



PILJENJE

Piljenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava u svrhu dijeljenja priprema (šipke, profili, cijevi) na više komada (izradaka) koji u sljedećoj fazi tehnološkog procesa postaju pripremi za neki drugi postupak obrade. Izvodi se na alatnim strojevima, pilama, ili rjeđe ručno, pri čemu su glavno i posmično gibanje pridruženi alatu. Vrsta gibanja određena je vrstom postupka piljenja.

Alat - pila, ima više reznih oštrica, od kojih je samo nekoliko istovremeno u zahvatu. Rezne oštrice se nalaze na zubima koji su smješteni na obodu pile. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i izlaze iz njega tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obilježja. Pile se izrađuju od alatnog i brzoreznog čelika, a mogu biti s umetnutim zupima od brzoreznog čelika ili tvrdog metala.

Osnovni postupci strojnog piljenja:

okvirno, tračno i kružno piljenje

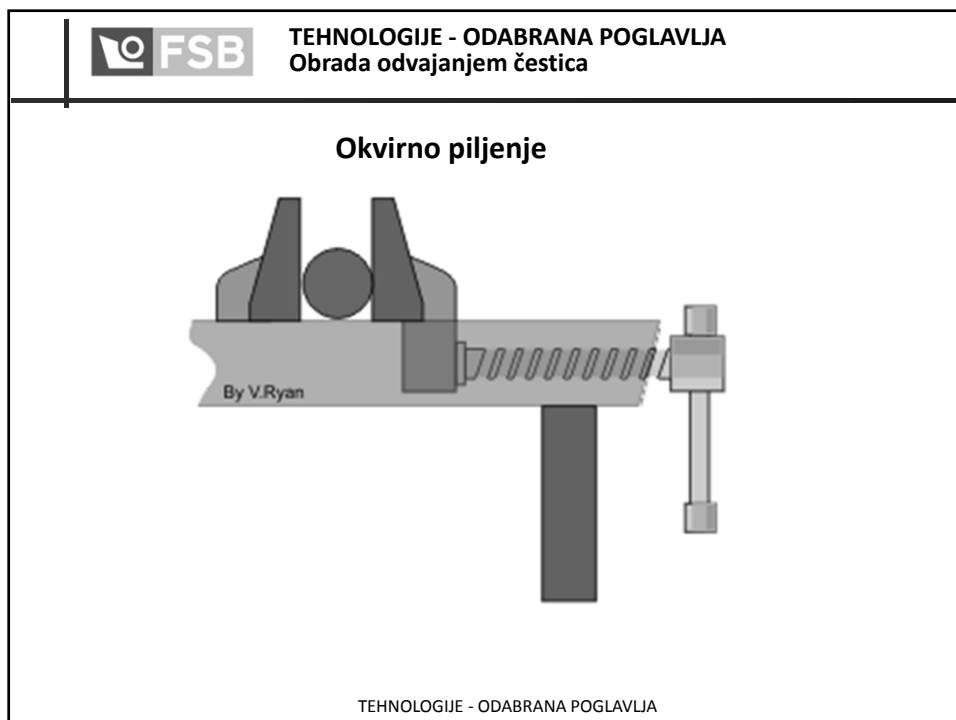
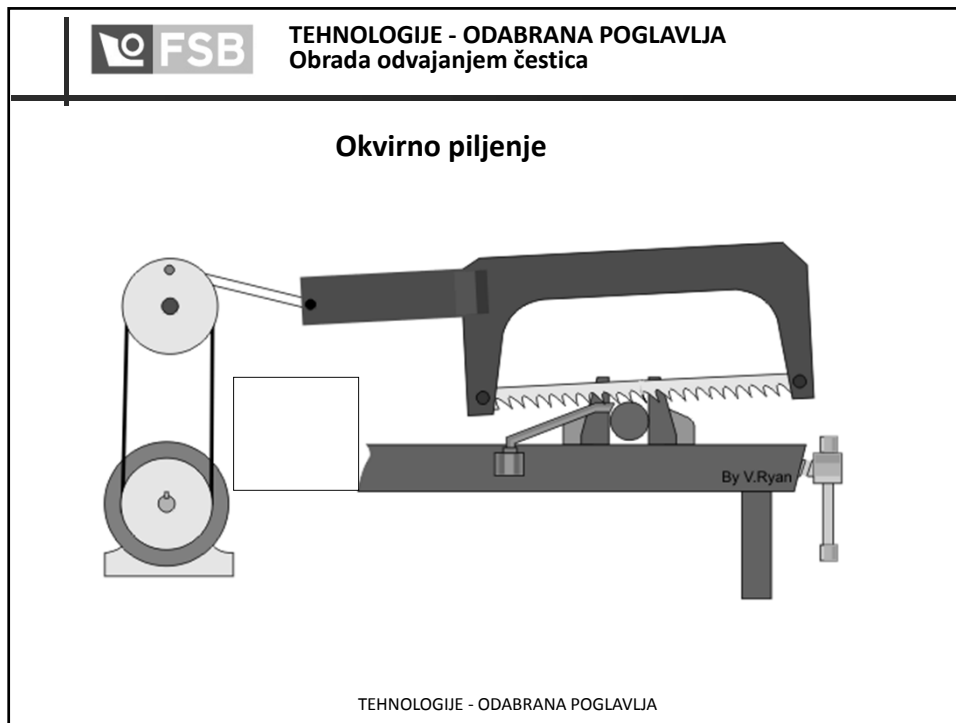
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



Okvirno piljenje

Problem povratnog hoda

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Tračno piljenje

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Kružno piljenje

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

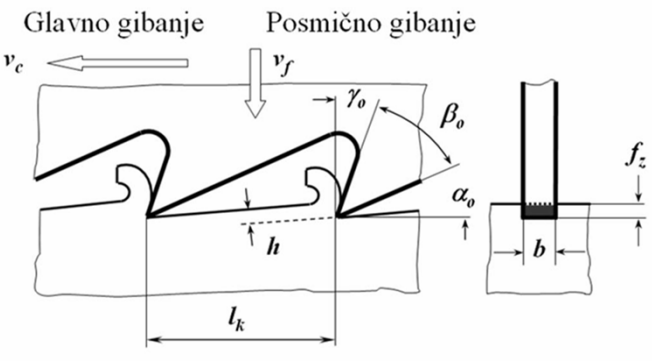


Piljenje materijala u "snopovima"

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

Parametri zahvata kod piljenja



Glavno gibanje v_c Posmično gibanje v_f

γ_o β_o α_o

h l_k b f_z

Površina presjeka odvojene čestice: $A = b \cdot f_z = b \cdot h$

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



Piljenje - film



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



BLANJANJE

Blanjanje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežno ravnih površina. Izvodi se na alatnim strojevima, blanjalicama, pri čemu je glavno gibanje pravolinijsko kontinuirano i sastoji se od radnog hoda, kada alat reže, i povratnog hoda, kada se alat vraća u početni položaj. Posmično gibanje je pravolinijsko diskontinuirano i izvodi se nakon obavljenog povratnog hoda glavnog gibanja.

Alat za blanjanje je nož, definirane geometrije reznog dijela, s jednom glavnom reznom oštricom. Noževi za blanjanje se izrađuju od alatnog čelika (rjeđe) i brzoreznog čelika (češće)

Osnovna značajka blanjalica je mala proizvodnost pa ih zamjenjuju glodalice. Izuzetak čine dubilice, osobito za izradu ozubljenja.


Osnovna podjela blanjanja:

kratkohodno blanjanje, dugohodno blanjanje i dubljenje

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

BLANJANJE



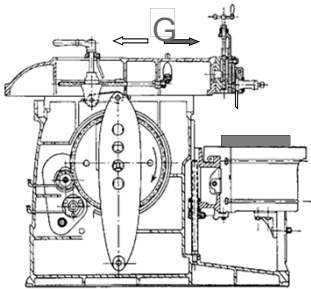
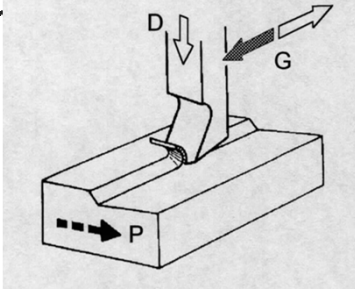
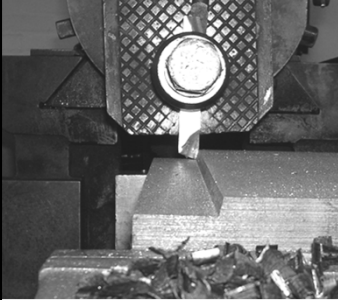

Oblici obrađenih površina kod blanjanja
(elementarne površine kod blanjanja)

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

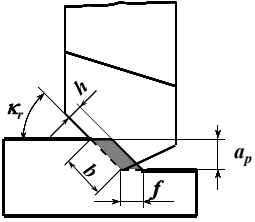
FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

KRATKOHODNO BLANJANJE

pri kratkohodnom blanjanju glavno gibanje izvodi alat, a posmično gibanje obradak

Površina presjeka rezanja:

$$A = a_p \cdot f = b \cdot h$$


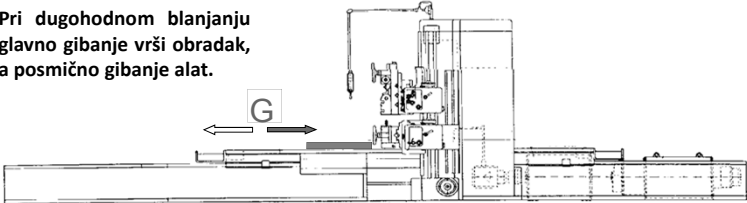
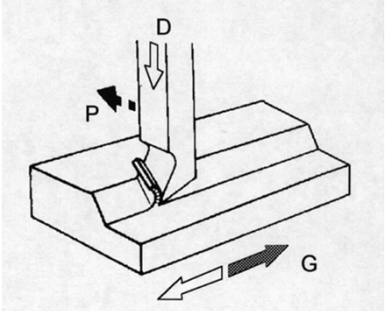
parametri zahvata

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

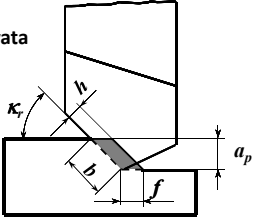
FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

DUGOHODNO BLANJANJE

Pri dugohodnom blanjanju glavno gibanje vrši obradak, a posmično gibanje alat.

parametri zahvata



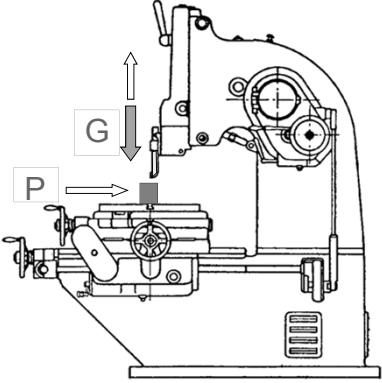
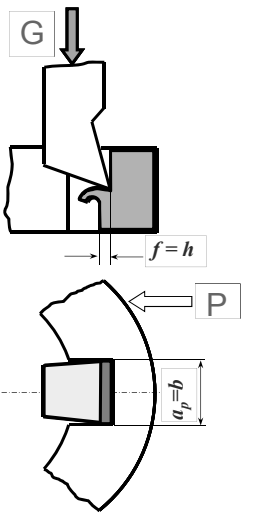
Površina presjeka odvojene čestice:
 $A = a_p \cdot f = b \cdot h$

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

DUBLJENJE

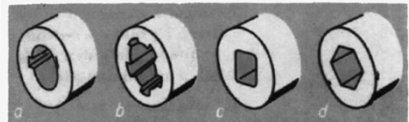
Pri dubljenju glavno gibanje izvodi alat, a posmično gibanje obradak. (kratkohodno bljanjanje u vertikalnoj ravnini)

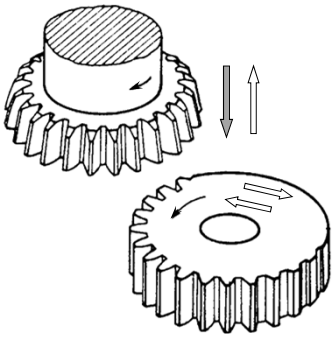
Površina presjeka odvojene čestice:
 $A = a_p \cdot f = b \cdot h$

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica



oblici obrađenih površina
(*elementarne površine*)
kod dubljenja



izrada ozubljenja
dubljenjem


TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA


FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica


Kratkohodno blanjanje- film



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
<h2>OBRADA PROVRTA</h2>	
<small>TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA</small>	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
<h2>BUŠENJE</h2>	
<p>Bušenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za bušenje provrta manjih promjera (5-10 mm) ili proširivanje provrta većih promjera. Izvodi se na alatnim strojevima, pretežno bušilicama, pri čemu je glavno gibanje kružno kontinuirano, a posmično gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi se istodobno kad i glavno gibanje. Ako se obrada izvodi na bušilicama sva gibanja izvodi alat.</p>	
<p>Alat za bušenje je svrdlo, definirane geometrije reznog dijela, s dvije glavne rezne oštrice i jednom poprečnom oštricom koja otežava obradu. Svrkla se dijele na: spiralna svrdla, svrdla za središnje uvrte te posebna svrdla za duboko bušenje.</p>	
<small>TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA</small>	


 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

BUŠENJE

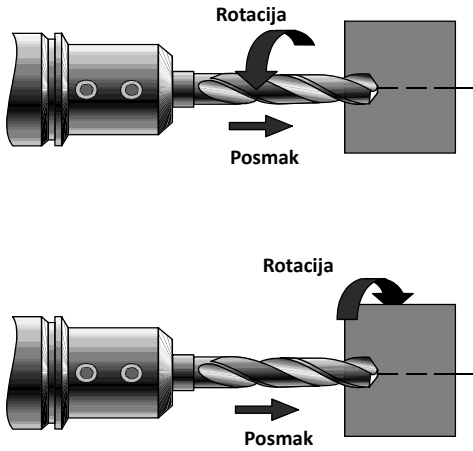
Bušenje karakterizira:

- promjenjiva brzina rezanja duž glavne oštrice,
- promjenjivi kutovi rezanja duž glavne oštrice,
- otežano odvođenje odvojene čestice i dovod SHIP-a,
- mala krutost sustava.

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

BUŠENJE - kinematika



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA




TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

BUŠENJE

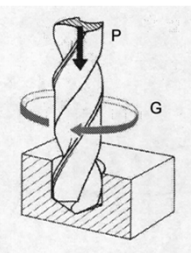



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

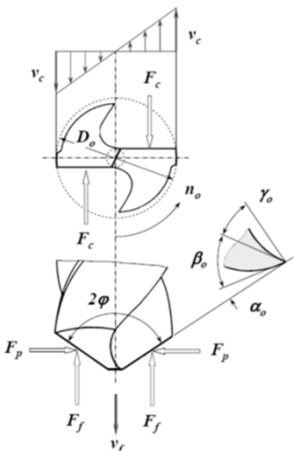


TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

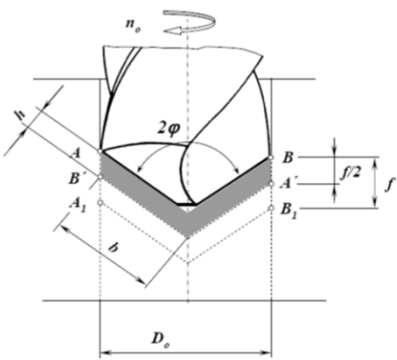
OBRADA PROVRTA - BUŠENJE



Gibanja kod bušenja




Značajke postupka bušenja

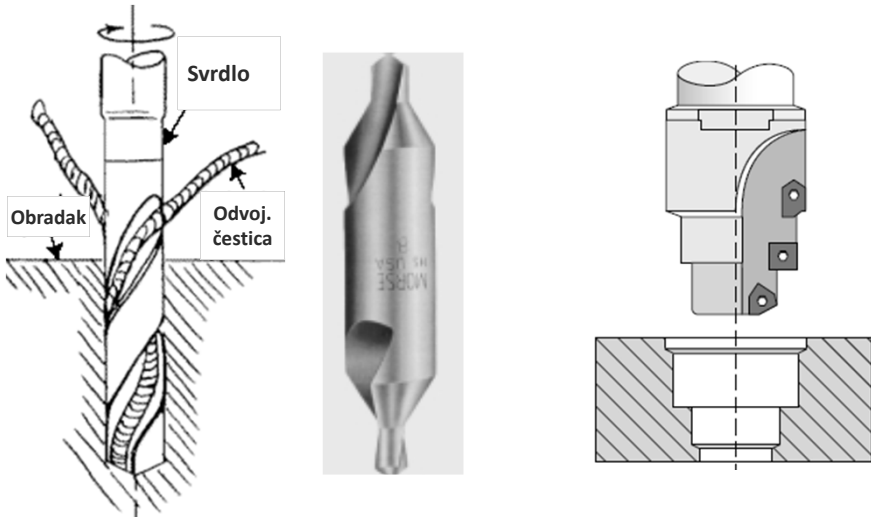


Parametri zahvata kod bušenja

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

SPIRALNO SVRDLO



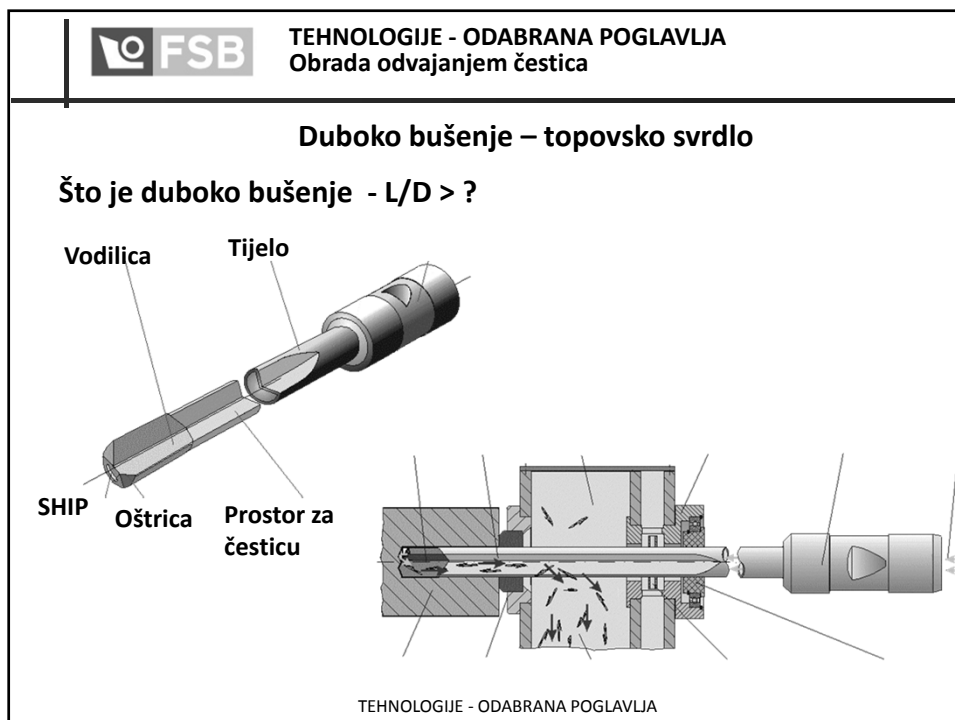
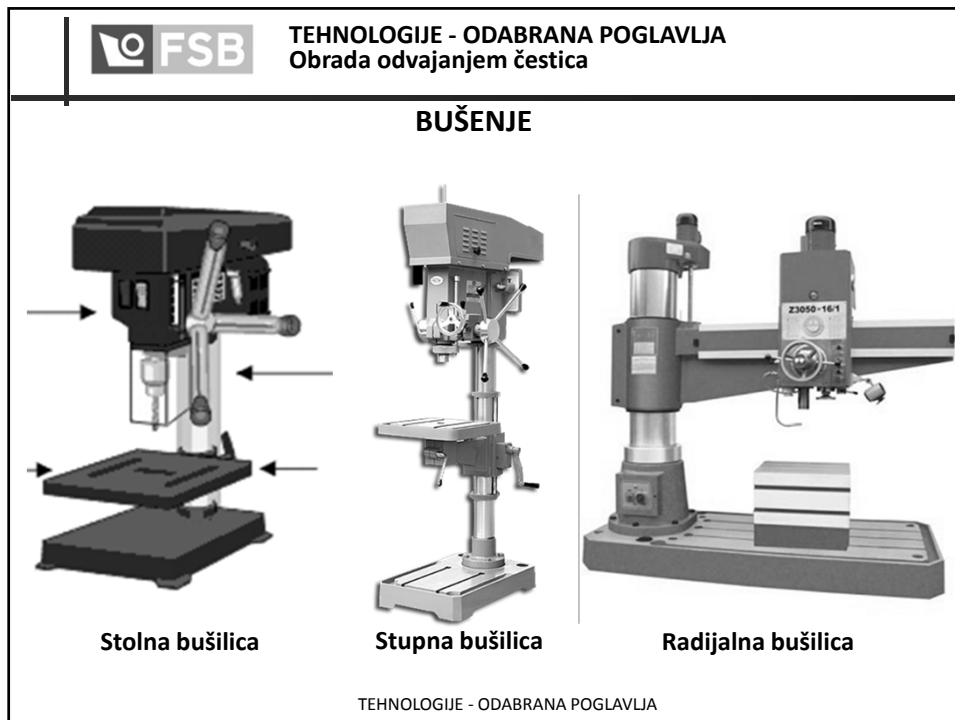
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

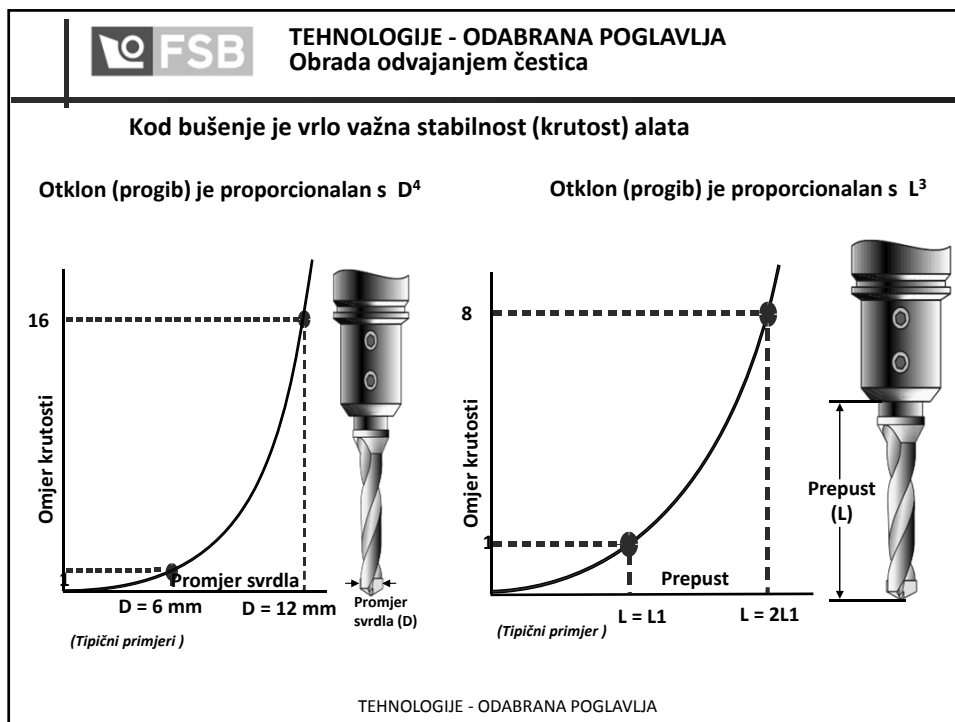
 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

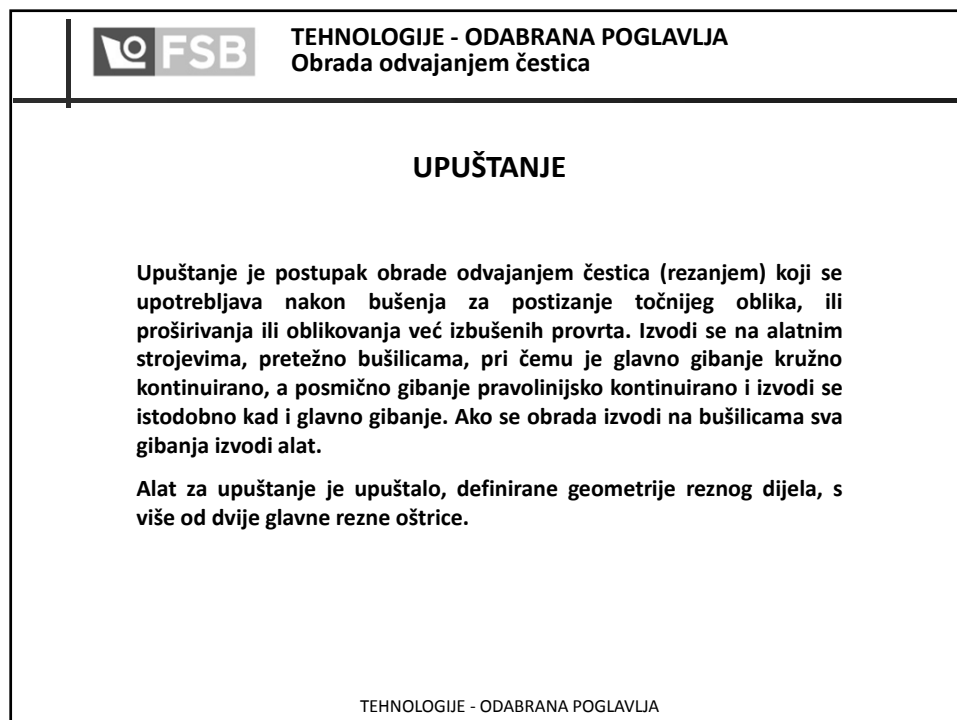
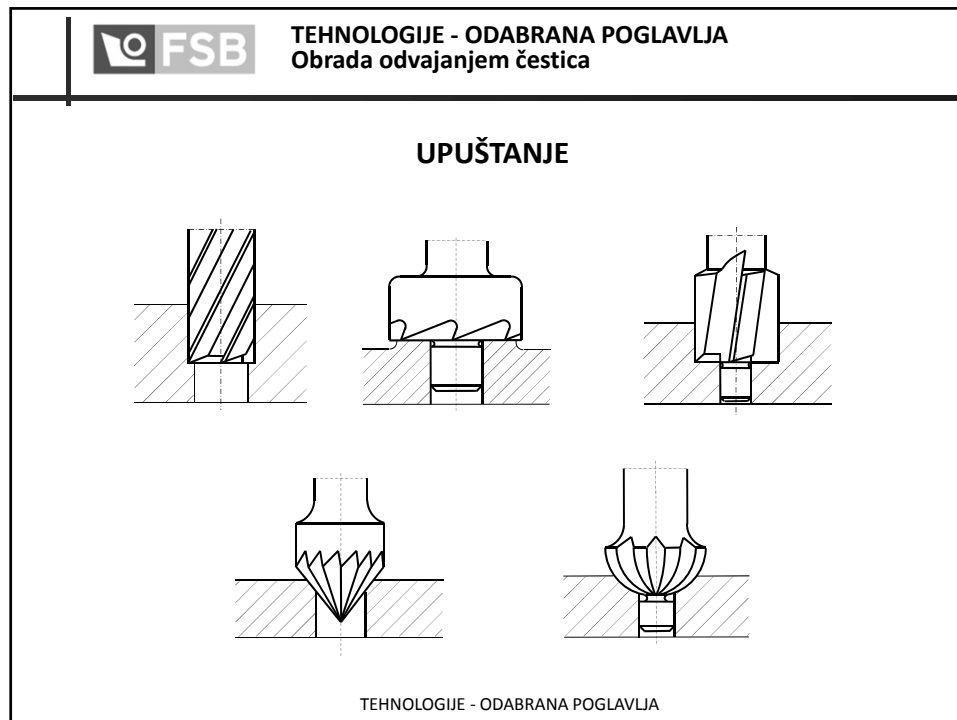
Hlađenje kroz alata




TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

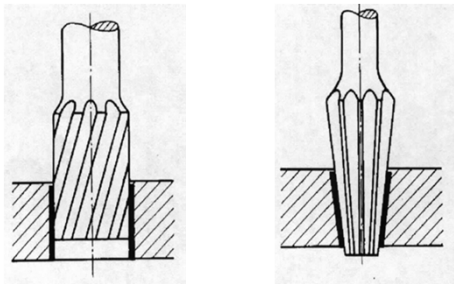







 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

RAZVRTAVANJE



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

RAZVRTAVANJE

Razvrtavanje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava nakon bušenja za konačnu, finiju i precizniju obradu već izbušenih provrta (N5). Izvodi se na alatnim strojevima, pretežno bušilicama, pri čemu je glavno gibanje kružno kontinuirano, a posmično gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi se istodobno kad i glavno gibanje. Ako se obrada izvodi na bušilicama sva gibanja izvodi alat.

Alat za razvrtavanje je razvrtalo, definirane geometrije reznog dijela, s više od dvije glavne rezne oštrice (6-12).

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

Bušenje i upuštanje - film



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

Razvrtavanje . film



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



PROVLAČENJE

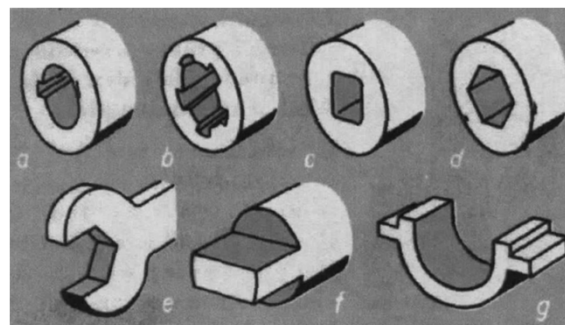
Provlačenje je visokoproduktivan i vrlo precizan postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem), koji se obično primjenjuje za finu obradu provrta, utora i profilnih oblika. Izvodi se na alatnim strojevima, provlakačicama, pri čemu je glavno gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi ga alat. Posmično gibanje nije potrebno u većini slučajeva. Ukoliko se obrađuju zavojni utori, posmično gibanje je kružno kontinuirano.

Alat za provlačenje je igla, definirane geometrije reznog dijela, s više glavnih reznih oštrica, od kojih je svaka, jedna iza druge, smještena na većem promjeru za iznos željene debljine odvojene čestice. Poprečni presjek igle za provlačenje ima oblik poprečnog presjeka obrađene površine (utora). Razlikuju se igle za vanjsku i unutarnju obradu.

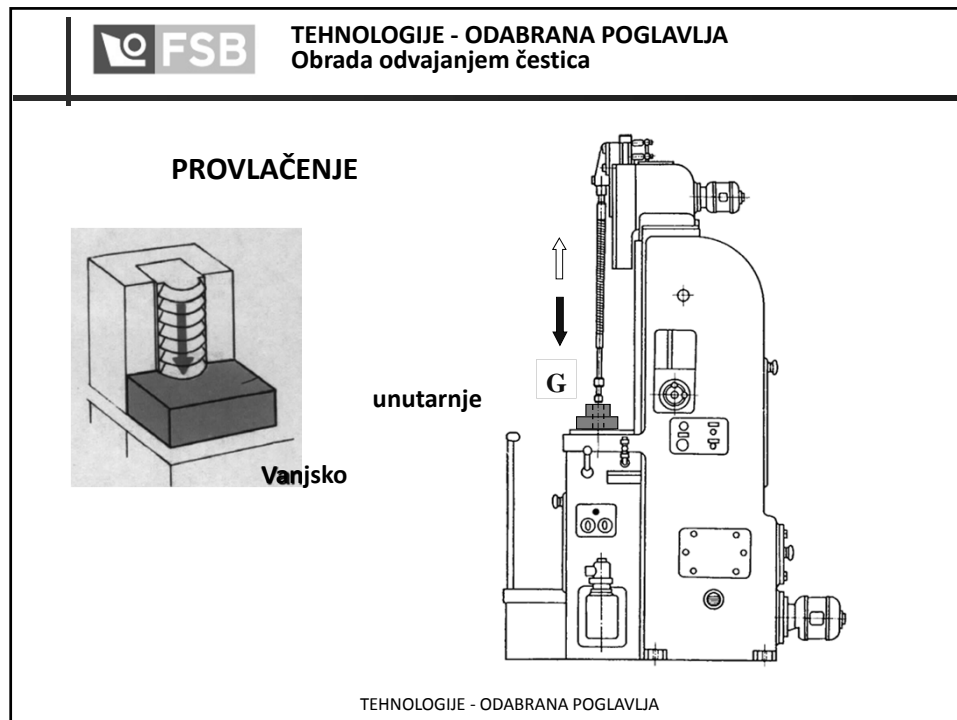
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



PROVLAČENJE



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

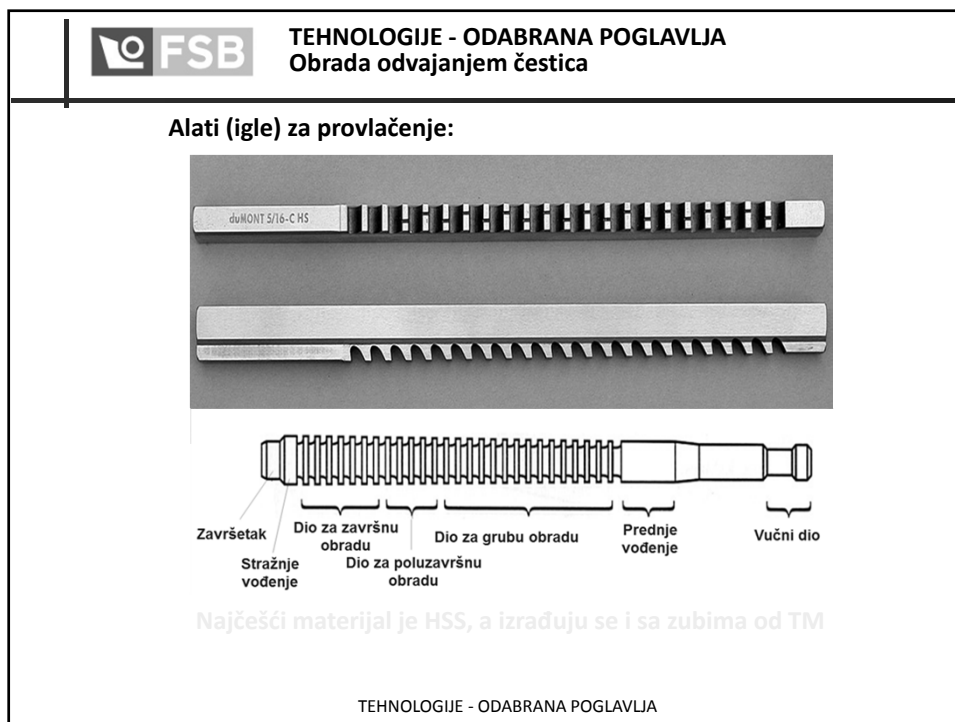
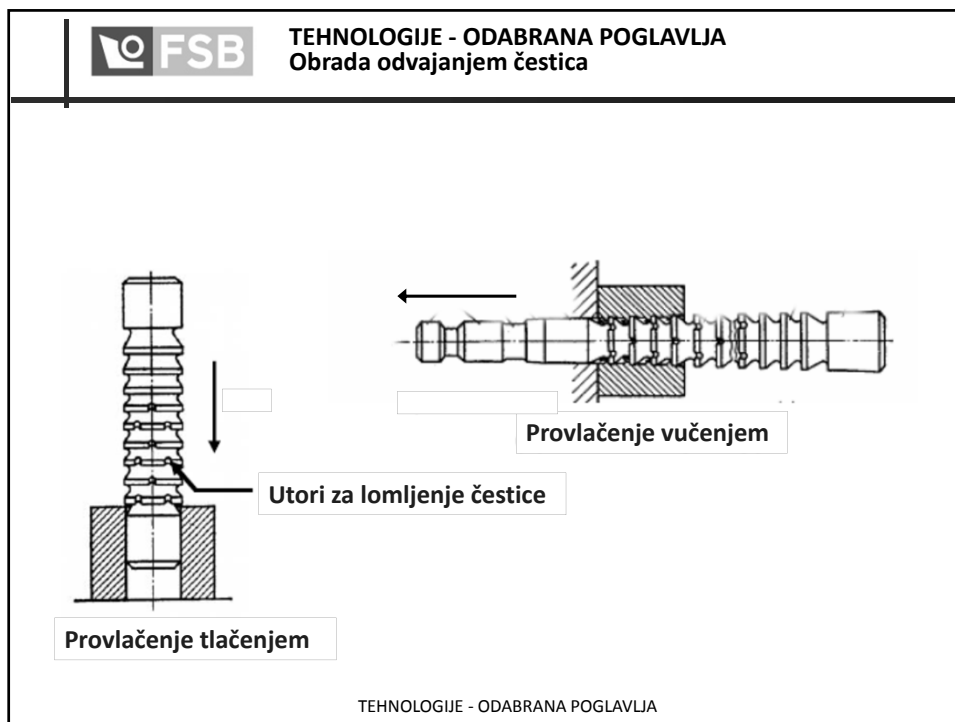
Podjela provlačenja:

- prema načinu rada:
 - provlačenje vučenjem (tanje igle)
 - provlačenje tlačenjem (deblje igle)

Značajke provlačenja:

- nema posmičnog gibanja
- postupno rezanje materijala male debljine sa nekoliko zubi istovremeno u zahvatu
- male brzine rezanja, najčešće $4-20 \text{ mmin}^{-1}$ (idu i preko 50 m/min)
- udarna opterećenja alata
- alat je skup pa se postupak primjenjuje u serijskoj i masovnoj proizvodnji.

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

Parametri zahvata kod provlačenja

$P = (1,25 - 1,5) \cdot L^{1/2}$

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

Provlačenje - animacije

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



TOKARENJE

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežno rotacijskih (simetričnih i nesimetričnih, okruglih i neokruglih) površina.

Izvodi se na alatnim strojevima, tokarilicama, pri čemu je glavno (režno) gibanje kružno, kontinuirano i pridruženo obratku.

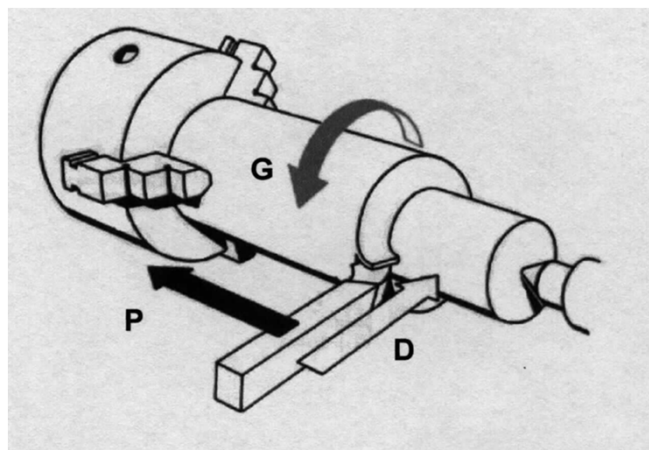
Posmično gibanje je pravolinijsko kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog gibanja i pridruženo je alatu. Os okretanja glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema obratku bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja.

Alat za tokarenje je tokarski nož definirane geometrije reznog dijela, s jednom glavnom reznom oštricom.

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

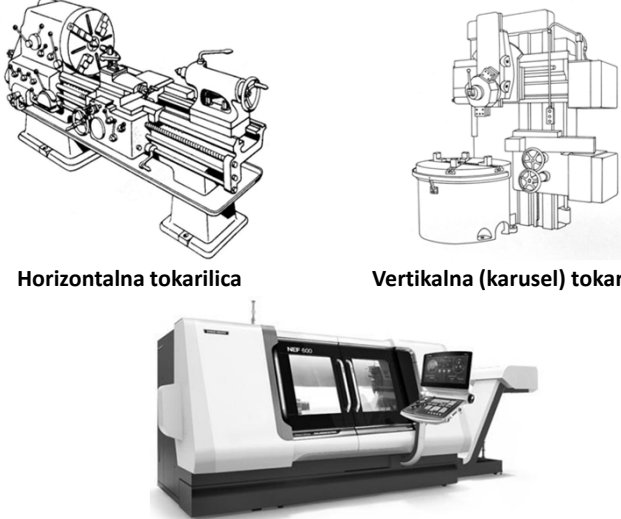


TOKARENJE



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



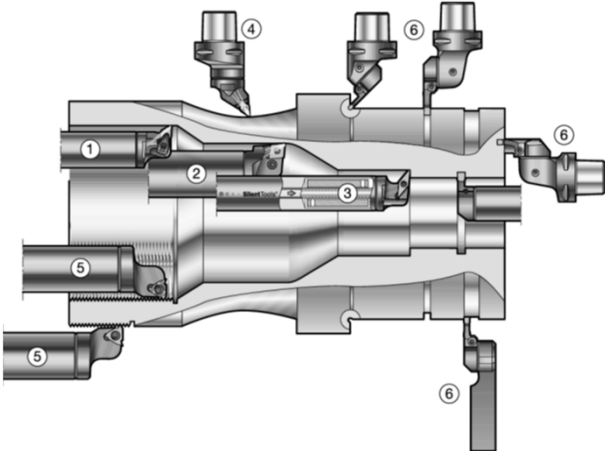
Horizontalna tokarilica Vertikalna (karusel) tokarilica

Suvremena CNC tokarilica

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

Detailed description: This slide illustrates three types of lathes. On the left is a horizontal lathe, a traditional machine with a rotating workpiece and a stationary tool. On the right is a vertical (turret) lathe, where the workpiece is rotated vertically. Below these is a modern CNC lathe, which is a computer-controlled machine with a digital readout system and a control panel.


FSB **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Primjeri alata i površina kod tokarenja

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

Detailed description: This diagram shows a cross-section of a lathe tool cutting a workpiece. The tool is labeled with numbers 1 through 6, indicating different cutting surfaces and tool features. The workpiece is also labeled with numbers 1 through 6, indicating different surfaces and features. The diagram illustrates the geometry of the tool and the resulting workpiece surfaces during the turning process.

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

PODJELA POSTUPKA

Tokarenje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele:

Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine:

grubo, završno i fino tokarenje

Prema kinematici postupka:

uzdužno i poprečno


Prema položaju obrađene površine:

vanjsko i unutarnje.

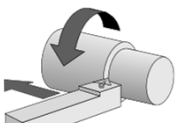
*Prema obliku obrađene površine
(elementarne površine):*

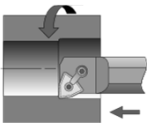
okruglo, plansko (poprečno), konusno, profilno, oblikovno (kopirno), tokarenje navoja i neokruglo.

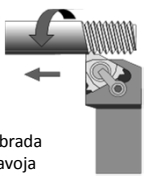
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

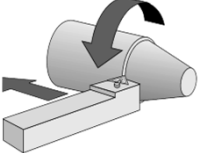
 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

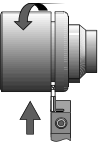
PODJELA POSTUPKA

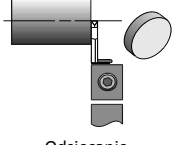

Uzdužno tokarenje -vanjsko

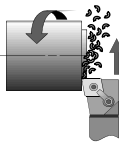

Uzdužno tokarenje - unutarnje

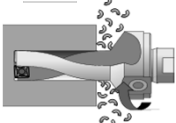

Obrada navoja


Profilno tokarenje

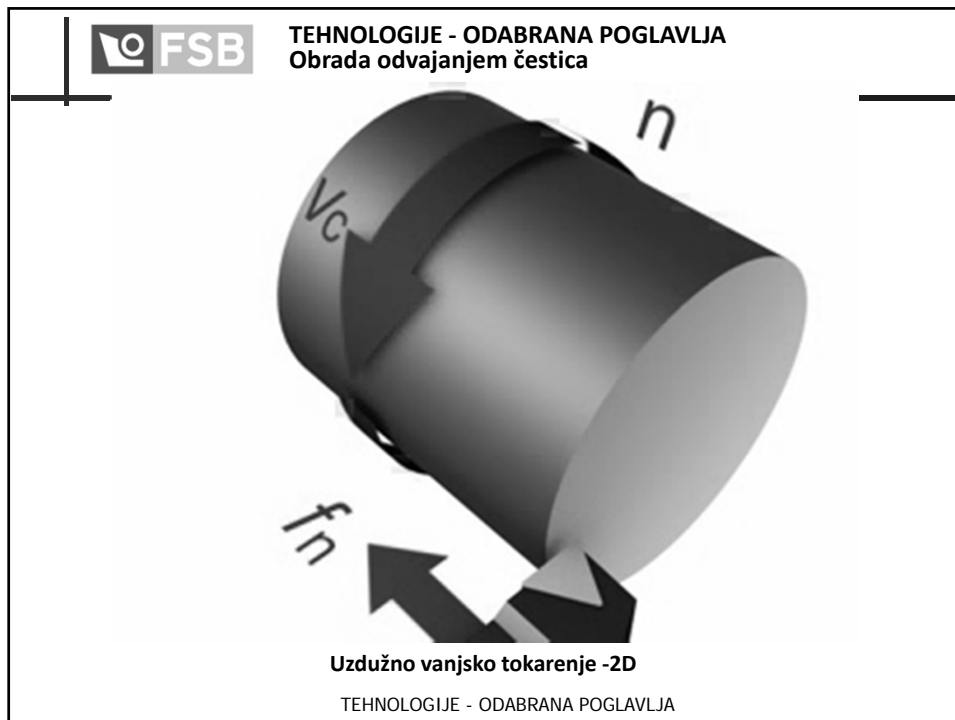

Obrada utora


Odsjecanje

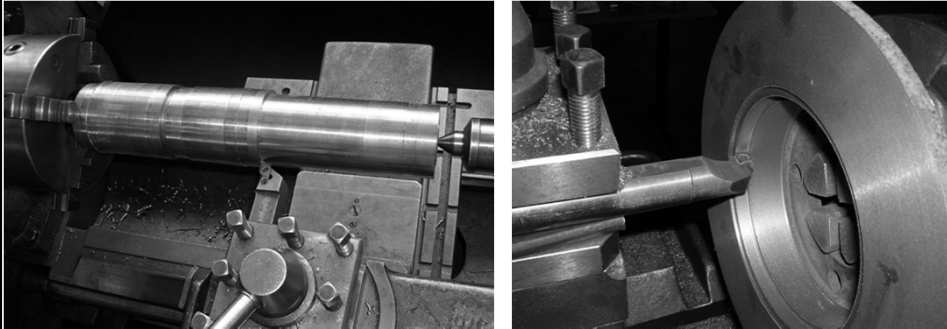

Poprečno (čeoно) tokarenje


Bušenje

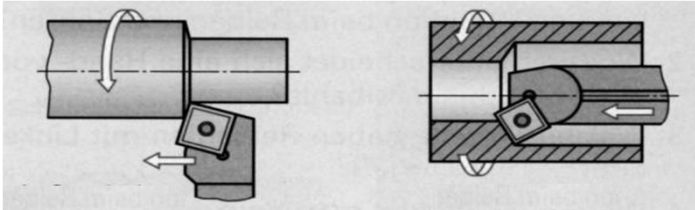
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica



Uzdužno vanjsko tokarenje **Uzdužno unutarnje tokarenje**



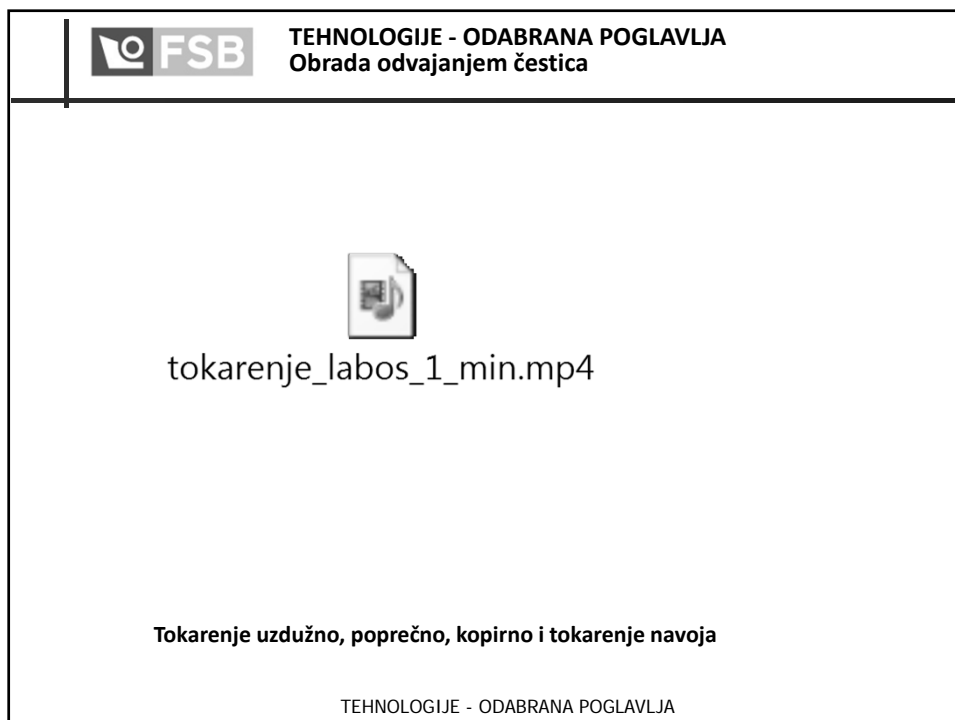
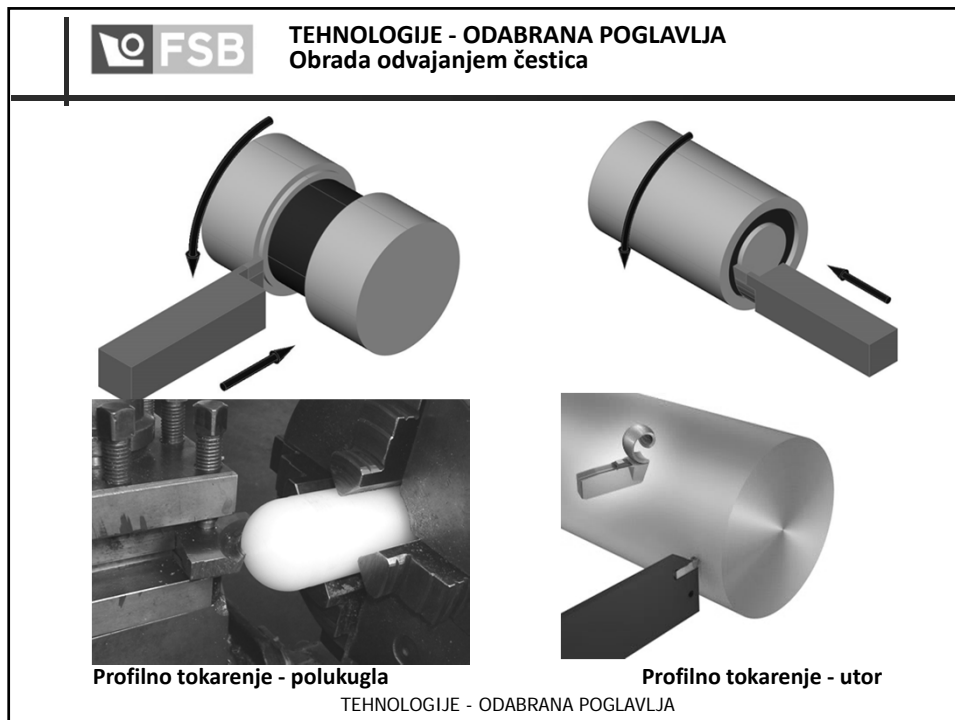
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA


FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica




CNMA-C5005


Poprečno tokarenje - odsjecanje
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



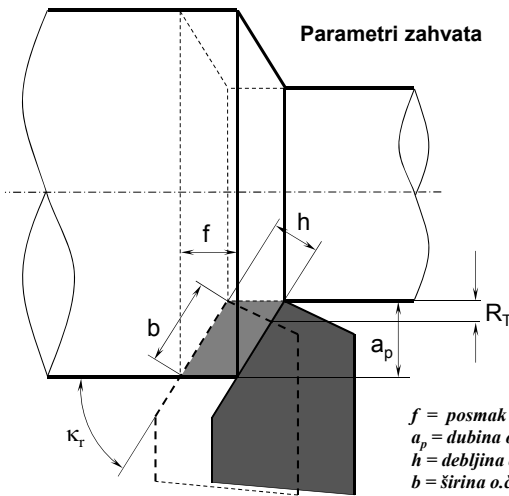
 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Tokarenje – različite površine, 0.5 min
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

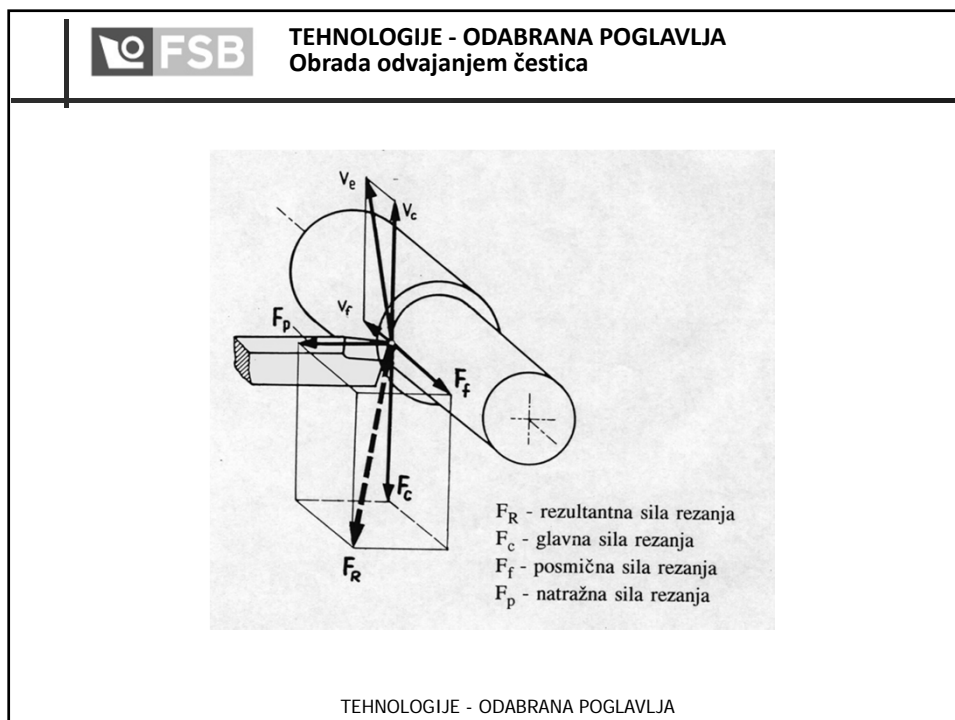
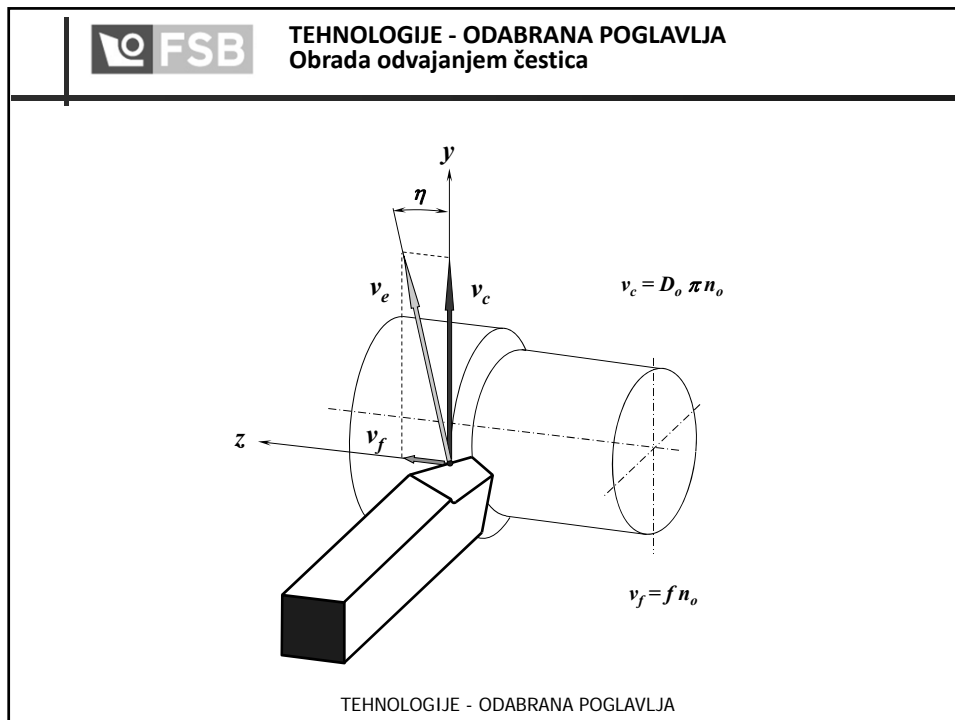
Parametri zahvata



$f = \text{posmak, mm}$
 $a_p = \text{dubina obrade, mm}$
 $h = \text{debljina o.č., mm}$
 $b = \text{širina o.č., mm}$

Površina presjeka rezanja: $A = b \cdot h = a_p \cdot f$, mm^2

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA





Rovašenje

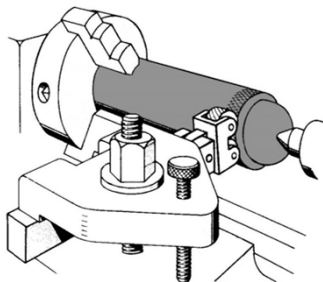
Proces utiskivanja teksture na okrugle površine koji se najčešće primjenjuje kako bi se olakšalo rukovanje, a ponekad zbog povećanja promjera dijela radi utiskivanja u druge dijelove te zbog boljeg vizualnog efekta površine.




TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA




Rovašenje




TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

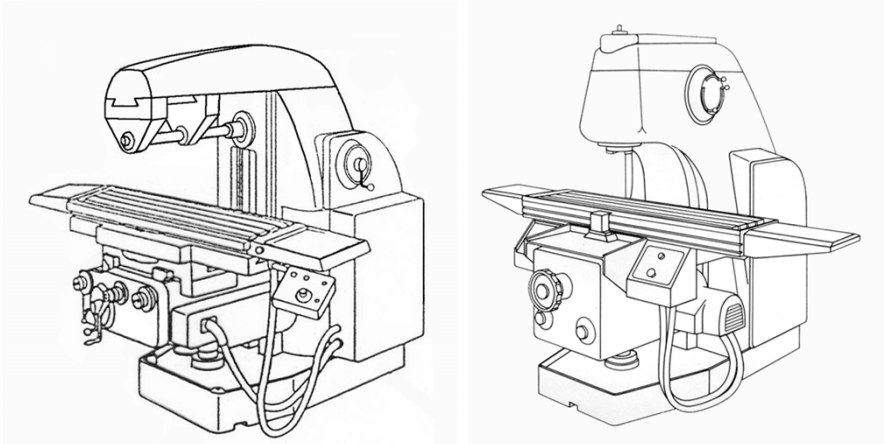
	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
Posebnosti kod tokarenja	
Tvrdo tokarenje	
Mikro tokarenje	
Tokarski obradni centri (TOC)	
HS tokarenje (visokobrzinsko tokarenje)	
HF tokarenje (tokarenje velikim posmacima)	
DRY tokarenje (suho tokarenje)	
MQL(C) tokarenje	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
GLODANJE	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
GLODANJE	
	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
GLODANJE	
<p>Glodanje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) obradnih površina proizvoljnih oblika. Izvodi se na alatnim strojevima, glodalicama, pri čemu je glavno (režno) gibanje kružno, kontinuirano i pridruženo alatu. Posmično gibanje je kontinuirano, proizvoljnog oblika i smijera i pridruženo obratku. Os okretanja glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema alatu bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja.</p> <p>Alat za glodanje je glodalo definirane geometrije reznog dijela, s više glavnih reznih oštrica koje se nalaze na zubima glodala i mogu biti smještene ili na obodnoj ili na obodnoj i čeonj plohi glodala.</p> <p>Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i izlaze iz njega tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obilježja. Istodobno je u zahvatu s obratkom samo nekoliko reznih oštrica; više reznih oštrica u zahvatu osigurava mirniji rad glodala.</p> <p>Rezni dio glodala izrađuje se od materijala znatno veće tvrdoće od obrađivanog materijala, a najčešće se koriste brzorezni čelici, tvrdi metali, cermet, keramika te kubni nitrid bora.</p>	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

FSB **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Univerzalna horizontalna glodalica **Vertikalna glodalica**

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Širina stola:	7000 mm
Duljina stola:	28000 mm
Razmak stupova:	8000 mm
Visina portala:	7000 mm
Maks. hod osi Z:	3500 mm
Snaga GM:	105 kW
Upravljanje:	SINUMERIK 840D

Portalna glodalica

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica




Glodalica za mikro glodanje
Dimenzije 300 x 210 x 100 mm



Glodalica za glodanje modela brodova
Dimenzije > 100 m

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

PODJELA POSTUPKA

Glodanje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele:

- Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine:*
 - grubo, završno i fino glodanje**
- Prema kinematici postupka:*
 - istosmjerno i protusmjerno**
- Prema položaju reznih oštrica na glodalu:*
 - obodno i čeono**
- Prema obliku obrađene površine:
(elementarne površine)*
 - ravno** (plansko), **okretno** (okruglo i neokruglo),
 - profilno** (glodanje utora raznih profila, modulno glodanje),
 - odvalno, oblikovno** (kopirno ili CNC)

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Obodno ravno glodanje – istosmjerno („down cut milling“)

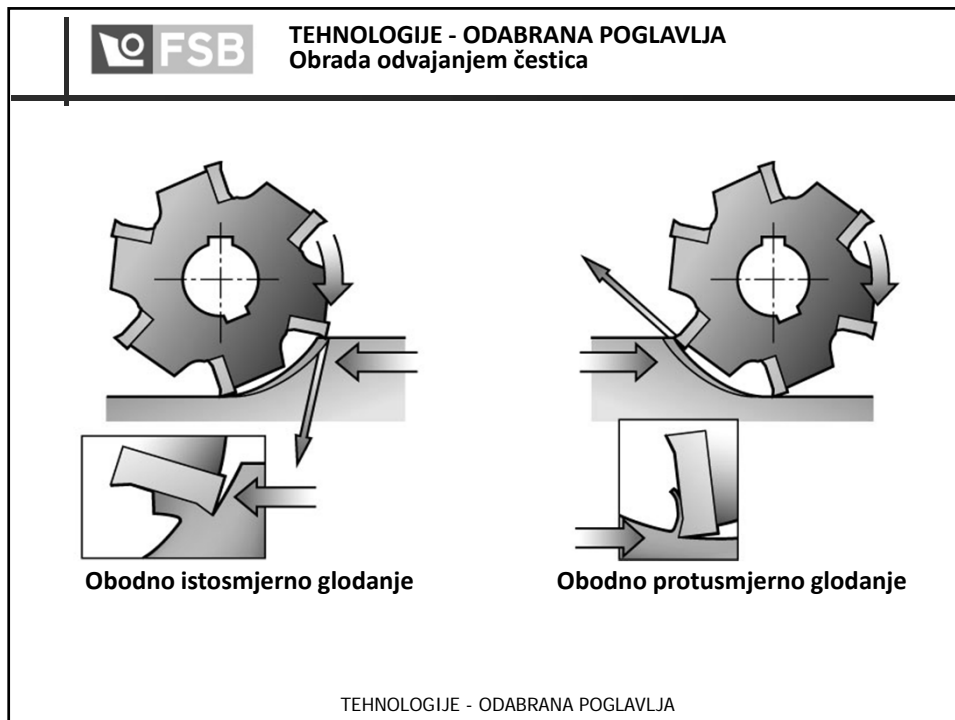
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA


 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

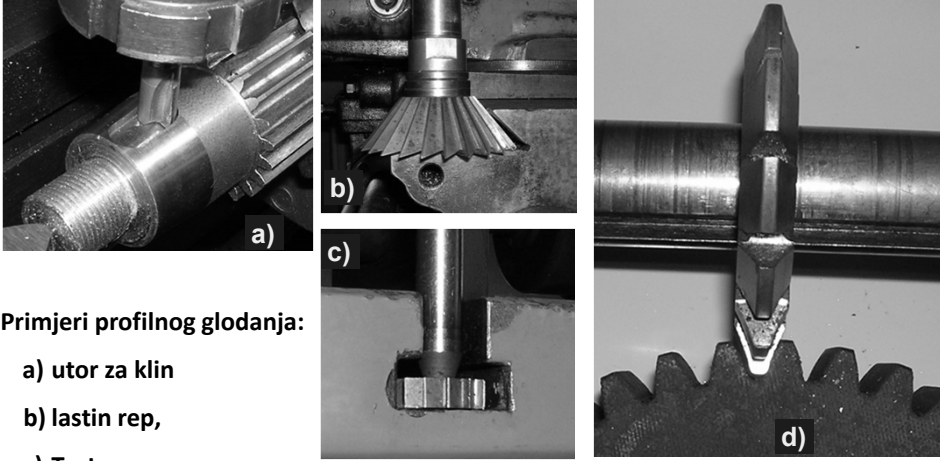


Obodno ravno glodanje – protusmjerno („up cut milling“)

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



Primjeri profilnog glodanja:

- a) utor za klin
- b) lastin rep,
- c) T-utor,
- d) zupčanik


TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica



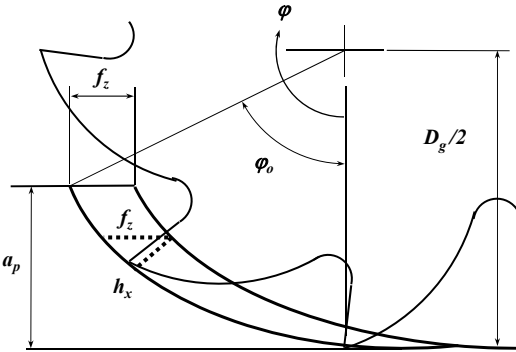
Odvalno glodanje zupčanika

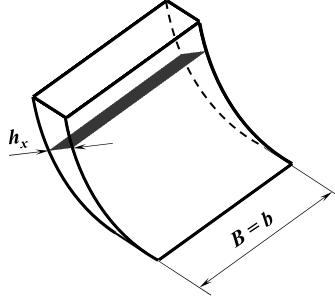
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

Parametri zahvata






$h_x = f_z \sin \varphi$

Površina presjeka odvojene čestice:
 $A_x = b h_x = B h_x$

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

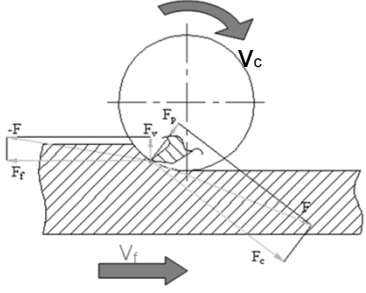


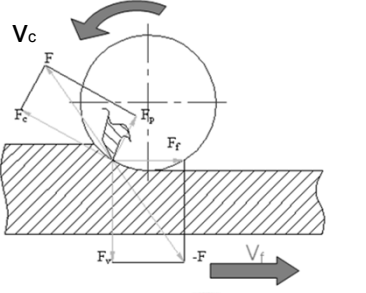
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

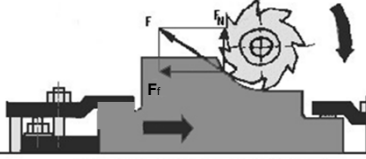
Razlike protusmjernog i istosmjernog glodanja

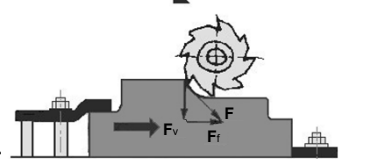
Obodno ravno protusmjerno glodanje

Obodno ravno istosmjerno glodanje

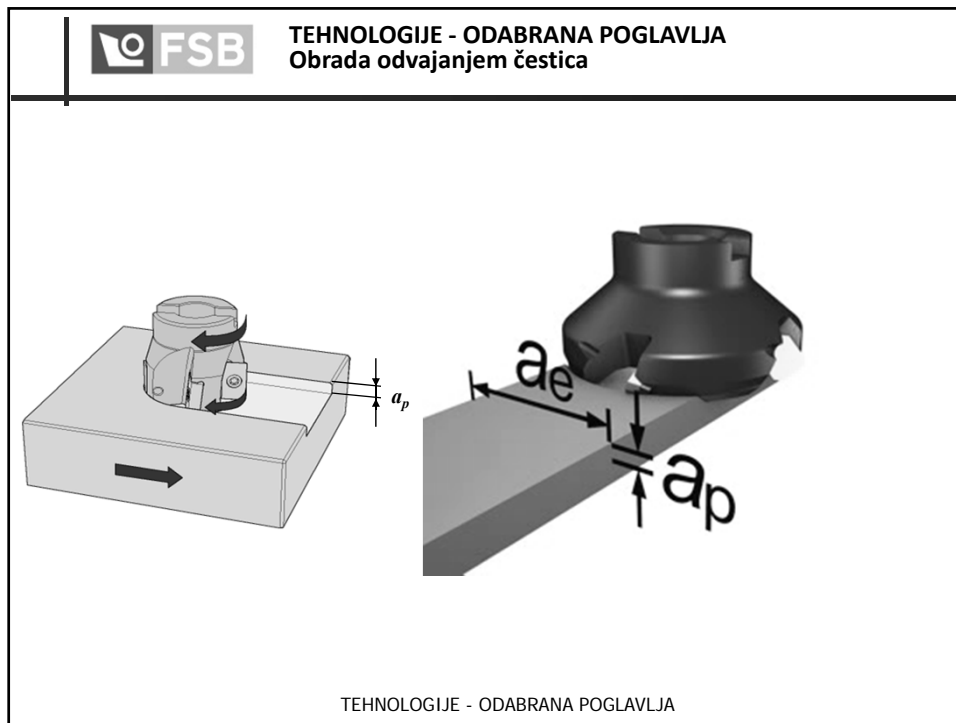


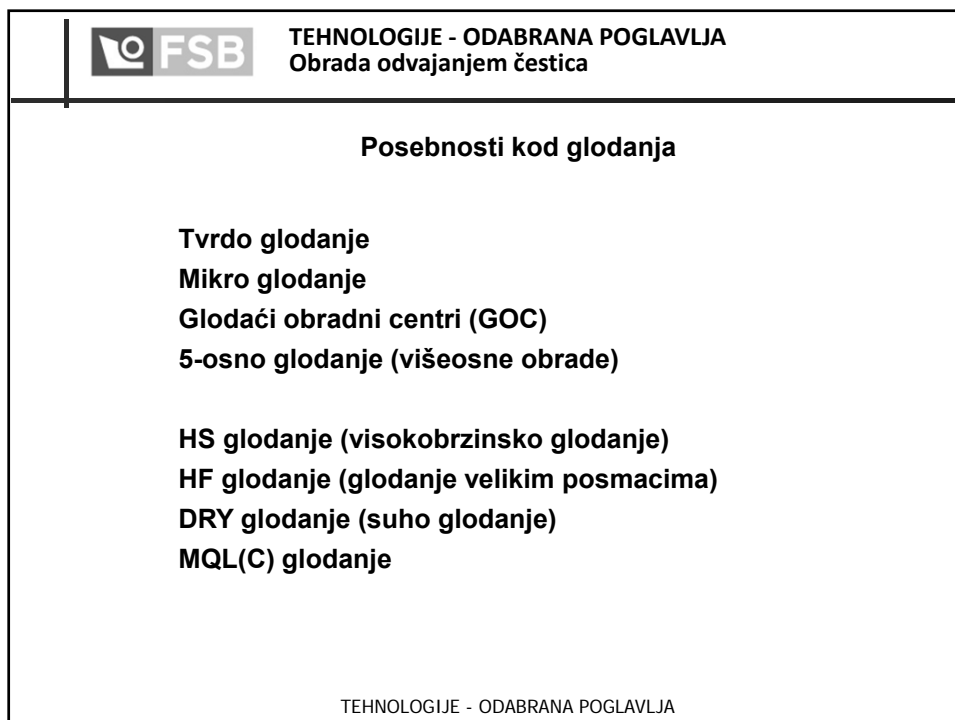






TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA





 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica




TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Glodanje_5-osno-kaciga


 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica


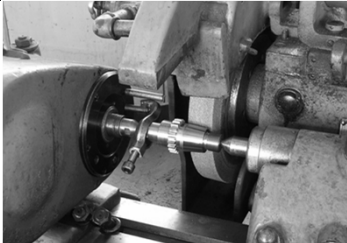

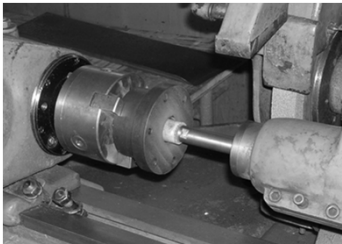
BRUŠENJE


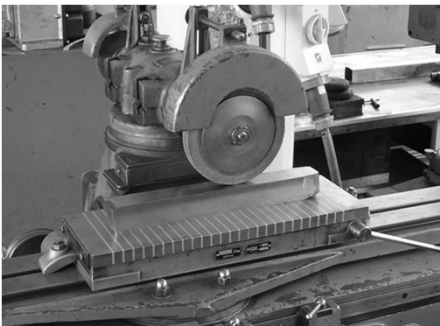



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
<h3>BRUŠENJE</h3> <p>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.</p> <p>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%</p> <p>Izvodi se na alatnim strojevima, pretežito brusilicama, pri čemu je glavno (režno) gibanje kružno, kontinuirano i pridruženo je alatu. Posmično gibanje je pridruženo (najčešće) obradku, a njegov oblik ovisi o vrsti brušenja.</p> <p>Alat za brušenje je brus, s većim brojem reznih oštrica. Rezne oštrice nalaze se na brusnim zrnima, koja su nedefinirane geometrije reznog dijela i koja su osnovni sastojak brusa. Za izradu brusnog zrna najčešće se koriste: korund (Al_2O_3), silicijev karbid (SiC), kubični borov nitrid (CBN) i polikristalični dijamant (PCD)</p> <p style="text-align: center;">TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA</p>	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica											
<h3>PODJELA POSTUPKA</h3> <p>Brušenje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele:</p> <p style="text-align: center;"><i>Prema učinu:</i></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> klasično $v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$ $v_o < 1,5 \text{ ms}^{-1}$ $a_p < 0,12 \text{ mm}$ </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%; text-align: center;"> u č i n s k o <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">duboko</td> <td style="width: 50%;">povećanim brzinama</td> </tr> <tr> <td>$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$</td> <td>$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>$v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$</td> <td>$v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>$a_p < 30 \text{ mm}$</td> <td>$a_p < 0,2 \text{ mm}$</td> </tr> </table> </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> visokoučinsko $v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$ $v_o < 0,03 \text{ ms}^{-1}$ $a_p < 30 \text{ mm}$ </td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><i>Prema kinematici postupka:</i></p> <p style="text-align: center;">istosmjerno i protusmjerno</p> <p style="text-align: center;"><i>Prema položaju reznih oštrica na brusu:</i></p> <p style="text-align: center;">obodno i čeono</p> <p style="text-align: center;"><i>Prema obliku obrađene površine: (elementarne površine)</i></p> <p style="text-align: center;">okruglo (vanjsko i unutarnje), ravno (obodno i čeono), brušenje složenih površina</p> <p style="text-align: center;">TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA</p>		klasično $v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$ $v_o < 1,5 \text{ ms}^{-1}$ $a_p < 0,12 \text{ mm}$	u č i n s k o <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">duboko</td> <td style="width: 50%;">povećanim brzinama</td> </tr> <tr> <td>$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$</td> <td>$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>$v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$</td> <td>$v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>$a_p < 30 \text{ mm}$</td> <td>$a_p < 0,2 \text{ mm}$</td> </tr> </table>	duboko	povećanim brzinama	$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$	$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$	$v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$	$v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$	$a_p < 30 \text{ mm}$	$a_p < 0,2 \text{ mm}$	visokoučinsko $v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$ $v_o < 0,03 \text{ ms}^{-1}$ $a_p < 30 \text{ mm}$
klasično $v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$ $v_o < 1,5 \text{ ms}^{-1}$ $a_p < 0,12 \text{ mm}$	u č i n s k o <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">duboko</td> <td style="width: 50%;">povećanim brzinama</td> </tr> <tr> <td>$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$</td> <td>$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>$v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$</td> <td>$v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>$a_p < 30 \text{ mm}$</td> <td>$a_p < 0,2 \text{ mm}$</td> </tr> </table>	duboko	povećanim brzinama	$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$	$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$	$v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$	$v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$	$a_p < 30 \text{ mm}$	$a_p < 0,2 \text{ mm}$	visokoučinsko $v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$ $v_o < 0,03 \text{ ms}^{-1}$ $a_p < 30 \text{ mm}$		
duboko	povećanim brzinama											
$v_b < 35 \text{ ms}^{-1}$	$v_b < 120 \text{ ms}^{-1}$											
$v_o < 0,05 \text{ ms}^{-1}$	$v_o < 2,5 \text{ ms}^{-1}$											
$a_p < 30 \text{ mm}$	$a_p < 0,2 \text{ mm}$											

		TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica	
			
Vanjsko obodno okruglo brušenje dugačkih obradaka		Vanjsko obodno okruglo brušenje konusa	
			
Vanjsko obodno okruglo brušenje bez šiljaka		Unutarnje obodno okruglo brušenje	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA			

		TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica	
			
Vanjsko obodno ravno brušenje		Vanjsko čeono ravno brušenje	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA			

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

brušenje složenih površina (brušenje žljebova)



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

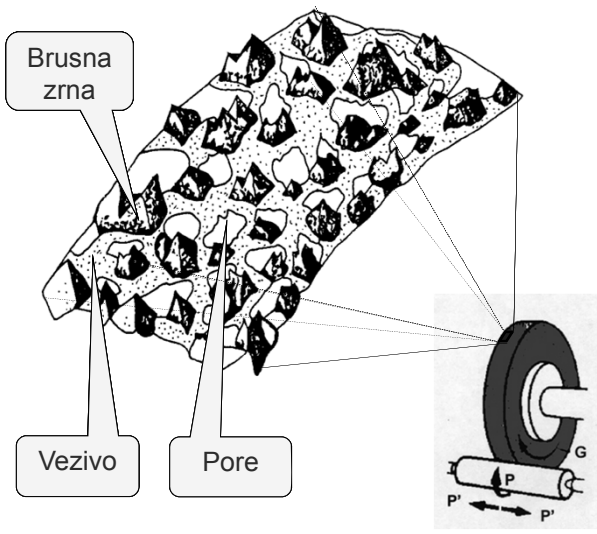
FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

BRUSNA ZRNA


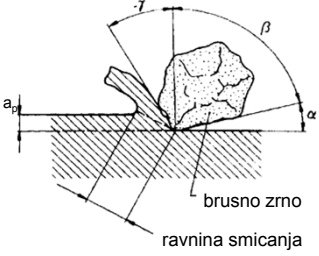
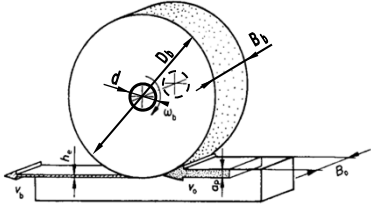
VEZIVO


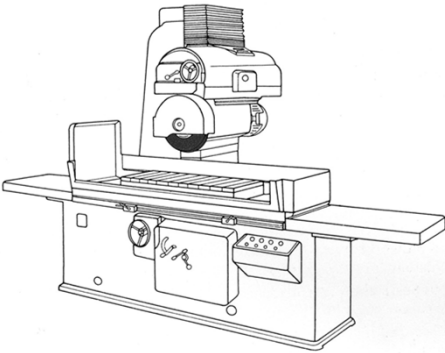
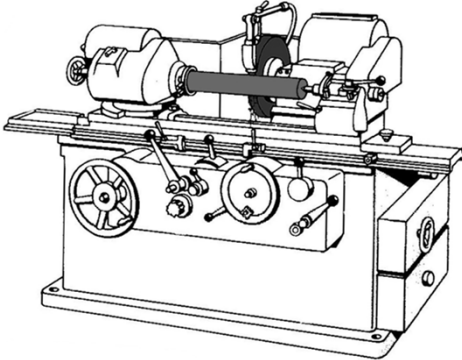
PORE


STRUKTURA AKTIVNE (REZNE) POVRŠINA BRUSA



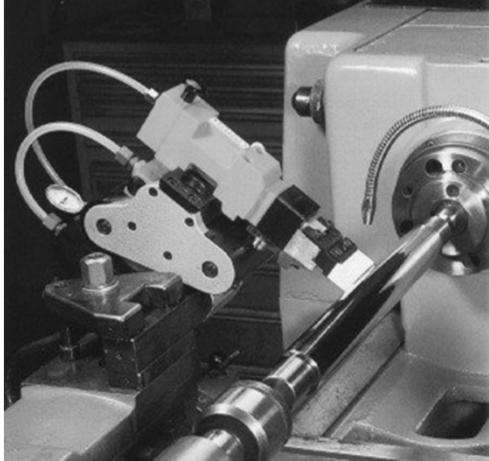
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica	
BRUSNA ZRNA	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Neujednačene i nedefinirane rezne geometrije, ➤ nejednoliko raspoređena na reznoj površini brusa, ➤ uglavnm negativni prednji kut (do -45°) 	REDUCIRANI UČINAK BRUŠENJA : $Q_{br} = a_p v_f = h_e v_b \quad \text{mm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ mm}^{-1}$
	EKVIVALENTNA DEBLJINA BRUŠENJA: $h_e = a_p \frac{v_f}{v_b} \quad \text{mm}$
<ul style="list-style-type: none"> ➤ korund (Al_2O_3), ➤ silicijev karbid (SiC), ➤ kubični bornitrid (CBN) ➤ polikristalični dijamant (PCD) 	
	$v_b = v_c = D_b \pi n_b$
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	


 TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica	
BRUSILICE - shematski	
	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica


SUPERFINIŠ




izgled površine obratka prije superfiniša



izgled površine obratka nakon superfiniša



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

SUPERFINIŠ

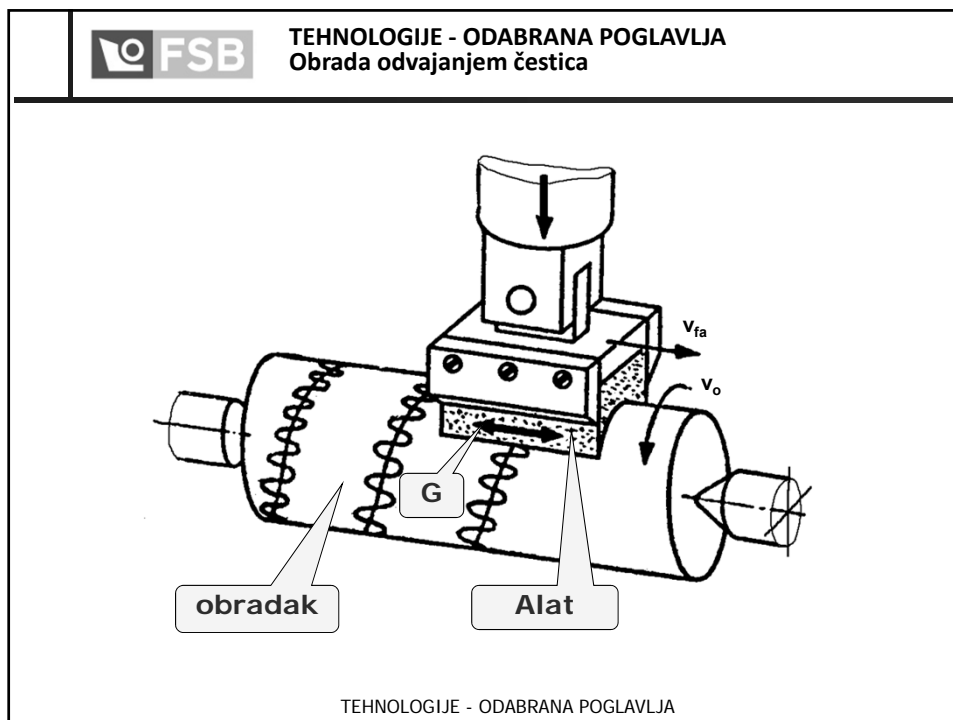
Superfiniš, ili kratkohodno honanje, je postupak završne obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za superfinu obradu (N1-N3) i za povećanje nosivosti (do 95%) vanjskih okruglih površina. Za razliku od drugih postupaka, obrada se sastoji u tome da se režu (odstranjuju) samo vrhovi neravnina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

Glavno režno 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 oštrice nalaze se na brusnim zrnima, koja su nedefinirane geometrije reznog dijela i koja su osnovni sastojak brusnog elementa (zrnatosti 300-500).

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

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica


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)

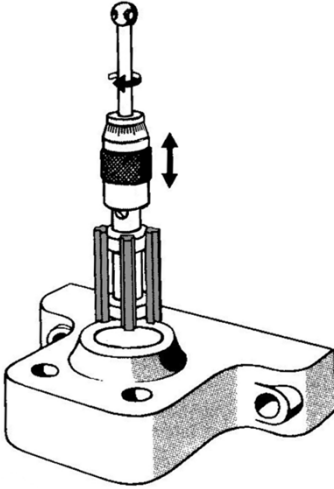
POSMIČNO GIBANJE :

rotacija obratka brzinom $v_o = 10$ do 50 m min^{-1}
translacija brusnog elementa $f_a = (0.5 - 0.7)B$; $v_{fa} = f_a n_o$


TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica


HONANJE




izgled površine obratka prije honanja



izgled površine obratka nakon honanja



TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

 **TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA**
Obrada odvajanjem čestica

HONANJE

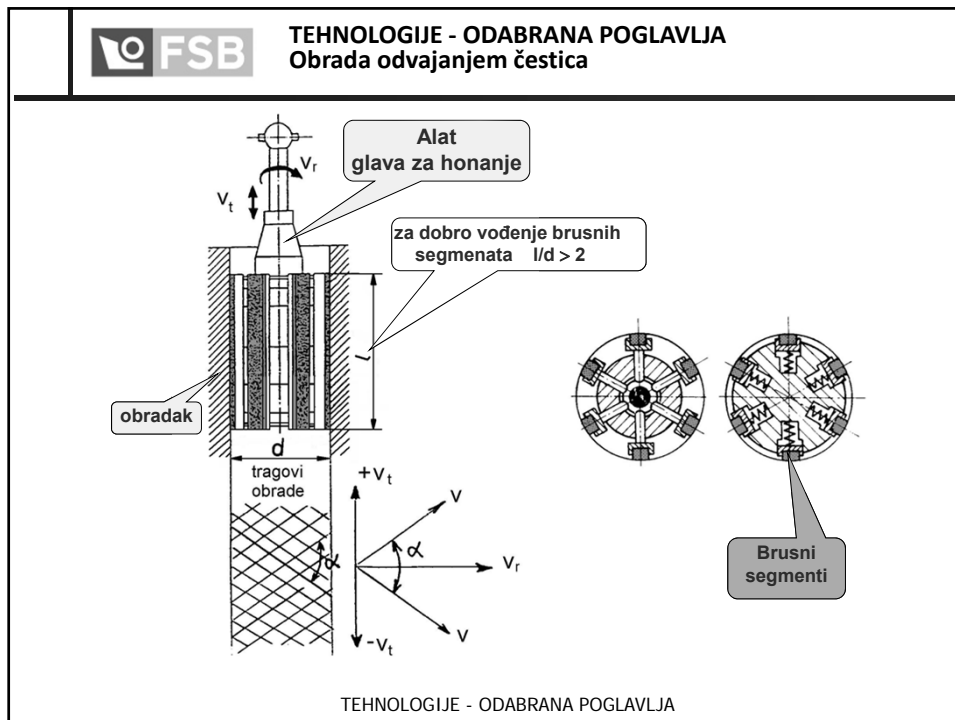
Honanje, je postupak završne obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za superfinu obradu (N2-N5) i za povećanje nosivosti (do 95%) unutarnjih okruglih površina. Za razliku od drugih postupaka, obrada se sastoji u tome da se režu (odstranjuju) samo vrhovi neravnina nastali predhodnom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


Glavno rezo 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 oštrice nalaze se na brusnim zrnima, koja su nedefinirane geometrije reznog dijela i koja su osnovni sastojak brusnog segmenta (zrnatosti 300-500).

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

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
Značajke honanja	
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:	
$\text{tg } \alpha/2 = v_c / v_f$	
($\alpha = 60$ 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	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
NEKONVENCIONALNI POSTUPCI OBRADJE (OBRADA ODNOŠENJEM) (DIREKTNO ENERGETSKI POSTUPCI OBRADJE)	
<ul style="list-style-type: none">➤ alat za obradu <u>ne mora biti tvrdi</u> od obratka – nema reznog 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,...)	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

**ELEKTROEROZIJSKA OBRADA
- EDM -
(Electric Discharge Machining)**

**ELEKTROEROZIJSKA
OBRADA ŽIGOM**

**ELEKTROEROZIJSKA
OBRADA ŽICOM**

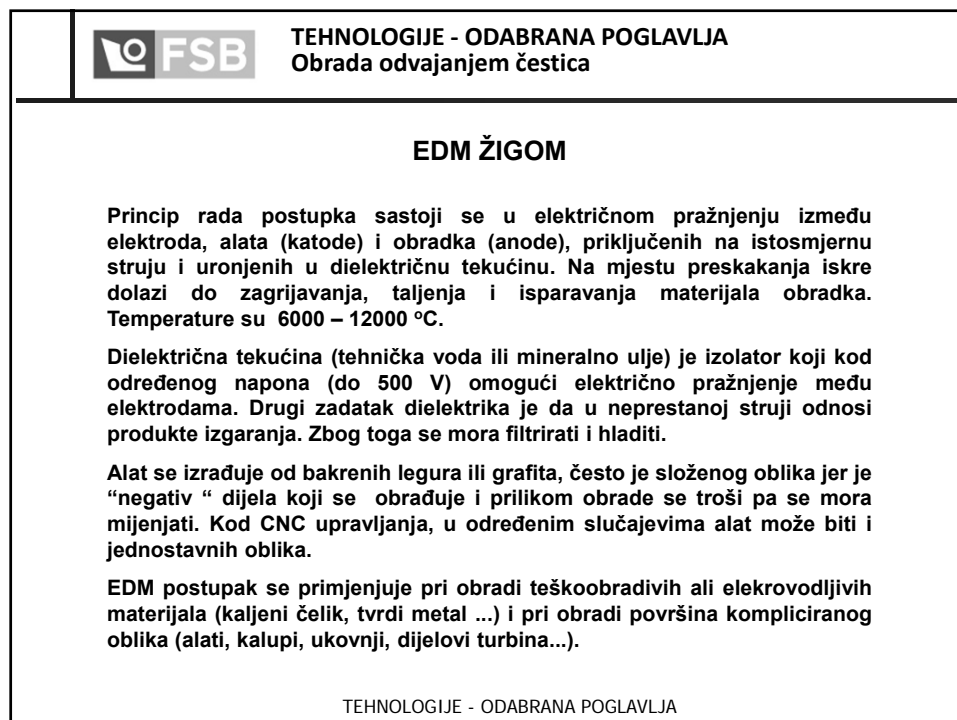
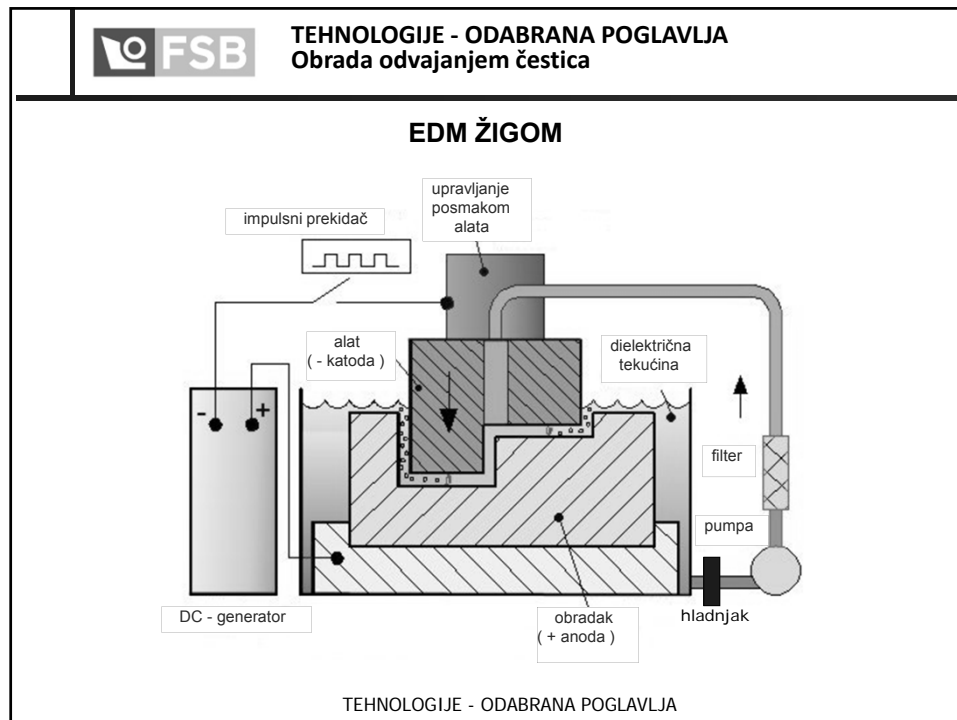
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

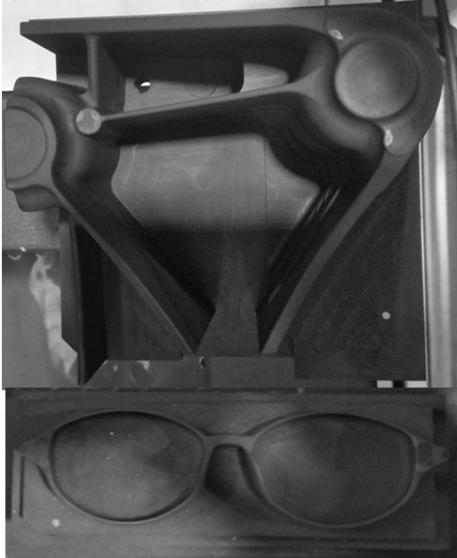
EDM ŽIGOM




TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA



	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
EDM ŽIGOM	
	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

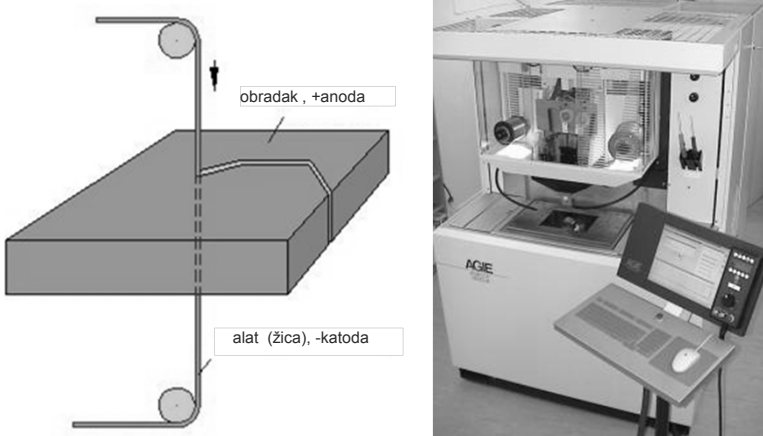
	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
EDM ŽIGOM	
	Primjeri grafitnih elektroda za EDM postupak žigom
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
PRIMJER EDM OBRADJE ŽIGOM	
	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
EDM ŽIGOM – KARAKTERISTIKE	
<ul style="list-style-type: none">➤ 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 000mm³/min➤ dielektrična tekućina mora odvoditi nastalu toplinu i mora se hladiti➤ u obratku mogu ostati zaostala naprezanja kao posljedica visokih temperatura (ZUT, HAZ)	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica

EDM ŽICOM



The diagram on the left illustrates the wire EDM process. It shows a wire (labeled 'alat (žica), -katoda') moving vertically through a workpiece (labeled 'obradak, +anoda'). The workpiece is being cut into a specific shape. The photograph on the right shows a physical wire EDM machine with a control panel and a laptop connected to it.

TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

FSB TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA
Obrada odvajanjem čestica


EDM ŽICOM





The photograph shows a wire EDM machine in a workshop setting. The machine is a large, industrial-grade unit with a control panel and a laptop connected to it. The machine is labeled 'V650G'.

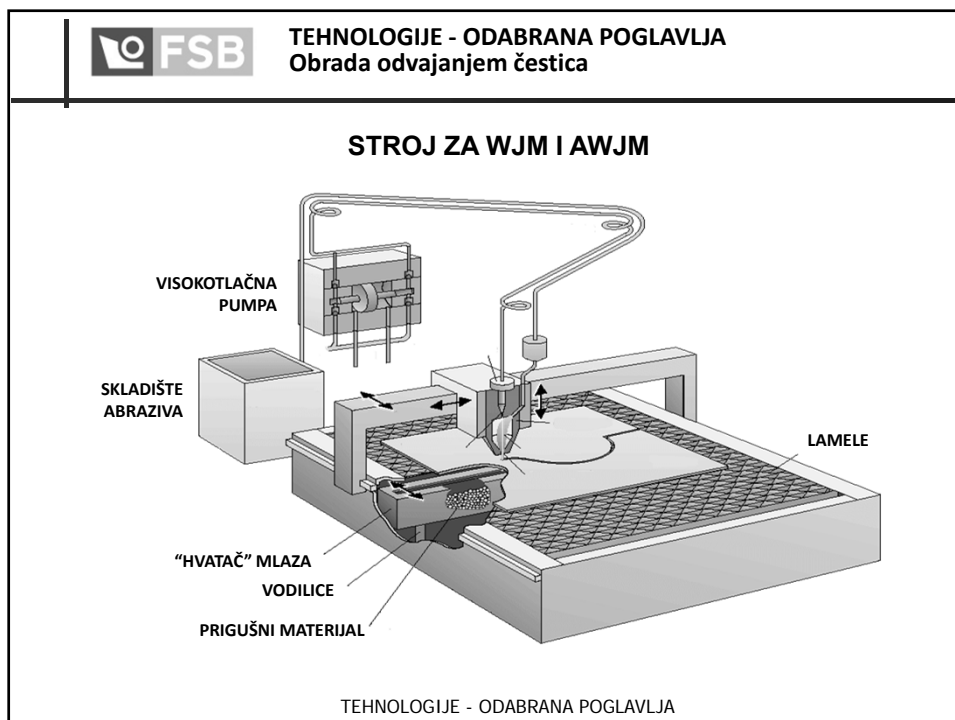
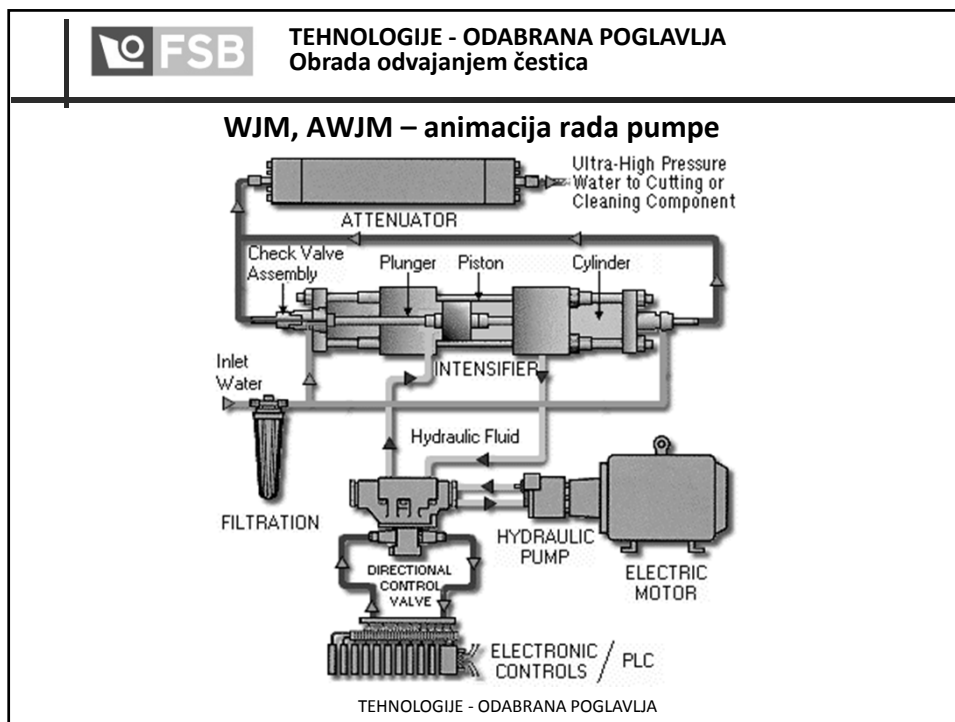
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
EDM ŽICOM	
	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
EDM ŽICOM – KARAKTERISTIKE	
<ul style="list-style-type: none">➤ Alat: žica od bakrene legure ϕ 0,25 mm - standard volframova žica ϕ 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 ϕ 0,2 mm uz $v_{xy} = 1$ mm/min daje širinu reza od 0,25 mm➤ Numerički upravljani stroj➤ Masa sirovca i do 500 kg	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
JOŠ NEKI PRIMJERI NEKONVENCIONALNIH TEHNOLOGIJA	
<ul style="list-style-type: none">➤ ECM➤ 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➤ ...	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	

	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
WJM, AWJM	
<p>WJM – Water Jet Machining – Obrada vodenim mlazom</p> <p>AWJM – Abrasive Water Jet Machining – Obrada abrazivnim vodenim mlazom</p>	
<p>WJM se primjenjuje pri rezanju mekših materijala, dok kod obrade tvrdih materijala nije učinkovit, pa se za tu svrhu koristi isključivo AWJM.</p>	
<p>Ulazna voda je obično stlačena na 3500 - 4500 bara (danas i do 7000 bara). Pri protiskivanju kroz mlaznicu promjera 0,05 -1mm, nastaje velika brzina mlaza vode, ~ 3 Macha.</p>	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	



	TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA Obrada odvajanjem čestica
	
TEHNOLOGIJE - ODABRANA POGLAVLJA	
WJM-razni_materijali	