



100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

4. semestar, PI

Dio: OBRADA ODVAJANJEM

Drugo predavanje

FSB Zagreb, PI



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Sažetak 1. predavanja

Cilj:

Upoznavanje osnova teorije rezanja i postupaka ooč.

Ishodi učenja:

- Klasificirati konvencionalne i nekonvencionalne postupke ooč.
- Skicirati i opisati konvencionalne i nekonvencionalne postupke obrade
- Procijeniti postojanost oštrice alata kao funkciju brzine rezanja.
- Procijeniti obradivost materijala temeljem osnovnih kriterija obradivosti.
- Opravdati i kritički prosuditi primjenu određenog postupka obrade.

Sadržaj predavanja i vježbi

Literatura

Način polaganja: 2 kolokvija i možebitni usmeni.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrađa odvajanjem

Uvod - što je proizvodnja

- Uloga i značaj obrade odvajanjem čestica
- Položaj **OOČ** u odnosu na druge tehnologije
- Tehnologije koje dolaze
- Prednosti i nedostaci **OOČ**
- **OOČ** kao sustav

Proizvodnja generira 15% - 25% bruto nacionalnog proizvoda -

Proizvodnjom se dodaje vrijednost proizvodu.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Zašto je proizvodnja značajna ?

- Proizvodnja generira 20% - 30% bruto nacionalnog proizvoda.
- Proizvodnjom se dodaje vrijednost proizvodu.
- Proizvodnja je djelatnost kojom se generira blagostanje naroda (AIT).
- 15-20% radnih mjesta je u tom sektoru.
- Na svako radno mjesto u proizvodnji dolaze još 2-2.5 radna mjesta.

Podjela proizvodnje ?

Diskretna (njome ćemo se baviti) i kontinuirana proizvodnja.

Proizvodnja kao "P"

Proizvodnja je proces pretvorbe ideje i potrebe tržišta ili kupca u artefakt. – PLM

Proizvodnja kao "p"

Proizvodnja je pretvaranje sirovog materijala (priprema) u koristan proizvod.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

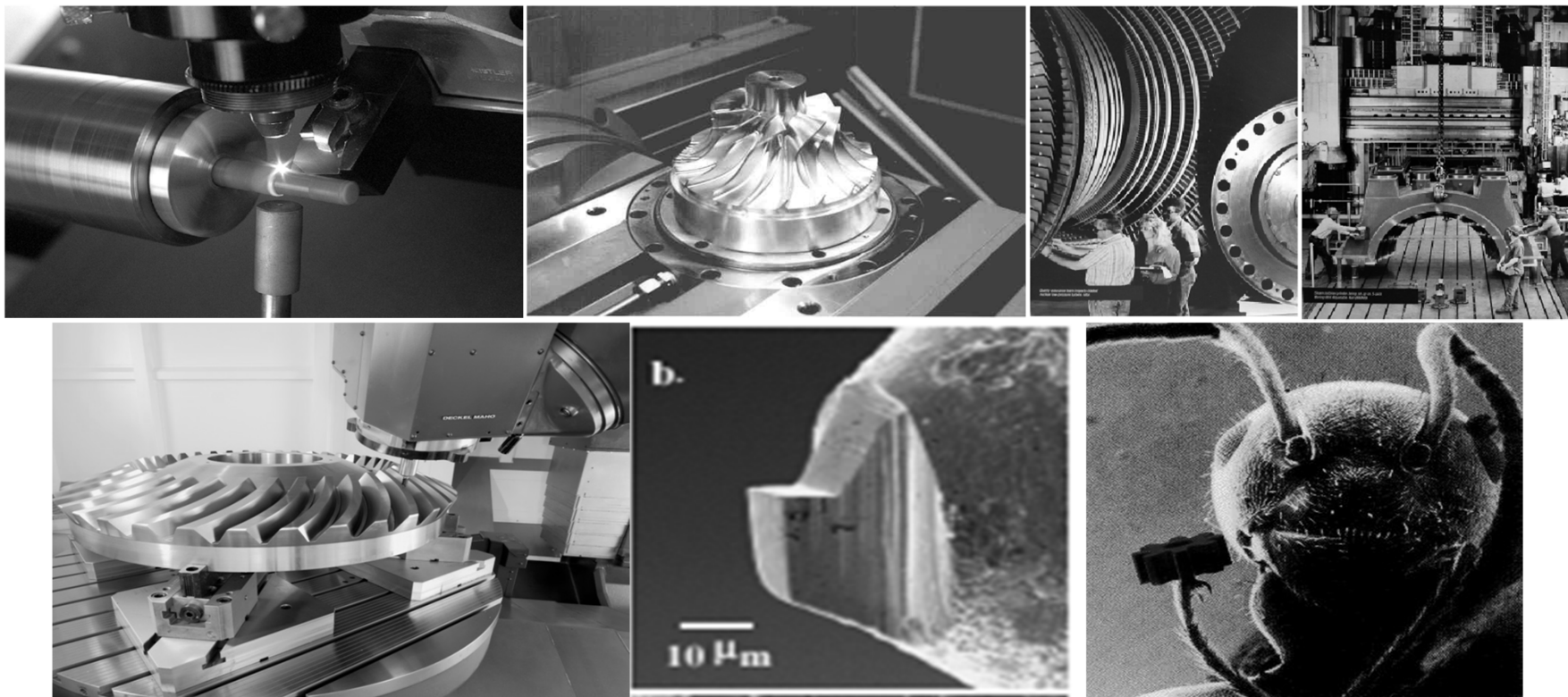
Prednosti obrade odvajanjem su:

- Omogućuje postizanje točnosti, uskih tolerancija i dobre kvalitete obrađene površine, često bez potrebe za naknadnim završnim obradama.
- Najbolji način da se obrade oštri rubovi, ravne površine, te unutarnji i vanjski profili.
- Može se primijeniti kod gotovo svih poznatih materijala.
- Najbolji (jedini) način oblikovanja otvrdnutih (kaljenih) i krtih materijala.
- Moguće je obrađivati i najsloženije oblike površina.
- Moguće su obrade u širokom rasponu dimenzija (od aviona do mikro obrada).
- Uzrokuje vrlo male promjene u materijalu obratka (samo tanki sloj; HAZ, ...).
- “Jednostavno” se može automatizirati.
- Ekonomičnost i produktivnost kod maloserijske i pojedinačne proizvodnje.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Mogućnosti obrade odvajanjem





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

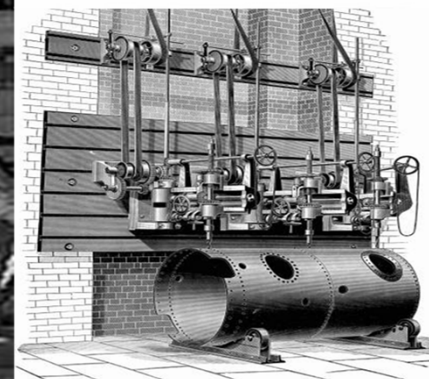
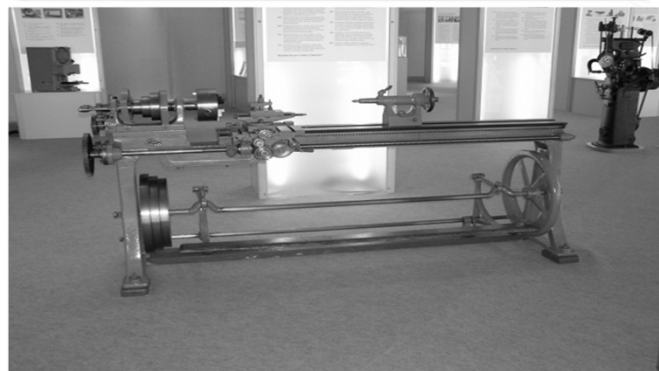
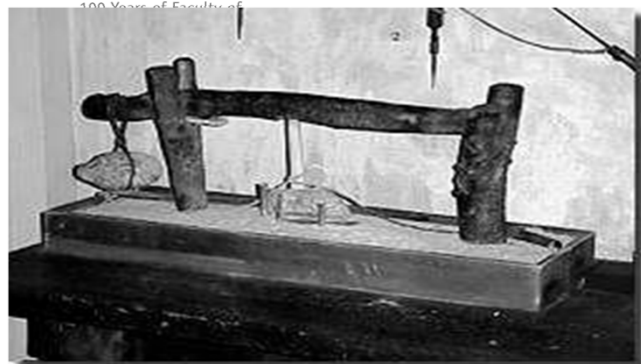
Obrada odvajanjem

Nedostaci obrade odvajanjem čestica su:

- Generira odvojene čestice.
- Ponekad je za formiranje jednog elementa obratka (tolerirani provrti, utori, ...) potrebno primijeniti više postupaka obrade i alatnih strojeva.
- Neki dijelovi zahtijevaju primjenu CNC strojeva i složenog programiranja (više se ne bi trebalo smatrati nedostatkom).
- AS i potreba za rukovanjem alatima i obratcima zahtijevaju velik prostor.
- Mikroklima je pod jakim utjecajem procesa (toplina, buka, SHIP, ulja, ...).
- Veliki udio pomoćnih i pripremnih vremena (vrijeme zahvata alata i obratka je ponekad manje od 5% ukupnog vremena protoka pozicije).

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Razvitak OOČ i alatnih strojeva



FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

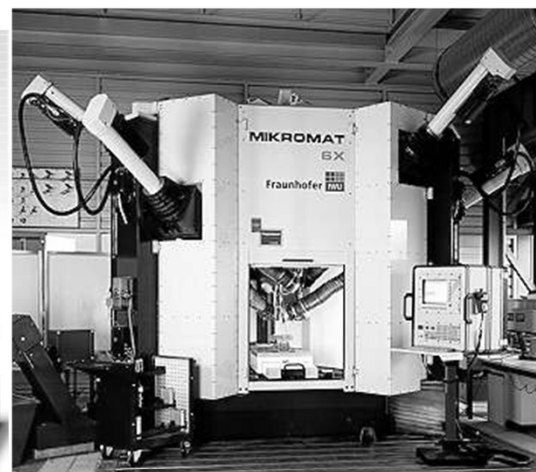
FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



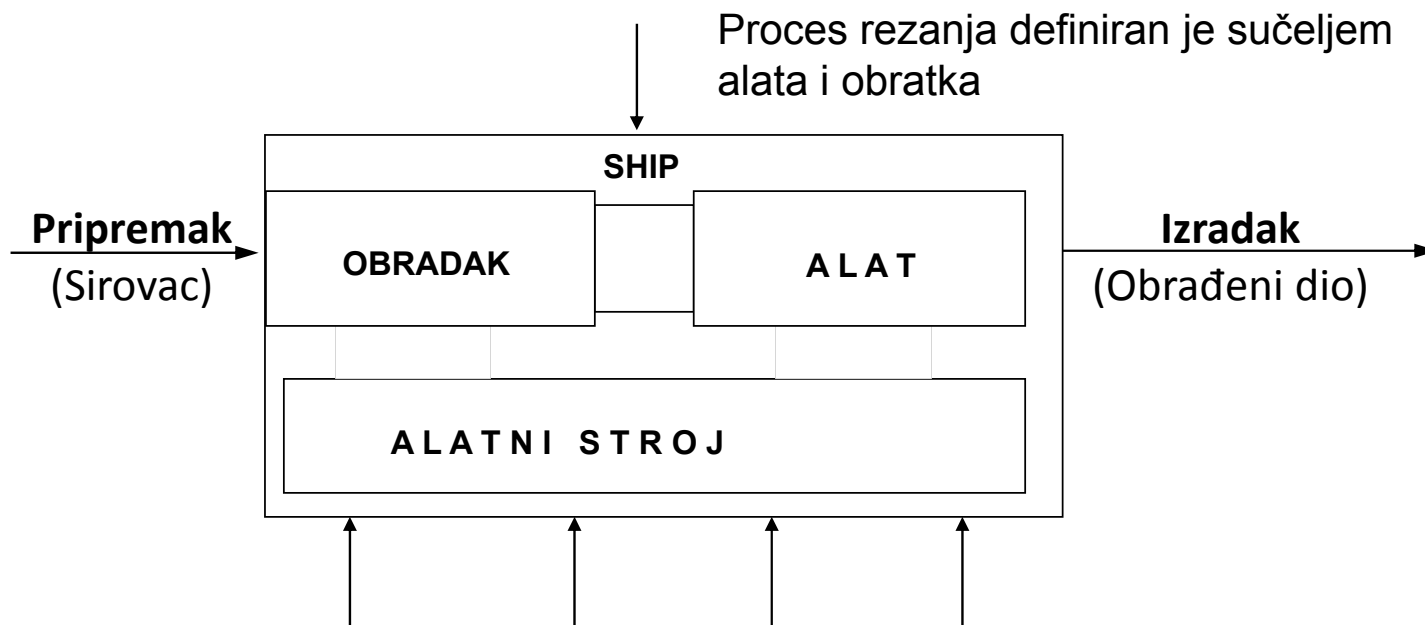
FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

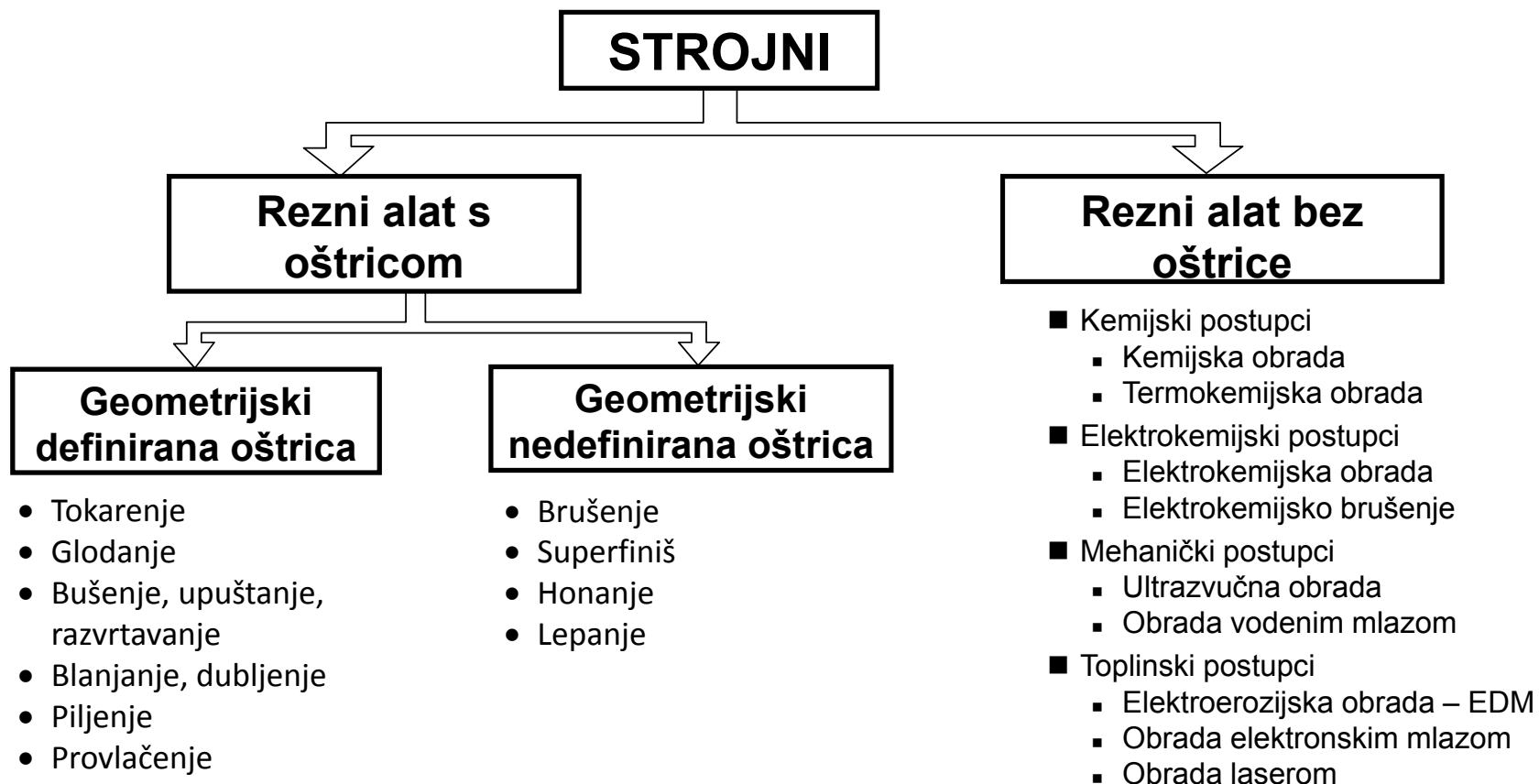
Obrada odvajanjem

OOČ kao sustav





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

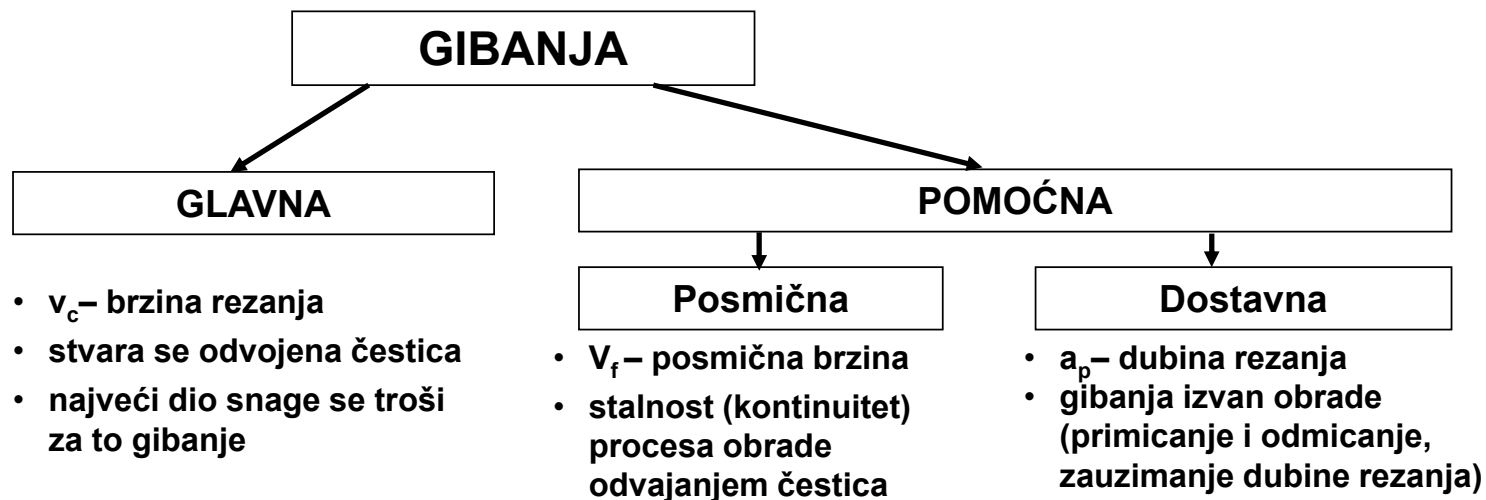




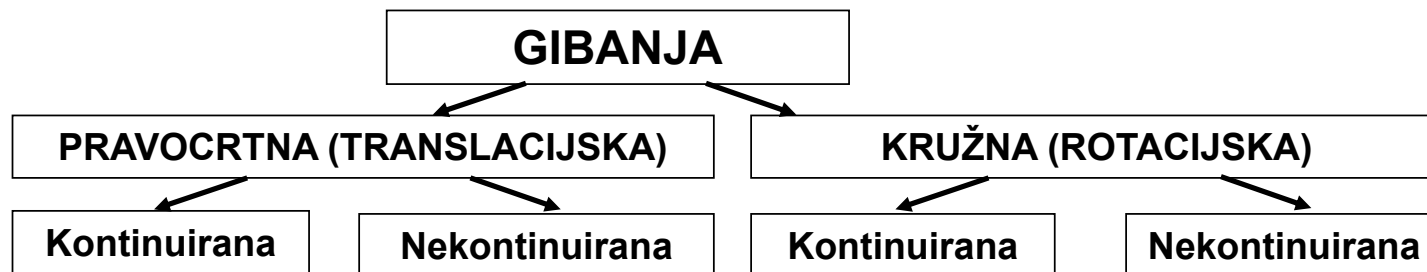
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Gibanja – općenito (način gibanja)

a)

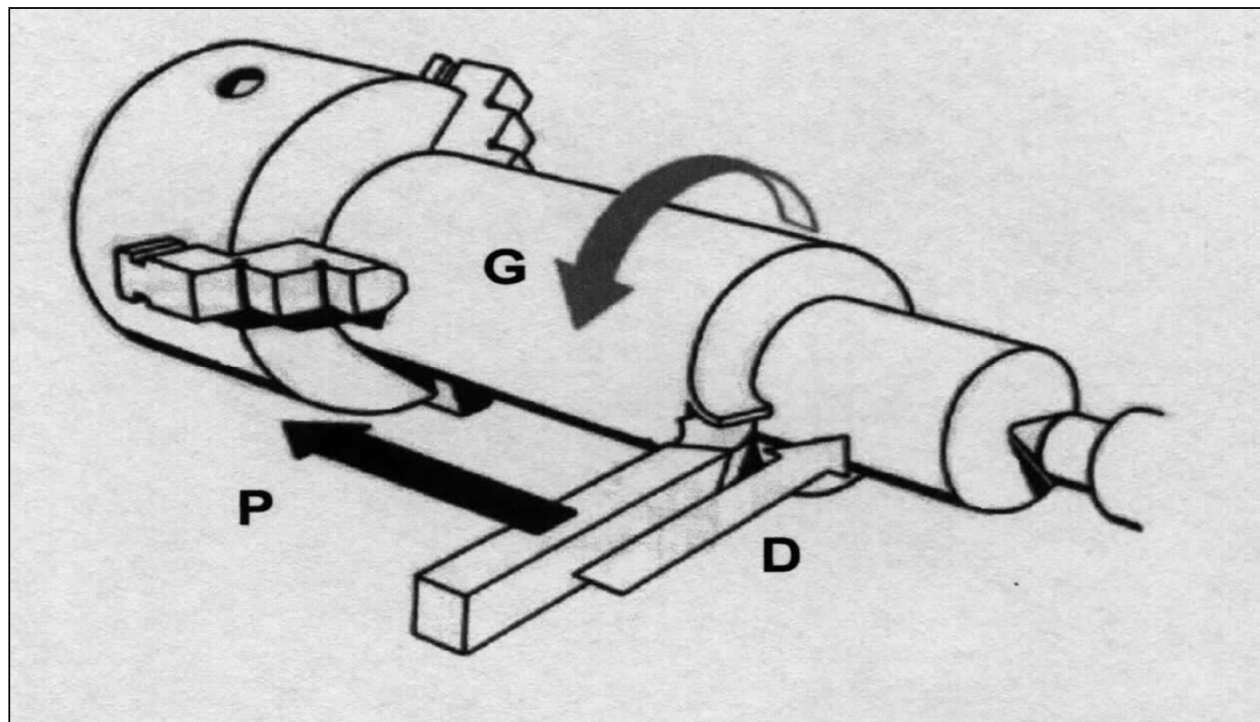


b)



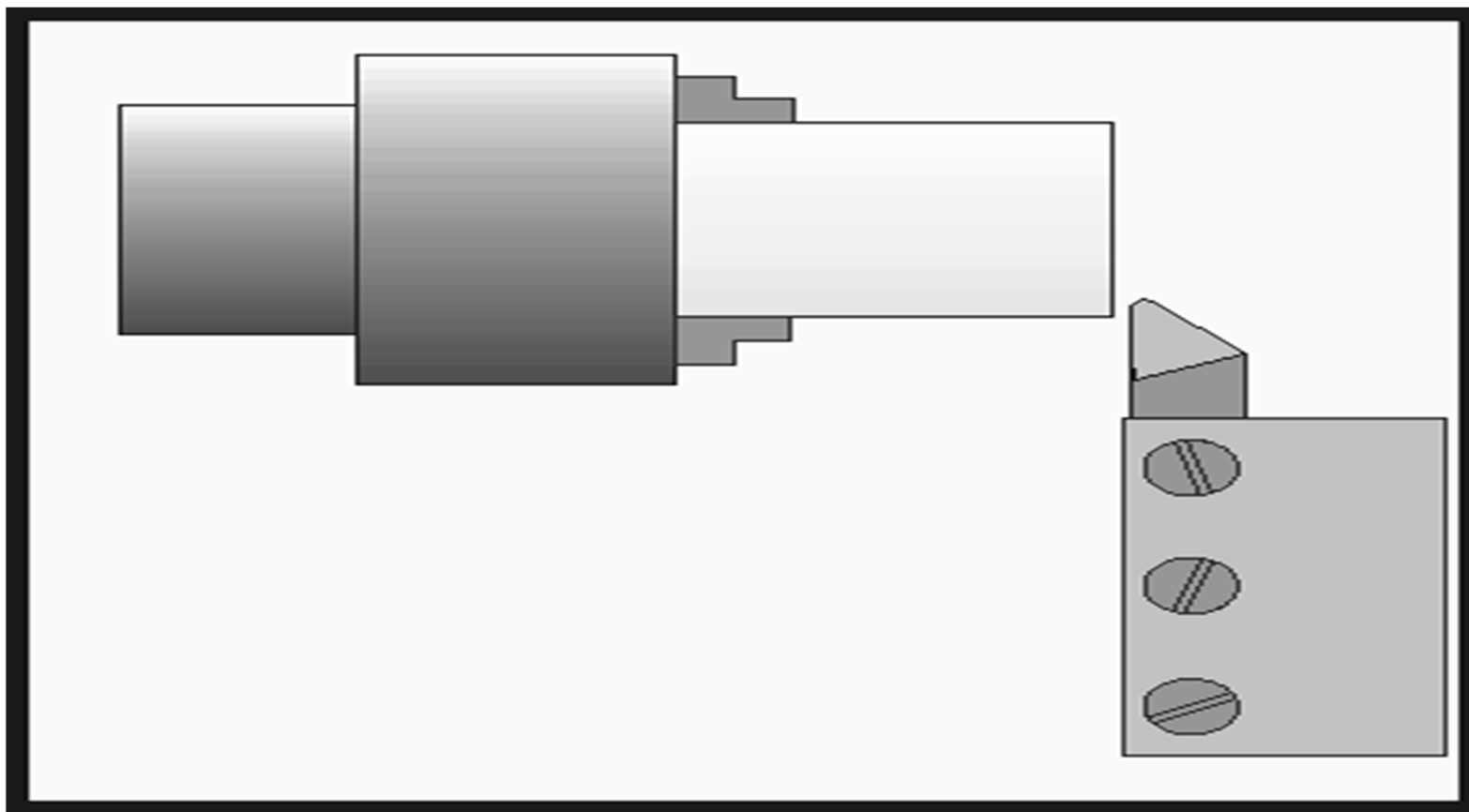
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Gibanja kod tokarenja



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



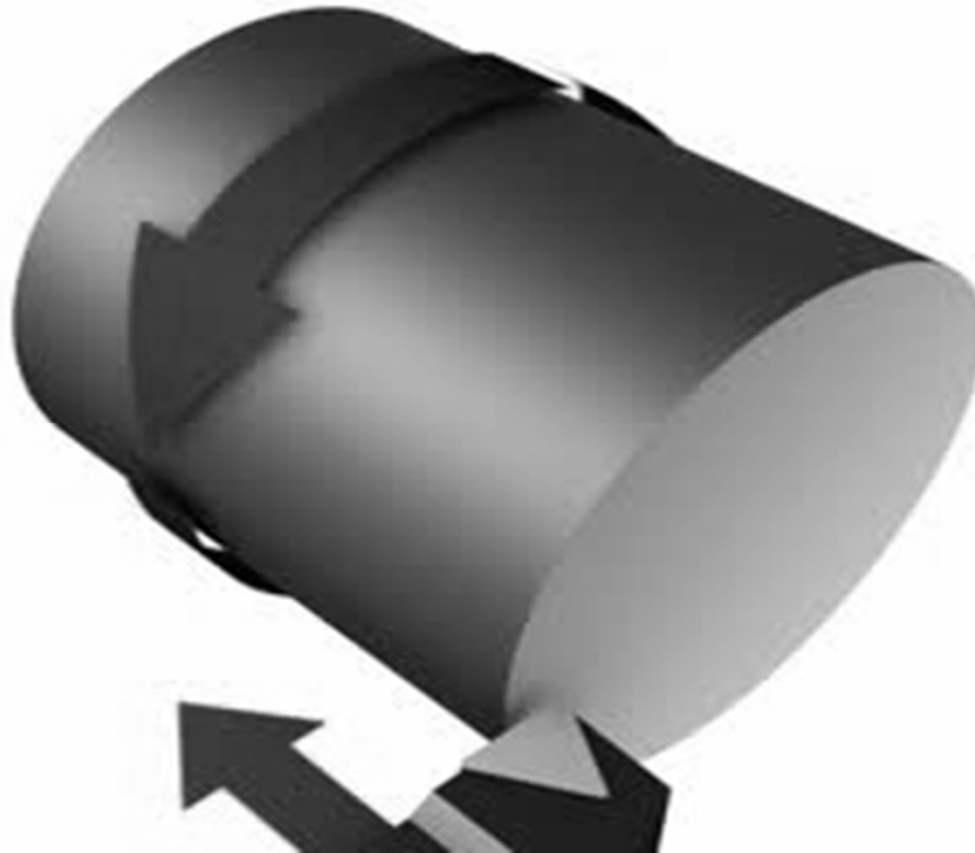
FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

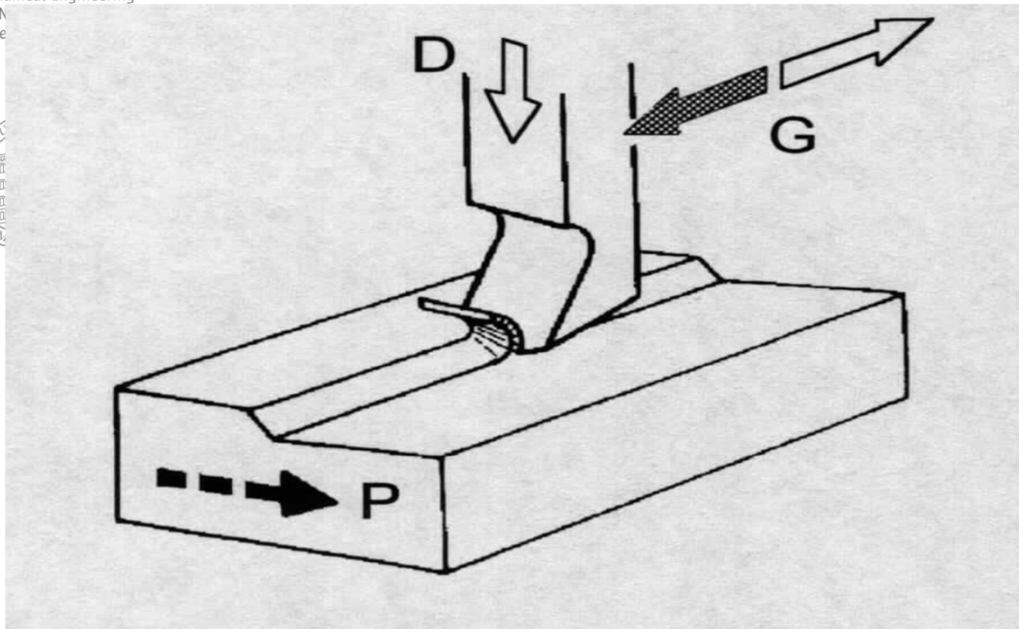


FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

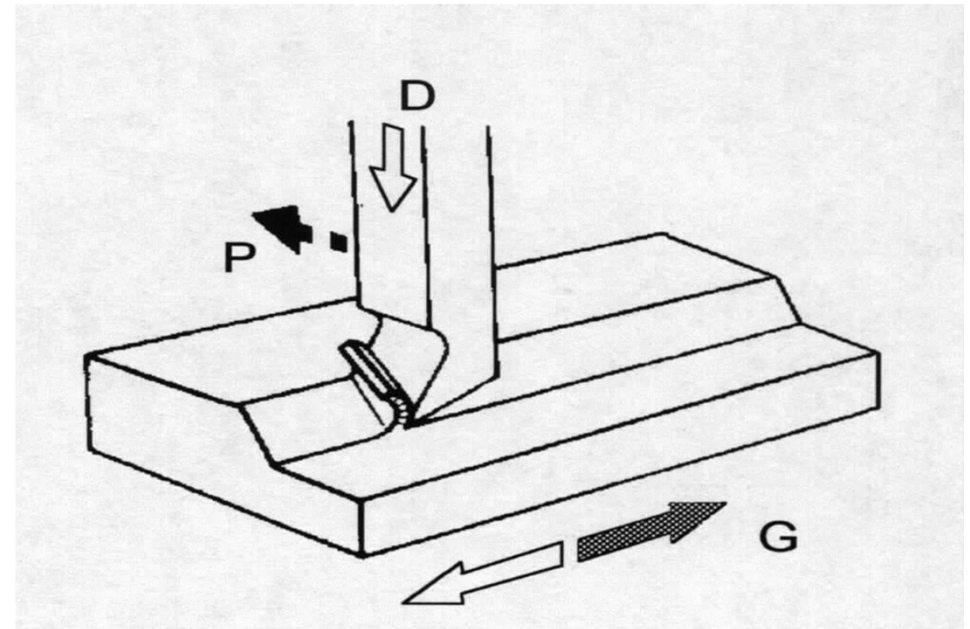


OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Gibanja kod blanjanja



Kratkohodno blanjanje

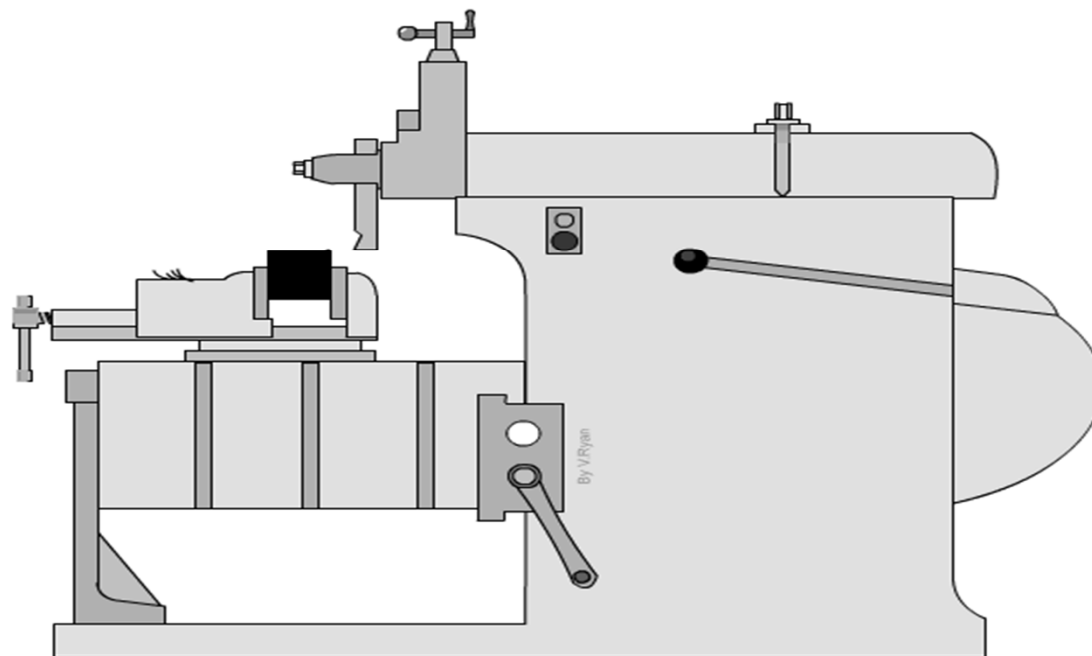
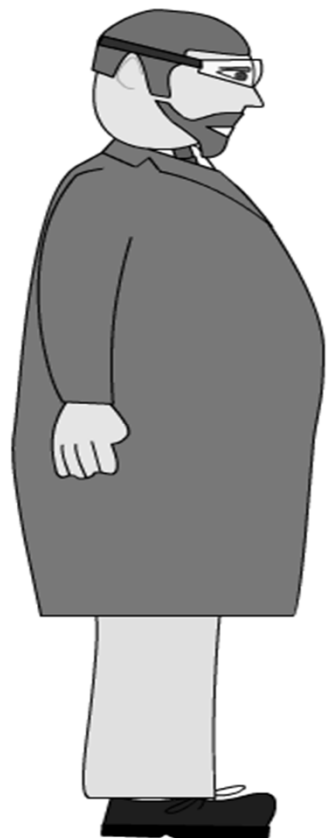


Dugohodno blanjanje



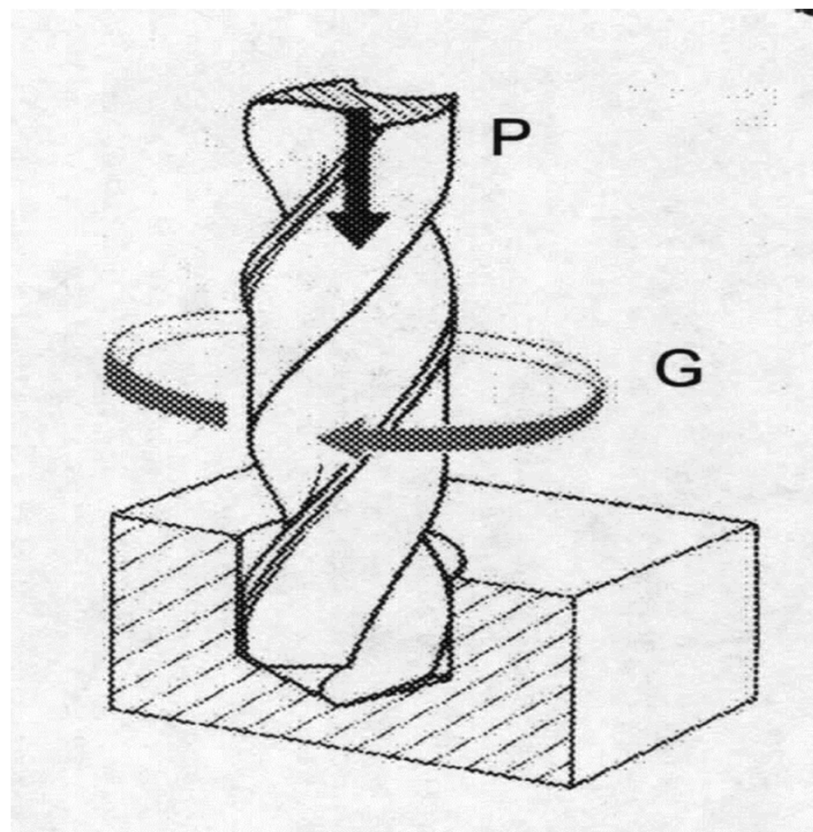
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

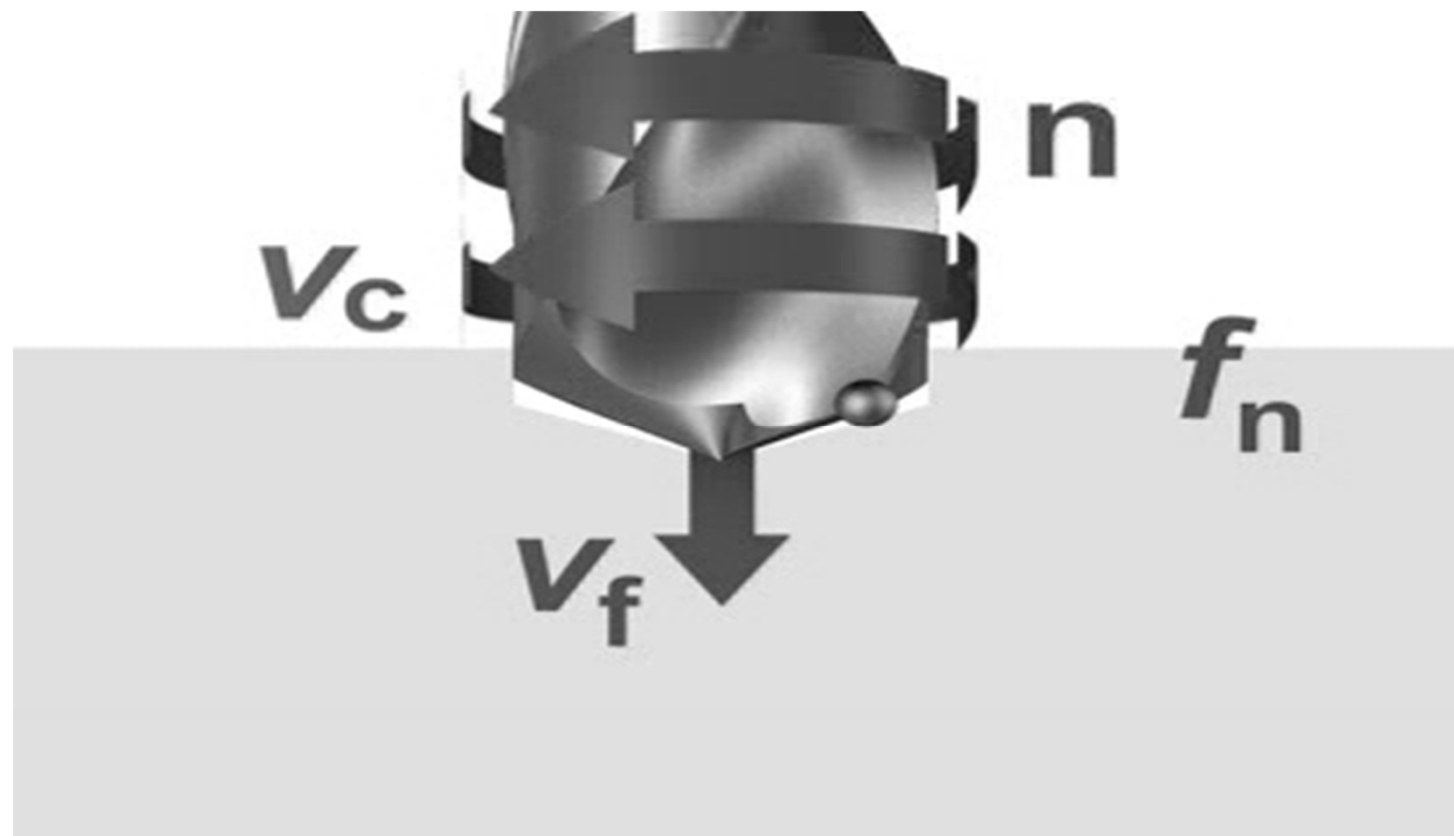
Gibanja kod bušenja





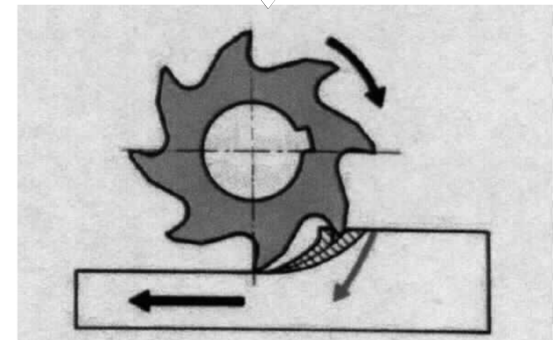
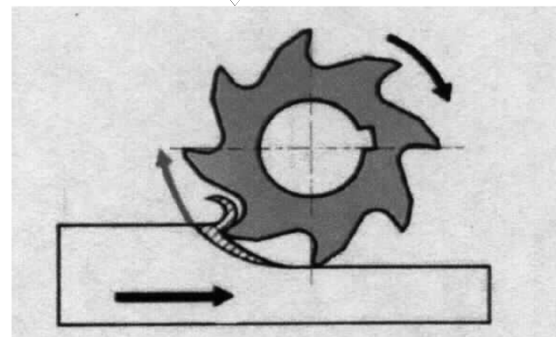
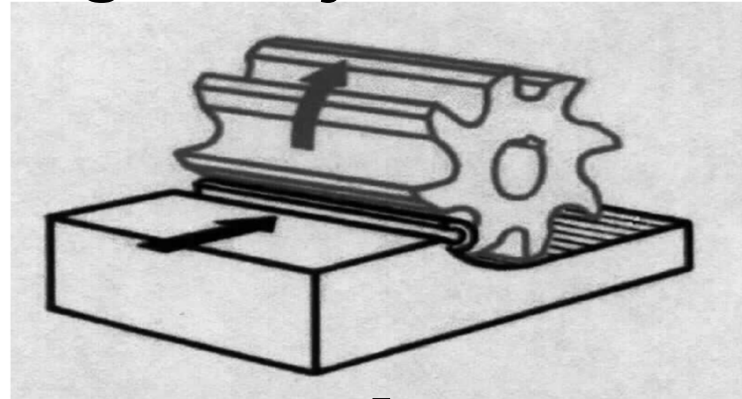
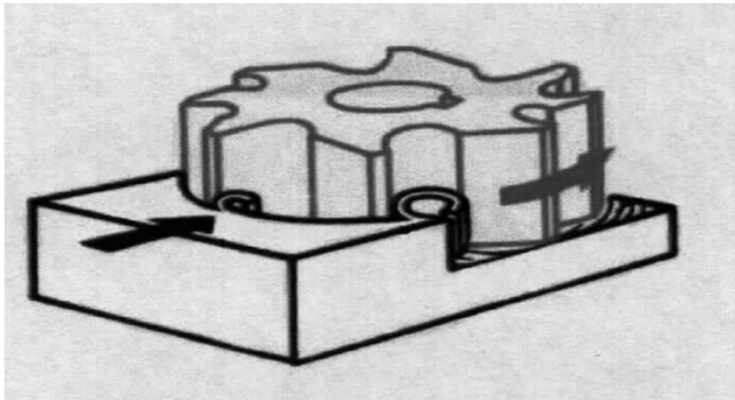
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Gibanja kod glodanja

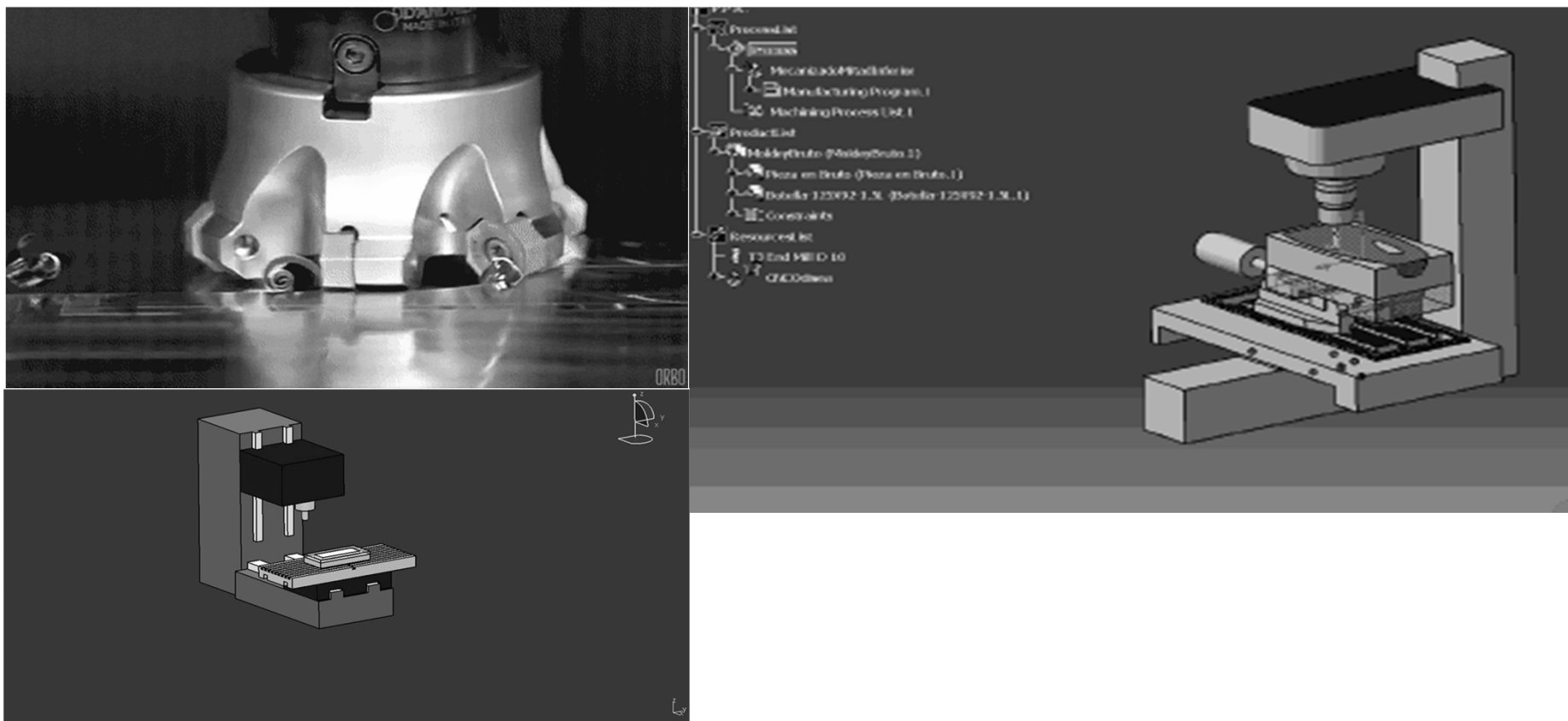




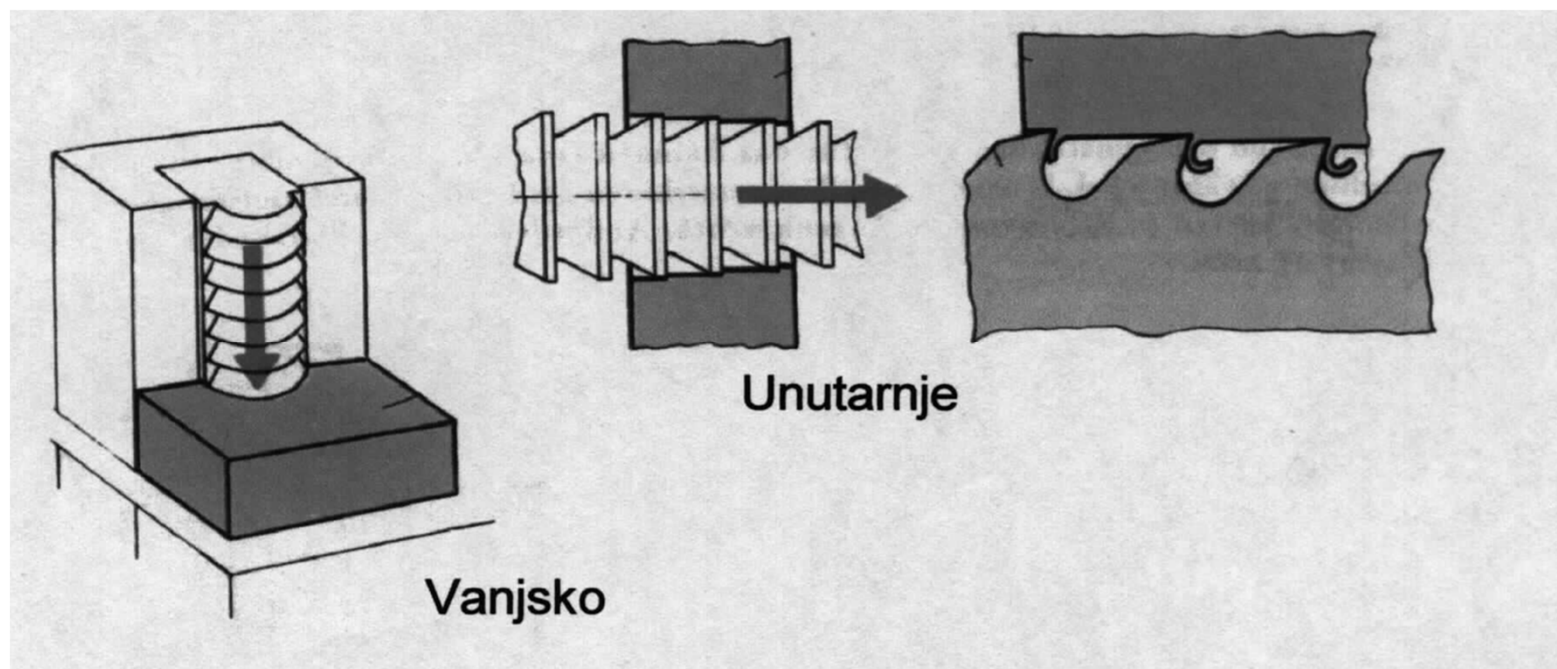
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Gibanja kod glodanja



Gibanja kod provlačenja

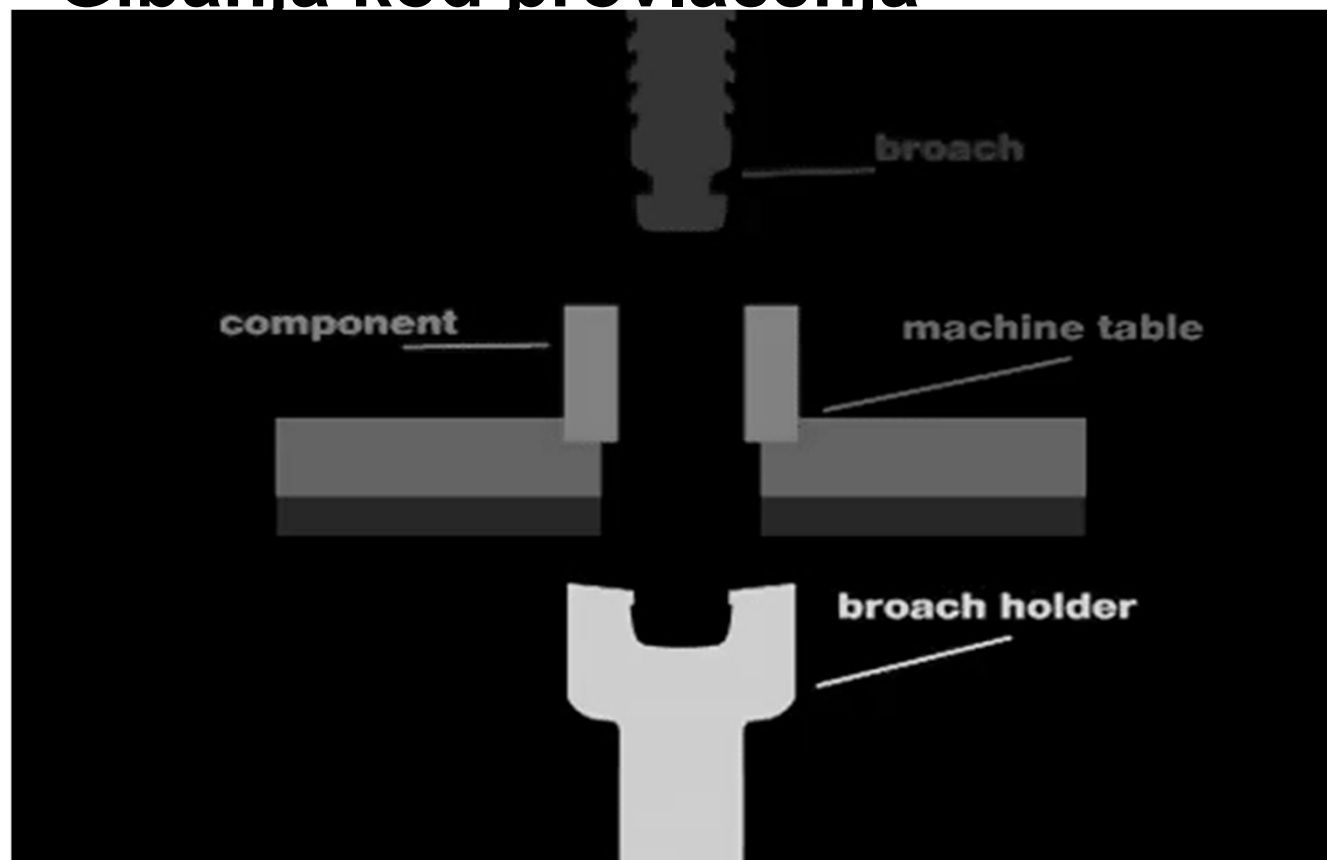




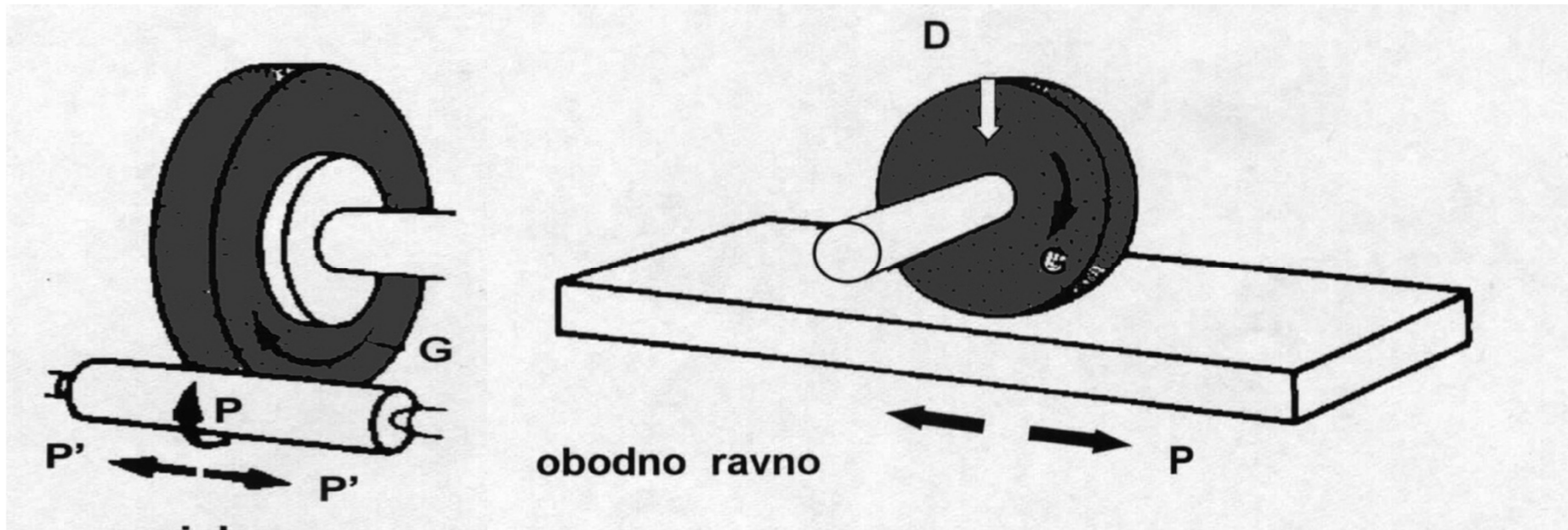
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Gibanja kod provlačenja



Gibanja kod brušenja





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

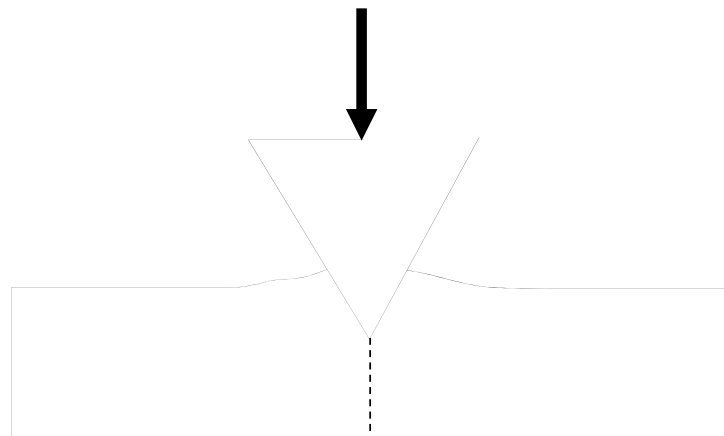
Alat je sredstvo za ooč, tj. sredstvo za preoblikovanje pripremljena (sirovca).

Osnovni oblik svih reznih alata s oštricom je **klin**.

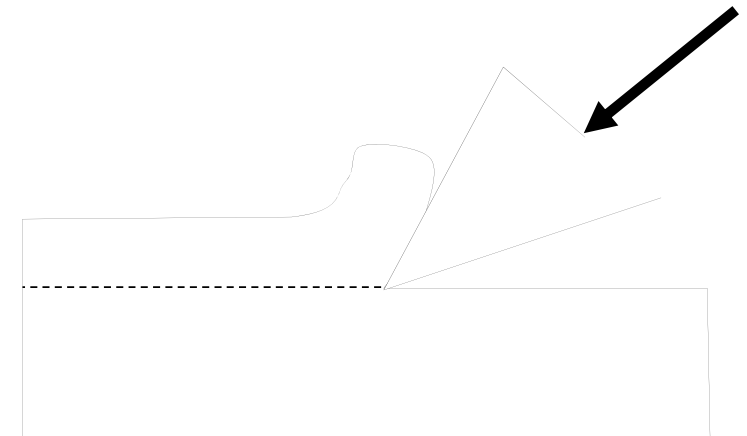
Obzirom na smjer gibanja klina u odnosu na obradak razlikujemo: razdvajanje (sječanje) i odvajanje (rezanje).

Osnove postupaka s reznim alatom s oštricom

Osnovni princip konvencionalnih postupaka ooč: **REZNI KLIN**



Razdvajanje (sječanje)



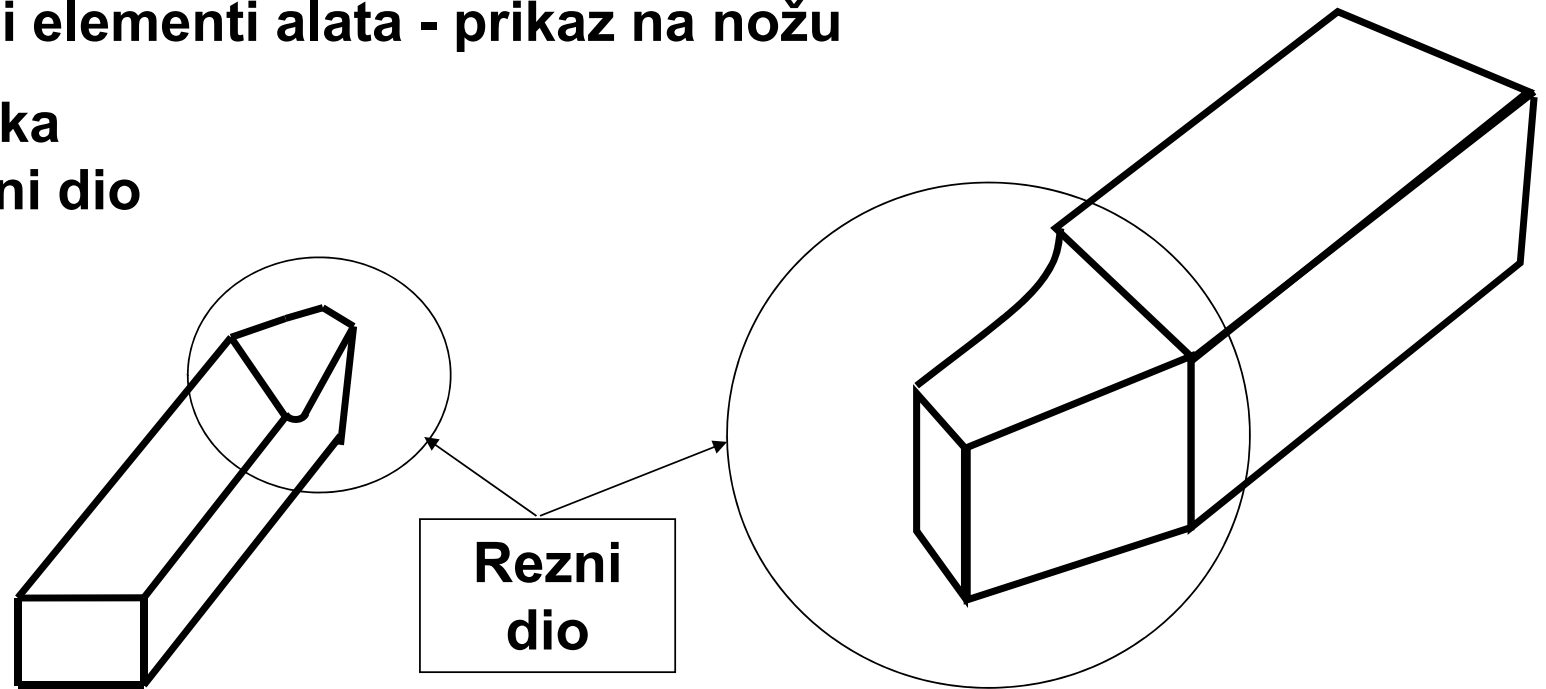
Odvajanje (rezanje)



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Osnovni elementi alata - prikaz na nožu

- drška
- rezni dio





Osnovni elementi alata

Rezni dio alata obavlja proces rezanja.

***Zajedno s obratkom definira sučelje
alat-obradak (proces).***

***Drška služi za prihvatanje alata na alatni stroj i za prijenos sila (otpora)
rezanja.***

***Zajedno sa strojem i/ili nosačem alata definira sučelje
alat-stroj (prihvatanje alata).***

Osnova alata je površina koja osigurava pravilan prihvatanje alata na stroj.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

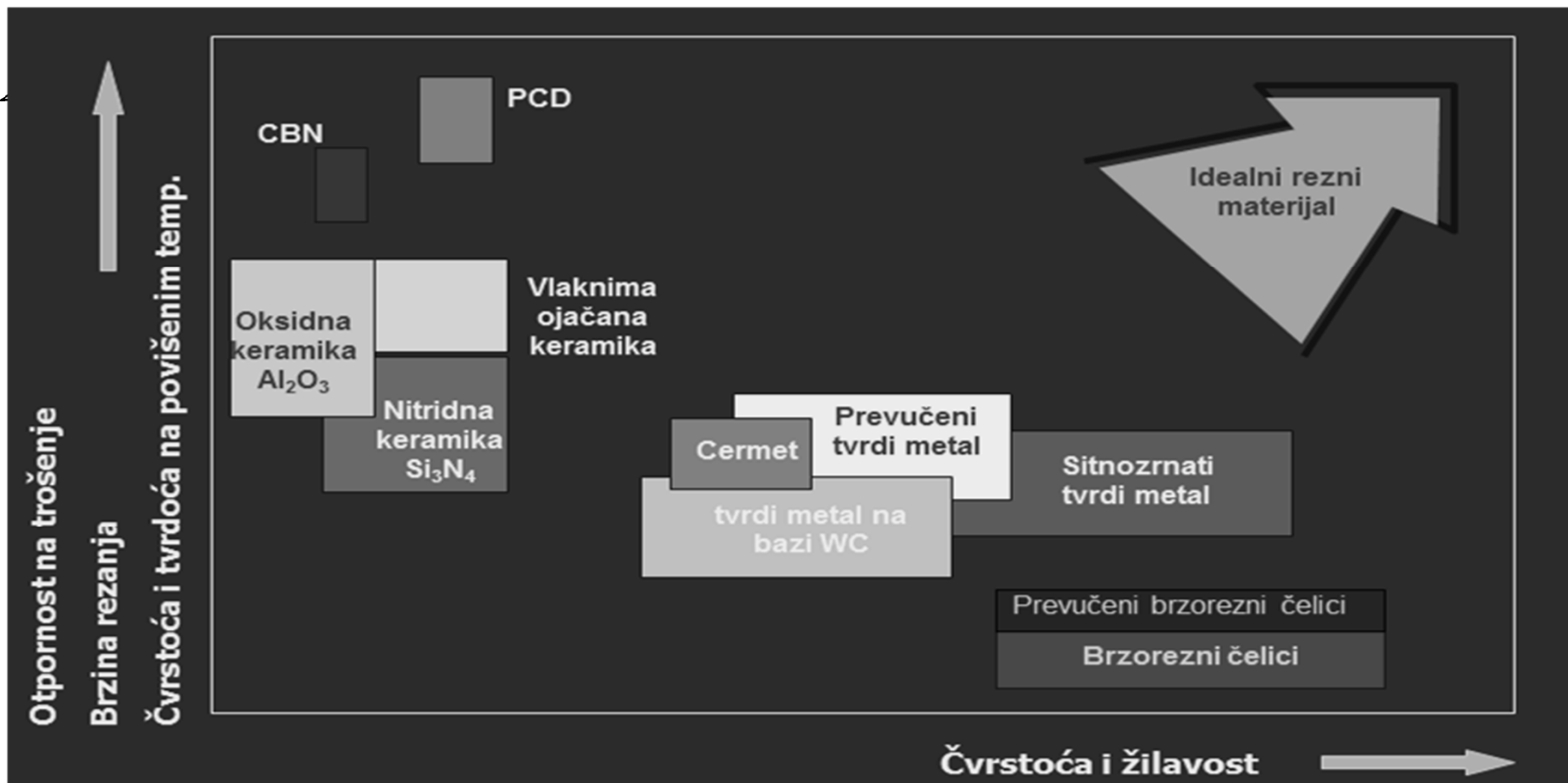
Materijali reznih alata (reznog dijela alata)

- **Alatni čelici: 0,6-1,5% C; brzina ~10m/min; temp. izdr. 300°C**
- **Brzorezni čelici: legirani Cr, W, Co, V i Mo; brzina 30 - 50m/min; 600°C**
- **Tvrđi metal: sinterirani od tvrdih metalnih karbida (W, Ti, Ta, Nb) i veziva; višedjelan (držka od konstrukcijskog čelika) ili “puni” (cijeli alat je TM);**
- **Prevučeni tvrdi metali: TiN, Al₂O₃, TiCN, ... CVD i PVD postupci prevlačenja; nano prevlake**
- **Sitno-zrnati tvrdi metali**
- **Keramike: oksidna na bazi Al₂O₃ i nitridna Si₃N₄; ojačana vlaknima**
- **CBN – kubični borov nitrid**
- **PCD – polikristalni dijamant**



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

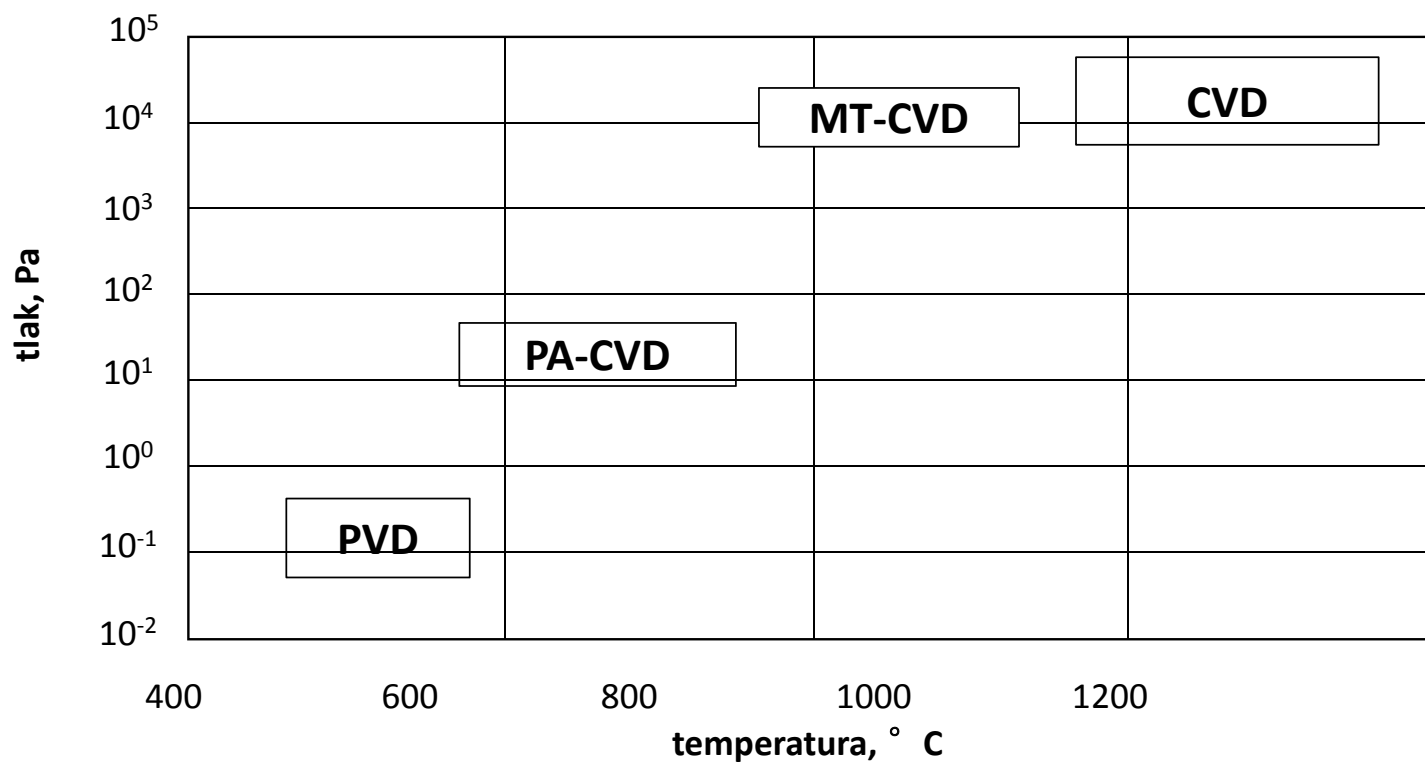
Utjecaj materijala reznih alata





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Temperature i tlakovi kod postupaka prevlačenja

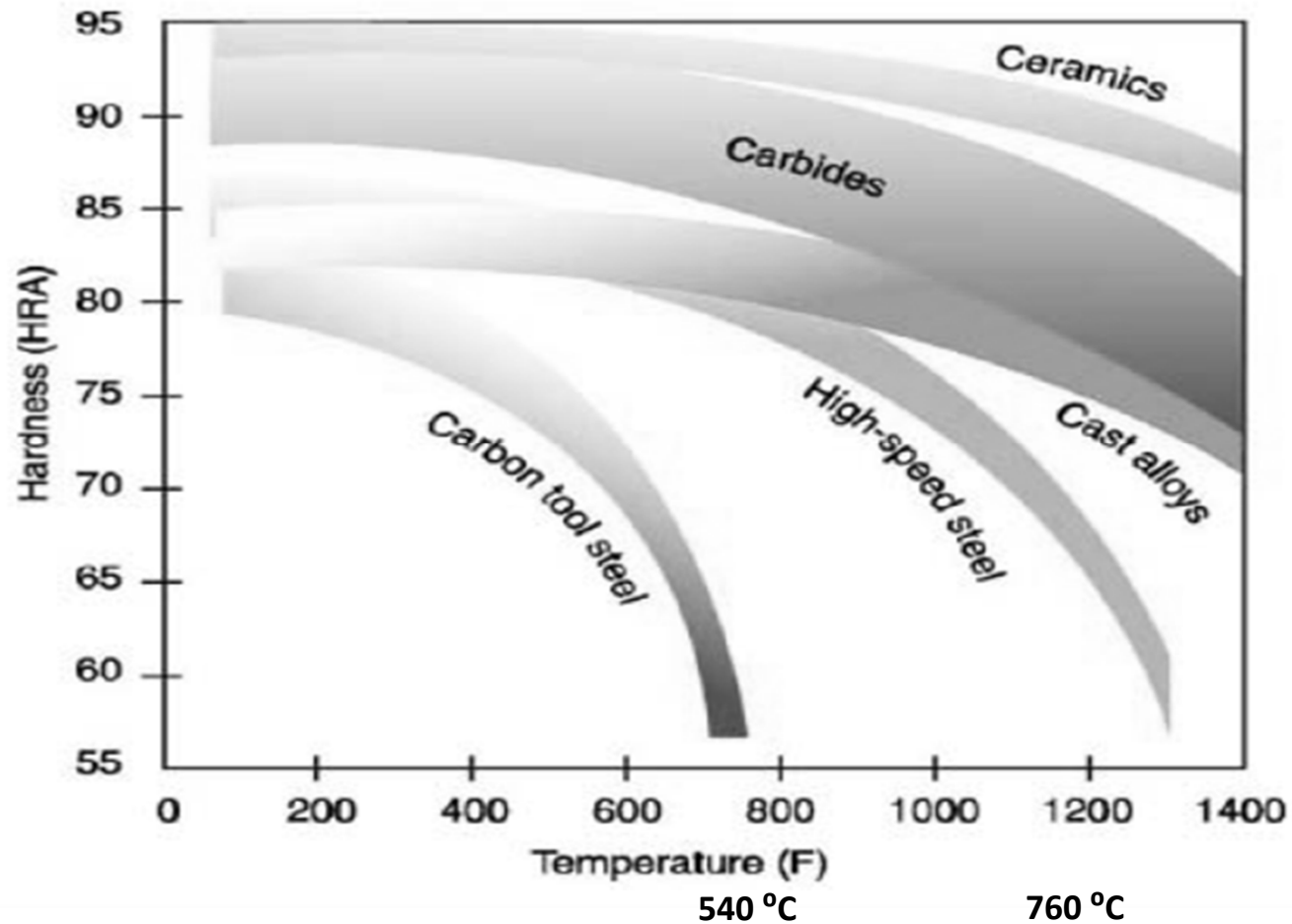


Izvor: KD. Bouzakis, CIRP



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



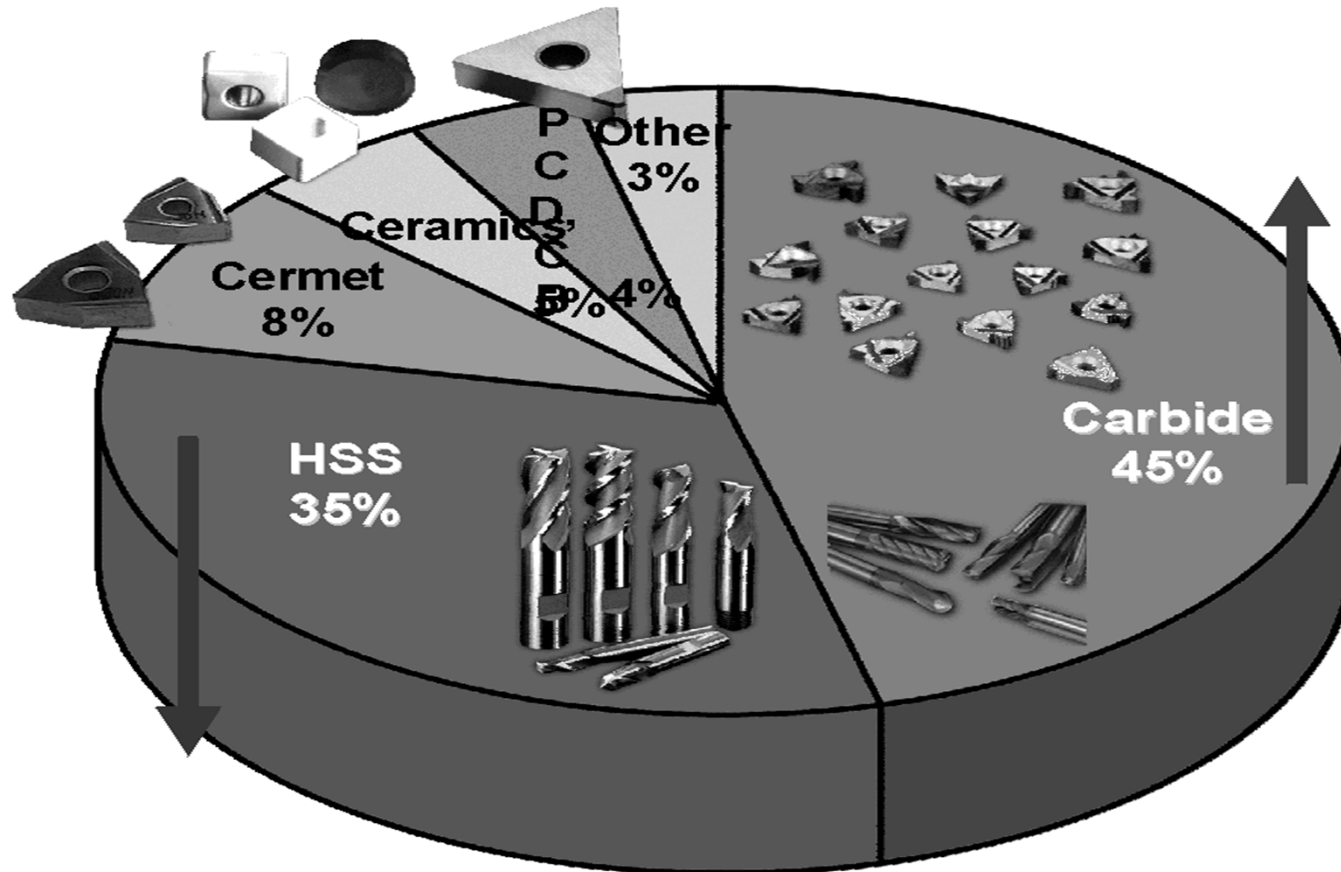
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

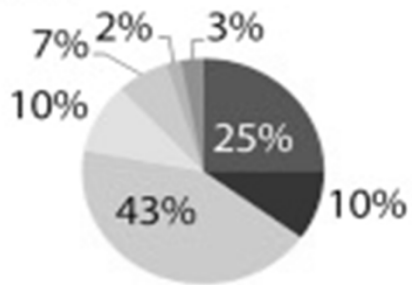


Zastupljenost materijala reznih alata (2007.)

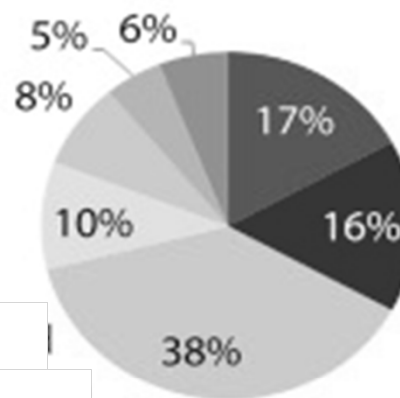


OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

1998

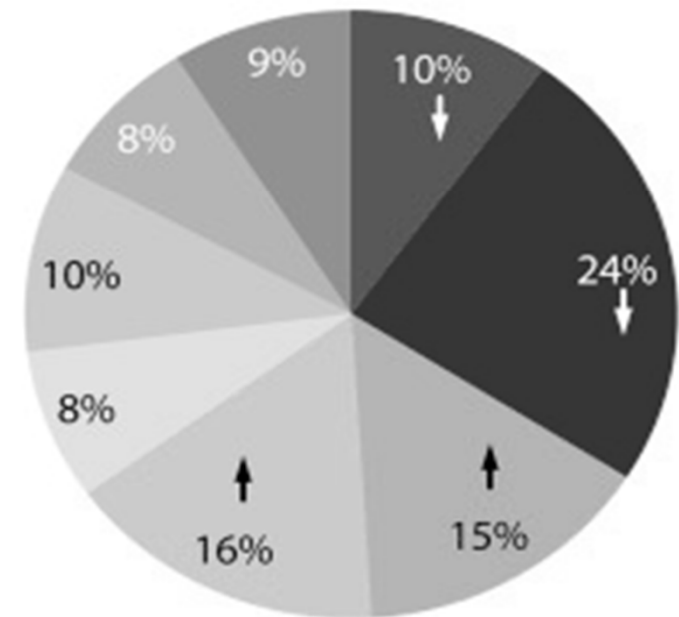


2003



2013

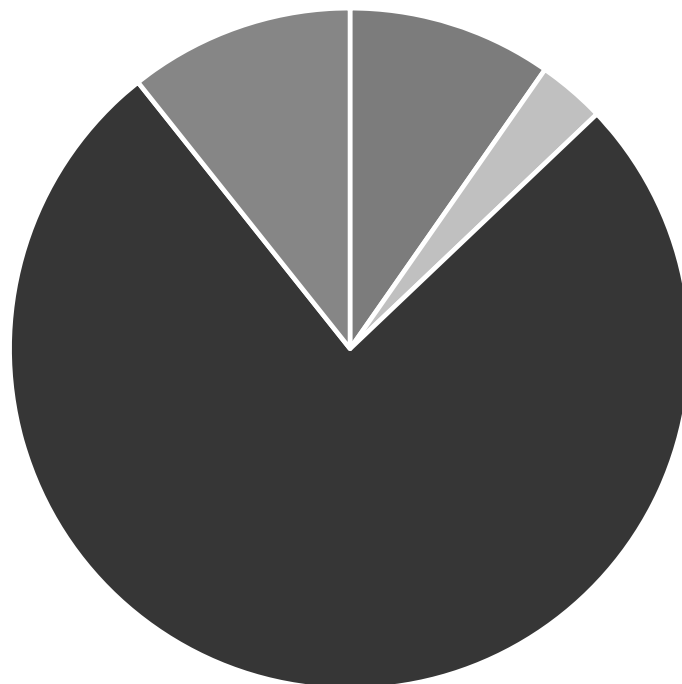
Tržište alata >15 milijardi \$



- Neprevučeni TM
- TM s PVD prevlakama
- TM s PVD nanoprevlakama
- TM s CVD prevlakama
- Cermet
- Keramike
- CBN / PCBN
- PCD



Udio materijala reznih alata 2016. godine



- KERAMIKA
- OSTALO
- TVRDI METAL
- CBN

KERAMIKA	9,7
OSTALO	3,2
TVRDI METAL	76,4
CBN	10,7



Udio alata po postupcima obrade (2016.)



- Glodanje
- Bušenje
- Tokarenje
- Rotary
- Ostali

Glodanje	22,5
Bušenje	20,4
Tokarenje	10
Rotary	9,5
Ostali	37,6

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

POSTUPCI PREVLAČENJA TM

Skraćenica	PVD	CVD
Naziv postupka	Physical vapor deposition	Chemical vapor deposition
Temperature prevlačenja	200° C do 500° C	1,000° C (MTCVD, 800°C)
Debljina prevalke	2µm do 7µm	2µm do 14µm
Materiali prevalke	TiN, TiCN, TiAlN, ...	TiC, TiCN, TiN, Al ₂ O ₃ , ...
Više slojeva	Da	Da
Primjena	<ul style="list-style-type: none"> • Svi postupci • Alati s oštrim bridom 	<ul style="list-style-type: none"> • Svi postupci (temperature)



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

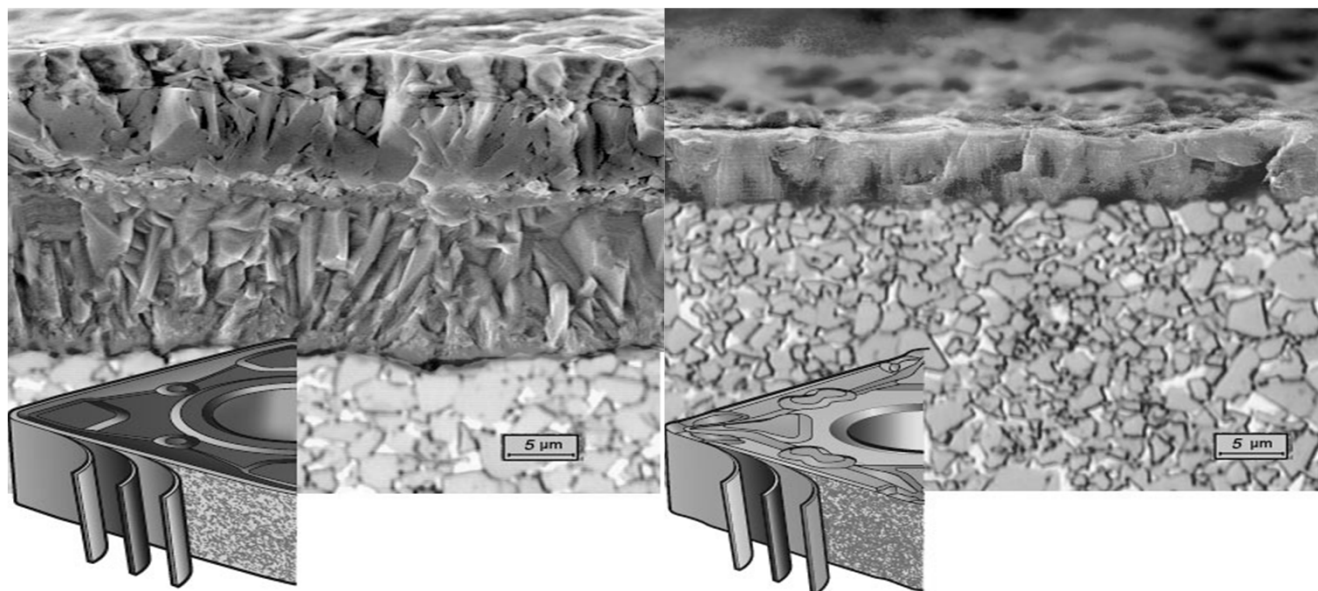
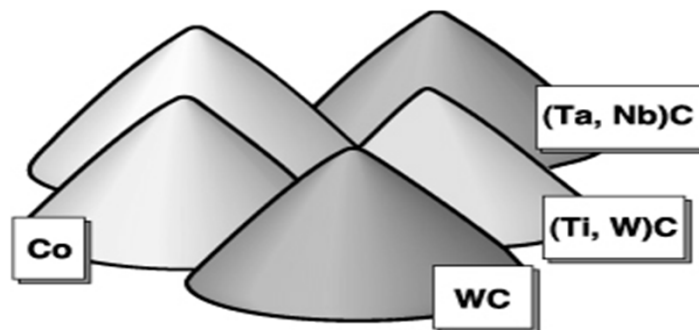
Obrada odvajanjem

Materijal	Tvrdoća (HV)	Boja
Titan karbonitrid - TiCN	4000	srebrna
Titan - aluminij nitrid – TiAlN	2600	smeđa
Titan nitrid - TiN	2900	zlatna
Krom nitrid - CrN	2500	srebrna
Cirkonij nitrid	2800	zlatna
Amorfni DLC	1000 - 5000	crna



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem





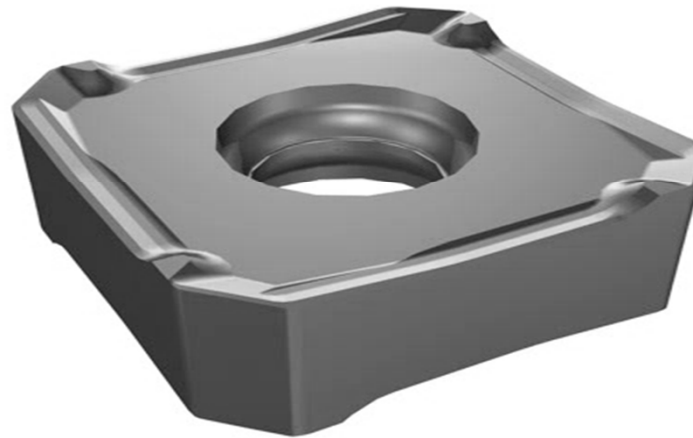
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Europa

Vrijednost godišnje proizvodnje:

Rezni alati:	6 Mrd. Eur
Stezni alati:	2,5 Mrd. Eur
Ukupno:	8,5 Mrd. Eur
Zaposlenika:	60.000
Udio Evropskih alata u svjetskom izvozu alata:	> 50%

(Podaci se odnose na 2012.)

Izvor: Europska udruga za rezne alate - ECTA

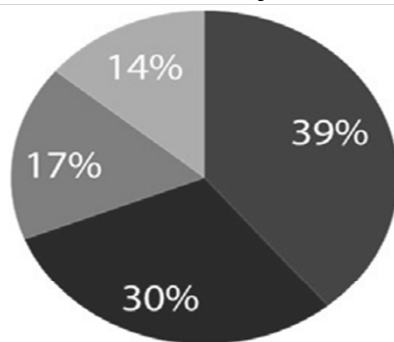




OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

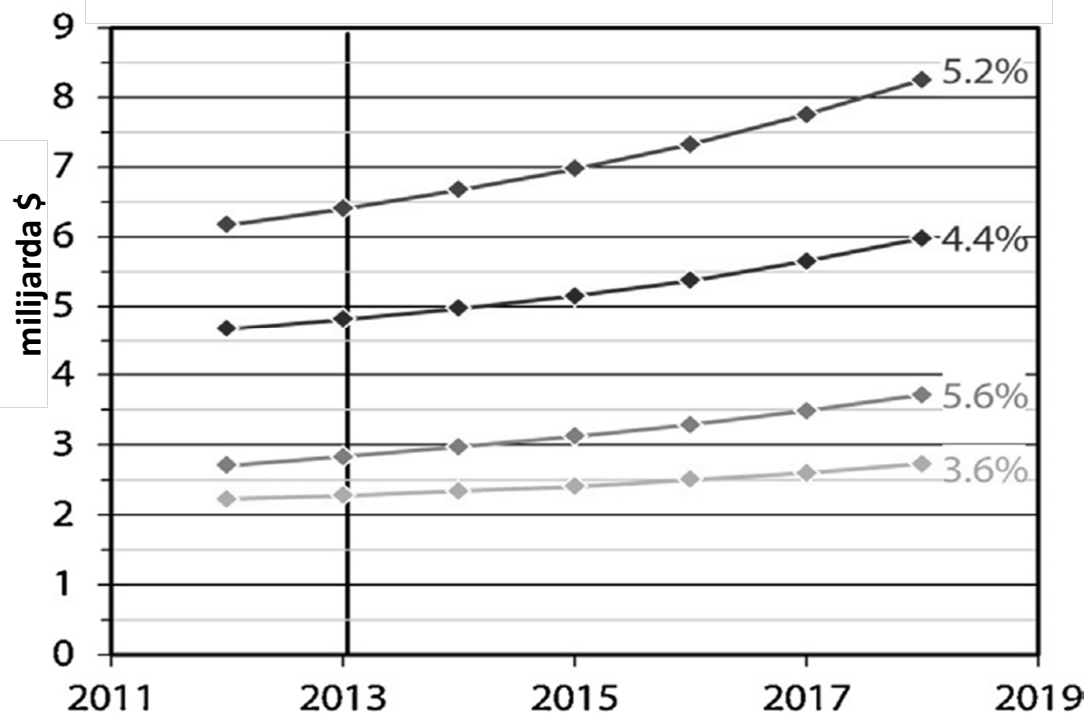
ZASTUPLJENOST ALATA ZA POJEDINE POSTUPKE OBRADE

Ukupna vrijednost 2013.
16,33 milijarde \$



- ◆ Glodanje
- ◆ Tokarenje
- ◆ Bušenje
- ◆ Ostalo

Procjena potrošnje reznih alata 2013. – 2018. , %

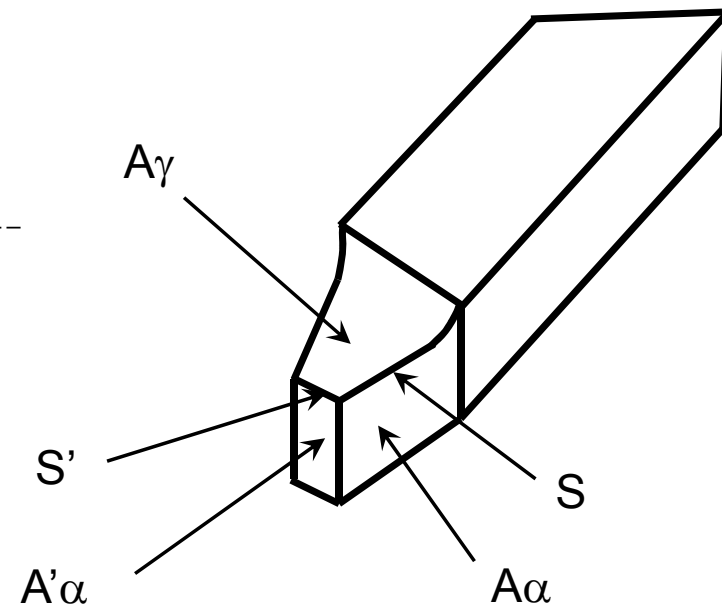
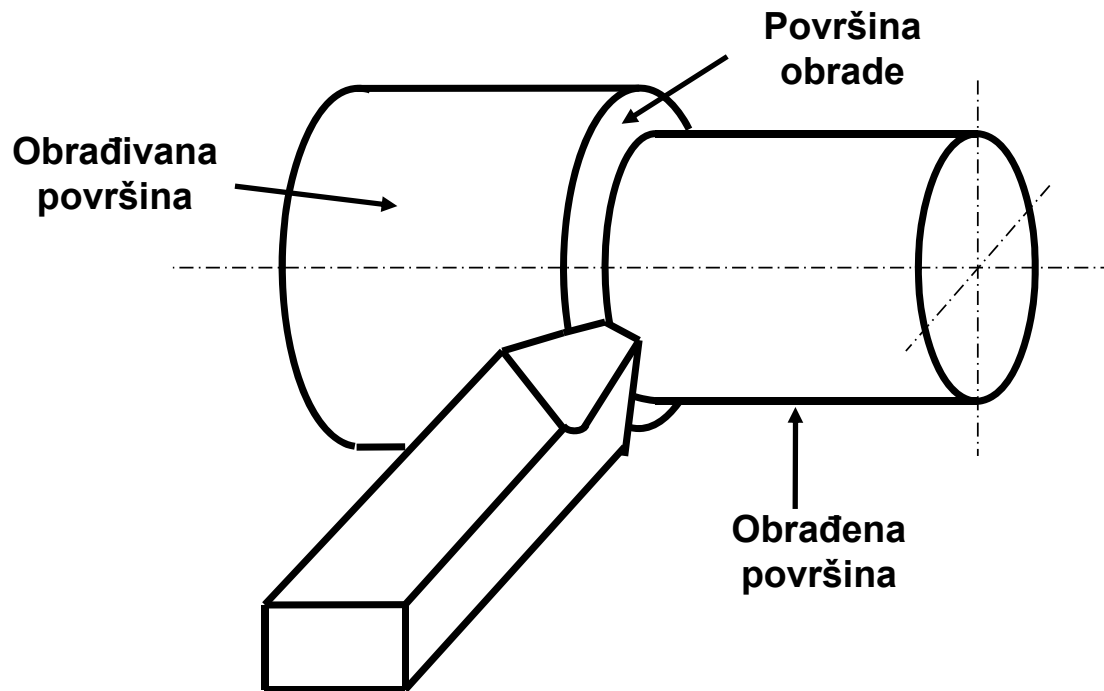


FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Alat i obradak u gibanju – tokarski nož





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Rezni dio alata definiran je s tri površine:

- A_γ - prednja površina; površina koja je u kontaktu s odlazećom česticom (površina po kojoj klizi odvojena čestica)
- A_α - stražnja (slobodna) površina; površina koja je u nepoželjnom kontaktu s površinom obrade
- $A'\alpha$ - pomoćna stražnja površina

Glavna oštrica, S, je presječnica površina A_γ i A_α .

Pomoćna oštrica, S', je presječnica površina A_γ i $A'\alpha$.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Glavna oštrica, S , i pomoćna oštrica, S' , su presječnice spomenutih površina.

Glavna oštrica, S , je presječnica površina A_γ i A_α .

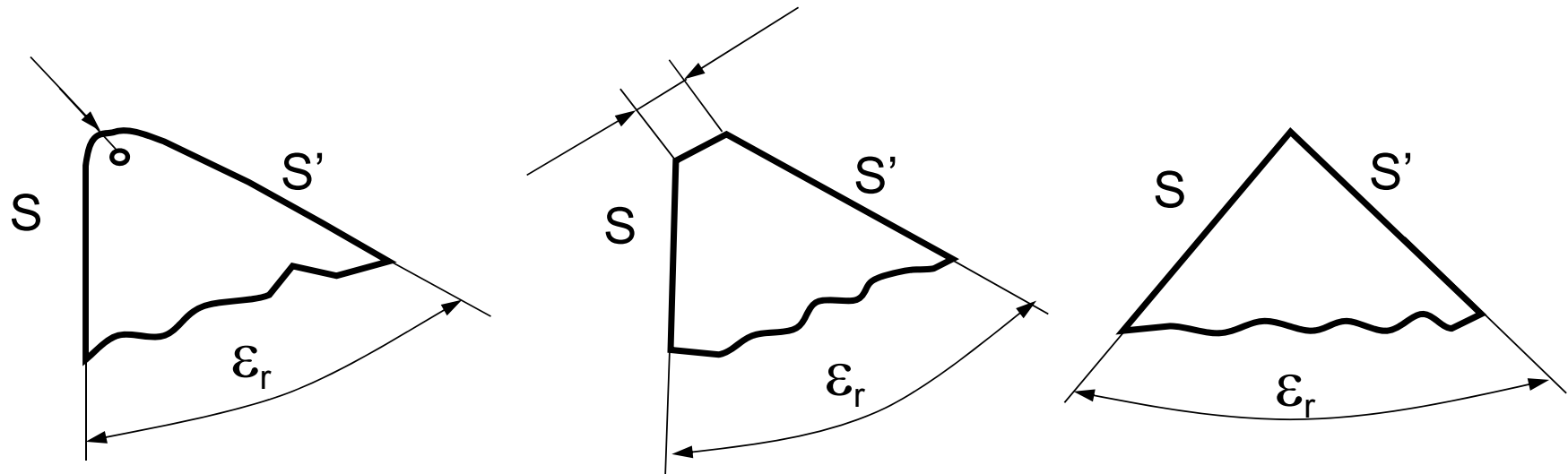
Pomoćna oštrica, S' , je presječnica površina A_γ i $A'\alpha$.

Mjesto spajanja glavne i pomoćne oštrice, S i S' , je vrh alata, a može biti: zaobljen, skošen i oštar.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

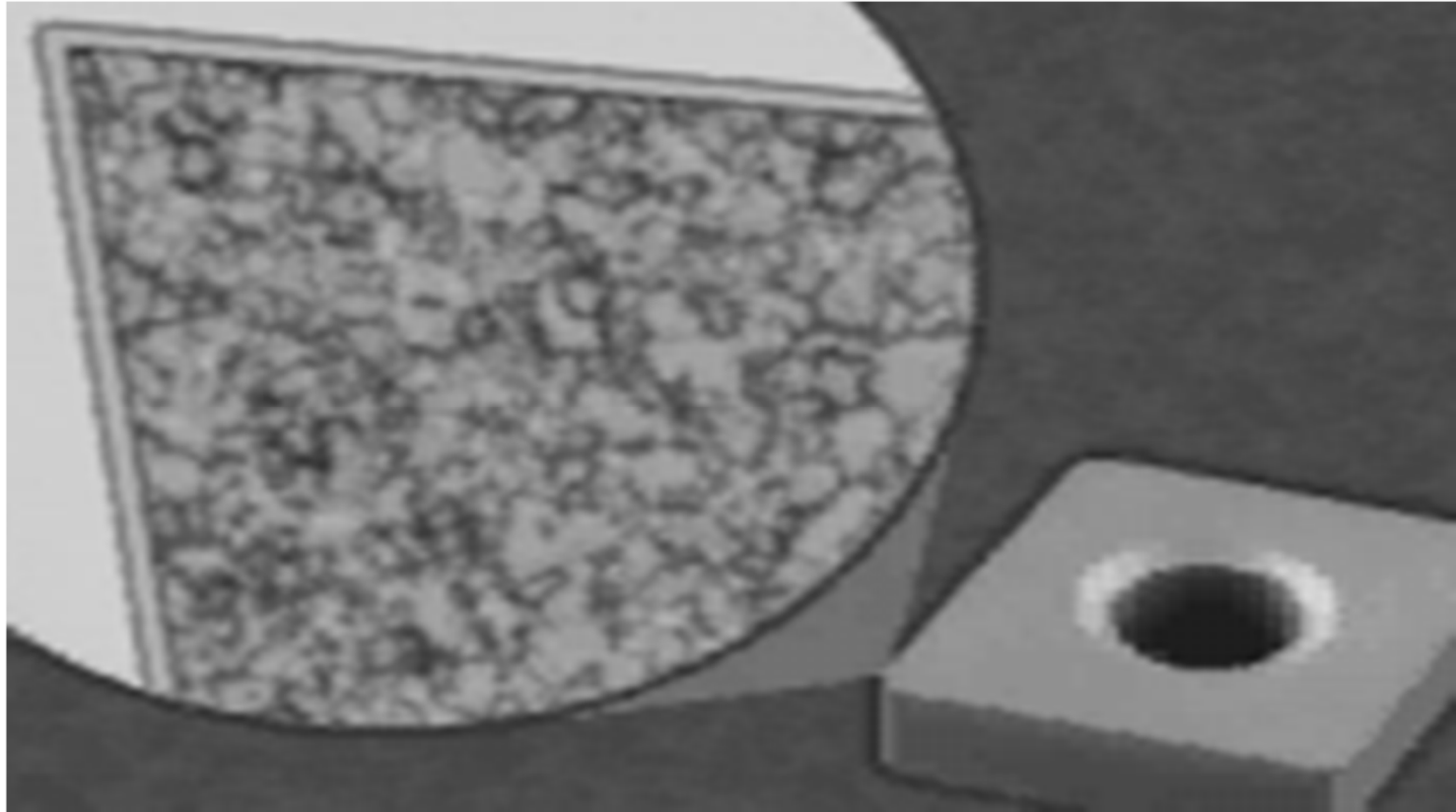
Mjesto spajanja glavne i pomoćne oštrice, S i S', je vrh alata, a može biti: zaobljen, skošen i oštar.





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

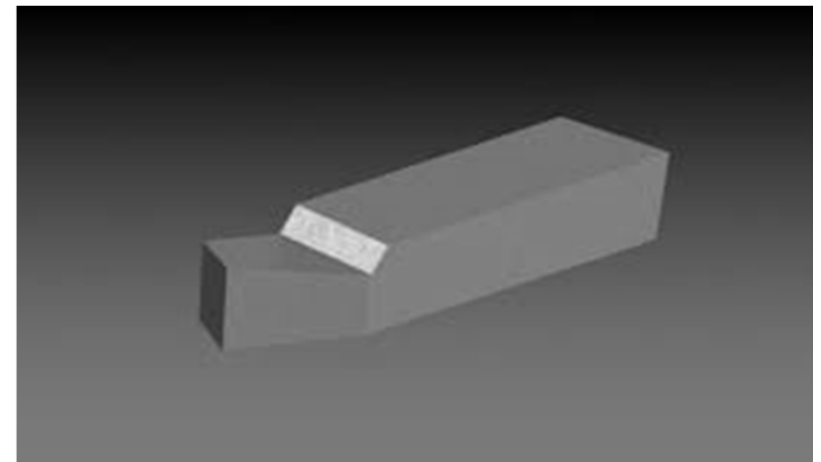
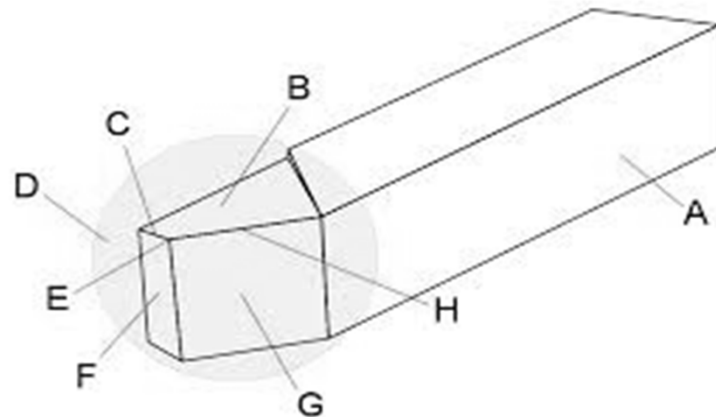
Obrada odvajanjem



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Primjer pitanja



A_γ - prednja površina

A_α - stražnja (slobodna) površina;

A'_α - pomoćna stražnja površina

S - oštrica



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

