

POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM
Predavanja 2019/2020

Uvodno predavanje

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

O postupcima obrade odvajanjem

- skupina proizvodnih postupaka koju karakterizira oblikovanje dijela odvajanjem materijala

Proizvodnja (engl. Manufacturing)

Riječ “manufacturing” (latinski korijen):

Manu – ruka (rukom)

Facere – izrađivati (proizvoditi)

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Zašto je proizvodnja značajna ?

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

P.S. „Slide”o strukturi GNP-a.

GNP ili BNP – bruto nacionalni proizvod

Bruto nacionalni proizvod (BNP) (Gross national product - GNP) je vrijednost svih finalnih dobara i usluga proizvedenih pomoću domaćih faktora proizvodnje unutar nekog razdoblja.

Bruto domaći proizvod (BDP) (Gross domestic product - GDP) - tržišna vrijednost svih finalnih proizvoda i usluga koji se proizvedu na području neke zemlje tijekom jedne godine bez obzira u čijem su vlasništvu resursi

$$\text{BDP} = \text{C} + \text{I} + \text{G} + \text{Nx}$$

C – ukupna potrošnja

I – Investicije

G – državna potrošnja

Nx – neto izvoz (izvoz – uvoz)

Može se koristiti proizvodni pristup (gore) ili dohodovni pristup.

GNP ili BNP – bruto nacionalni proizvod

Bruto nacionalni proizvod (BNP) (Gross national product - GNP) je vrijednost svih finalnih dobara i usluga proizvedenih pomoću domaćih faktora proizvodnje unutar nekog razdoblja.

Bruto domaći proizvod (BDP) (Gross domestic product - GDP) - tržišna vrijednost svih finalnih proizvoda i usluga koji se proizvedu na području neke zemlje tijekom jedne godine bez obzira u čijem su vlasništvu resursi

BDP (GDP) – bruto društveni proizvod predstavlja mjeru tržišne vrijednosti svih finalnih dobara i usluga proizvedenih u nekoj zemlji tijekom jedne godine. EFZG Sisek, predav

Bruto nacionalni proizvod (BNP) predstavlja ukupnu proizvodnju proizvedenu radom i kapitalom koje posjeduju građani određene države. EFZG Sisek, predavanja

GNP ili BNP – bruto nacionalni proizvod

Bruto nacionalni proizvod (BNP) je vrijednost svih finalnih dobara i usluga proizvedenih pomoću domaćih faktora proizvodnje unutar nekog razdoblja. Pri tome je nevažno jesu li ti faktori proizvodnje nalaze u zemlji ili inozemstvu

Struktura GDP se najčešće prikazuje modelom koji ima 3 sektora:

- **Primarni (sirovi materijal)** – poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo
- **Sekundarni (industrija)** – industrije koje proizvode gotov, upotrebljiv proizvod ili su uključene u građevinarstvo.

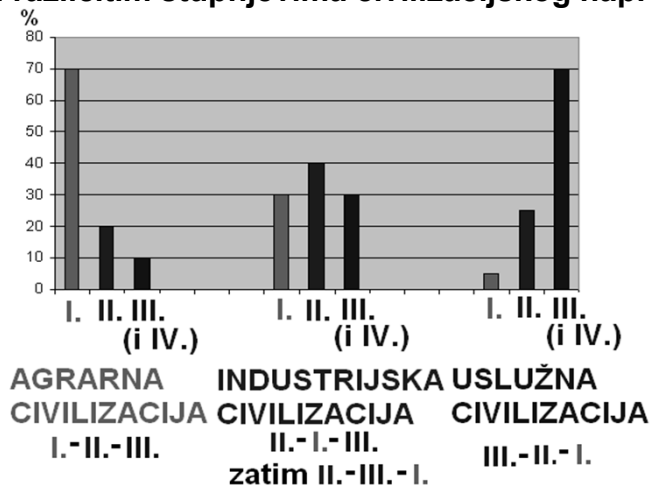
Tercijarni (usluge) - pružanje usluga definira se kao ekonomska aktivnost koja ne rezultira vlasništvom ("nematerijalna" dobra; promet, trgovina, turizam, ugostiteljstvo, bankarstvo, ...)

Danas se sve češće radi podjela tercijarnog sektora pa se spominju četvrti (uglavnom intelektualne i aktivnosti temeljene na znanju kao uprava, obrana, školstvo, zdravstvo, znanost) i peti sektor (usluge koje se temelje na upravljanju kao vlada, korištenje ili stvaranje informacija i novih tehnologija; poslovi koje radi najviša razina upravljanja ili donositelja odluka).



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno-prvo predavanje

**Udjeli zaposlenog stanovništva prema djelatnostima
u razliĉitim stupnjevima civilizacijskog napretka**

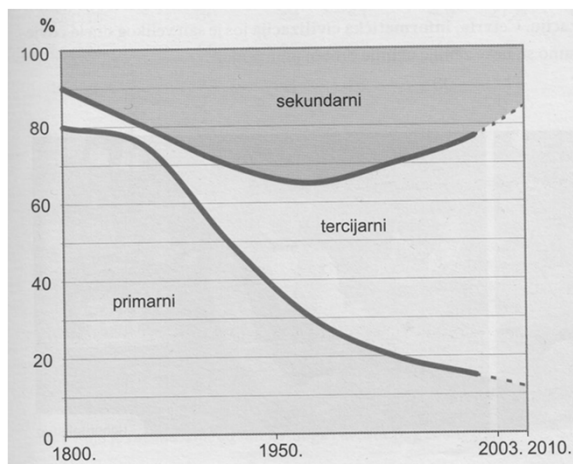


FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno-prvo predavanje

**Udjeli triju glavnih sektora u ukupnoj djelatnosti
razvijenih zemalja 1800. – 2010.**



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

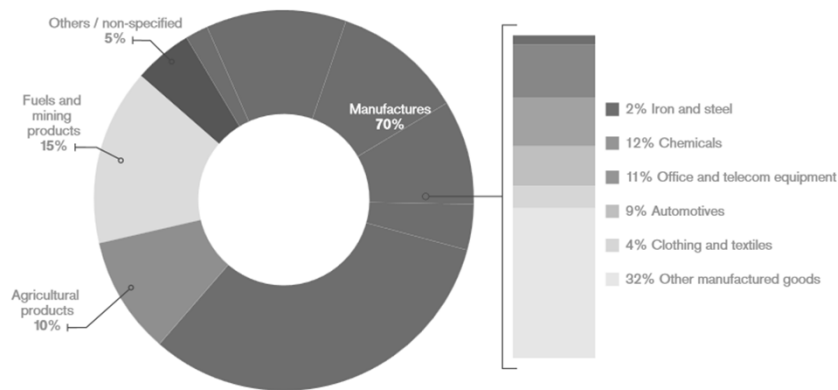


POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

Uvodno-prvo predavanje

World merchandise exports by major product groups, 2017

(Percentage share)



Source: WTO estimates.

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje

Zašto je proizvodnja značajna ?

Ekonomska definicija:

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

proizvodnjom se dodaje vrijednost proizvodu.

Proizvodnja je djelatnost kojom se generira blagostanje naroda. Ako se želi postići visoka produktivnost proizvodnje, proizvodnja podržana računalom (CAM) nema alternative. Stoga su za gospodarski rast nacije neophodni kadrovi s dobrim temeljima u CAD/CAM tehnologijama.

(Asian Institute of Technology)

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Zašto je proizvodnja značajna ?

Šest razloga zbog koji je proizvodnja središte ekonomije

P. Krugman (nobelovac, profesor ekonomije na MIT i Princeton University) je 2011. ustvrdio "proizvodnja je jedna od svijetlih točaka u općenito razočaravajućem oporavku ...

Zašto je proizvodnja tako važna ?

1. Proizvodnja je bila put (ključ) razvitka.
2. Proizvodnja je osnova globalno „velikih sila“.
3. Proizvodnja je najznačajniji faktor ekonomskog rasta.
4. Globalna trgovina se temelji na robama, a ne na uslugama.
5. Usluge su u najvećoj mjeri ovisne o proizvedenim robama.
6. Proizvodnja kreira radna mjesta (ne samo u proizvodnji).

Izvor: Jon Rynn, *Six Reasons Manufacturing is Central to the Economy*, 2012
FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Zašto je proizvodnja značajna ?

1. Proizvodnja je bila put (ključ) razvitka

Erik Reinert (knjiga How Rich Countries Got Rich...and Why Poor Countries Stay Poor): Od uspona Engleske u 19 st., uspona SAD-a, Njemačke, Japana i SSSR-a u 20 st., do novih ekonomija istoka kao što su Koreja, Tajvan i danas Kina i Indija, proizvodnja je bila ključni faktor prosperiteta.

2. Proizvodnja je osnova globalno „velikih sila“

„Najjače“ nacije (velike sile) su one koje kontroliraju većinu proizvodnje proizvodne opreme i tehnologija. **Nije dovoljno samo imati tvornice i proizvoditi već je potrebno znati izraditi proizvodnu opremu [John Rynn].**

Njegova istraživanja pokazuju da ~80% svjetske proizvodnje proizvodne opreme kontroliraju „velike sile“.

Izvor: Jon Rynn, *Six Reasons Manufacturing is Central to the Economy*, 2012
FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Zašto je proizvodnja značajna ?

3. Proizvodnja je najznačajniji faktor ekonomskog rasta

Rast proizvodnje i tehnološko usavršavanje proizvodne opreme su glavni pokretači ekonomskog rasta. Bez industrije proizvodne opreme nema održivog, dugoročnog ekonomskog rasta.

Alatni strojevi su majka svih strojeva; u stanju su proizvoditi ostale strojeve i opremu, i sami sebe.

4. Globalna trgovina se temelji na robama, a ne na uslugama

Prema WTO, 80% trgovine među regijama je u opremi, a samo 20% u uslugama. A "post-industrial" economy is really a pre-industrial economy — that is, poor.

Izvor: Jon Rynn, *Six Reasons Manufacturing is Central to the Economy*, 2012

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Zašto je proizvodnja značajna ?

5. Usluge su ovisne o proizvedenim robama

Usluge su uglavnom vezane uz robe: maloprodaju i veleprodaju (~ 11%); promet nekretnina (~ 13%) kupnja i prodaja stvarnih, fizičkih dobara; zdravstvo (~ 8%) primjena medicinske opreme i lijekova.

Financijski sektor radi s viškovima koji su uglavnom nastali proizvodnjom.

Sumarno: **zdravlje gospodarstva ovisi o proizvodnom sektoru.**

6. Proizvodnja kreira radna mjesta

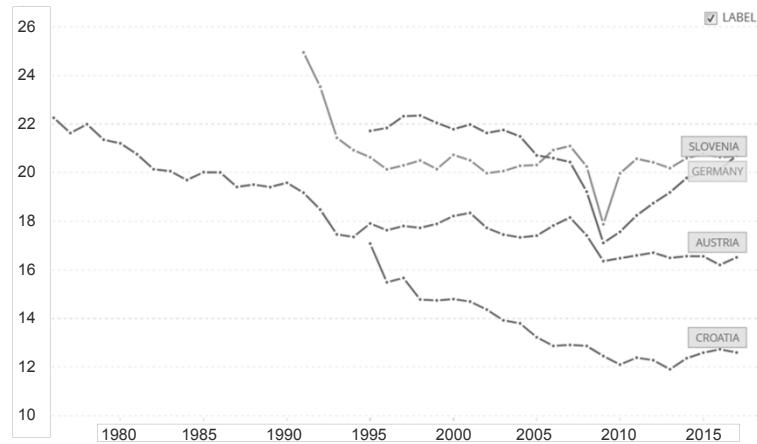
Prema OECD-u 2005, proizvodni sektor je u Japanu iznosio 20.2%, u Njemačkoj 23.2%, a u SAD-u 13.4%. Prema Economic Policy Institute, svako radno mjesto u proizvodnji povlači još 3 radna mjesta.

Izvor: Jon Rynn, *Six Reasons Manufacturing is Central to the Economy*, 2012

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno-prvo predavanje

Udio proizvodnje (manufacturing) u BDP



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno-prvo predavanje

	Gross domestic product		Agriculture		Industry		Manufacturing		Services	
	\$ billions		% of GDP		% of GDP		% of GDP		% of GDP	
	2010	2017	2010	2017	2010	2017	2010	2017	2010	2017
Austria	391.9	416.6	1	1	26	25	16	17	62.3	62.8
China	6,100.6	12,237.7	10	8	46	40	32	29	44.1	51.6
Croatia	59.8	54.8	4	3	23	22	12	13	58.7	58.5
Germany	3,417.1	3,677.4	1	1	27	28	20	21	62.2	61.9
India	1,656.6	2,597.5	18	15	30	26	16	15	45.2	48.9
Ireland	222	333.7	1	1	24	36	20	32	66	55.3
Italy	2,125.1	1,934.8	2	2	22	21	14	15	66.3	66.3
Japan	5,700.1	4,872.1	1	1	28	29	21	21	70.2	68.8
Korea, Rep.	1,094.5	1,530.8	2	2	35	36	28	28	53.6	52.8
Russian Federation	1,524.9	1,577.5	3	4	30	30	13	12	53.1	56.2
Slovak Republic	89.5	95.8	3	3	32	31	19	20	56.3	55.9
Slovenia	48	48.8	2	2	27	29	18	21	58.7	56.4
Switzerland	583.8	678.9	1	1	26	25	19	18	70	71.2
United States	14,964.4	19,390.6	1	1	20	19	12	12	76	77

World Development Indicators , THE WORLD BANK
Last updated date 09/18/2017

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Zašto je proizvodnja značajna ?

Obrazujući se u području proizvodnih tehnologija i znanosti, pripremamo se za sudjelovanje u kreiranju boljeg i kvalitetnijeg življenja.

Izvor: Jon Rynn, *Six Reasons Manufacturing is Central to the Economy*, 2012
FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Podjela proizvodnje ?

Diskretna i kontinuirana proizvodnja

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

Kontinuirana – **kontinuirani procesi.**

Obrada odvajanjem primjenjuje se isključivo u **diskretnoj proizvodnji.**

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Proizvodnja s velikim "P"

Proizvodnja je proces pretvorbe ideje i potrebe tržišta ili kupca u artefakt. (istraživanje tržišta, financiranje, projektiranje, proizvodnja u užem smislu, održavanje, testiranje, ljudski potencijali, marketing, itd., tj. sve djelatnosti u životnom vijeku proizvoda, PLM)



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Proizvodnja s malim "p"

Proizvodnja je pretvaranje pripreмки u koristan proizvod.

Proizvodne tehnologije



Odvajanje
(oduzimanje)

" - "



Spajanje
(Sastavljanje)

" + "



Deformiranje
(Premještanje)

" 0 "

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno-prvo predavanje

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: relativno visoka cijena opreme, ograničen broj materijala, mehanička svojstva, hrapavost, dimenzije, ...

Hibridna proizvodnja podrazumijeva kombinaciju procesa/strojeva (hibridni strojevi i/ili hibridni procesi) s ciljem učinkovitije proizvodnje dijelova.

Kao čest primjer može se spomenuti primjena aditivnih tehnologija i obrade odvajanjem na istom stroju, s ciljem postizanja učinka 1+1>2.

Nedostaci: vrlo visoka cijena opreme, nov i još nedovoljno prepoznat pristup proizvodnji, ...



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo,
Izborni kolegij

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno-prvo predavanje

Specifičnost postupaka OO

Odvajanjem materijala dodaje se vrijednost proizvodu

(osim kod skidanja srha).

Odvajamo materijal – dodajemo vrijednost

Bavimo se obradom odvajanjem, ali proizvodnju promatramo integralno, u svim fazama (od tržišta, dizajna, ...) i sa svim sastavnicama (materijali, alati, tehnologije, upravljanja...)

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

O proizvodnji – suvremena proizvodnja

Promjena koja se dogodila u diskretnoj proizvodnji:

- Velike serije – jedan proizvod – duga vremena razvoja



- Male serije – više različitih proizvoda – kratka vremena razvoja – česte promjene

Prednosti obrade odvajanjem

- Jedini način da se ostvari visoka preciznost i visoka kvaliteta obrađene površine.
- Jedini način formiranja oštrog ruba, ravnih površina, te unutarnjih i vanjskih profila (za vanjske i unutarnje profile AM je „moćnija“)
- Jedini način oblikovanja otvrdnutih i krutih materijala.
- Ekonomičnost (za male serije, tj. prototipove).
- Presudna je kod formiranja složenih oblika sa zahtjevnom dimenzijskom točnošću i površinskom hrapavošću.

Nedostaci obrade odvajanjem

- Generira velike količine odvojenih čestica
- Više vremena se troši za obradu nego za formiranje površina
- U slučaju lošeg projektiranja obrade odvajanjem može doći do narušavanja svojstava obratka i obrađene površine (često ireverzibilno)

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje

Udio strojeva (u proizvodnji) za postupke ooč

Kina	59%
Njemačka	71%
Japan	83%
Južna Koreja	74%
Italija	51%
SAD	75%
Tajvan	82%
Švicarska	84%
Austrija	51%
Spain	60%
UK	77%
Turska	27%
Francuska	61%
Indija	83%
Brazil	81%
Češka	82%

Prvih 5 proizvođača čine skoro 75% ukupne proizvodnje.

U prvih 5 proizvođača, prosječan udio strojeva za ooč iznosi 67%.

Prvih 8 proizvođača čine skoro 90% ukupne proizvodnje.

U prvih 8 proizvođača, prosječan udio strojeva za ooč iznosi 70%.

Izvor: Gardner publication

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

Uvodno-prvo predavanje

ManuFuture – kako do veće konkurentnosti

Transformacija proizvodnjom utemeljenom na znanju (Knowledge-based Manufacturing)



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



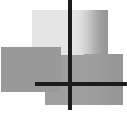
POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

1. PREDAVANJE

Uvodno predavanje

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

2. PREDAVANJE

- Teorija rezanja. Kratki uvod. Osnovni pojmovi i oznake. Rekapitulacija osnovnih pojmova i veličina potrebnih za teoriju rezanja.
- Nastajanje i deformacija odvojene čestice.
- Koeficijenti deformacije: θ_a , θ_b i θ_l .
- Trokut brzina (hodogram brzina).
- Relativno smicanje: $\gamma_c=f(\Delta s, \Delta x)$, $\gamma_c=f(v_{sh}, v_{shn})$ i $\gamma_c=f(\theta)$.

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

3. PREDAVANJE

- Teorija rezanja. Što govore izrazi za relativno smicanje. Kakav je odnos relativnog smicanja i koeficijenta deformacije, te kakav je odnos relativnog smicanja i kuta smične ravnine.

$$\gamma_c = \operatorname{ctg}\phi + \operatorname{tg}(\phi - \gamma) \qquad \gamma_c = \frac{\theta^2 - 2\theta \sin \gamma + 1}{\theta \cos \gamma}$$

- Intenzitet deformacije, v_{def}
- Dinamika procesa obrade odvajanjem.
- Sile kod ortogonalnog rezanja – Merchant-ova kružnica sila.
- Kut smične ravnine prema Merchant-u.

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

4. PREDAVANJE

Kut smične ravnine prema teoriji minimalnog utroška energije.

$$\frac{dW}{dt} = \frac{dW_{\text{sk}}}{dt} + \frac{dW_{\gamma}}{dt} = F_{\text{sk}} \cdot v_{\text{sk}} + F_{\gamma} \cdot v_{\gamma}$$

a) za $\gamma \neq 0^\circ$ $\cos(2\phi - \gamma) = 0.6 \cdot L \cdot \sin^2 \phi$

b) za $\gamma = 0$ $\phi = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1}{0.6 \cdot L + 1}}$

Objasnite značaja i utjecaja pojava na prednjoj površini alata na kut ravnine smicanja, i općenito na proces rezanja.

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

5. PREDAVANJE – postojanost oštice alata i hrapavost obrađene površine

- Definiranje postojanosti oštice alata

$$v_c \cdot L_f^{m_{ij}} = C_{ij} \quad \text{i} \quad v_c \cdot L_f^{m_{ij}} = C_{ij}$$

- Teorijska hrapavost obrađene površine

$$R_t \approx \frac{f_2}{8 \cdot r_\epsilon} \quad \text{i} \quad R_t = \frac{f}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \kappa_r \cdot \operatorname{tg} \kappa_r'}{\operatorname{tg} \kappa_r + \operatorname{tg} \kappa_r'}$$

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

6. PREDAVANJE – optimizacija brzine rezanja i obradivost

- Kriterij: najveća proizvodnost

$$v_{op} = \frac{C_T}{\left(\frac{1}{m} - 1\right)^m \cdot T_A^m} \quad T_P = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \cdot T_A$$

- Kriterij: najniža cijena obrade

$$v_{ek} = \frac{C_T}{\left(\frac{1}{m} - 1\right)^m \cdot \left(T_A + \frac{C_A}{(P+R) \cdot n_o}\right)^m} \quad T_{ek} = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \cdot \left(T_A + \frac{C_A}{(P+R) \cdot n_o}\right)$$

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

7. PREDAVANJE – obradivost i određivanje parametara obrade

- **Funkcija postojanosti alata**
 $T = T(x_i)$ x_i - uticajni faktori; $i = 1, n$
 - **Funkcija sile rezanja**
 $F_{c,t,p} = F_{c,t,p}(x_i)$ x_i - uticajni faktori; $i = 1, n$
 - **Funkcija kvalitete obradjene površine**
 $R_t = R_t(x_i)$ x_i - uticajni faktori; $i = 1, n$
 - **Funkcija oblika odvojene čestice**
 $O.O.Č. = O.O.Č.(x_i)$ x_i - uticajni faktori; $i = 1, n$
- **Određivanje parametara obrade**

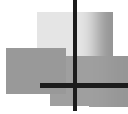
FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

8. PREDAVANJE

Rekapitulacija i prvi kolokvij

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

9. PREDAVANJE

Postupci brušenja, honanja, lepanja i superfinisha

(Prof.dr.sc. Damir CIGLAR)

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

10. PREDAVANJE

Nekonvencionalni postupci obrade I

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

11. PREDAVANJE

VISOKOBRZINSKE OBRADJE

- **Osnove**
- **Visokobrzinsko glodanje**
- **Visokobrzinsko bušenje**

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

12. PREDAVANJE

“Suha” obrada (DRY MACHINING)

Obrada s minimalnom uporabom SHIPA (MQL) Obrada otvrdnutih materijala (HARD MACHINING)

Obrada vodenim mlazom (WJM)

Obrada abrazivnim vodenim mlazom (AWJM) i druge tehnologije mlaza

Micro i nano obrade

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

13. PREDAVANJE

Aditivna proizvodnja
Obrada laserom

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

14. PREDAVANJE

Hibridne obrade

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Sadržaj predavanja u ak.god. 2019/2020

15. PREDAVANJE

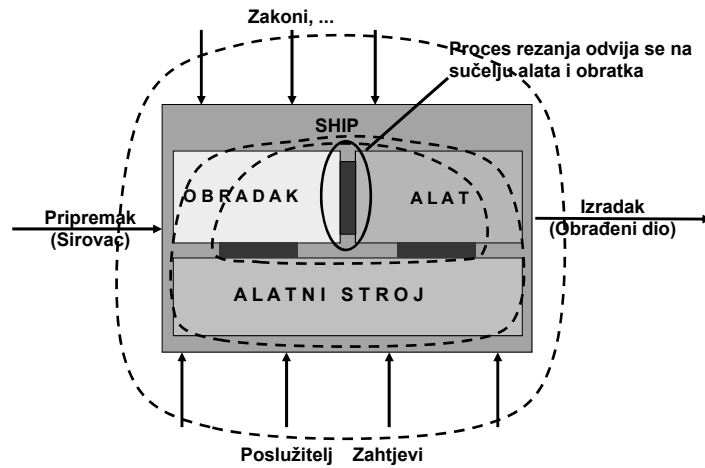
Rekapitulacija i drugi kolokvij

Pokretači razvitka u proizvodnim tehnologijama

- **Zahtjevi za većom produktivnošću i kraćim vremenima obrade**
- **Zahtjevi za većim iskorištenjem alatnih strojeva**
- **Zahtjevi za stalnim povećanjem kvalitete obrade**
- **Zahtjevi energetske učinkovitosti i očuvanja okoliša**
- **Sve veći stupanj interdisciplinarnosti (medicina, elektronika, ...), novi, teže obradivi materijali obradaka**

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Obrada odvajanjem kao sustav



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM
Uvodno predavanje

Obradni proces je srce obradnog SUSTAVA

POSTUPCI OBRADJE

VBO; "TVRDE" i SUHE OBRADJE; MQL/C OBRADJE; LASERSKE OBRADJE; MIKRO OBRADJE; VISOKOUČINSKE O.; NEKONVENCIONALNE O.; HIBRIDNE O.; ...

Druge sastavnice obradnog SUSTAVA (utječu i na proces obradje)

REZNI ALATI

MATERIJALI, GEOMETRIJE, PREVLAKE

MATERIJALI OBRADKA

MEH. SVOJSTVA, STRUKTURA, GEOMETRIJA, ...
Mg i Ti i legure; KOMPOZITNI MAT.; KERAMIKE; BIOLOŠKA TKIVA; ...

PRIHVATI ALATA I OBRADKA

ALATNI STROJ, UPRAVLJANJE STROJEVIMA I PROCESIMA

AUTOMATIZACIJA, INTEGRACIJA, FLEKSIBILNOST, „INTELIGENCIJA“
MONITORING, AU, AI, AUTONOMNOST

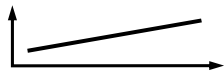
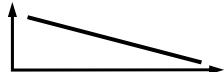

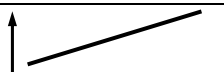
“OKRUŽENJE” (uže i šire)

ODiOO
Obr. stroj.
CAM
Alati i napr.
FOS
ROS
PIKAS

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Novi materijali – primjer u zrakoplovstvu

Primjer primjene materijala 1980-tih i 2013.

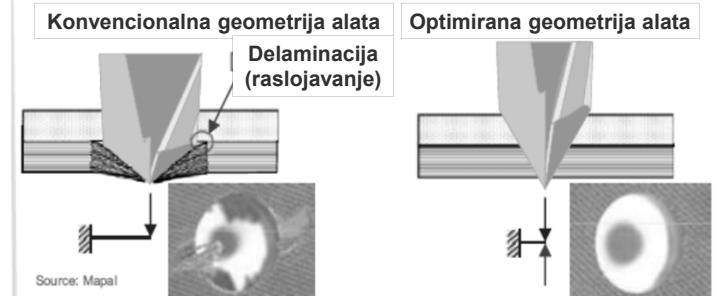
Materijal	1986 (A320)	Trend	2013 (A350 XWB)
Titan	6 %		14 %
Aluminij	72 %		19 %
Čelik	9 %		7 %
CFRP	10 %		53 %

CFRP - Carbon-fiber-reinforced polymer,
Carbon-fiber-reinforced plastic

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Novi materijali – primjer u zrakoplovstvu

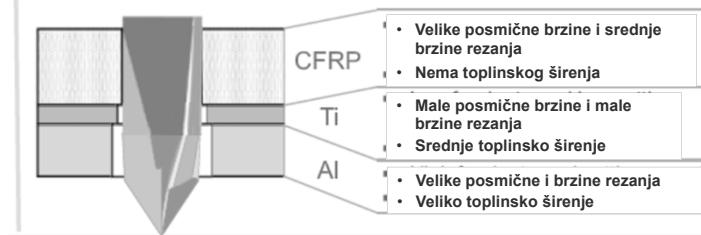
Problemi kod obrade CFRP materijala



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Novi materijali – primjer u zrakoplovstvu

Otežana obradivost pri obradi višeslojnih (sendvič) materijala (“stack drilling”)



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

Trendovi razvitka obradnih strojeva

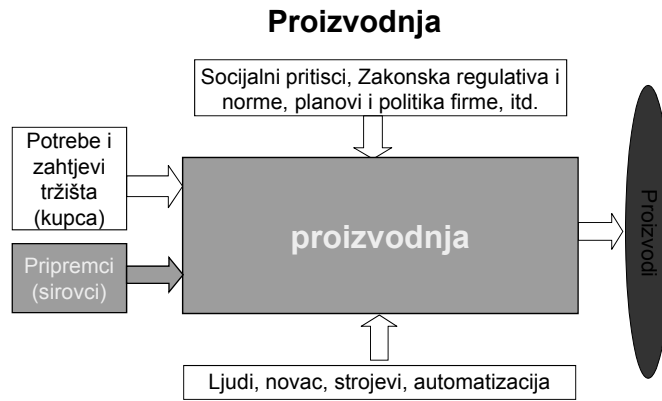
- **Prilagodljivost (fleksibilnost)**
- **Integracija**
- **„Inteligencija”**
- **autonomnost**

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje

Utjecajni faktori na razvitak obradnih strojeva i procesa

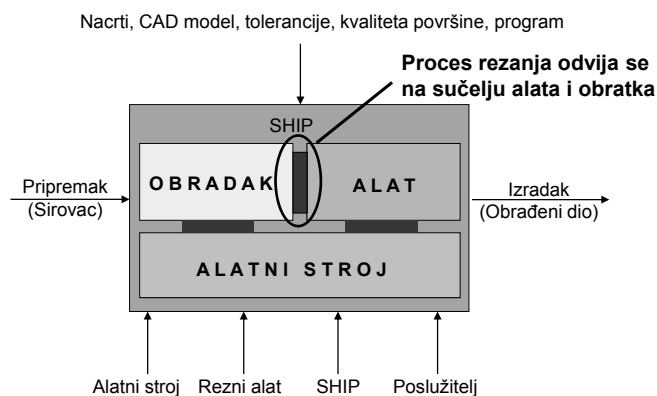


FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje

Obrada odvajanjem kao sustav



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje

Vježbe

1. Podjela u manje grupe ?
2. Seminari
3. Demonstratori i sudjelovanje u aktivnostima Katedre

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS



POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

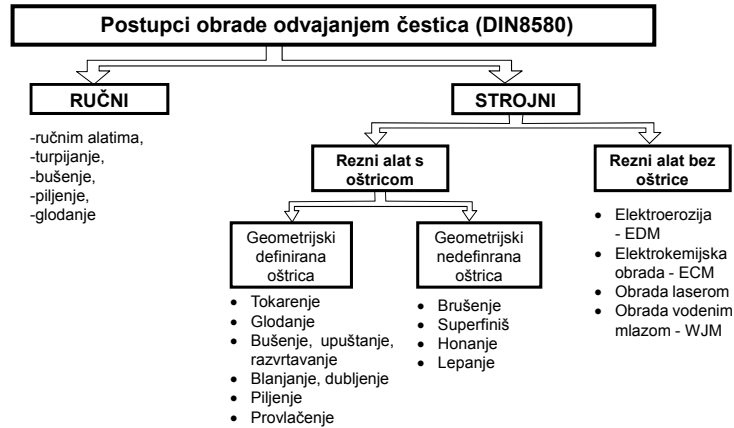
Uvodno predavanje

1. Kako se dijele postupci obrade odvajanjem ?
2. Koji je osnovni oblik reznih alata definirane geometrije i zašto ?
3. Nabrojite osnovne parametre obrade odvajanjem, oznake i mjerne jedinice.
4. Navedite osnovne karakteristike tokarenja.
5. Kod kojih postupaka obrade je posebno važan oblik odvojene čestice i zašto ?
6. Od kojih materijala se izrađuju rezni alati ?
7. Koje veličine u procesu obrade se mogu iskoristiti za on-line praćenje trošenja alata ?
8. Kako se računa brzina rezanja kod tokarenja, a kako kod bušenja ? Koje je područje brzina rezanja kod obrade čelika alatima od "tvrdoga metala" ?
9. Koje su značajke nekonvencionalnih postupaka obrade ?
10. Koje su značajke hibridnih postupaka obrade ?

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje

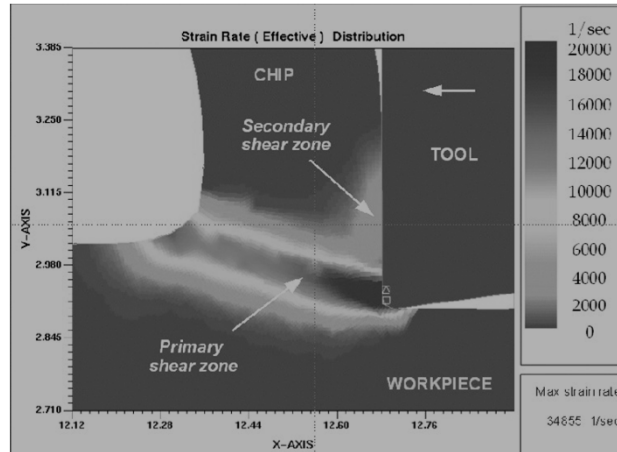
Teorija rezanja ili mehanika rezanja

Dio obrade odvajanjem koji istražuje utjecaj uvjeta obrade na tijek i način nastajanja odvojene čestice, te sile, naprezanja i deformacije koje se pri tome javljaju.

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM

Uvodno predavanje



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS