



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Predavanje nakon kolokvija (8.) 2014/2015



Teme dosadašnjih predavanja

Proizvodnja i obrada odvajanjem

DIN8580 i gibanja kod postupaka obrade odvajanjem

Alat (osnovni, oblik, materijali, geometrija reznog dijela)

Teorija rezanja

Plastična deformacija i formiranje odvojene čestice

“Card model” – model elementarnih lamela i ortogonalno rezanje

Koeficijenti deformacije

Vrste odvojene čestice

Područje stvaranja naljepka (naslage)

Kinematika u zoni rezanja

Sile rezanja – Merchant, koso rezanje i Kienzle

Toplinske pojave kod procesa obrade odvajanjem i SHIP

Trošenje oštrice reznih alata (uzroci, mehanizmi, oblici, parametri, kriteriji istr.)

Postojanost i metode ispitivanja postojanosti, Taylor

Postupci obrade alatima definirane geometrije reznog dijela

Piljenje; blanjanje; bušenje, upuštanje i razvrtavanje

Provlačenje, tokarenje

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Piljenje: namjena (svrha); osnovni postupci strojnog piljenja; kinematika; stroj; alat



Okvirno piljenje

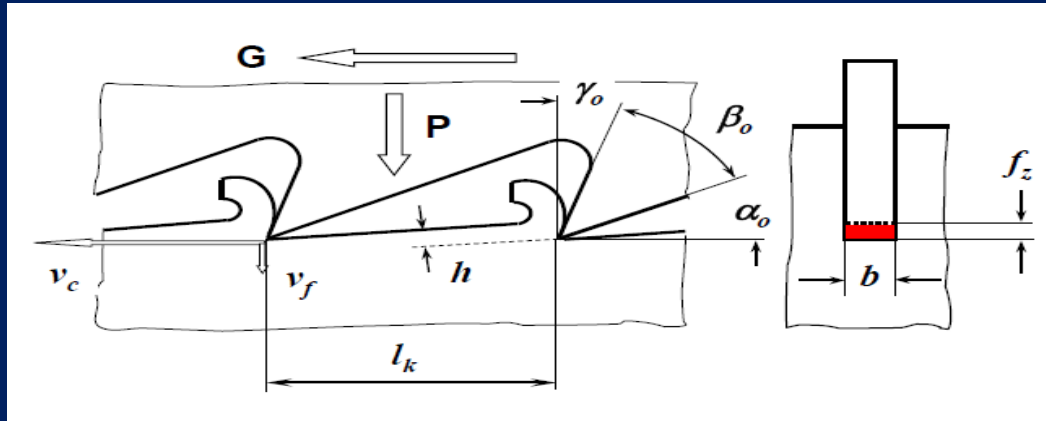


Tračno piljenje



Kružno piljenje

Parametri zahvata kod piljenja



G – glavno gibanje; P – posmično gibanje

Površina presjeka rezanja

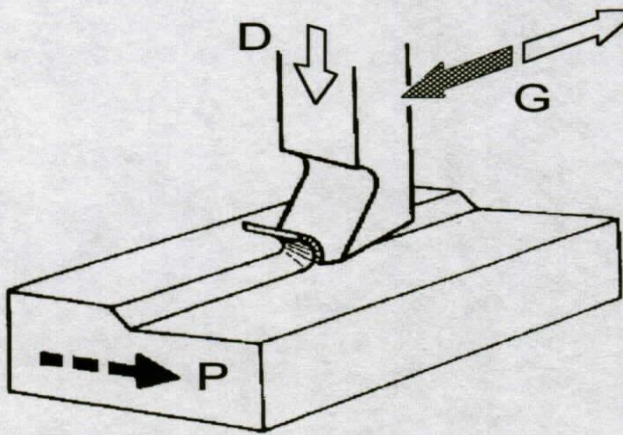
Posmak po zubu

$$A = b \cdot f_z = b \cdot h$$

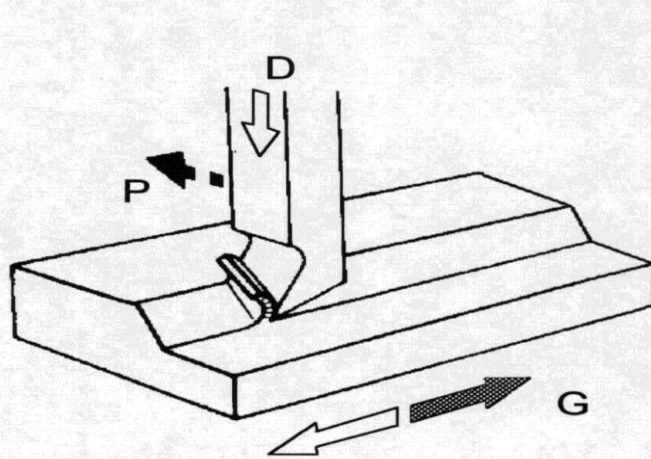
$$f_z = \frac{l_k v_f}{v_c}$$

Blanjanje: površine; osnovni podjela; kinematika (brzine); strojevi; alat

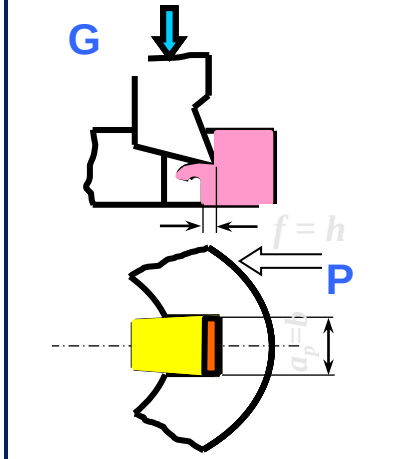
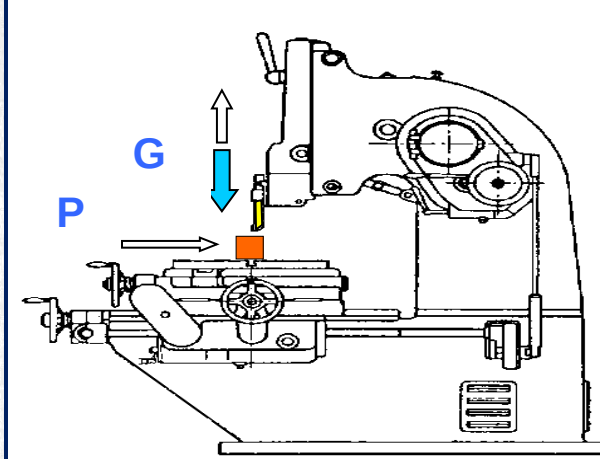
Kratkohodno blanjanje



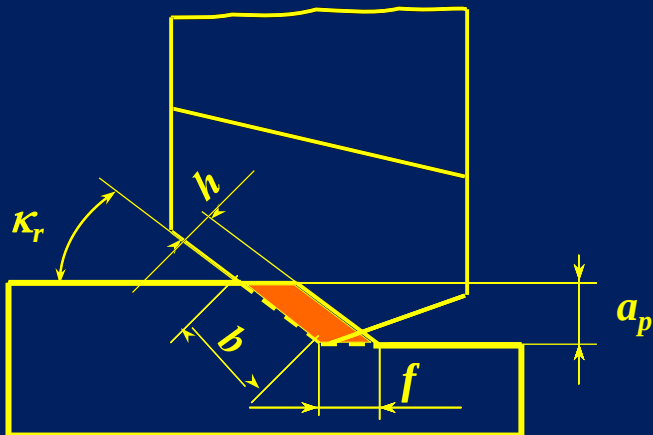
Dugohodno blanjanje



Dubljenje (kratkoh. bl. u vertik. rav.)

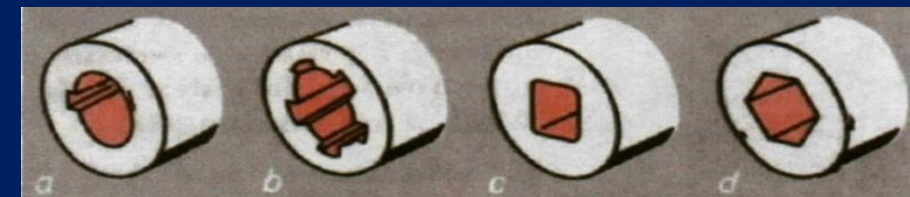
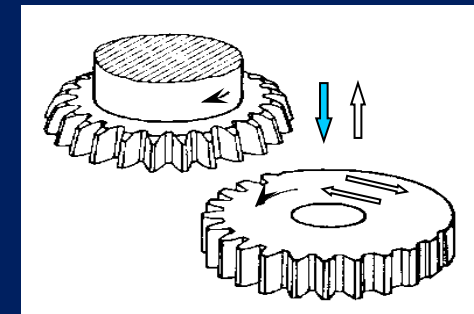


Parametri zahvata kod blanjanja



*Površina presjeka
rezanja:*

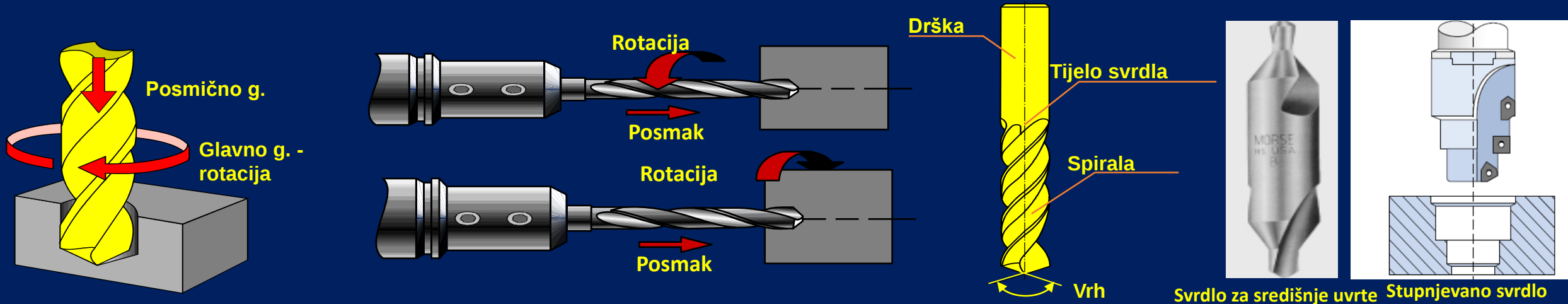
$$A = a_p \cdot f = b \cdot h$$



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

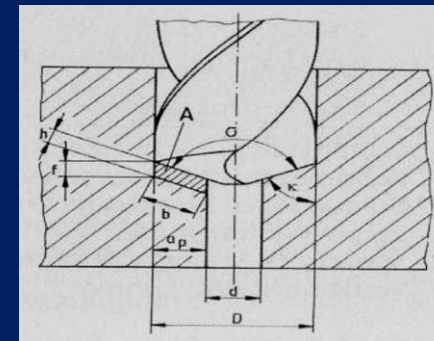
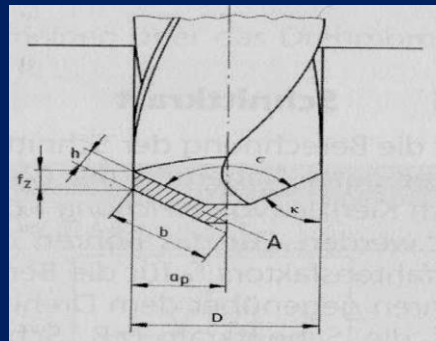
Obrada odvajanjem

Bušenje provrta manjih ili proširivanje provrta većih promjera. Glavno gibanje je kružno kontinuirano, a posmično gibanje pravolinijsko kontinuirano. Alat je svrdlo, definirane geometrije reznog dijela, s dvije glavne rezne oštrice i jednom poprečnom (spiralna, za sred. uvrte, za duboko bušenje, stupnjevana).



Bušenje karakterizira:

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



$$a_p = \frac{D}{2}; f_z = \frac{f}{2}$$

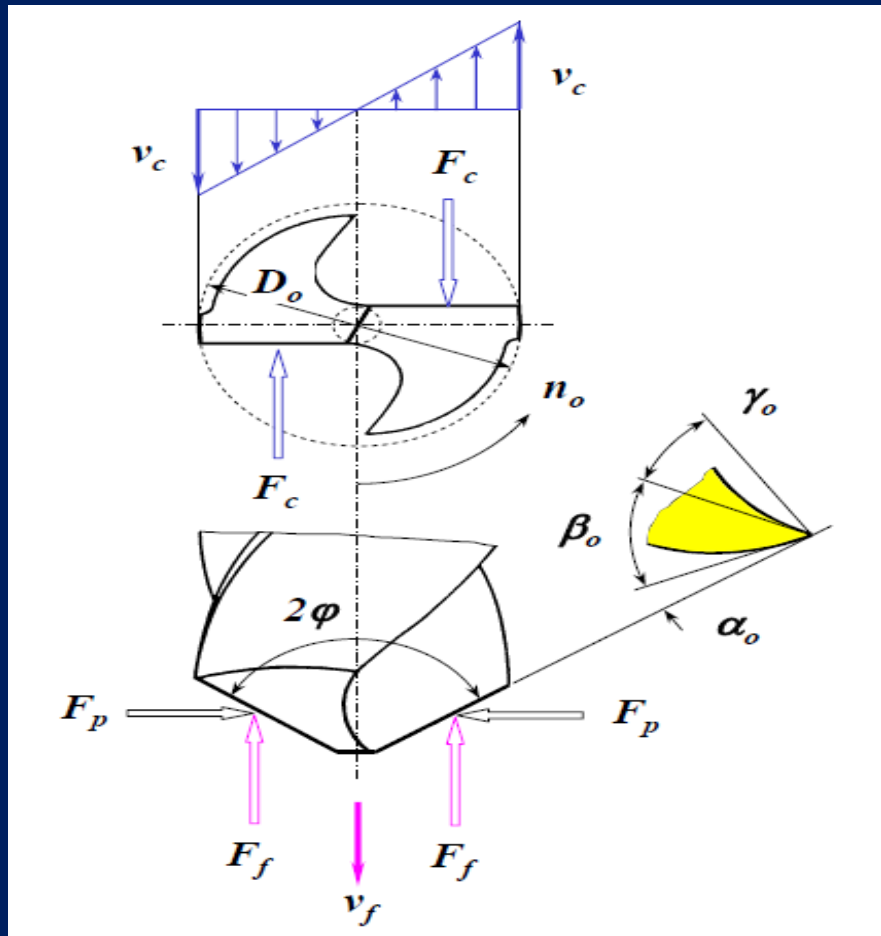
$$A = \frac{Df_z}{2} = \frac{Df}{4}$$

$$a_p = \frac{D-d}{2}; f_z = \frac{f}{2}$$

$$A = \frac{(D-d)f_z}{2} = \frac{(D-d)f}{4}$$

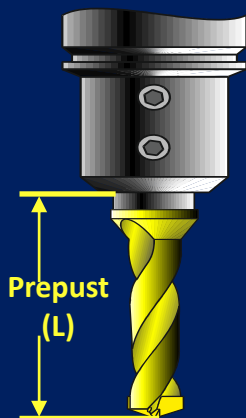
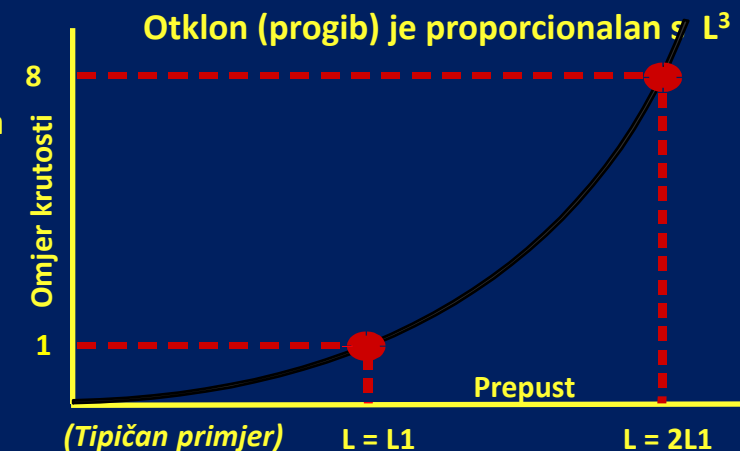
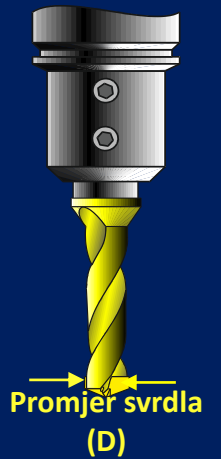
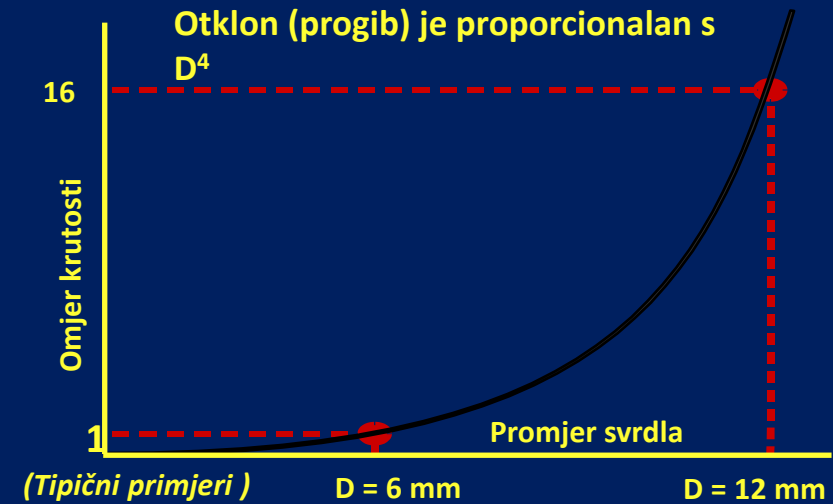
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



Brzine i sile kod bušenja

Problem krutosti



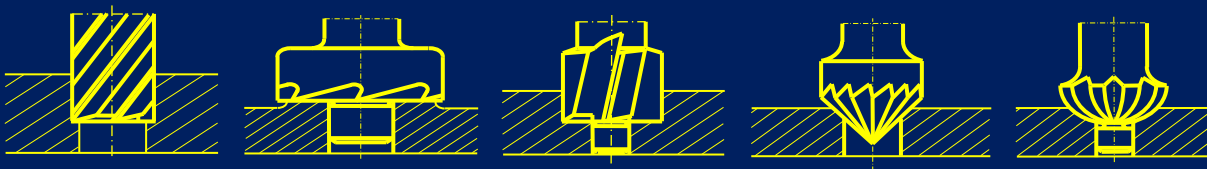
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

UPUŠTANJE

Za postizanje točnijeg oblika, ili proširivanja ili oblikovanja već izbušenih provrta. Glavno gibanje je kružno kontinuirano, a posmično pravolinijsko kontinuirano. Ako se obrada izvodi na bušilicama sva gibanja izvodi alat.

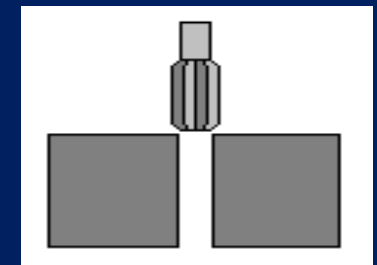
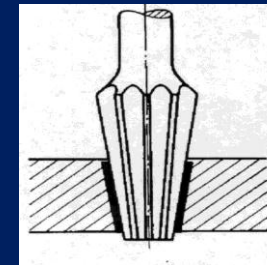
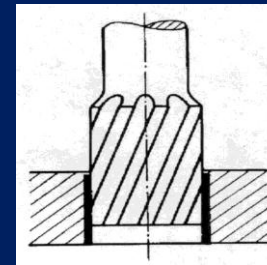
Alat je upuštalo, definirane geometrije reznog dijela, s više od dvije glavne rezne oštrice.



RAZVRTAVANJE

Za konačnu, finiju i precizniju obradu već izbušenih provrta (N5). Glavno gibanje je kružno kontinuirano, a posmično pravolinijsko kontinuirano. Ako se obrada izvodi na bušilicama sva gibanja izvodi alat.

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



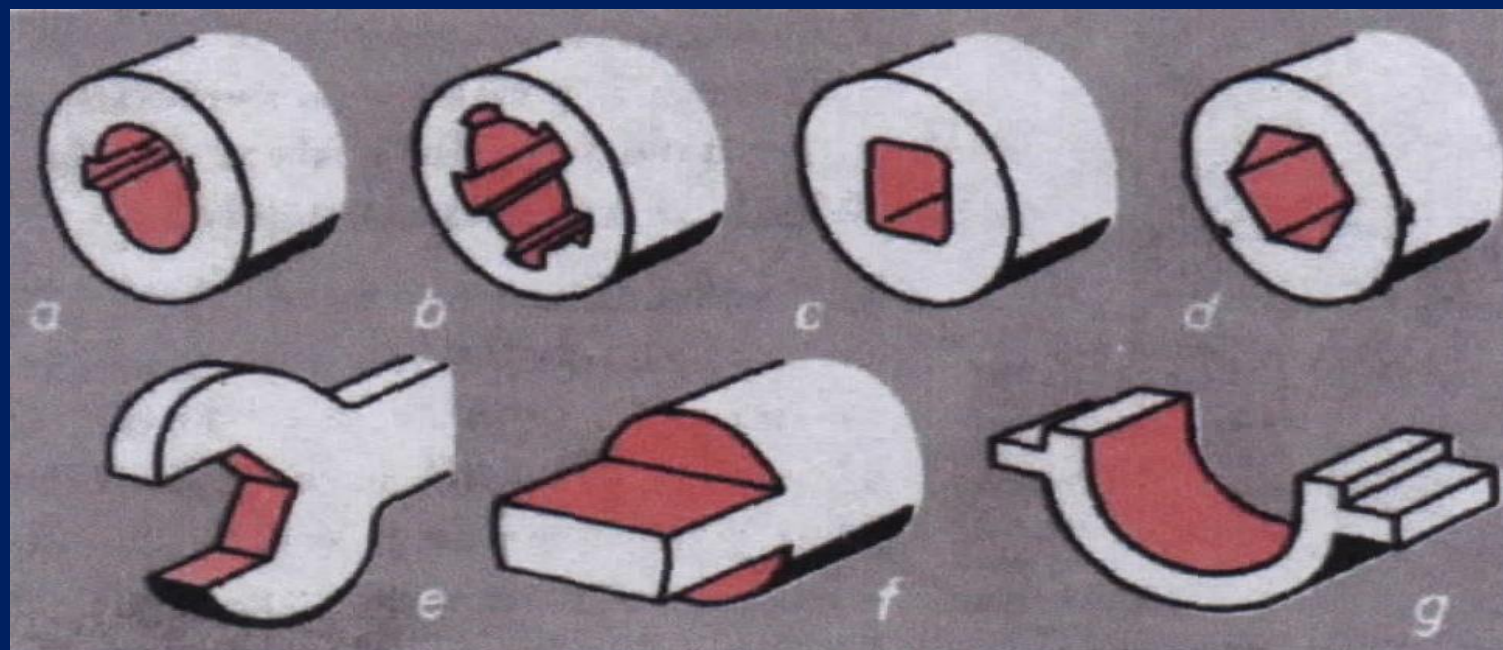


PROVLAČENJE

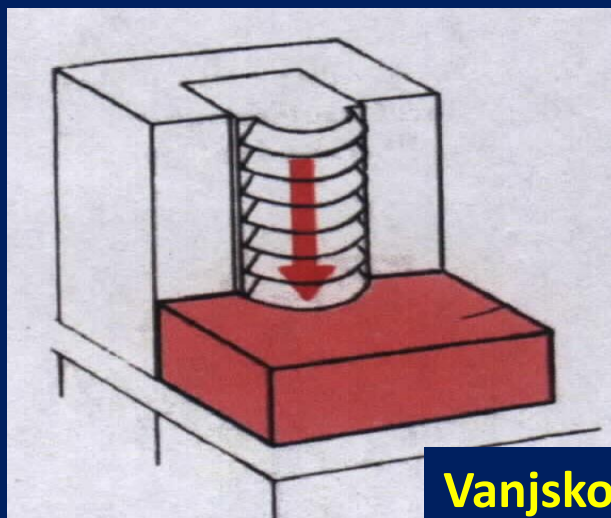
Provlačenje je visokoproduktivan i vrlo precizan postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem), koji se obično primjenjuje za finu obradu provrta, utora i profilnih oblika. Izvodi se na alatnim strojevima, provlakačicama, pri čemu je glavno gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi ga alat. Posmično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

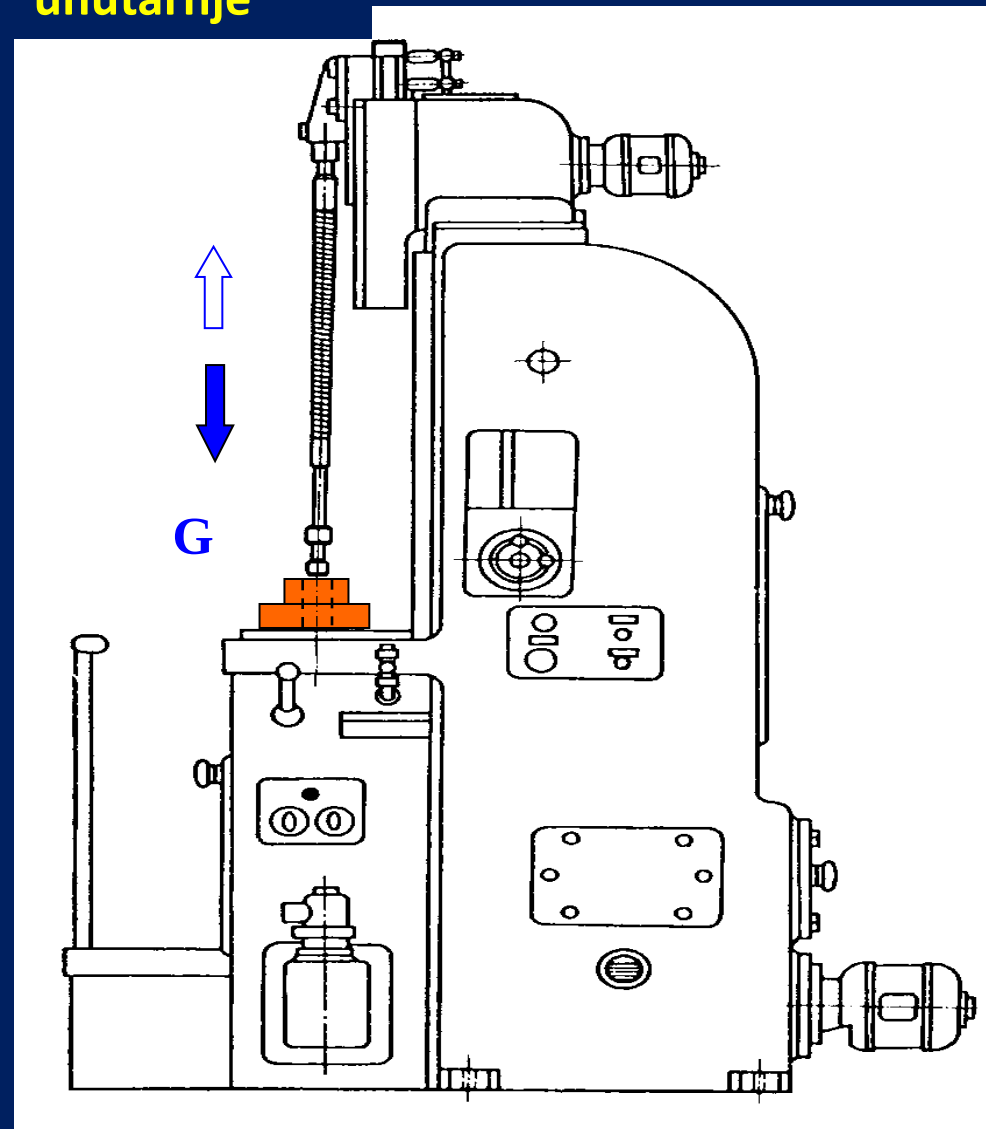
PROVLAČENJE



PROVLAČENJE



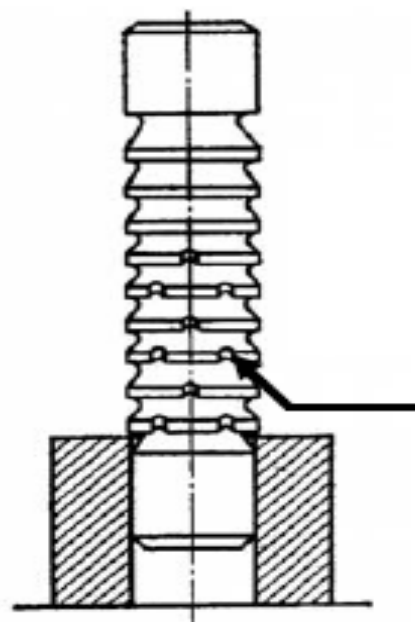
unutarnje





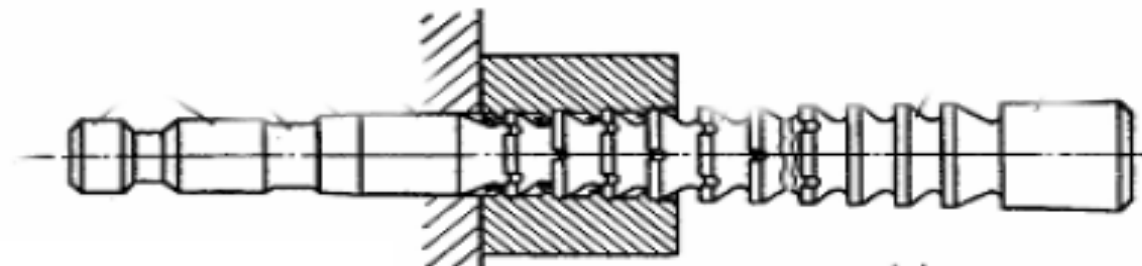
Provlačenje karakterizira:

- ☐ prema načinu rada:
 - provlačenje vučenjem (tanje igle)
 - provlačenje tlačenjem (deblje igle)
- ☐ postupno rezanje materijala male debljine s nekoliko zubi istovremeno u zahvatu
- ☐ male brzine rezanja, najčešće $4-20 \text{ mm min}^{-1}$ (idu i preko 50 m/min)
- ☐ udarna opterećenja alata
- ☐ alat je skup pa se postupak primjenjuje u serijskoj i masovnoj proizvodnji.



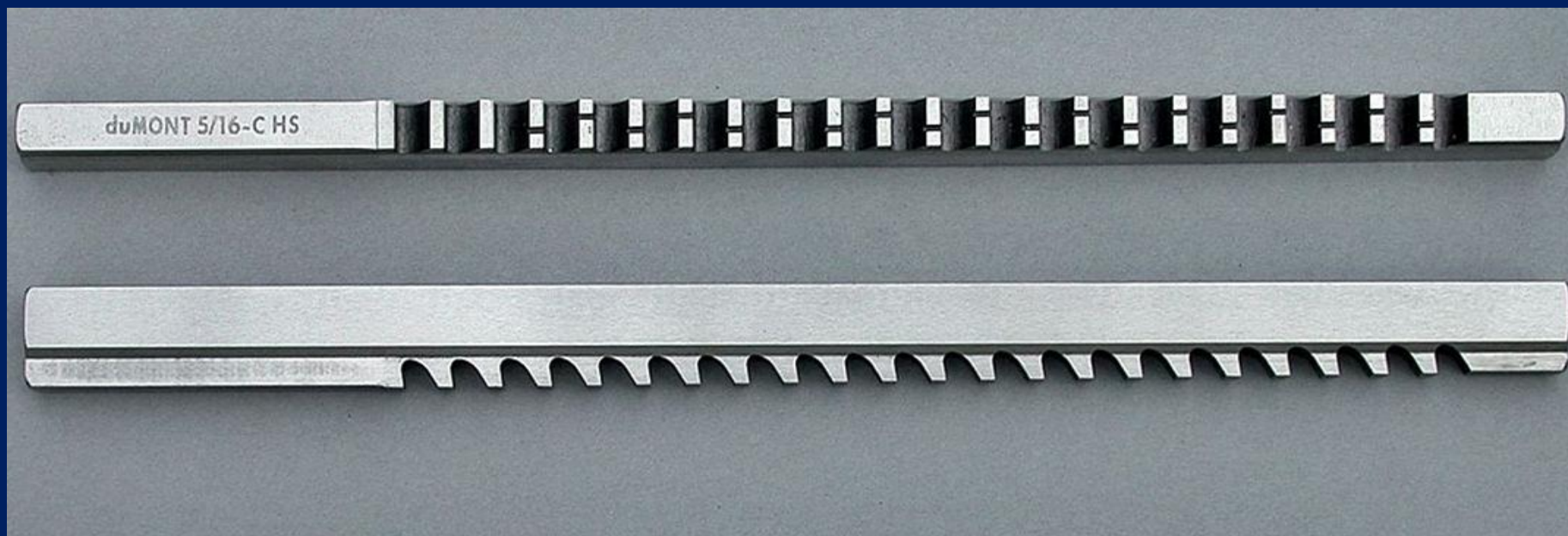
**Utori za lomljenje
čestice**

Provlačenje tlačnjem



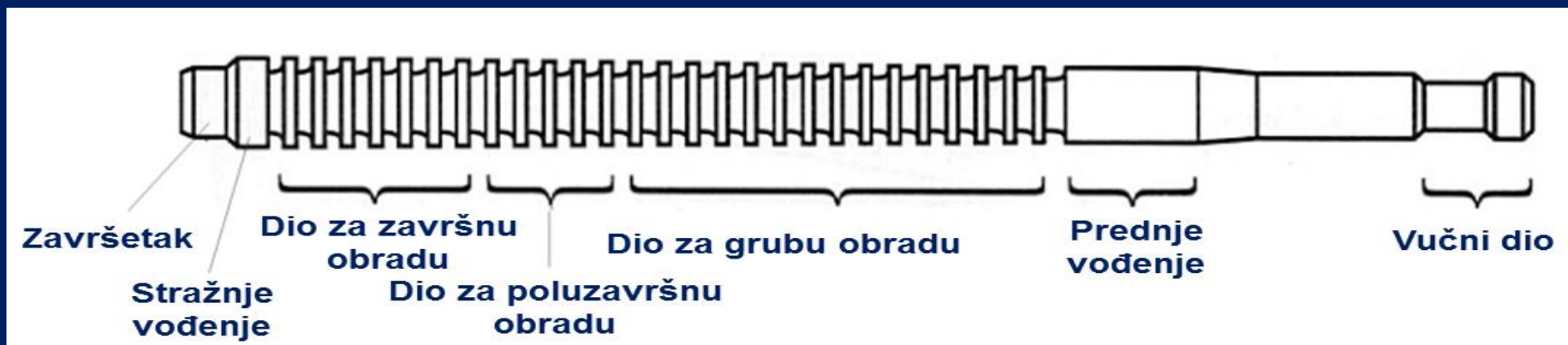
Provlačenje vučenjem

Alati (igle) za provlačenje:

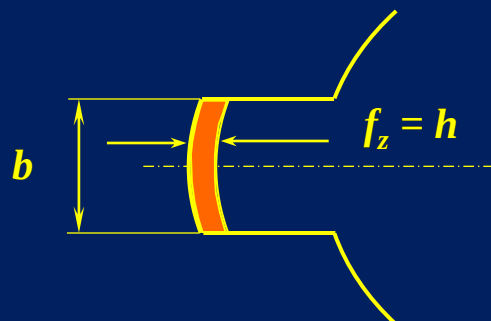
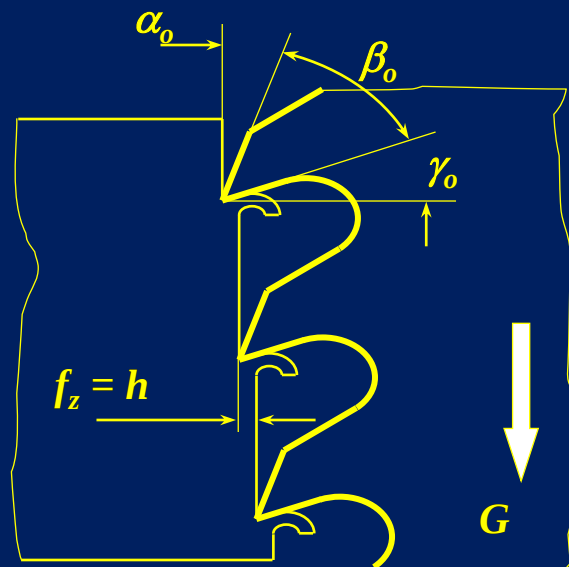


Najčešći materijal je HSS, a izrađuju se i sa zubima od TM

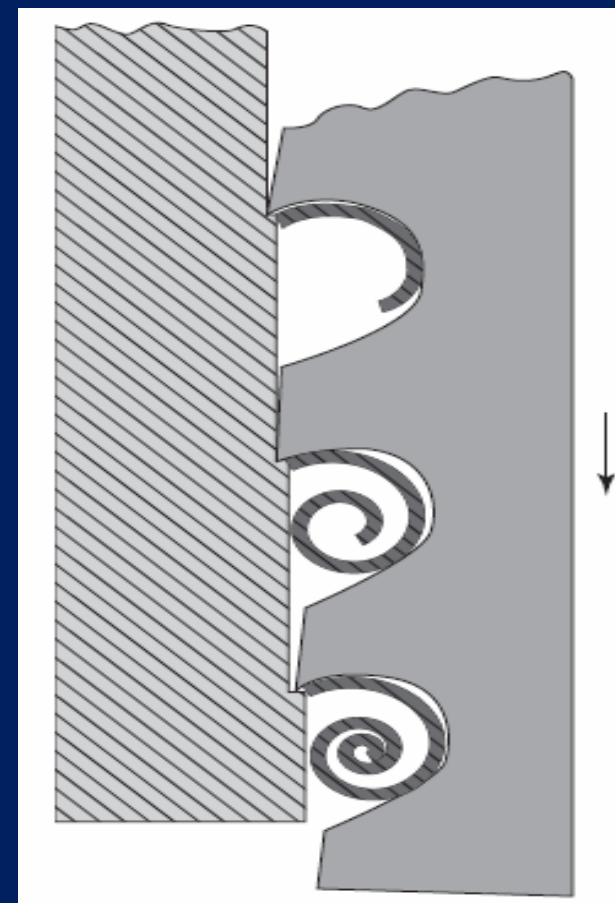
Alati (igle) za provlačenje:



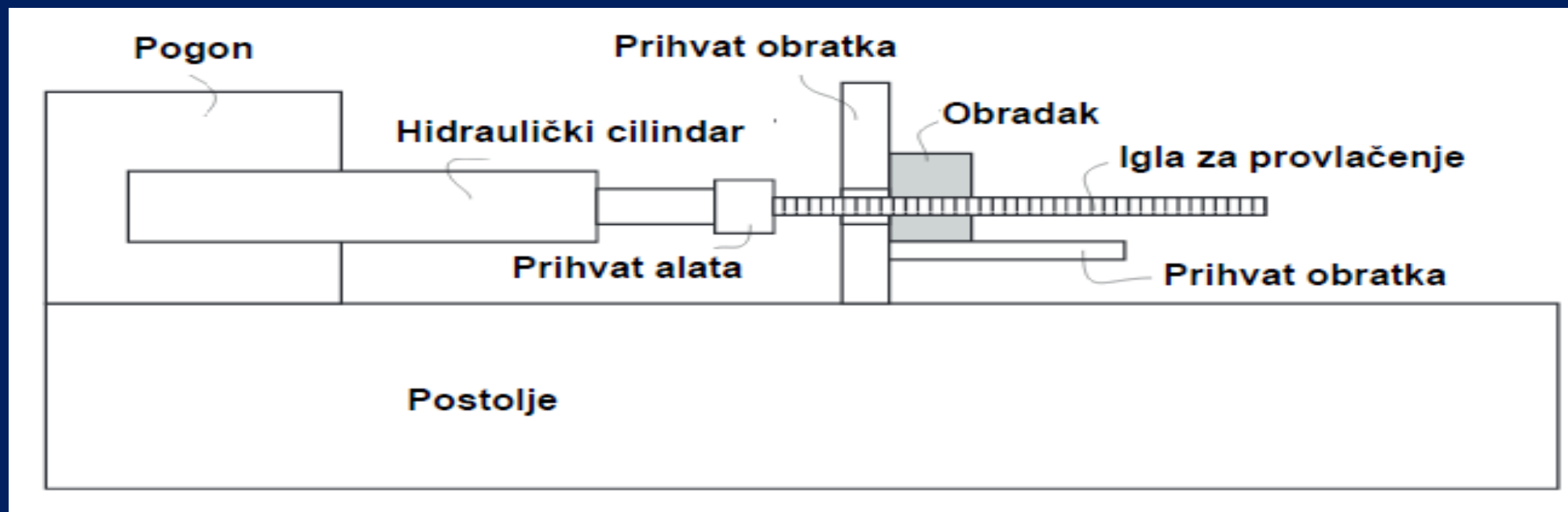
Parametri zahvata kod provlačenja



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

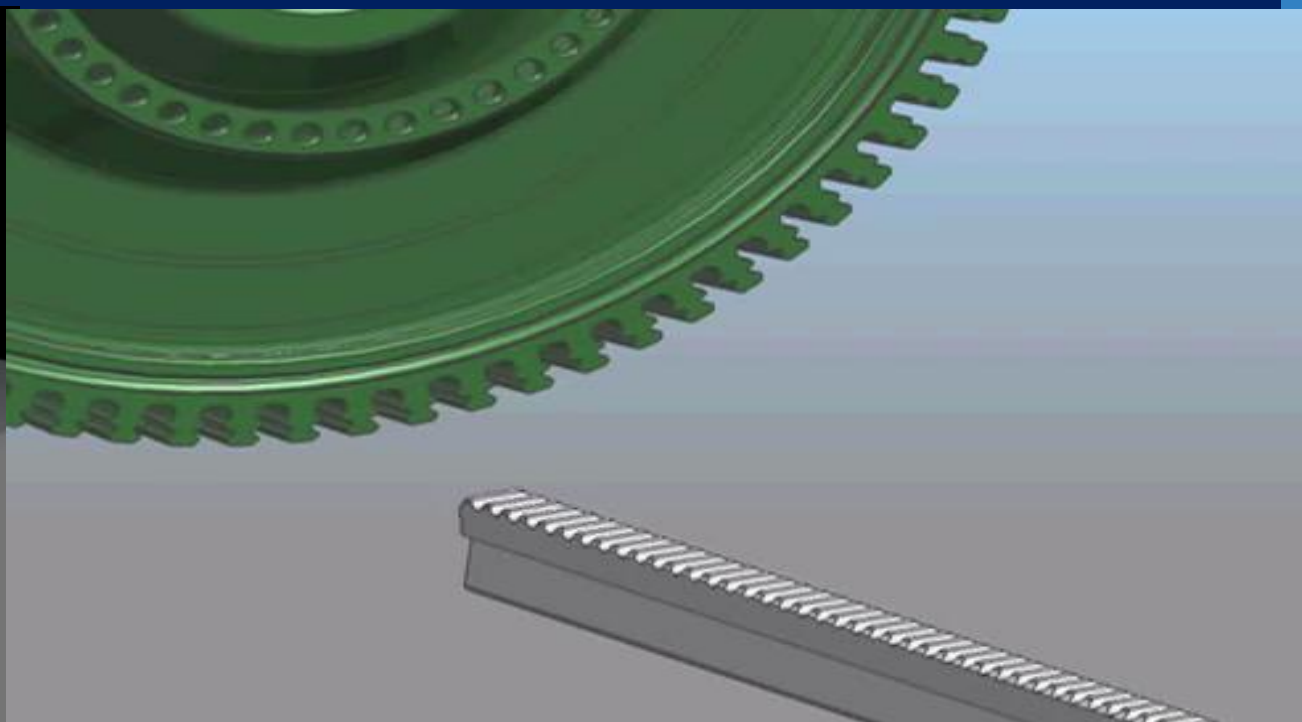
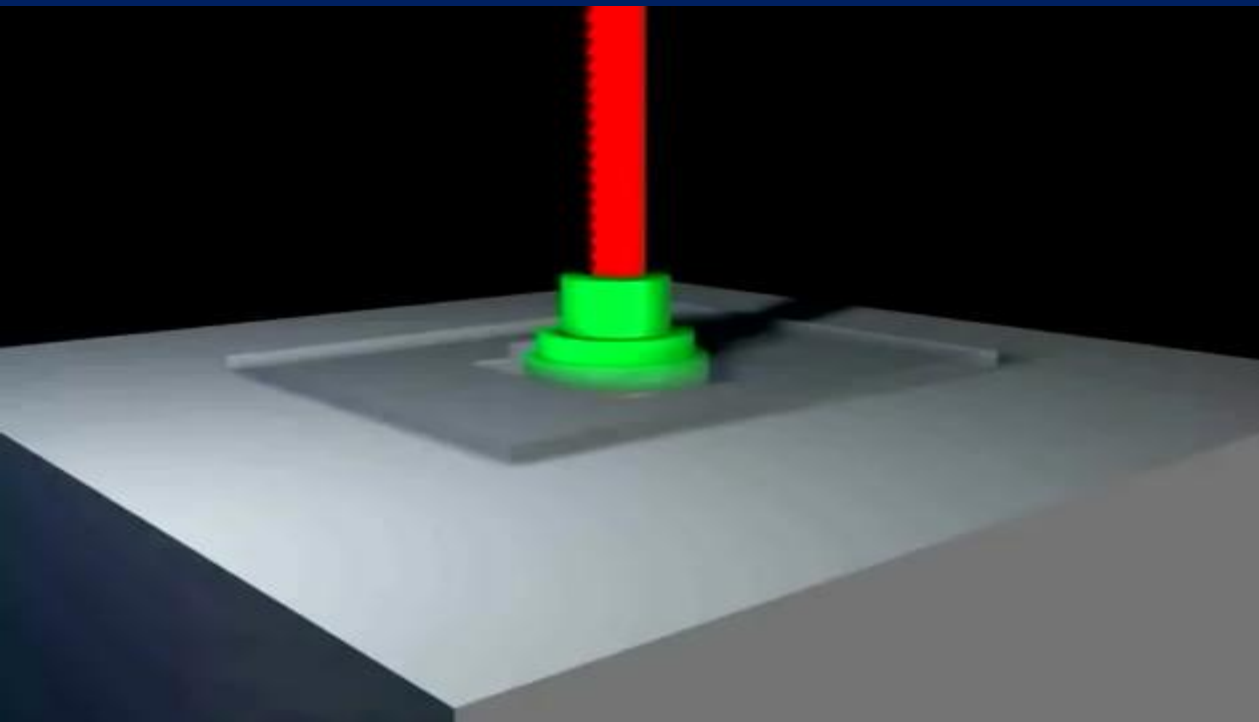


Shematski prikaz stroja za provlačenje



Glavni dijelovi stroja za provlačenje (provlakača)

Provlačenje - animacije



Provlačenje - filmovi



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

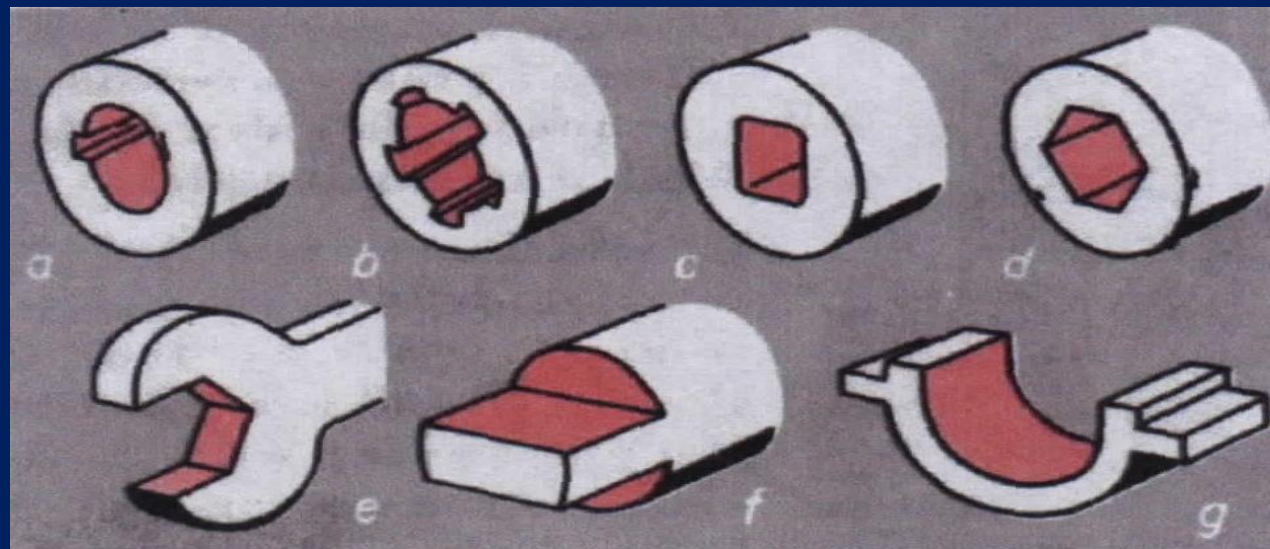
PROVLAČENJE

Provlačenje - visokoproduktivan i vrlo precizan postupak za finu obradu provrta, utora i profilnih oblika. Izvodi se na provlakačicama, pri čemu je glavno gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi ga alat. Posmično gibanje, u većini slučajeva, nije potrebno.

Alat je igla za provlačenje, 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.

Prema načinu rada:

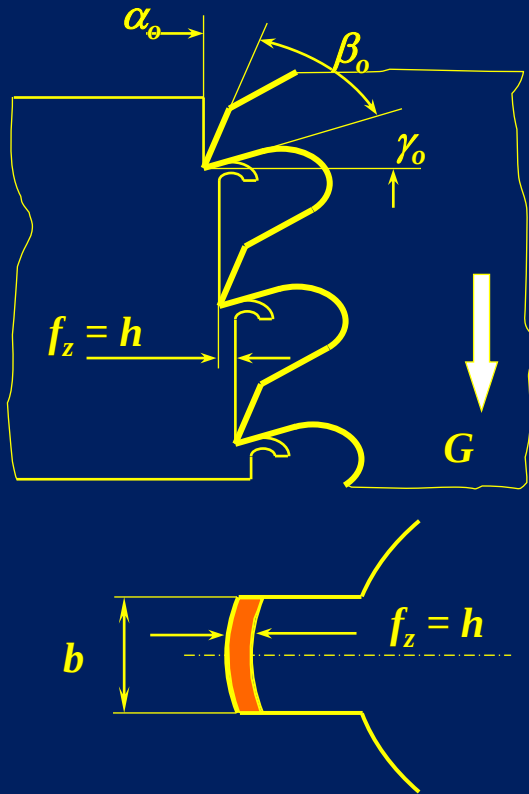
- provlačenje vučenjem (tanje igle)
- provlačenje tlačenjem (deblje igle)



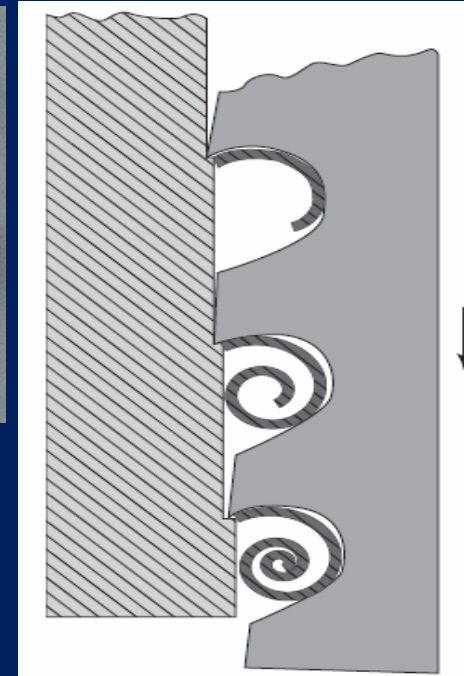
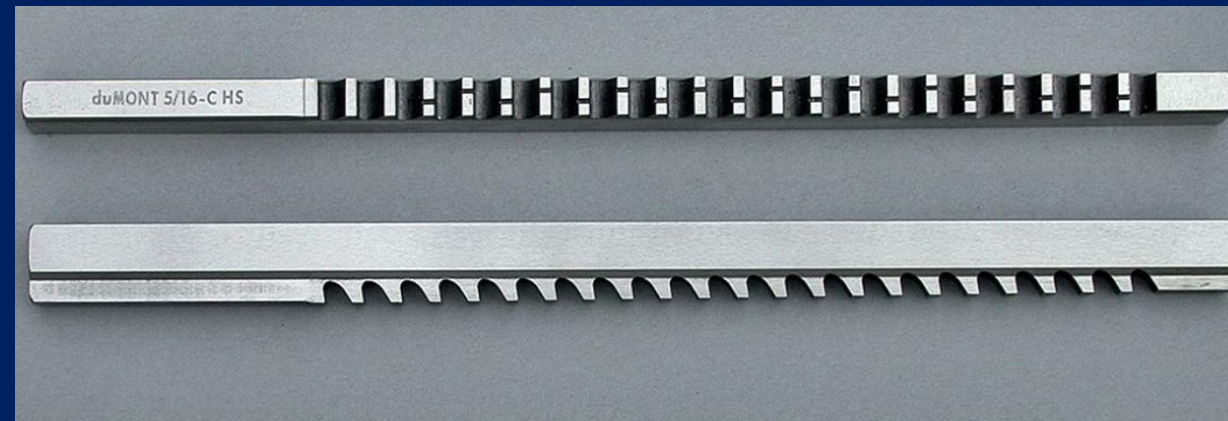
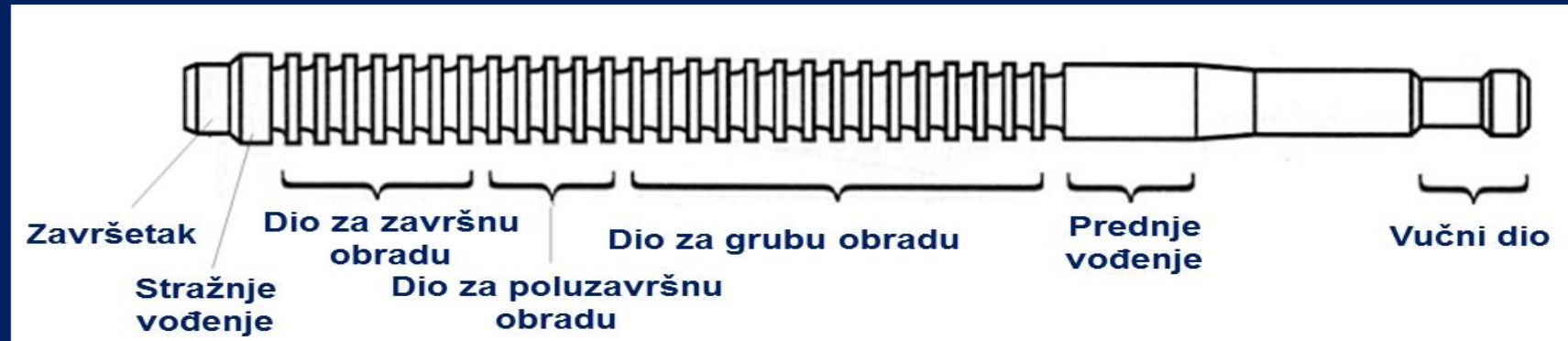
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Parametri zahvata



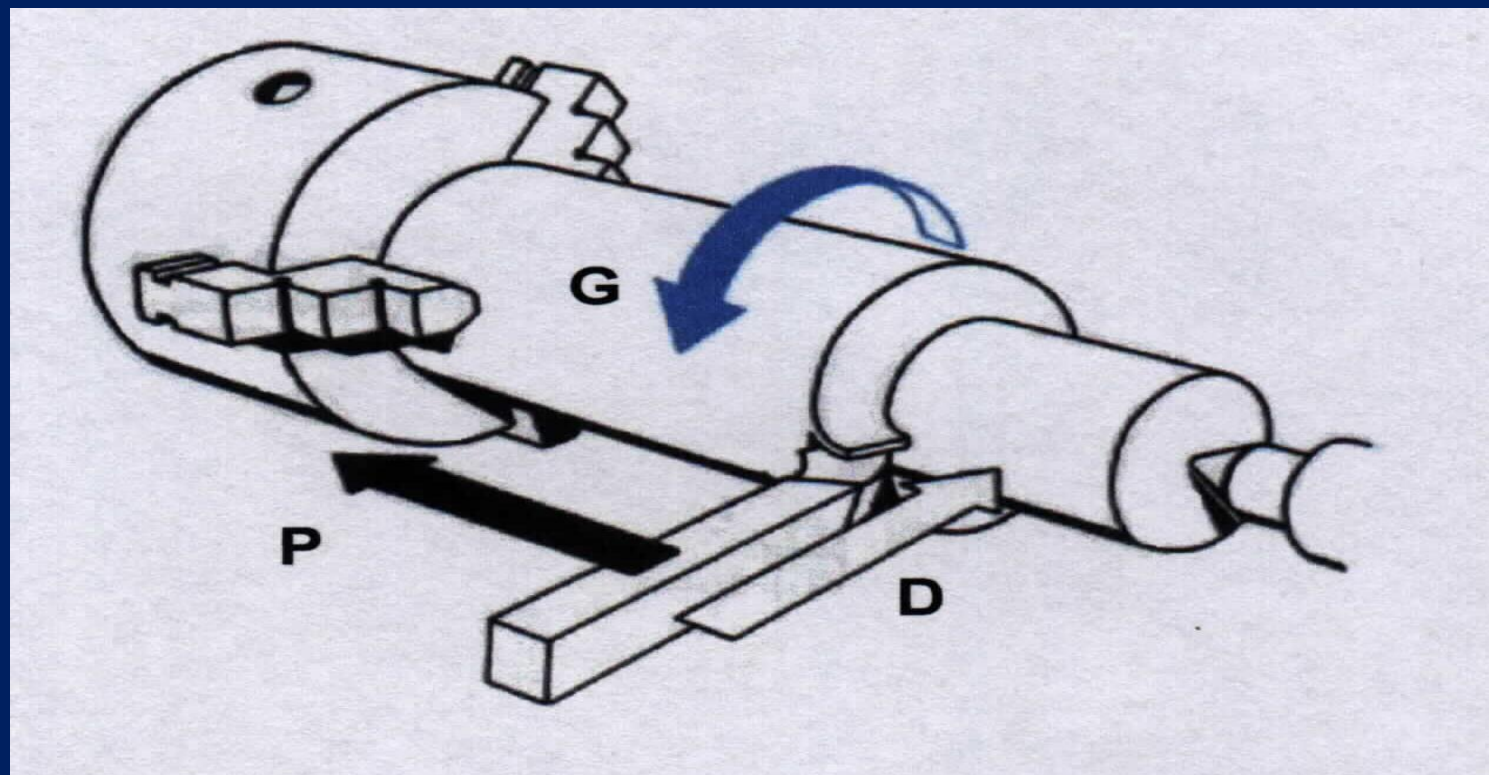
Alati (igle) za provlačenje:



Provlačenje karakterizira:

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

TOKARENJE





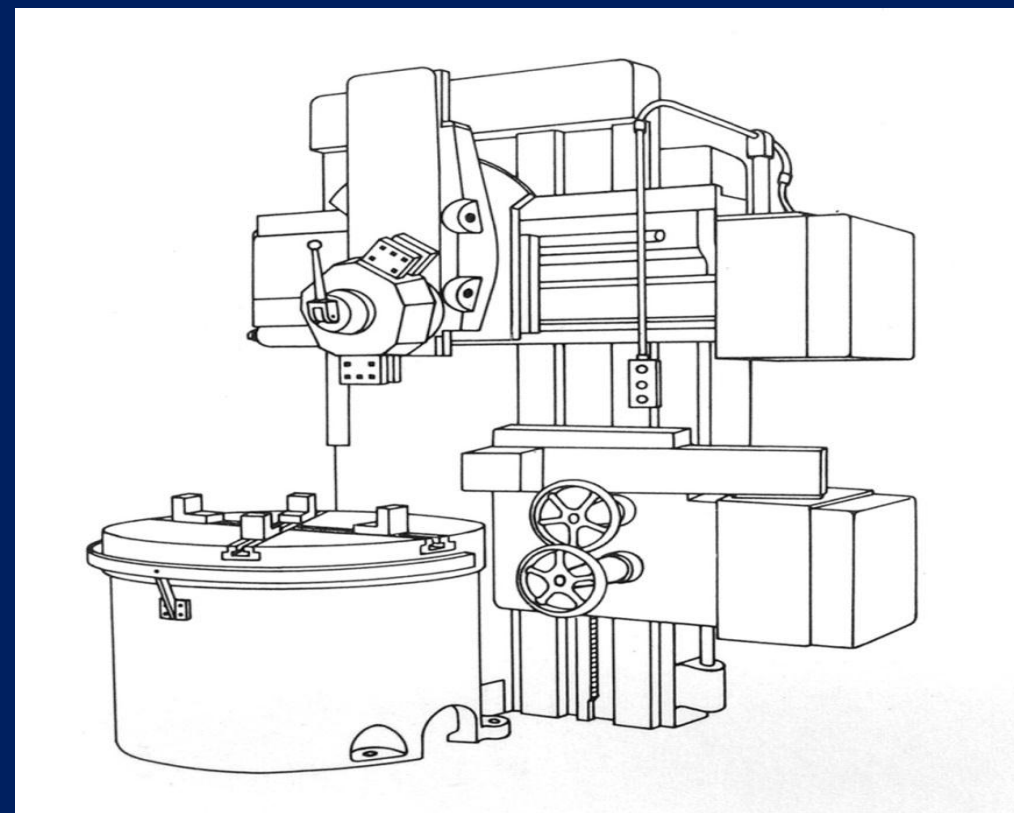
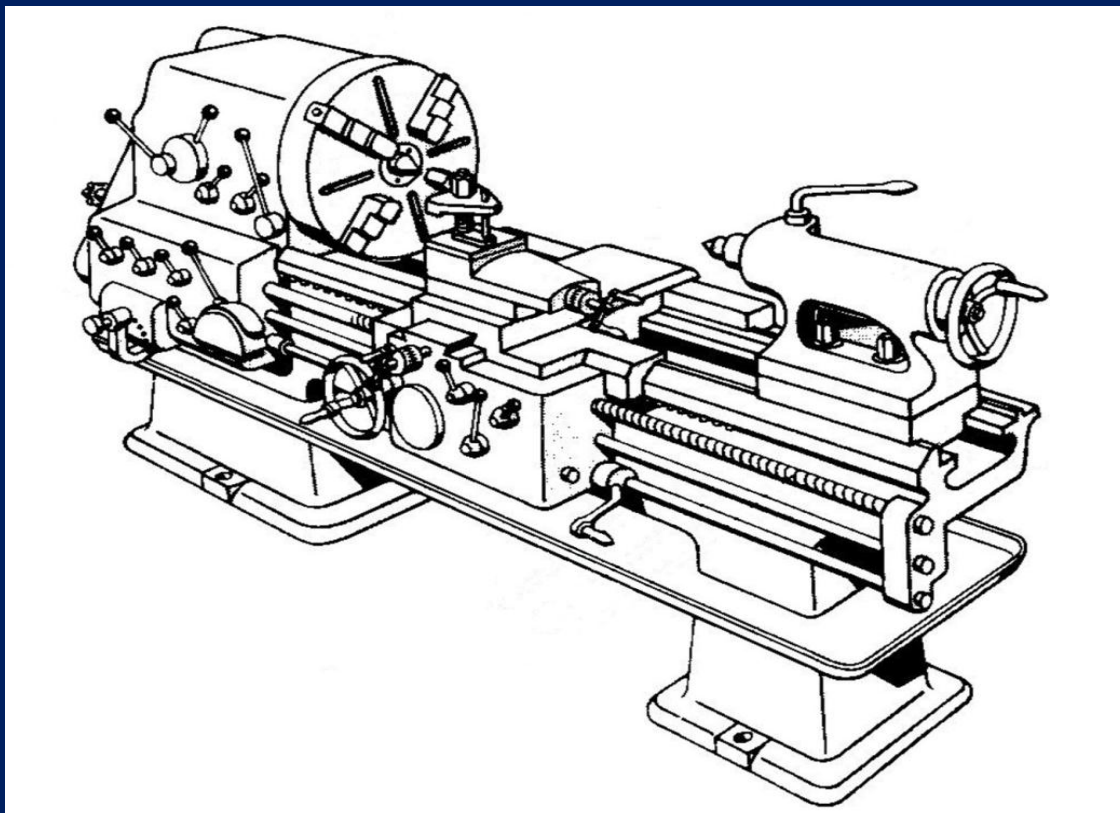
TOKARENJE

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 glavnim reznom oštricom.



Horizontalna i vertikalna (karusel) tokarilica

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

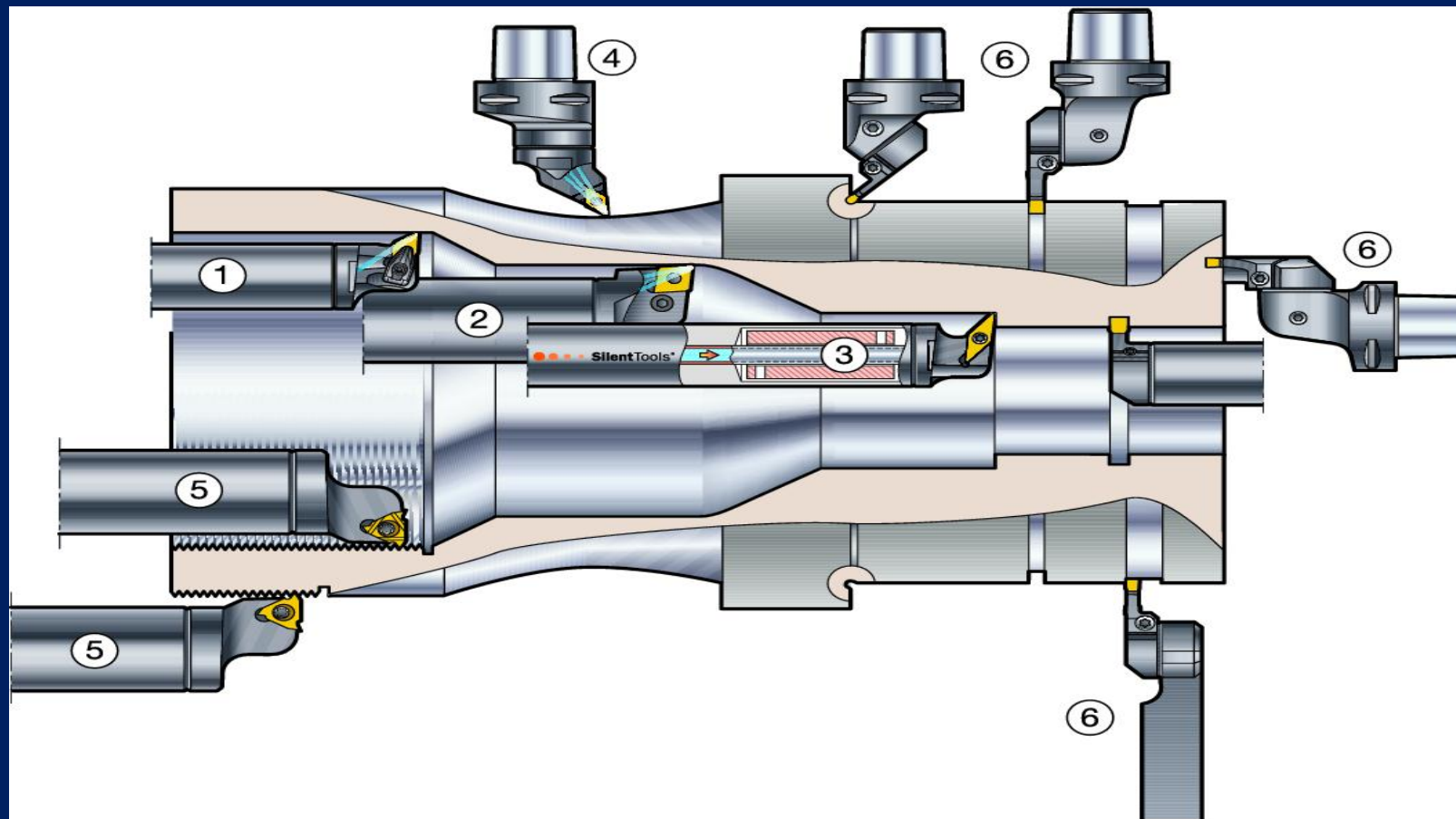
Obrada odvajanjem



CNC tokarski stroj (2003. godina)



2014. godina



Primjeri alata i površina kod tokarenja



PODJELA POSTUPKA

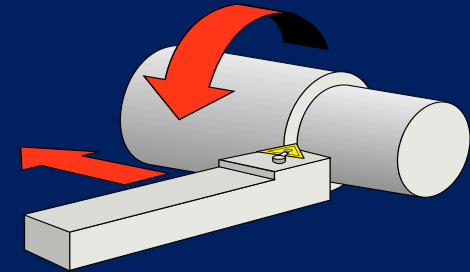
Tokarenje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele:

- *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 tokarenje.

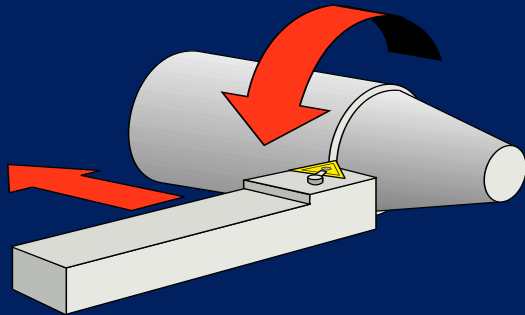
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

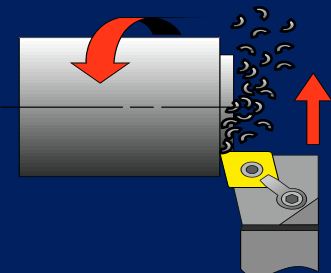
PODJELA POSTUPKA



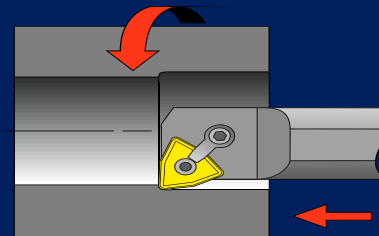
Uzdužno tokarenje -vanjsko



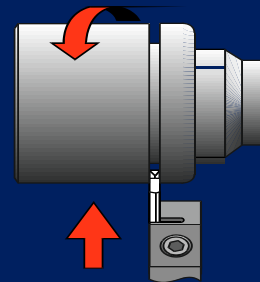
Profilino tokarenje



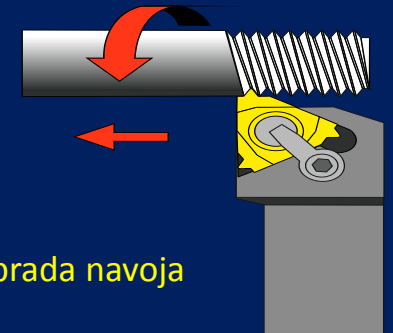
Poprečno (čeo) tokarenje



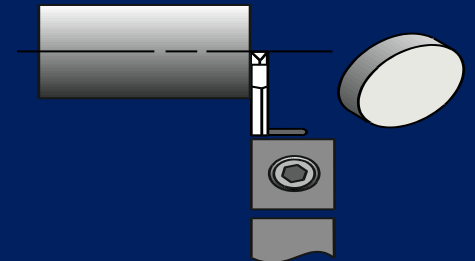
Uzdužno tokarenje - unutarnje



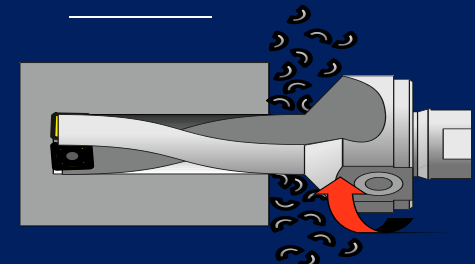
Obrada utora



Obrada navoja



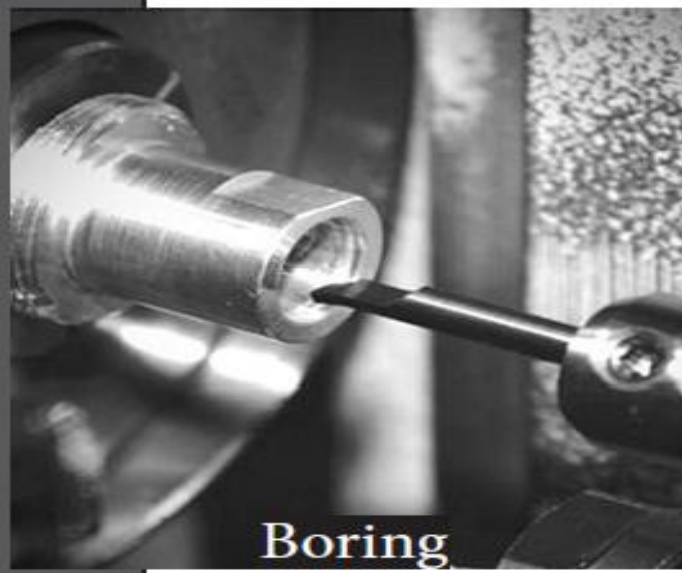
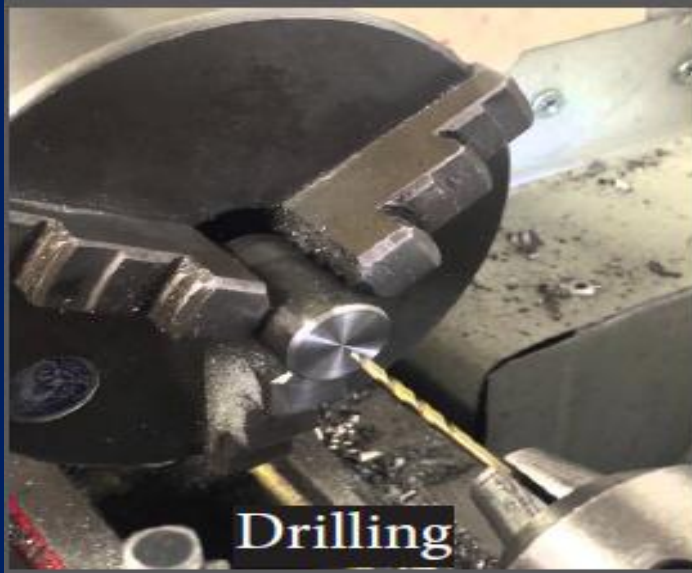
Odsjecanje



Bušenje

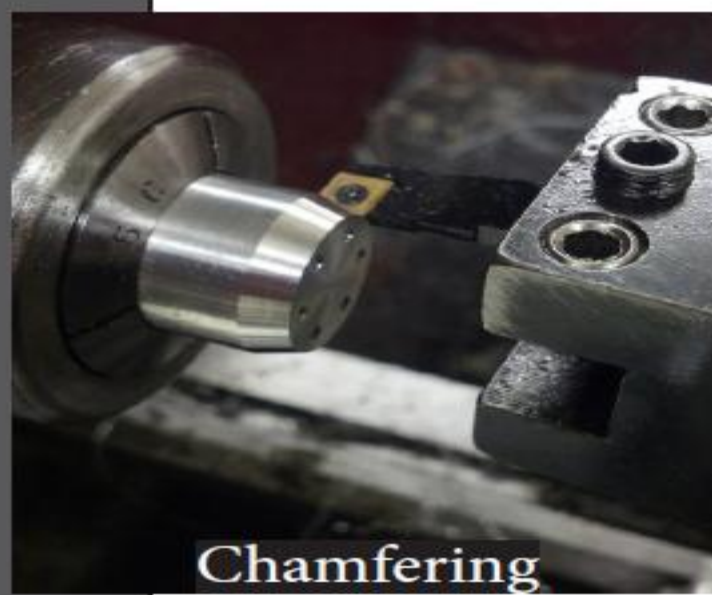
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

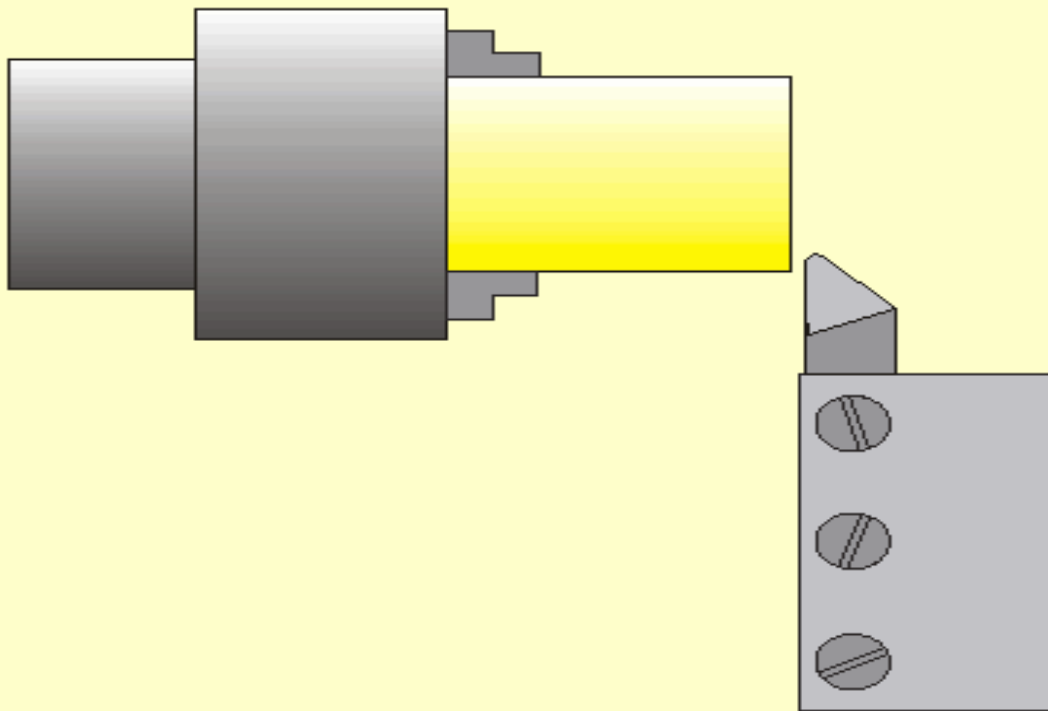
Obrada odvajanjem



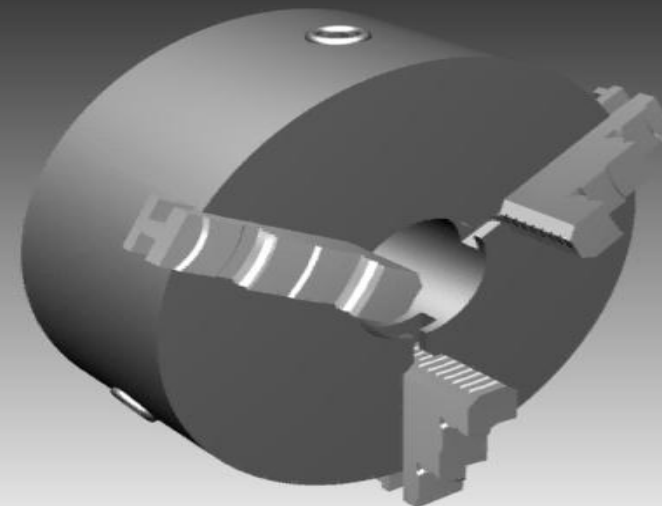
Uzdužno vanjsko tokarenje

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

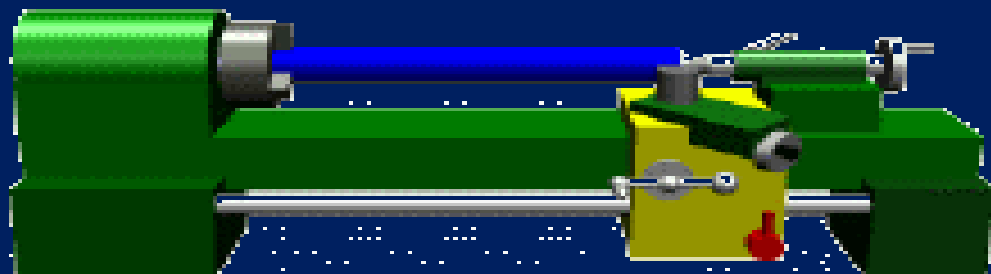
Obrada odvajanjem



Uzdužno vanjsko tokarenje -2D



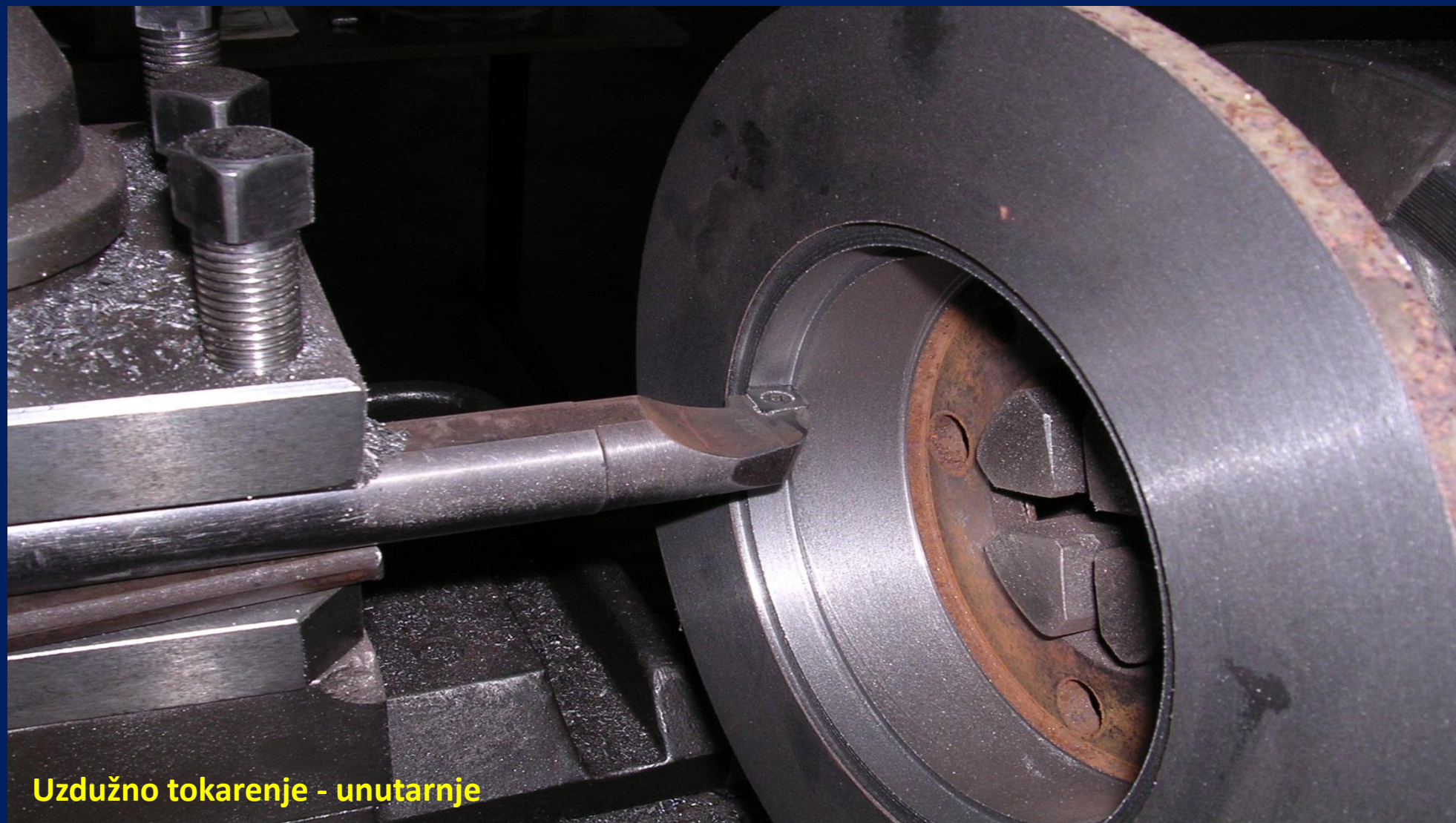
Uzdužno vanjsko tokarenje -3D



Tokarenje uzdužno vanjsko-simulacija



Tokarenje uzdužno vanjsko-lom_cestica_1.5



Uzdužno tokarenje - unutarnje

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



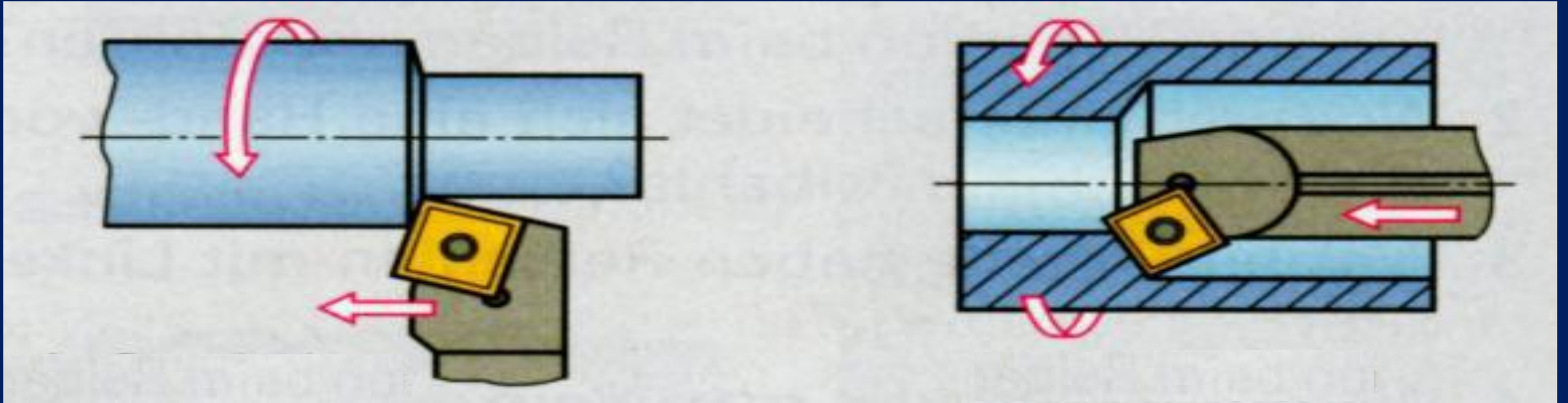
Alat (držač s pločicom) za uzdužno unutarnje tokarenje



Alat (držač s pločicom) za obradu navoja

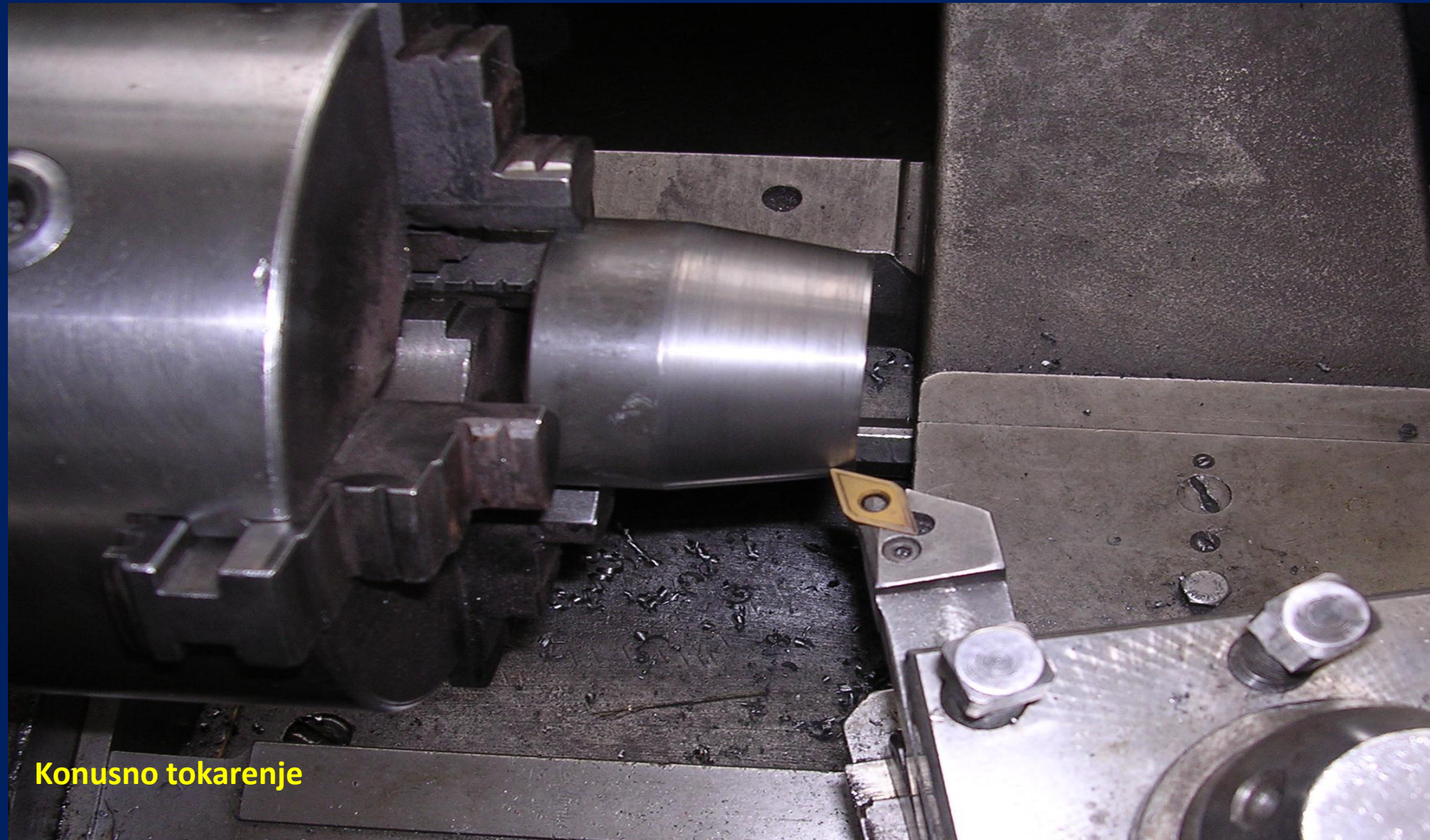
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



Uzdužno tokarenje - vanjsko

Uzdužno tokarenje - unutarnje



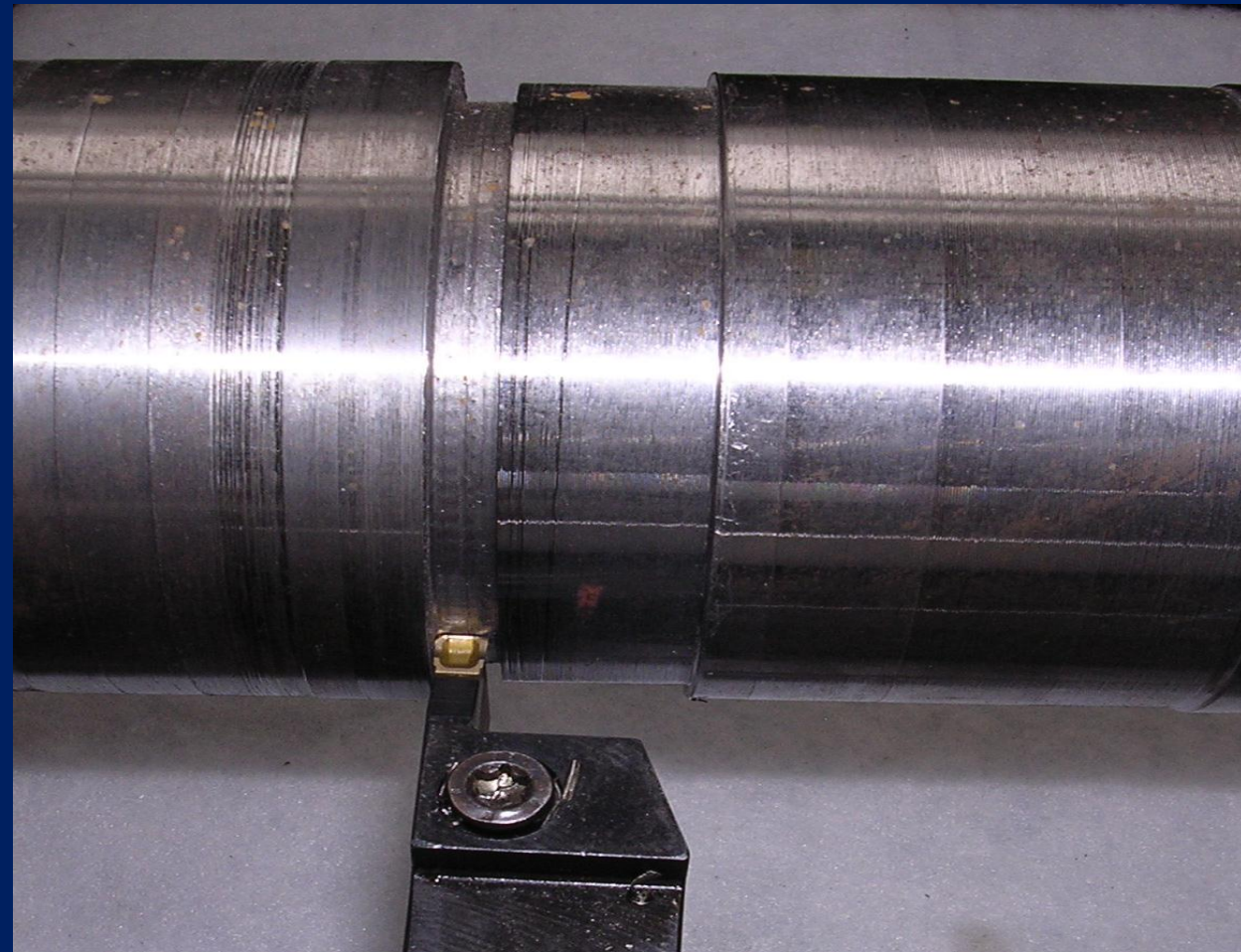
Konusno tokarenje

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



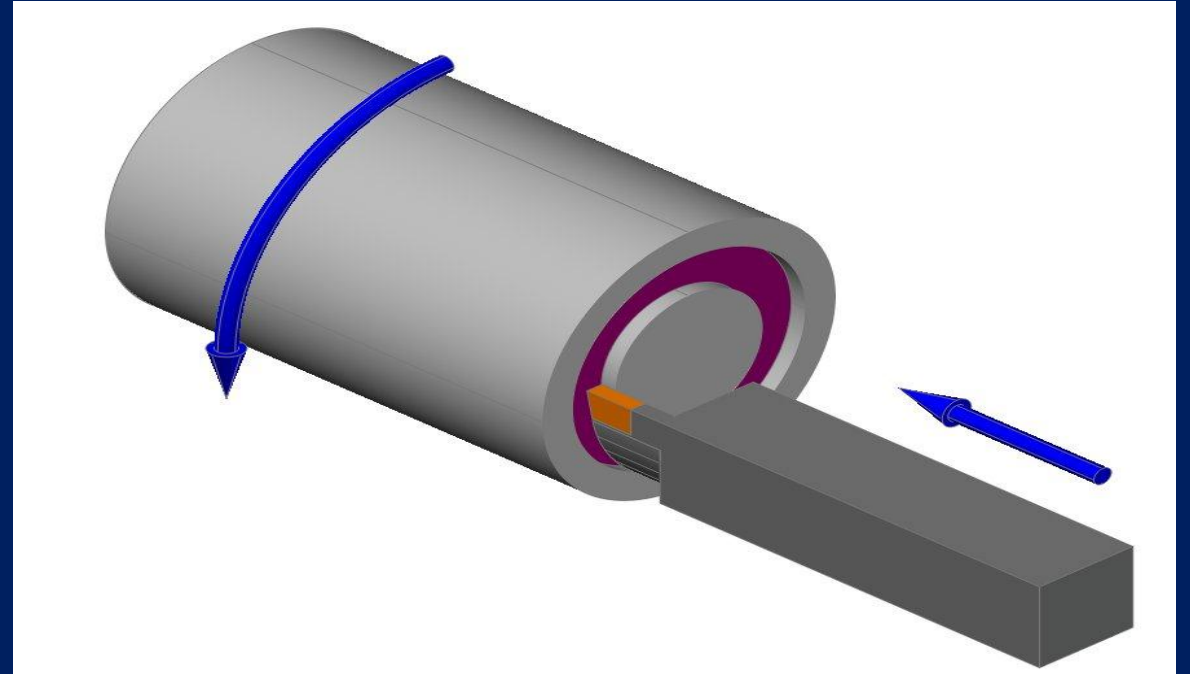
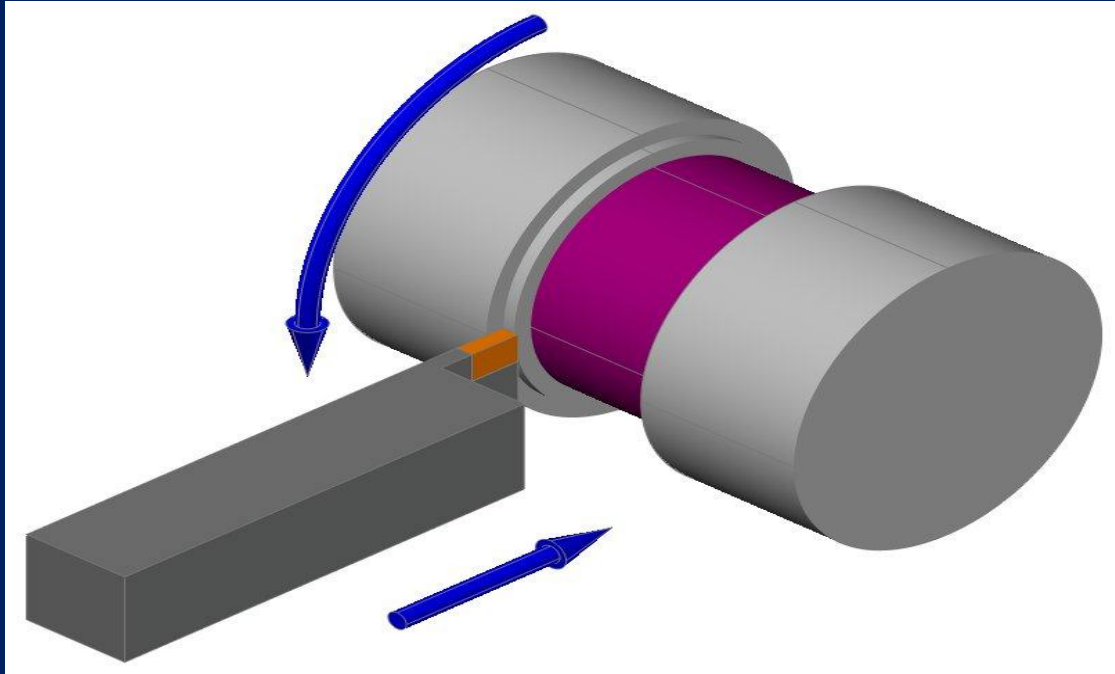
Profilno tokarenje - polukugla



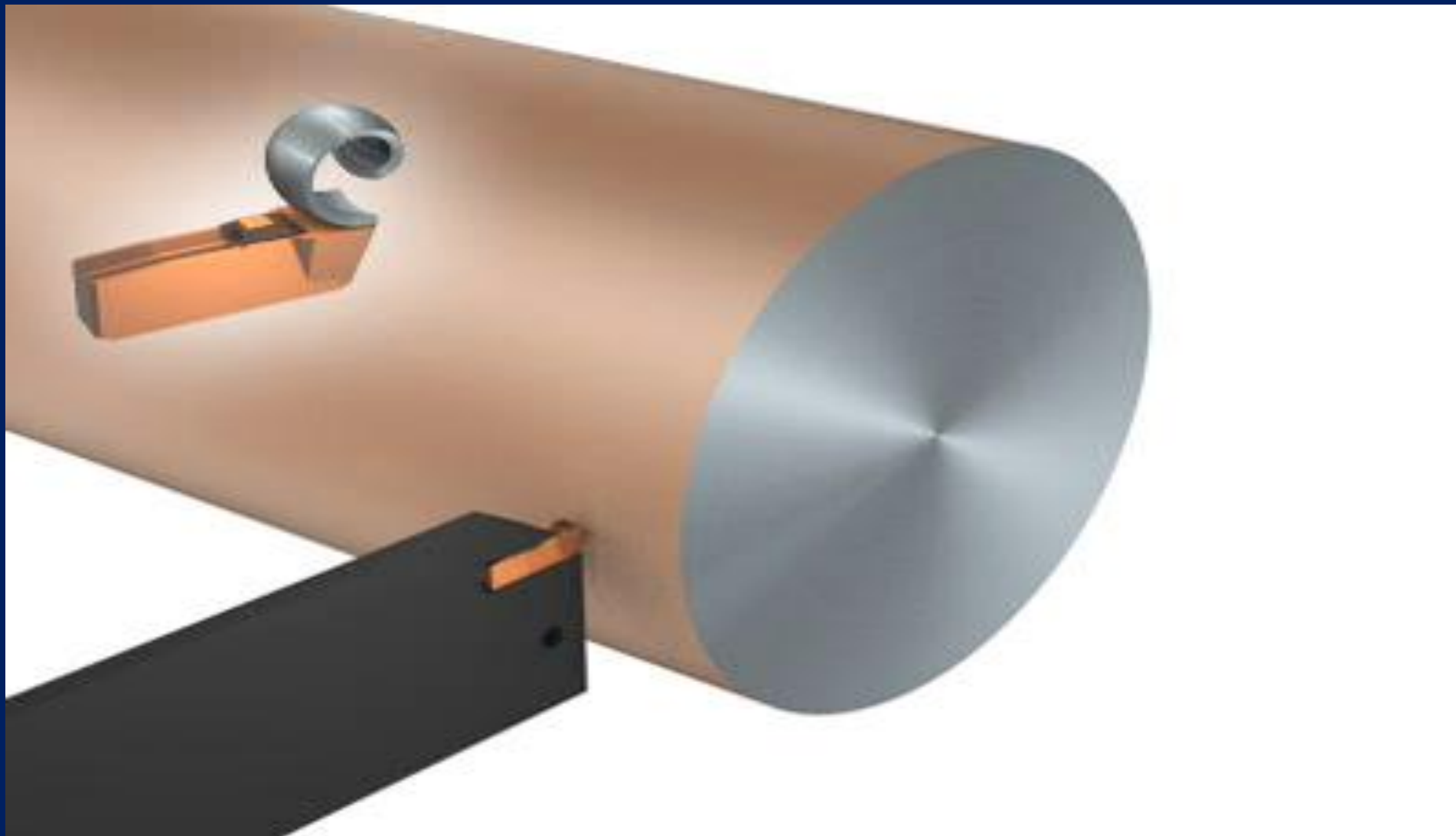
Profilno tokarenje - utor

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



Profilno tokarenje - utor



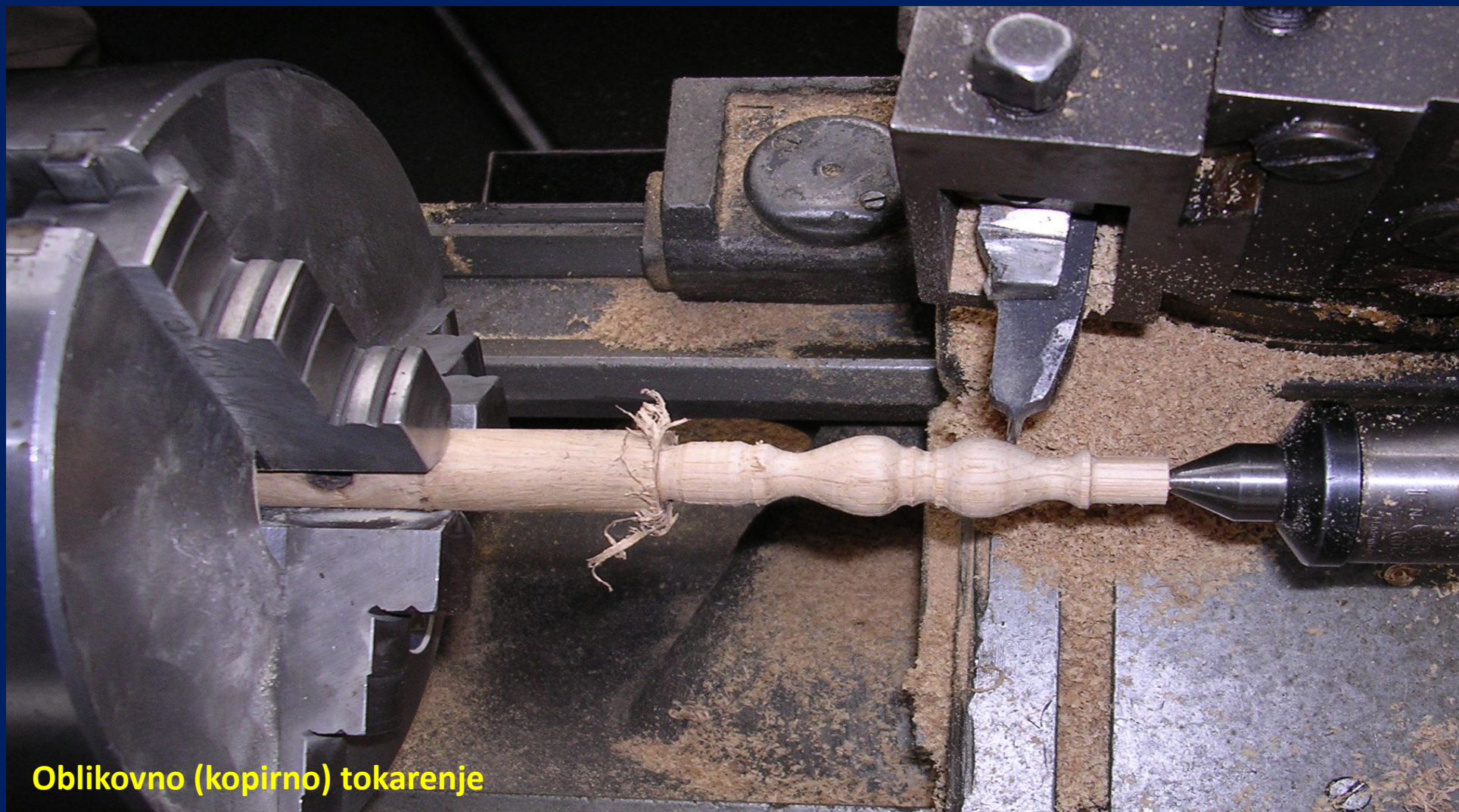
Poprečno tokarenje - odsjecanje

FSB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

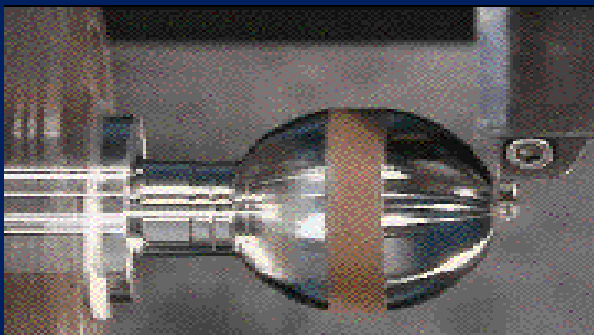


OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

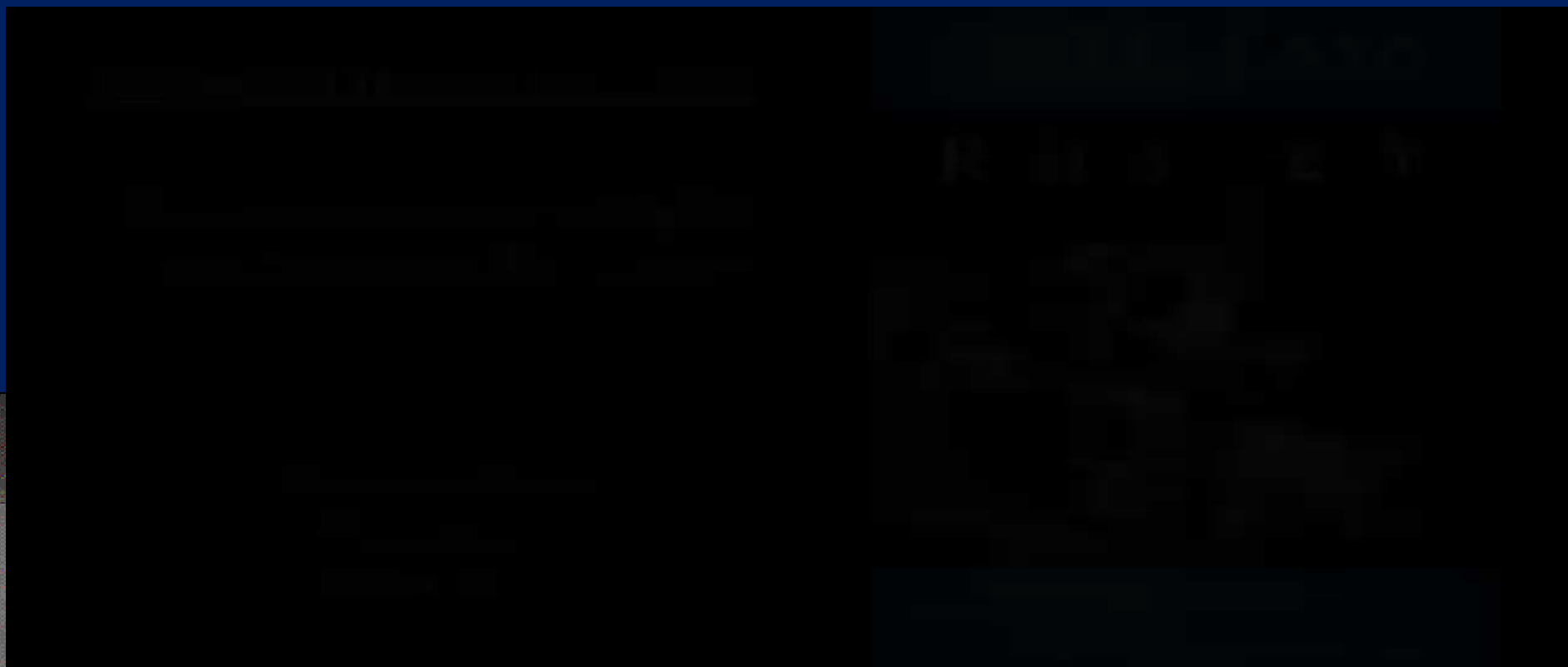
Obrada odvajanjem



Oblikovno (kopirno) tokarenje

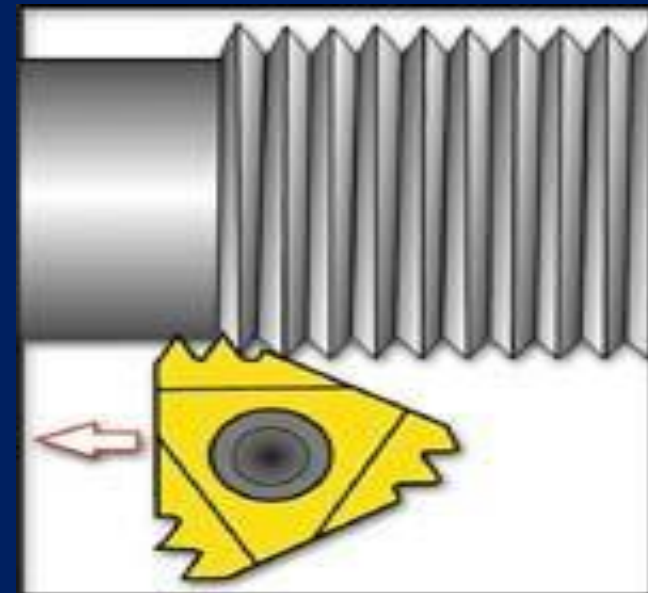
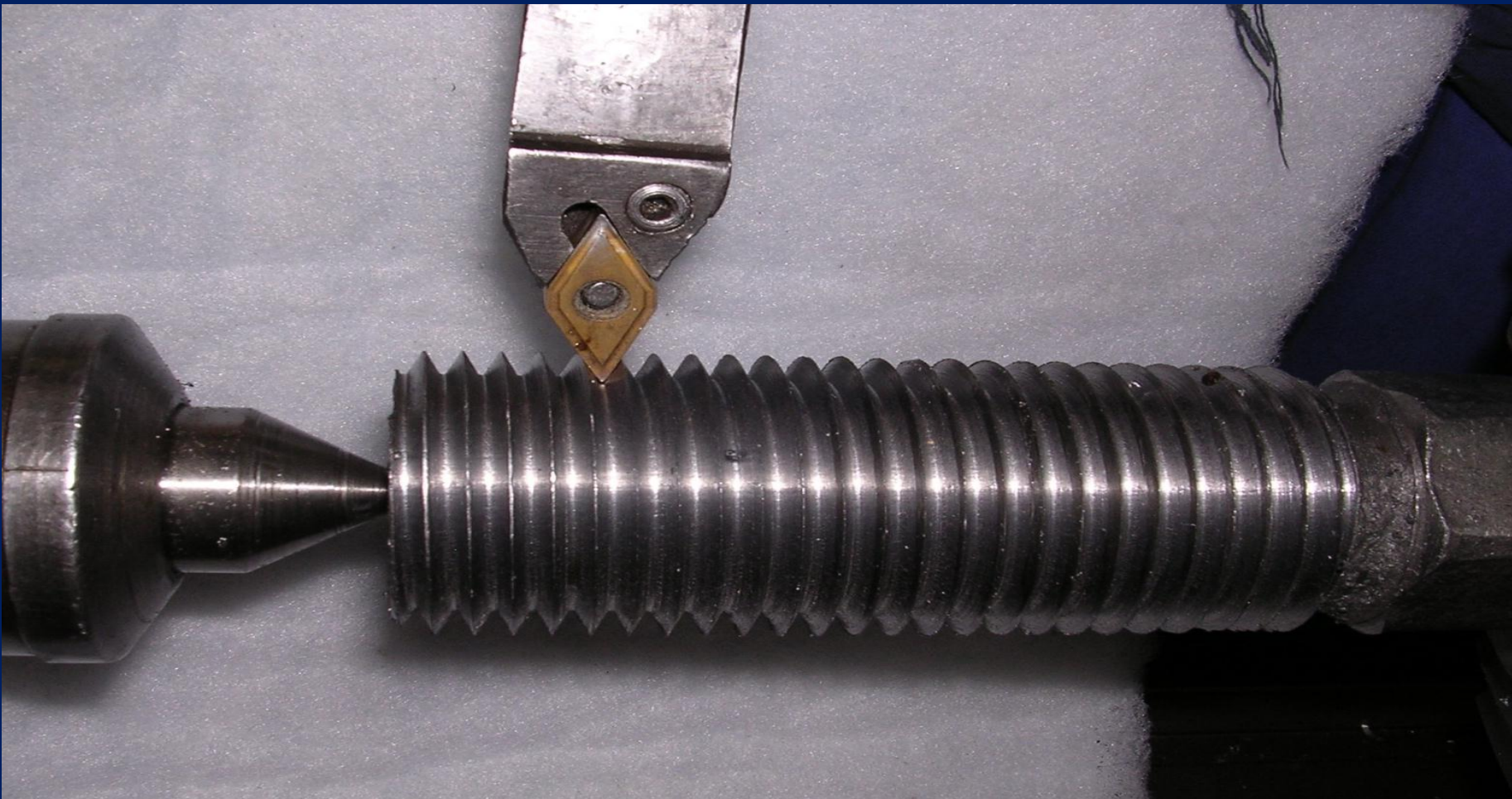


Oblikovno (kopirno) tokarenje, 1.5 min

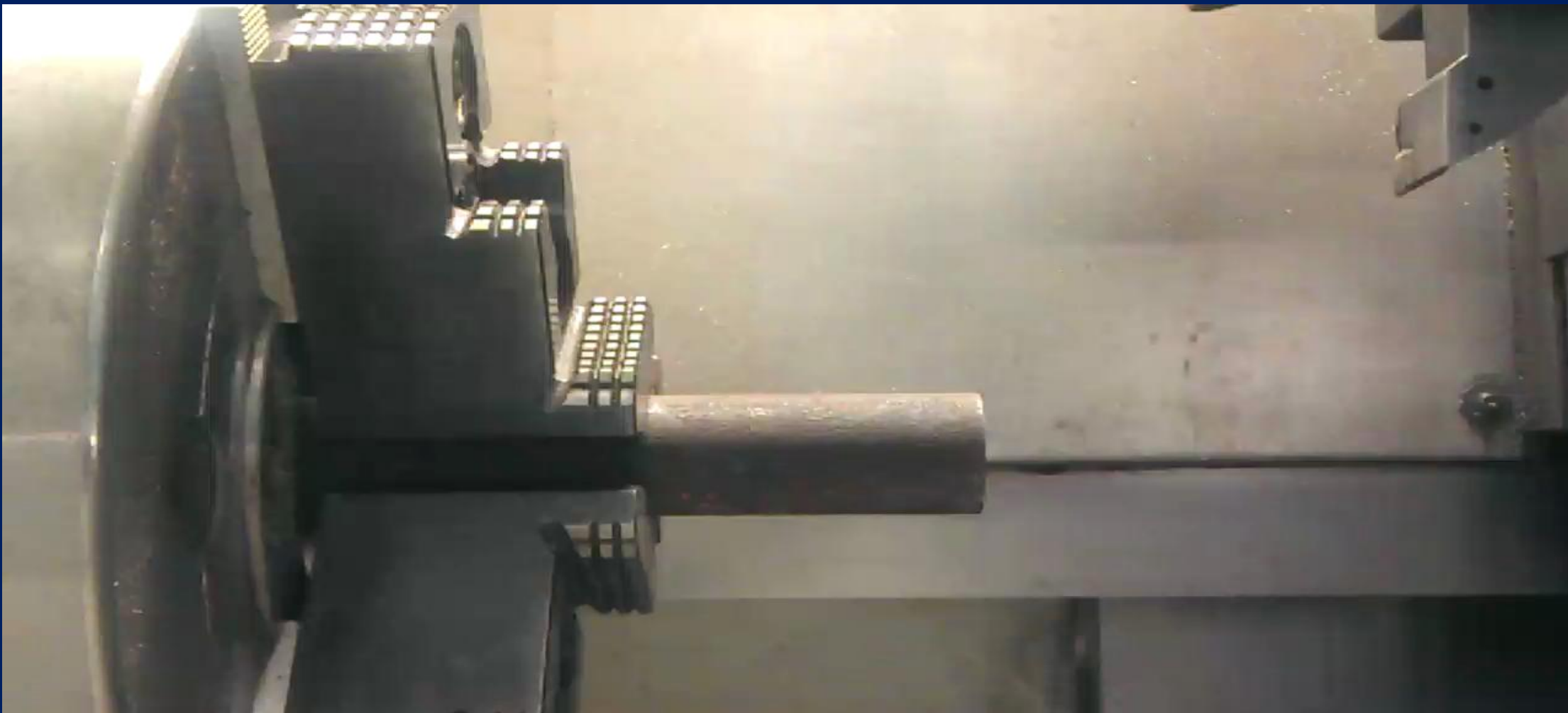


OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



Tokarenje navoja



Tokarenje uzdužno, poprečno, kopirno i tokarenje navoja



Neokruglo tokarenje



Tokarenje_horizontalno-32t



Tokarenje_horizontalno-najveća-
tokarilica

Tokarenje_vertiklano-gibanja



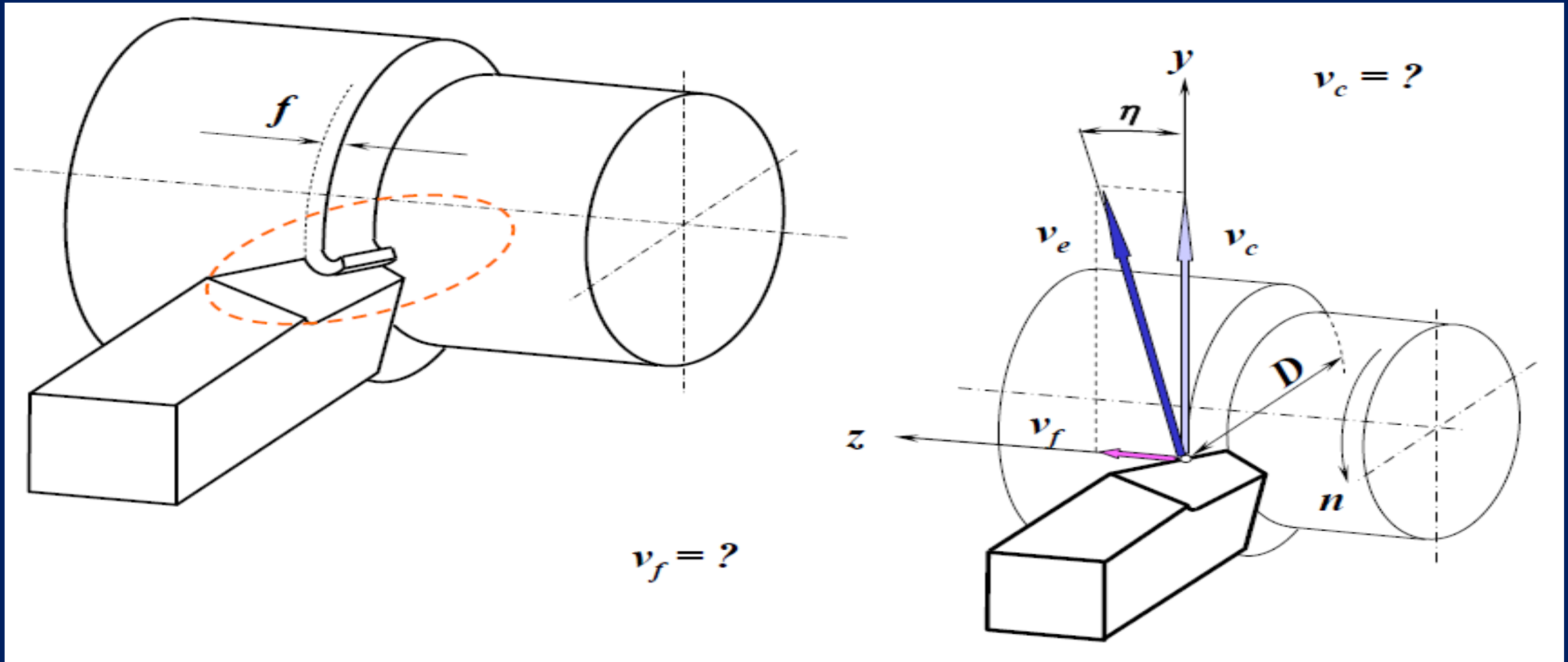
Tokarenje_vertiklano-obično



Tokarenje_vertiklano-posmak-
obradak

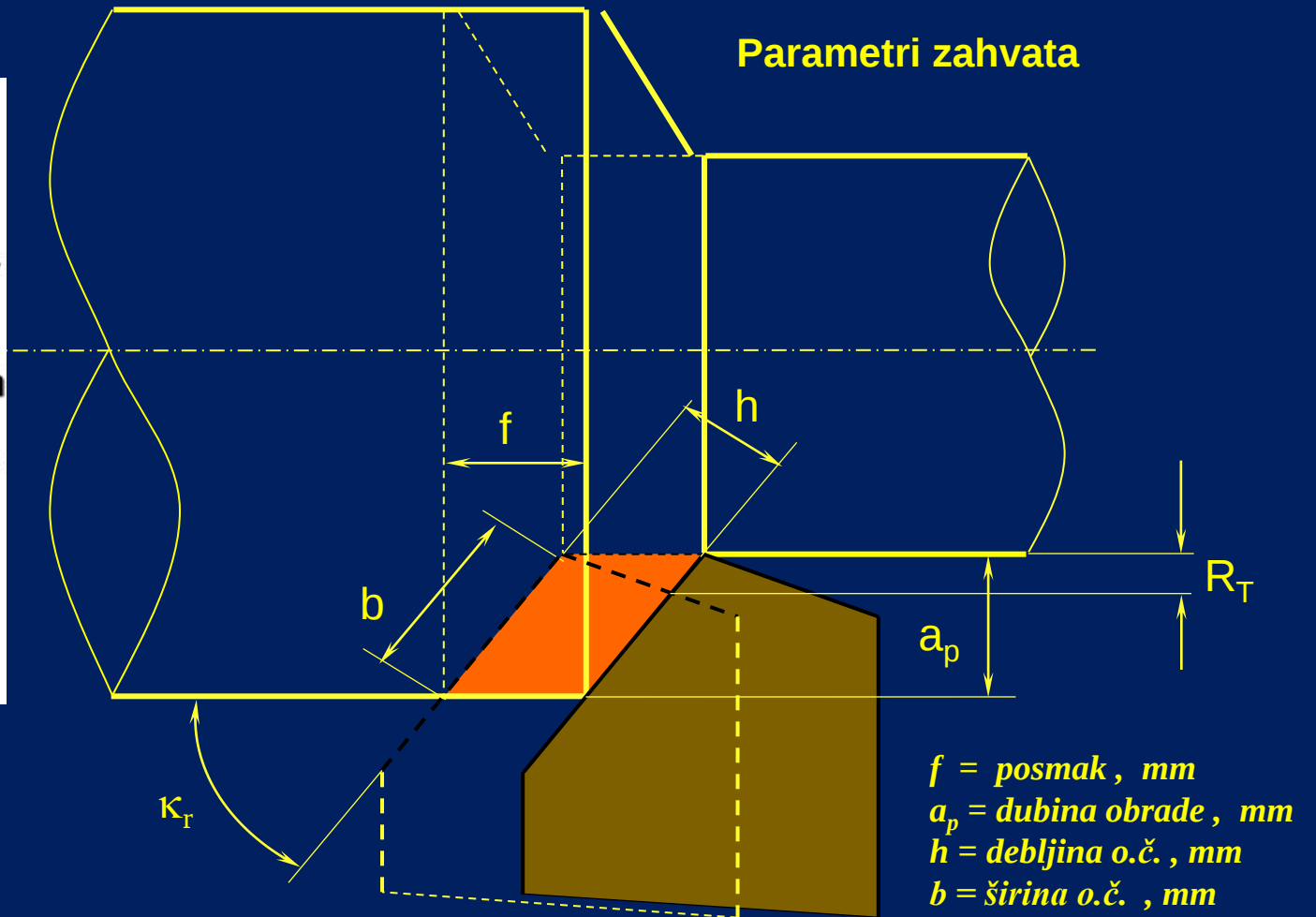
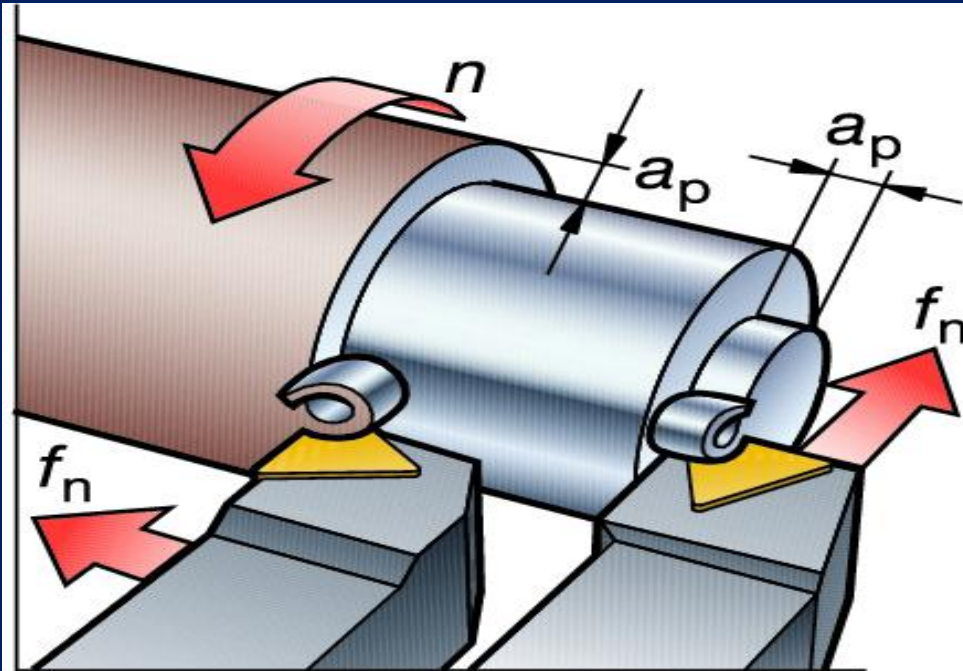
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



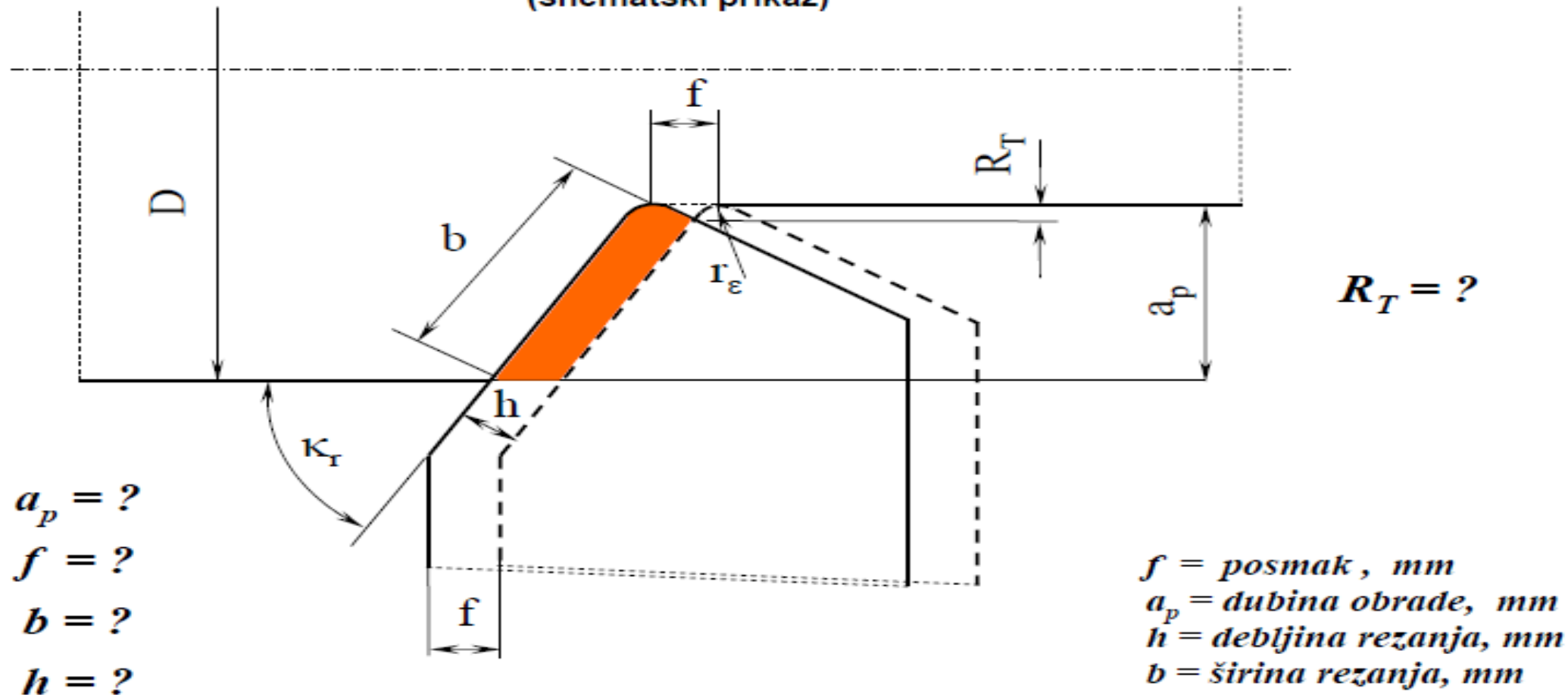
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



Površina presjeka rezanja: $A = b \cdot h = a_p \cdot f$, mm²

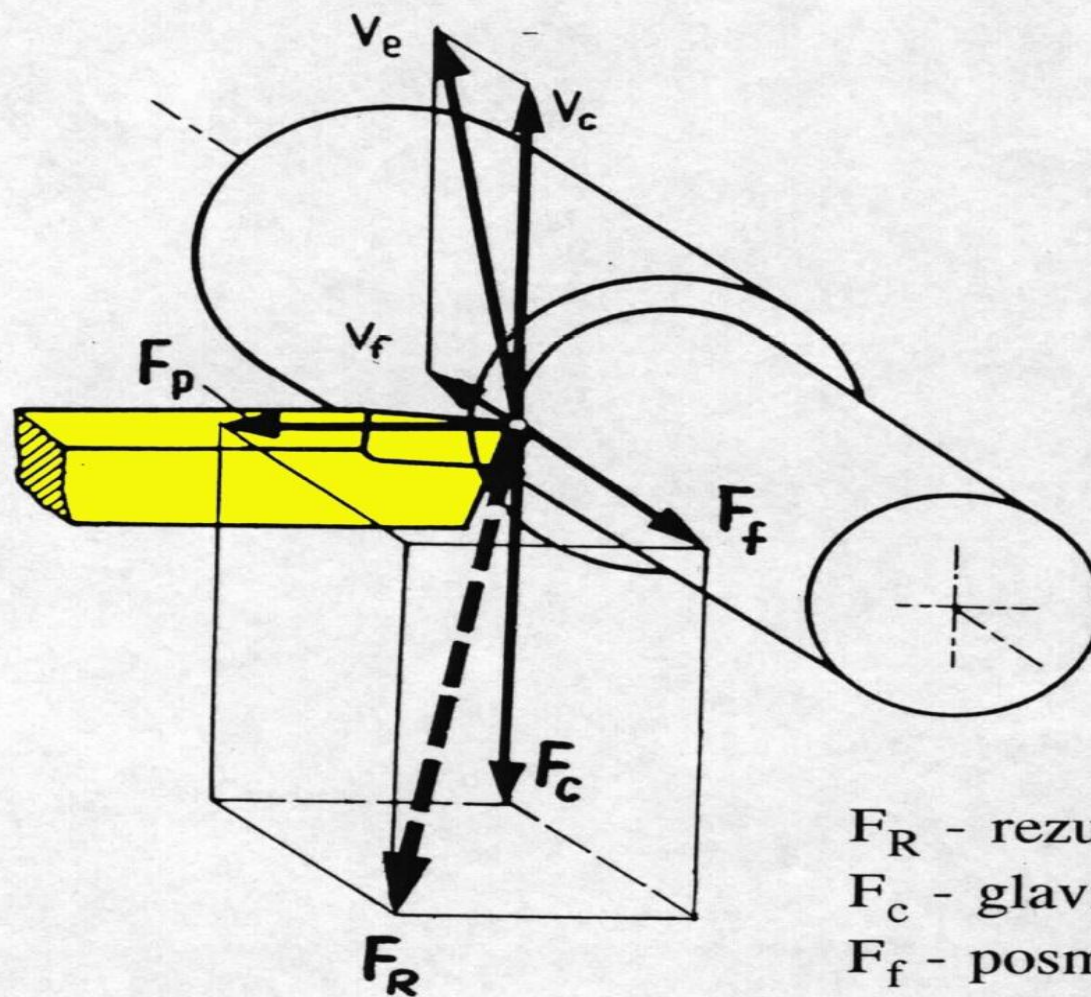
Parametri zahvata (shematski prikaz)



Površina presjeka rezanja: ?

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



F_R - rezultatna sila rezanja
 F_c - glavna sila rezanja
 F_f - posmična sila rezanja
 F_p - natražna sila rezanja

Alat (tokarski nož)

brzorezni čelik, tvrdi metal, cermet, keramika, CBN, dijamant





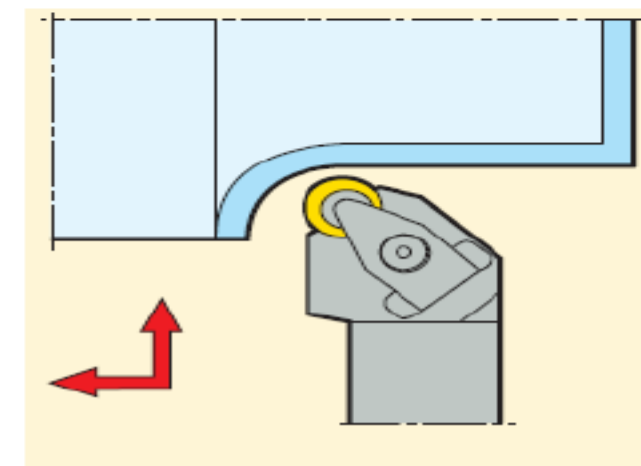
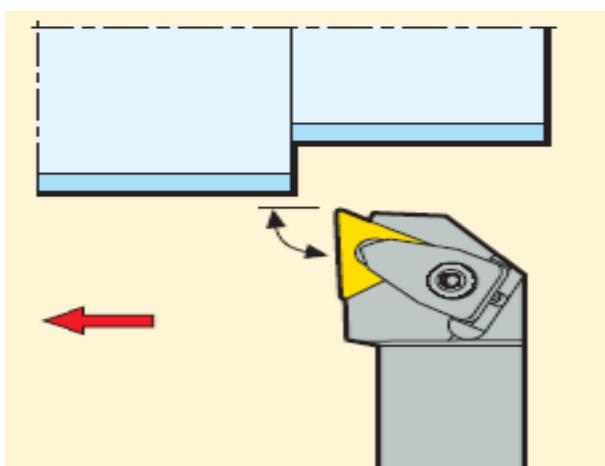
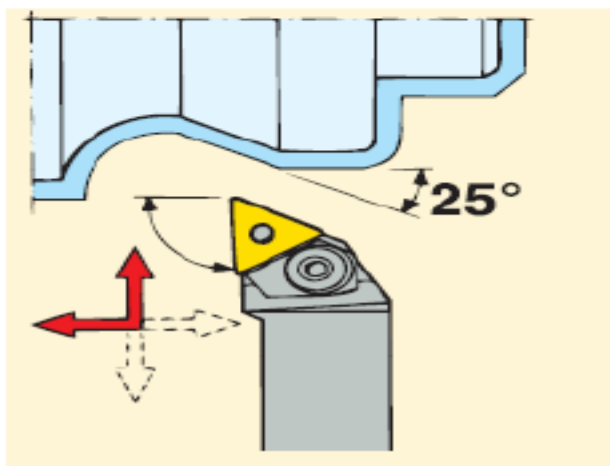
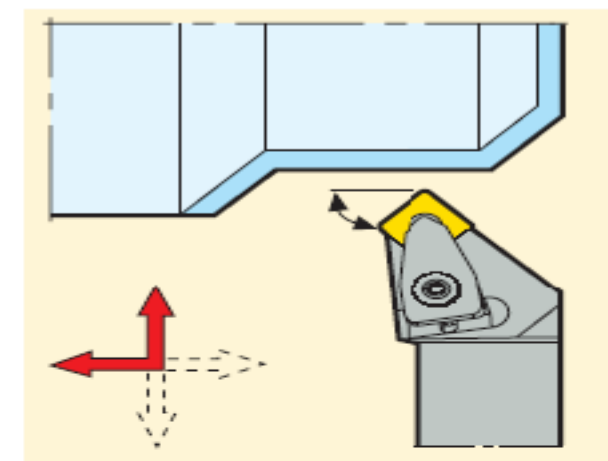
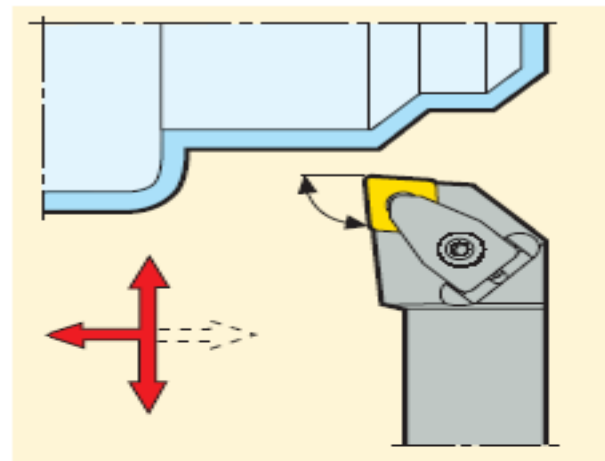
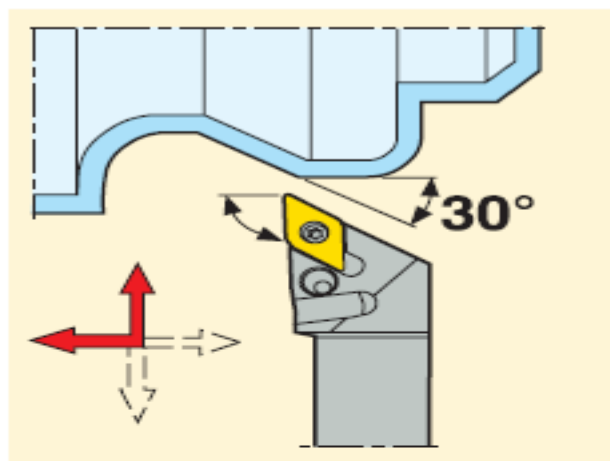
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

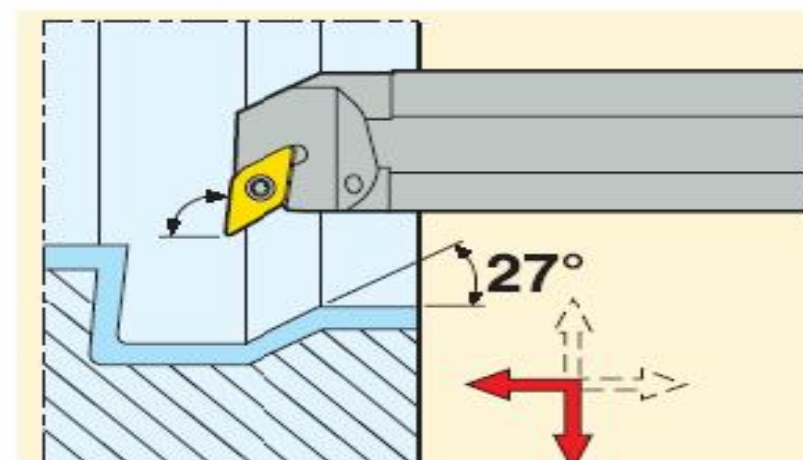
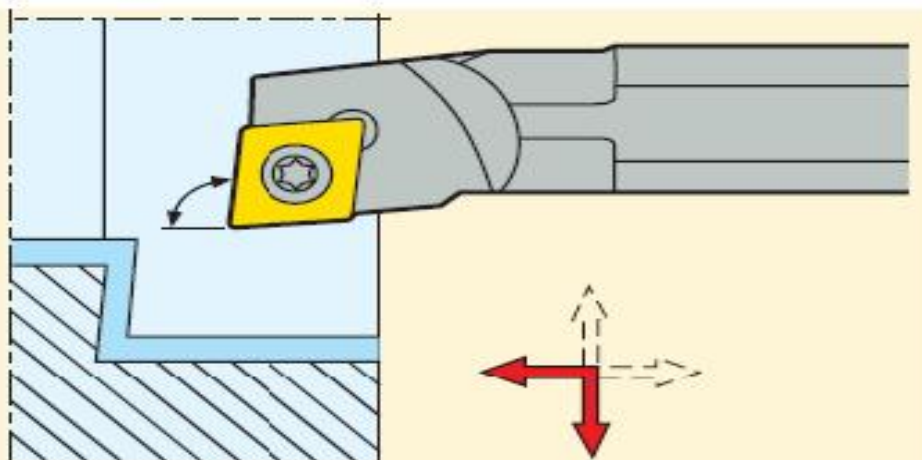
Rezne pločice



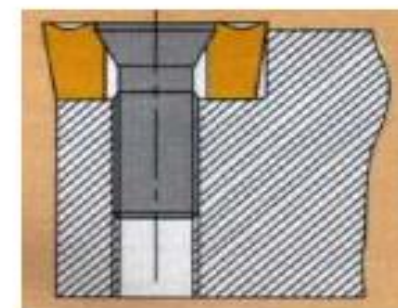
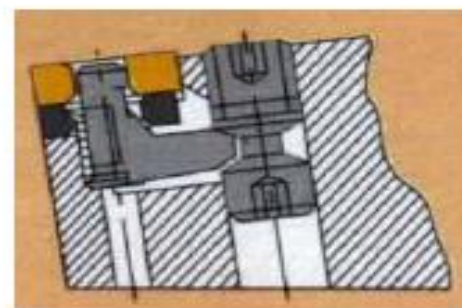
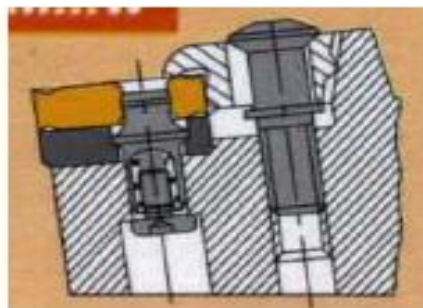
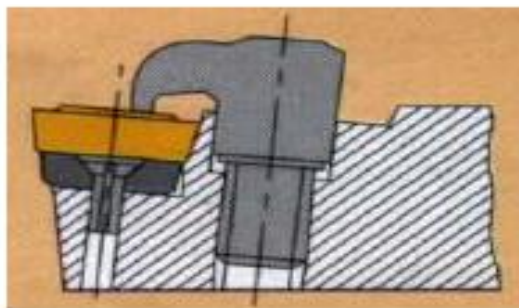
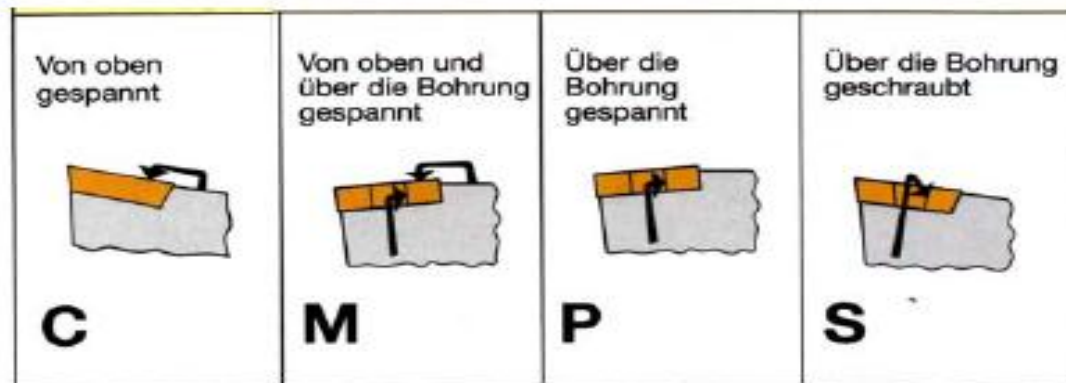
Oblici alata (tokarskih noževa) za vanjsku obradu



Oblici alata (tokarskih noževa) za unutarnju obradu



Način stezanja pločice





GLAVNO (TEHNOLOŠKO, STROJNO) VRIJEME OBRADE

$$t_g = \frac{L_{uk}}{v_f} \cdot i = \frac{L_{ul} + L + L_{iz}}{f \cdot n} \cdot i$$

L_{uk} – ukupna duljina puta u smjeru posmične brzine

L_{ul} – duljina ulaznog puta (prije samoga kontakta)

L – duljina obrade

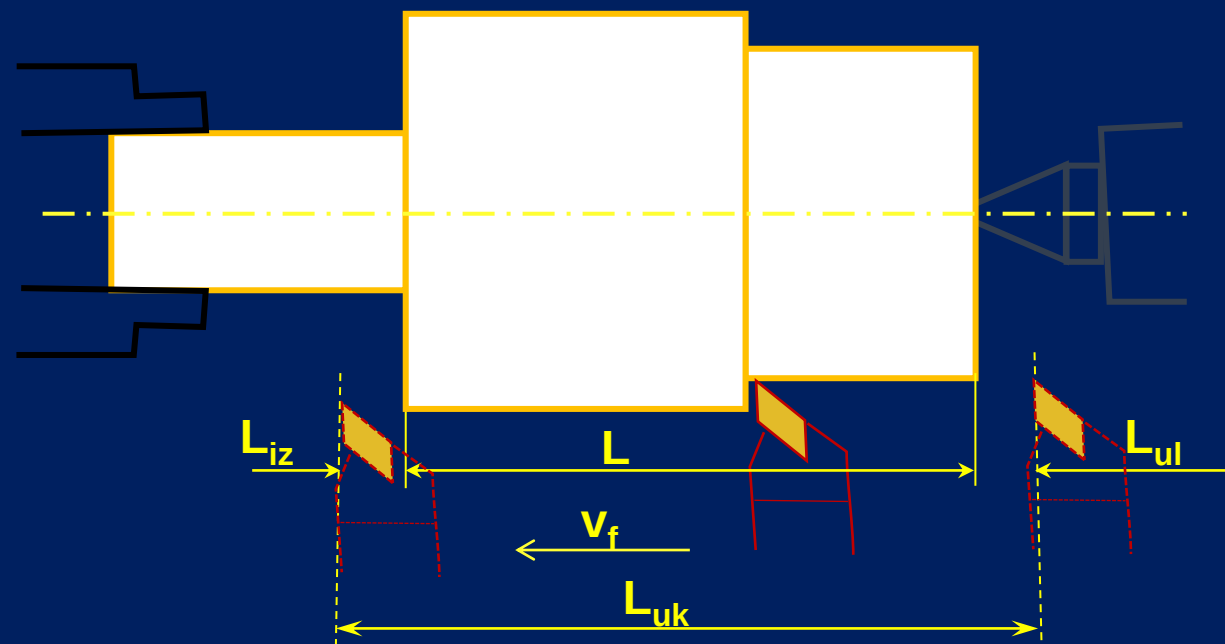
L_{iz} – duljina izlaznog puta (nakon kontakta, nakon obrade)

v_f – posmična brzina

i – broj prolaza

GLAVNO (TEHNOLOŠKO, STROJNO) VRIJEME OBRADE

Uzdužno tokarenje



$$t_g = \frac{L_{uk}}{v_f} \cdot i = \frac{L_{ul} + L + L_{iz}}{f \cdot n} \cdot i$$

GLAVNO (TEHNOLOŠKO, STROJNO) VRIJEME OBRADE

Poprečno tokarenje

a) Stalan (konstantan) broj okretaja

$$t_g = \frac{L_{uk}}{v_f} \cdot i = \frac{L_{ul} + L + L_{iz}}{f \cdot n} \cdot i$$

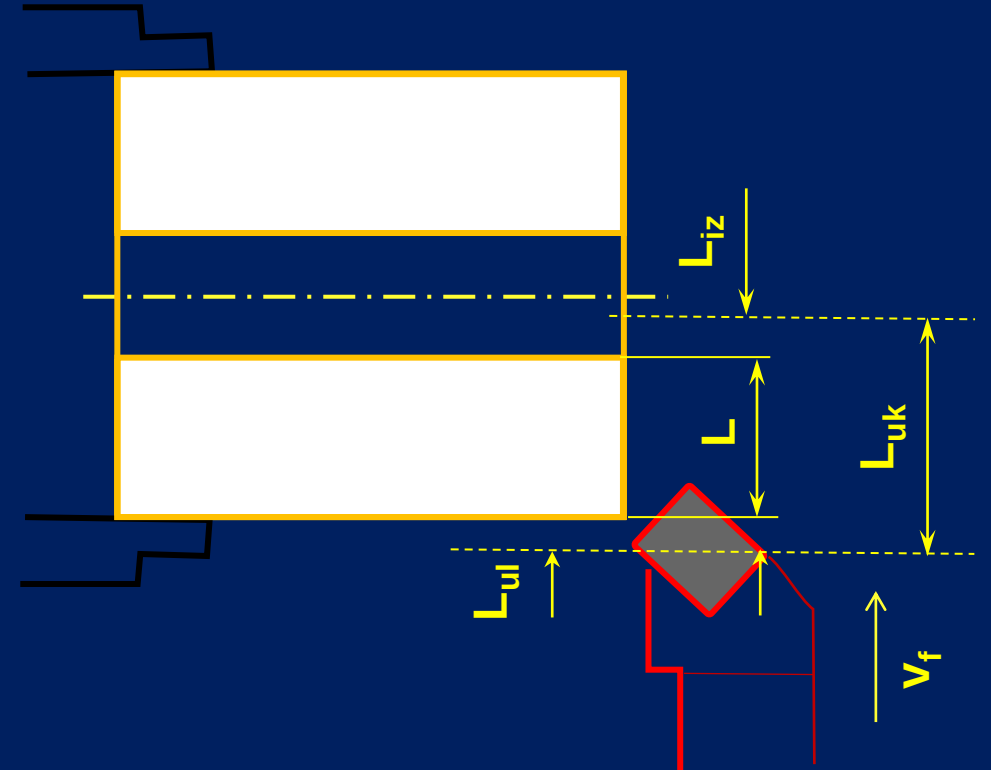
b) Stalna (konstantna) brzina rezanja

$$t_g = \frac{L_{uk}}{v_f} \cdot i \text{ za jedan prolaz} \quad t_g = \frac{L_{uk}}{v_f}$$

Smanjenjem promjera povećava se broj okretaja,
a time i posmična brzina

$$t_g = \frac{L_{uk}}{v_{f_{sr}}} \text{ za primjer na skici} \quad t_g = \frac{(D_1 - D_2)/2}{f \cdot \frac{v_c}{D_{sr} \cdot \pi}}$$

$$t_g = \frac{(D_1 - D_2)/2}{\frac{f \cdot v_c}{\pi} \cdot \frac{1}{(D_1 + D_2)/2}} = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4 \cdot f \cdot v_c}$$





GLAVNO (TEHNOLOŠKO, STROJNO) VRIJEME OBRADE

Oštrica (vrh) iznad i ispod osi obratka

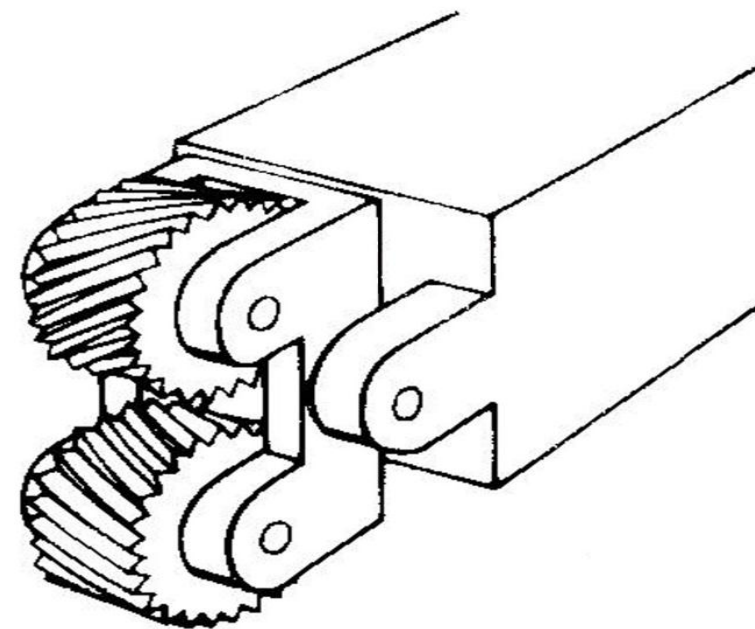
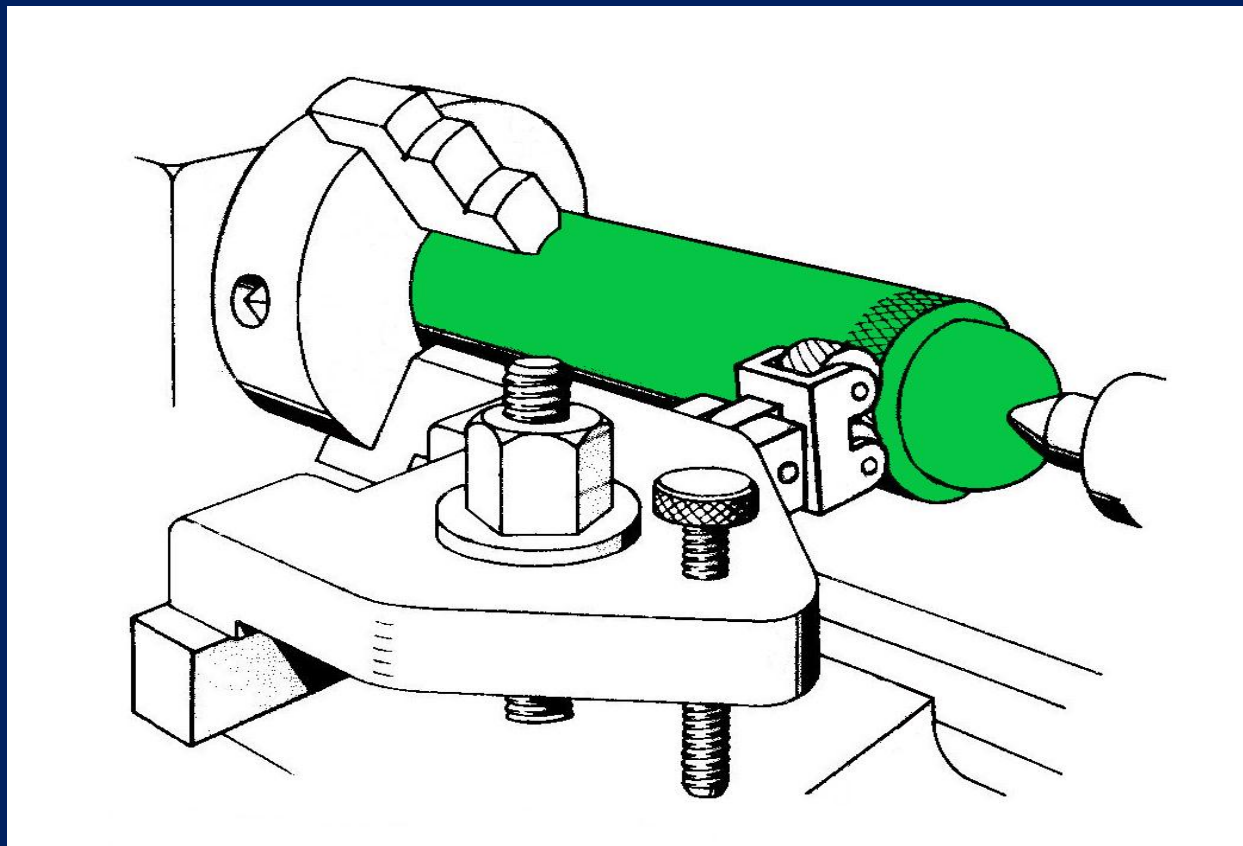
Negativna geometrija

Rovašenje

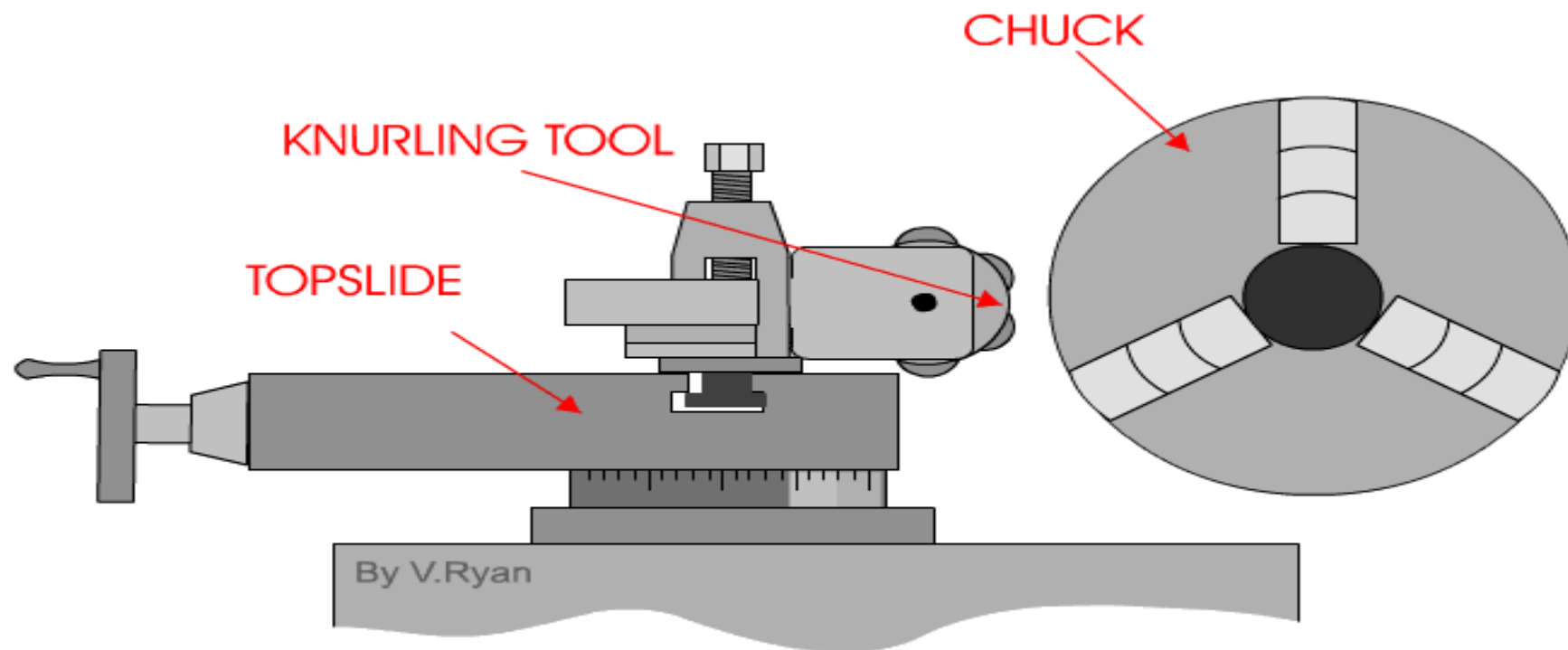
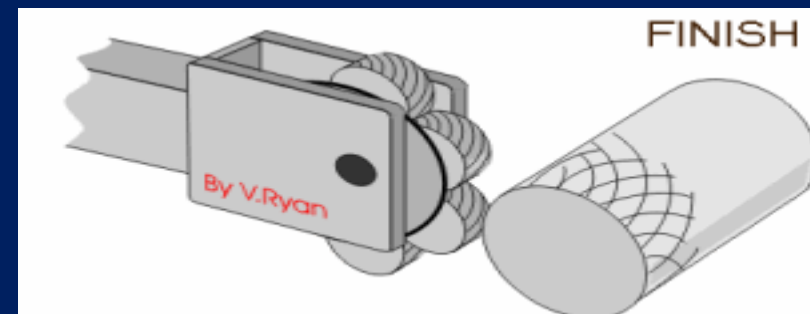
Proces utiskivanja teksture na okrugle površine koji se najčešće primjenjuje kako bi se olakšalo rukovanje, a ponekad zbog povećanja promjera dijela radi utiskivanja u druge dijelove te zbog boljeg vizualnog efekta površine.



Rovašenje



Rovašenje



Rovašenje





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