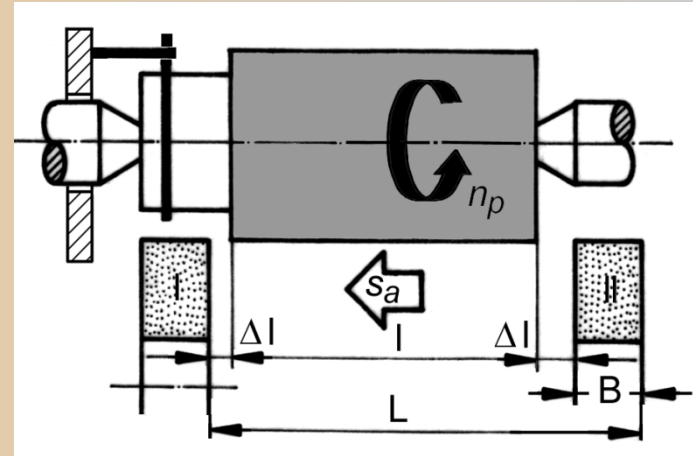
$$L = l + 2\Delta l + B$$

- ★ Kod *ravnog brušenja* koturastim tocilom, glavno vreme obrade se određuje korišćenjem sledećeg izraza

$$t_g = i \frac{B_t \cdot k}{s_b \cdot n_L}$$

$$B_t = b + 2\Delta b + B$$

$$L = l + 2\Delta l$$

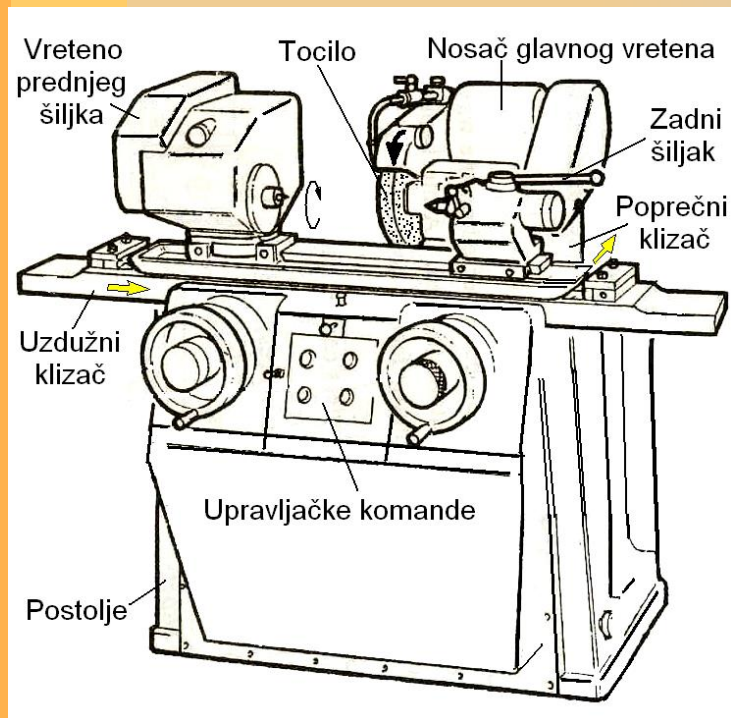


# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Klasične brusilice*

### *Brusilice za kružno spoljašnje i/ili unutrašnje brušenje*

Koriste se za obradu cilindričnih površina. Radni predmet se steže između šiljaka ili primenom stezne glave. Obrada se sprovodi pri uzdužnom kretanju radnog stola brusilice ili pri poprečnom (radijalnom) kretanju tocila

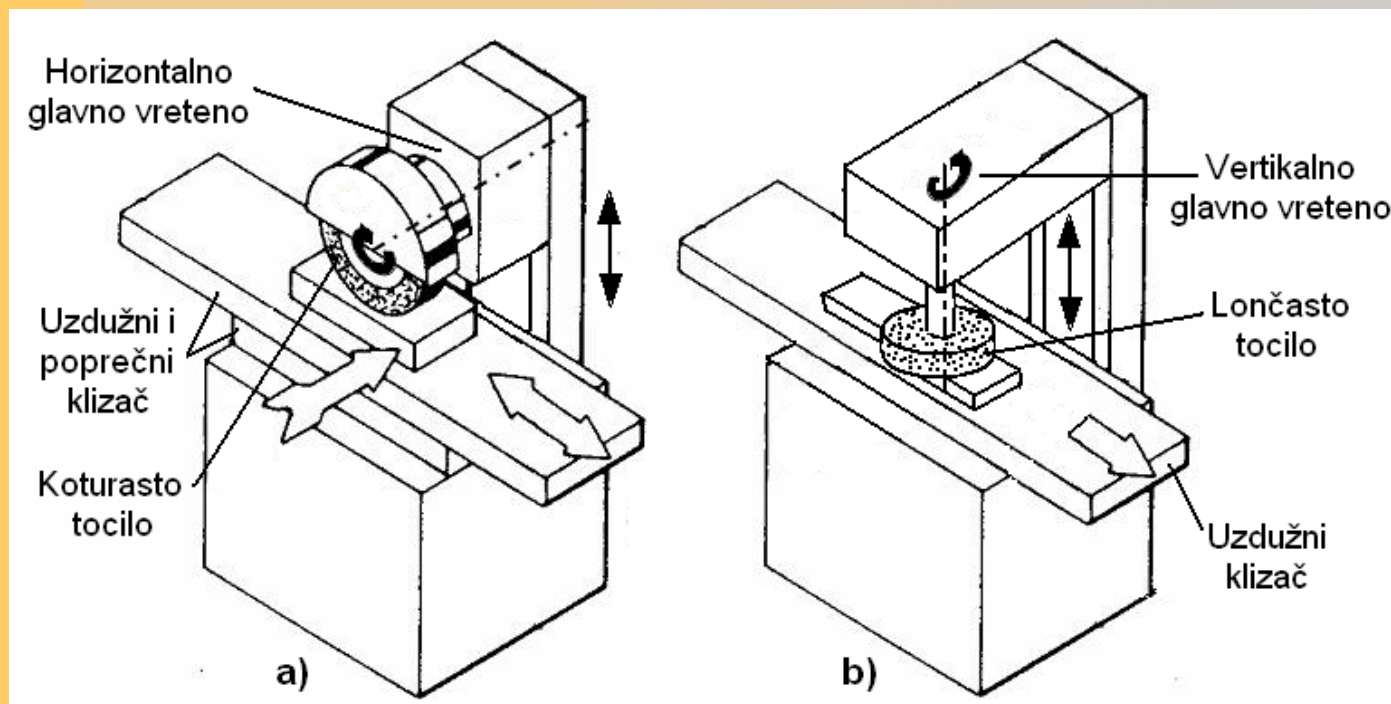


# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Klasične brusilice*

### *Brusilice za ravno obimno ili čeono brušenje*

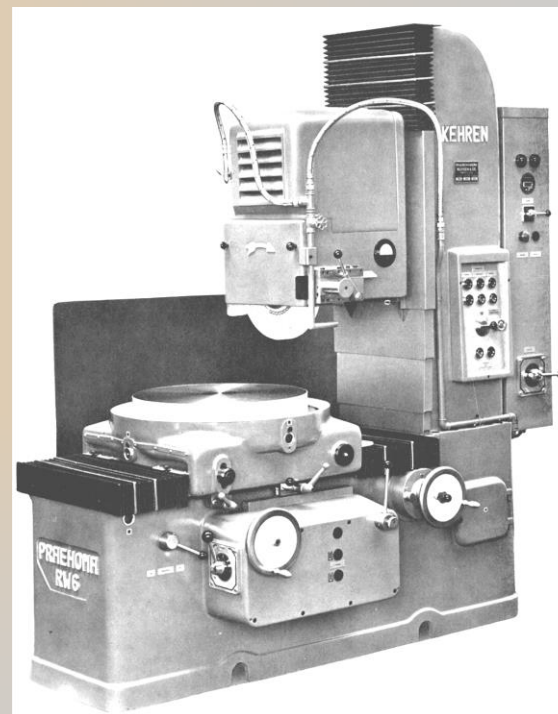
Izrađuju se za rad sa horizontalnom osom tocila (brušenje obimnom površinom koturastog tocila) ili vertikalnom osom tocila (brušenje čeonom površinom lončastog tocila). Mogu biti sa pravougaonim radnim stolom i okruglim radnim



# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Klasične brusilice*

### *Brusilice za ravno brušenje sa pravouglim ili okruglim stolom*

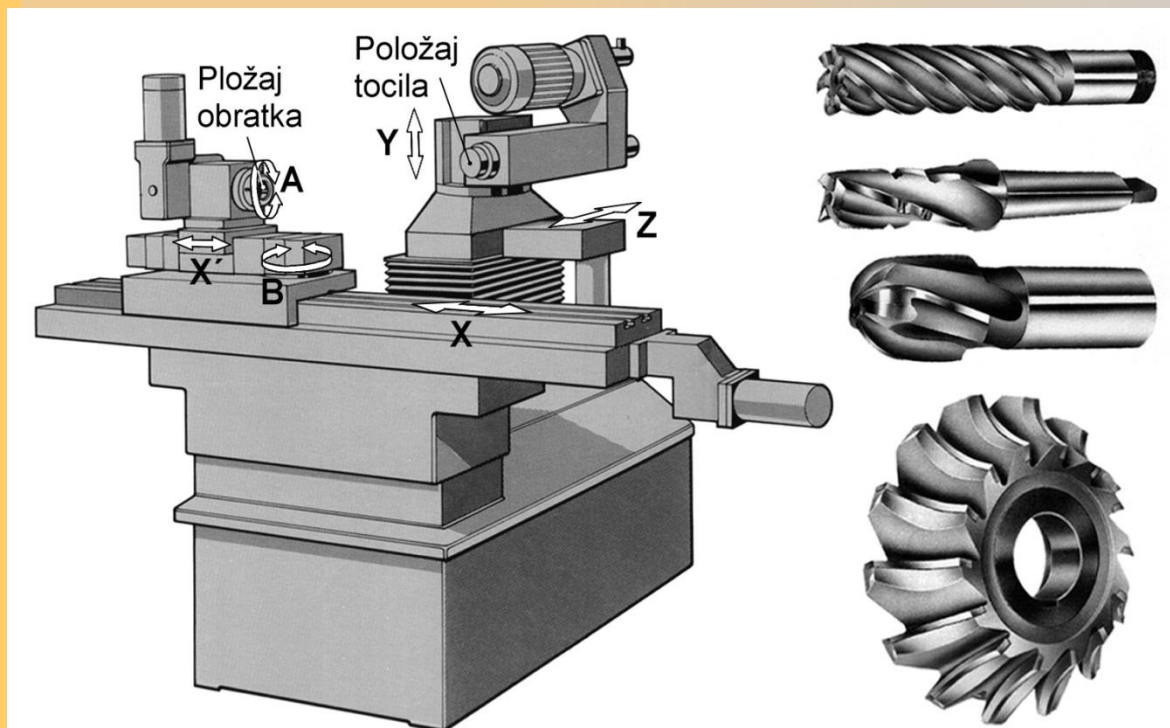


# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Klasične brusilice*

### *Brusilice specijalne namene*

**Brusilice za specijalne namene** se koriste za obradu složenih profilnih površina. U ovu grupu se svrstavaju brusilice za: *oštrenje alata, brušenje zupčanika, izradu navoja, brušenje složenih vratila i sl*



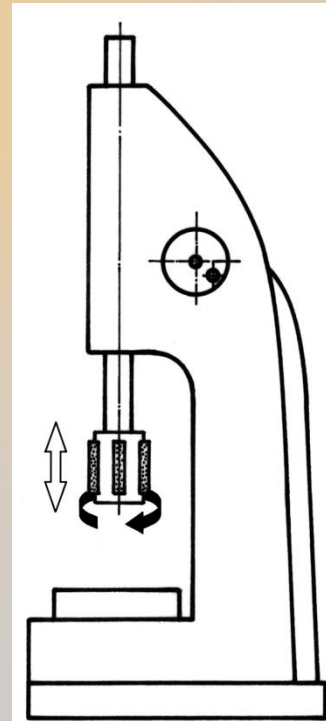
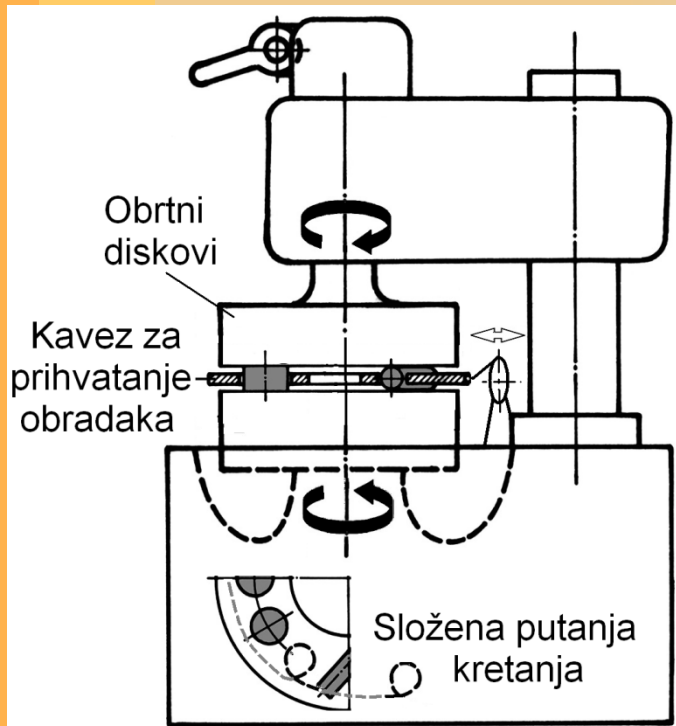


# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Klasične brusilice*

### *Brusilice za glačanje*

**Brusilice za glačanje** predstavljaju mašine alatke za najfiniju obradu. U zavisnosti od oblika i dimenzija delova koji se glačaju, razlikuju se mašine alatke za: *lepovanje*, *honovanje*, *poliranje* i sl

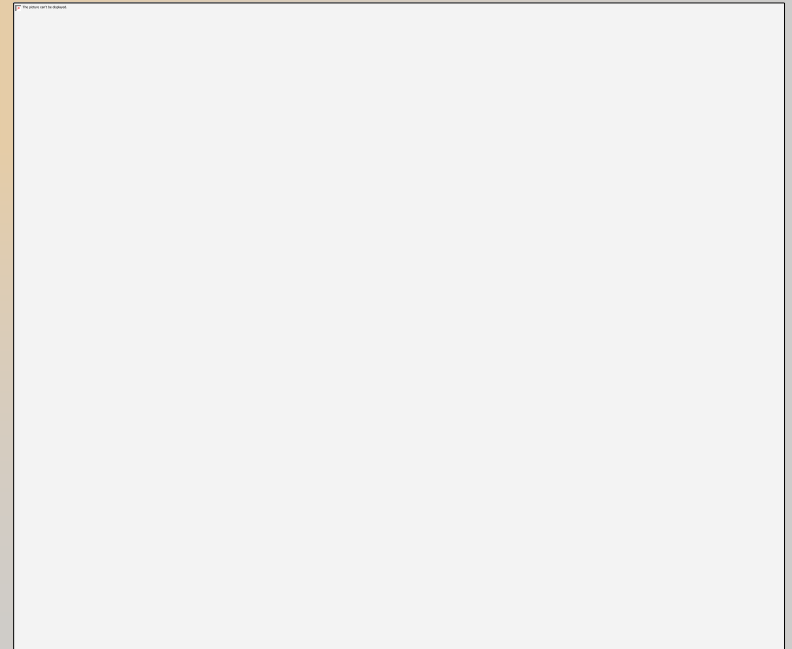
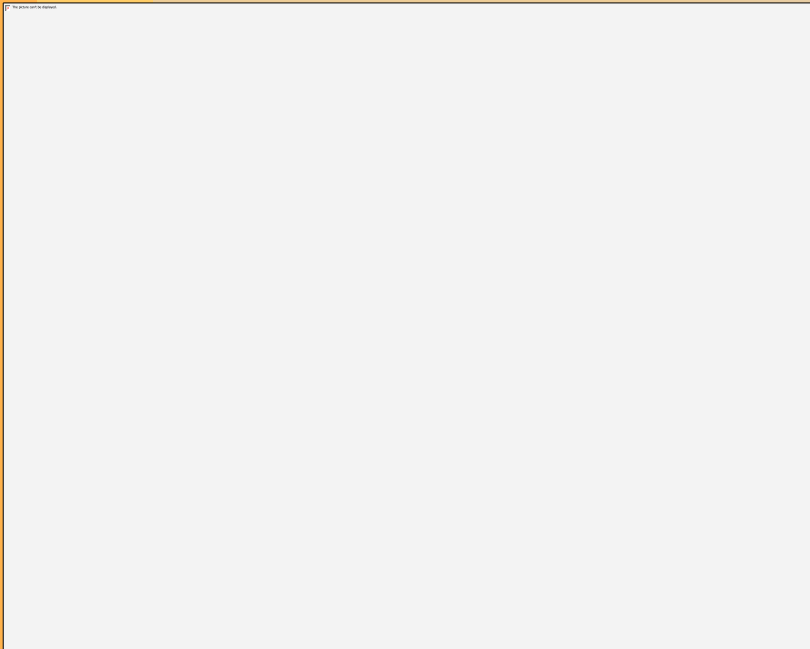


# TEHNOLOGIJA OBRADJE REZANJEM

## *Numerički upravljane brusilice*

### CNC brusilice

Koriste za obradu delova sa složenim profilima. U tom slučaju se, umesto skupih profilnih tocila, koriste jednostavna tocila standardnog oblika, dok se složeni oblik profila postiže programskim upravljanjem parametara obrade



# TEHNOLOGIJA OBRADE REZANJEM

## *Numerički upravljane glodalice*

### *CNC obradni centri i fleksibilni obradni moduli za brušenje*

CNC obradni centri i fleksibilni obradni moduli za brušenje imaju pridodat magacin tocila, odnosno i sistem paleta za obratke, sa manipulatorom za njihovu automatsku izmenu. Ovo su savremeni obradni sistemi namenjeni za automatsku obradu familije delova složenog geometrijskog oblika

