



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

Uvodno predavanje

FSB Zagreb, PI



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

Cilj predmeta:

Upoznavanje osnova teorije rezanja i postupaka obrade odvajanjem čestica



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Ishodi učenja:

- Klasificirati konvencionalne i nekonvencionalne postupke obrade odvajanjem čestica.
- Skicirati i opisati konvencionalne i nekonvencionalne postupke obrade odvajanjem
- 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

**Uvod. Značaj, razvoj i podjela postupaka obrade odvajanjem čestica.
Gibanja i parametri obrade.**

Osnovna geometrija alata i obratka. Materijali reznih alata.

Osnove teorije rezanja, ortogonalno rezanje i formiranje odvojene čestice.

Dinamika kod postupaka obrade odvajanjem.

Uzroci, mehanizmi i oblici trošenje reznoga alata.

Postojanost reznoga alata.

**Postupci obrade odvajanjem alatima definirane geometrije - blanjanje,
dubljenje, provlačenje.**

**Postupci obrade odvajanjem alatima definirane geometrije - piljenje,
tokarenje.**



Sadržaj predavanja

**Postupci obrade odvajanjem alatima definirane geometrije –
bušenje, upuštanje, razvrtavanje.**

Postupci obrade odvajanjem alatima definirane geometrije – glodanje.

Postupci obrade odvajanjem alatima nedefinirane geometrije - brušenje.

**Postupci obrade odvajanjem alatima nedefinirane geometrije - honanje,
lepanje i super finiš.**

Visokobrzinske i viskousinske obrade.

Suhe i tvrde obrade. Nekonvencionalne obrade – EDM i ECM.

Nekonvencionalne obrade – obrade mlazom. Hibridne obrade.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Sadržaj vježbi

Upoznavanje s gibanjima, obradnim operacijama i reznim alatima na alatnim strojevima.

Upoznavanje s gibanjima, obradnim operacijama i reznim alatima na alatnim strojevima.

Proces proizvodnje konkretnog izratka.

Mjerenje snage i sila rezanja kod postupaka tokarenja i bušenja.

Kolokvij

Ispitivanje postojanosti oštrice reznoga alata.

Kolokvij



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Literatura

1. Predavanja
2. Šavar, Š.: Obrada odvajanjem čestica, Školska knjiga, Zagreb 1991
3. Klocke F.: Manufacturing Processes 1 i 2, Springer, 2011
4. S. Kalpakian
5. G. Spur; A. Pavić; J. Kopač; S. Ekinović; G. Cukor; ...
6. Internet.
7. Zdenković, R: Obrada skidanjem materijala
8. Shaw, M.C: Metal Cutting Principles, Oxford University Press, New York, 2004
9. Altintas, Y: Manufacturing Automation, Cambridge University Press, 2005

Način polaganja

Dva kolokvija i možebitni usmeni.



Uvod - što je proizvodnja

- Uloga i značaj obrade odvajanjem čestica
- Položaj **OOČ** u odnosu na druge tehnologije
- Nove tehnologije obrade odvajanjem
- Prednosti i nedostaci **OOČ**
- **OOČ** kao sustav
- Alat



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

Proizvodnja kao “P”

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

Što sve uključuje ovakvo poimanje proizvodnje ?

Proizvodnja kao “p”

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



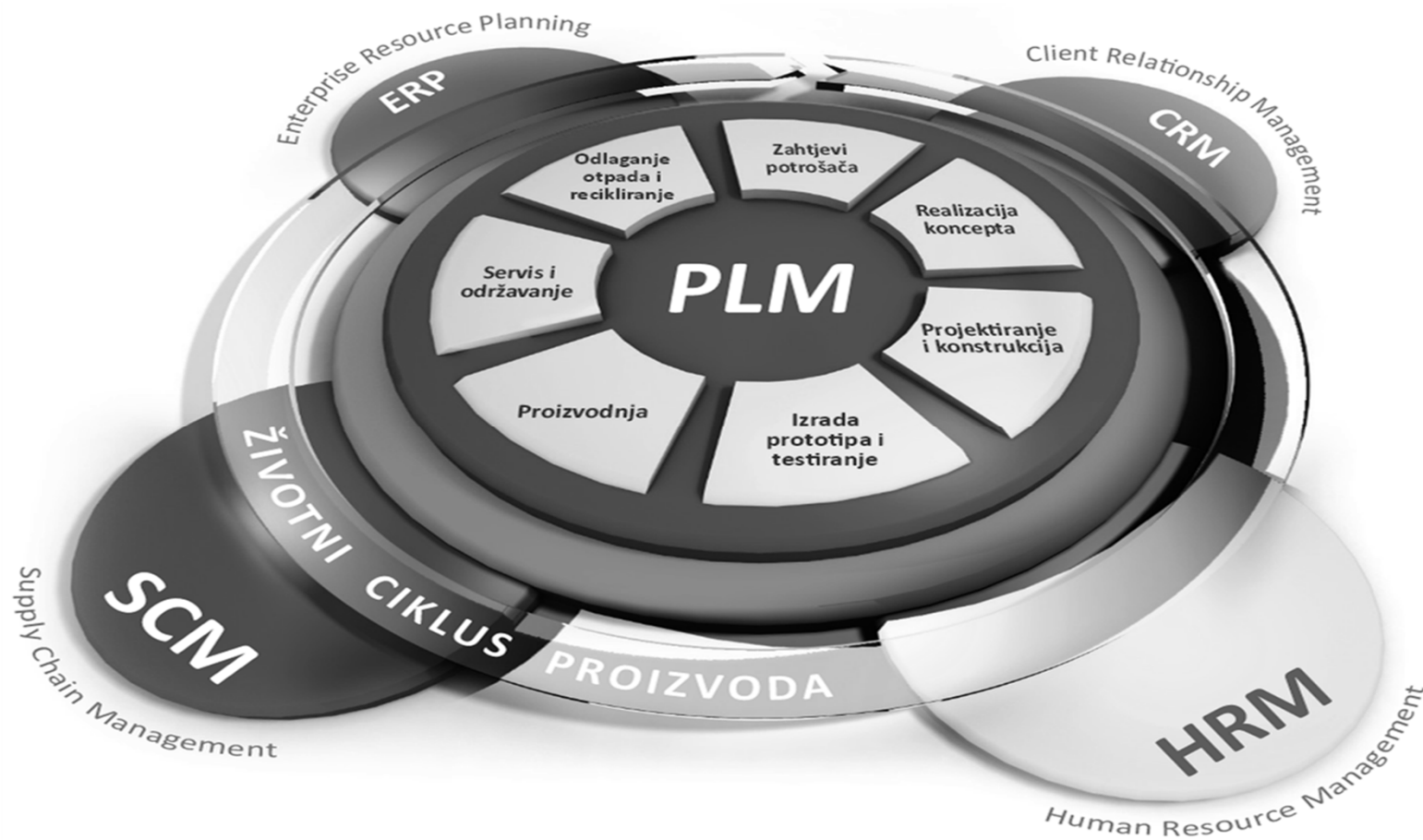
Proizvodnja kao "P"

U ovakvom pristupu proizvodnja je dio **PLM (Product Lifecycle Management)** koncepta koji obuhvaća upravljanje životnim ciklusom proizvoda, od ideje, preko dizajna, izrade, eksploatacije, servisa i održavanja do načina zbrinjavanja proizvoda kada izgubi funkciju.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

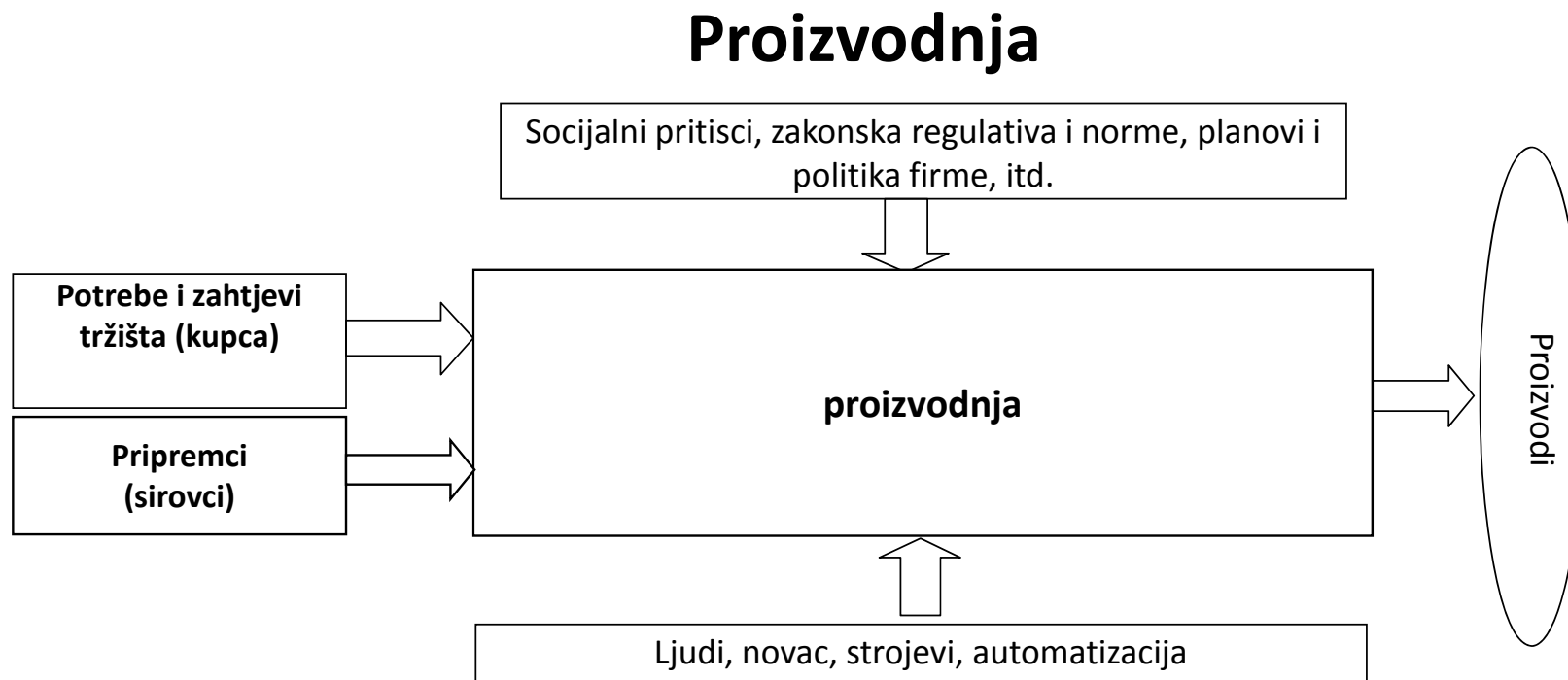
PLM





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

Proizvodnja kao “p”

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

Proizvodnja u užem smislu.



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Proizvodne tehnologije



Odvajanje
(Oduzimanje)

“-”



Spajanje
(Sastavljanje)

“+”



Deformiranje
(Premještanje)

“0”

Nove tehnologije izrade dijelova (artefakata)

Niz novih tehnologija pod nazivom aditivna proizvodnja (RP ili Layered manufacturing ili Generic manufacturing).

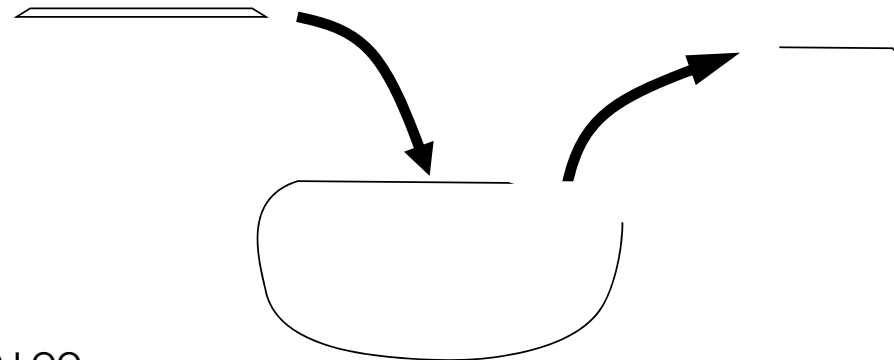
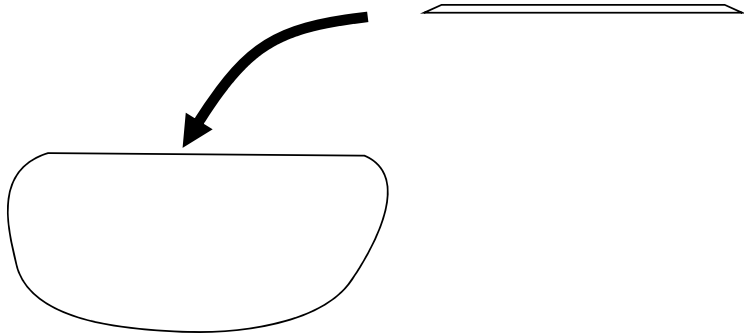
Koriste se za izradu prototipova, a sve više i za proizvodnju u manjim serijama.

Nedostaci: još uvijek visoka cijena opreme, ograničen broj materijala koji se mogu uspješno koristiti, mehanička svojstva, hrapavost, ...

Hibridna proizvodnja je niz tehnologija koje najčešće kombiniraju postupke aditivnih tehnologija i obrade odvajanjem.

Na jednom stroju primjena aditivnih tehnologija i obrade odvajanjem s ciljem postizanja učinka $1+1>2$.

Nedostaci: vrlo visoka cijena opreme, ograničen broj materijala koji se mogu uspješno koristiti, ...

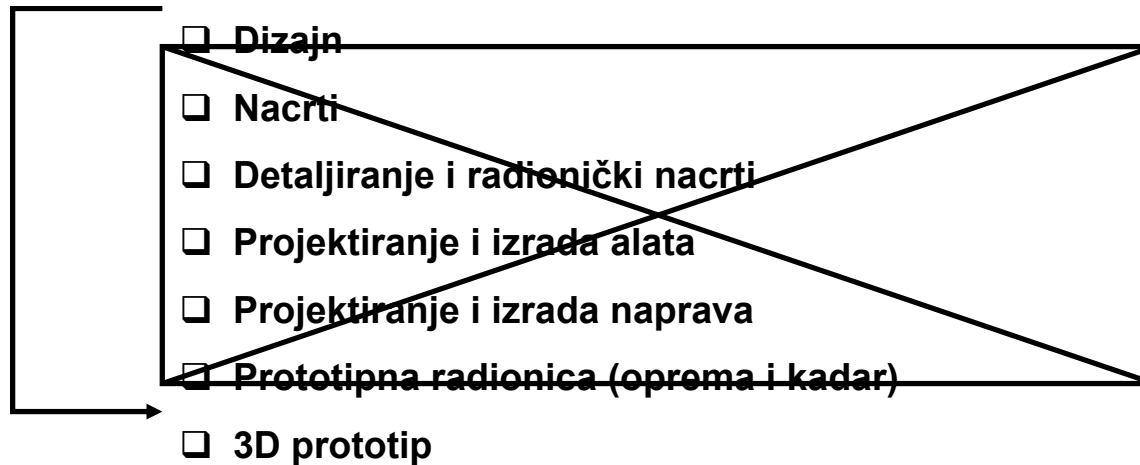




OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

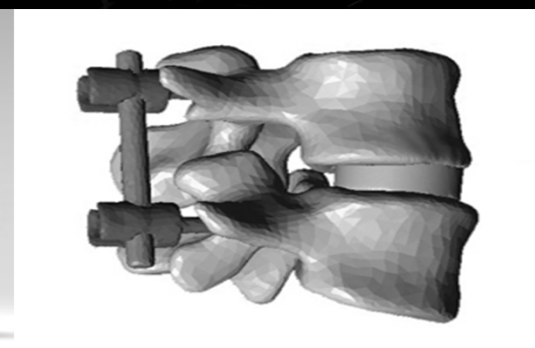
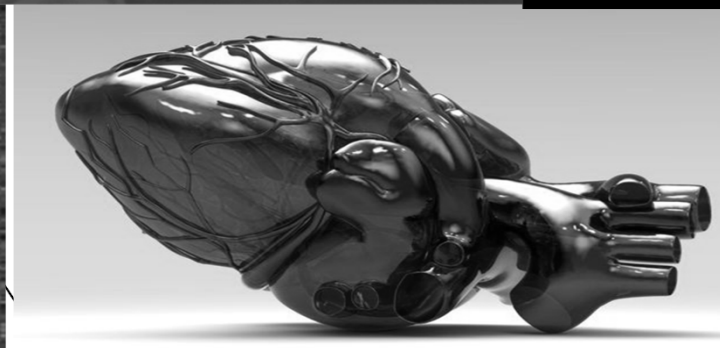
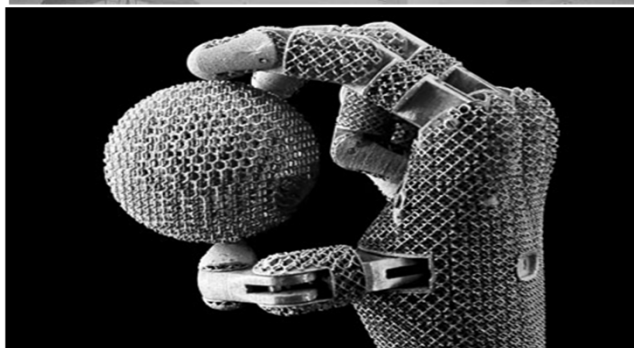
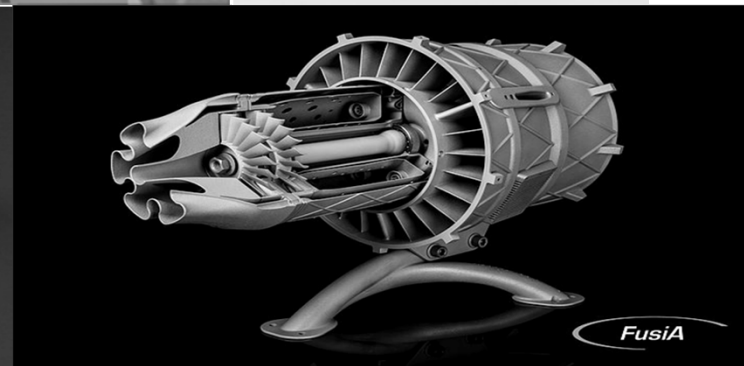
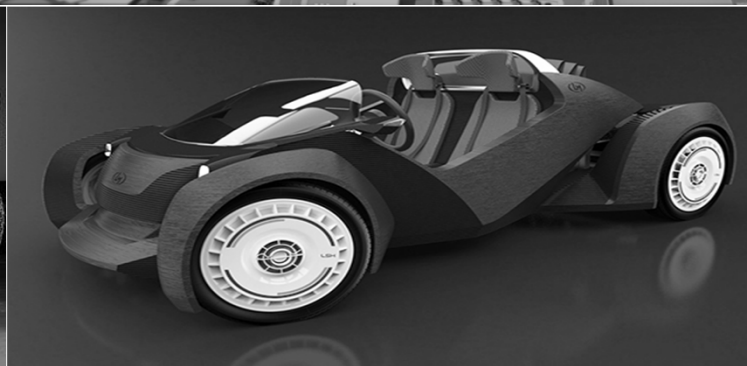
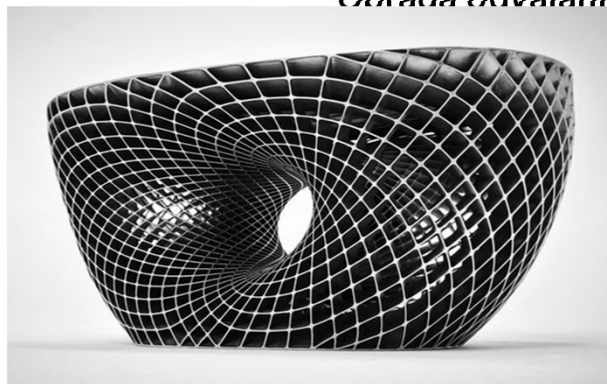
AM – osnovna ideja



FSB

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem





Zašto je proizvodnja značajna ?

Proizvodnja generira 15% - 25% bruto nacionalnog proizvoda - BNP (Gross National Product - GNP).

Ekonomska definicija: Proizvodnja je pretvaranje (transformacija) materijala u artefakte (items) veće vrijednosti primjenom jednog ili više procesa obrade i/ili operacija montaže. Stoga, ...

proizvodnjom se dodaje vrijednost proizvodu.



Podjela proizvodnje ?

Diskretna i kontinuirana proizvodnja

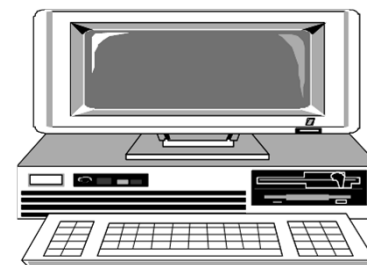
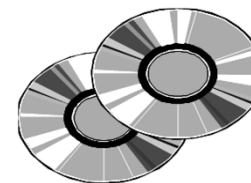
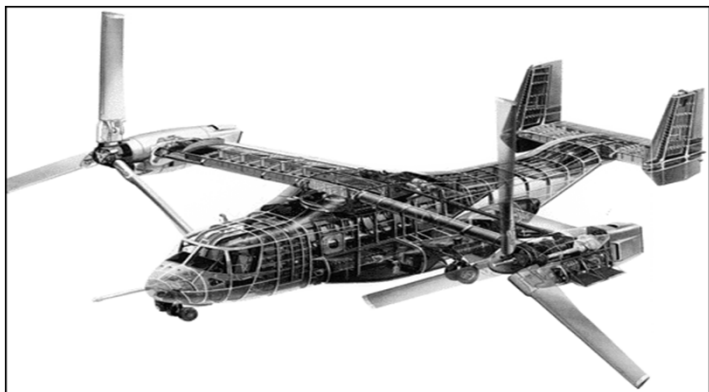
Diskretna – **konačan broj diskretnih koraka**
dijelovi & proizvodi su odvojivi entiteti
TV, automobil, računalo,

Kontinuirana – **kontinuirani procesi.**

Bavimo se isključivo **diskretnom proizvodnjom.**

OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem





Specifičnost postupaka OO

**Odvajanjem materijala dodaje se
vrijednost proizvodu**
(osim kod skidanja srha).

Odvajamo materijal – dodajemo vrijednost



Značaj proizvodnje i tehnologije obrade odvajanjem čestica

- Značajan udio proizvoda uključuje površine dobivene obradom odvajanjem
- U razvijenim zemljama proizvodnja čini $\approx 15 - 25$ % BDP-a
- 15-20% radnih mjesta je u tom sektoru
- Na svako radno mjesto u proizvodnji dolaze još 2-2.5 radna mjesta
- U USA je vrijednost obrade odvajanjem 70 - 100 milijardi USD



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

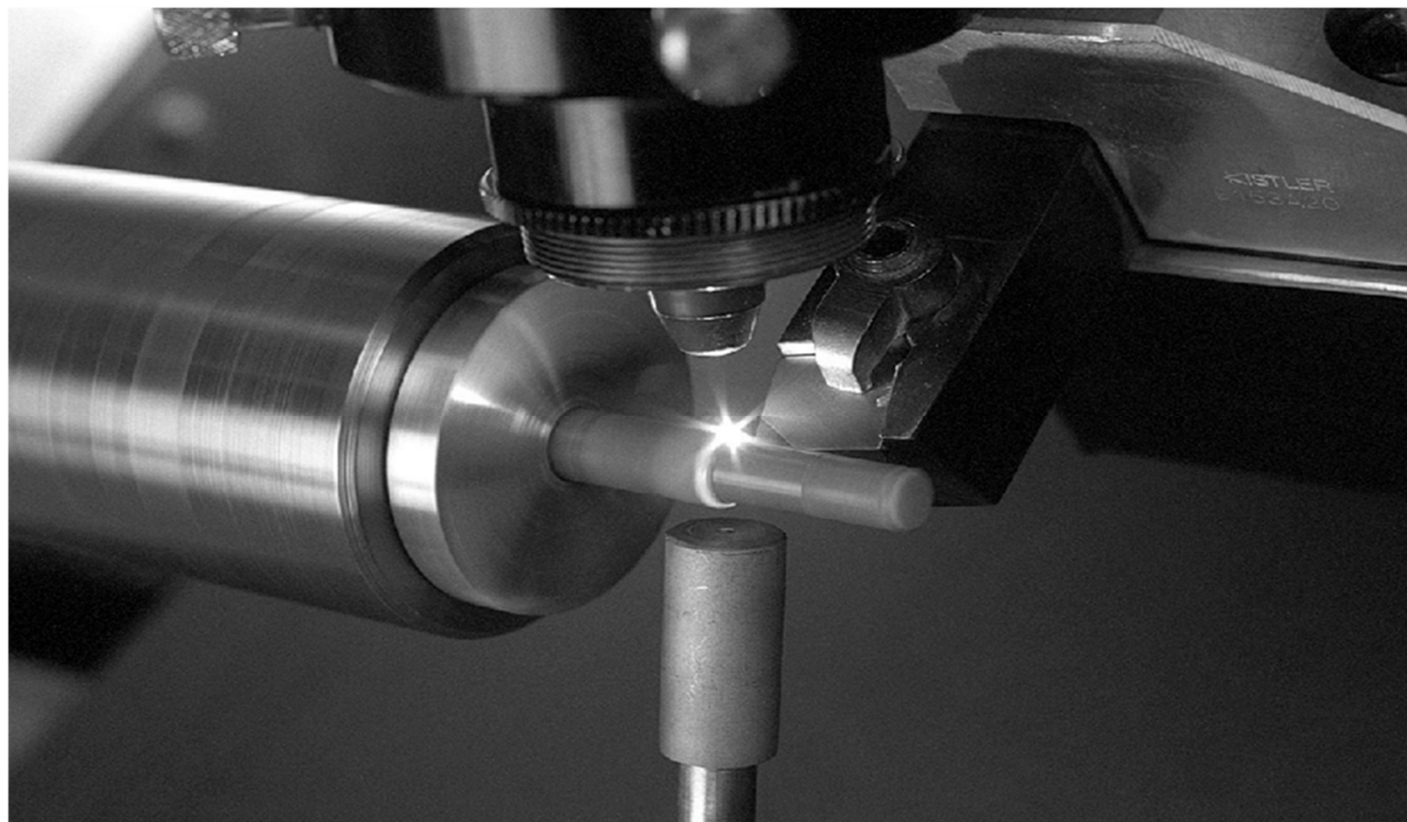
Prednosti obrade odvajanjem su:

- Omogućuje postizanje točnosti, uskih tolerancija i dobre kvalitete obrađene površine, često bez potrebe za naknadnim završnim obradama.
- Najbolji (jedini) način da se formiraju 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 micro 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

Obrada tvrdih materijala



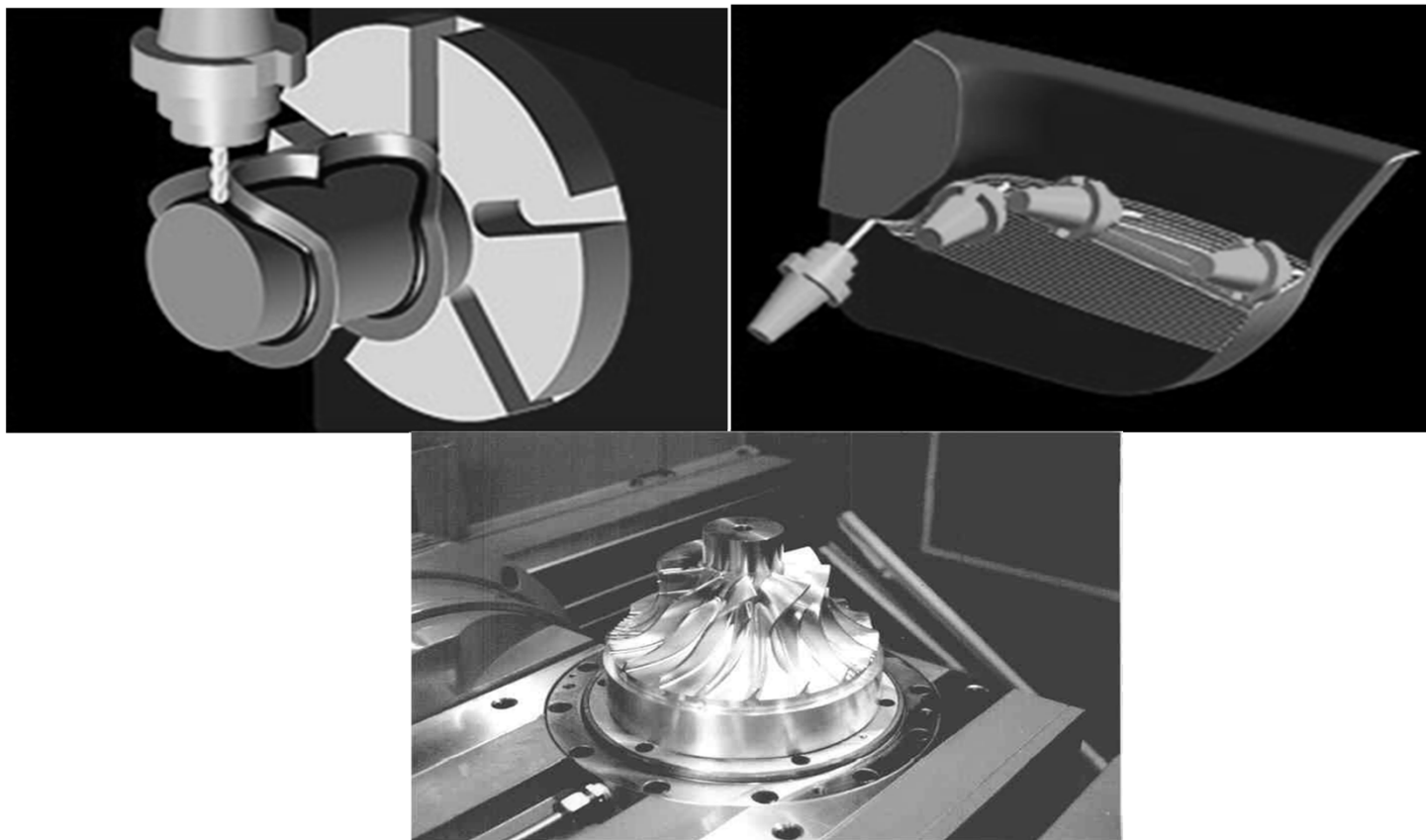
FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Obrada složenih površina



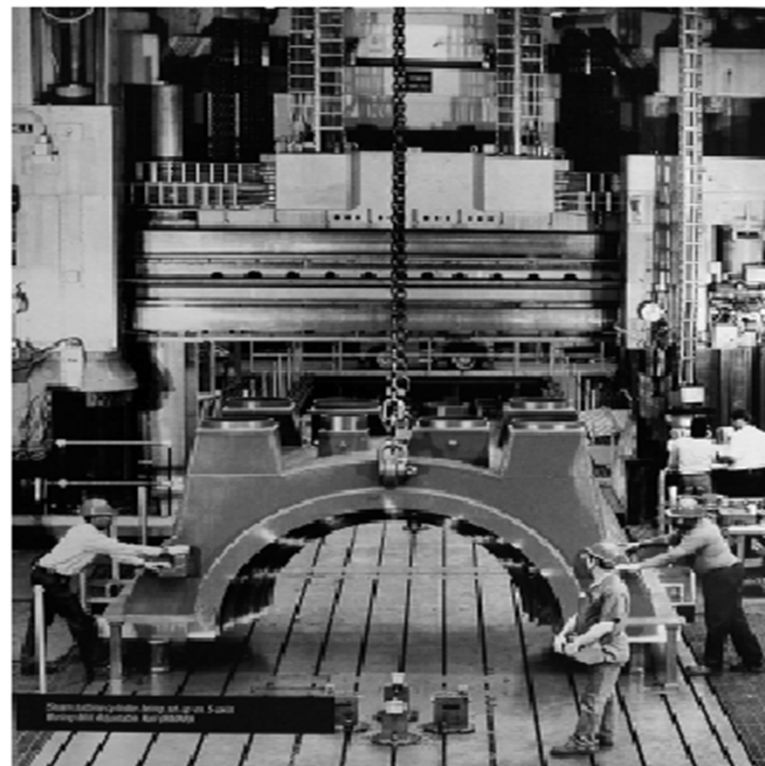
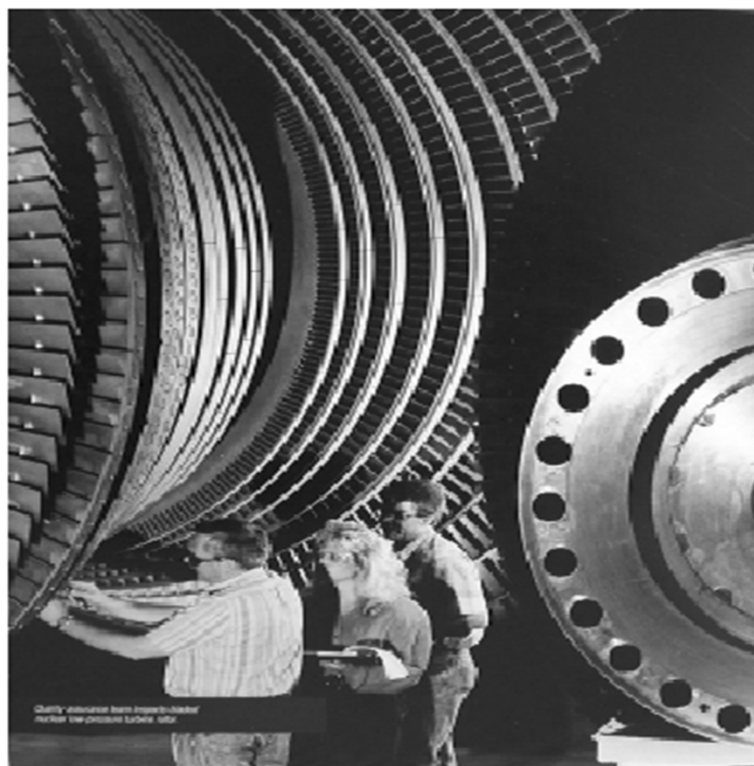
FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

Obrada velikih pozicija

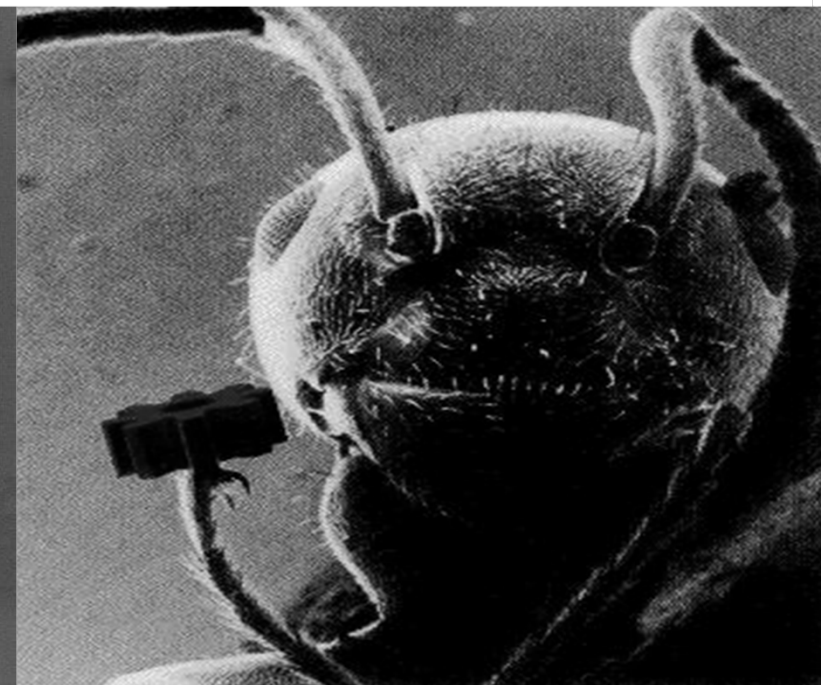
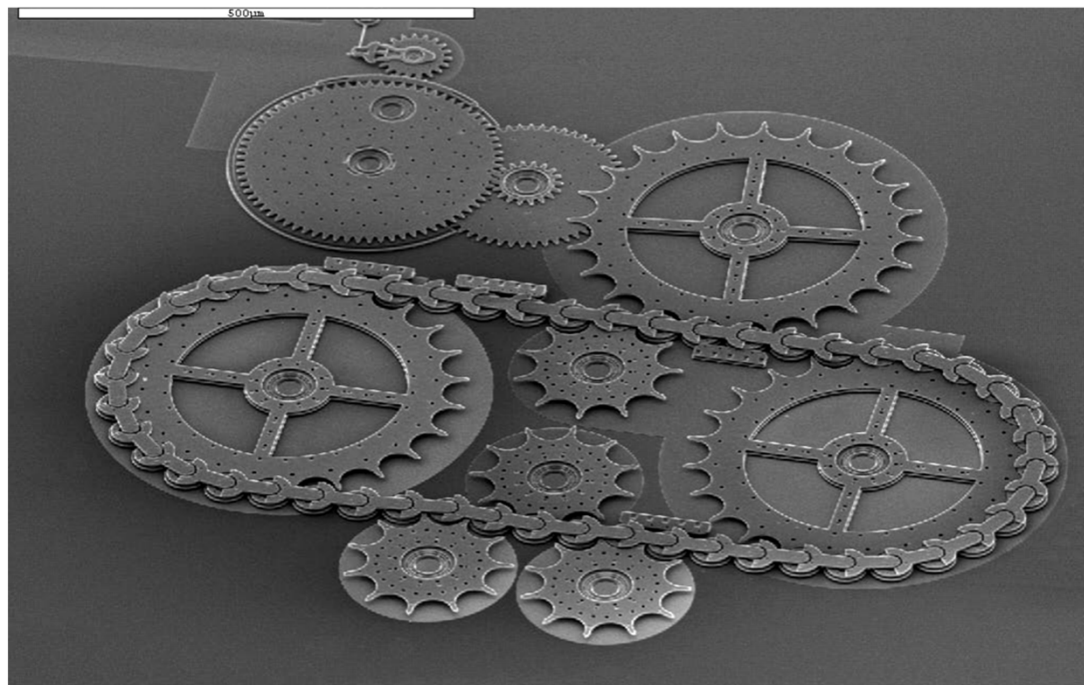


FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Obrada mikro dijelova





OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem

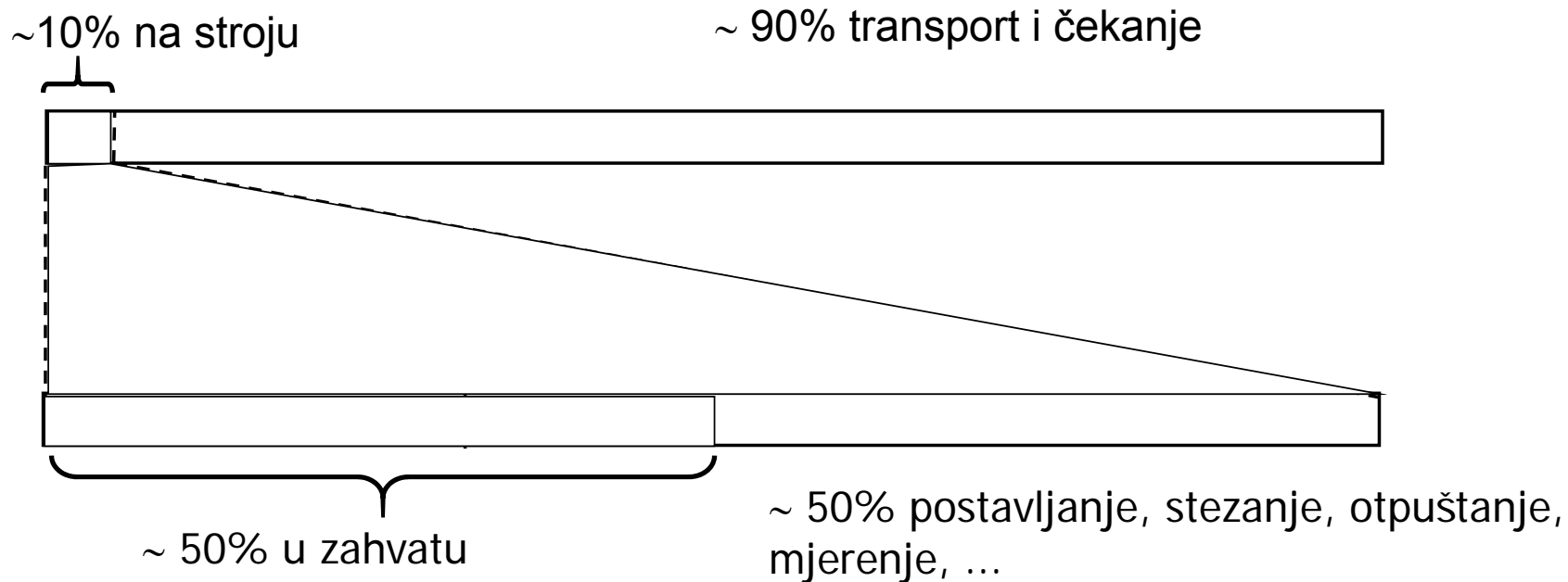
Nedostaci obrade odvajanjem čestica:

- 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 (CAD/CAM sustavi).
- Alatni strojevi te rukovanje alatima i obratcima zahtijevaju velik prostor.
- Mikroklima je pod jakim utjecajem obradnih procesa (toplina, buka, SHIP, ...).
- Veliki udio pomoćnih i pripremnih vremena (vrijeme zahvata alata i obratka je ponekad manje od 10% ukupnog vremena protoka pozicije).



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem



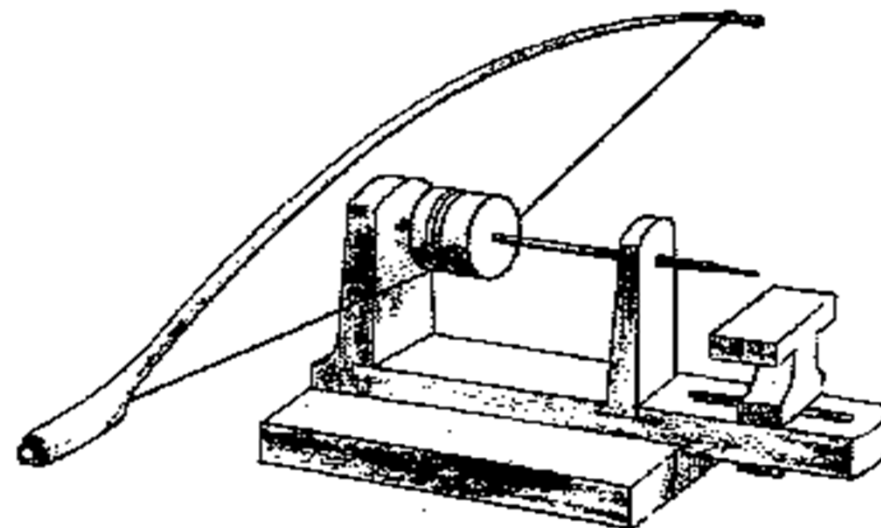
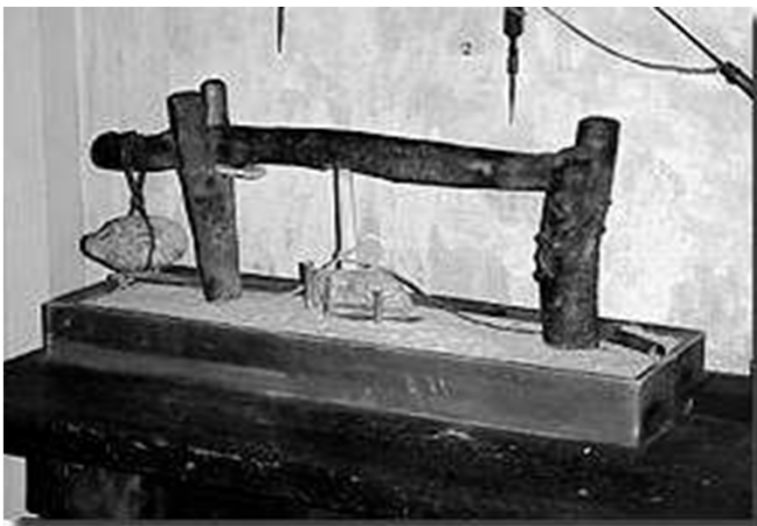
Kako poboljšati ?

Sustavni pristup, modularnost, automatizacija, integracija operacija, optimizacija, autonomnost , ...



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

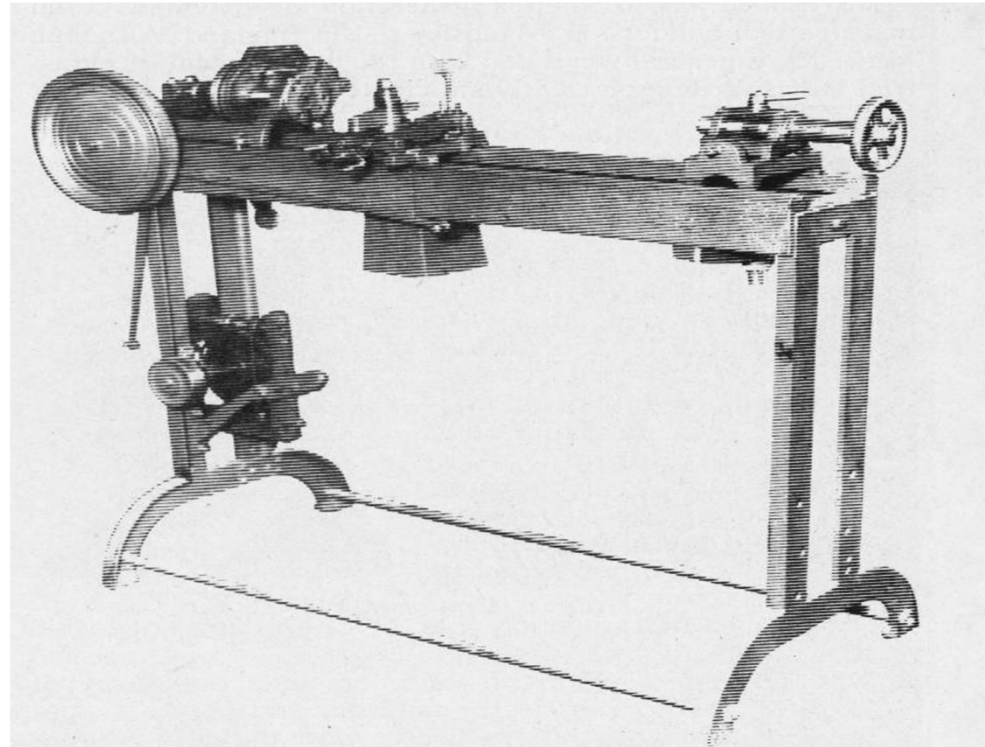
Razvitak OOČ i alatnih strojeva





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

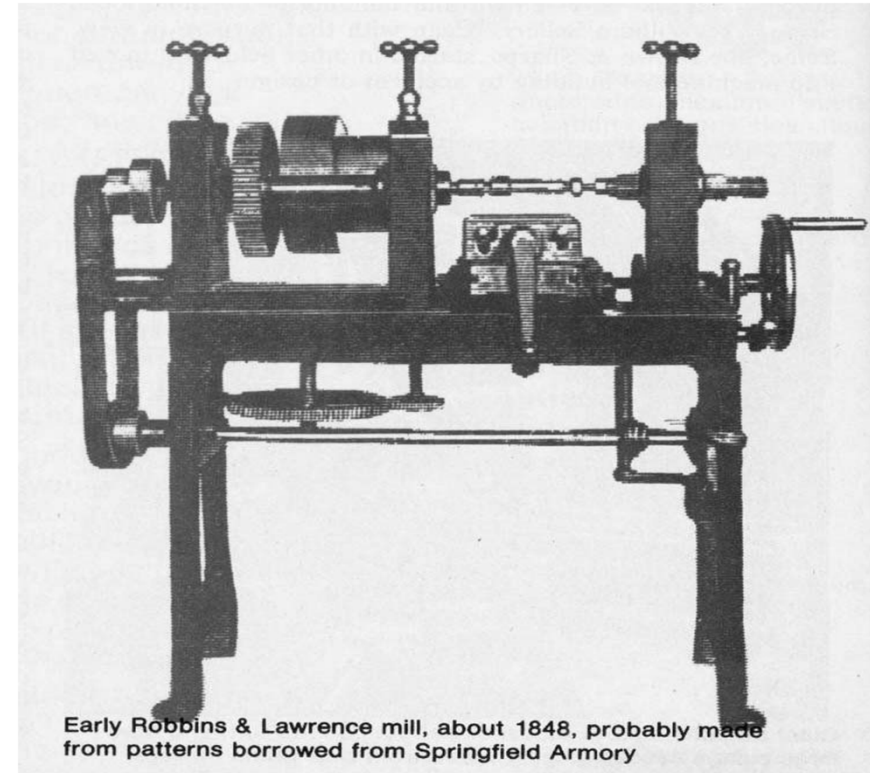
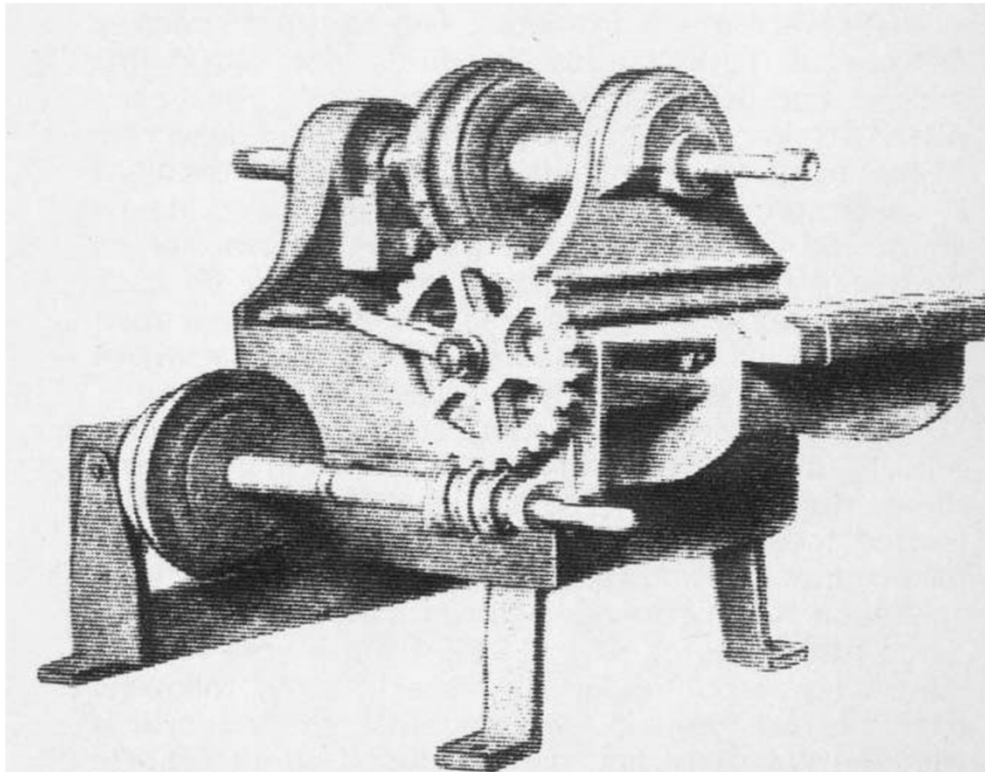


FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

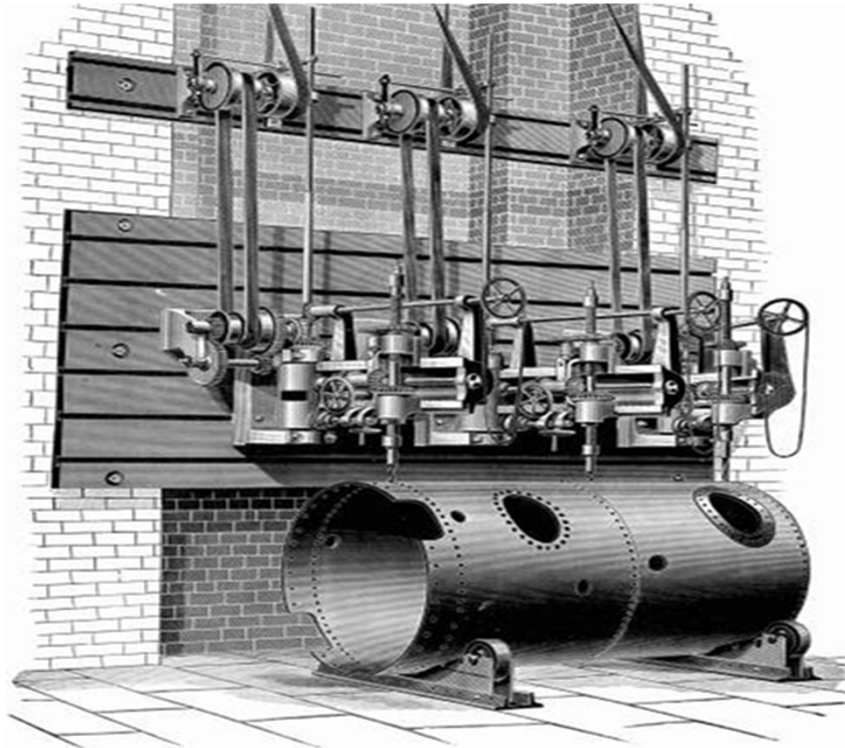
Obrada odvajanjem





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

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



FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

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



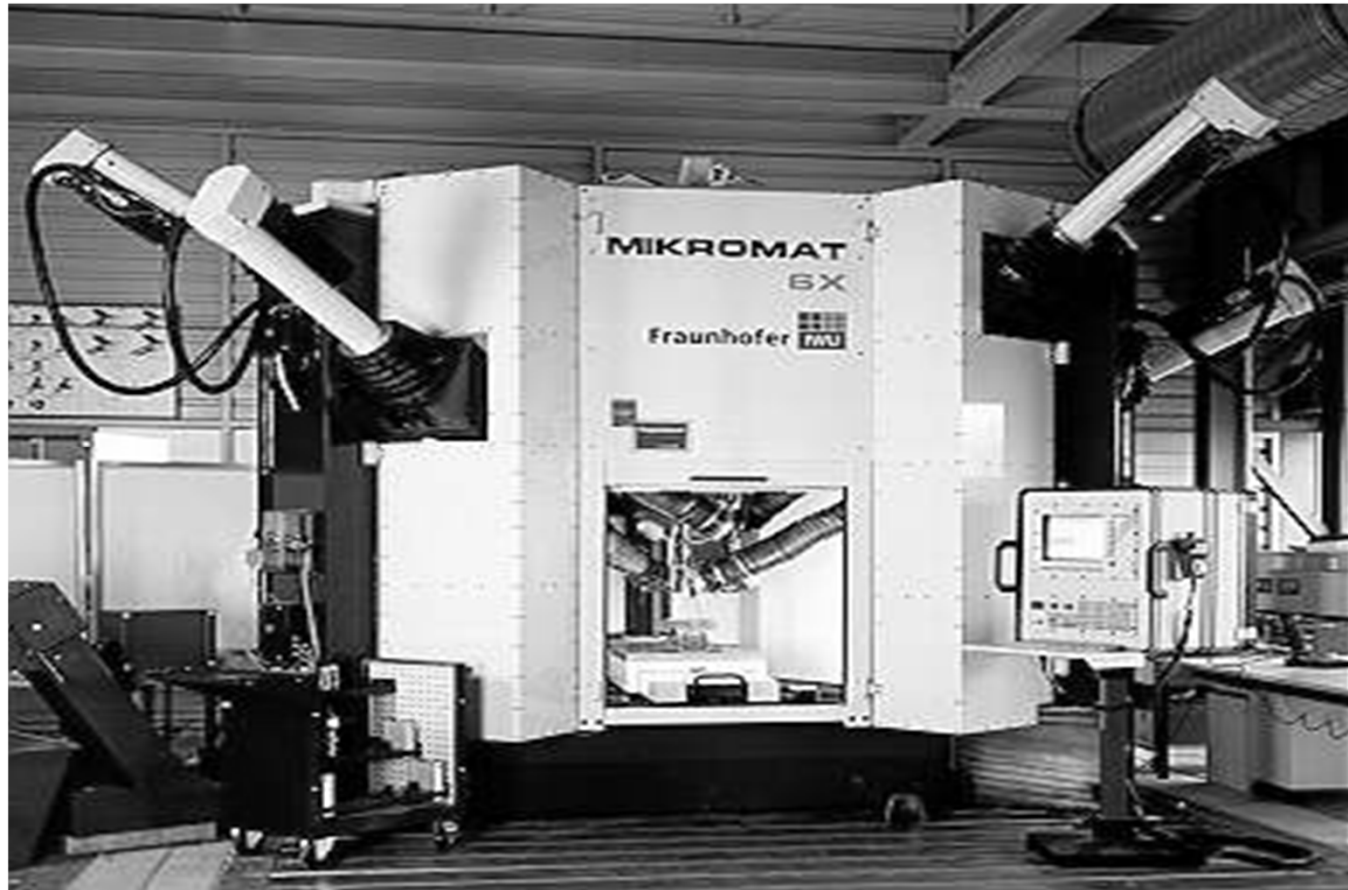
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



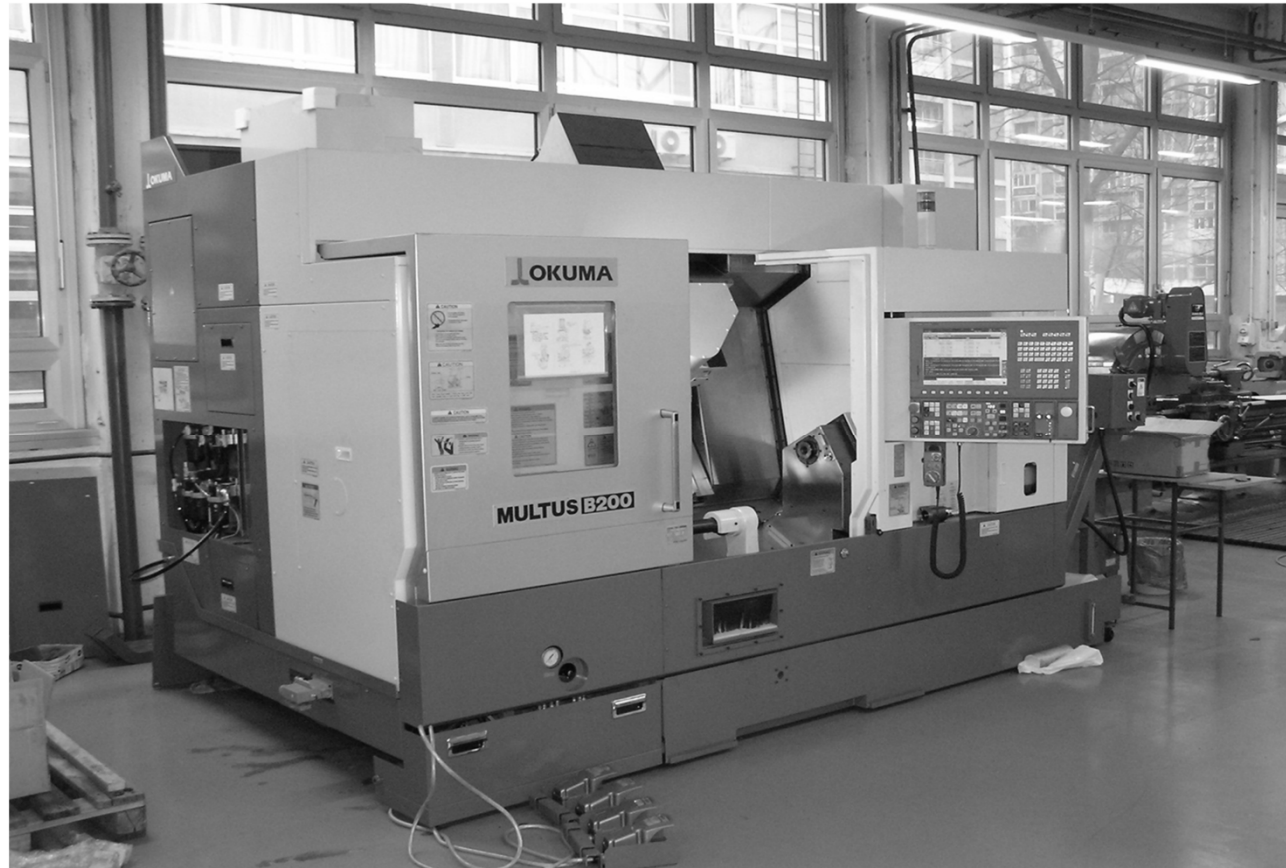
FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

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



Pokretači kontinuiranog razvitka tehnologija:

- **Zahtjevi za većom produktivnošću**
- **Zahtjevi za kraćim vremenima obrade**
- **Zahtjevi za većim iskorištenjem alatnih strojeva**
- **Zahtjevi za stalnim povećanjem kvalitete obrade**
- **Zahtjevi očuvanja okoliša**
- **Novi, teže obradivi materijali obradaka**



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

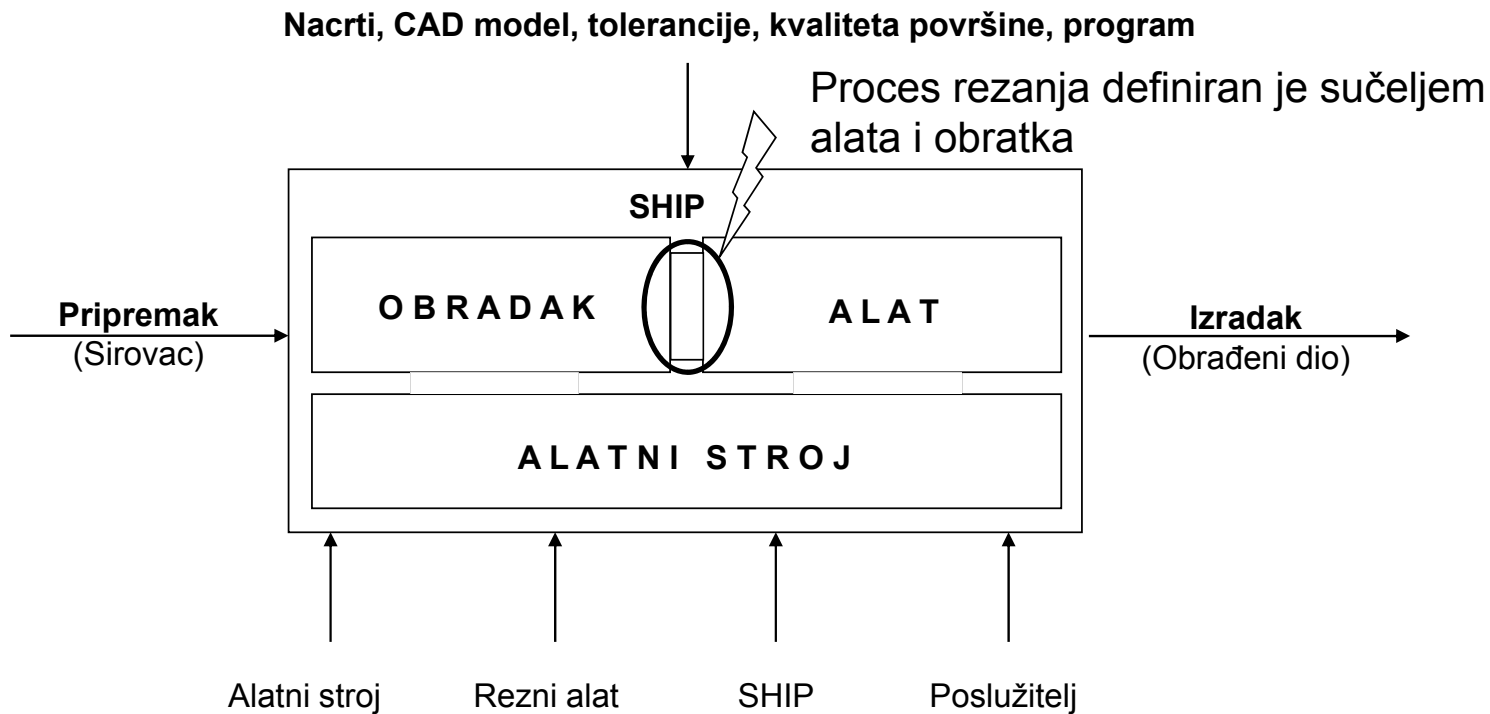
Sadržaj kolegija

- **uvod**
- **ooč kao sustav**
- **podjela postupaka ooč i osnovni pojmovi**
- **teorija rezanja**
- **postupci obrade alatima definirane geometrije**
- **postupci obrade alatima nedefinirane geometrije**
- **postupci obrade bez reznih alata (nekonvencionalni postupci)**



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem

OOČ kao sustav





Postupci obrade odvajanjem čestica (DIN8580)

RUČNI

- ručnim alatima,
- turpijanje,
- bušenje,
- piljenje,
- glodanje

STROJNI

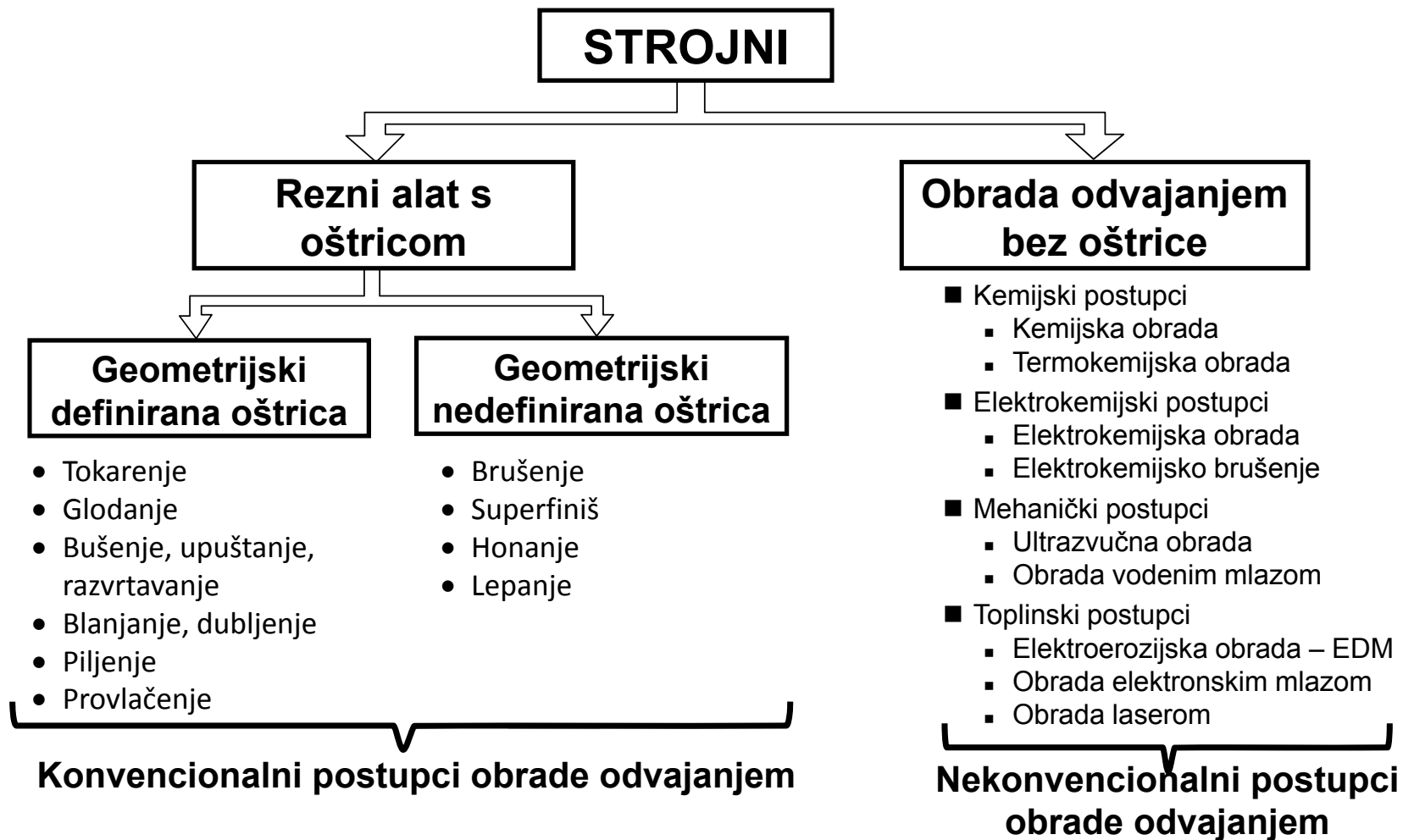
Rezni alat s
oštricom

Obrada odvajanjem
bez oštrice



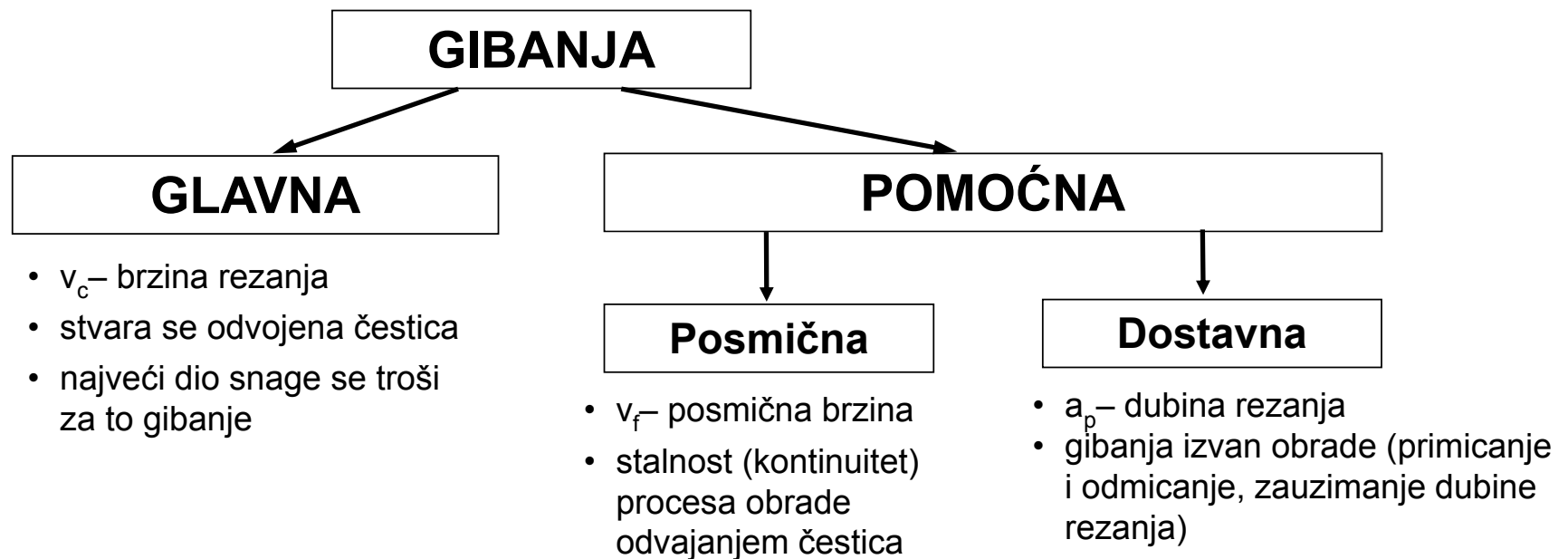
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

Obrada odvajanjem





Gibanja kod obrade odvajanjem čestica, odnosno kod alatnih strojeva za postupke obrade odvajanjem čestica

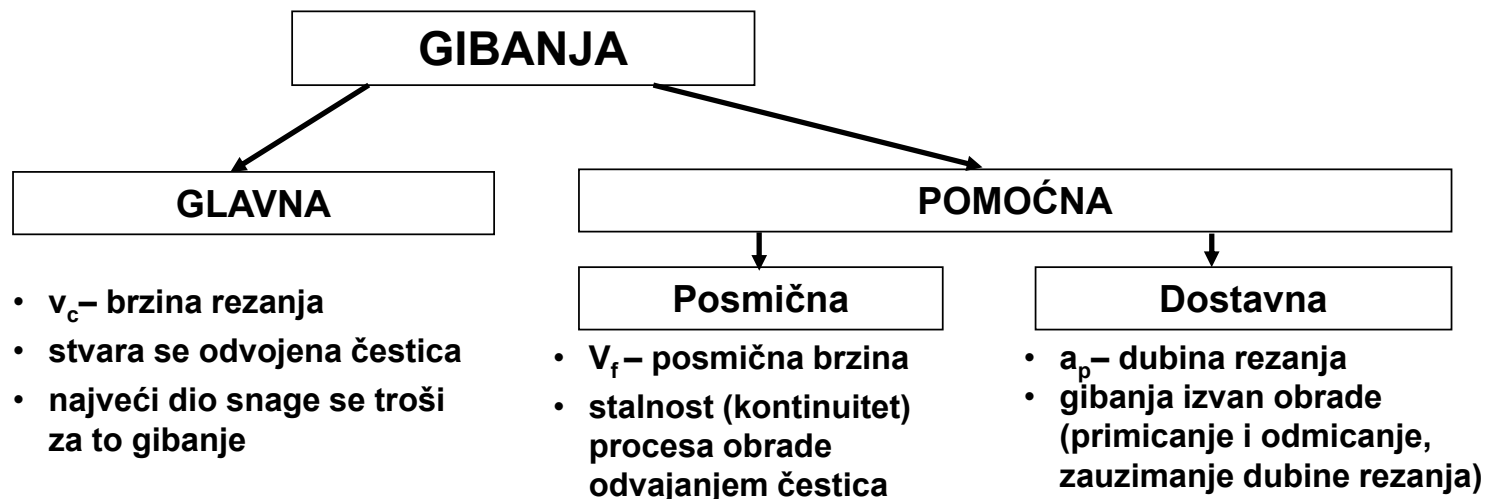




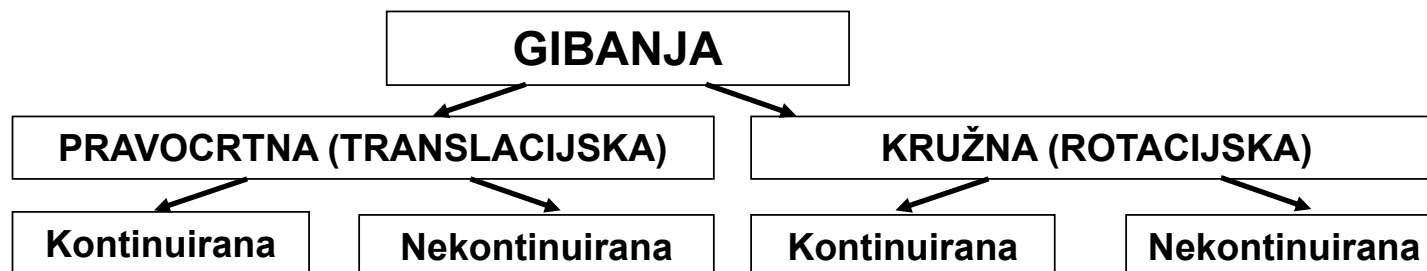
OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM
Obrada odvajanjem

Gibanja – općenito (način gibanja)

a)



b)





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

Čime je određen oblik dijela koji se obrađuje postupcima obrade odvajanjem čestica?