

Treće predavanje 2019/2020 –
**postupci alatima nedefinirane geometrije oštice
i
nekonvencionalni postupci**

BRUŠENJE



BRUŠENJE

Brušenje je vrlo precizan postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za finu i pretežito završnu obradu, pretežito tvrdih površina ravnog, cilindričnog ili složenog oblika.

Kod najzastupljenijeg, klasičnog brušenja dodatak materijala za obradu brušenjem je od 0,1 do 0,2 mm. Ostvarivi razred hrapavosti površina N3 – N6, nosivost površine do 40%

Izvodi se na alatnim strojevima, pretežito brusilicama, pri čemu je glavno (rezno) gibanje kružno, kontinuirano i pridruženo je alatu. Posmično gibanje je pridruženo (najčešće) obradku, a njegov oblik ovisi o vrsti brušenja.

Alat za brušenje je brus, s većim brojem reznih oštrica. Rezne oštice nalaze se na brusnim zrnima, koji su nedefinirane geometrije reznog dijela i koji su osnovni sastojak brusa. Za izradu brusnog zrna najčešće se koriste: korund (Al_2O_3), silicijev karbid (SiC), kubični bornitrid (CBN) i polikristalični dijamant (PCD)

PODJELA POSTUPKA

Brušenje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele:

Prema učinu:

klasično

$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$
 $v_o < 1,5 \text{ ms}^{-1}$
 $a_p < 0,12 \text{ mm}$

učinsko

duboko

$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$
 $v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$
 $a_p < 30 \text{ mm}$

povećanim brzinama

$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$
 $v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$
 $a_p < 0,2 \text{ mm}$

visokoučinsko

$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$
 $v_o < 0,03 \text{ ms}^{-1}$
 $a_p < 30 \text{ mm}$

Prema kinematici postupka:

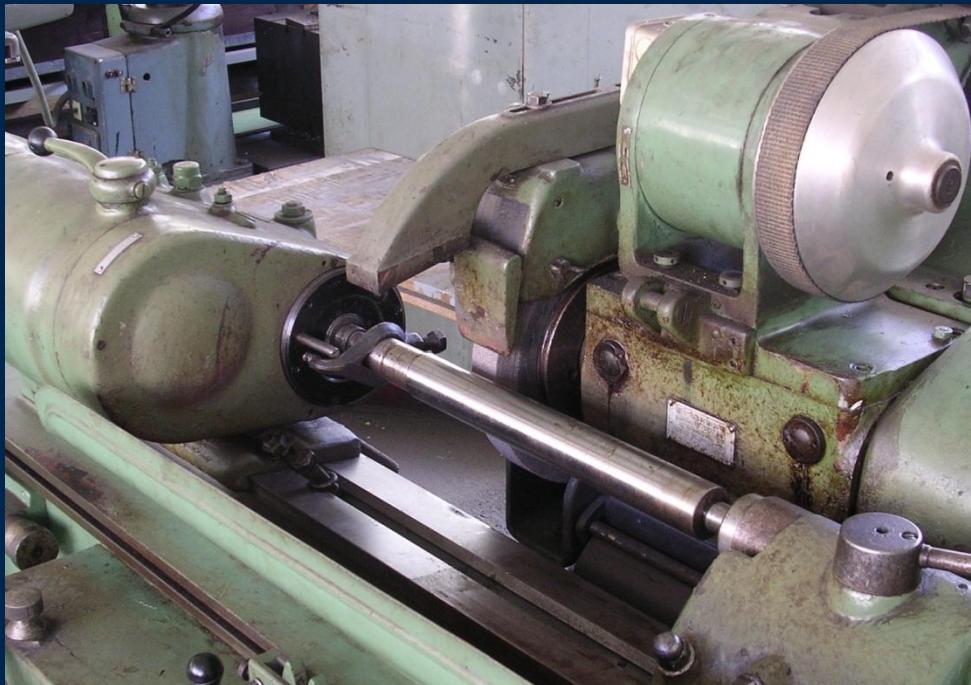
istosmjerno i protusmjerno

Prema položaju reznih oštrica na brusu:

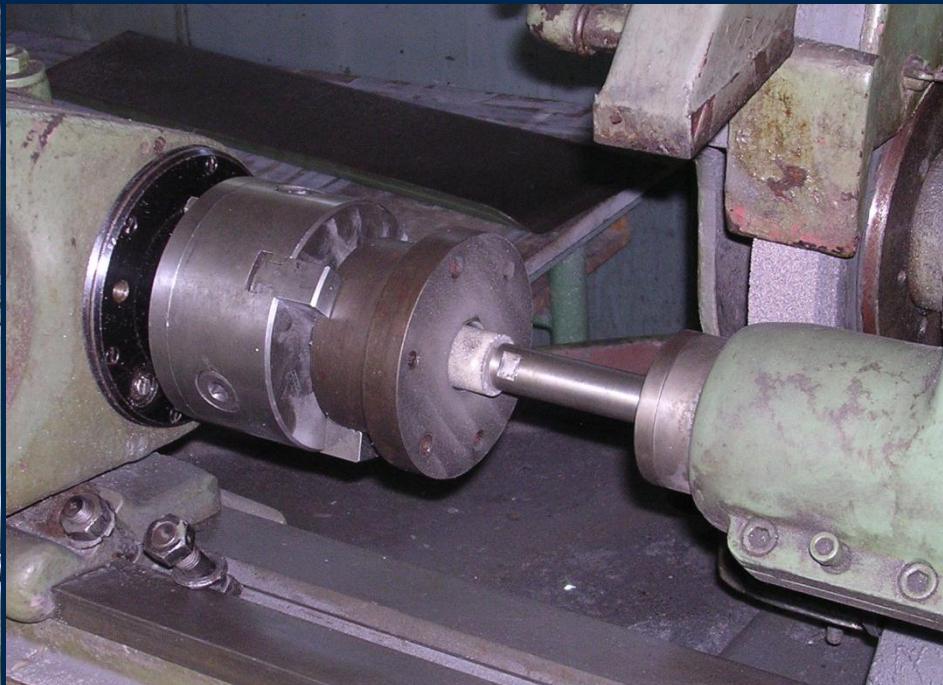
obodno i čeono

Prema obliku obrađene površine: (elementarne površine)

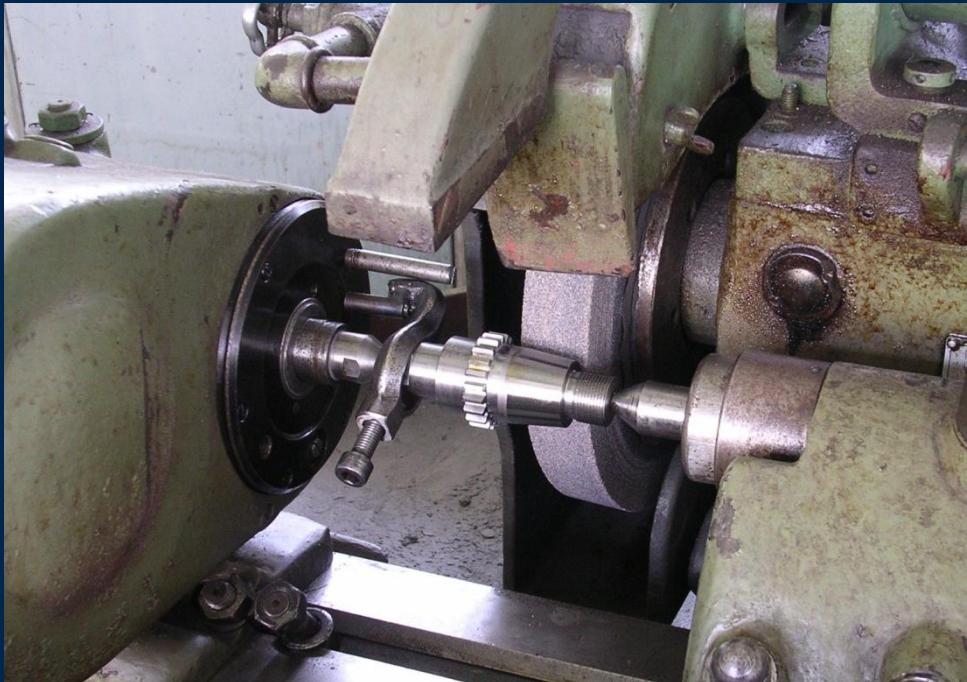
okruglo (vanjsko i unutarnje), ravno (obodno i čeono), brušenje složenih površina



Vanjsko obodno okruglo brušenje



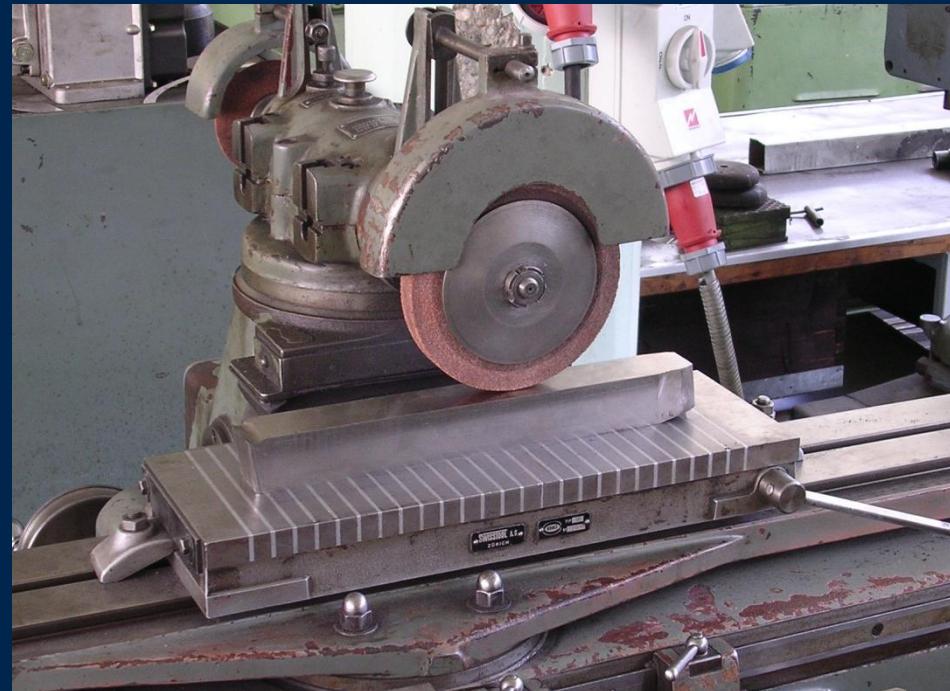
Unutarnje obodno okruglo brušenje



Vanjsko obodno okruglo brušenje konusa



Vanjsko obodno okruglo brušenje bez šiljaka



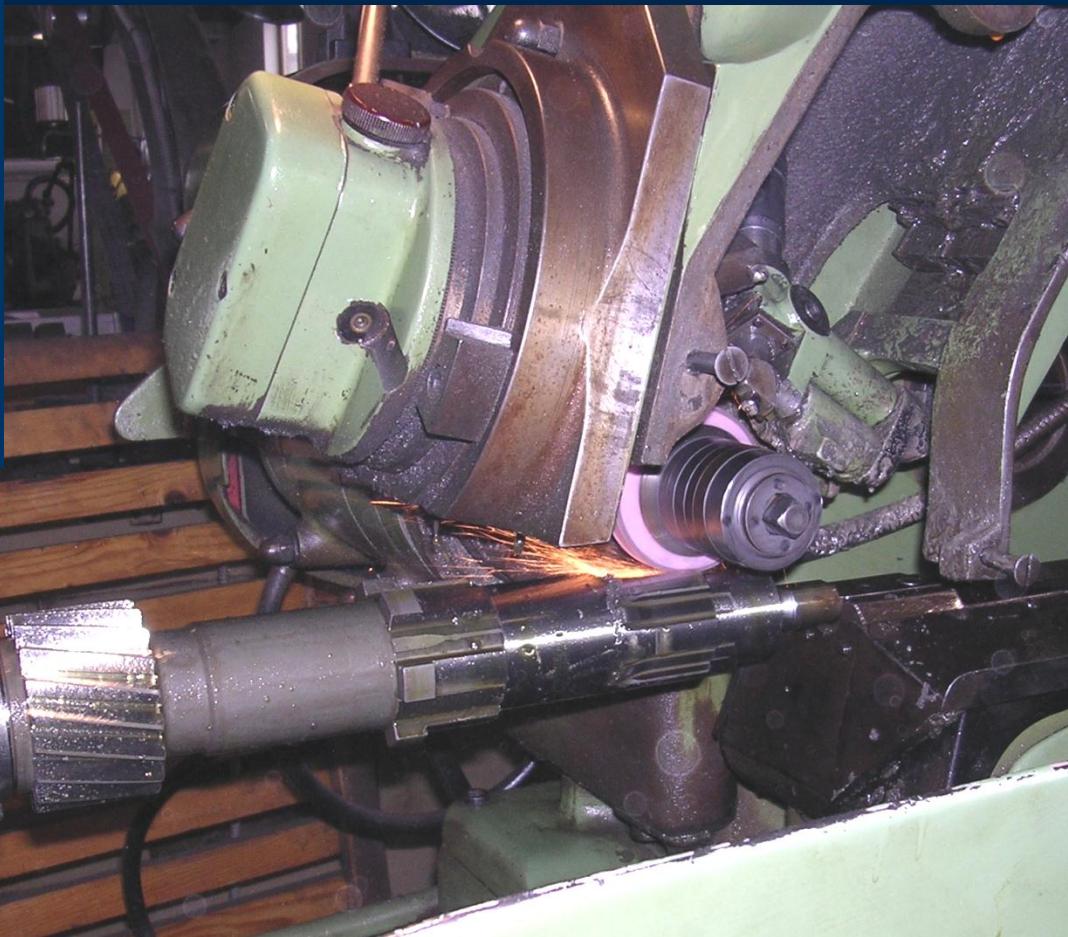
Vanjsko obodno ravno brušenje

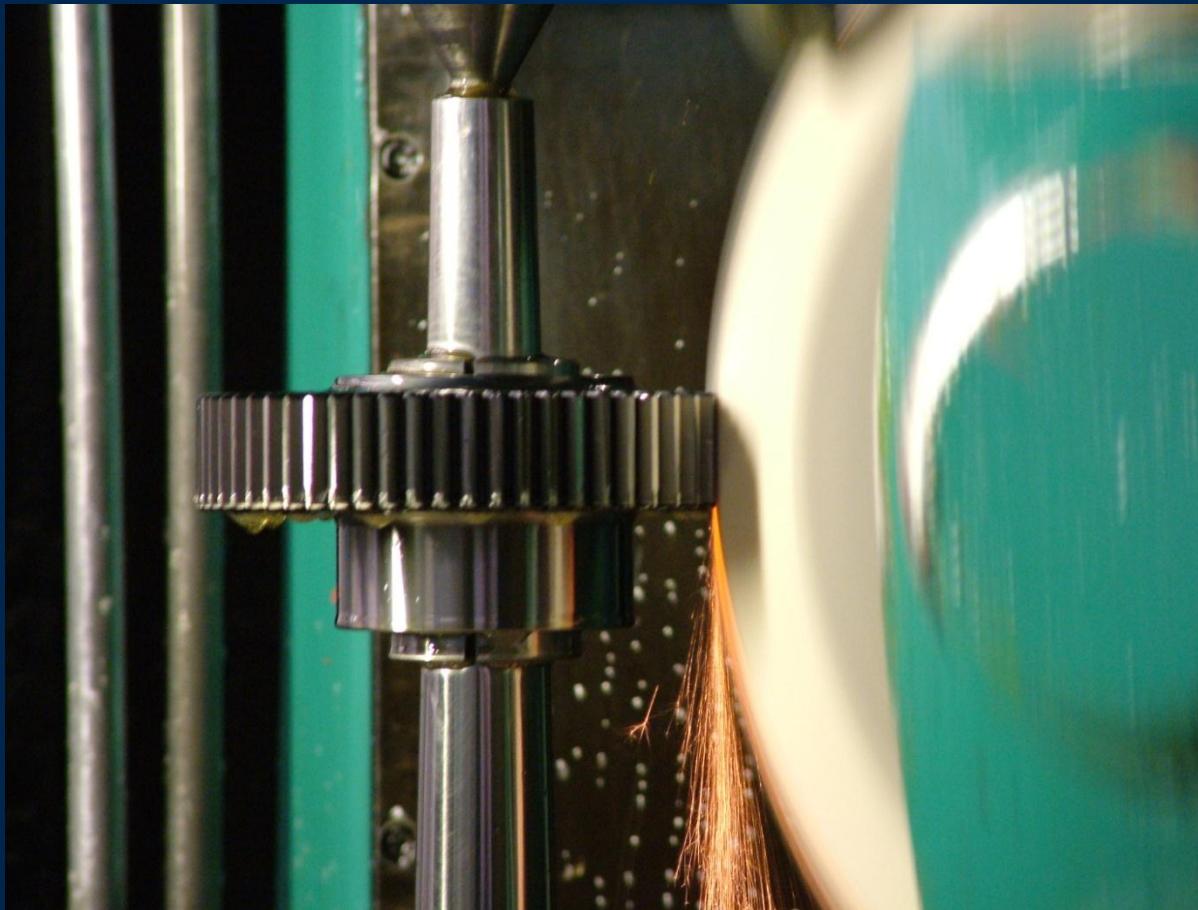


Vanjsko čeono ravno brušenje

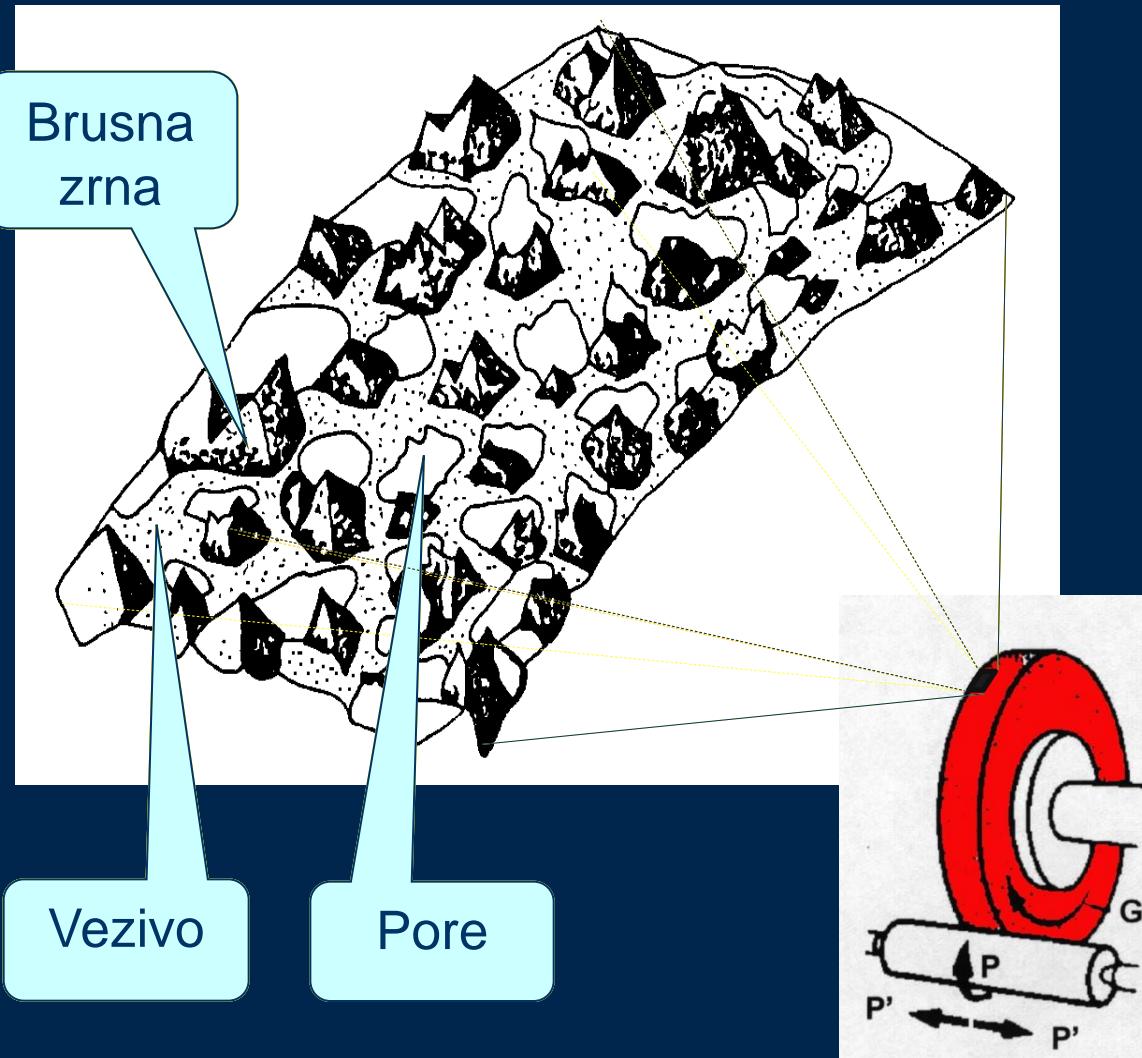


brušenje složenih površina (brušenje žljebova)





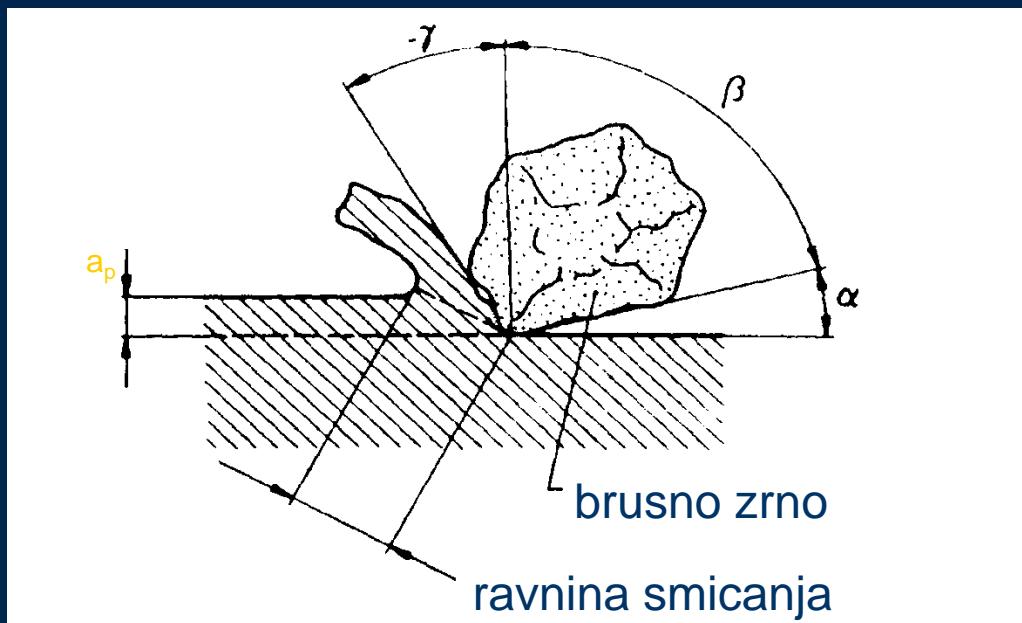
Brušenje složenih površina (odvalno brušenje zupčanika)



**STRUKTURA
AKTIVNE
(REZNE)
POVRŠINA
BRUSA**

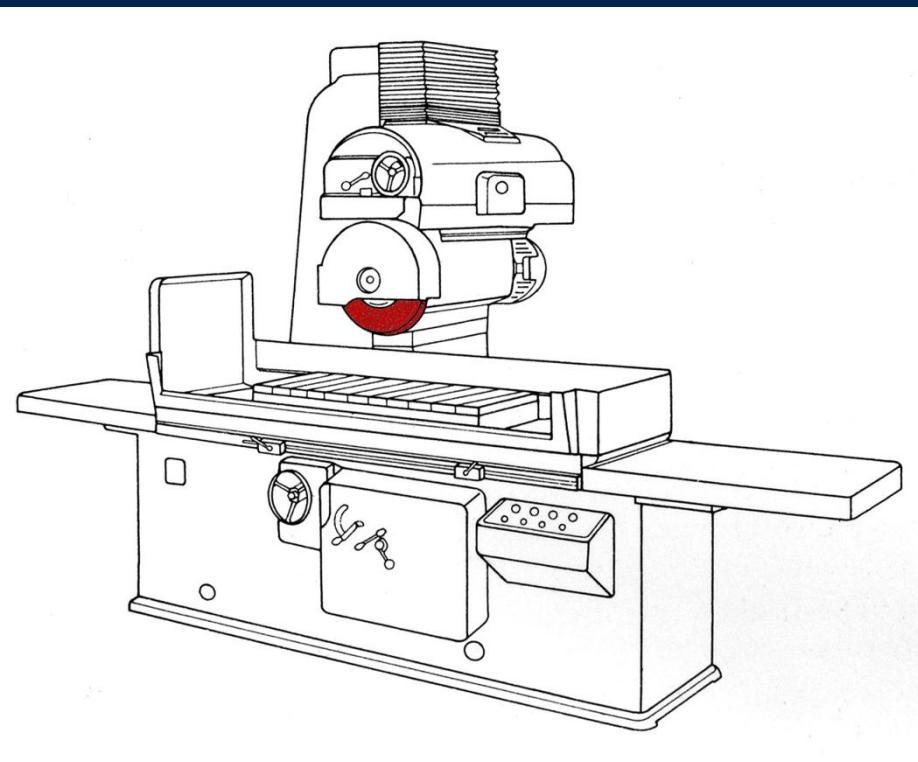
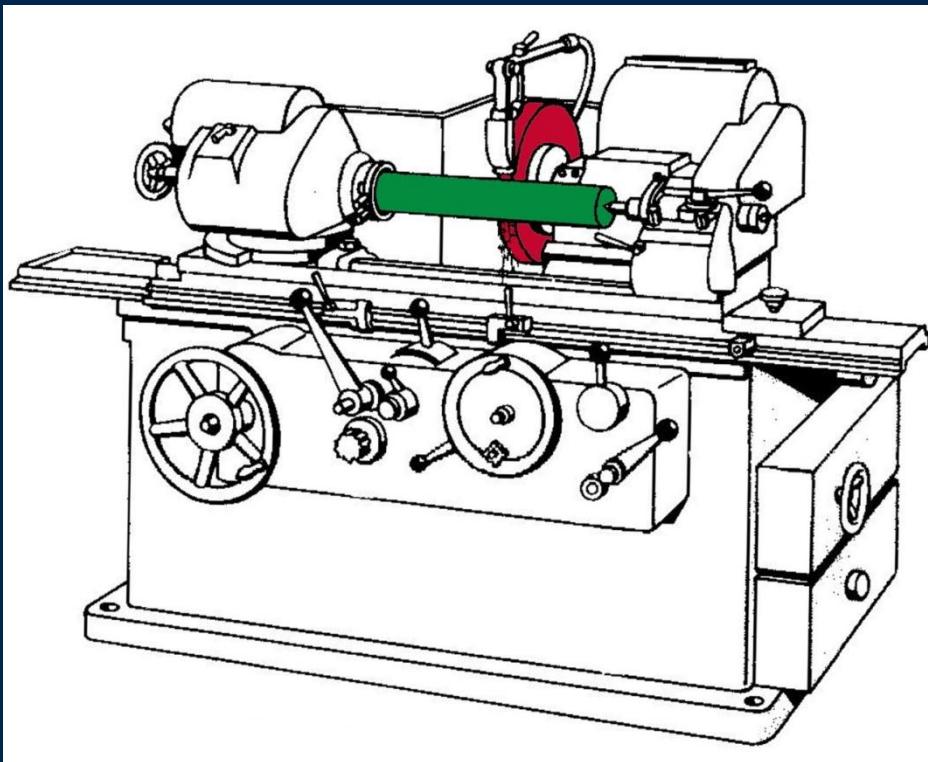
BRUSNA ZRNA

- Neujednačene i nedefinirane rezne geometrije,
- nejednoliko raspoređena na reznoj površini brusa,
- često i negativni prednji kut (do -45°)



- korund (Al_2O_3),
- silicijev karbid (SiC),
- kubični bornitrid (CBN)
- polikristalični dijamant (PCD)

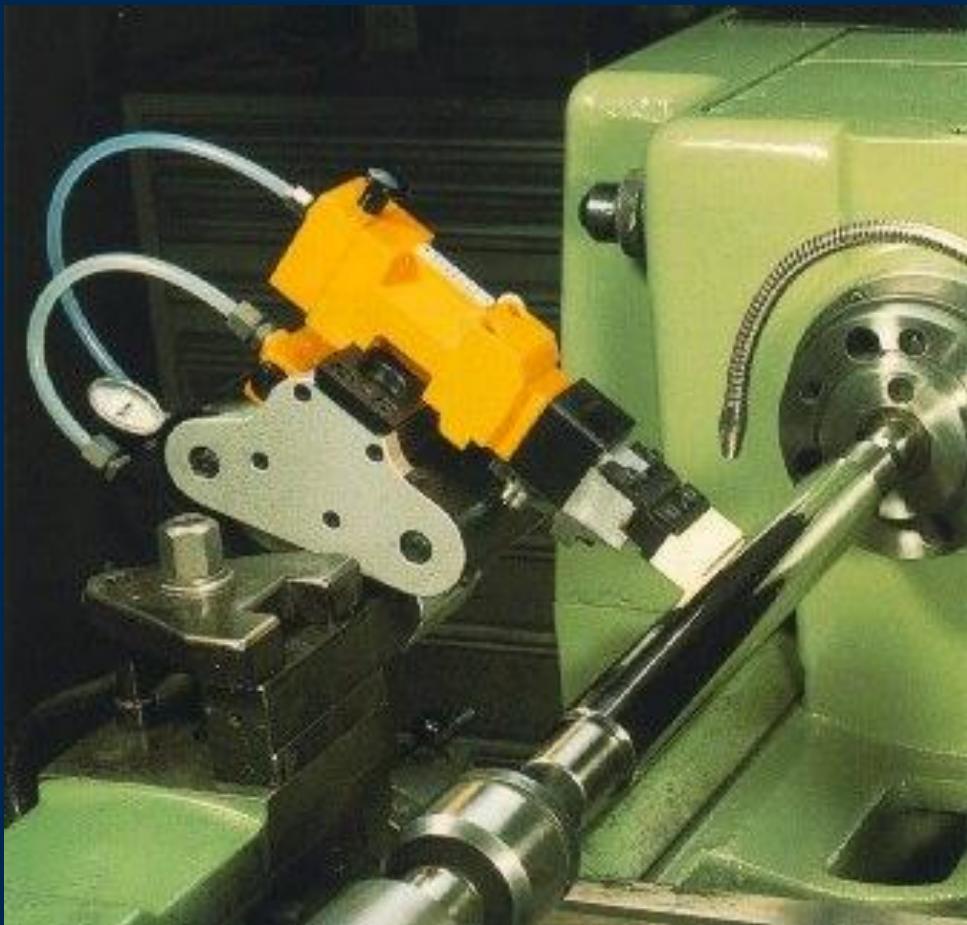
BRUŠENJE



BRUŠENJE



SUPERFINIŠ



izgled površine obratka
prije superfiniša



izgled površine obratka
nakon superfiniša

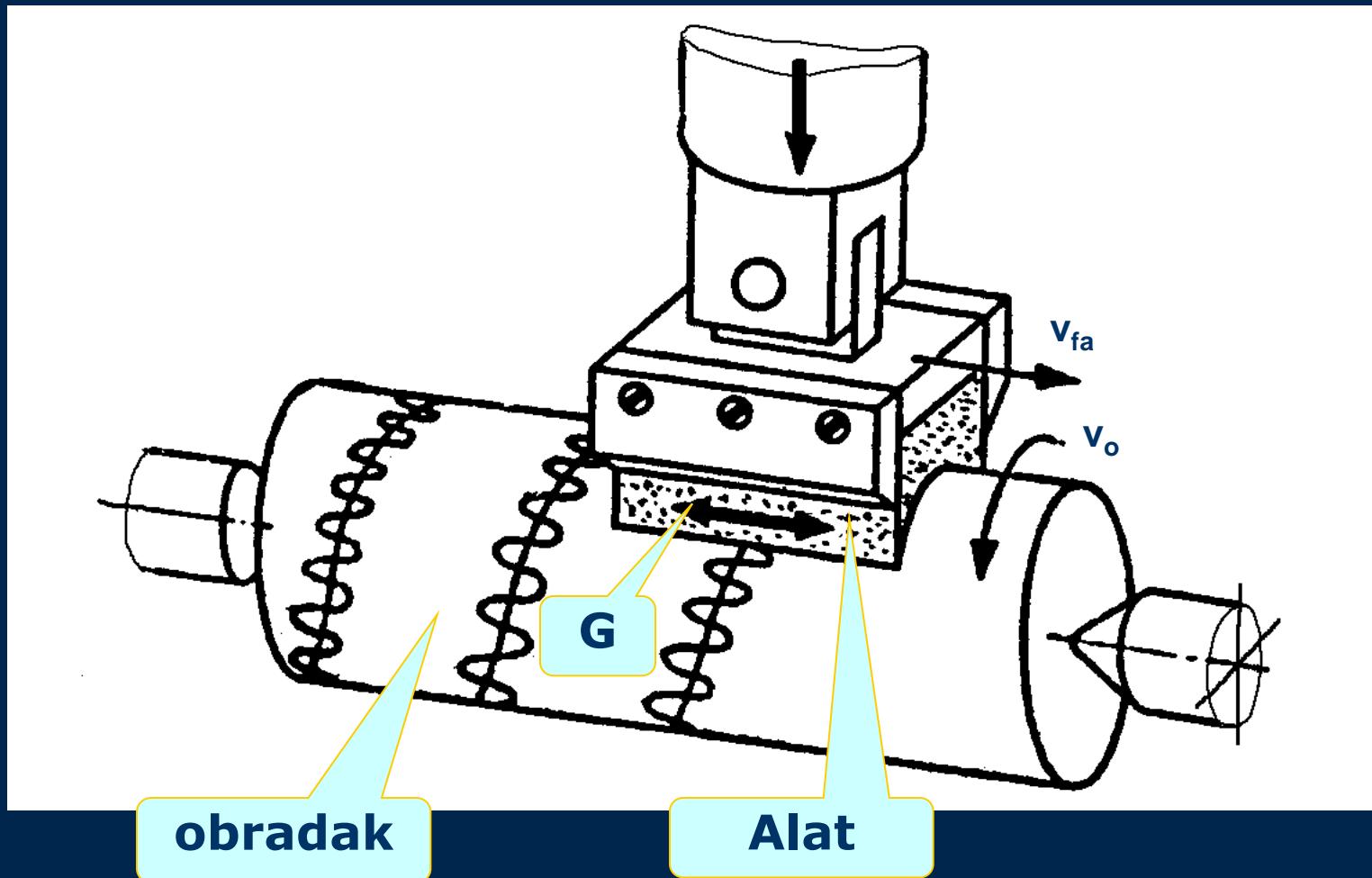
SUPERFINIŠ

Superfiniš, ili kratkohodno honanje, je postupak završne obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za superfinu obradu (N1-N3) i za povećanje nosivosti (do 95%) vanjskih okruglih površina. Za razliku od drugih postupaka, obrada se sastoji u tome da se režu (odstranjuju) samo vrhovi neravnina nastali predhodnom obradom (najčešće brušenjem).

Glavno rezno gibanje je pravocrtno oscilatorno gibanje alata. Posmično gibanje je pravocrtno uzdužno gibanje alata i istodobno kružno gibanje obradka.

Alat za superfiniš je brusni element dimenzija 30x50x80 mm, s većim brojem reznih oštrica. Rezne oštice nalaze se na brusnim zrnima, koji su nedefinirane geometrije reznog dijela i koji su osnovni sastojak brusnog elementa (zrnatosti 300-500).

Obavezna je uporaba SHIP-a (smjesa mineralnog ulja i petroleja, ili samo petroleja).

**obradak****Alat**

GLAVNO GIBANJE IZVODI ALAT :

osciliranje 200 do 3000 dupli hod / min

amplituda osciliranja 1 do 6 mm

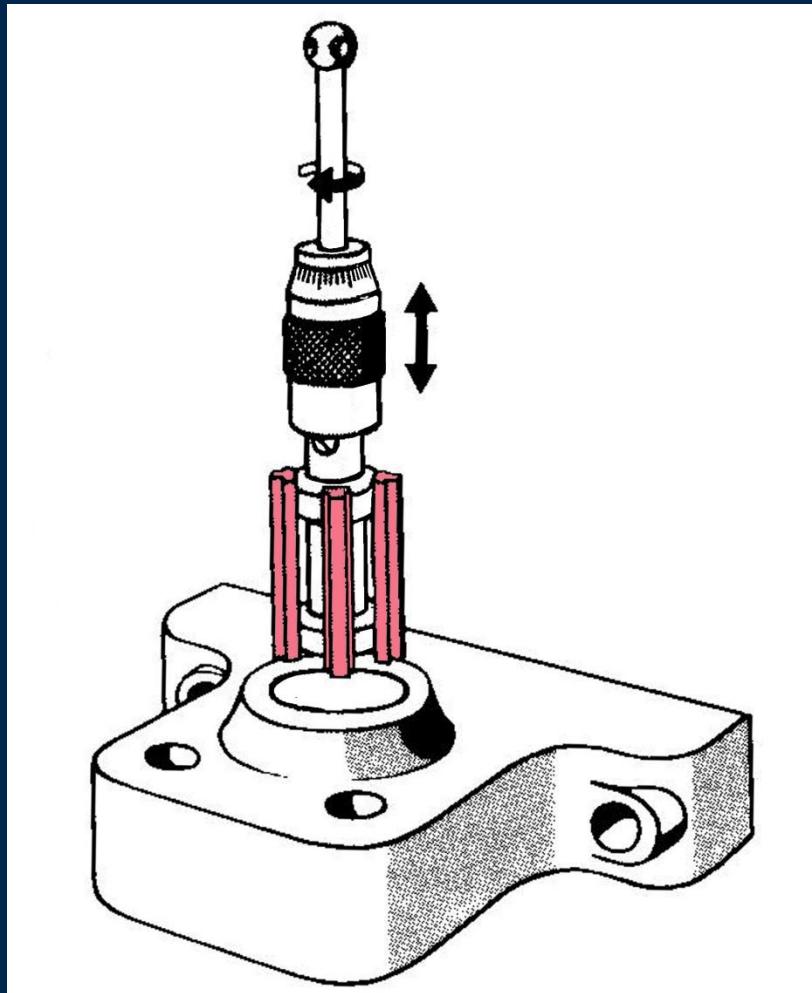
pritisak brusnog elementa 0.02- 0.3 MPa (0.2- 3 bara)

POSMIČNO GIBANJE :

rotacija obratka brzinom $v_o = 10 \text{ do } 50 \text{ m min}^{-1}$

translacija brusnog elementa $f_a = (0.5 - 0.7)B ; v_{fa} = f_a \cdot n_o$

HONANJE



izgled površine obratka
prije honanja



izgled površine obratka
nakon honanja

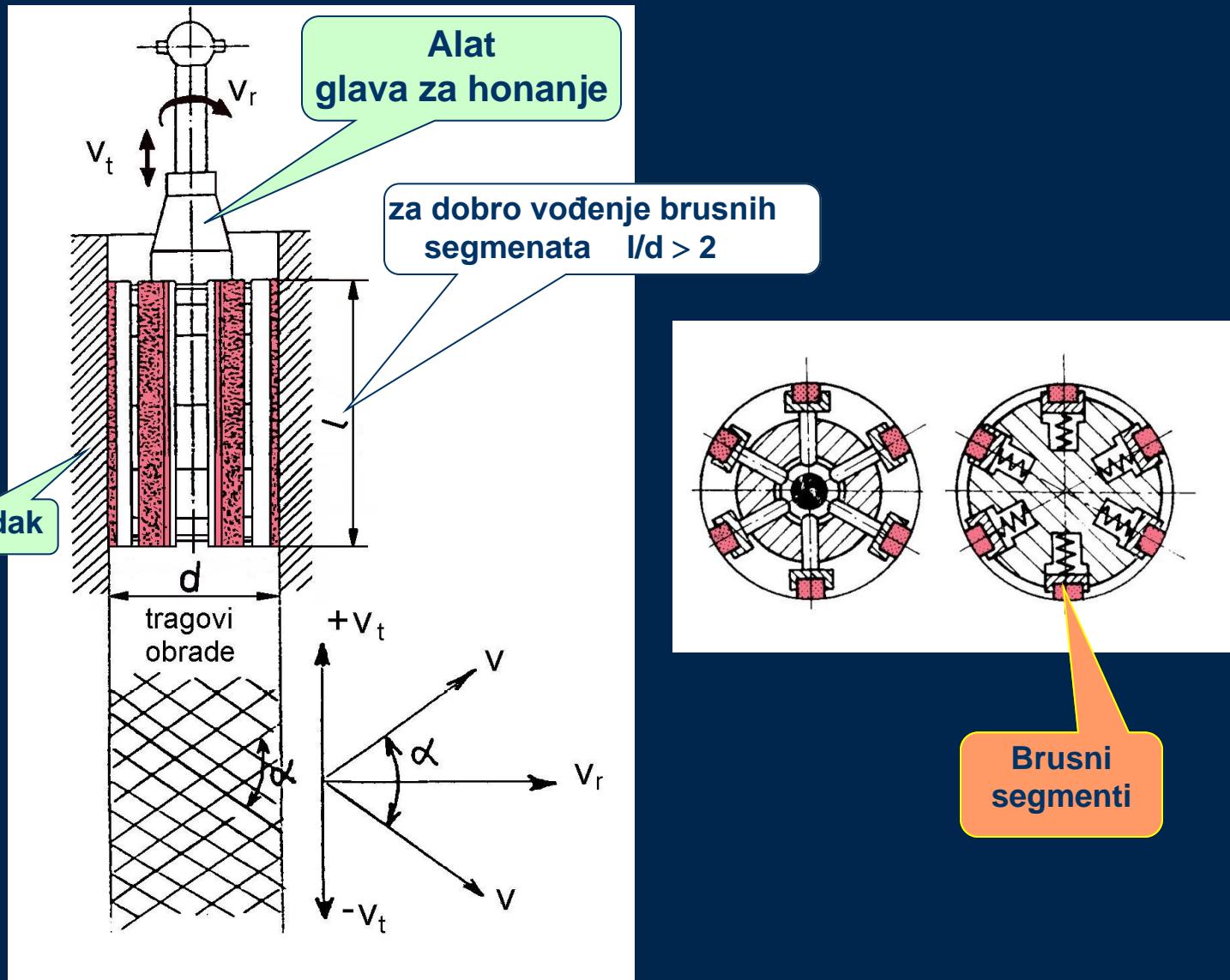
HONANJE

Honanje, je postupak završne obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za superfinu obradu (N2-N5) i za povećanje nosivosti (do 95%) unutarnjih okruglih površina. Za razliku od drugih postupaka, obrada se sastoji u tome da se režu (odstranjuju) samo vrhovi neravnina nastali predhodnom obradom (najčešće brušenjem).

Glavno rezno gibanje je rotacijsko gibanje alata. Posmično gibanje je pravocrtno uzdužno gibanje alata u određenom omjeru u odnosu na glavno gibanje.

Alat za honanje je glava za honanje s hidrauličkim ili mehaničkim razmicanjem brusnih segmenata. Brusni segmenti mogu biti i fiksni, i u tom slučaju se može neznatno korigirati oblik provrta. Rezne oštice nalaze se na brusnim zrnima, koji su nedefinirane geometrije reznog dijela i koji su osnovni sastojak brusnog segmenta (zrnatosti 300-500).

Obavezna je uporaba SHIP-a (smjesa mineralnog ulja i petroleja, ili samo petroleja)



Glavno i posmično gibanje izvodi alat :

Rotacija $v_c = v_r = 20$ do 50 mmin^{-1}

Translacija $v_f = v_t = 15$ do 30 mmin^{-1}

vodeći računa o omjeru brzina:

$\tan \alpha/2 = v_c / v_f$

($\alpha = 60$ do 90 stupnjeva)

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

LEPANJE

Lepanje je postupak završne obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za superfinu obradu (N1-N5) površina različitih oblika. Za razliku od drugih postupaka, obrada se sastoji u tome da se režu (odstranjuju) samo vrhovi neravnina nastali predhodnom obradom (najčešće brušenjem).

Glavno rezno gibanje je gibanje alata, proizvoljnog smijera i ovisi o konkretnoj vrsti obrade. Ne može se govoriti o posmičnom gibanju.

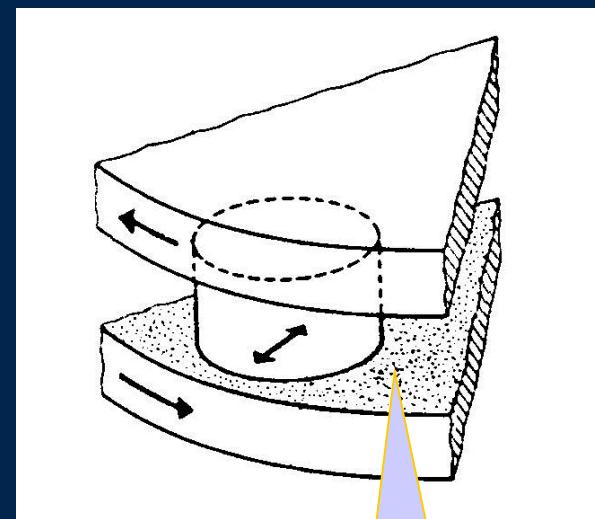
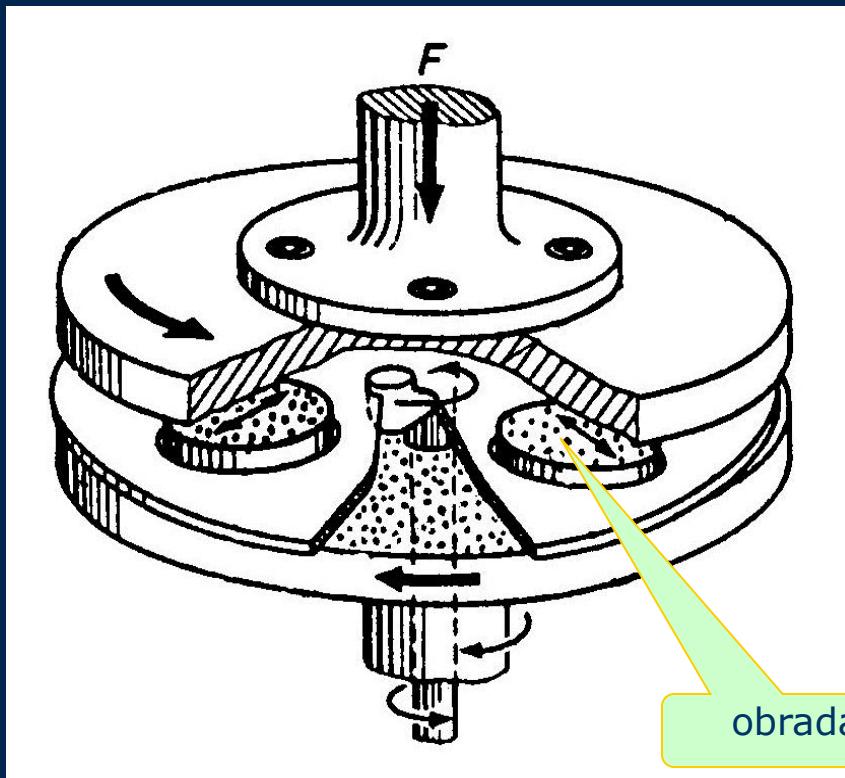
Alat za lepanje je pasta za lepanje koja se sastoji od abrazivnih (brusnih) zrnaca te smjese ulja, petroleja i masti. Rezne oštice nalaze se na brusnim zrcicima, koji su nedefinirane geometrije reznog dijela i zrnatosti 300-800.

Razlikuje se:

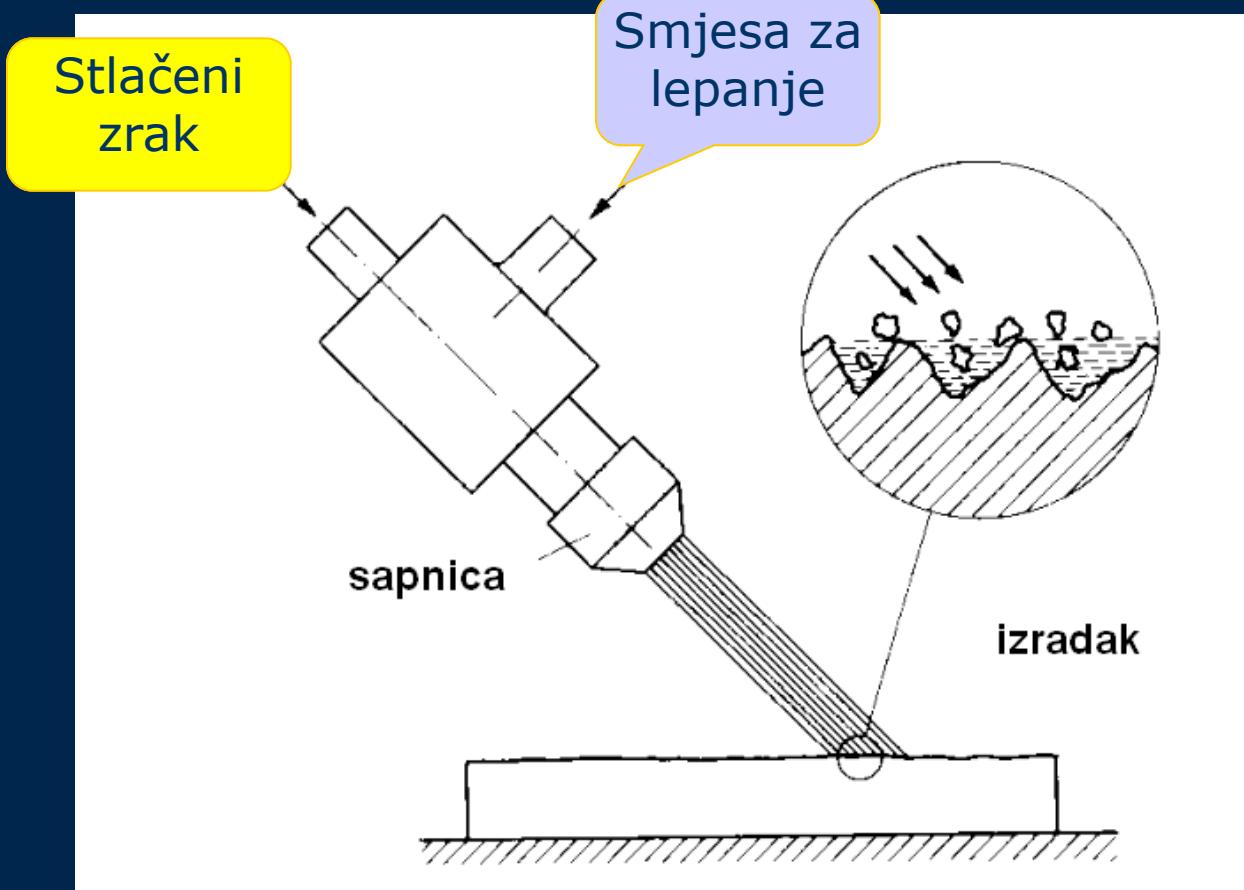
PRISILNO LEPANJE, LEPANJE MLAZOM, LEPANJE UMAKANJEM

PRISILNO LEPANJE

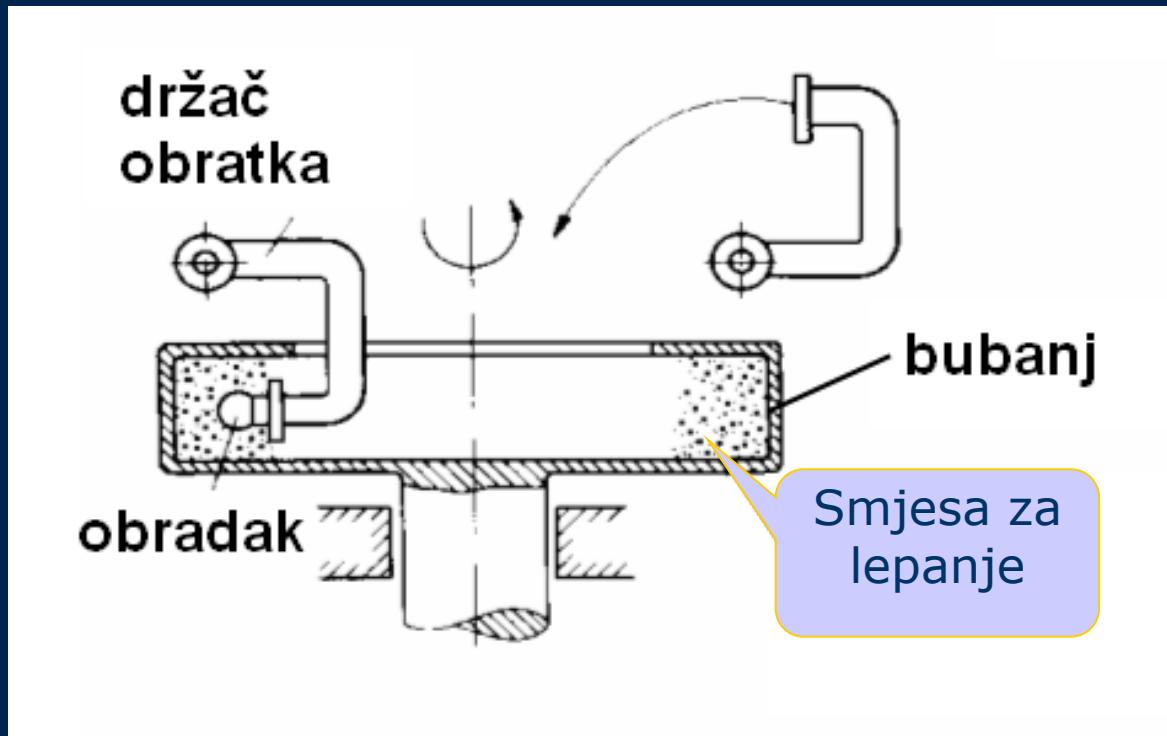
Može se ostvariti neznatna korekcija oblika površine



LEPANJE MLAZOM



LEPANJE UMAKANJEM



NEKONVENTIONALNI POSTUPCI OBRADE (OBRADA ODNOŠENJEM) (DIREKTNO ENERGETSKI POSTUPCI OBRADE)

- alat za obradu ne mora biti tvrdi od obratka – nema klina
- praktički nema kontakta niti mehaničkih sila između alata i obratka
- mehanička svojstva obratka (tvrdoća, čvrstoća, žilavost...) ne utječu na proizvodnost obrade ali utječu fizikalna svojstva (el. vodljivost, toplinska vodljivost,...)

ELEKTROEROZIJSKA OBRADA
- EDM -
(Electric Discharge Machining)



**ELEKTROEROZIJSKA
OBRADA ŽIGOM**

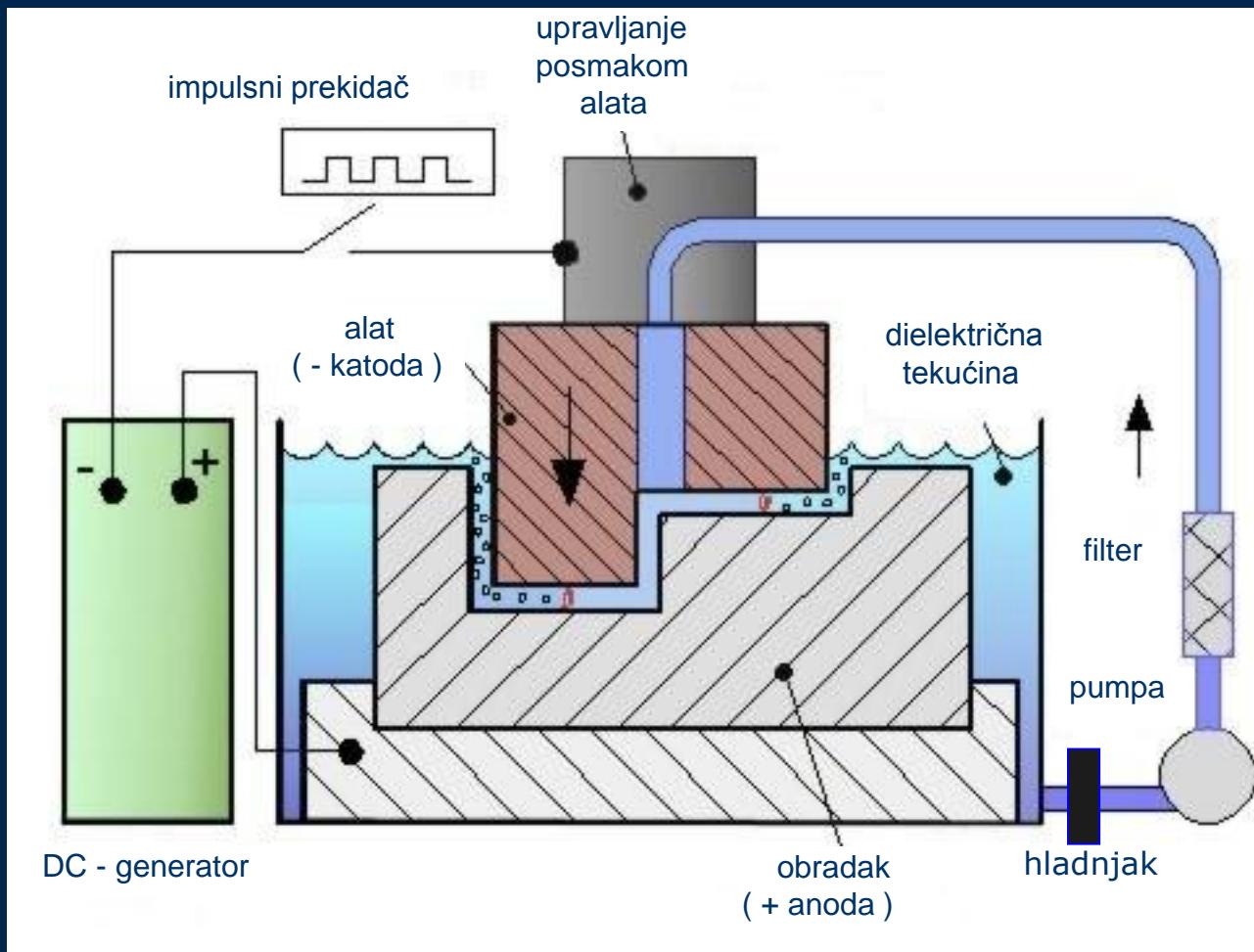


**ELEKTROEROZIJSKA
OBRADA ŽICOM**

EDM ŽIGOM



EDM ŽIGOM



EDM ŽIGOM

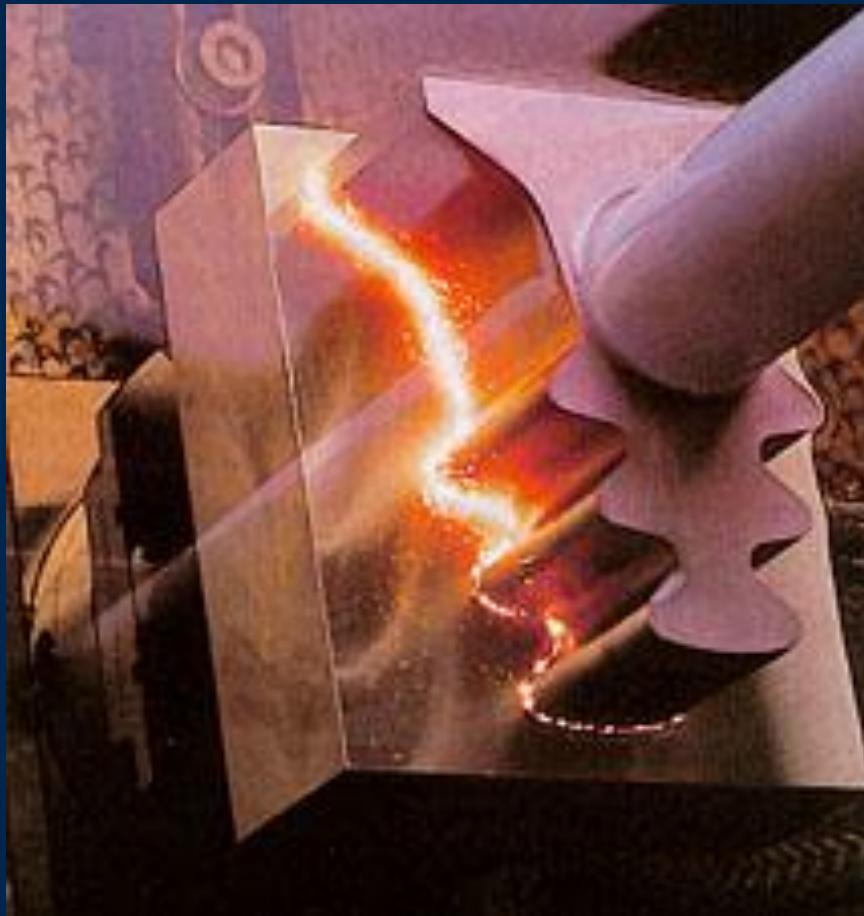
Princip rada postupka sastoji se u električnom pražnjenju između elektroda: alata (katode) i obradka (anode), priključenih na istosmjernu struju i uronjenih u dielektričnu tekućinu. Na mjestu preskakanje iskre dolazi do zagrijavanja, taljenja i isparavanja materijala obradka. Temperature su 6000 – 12000 °C.

Dielektrična tekućina (tehnička voda ili mineralno ulje) je izolator koji kod određenog napona (do 500 V) omogući električno pražnjenje među elektrodama. Drugi zadatak dielektrika je da u neprestanoj struji odnosi produkte izgaranja. Zbog toga se mora filtrirati i hladiti.

Alat se izrađuje od bakrenih legura ili grafita, složenog je oblika jer je "negativ" dijela koji se obrađuje i prilikom obrade se troši pa se mora mijenjati. Kod CNC upravljanja, u određenim slučajevima alat može biti i jednostavnih oblika.

EDM postupak se primjenjuje pri obradi teškoobradivih ali elekrovodljivih materijala (kaljeni čelik, tvrdi metal ...) i pri obradi površina komplikiranog oblika (alati, kalupi, ukovnji, dijelovi turbina...).

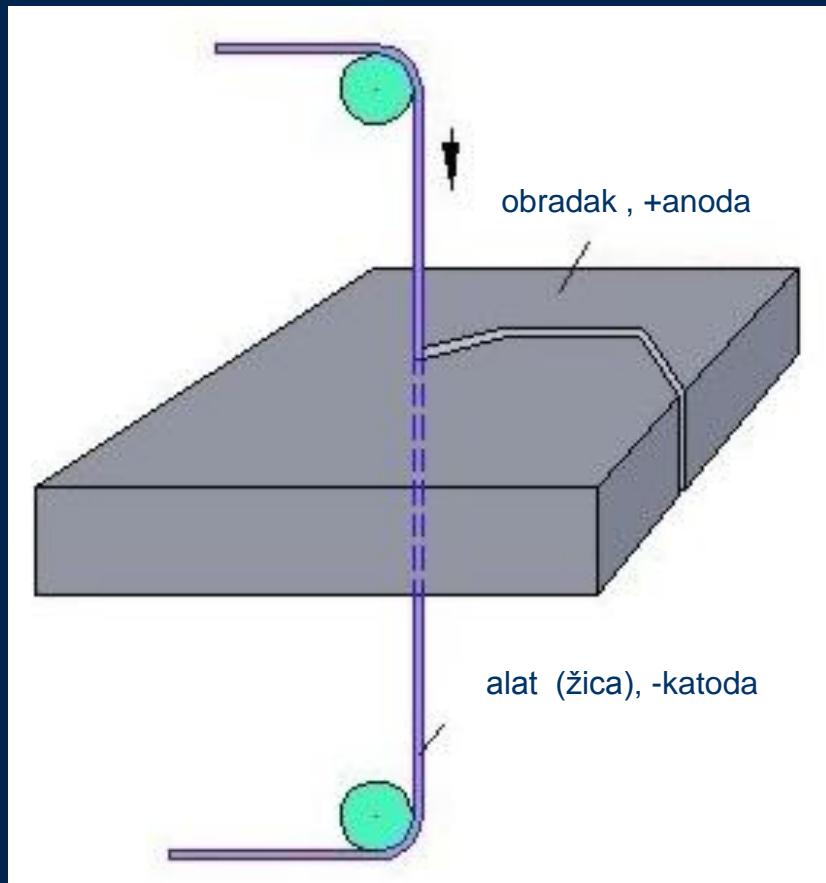
EDM ŽIGOM



EDM ŽIGOM – KARAKTERISTIKE

- pogodan postupak za pojedinačnu proizvodnju, jeftiniji je i precizniji od ECM
- kvaliteta obrade N3 - N6
- točnost dimenzija izratka 0,002 – 0,02 mm
- manja proizvodnost od ECM $< 10\ 000\text{mm}^3/\text{min}$
- dielektrična tekućina mora odvoditi nastalu toplinu i mora se hladiti
- u obratku mogu ostati zaostala naprezanja kao posljedica visokih temperatura (ZUT, HAZ)

EDM ŽICOM



EDM ŽICOM



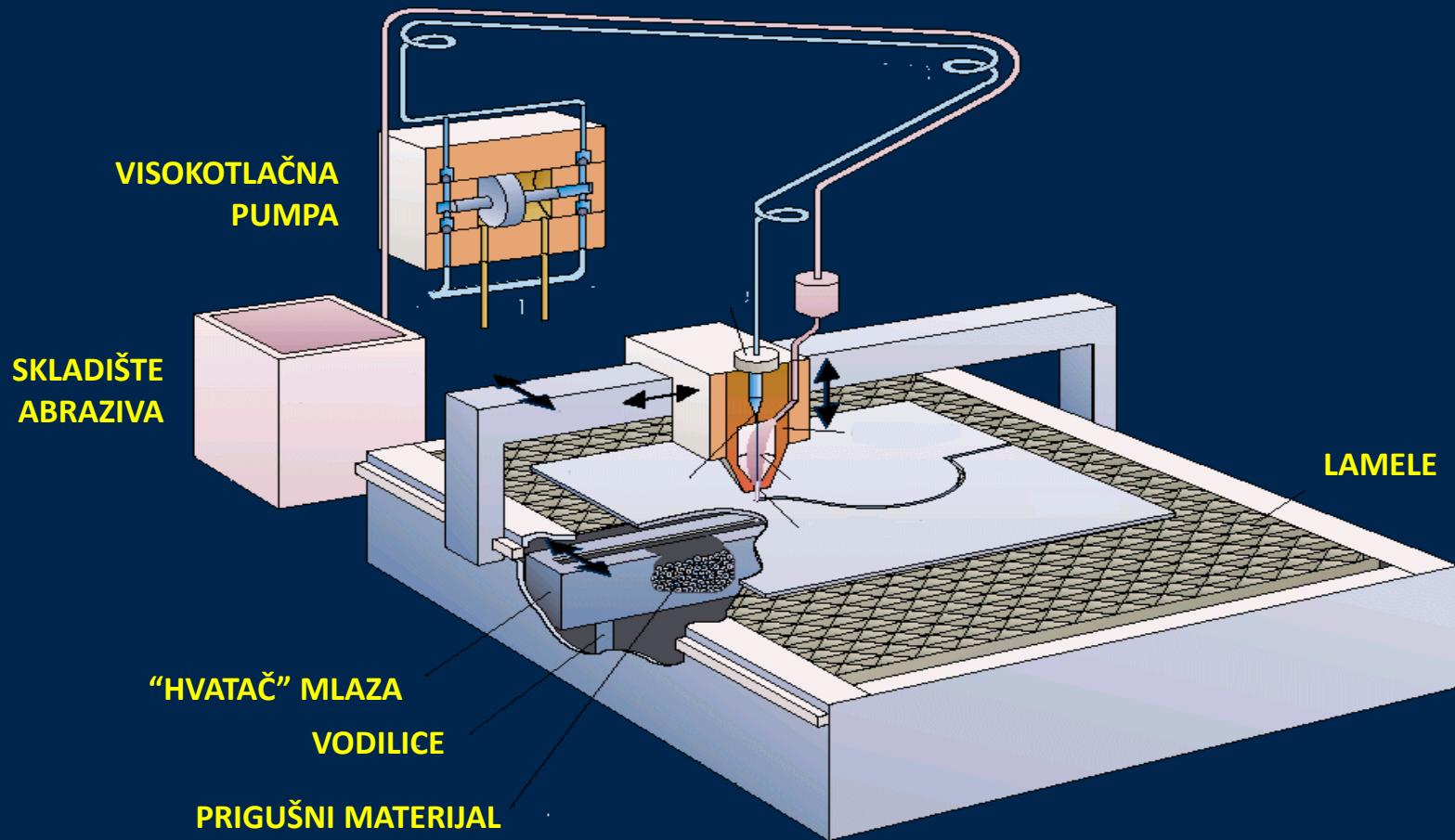
EDM ŽICOM – KARAKTERISTIKE

- **Alat: žica od bakrene legure $\phi 0,25$ mm - standard
volframova žica $\phi 0,02$ - $0,08$ mm**
- **Vođenje žice je kroz precizne safirne vodilice otporne na trošenje**
- **Žica se kao alat-elektroda troši i nakon upotrebe se baca**
- **Žica se odmata s kalema i namata na drugi kalem**
- **Brži je postupak sa žicom od EDM postupka sa žigom**
- **Brzina gibanja žice u xy ravnini utječe na širinu reza:
žica $\phi 0,2$ mm uz $v_{xy} = 1$ mm/min daje širinu reza od 0,25 mm**
- **Numerički upravljeni stroj**
- **Masa sirovca i do 500 kg**

JOŠ NEKI PRIMJERI NEKONVENTIONALNIH TEHNOLOGIJA

- WJM i AWJM – “Water Jet Machining” i “Abrasive Water Jet Machining”
- Kriogene obrade
- USM “Ultrasonic Machining”
- LASER
- IBM – “Ion Beam Machining”
- Aditivne tehnologije (RP, RT, RM)
- Hibridne tehnologije
- ...

STROJ ZA WJM I AWJM





FSB, PROIZVODNI POSTUPCI

Obrada odvajanjem čestica



