

POSTUPCI ZAVRŠNE OBRADJE

**BRUŠENJE
SUPERFINIŠ
HONANJE
LEPANJE**

Doc. dr.sc. Damir Ciglar

DIN 8580

SJEČENJE I KIDANJE	REZANJE S GEOMETRIJSKI ODREĐENOM OŠTRICOM	REZANJE S GEOMETRIJSKI NEODREĐENOM OŠTRICOM	OBRADA ODNOŠENJEM	RASTAVLJANJE BEZ RAZARANJA	ČIŠĆENJE	EVAKUIRANJE
	TOKARENJE	BRUŠENJE	ELEKTROEROZIJA			
	BLANJANJE, DUBLJENJE	HONANJE	ELEKTRONSKI MLAZ			
	GLODANJE	SUPERFINIŠ	LASER			
	PROVLAČENJE	LEPANJE	KEMIJSKA			
	BUŠENJE, UPUŠTANJE, RAZVRTAVANJE	ODREZIVANJE BRUSNIM SREDSTVOM	ELEKTROKEMIJSKA			
	PILENJE		ULTRAZVUČNA			
	TURPIJANJE		VODENI MLAZ			
	GRECANJE					

Postupci obrade odvajanjem čestica (DIN8580)

- Brušenje
- Superfinaš
- Honanje
- Lapanje

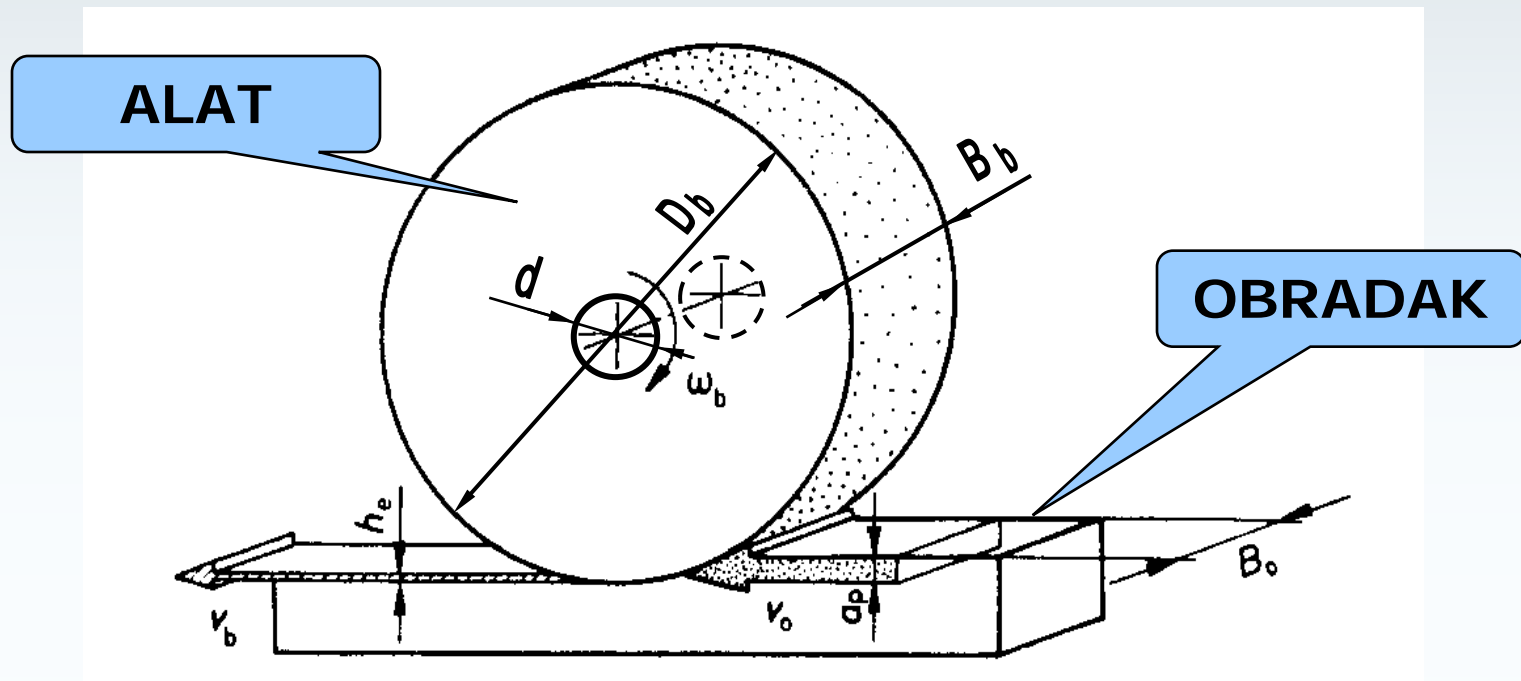
**Strojni postupci OOČ
reznim alatom s
geometrijski
neodređenom oštricom**

Postupci završne obrade (superfine)

BRUŠENJE

- Najzastupljeniji i najgospodarstveniji postupak završne obrade odvajanjem čestica
- Primjena postupka za završnu obradu tvrdih površina ravnog, cilindričnog ili profilnog oblika
- Dodatak materijala za završnu obradu brušenjem je od 0,1 do 0,2 mm
- Ostvarivi razred hrapavosti površina N3 – N6, nosivost površine do 40%

- ALAT** - brusna ploča $D_b \times B_b \times d$
- rezanje vrši istovremeno mnogo oštrica
 - glavno gibanje rotacija alata $v_c = v_b = D_b \cdot \pi \cdot n_b$, m/s
 - posmično gibanje – obradak-pravocrtno, kružno, komb.



PODJELA POSTUPAKA BRUŠENJE

Ovisno od oblika površine koja se obrađuje:

- brušenje okruglih vanjskih površina
- brušenje okruglih unutarnjih površina
- brušenje ravnih površina
- brušenje složenih površina

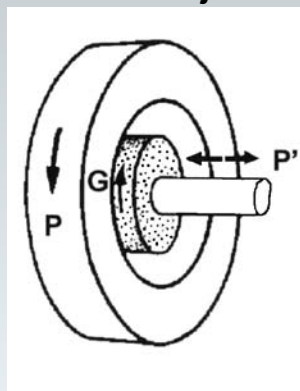
Ovisno o položaju rezne površine brusa prema obratku:

- obodno brušenje - brušenje obodom brusa
- stranično ili čeono brušenje - brušenje stranicom brusa
- profilno brušenje - brušenje površinom brusa složenog oblika

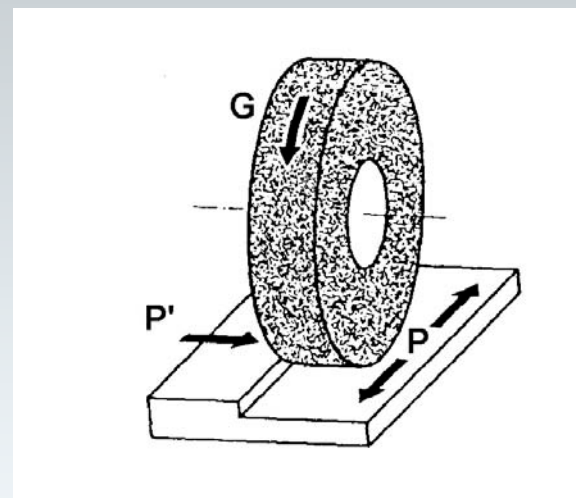
vanjsko



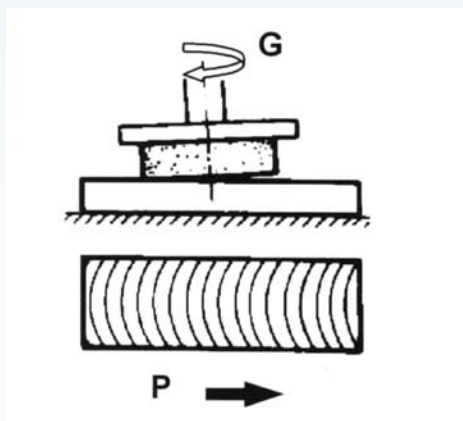
unutarnje



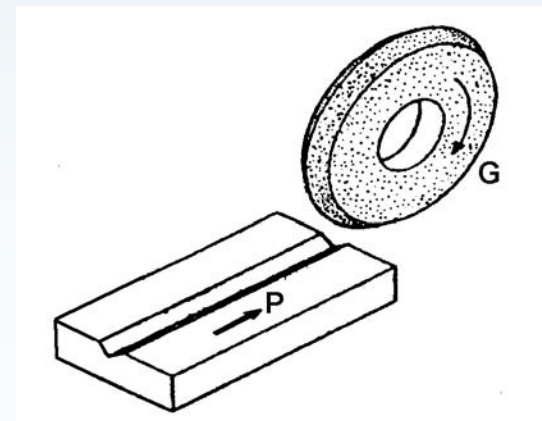
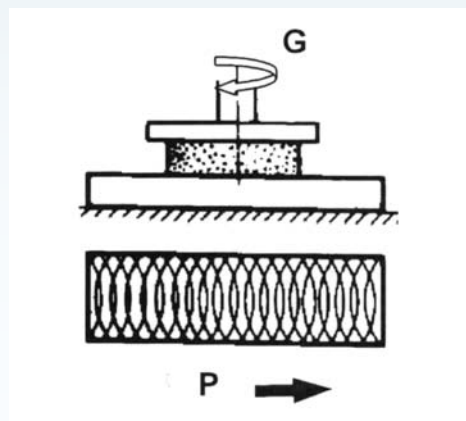
obodno ravno



obodno okruglo

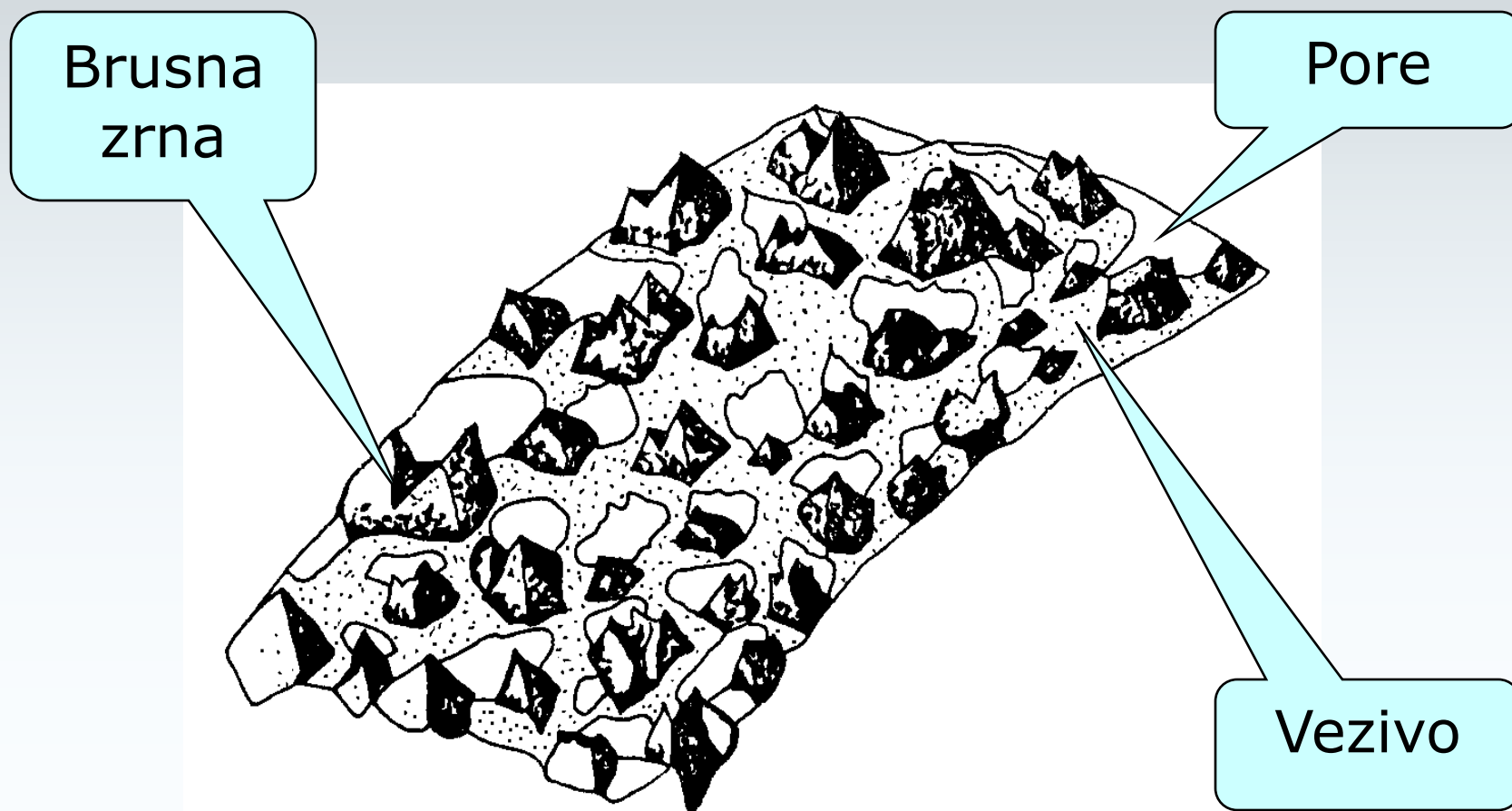


čeono ravno



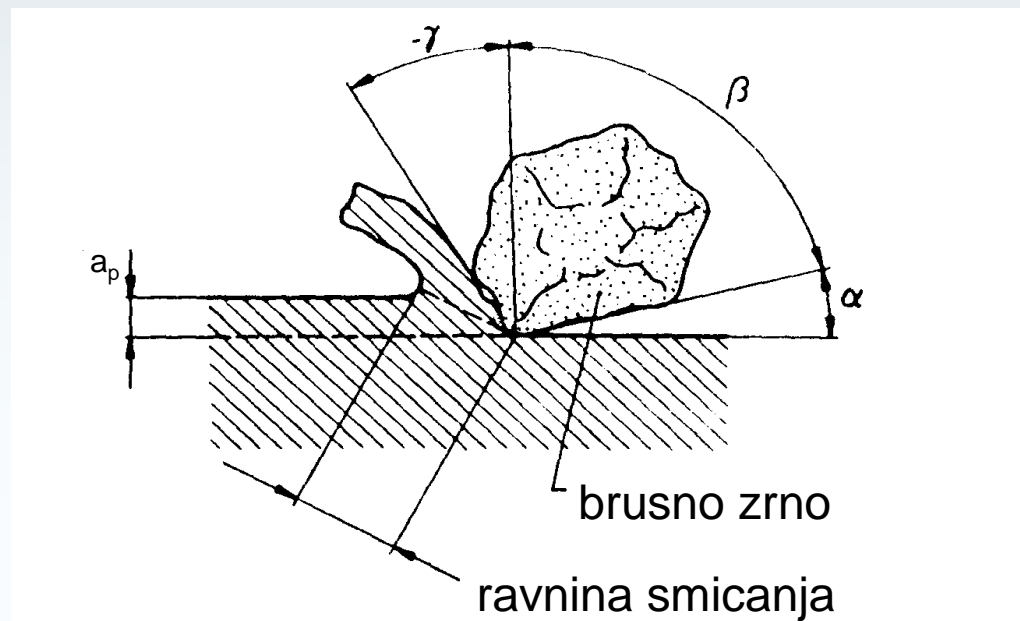
profilno

REZNA POVRŠINA BRUSA



BRUSNA ZRNA

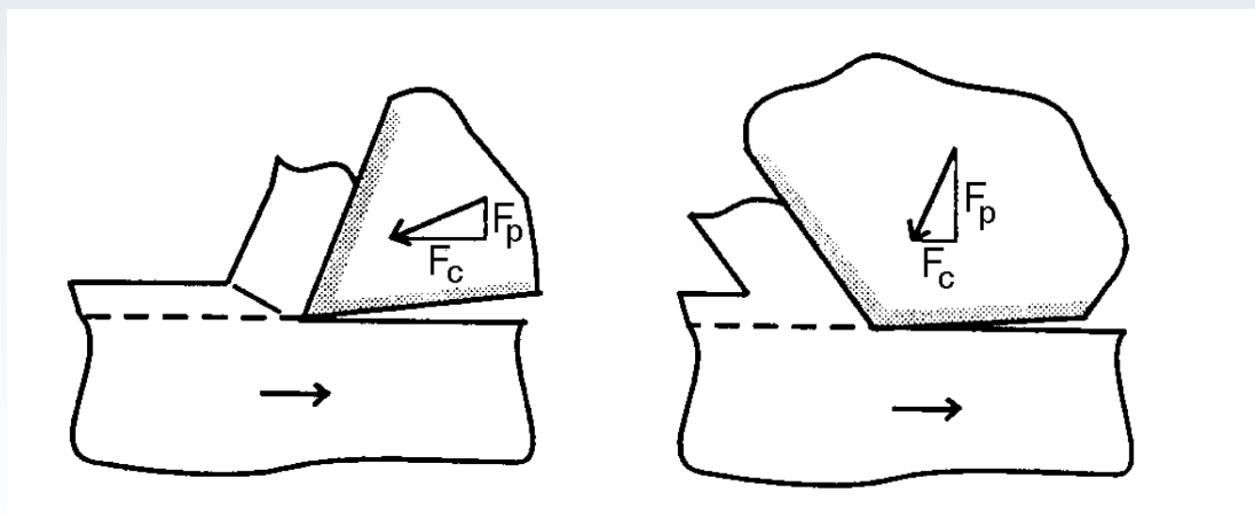
- Neujednačena, nedefinirane rezne geometrije, nejednoliko raspoređena na reznoj površini brusa
- oblik brusnih zrna - negativni prednji kut do -45°



SILE BRUŠENJA

F_c - glavna sila brušenja

F_p - pasivna, natražna ili odzivna sila brušenja

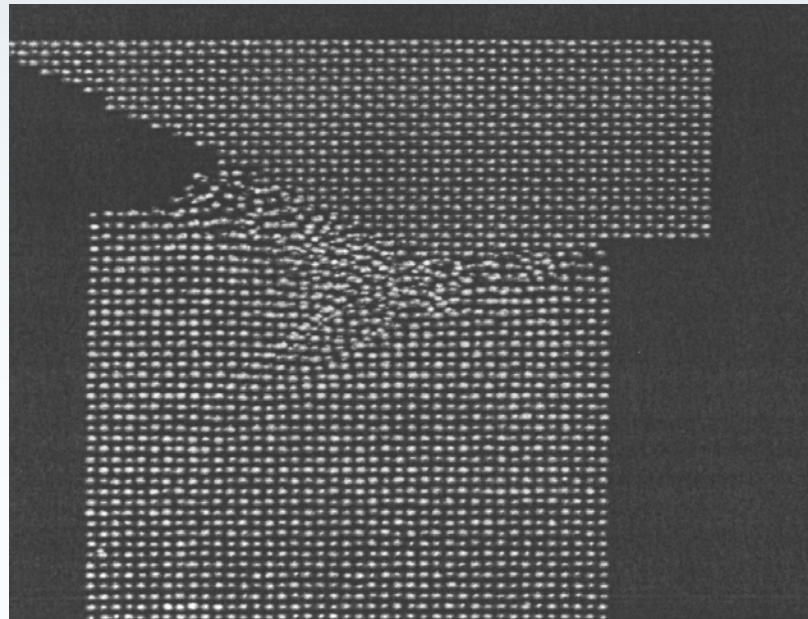


$$F_c/F_p \approx 2$$

$$F_c/F_p \approx 0,3 - 0,6$$

ELASTIČNA I PLASTIČNA DEFORMACIJA BRUŠENE POVRŠINE

Obrada s negativnim prednjim kutem oštrice simulirana dinamičkom simulacijom na razini molekularne strukture



OBRADA REZNE POVRŠINE BRUSA

Poravnavanje
ili profiliranje

Oštrenje i
čišćenje

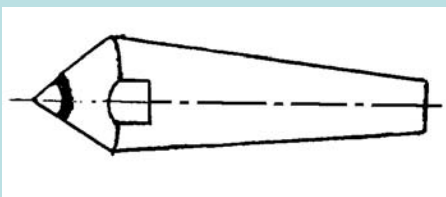
Samooštrenje
r.p.b.

Načini obrade rezne površine brusa :

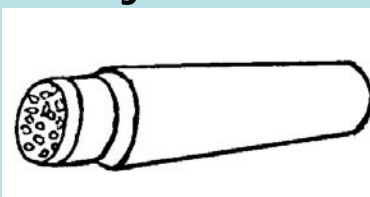
- Jednarezni dijamant
- Višerezni dijamant
- Višerezni okretni dijamant
- Blok s dijamantnom prevlakom
- Dijamantna rolica
- Tlačna rolica

NAČINI OBRADRE REZNE POVRŠINE BRUSA

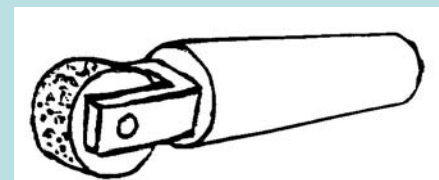
Jednarezni
dijamant



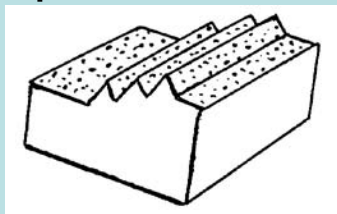
Višerezni
dijamant



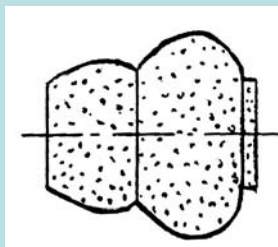
Višerezni okretni
dijamant



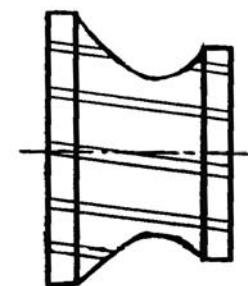
Blok s dijamantnom
prevlakom

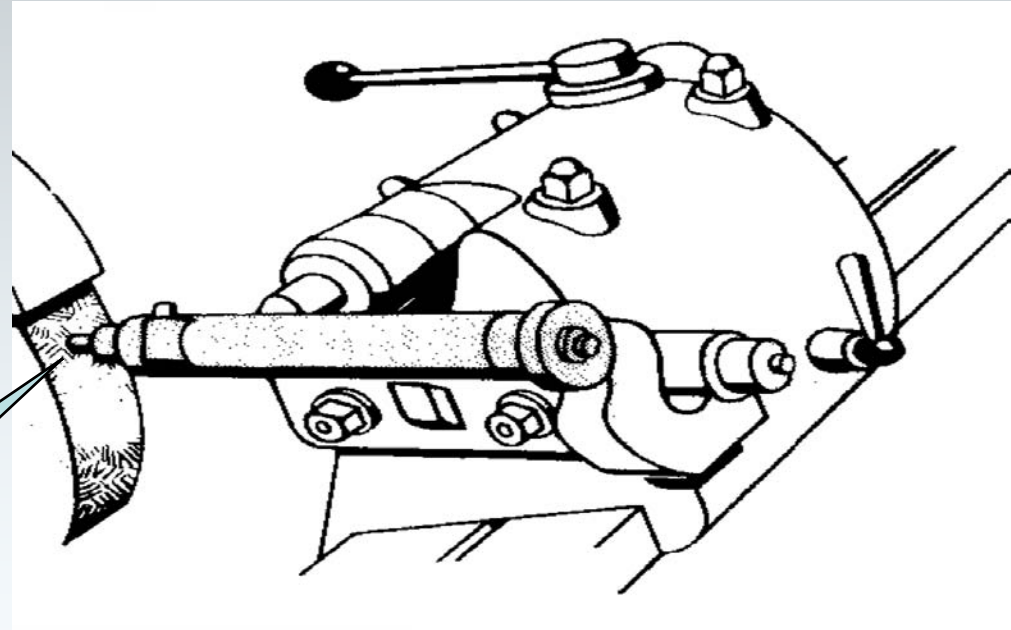
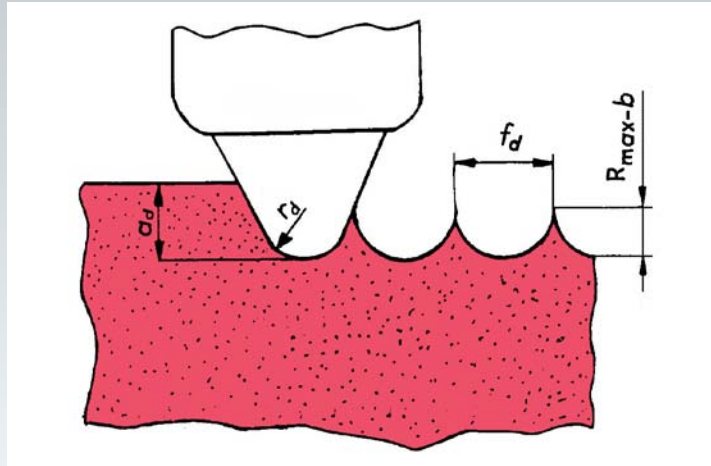


Dijamantna rolica



Tlačna rolica



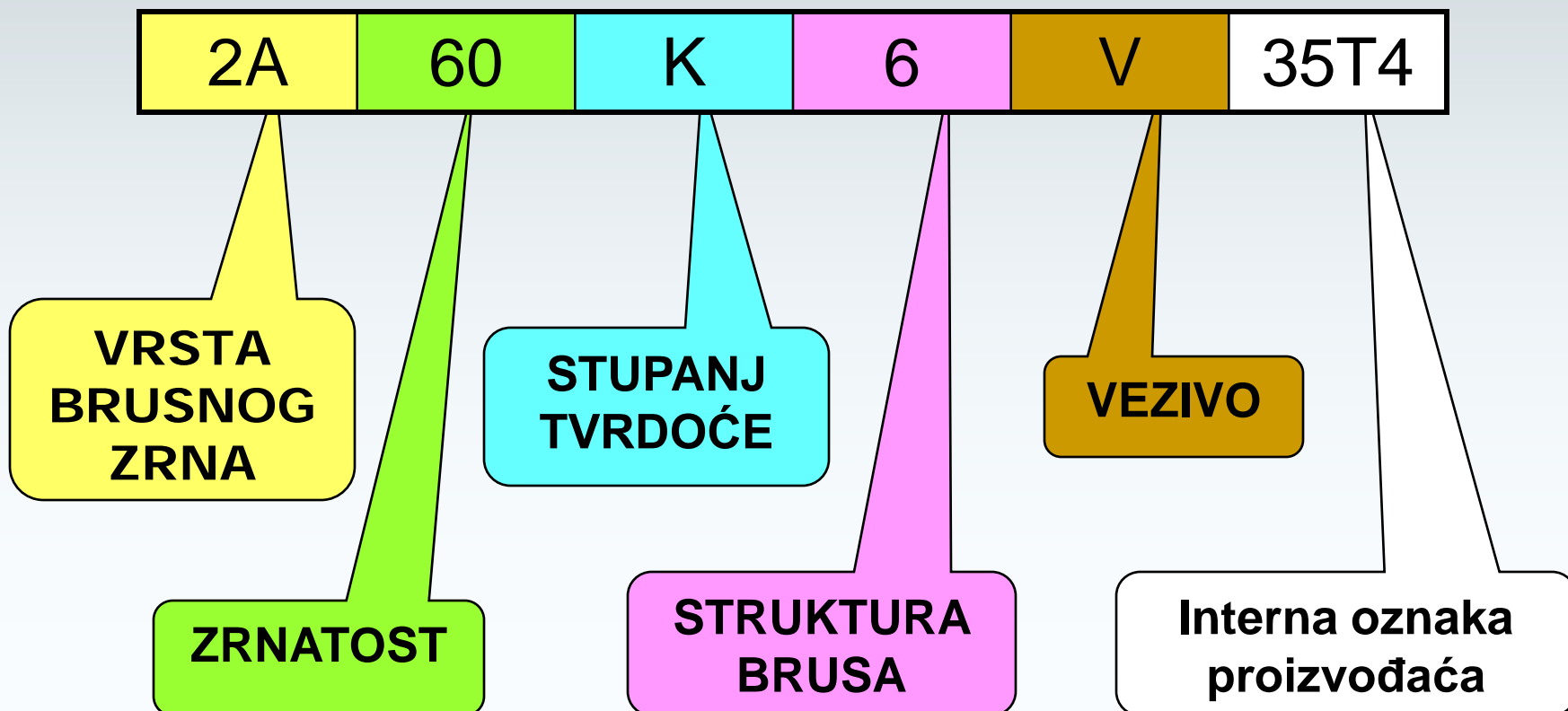


Jednarezni
dijamant



$$R_{\max-b} = \frac{f_d^2}{8 \cdot r_d}$$

OZNAČAVANJE BRUSEVA



VRSTA BRUSNOG ZRNA

A
KORUND
(Al_2O_3)

C
SILICIJEV KARBID
(SiC)

B
KUBIČNI
BORNITRID
(CBN)

D
POLIKRISTALIČNI
DIJAMANT
(PCD)

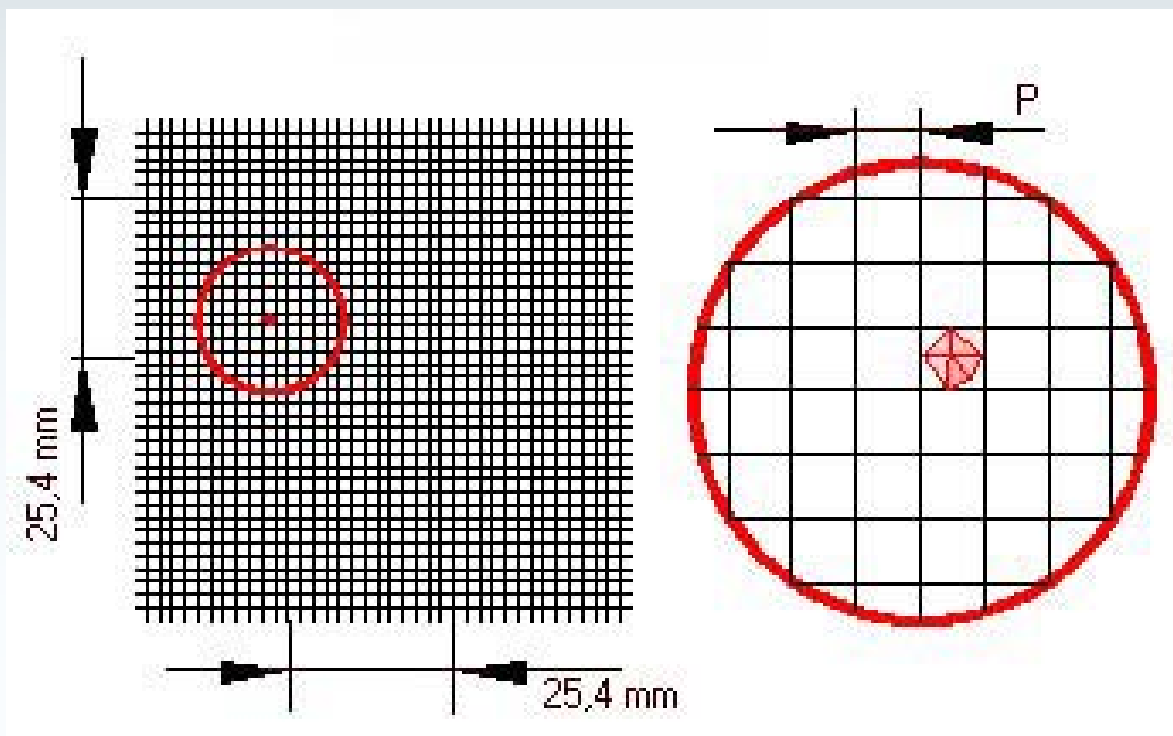
KORUND I SILICIJEV KARBID

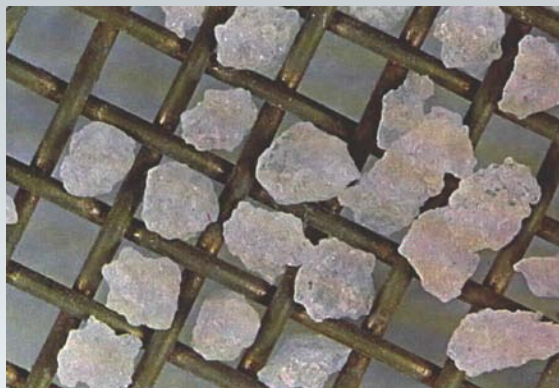
- A, 3A** - normalni korund – obrada niskolegiranog čelika
- 7A** - poluplemeniti korund – obrada legiranih čelika
- 2A** - bijeli plemeniti korund – obrada visokolegiranih čelika
- 4A** - roza plemeniti korund – obrada visokolegiranih čelika
- 6A** - rubin plemeniti korund – obrada visokolegiranih čelika

- C** – zeleni silicijev karbid – obrada krhkih materijala, karbidnih čelika, obojenih metala, sivog lijeva, keramike, stakla
- 9C** – crni silicijev karbid – obrada obojenih metala, sivog i temper lijeva, keramike, stakla

ZRNATOST

Pokazuje broj očica na jednom colu duljine sita kroz koje su brusna zrna u procesu separacije prošla i zadržala se na prvom sljedećem gušćem situ.





veličina zrna, mm

2,40

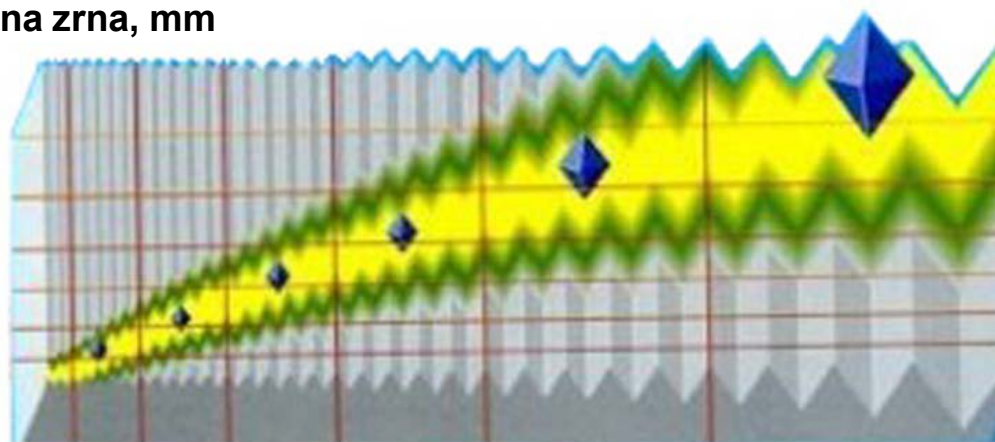
0,59

0,15

0,08

0,03

0,01



600

320

150

90

30

8

zrnatost

STUPANJ TVRDOĆE

Pokazuje otpor veziva brusa prema izbijanju brusnih zrna iz rezne površine brusa u procesu brušenja.

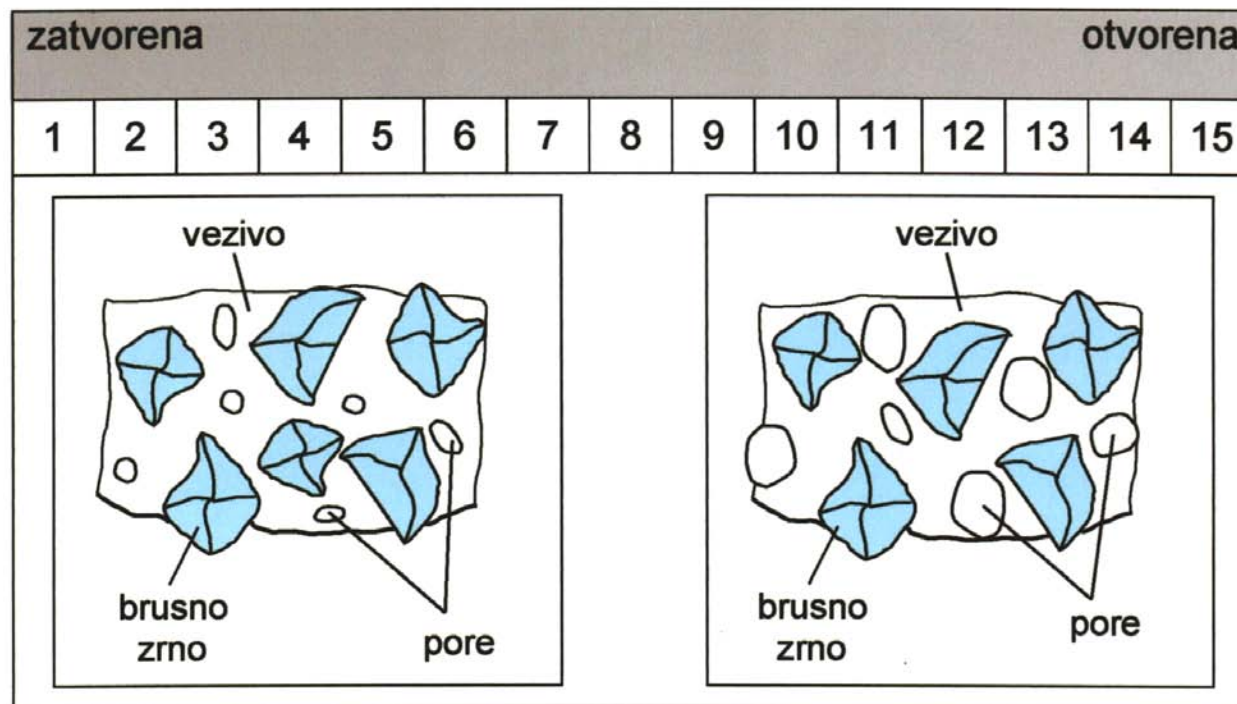
STUPANJ TVRDOĆE																									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
osobito mekani			vrlo mekani				mekani					srednji					tvrđi				vrlo tvrđi			osobito tvrđi	

Suviše mekan brus:
 intenzivno trošenje brusa-*Samooštrenje*
 brus brzo gubi geometrijski oblik
 povećana je hrapavost obratka

Suviše tvrđi brus:
 spaljivanje brušene površine
 pojava vibracija
 zapunjavanje rezne površine brusa
 mali učin brušenja

STRUKTURA BRUSA

Pokazuje odnos udjela vezivne mase i mase brusnih zrna prema udjelu pora u cjelokupnom volumenu brusa.



VEZIVO

Pokazuje koji materijal povezuje brusna zrna u jednu cjelinu (brus).

VEZIVO

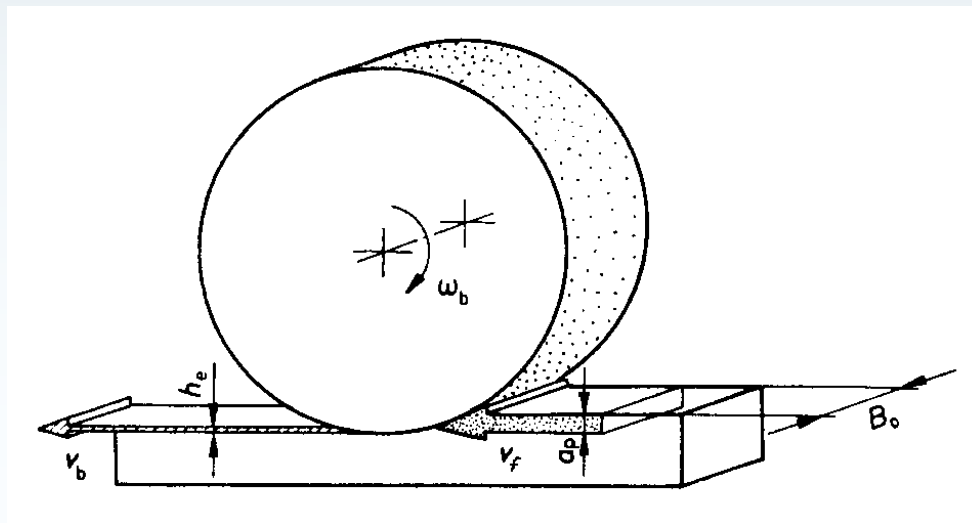
- | | |
|-----------|-----------------------------|
| V | - Keramičko |
| B | - Smolno |
| R | - Gumeno |
| E | - Šelakovo |
| BF | - Smolno ojačano s vlaknima |
| RF | - Gumeno ojačano s vlaknima |

PROIZVODNOST PROCESA BRUŠENJA

REDUCIRANI UČINAK BRUŠENJA

$$Q_{br} = a_p v_f, \quad \text{mm}^3 / \text{s mm}$$

$$Q_{br} = a_p v_f = h_e v_b$$



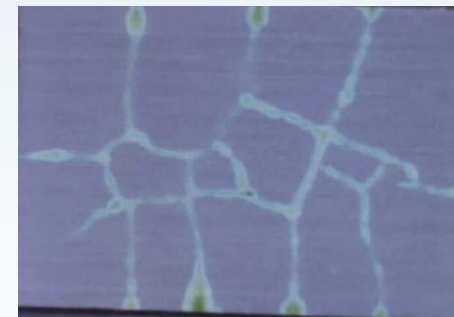
ISPRAVNO BRUŠENJE

$$Q_{br} < Q_{br-g}$$

TOPLINSKO OŠTEĆENJE POVRŠINE OBRATKA

POGREŠKE BRUŠENJA :

- promjena mikrostrukture
- promjena tvrdoće
- spaljivanje ili oksidacija
- pojava zaostalih naprezanja
- nastajanje napuklina



SUPERFINIŠ

postupak završne obrade za vanjske rotacione cilindrične površine.

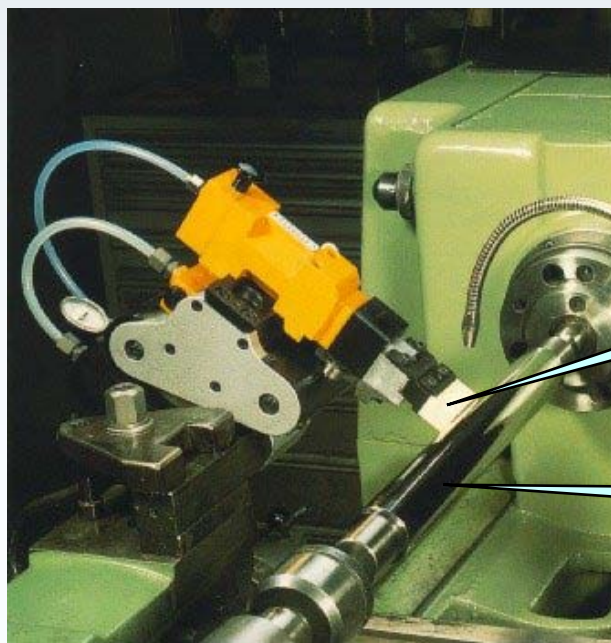
superfinaš daje najvišu kvalitetu obrađenoj površini (N1 - N3) i povećava nošenje površine, jer tim se postupkom skidaju samo vrhovi neravnina na prethodno brušenoj površini.

vrsta obrade	$R_{max}, \mu m$	$R_a, \mu m$	nošenje, %
fino tokarenje	4 do 12	0.6 do 1.5	20
normalno brušenje	2 do 5	0.3 do 0.8	25
fino brušenje	0.8 do 2	0.15 do 0.3	40
superfinaš	0.05 do 0.4	0.012 do 0.06	70 do 95

izgled površine
obratka nakon
brušenja

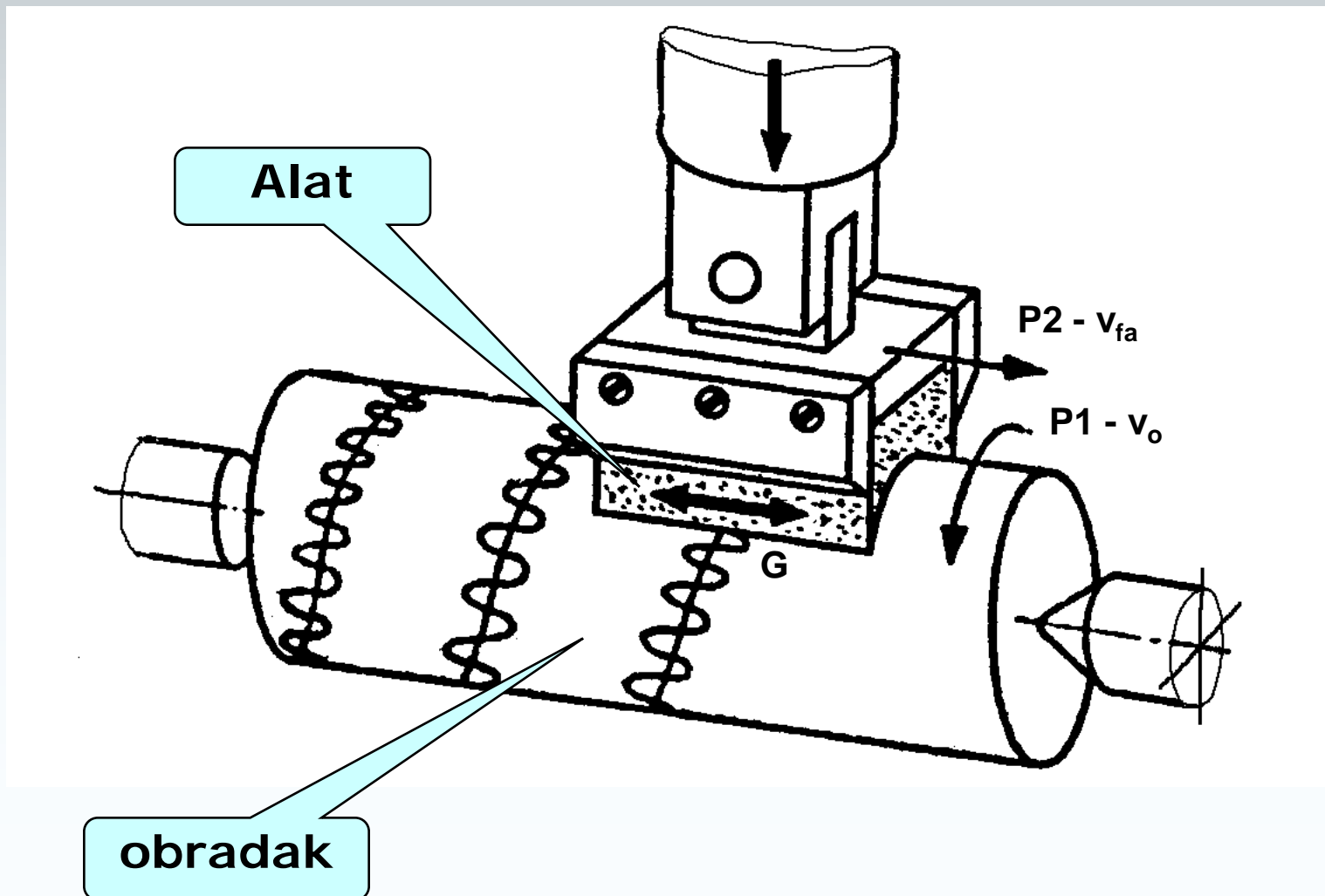


izgled površine
obratka nakon
superfiniša



Alat

Obradak



alat - brusni element
 zrnatosti 300 do 500
 dimenzija \approx 30x50x80 mm

glavno gibanje izvodi alat :
 osciliranje 200 do 3000 dupli hod / min
 amplituda osciliranja 1 do 6 mm
 pritisak brusnog elementa 0.02 do 0.3 MPa
 (0.2 do 3 bara)

posmično gibanje :

P1 - rotacija obratka brzinom $v_o = 10$ do 50 m / min

P2 - translacija brusnog elementa posmakom $f_a = (0.5 - 0.7)B$

$$v_{fa} = f_a n_o$$

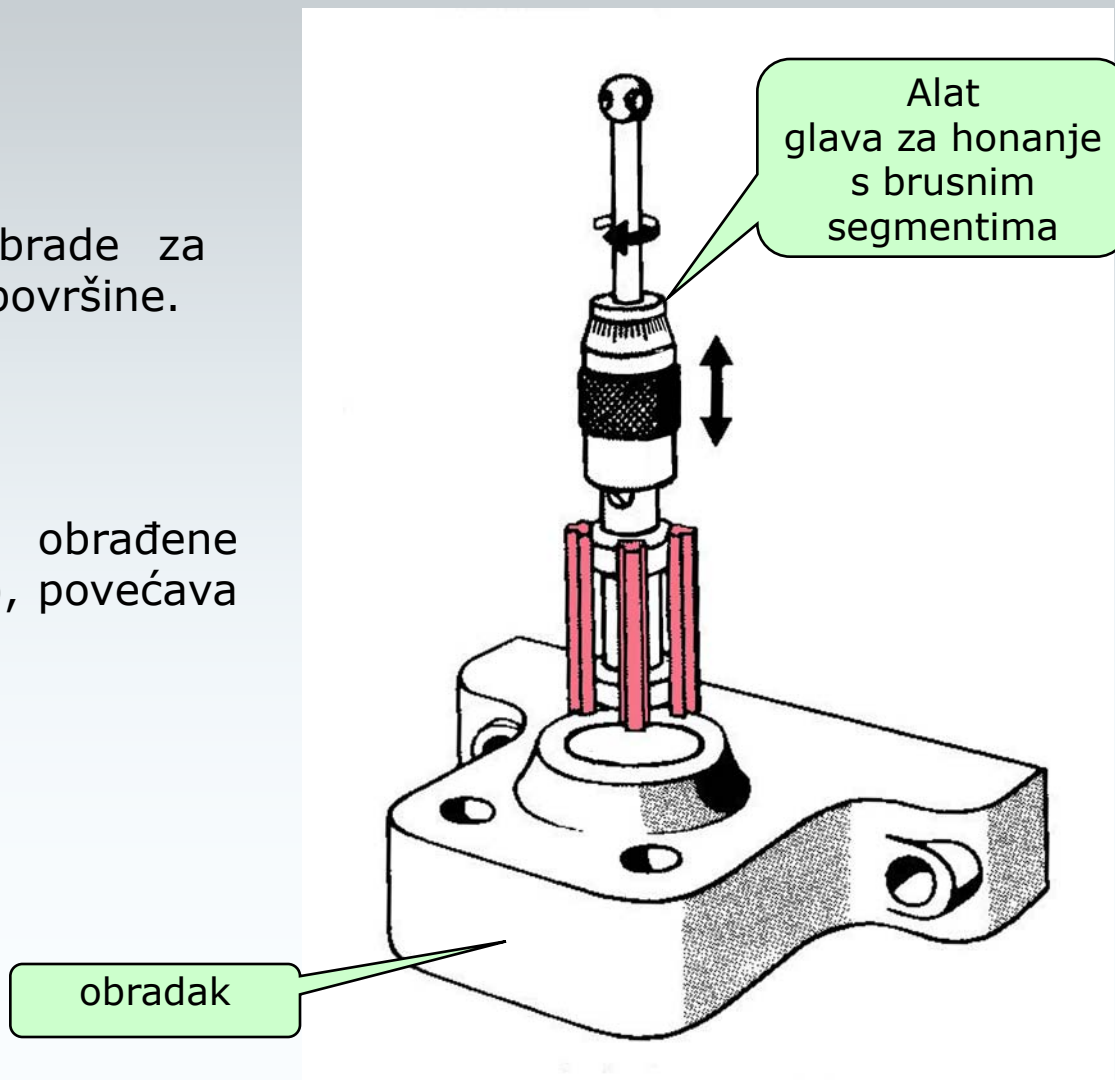
dodatak za obradu 0.005 do
 0.02 mm

SHIP smjesa mineralnog ulja i
 petroleja (ispiranje)

HONANJE

postupak završne obrade za unutarnje cilindrične površine.

Razred hrapavosti obrađene površine (N2 - N5), povećava nošenje površine.



alat - glave za honanje s hidrauličkim ili mehaničkim razmicanjem brusnih segmenata.

glavno i posmično gibanje izvodi alat :

Rotacija $v_r = 20$ do 50 m/min

Translacija $v_t = 15$ do 30 m/min

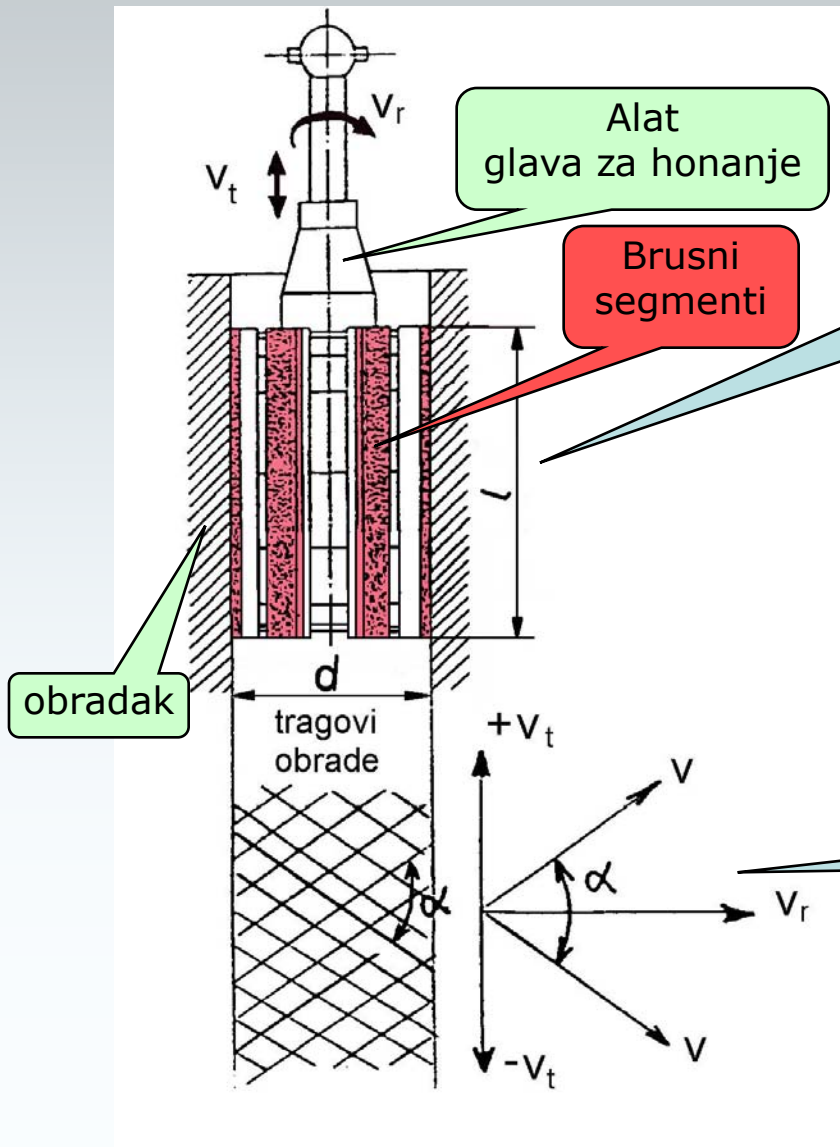
Specifični pritisak brusnih segmenata:

0.3 do 0.4 MPa (3 do 4 bara) kod finog honanja

0.4 do 0.7 MPa (4 do 7 bara) kod grubog honanja

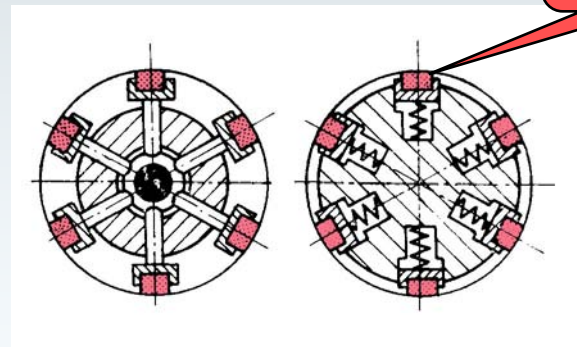
dodatak za obradu 0.03 do
0.05 mm

SHIP rjetko ulje, petrolej,
smjesa mineralnog ulja i
petroleja (ispiranje)



za dobro vođenje brusnih segmenata $l/d > 2$

Brusni segmenti



$$\text{tg } \alpha/2 = v_t / v_r$$

($\alpha = 60$ do 90 stupnjeva)

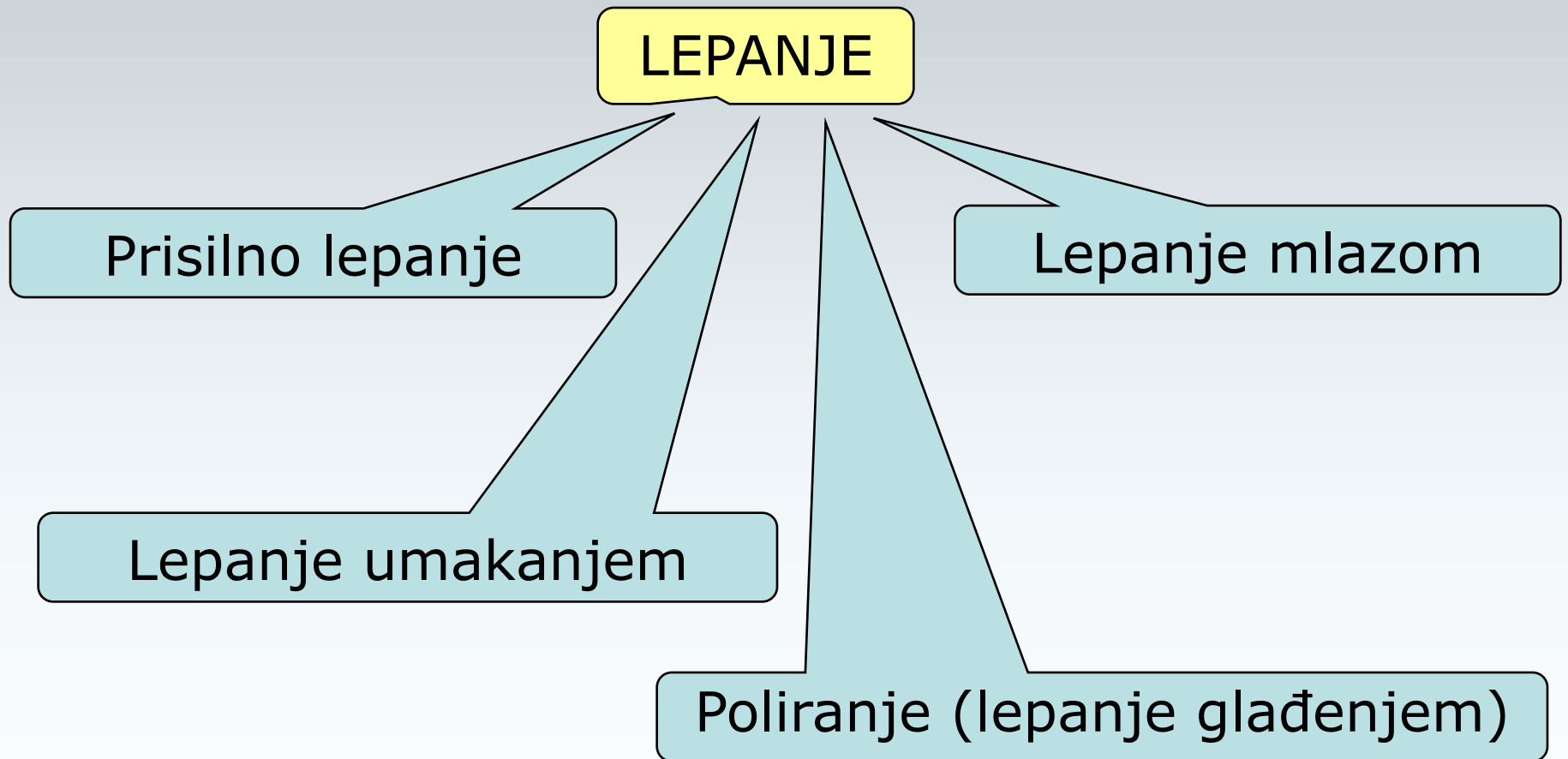
LEPANJE

završni superfini postupak obrade odvajanjem čestica koji se izvodi smjesom za lepanje.

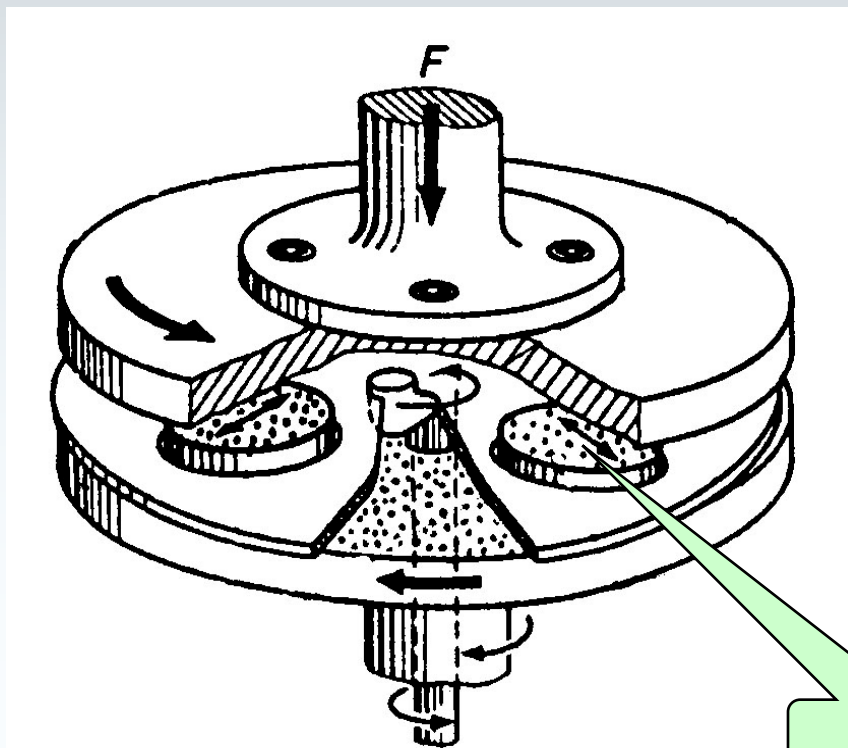
alat - pasta za lepanje (pasta + abrazivna zrnca)
(zrnatosti 300 do 800)

dodatak za obradu 0.005 do
0.02 mm

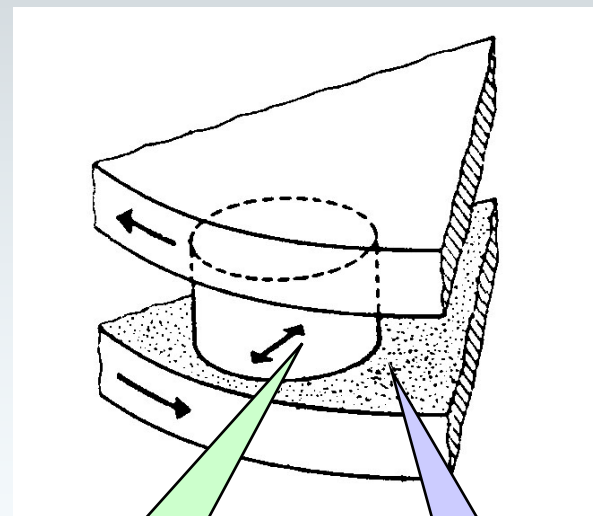
Razred hrapavosti obrađene
površine (N1 - N5)



Prisilno lepanje



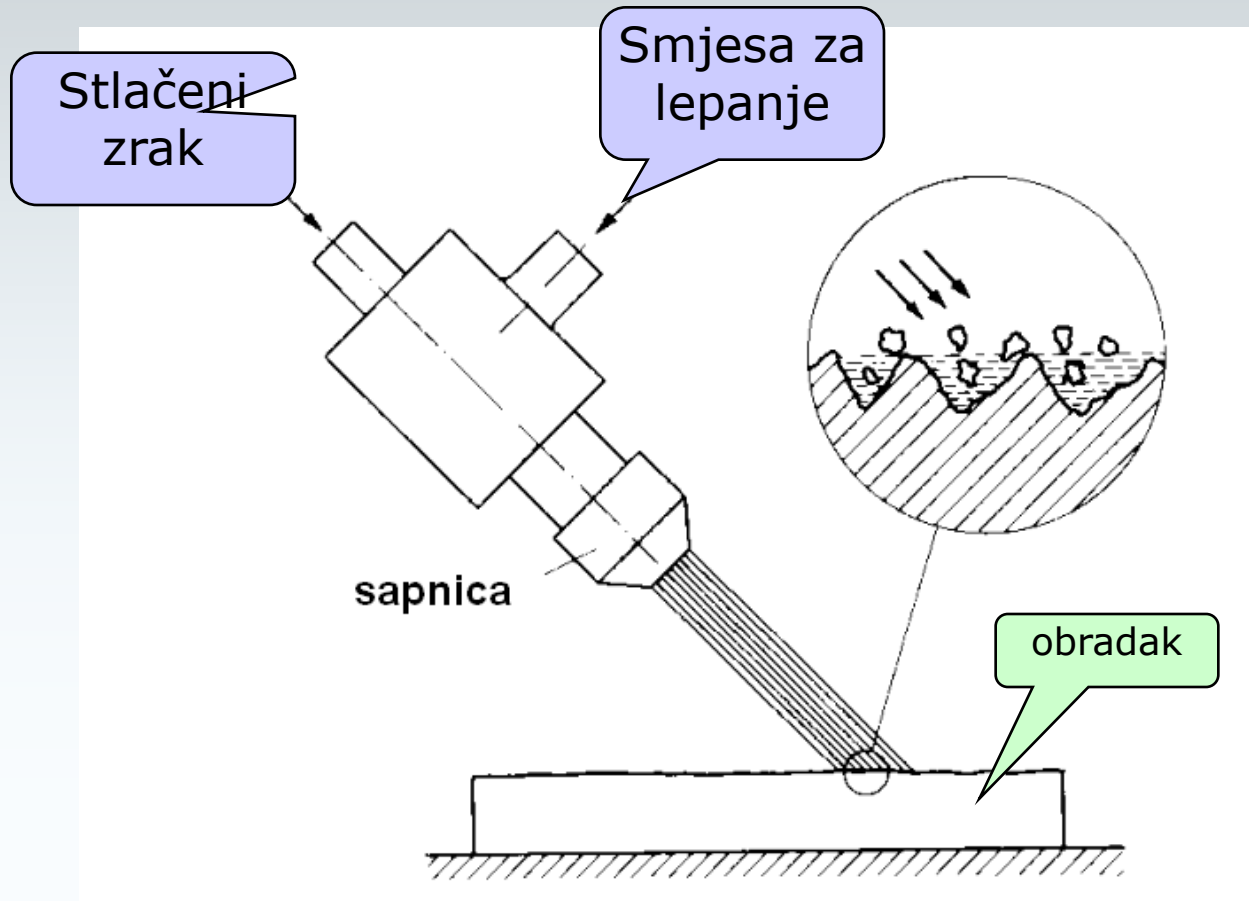
obradak



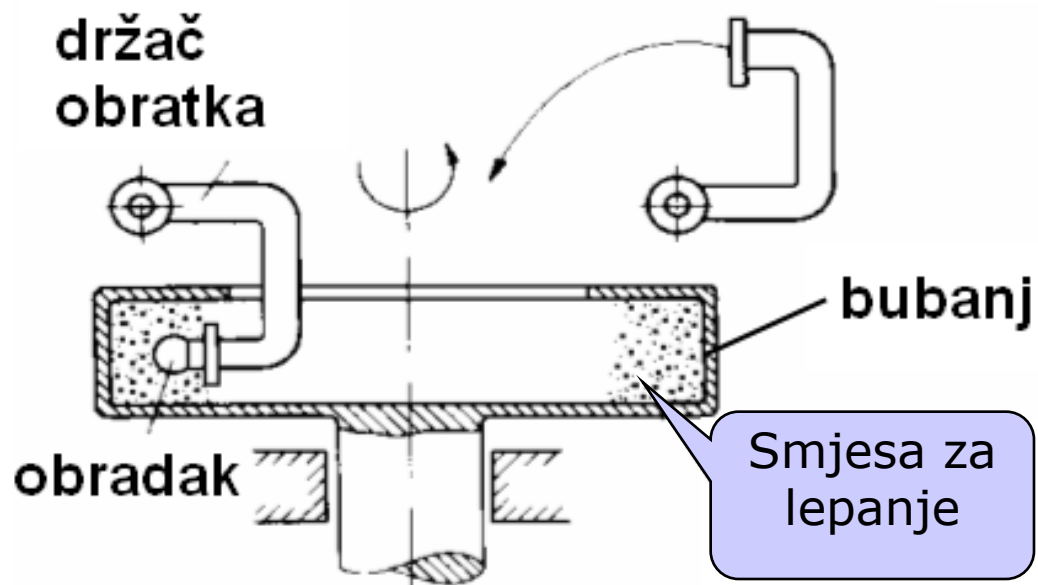
obradak

Smjesa za lepanje

Lepanje mlazom



Lepanje umakanjem



Poliranje (lepanje glađenjem)

Smjesa za lepanje

