



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

# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

2018/2019



## **Rekapitulacija dosadašnjih tema**

**Proizvodnja - definicija, značaj i podjela**

**Obrada odvajanjem - prednosti i nedostaci**

**OOČ kao sustav – stanje i trendovi komponenti sustava**

**Postupci obrade odvajanjem čestica (DIN8580); gibanja kod obrade odvajanjem**

**Osnovni oblik reznih alata, površine alata i obratka, geometrija alata**

**Plastična deformacija i formiranje odvojene čestice**

**„Card” model i ortogonalno rezanje; Smicanje i koeficijenti deformacije**

**Kinematika u zoni rezanja**

**Oblici odvojene čestice: uzroci posljedice i utjecajni parametri**

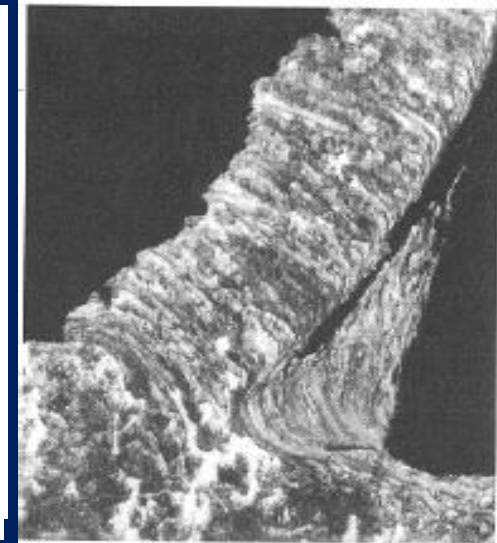
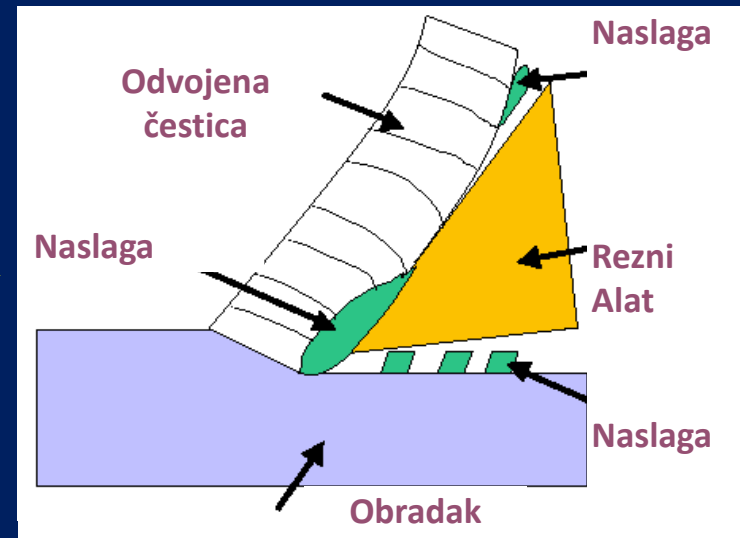
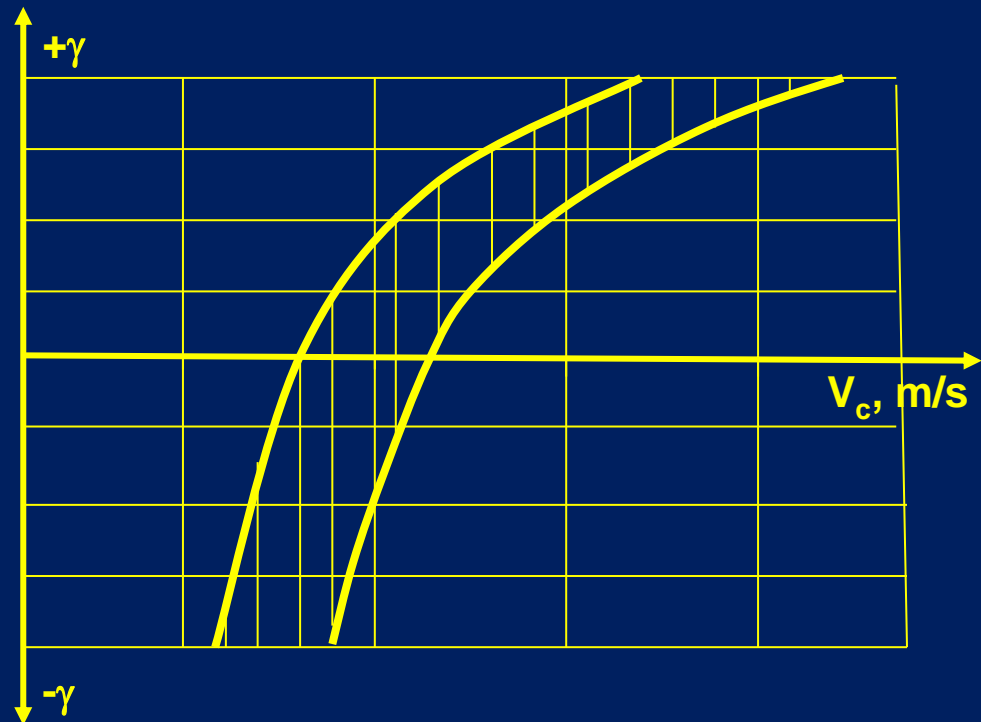
**Naljepak (BUE)**



## Područje stvaranja naljepka (naslage)

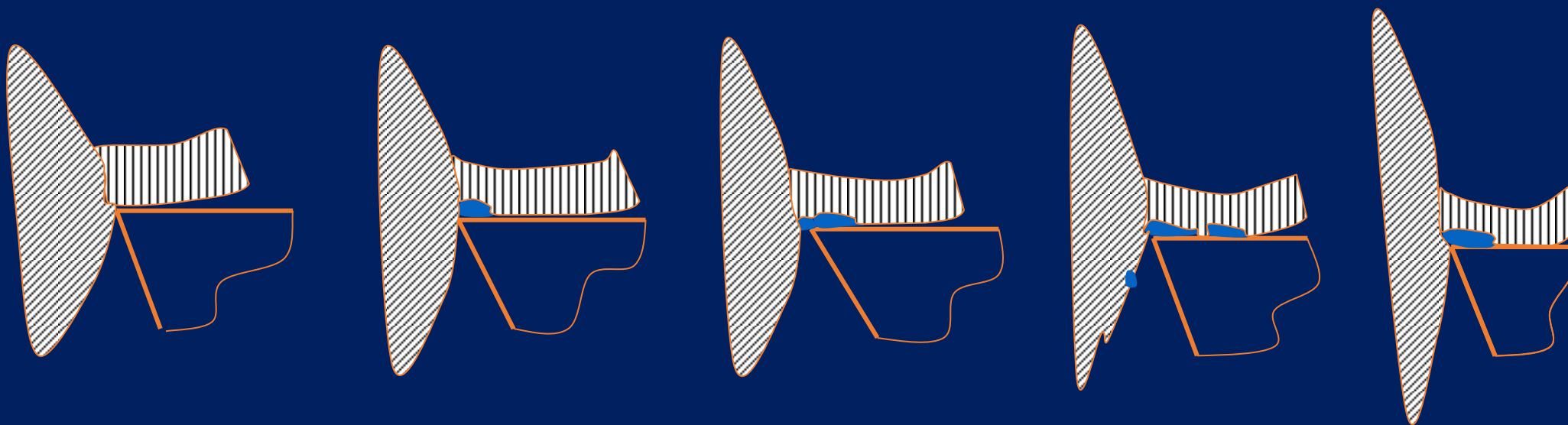
### U kojim uvjetima nastaje naljepak ?

**BUE**





## Naljepak (naslaga) – BUE – faze nastajanja



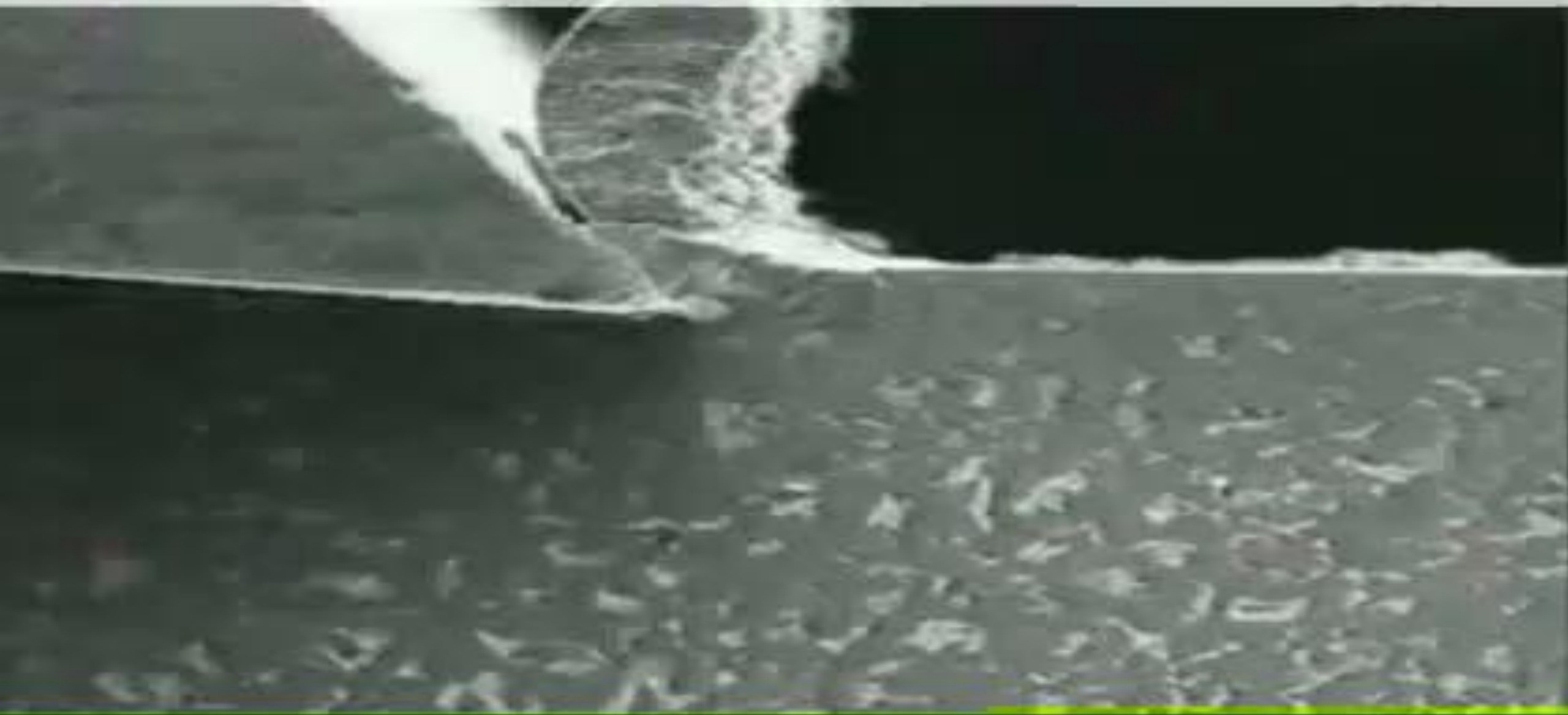
Formiranje i kidanje naljepka

## Naljepak kod obrade Al - posljedice na alatu i obratku

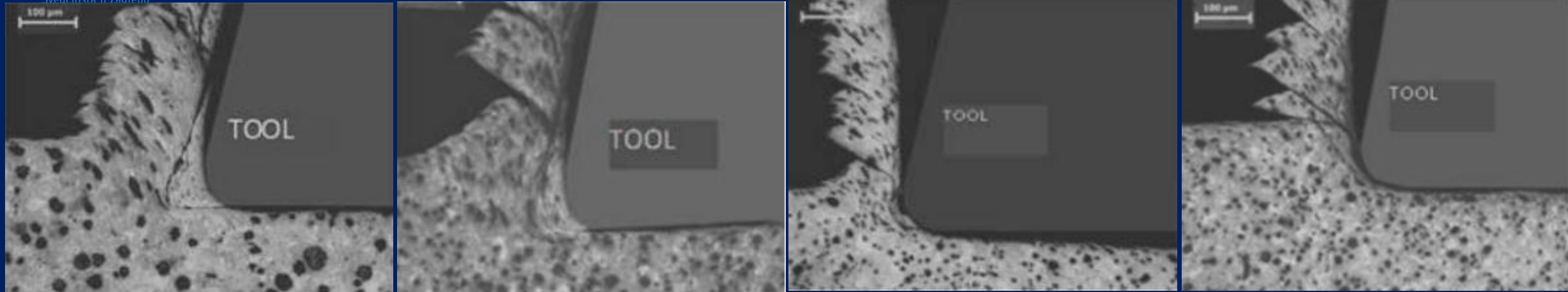


10.10.2014

balzers



**Utjecaj brzine na naljepak i oblik odvojene čestiuice pri obradi  
izotermno poboljšanog nodularnog lijeva**



**Vc=20 m/min**

**Vc=40 m/min**

**Vc=87 m/min**

**Vc=121 m/min**



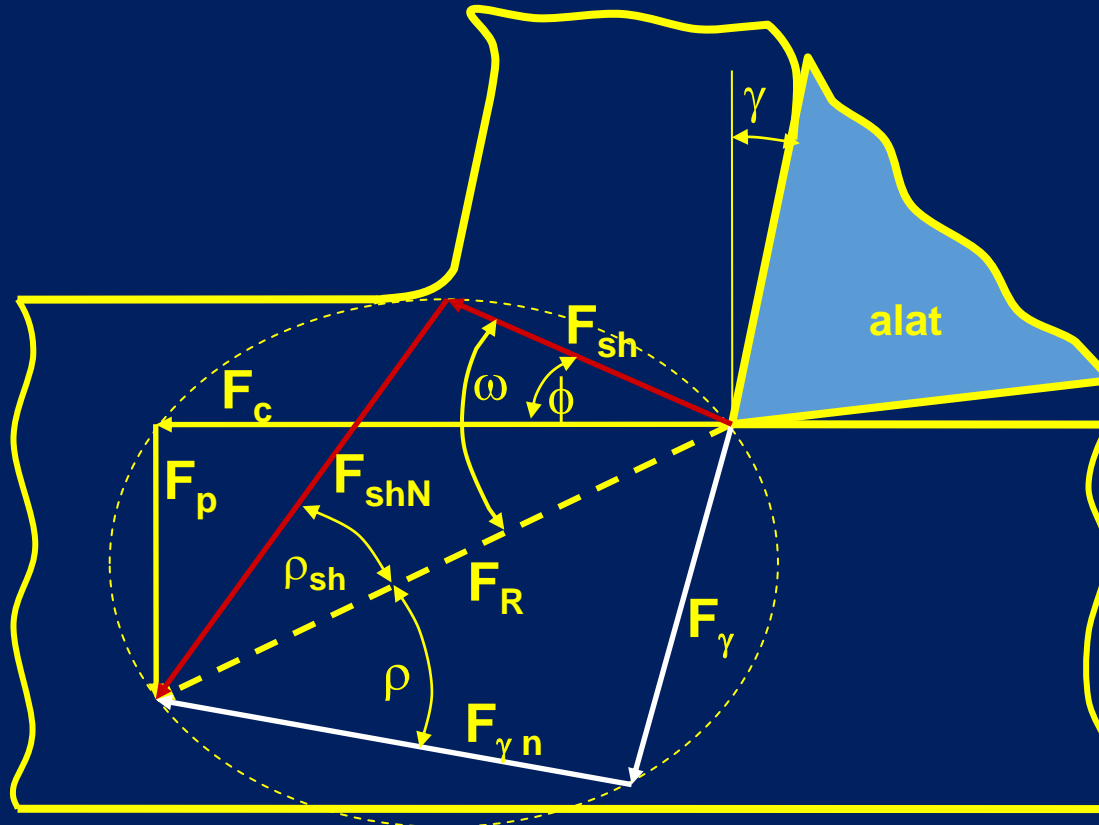
**Vc=20 m/min**

**Vc=57 m/min**

**Vc=125 m/min**

**Vc=200 m/min**

## SILE REZANJA (Merchant) - ortogonalno rezanje



$$\vec{F}_R = \vec{F}_c + \vec{F}_p$$

$F_c$  - glavna sila rezanja

$F_p$  - pasivna (natražna) sila

$$\vec{F}_R = \vec{F}_\gamma + \vec{F}_{\gamma N}$$

$F_\gamma$  - tangencijalna sila na p.p.a.

$F_{\gamma N}$  - normalna sila na p.p.a.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{sh} + \vec{F}_{shN}$$

$F_{sh}$  - tang. sila u ravnini smicanja

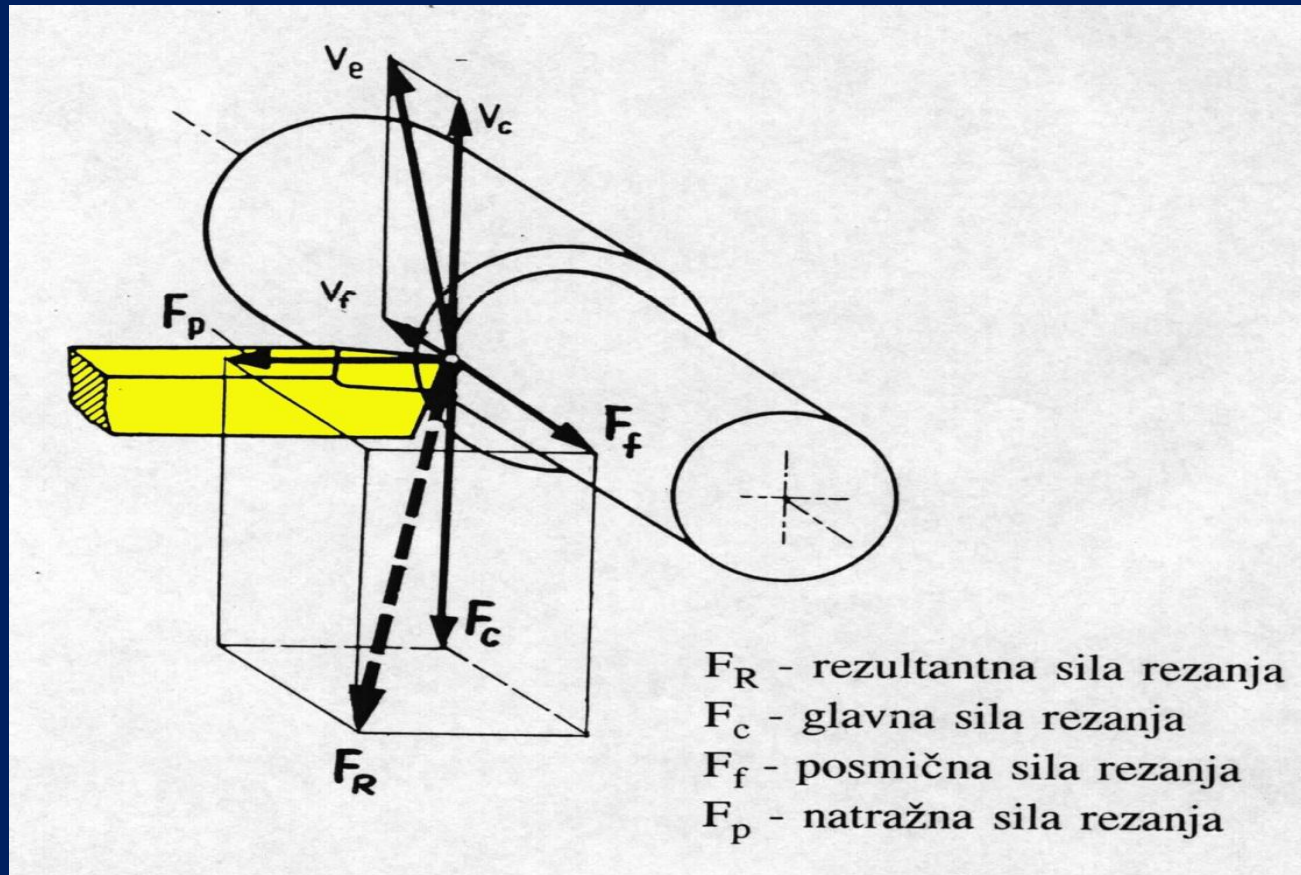
$F_{shN}$  - norm. sila u ravnini smicanja

$$\mu = \operatorname{tg} \rho = \frac{F_\gamma}{F_{\gamma N}}$$

$$\mu_{sh} = \operatorname{tg} \rho_{sh} = \frac{F_{sh}}{F_{shN}}$$



## Sile rezanja – koso rezanje



$$\vec{F}_R = \vec{F}_c + \vec{F}_f + \vec{F}_p$$

$$F_R = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2}$$



## Sile rezanja – Kienzle-ov model

Sile rezanja važne su u fazi projektiranja strojeva i procesa.

Nema jedinstvene specifične sile ovisne samo o materijalu obratka, već ona ovisi i o parametrima obrade, geometriji alata, ...

$$k_c = \frac{F_c}{A} \neq \text{konst} = f(\text{mat. obratka, parametri obrade, geom. alata, ...})$$

$$k_c = \frac{k_{c1x1}}{h^m}$$

$$F_c = k_c b h = k_{c1x1} b h^{1-m}$$

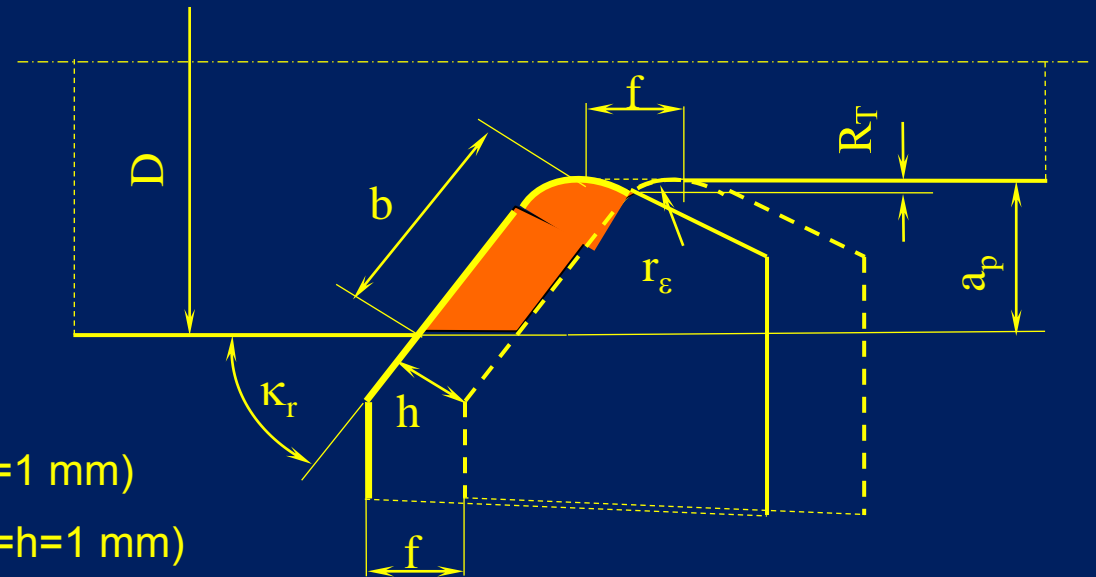
$$F_f = k_{f1x1} b h^{1-x}$$

$$F_p = k_{p1x1} b h^{1-y}$$

$k_{c1x1}$ - specifična glavna sila (dobije se pri  $b=h=1$  mm)

$k_{f1x1}$ - specifična posmična sila (dobije se pri  $b=h=1$  mm)

$k_{p1x1}$ - specifična pasivna sila (dobije se pri  $b=h=1$  mm)





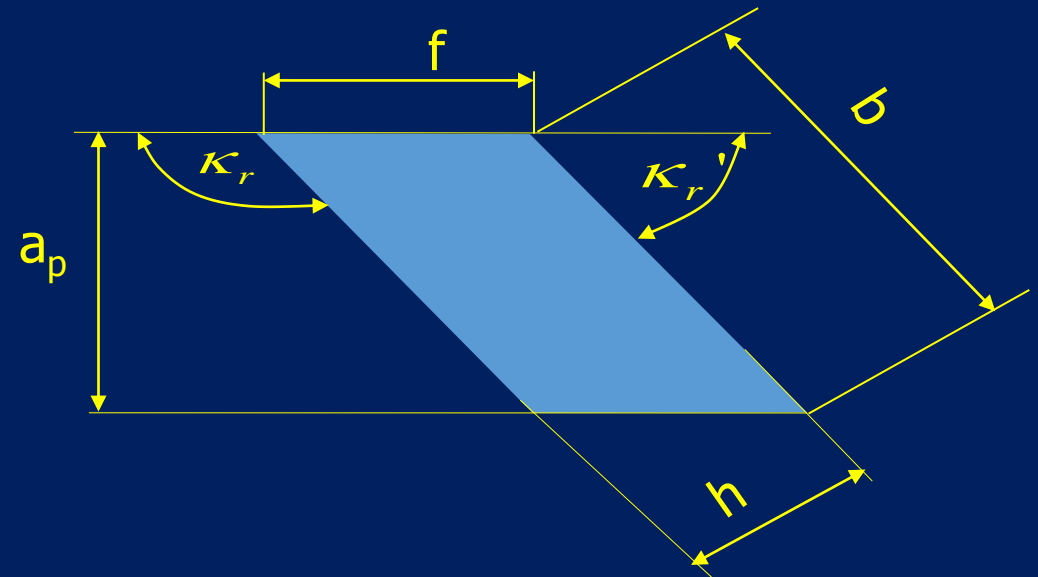
## Sile rezanja – Kienzle-ov model

Utjecaj kuta namještanja,  $K_r$ , na sile rezanja (omjer i iznos) pri istom presjeku obrade.

Pored specifične sile, presjeka i debljine odvojene čestice, na sile rezanja utječu i drugi faktori što se kvantificira koeficijentima (faktorima utjecaja), a među njima su najvažniji:

$$F_c = A_0 k_{c1x1} k_v k_\gamma k_w k_t$$

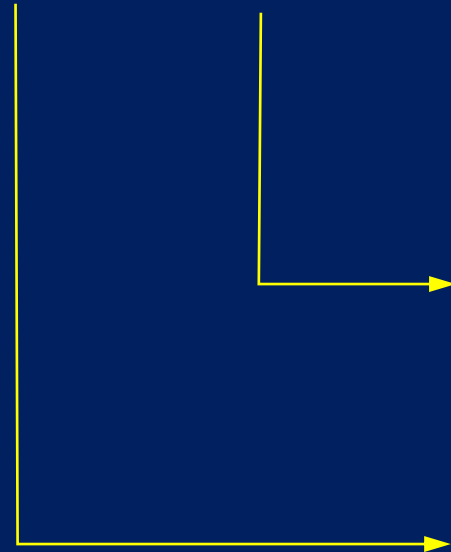
$$F_c = A_0 k_c, \quad k_c = k_{c1x1} k_v k_\gamma k_w k_t$$





## Rad kod procesa obrade odvajanjem

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \approx W_1 + W_2$$



Rad potreban za  
savladaVnje trenja  
 $\approx 15-30\%$

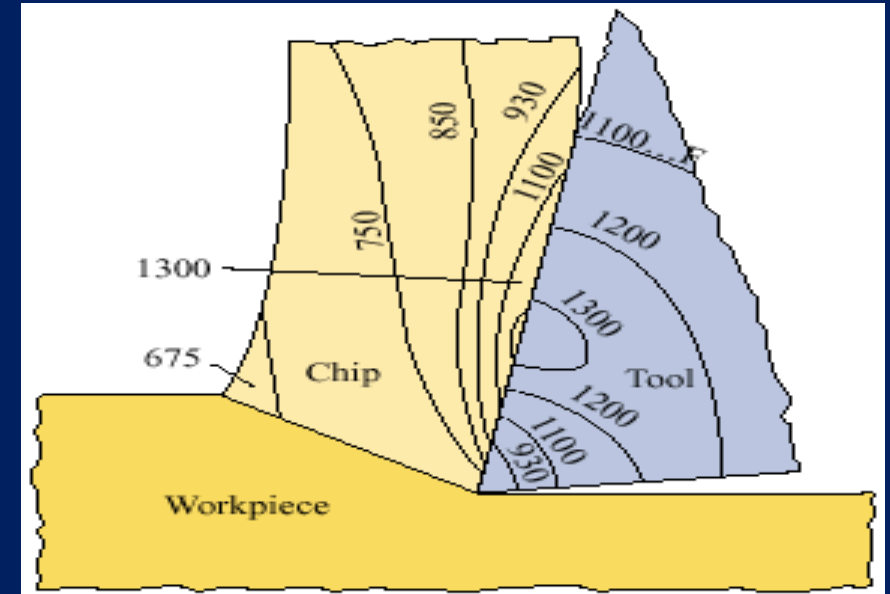
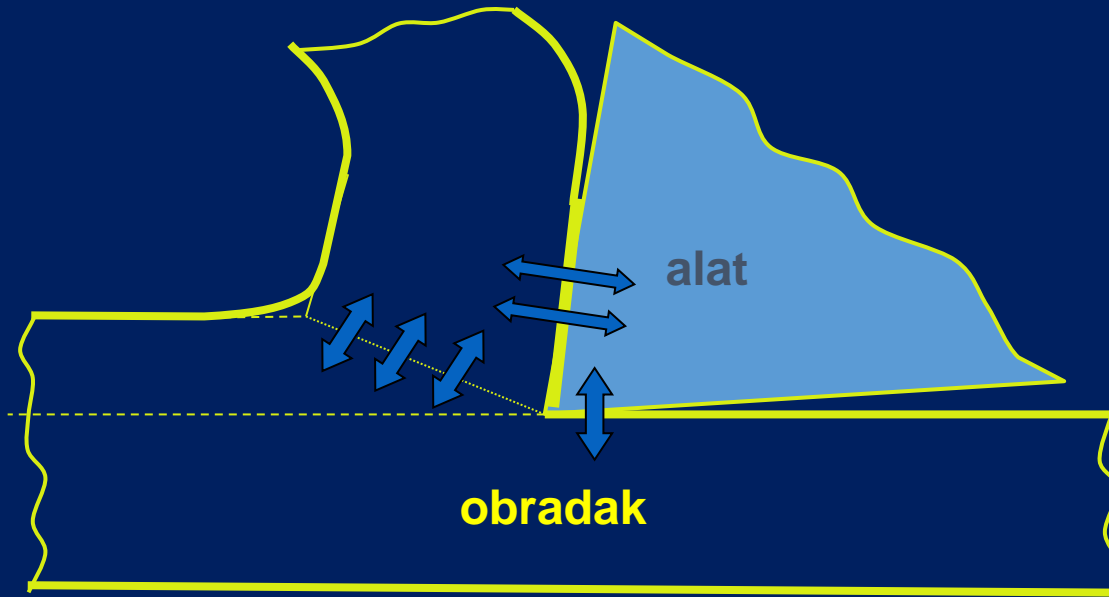
Rad potreban za deformaciju  
i formiranje odvojene čestice  
 $\approx 70-85\%$



## Toplinske pojave kod procesa obrade odvajanjem

Uz pretpostavku da nema gubitaka

$$Q = F \cdot v \cdot t$$

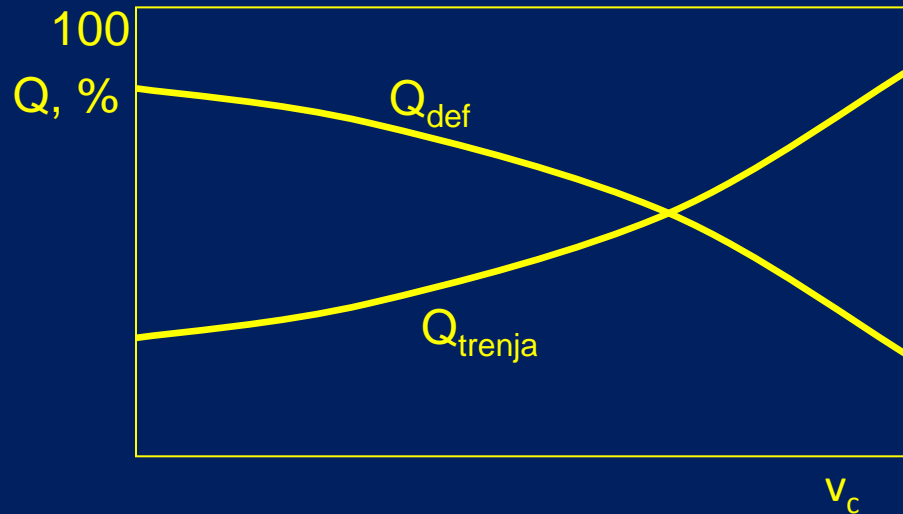


Glavni izvori topline:

- $Q_d$ , deformacija i
- $Q_{tr}$ , trenje na prednjoj i trenje na stražnjoj površini alata



## Toplinske pojave kod procesa obrade odvajanjem-raspodjela

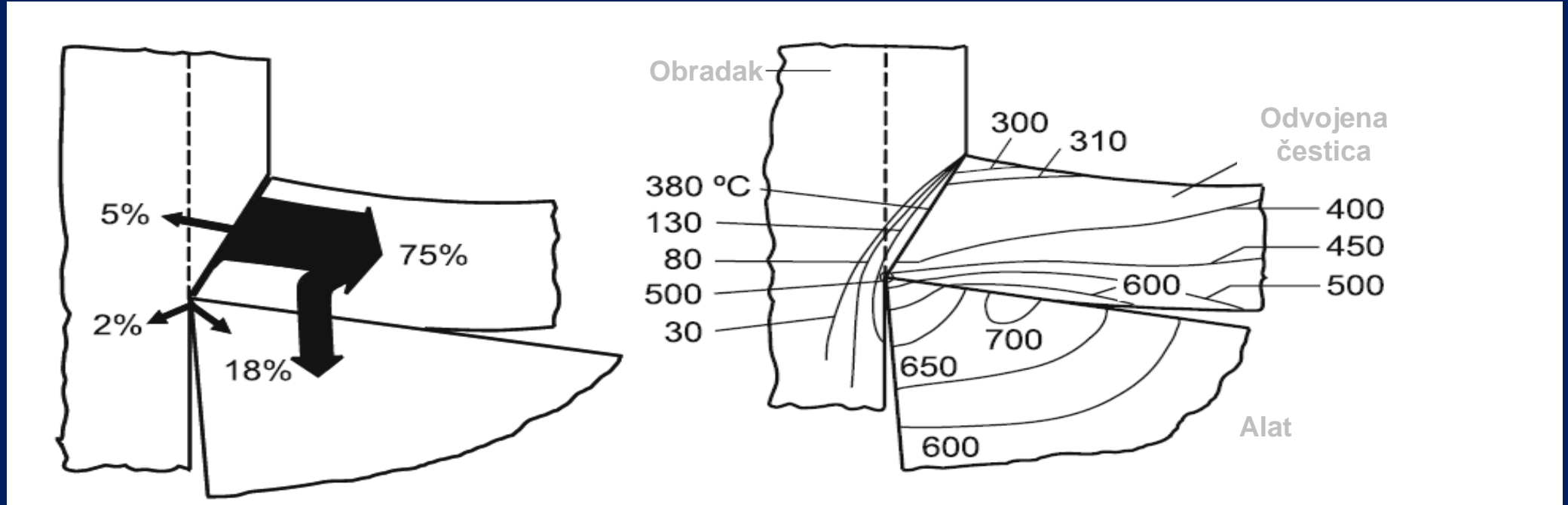


$$Q = Q_d + Q_{tr}$$



$$Q = Q_{oč} + Q_{al} + Q_{ob}$$

## OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM Obrada odvajanjem



**Raspodjela topline između obratka,  
odvojene čestice i alata pri obradi  
čelika prema Kronenbergu i Viereggeu**

**Materijal obratka:**

**čelik**

**Čvrstoća:**

**850 N/mm<sup>2</sup>**

**Materijal alata:**

**HW-P20**

**Brzina rezanja:**

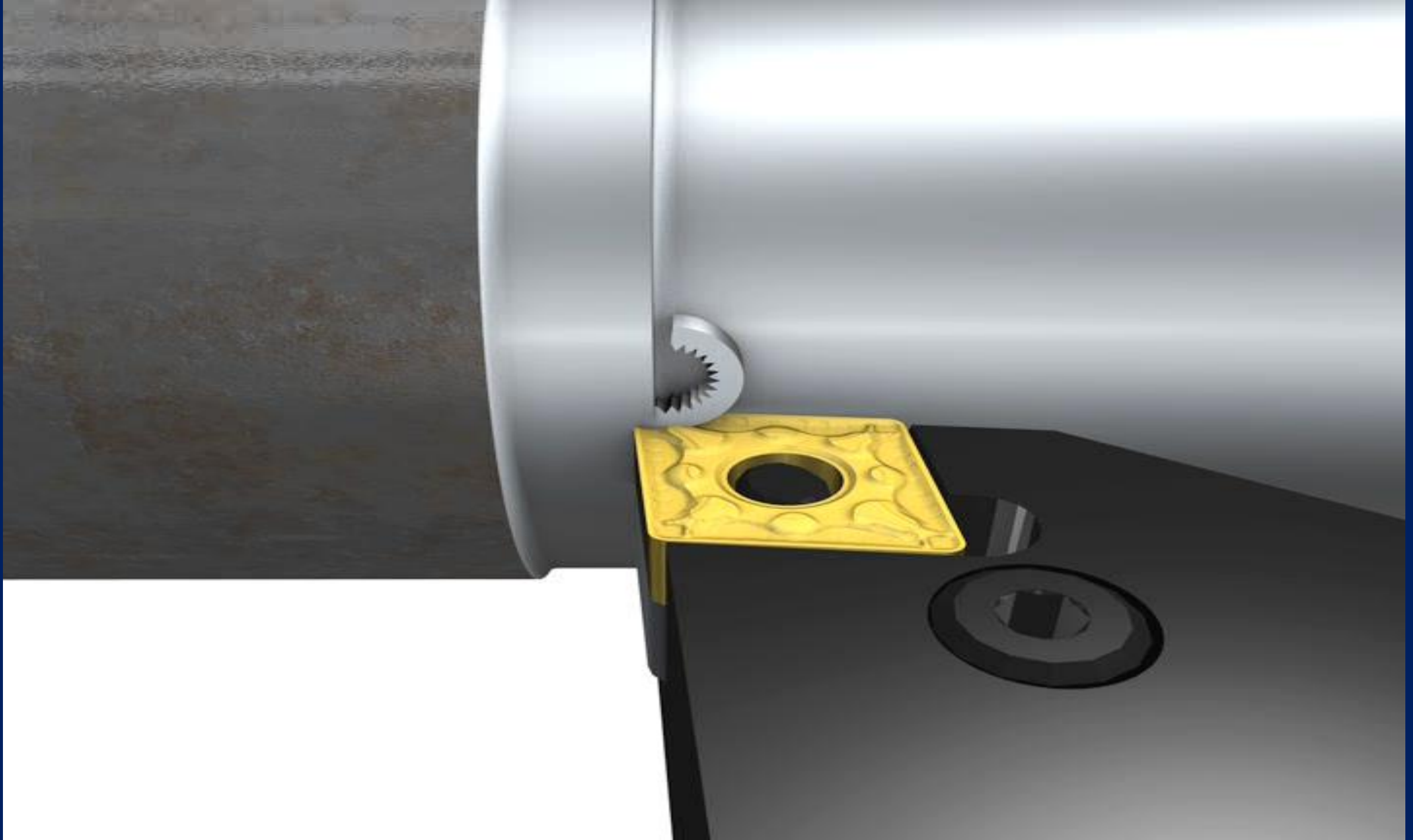
**$v_c=60$  m/min**

**Debljina rezanja:**

**$h=0,32$  mm**

**Kut prednje površine:**

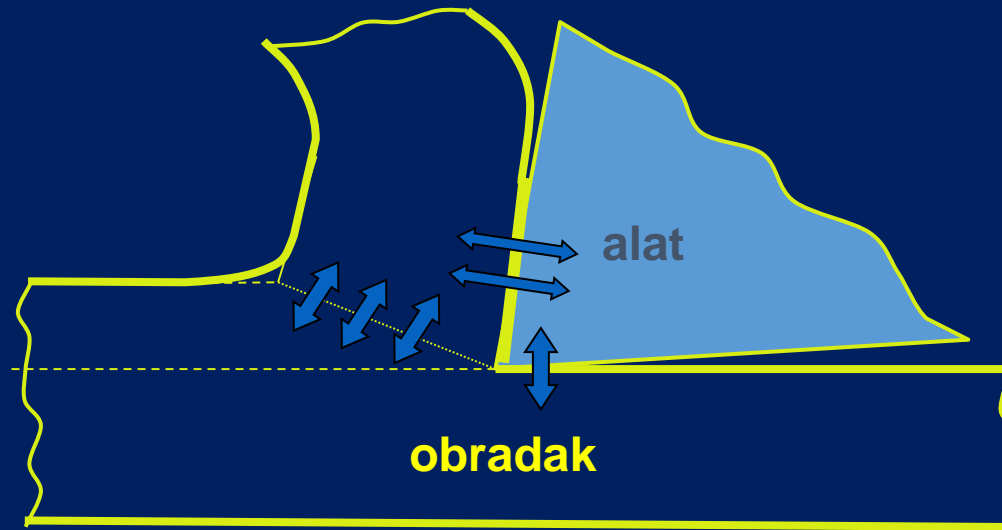
**$\gamma_o=10^\circ$**







## Toplinske pojave kod procesa obrade odvajanjem - bilanca



### Toplinska bilanca

$$Q_d + Q_{tr} = Q_{oč} + Q_{al} + Q_{ob}$$



## **SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje**

### **Svrha uporabe (učinci) ili tehnološke funkcije SHIP-a**

1. Podmazivanje površina alata na kojima se razvija trenje.
2. Hlađenje alata i obratka, čime se sprečava povećanje temperature i usporava proces trošenja alata (ili omogućuje obrada većim brzinama)
3. Odvođenje (ispiranje) odvojenih čestica i prašine s alata i obratka, čime se smanjuje trošenje alata i poboljšava kvaliteta obrađene površine.
4. Smanjenje sila rezanja.
5. Kemijska zaštita obrađene površine od štetnog djelovanja okoline (zbog toga SHIP treba imati antikorozijska svojstva).



## Prednosti korištenja SHIP-a

- Poboljšanje kvalitete dijelova (odvodi toplinu i o.č.)
- Smanjuje troškove alata (dulji vijek trajanja)
- Povećava brzine rezanja i posmične brzine
- Poboljšanje kvalitetu obrađene površine (ispiranje)
- Sprječavanje korozije

U emulzije treba dodavati aditive kako bi se postigao antibakterijski učinak, odnosno spriječio rast bakterija.



## SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje

### Vrste SHIP-a

- Tekućine koje imaju primarno svojstvo hlađenja, a sekundarno (samo djelomično) svojstvo podmazivanja. U ovu skupinu spadaju vodeni rastvori (vodene emulzije).
- Tekućine koje imaju primarno svojstvo podmazivanja, a sekundarno (samo djelomično) svojstvo hlađenja. U ovu skupinu spadaju mineralna, biljna i životinjska ulja, petrolej i sl.



## **SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje**

### **Napomene**

Razvijaju se “suhe” obrade (DRY machining) i obrade s minimalnom upotrebom SHIP-a (NEAR DRY machining, MQC i MQL).

Sve više pažnje posvećuje se SHIP-u u smislu zaštite okoliša. Bez obzira na povoljno djelovanje na postojanost alata, SHIP-ovi s dodacima Cl se više ne upotrebljavaju zbog dokazanog kancerogenog djelovanja na čovjeka.

U sredinama koje su, u smislu zaštite primjereno organizirane, odvojena čestica se prije deponiranja (prije nego “napušta” pogon), a u cilju reciklaže, mora ispirati, a SHIP-ovi se moraju na odgovarajući način zbrinjavati (biorazgradivost).



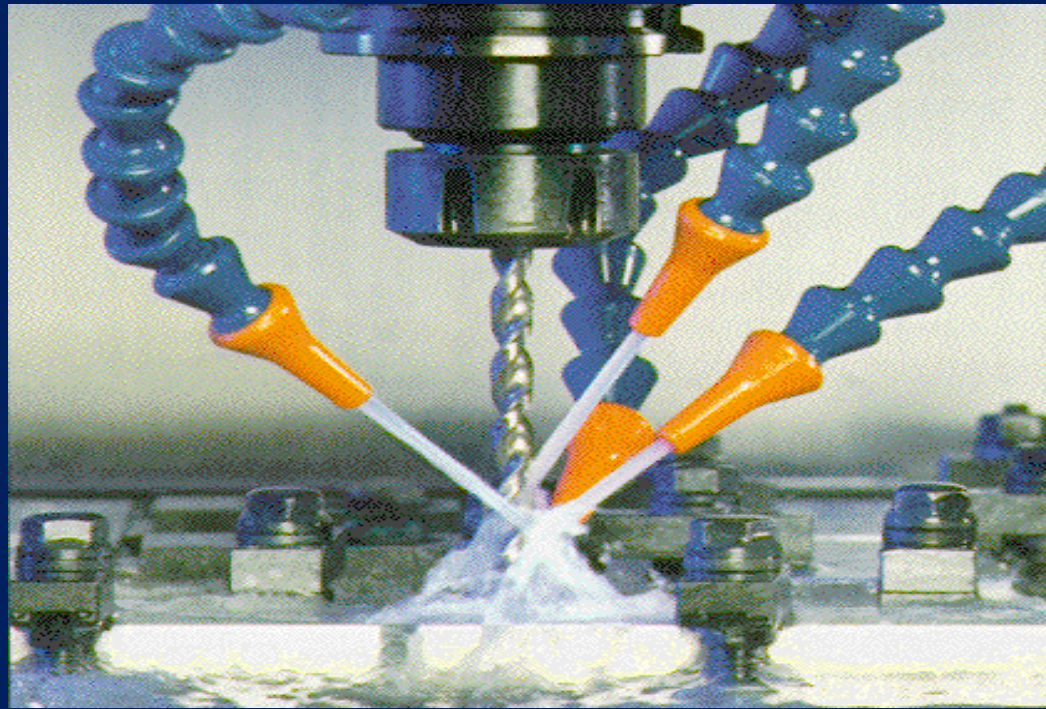
## SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje

### Način dovodjenja SHIP-a

- Slobodni mlaz
- Pod niskim tlakom
- Pod visokim tlakom (zahtijeva zaštitu radnog prostora)
- U struji stlačenog zraka (sve češće)

Hlađenje uvijek treba biti ravnomjerno;  
hlađenja treba početi prije prvog kontakta alata i obratka;  
SHIP treba dovesti na pravu lokaciju.

## SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje



OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM  
Obrada odvajanjem

**Hlađenje kroz alat**





# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem



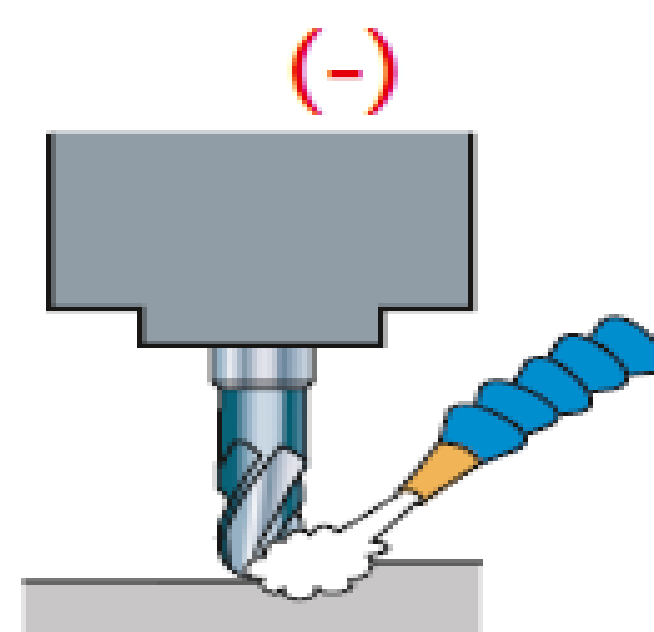
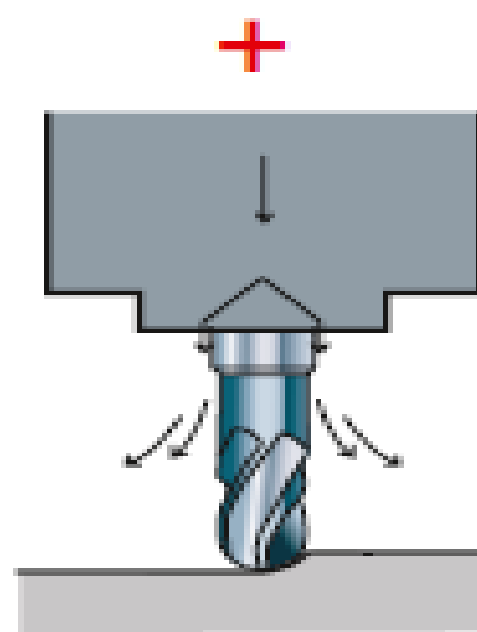
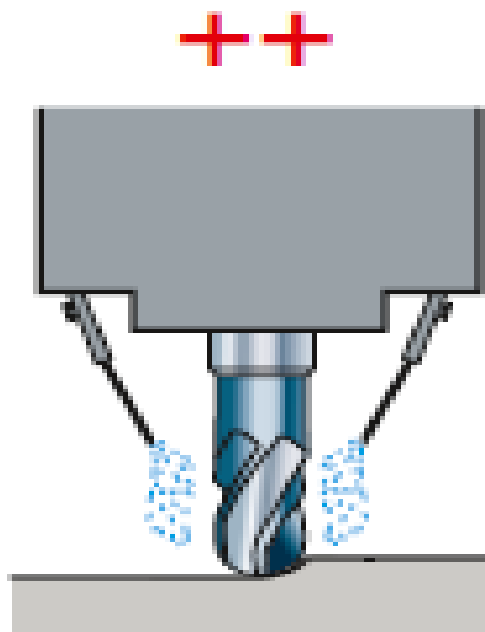
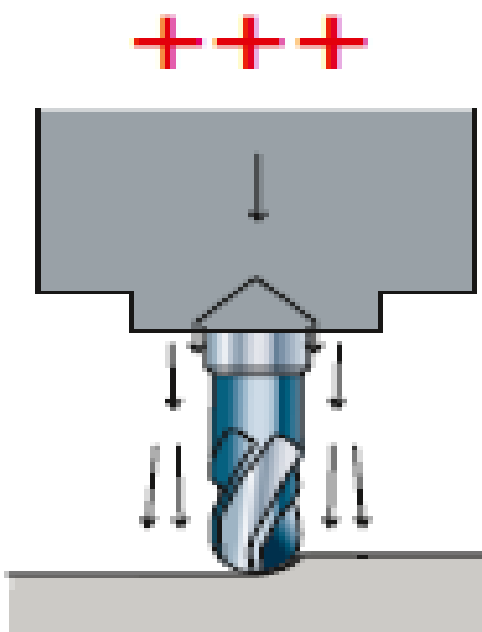
FSB ZAGREB, PROIZVODNO INŽENJERSTVO, OD I OO

## SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje

Stlačeni zrak

Uljna „magla“

SHIP



Kada je dovoljno minimalno  
hlađenje

Obilna količina SHIP  
„iznutra“

Obilna količina SHIP  
„izvana“

# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem





# Problem free machining with high pressure coolant



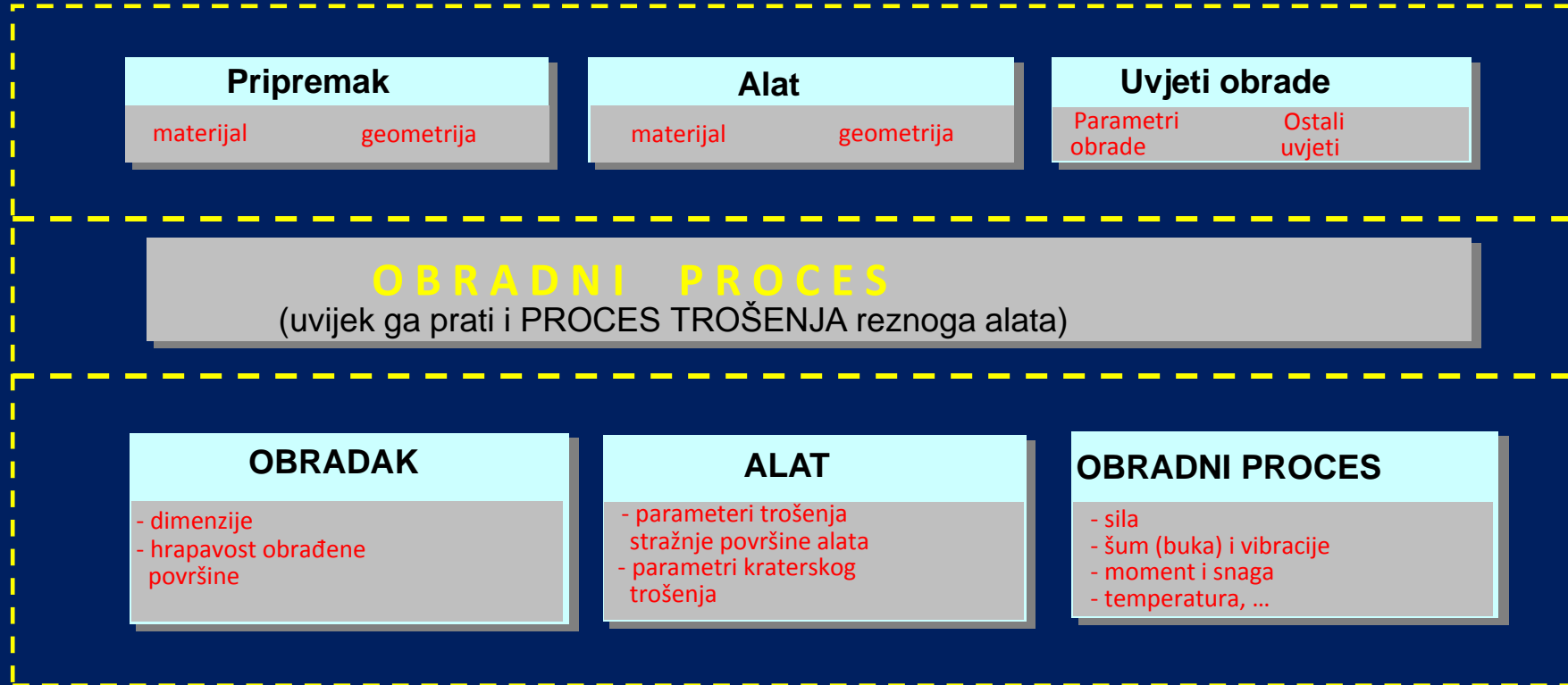
## Trošenje i postojanost oštrice reznih alata

Sve procese obrade odvajanjem neizbježno prati i proces trošenja oštrice reznog alata. Proces obrade je determiniran ulazima, odnosno međusobnim odnosom ulaznih veličina, a kao jedna od posljedica opterećenja kojima je alat izložen tijekom procesa obrade, nastaje i proces trošenja. Ulazni parametri mogu se podijeliti u tri skupine:

- **parametri vezani uz pripremak,**
- **parametri vezani uz alat i**
- **parametri vezani uz uvjete obrade**

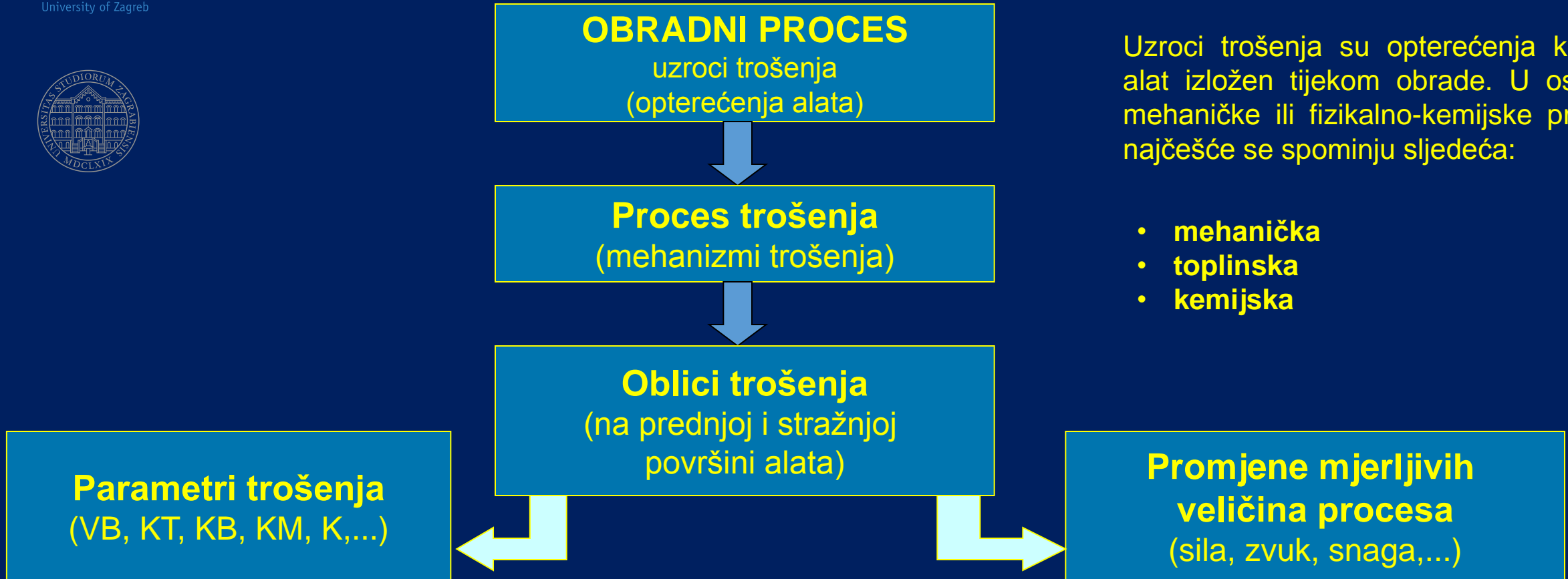


## Trošenje i postojanost oštrice reznih alata





## Uzročno-posljedični lanac trošenja alata

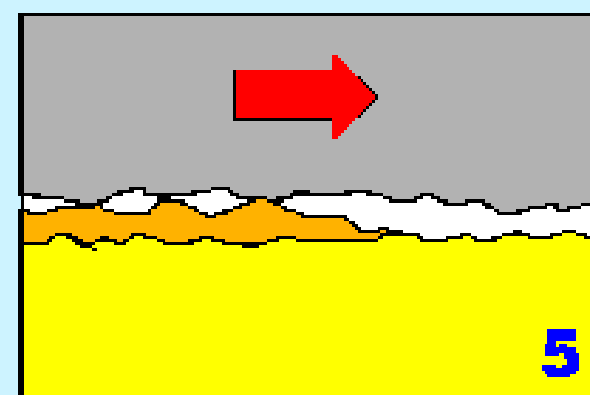
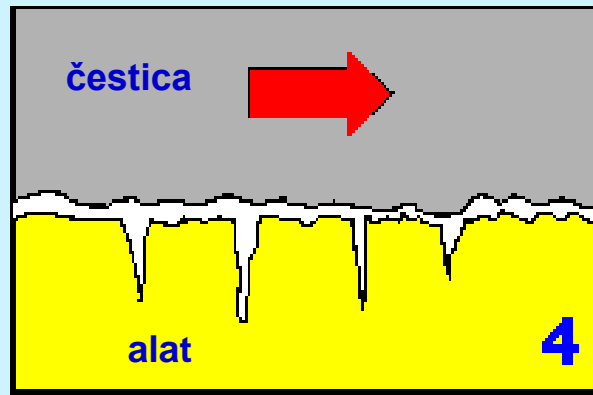
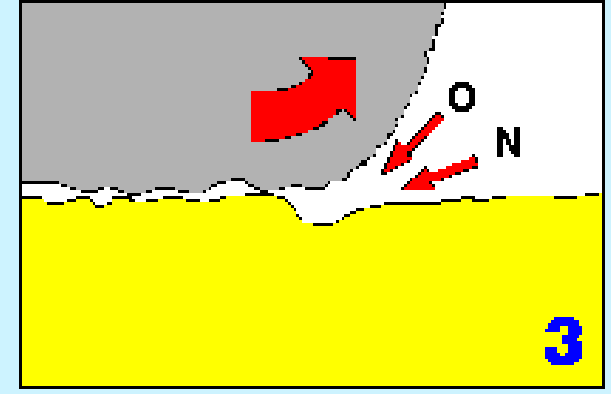
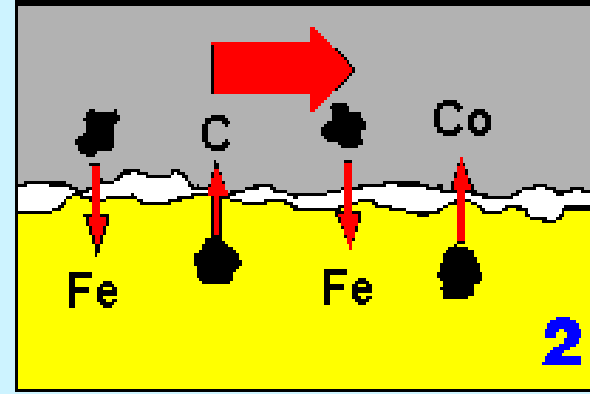
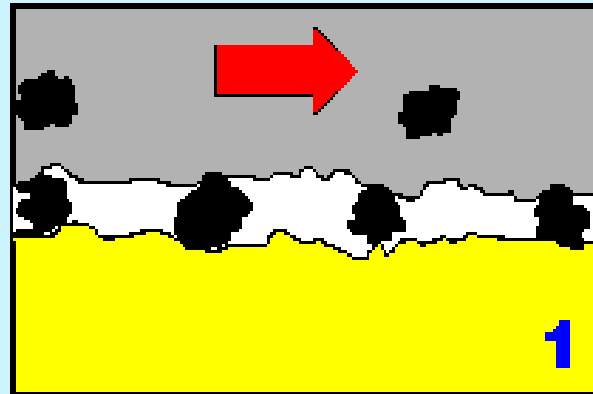


Uzroci trošenja su opterećenja kojima je alat izložen tijekom obrade. U osnovi su mehaničke ili fizikalno-kemijske prirode, a najčešće se spominju sljedeća:

- mehanička
- toplinska
- kemijska



## Mehanizmi trošenja

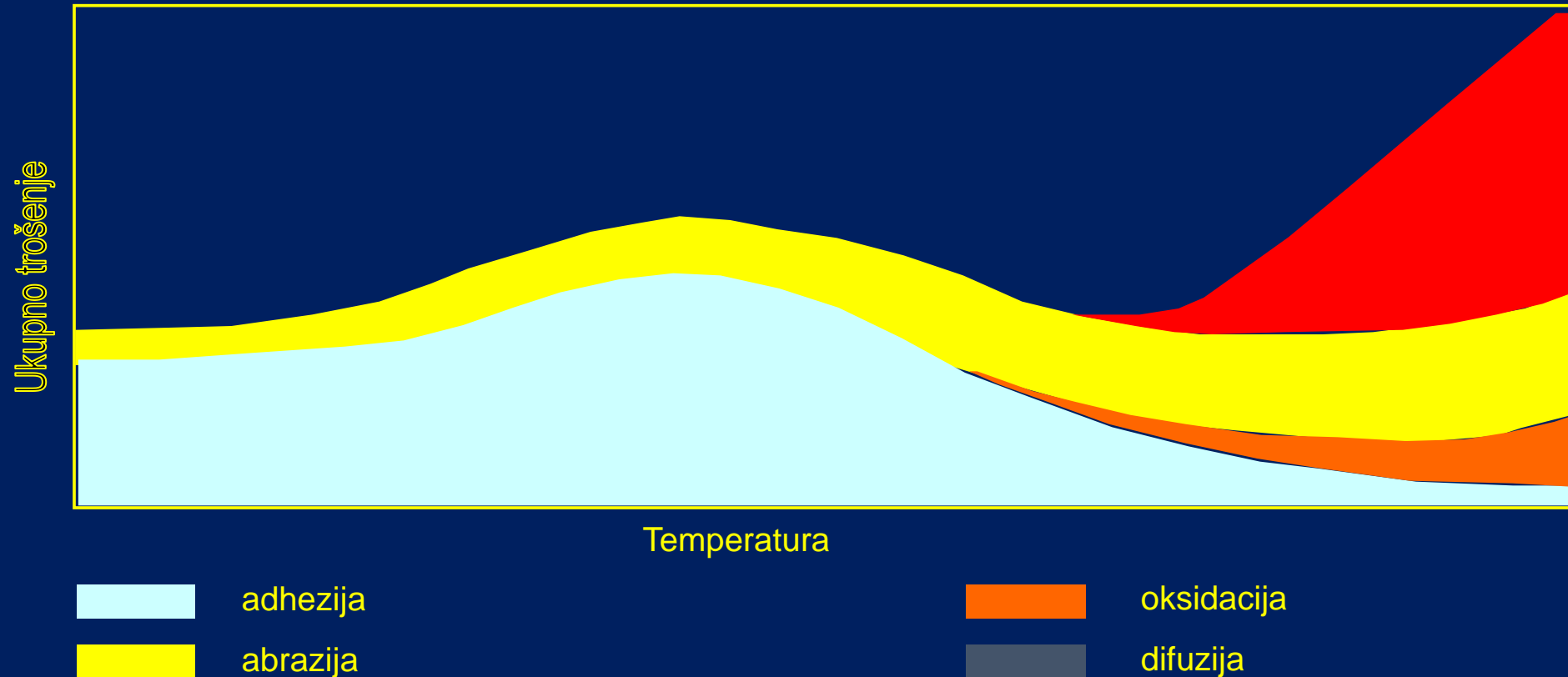


1. Abrazijsko trošenje
2. Difuzijsko trošenje
3. Oksidacijsko trošenje
4. Zamor
5. Adhezijsko trošenje
- 5 Adhesion wear





## Udjeli procesa trošenja u ukupnom trošenju



Kvalitativni udio pojedinog procesa trošenja u ukupnom trošenju ovisno o temperaturi

## OBLICI TROŠENJA

Trošenje stražnje površine



**Uzroci:** Prevelika brzina obrade i nedovoljna otpornost na trošenje

**Preporuka:** Smanjiti brzinu obrade, odabrati alat otporniji na trošenje

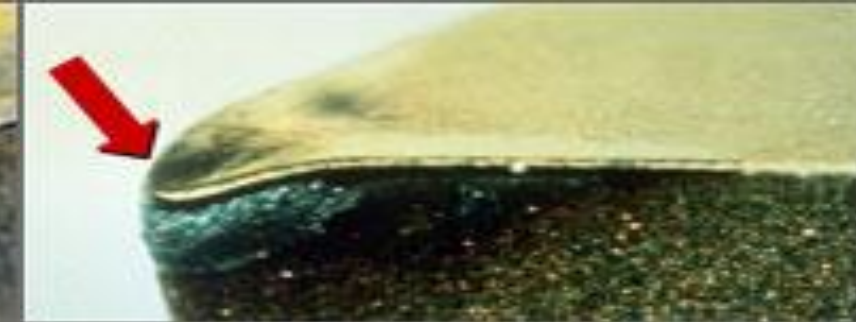
Kratersko trošenje



**Uzroci:** Previsoke temperature obrade

**Preporuka:** Smanjiti brzinu obrade, odabrati alat otporniji na trošenje ( $Al_2O_3$  prevalka)

Plastična deformacija



**Uzroci:** Previsoke temperature u kombinaciji s visokim tlakovima

**Preporuka:** Odabrati tvrdi alat, smanjiti brzinu i posmak

## OBLICI TROŠENJA

Naljepak na p.p.a. (BUE)



**Uzroci:** Premala brzina obrade, neodgovarajući alat

**Preporuka:** Povećati brzinu obrade, odabrati žilaviji alat, po mogućnosti s PVD prevlakom

Krzanje (krhanje)



**Uzroci:** čestice se savijaju prema oštrici

**Preporuka:** Promijeniti posmak, odabrati alternativnu geometriju pločice

Zarežno trošenje



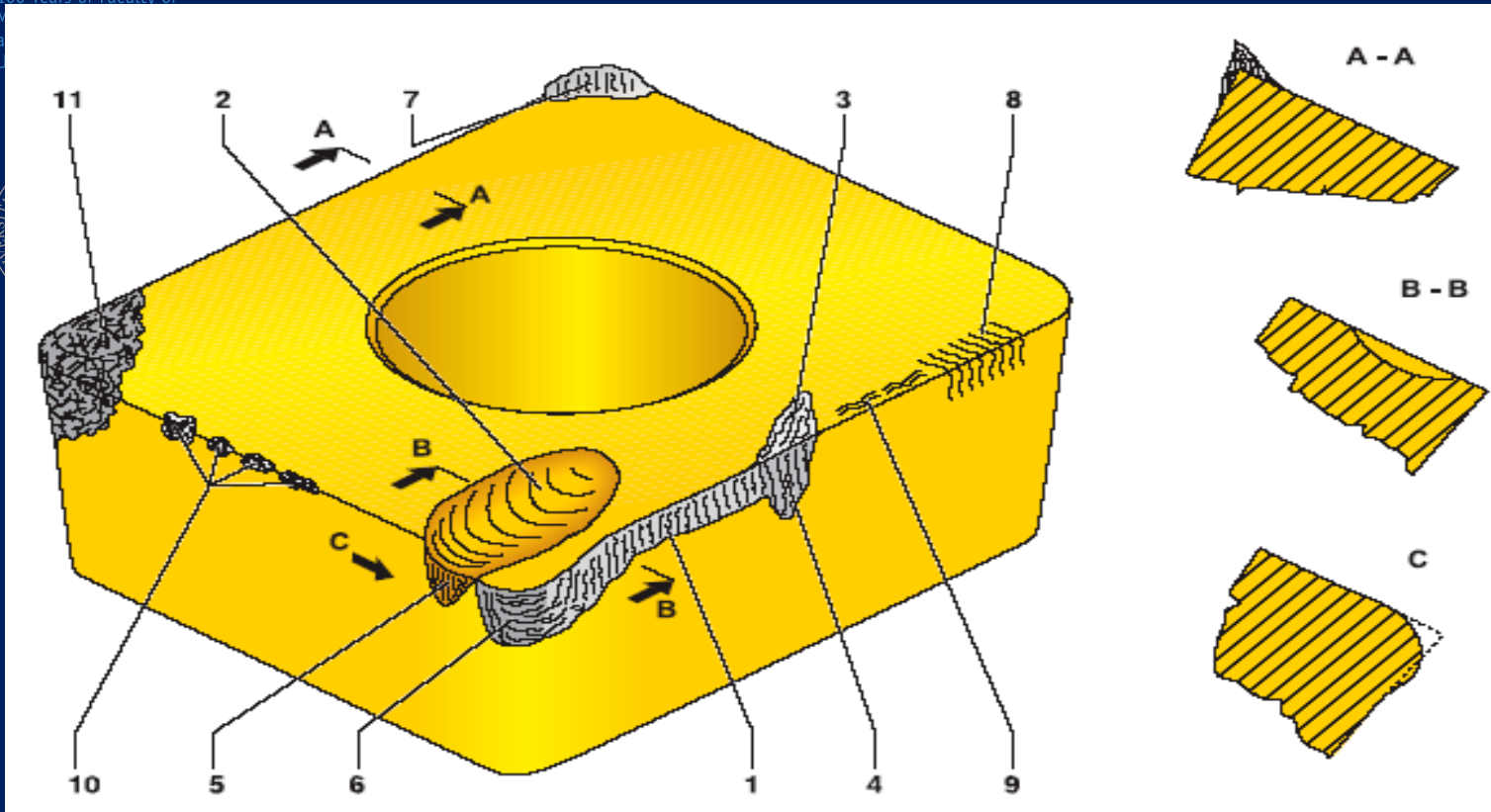
**Uzroci:** Prevelika brzina obrade ili nedovoljna otpornost na trošenje

**Preporuka:** , odabrati alat otporniji na trošenje ili smanjiti brzinu obrade

## Uobičajeni položaji i oblici trošenja reznih alata

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
University of Zagreb



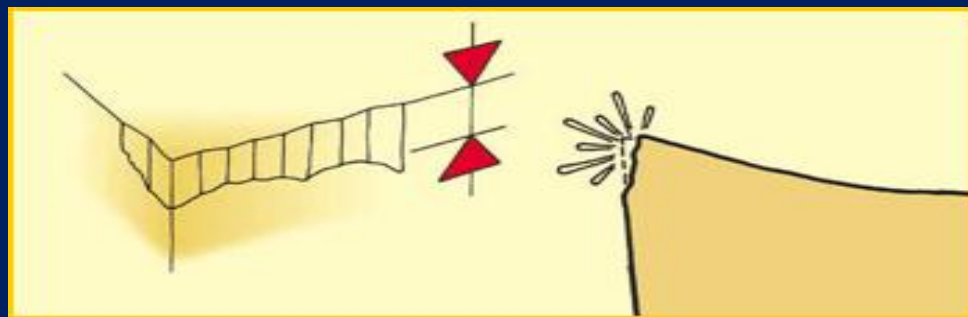
1. Trošenje stražnje površine
2. Kratersko trošenje
3. Zarezo trošenje
4. Trošenje stražnje površine max.
5. Oksidacijsko zarezo trošenje
6. Plastična deformacija
7. Najepak (BUE)
8. Toplinska napuknuća
9. Uzdužna napuknuća
10. Razgradnja oštrice
11. Lom oštrice



## Najčešći oblici i parametri trošenja reznih alata



**VB**



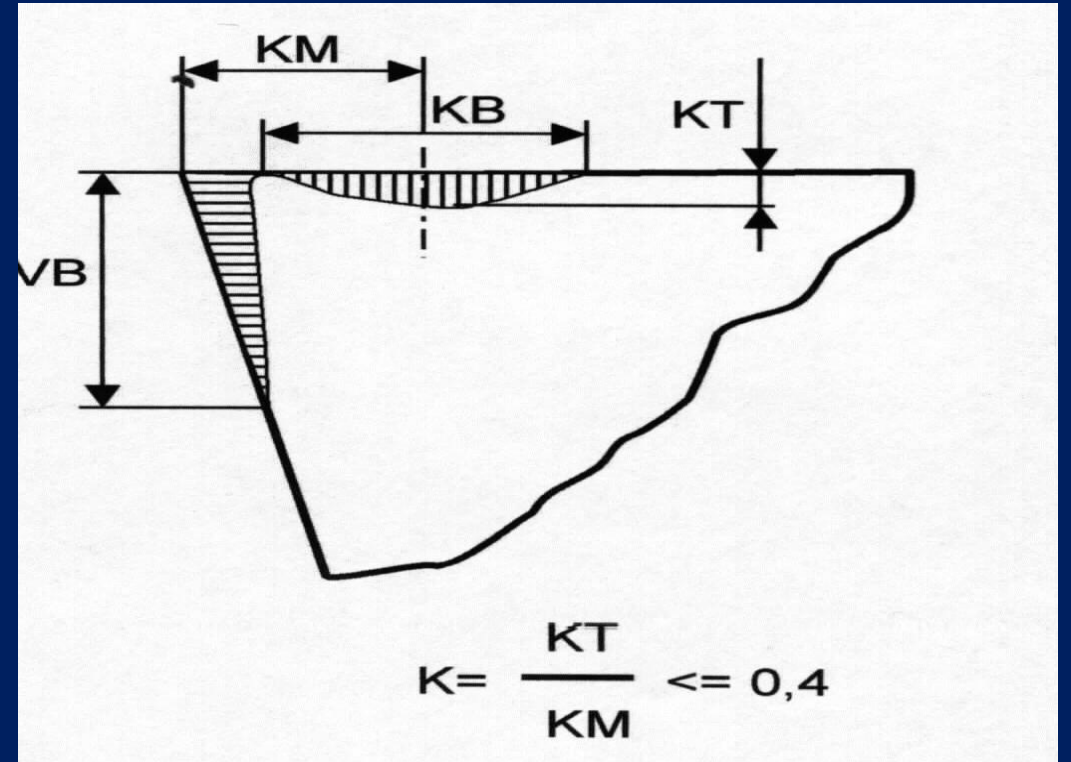
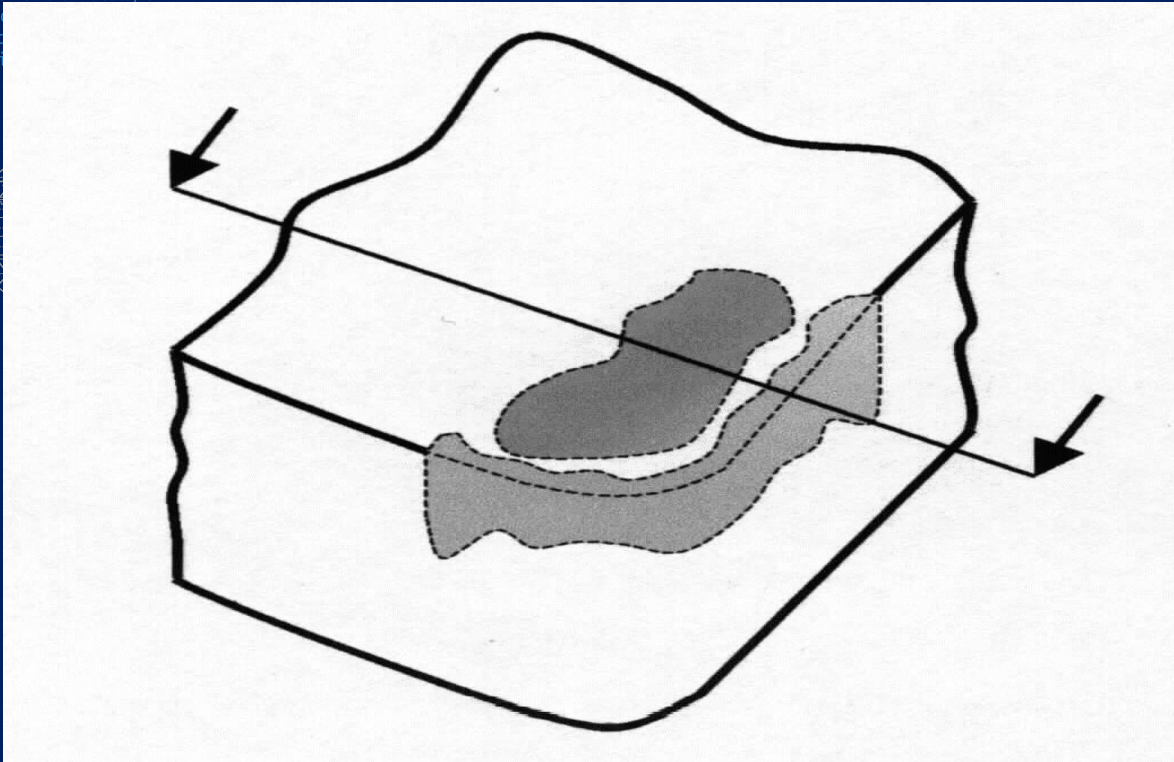
**KT**



## Parametri trošenja oštrice reznog alata

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Shipbuilding  
University of Zagreb





## Kriteriji istrošenosti oštrice reznog alata

Alat koji više ne može obavljati zahtjevanu funkciju je dosegao završetak korisnog vijeka trajanja. Kao kriteriji postojanosti mogu se (sve češće) uzeti granične vrijednosti parametara obratka (hrapavost, promjer ili općenito dimenzije) ili mjerljivih veličina procesa (sile, snaga, moment, vibracije,...)

Za ocjenu trošenja kod alata s ravnom prednjom površinom dominiraju parametri VB, VBmax, KT, KM i KB, a standardi preporučuju samo prva tri. Kod završnih obrada za nadzor trošenja preporuča se trošenje pomoćne stražnje površine,  $VB_{NS}$ , a granična vrijednost ovisi o toleranciji obratka, dok se kod grubih obrada uzimaju parametri VB i KT. Kao kriterij istrošenosti, kod završne obrade, preporuča se parametar hrapavosti obređene površine Ra.

Prema međunarodnim standardima za različite materijale alata (HSS, tvrdi metal, keramika) preporučuju se različiti kriteriji istrošenosti.



## Metode istraživanja postojanosti

Trošenje =  $f(v_c, f, a_p, SHIP, ma, mo, stroj, \dots)$

Pretpostavka: utvrditi najutjecajnije veličine

Taylor-ova istraživanja



Najutjecajniji faktor: **brzina rezanja**  $VB=f(v_c)$

Najčešće se dijele na **dugotrajne (Taylorova istraživanja)** koje su ujedno i etalon metode, i na **kratkotrajne** metode (minutna ispitivanja; ispitivanja kontinuiranim povećanjem brzine rezanja; ispitivanja višekratnim ulaskom u zahvat, ...)

Dugotrajne metode se zasnivaju na **tipskoj krivulji trošenja**.



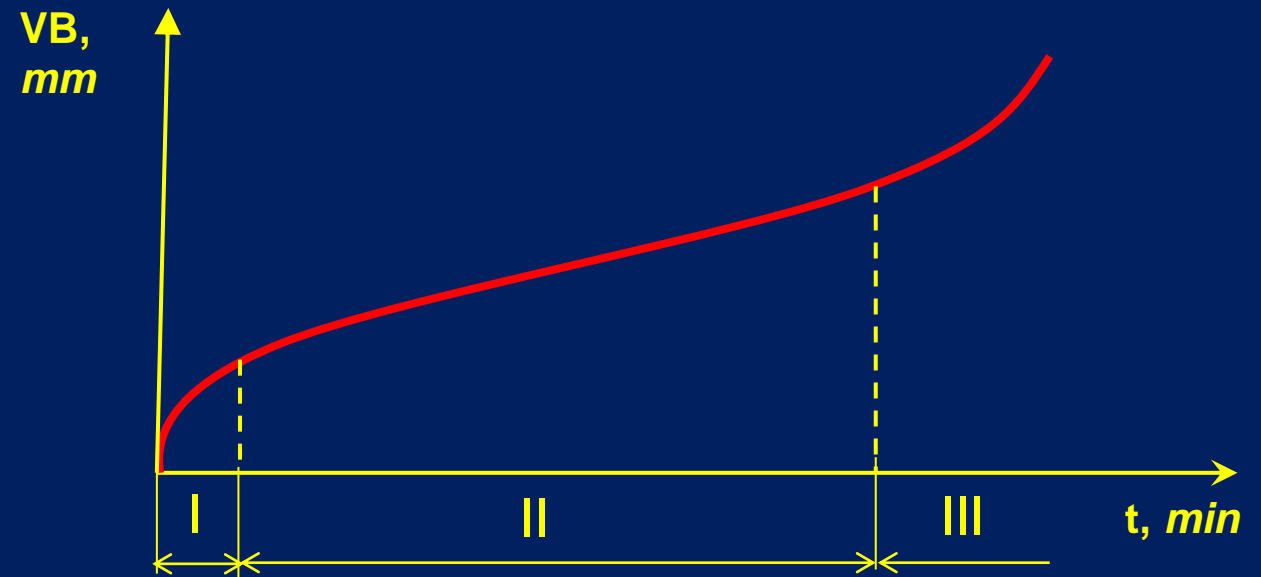


## Tipska krivulja trošenja reznih alata

Prikazuje promjenu trošenja stražnje površine alata u ovisnosti o vremenu obrade. Tipična krivulja vrijedi za određenu kombinaciju alat-obradak i pri sljedećim uvjetima obrade:

$$A = a_p \cdot f = \text{konst.}$$

$$v_c = \text{konst.}$$



I Period uhodavanja

- veliki intenzitet, ali mali iznos trošenja

II Period "normalnog" trošenja

- pravocrtna promjena trošenja u vremenu

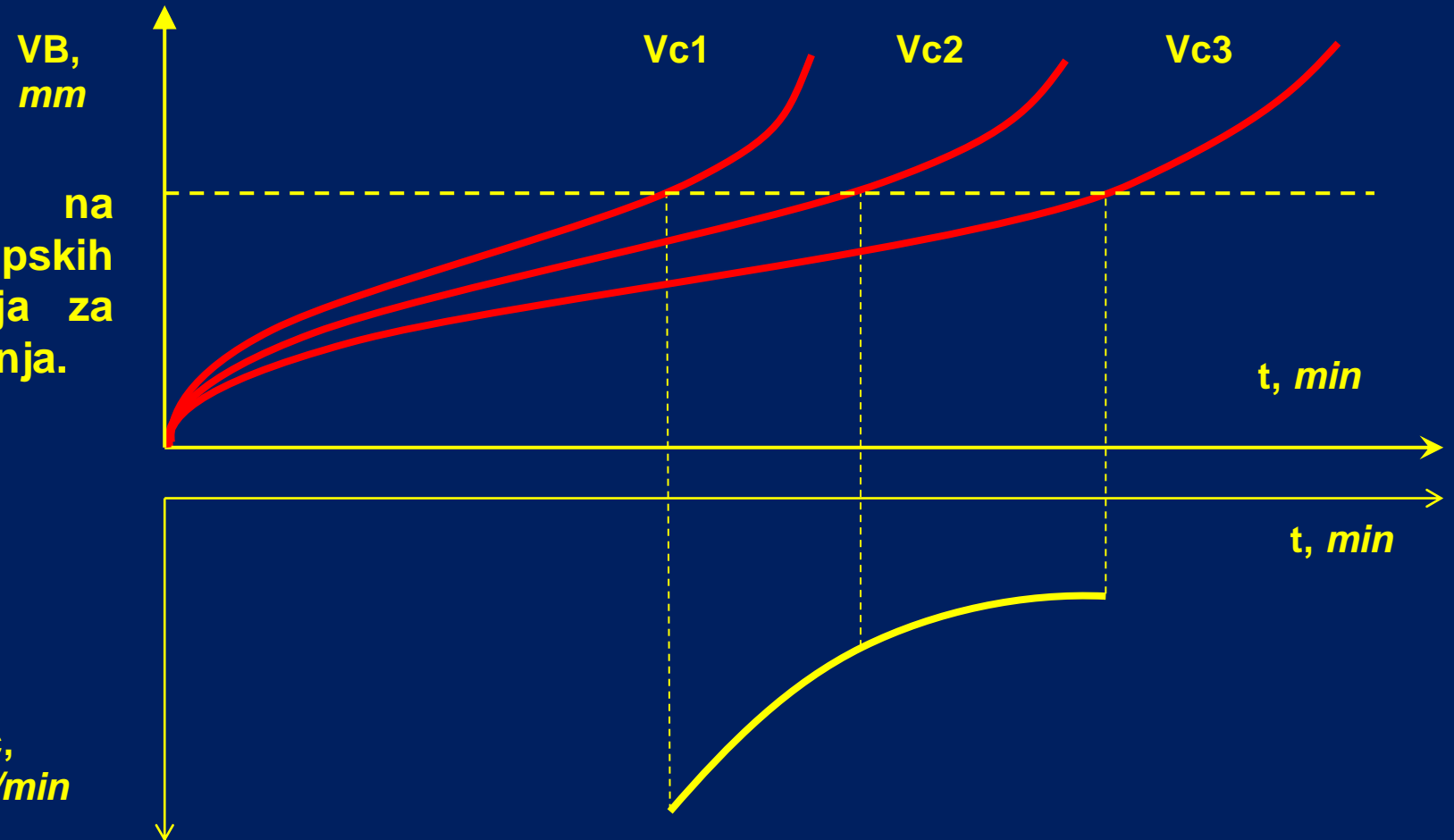
III Period naglog trošenja

- veliki porast trošenja (kraj vijeka trajanja)  
(katastrofalno trošenje)



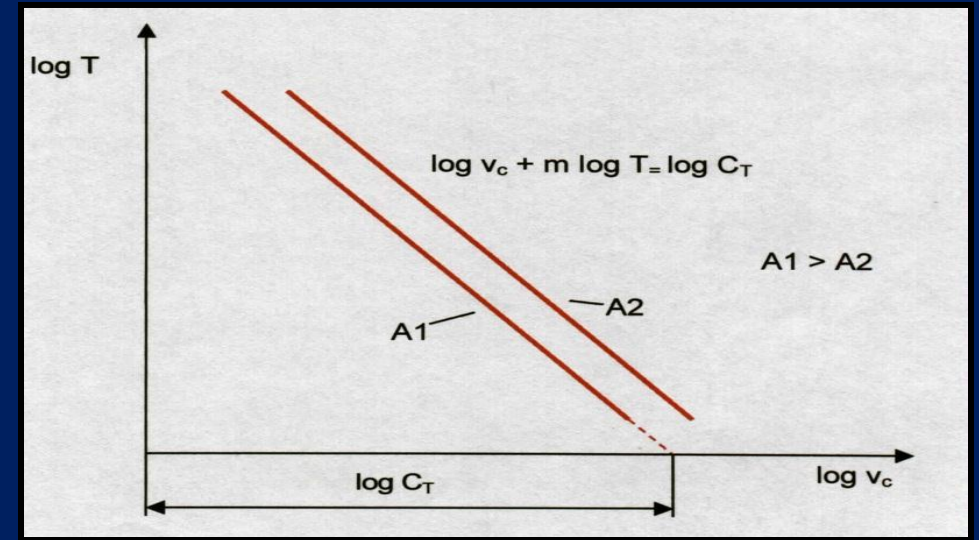
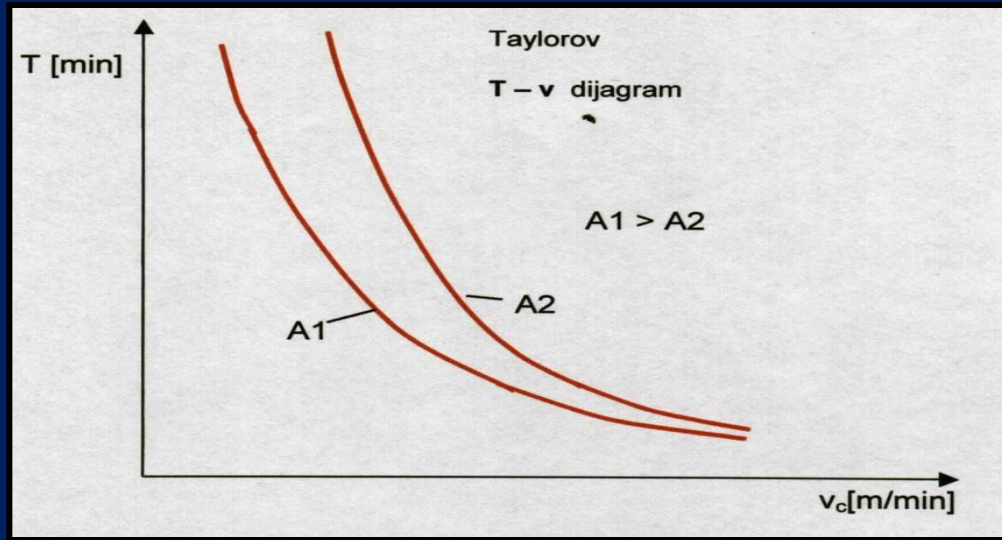
## Taylorova metoda određivanja vijeka trajanja oštrice alata

Temelji se na određivanju tipskih krivulja trošenja za više brzina rezanja.





## Taylorovi dijagrami



### Taylorov izraz:

Pojednostavljeni:

$$v_c T^m = C_T$$

Prošireni:

$$v_c T^x f^y a_p^z = C_T$$

$v_c$  – brzina rezanja

T - postojanost (trajnost oštrice alata)

m – eksponent Taylorove jednadžbe

$C_T$  – Taylorova konstanta



## Iskazivanje postojanosti

Izvorno: kroz vrijeme, T

Sve više:

- duljina puta u smjeru posmičnog gibanja
- duljina puta u smjeru glavnog gibanja
- broj obradaka

ZAŠTO ?

# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Rekapitulacija – postojanost oštrice reznoga alata

Mogućnosti iskazivanja postojanosti oštrice reznoga alata:

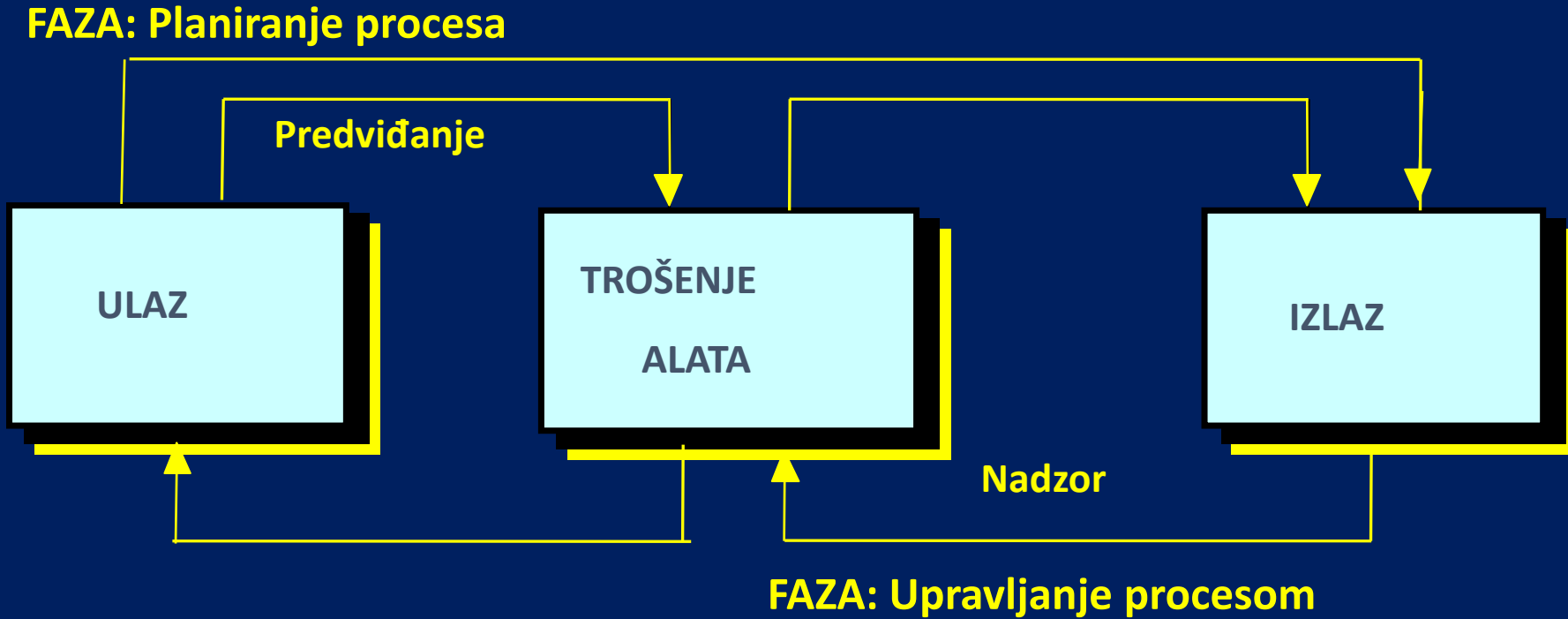
a)  $v_c \cdot T^m = C_T$   $C_T = ?$

b)  $v_c \cdot L_v^{m_v} = C_{L_v}$   $m_v = ?;$   $C_{L_v} = ?$

c)  $v_c \cdot L_f^{m_f} = C_{L_f}$   $m_f = ?$   $C_{L_f} = ?$



## Trošenje alata u funkciji planiranja i upravljanja procesom





# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Teorijska hrapavost obrađene površine

## Hrapavost obrađene površine – jedan od faktora za ocjenu *kvalitete površine i* *integriteta površine*

Integritet površine se odnosi na promjene na površini koje su posljedica obrade, te utjecaj tih promjena na svojstva površine i njeno djelovanje u primjeni. To znači da se pod pojmom integriteta površine “krije” puno više od hrapavosti površine, teksture i geometrije.



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Teorijska hrapavost obrađene površine

### Hrapavost obrađene površine:

- Teorijska hrapavost obrađene površine kod obrade noževima:
  - Obrada alatom pri  $r_\varepsilon=0$
  - Obrada alatom pri  $r_\varepsilon>0$

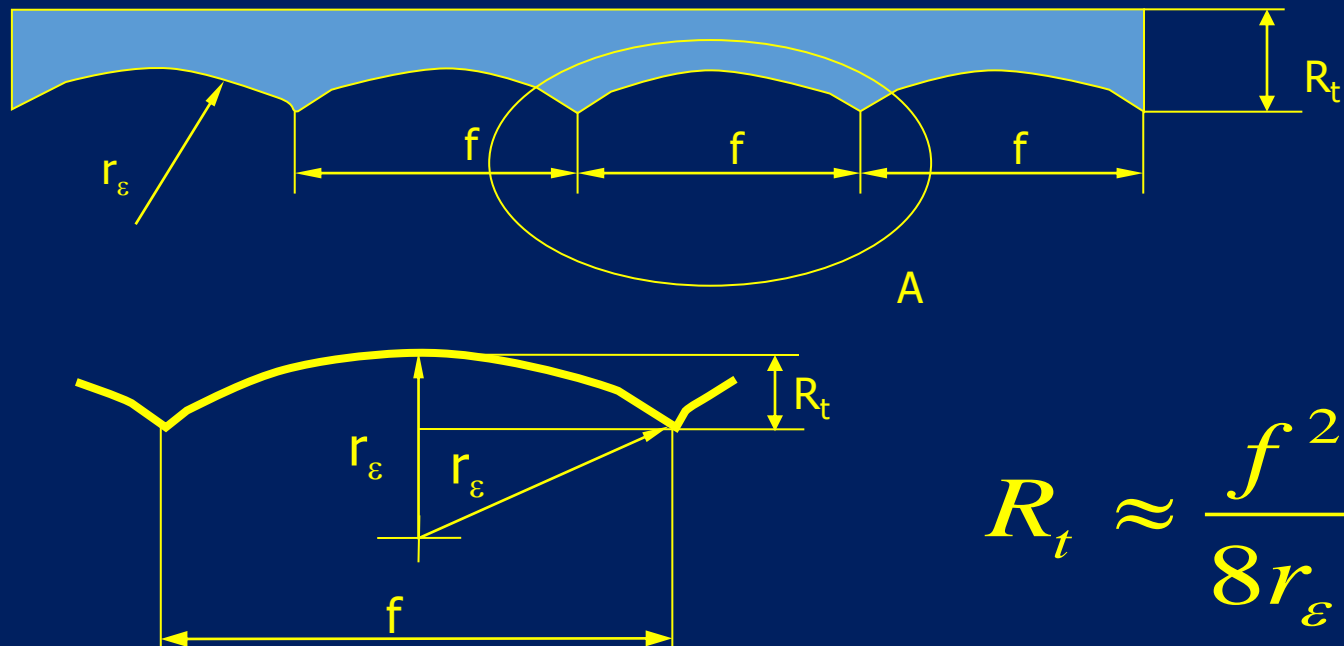
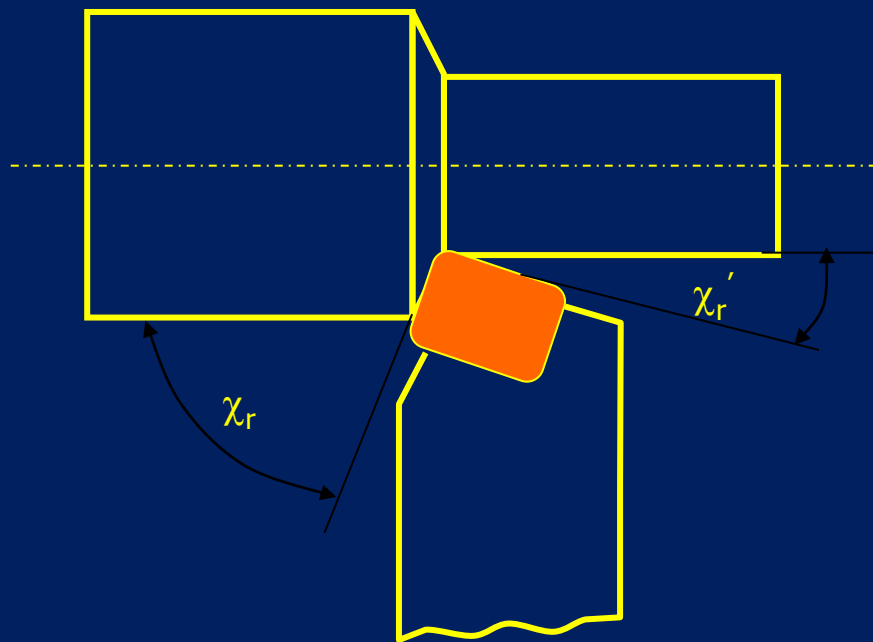


# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Teorijska hrapavost obrađene površine

### Teorijska hrapavost obrađene površine kod obrade alatom pri $r_\varepsilon > 0$



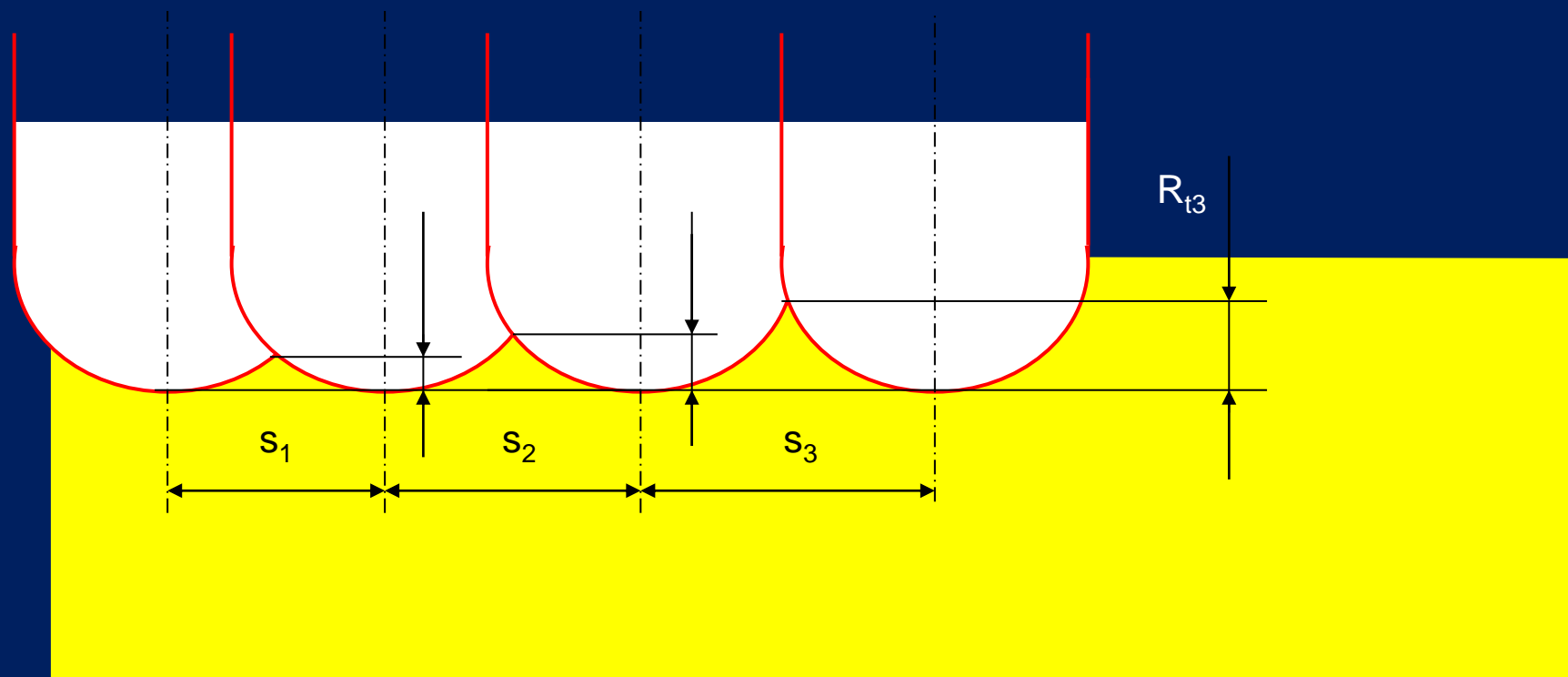
$$R_t \approx \frac{f^2}{8r_\varepsilon}$$



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Teorijska hrapavost obrađene površine





# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Teorijska hrapavost obrađene površine

Hrapavost, R, $\mu\text{m}$	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2
Najuža tolerancija	100	60	35	20	14	10	7	5	3
Blanjanje	•	•	•	•	•				
Piljenje	•	•							
Glodanje	•	•	•	•	•	•			
Tokarenje	•	•	•	•	•	•	•		
Razvrtanje			•	•	•	•	•		
Bušenje	•	•	•	•	•				
Brušenje			•	•	•	•	•	•	•
Lepanje					•	•	•	•	•
Elektroerozija	•	•	•	•	•	•			



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Optimizacija brzine rezanja

#### OPTIMIZACIJA BRZINE REZANJA

U dosadašnjim razmatranjima se pokazalo da je brzina rezanja,  $v_c$ , najutjecajniji parametar u procesu obrade odvajanjem. Njen utjecaj je od velikog značaja kod sva tri sudionika procesa obrade odvajanjem. Spada među najutjecajnije veličine kod formiranja odvojene čestice, kod trošenja oštrice alata i kod kvalitete obrađene površine. Stoga je logično da se pojednostavljeni oblik optimizacije procesa obrade odvajanjem provodi kroz optimiranje brzine rezanja. U primjeni su najčešće dva kriterija optimizacije:

- a) Najveća produktivnost i
- b) Najmanja cijena obrade (često se navodi kao najveća ekonomičnost)



### Optimizacija brzine rezanja

**U oba slučaja optimizacije, polazi se od pojednostavljenog Taylor-ovog izraza koji pokazuje ovisnost postojanosti oštrice reznoga alata,  $T$ , o brzini rezanja,  $v_c$ .**

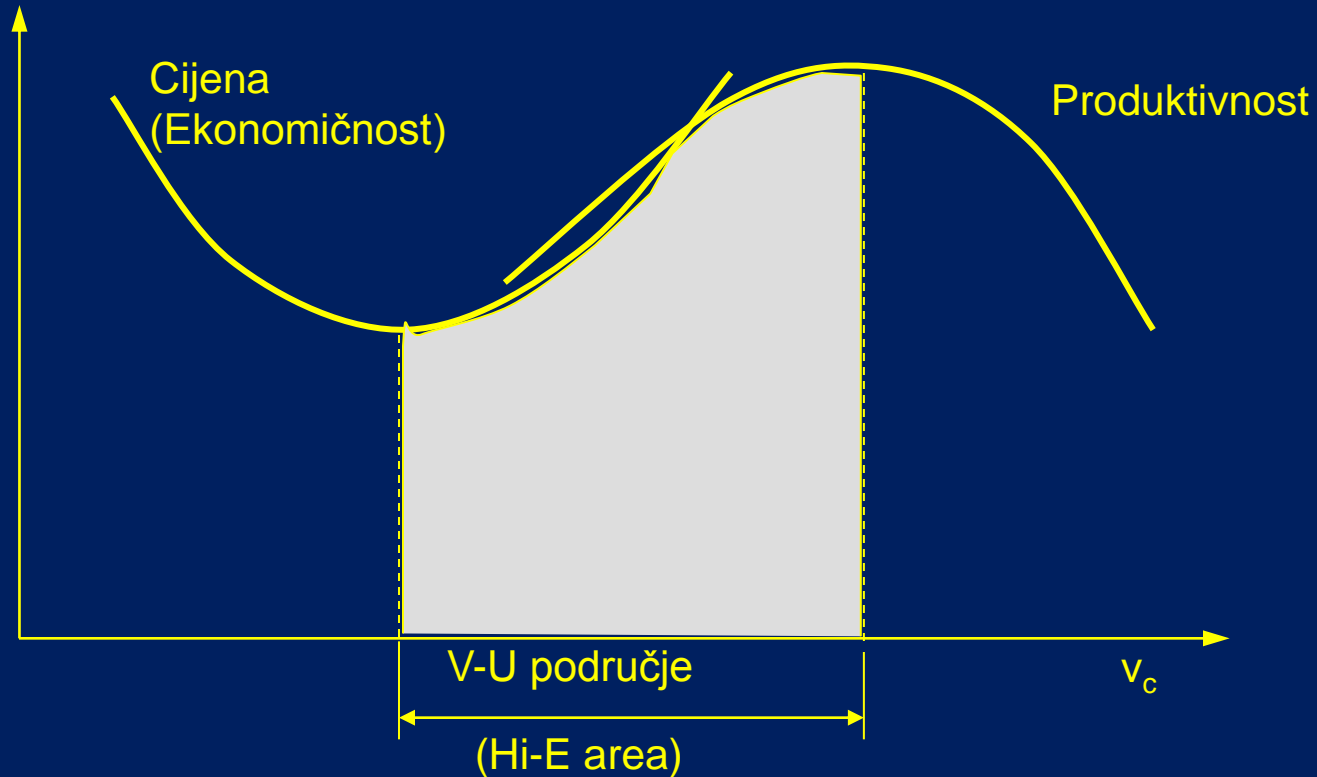
$$v_c \cdot T^m = C_T$$



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Optimizacija brzine rezanja





# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

#### Što je to obradivost ?

spособnost materijala da se može obrađivati postupcima obrade odvajanjem čestica

- nema kvantificiranja obradivosti
- nema metodologije

#### **s l o ž e n o s t**

Najčešće se ocjenjuje (procjenjuje) skupom parcijalnih kriterija ili funkcija obradivosti, pa slijedi:

**Obradivost je osnovna tehnološka karakteristika materijala kojom se izražava njegova pogodnost za obradu, a ocjenjuje se skupom kriterija obradivosti ili funkcija obradivosti.**



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

#### Osnovni skup funkcija obradivosti kod o.o.č. čine:

- 1. *Funkcija postojanosti oštrice reznog alata***  
 $T = T(x_i)$   $x_i$  - utjecajni faktori;  $i = 1, n$
- 2. *Funkcija sila rezanja***  
 $F_{c,f,p} = F_{c,f,p}(x_i)$   $x_i$  - utjecajni faktori;  $i = 1, n$
- 3. *Funkcija kvalitete obradjene površine***  
 $R = R(x_i)$   $x_i$  - utjecajni faktori;  $i = 1, n$
- 4. *Funkcija oblika odvojene čestice***  
o.o.č. = o.o.č. $(x_i)$   $x_i$  - utjecajni faktori;  $i = 1, n$





# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

#### Dodatne funkcije obradivosti:

*volumena odvojenog materijala u jedinici vremena,*

*sklonost stvaranju naslage,*

*pogodnost za suhu obradu,*

*mogućnost i cijena reciklacije*

*itd.*



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

Pogodnost i učinkovitost obrade nekog dijela uvjetovane su materijalom obratka, alatnim strojem, operacijom obrade, reznim alatom, SHIP-om, parametrima obrade, itd. Materijali se najčešće svrstavaju u skupine materijala, a jedna od mogućih podjela (SANDVIK), materijale raspoređuje u sljedeće skupine:

1. ČELICI
2. NEHRĐAJUĆI ČELICI
3. LIJEVOVI
4. VATROOTPORNE LEGURE
5. ALUMINIJ i sl.
6. KALJENI ČELICI
7. TITAN i sl.



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

#### Glavna svojstva materijala i njihov utjecaj na obradivost

čvrstoća i tvrdoća	-
Istezljivost	-
Toplinska vodljivost	+
Otvrdnjavanje deformacijom	-
Sadržaj uključaka:	
- macro uključci	-
- micro uključci	-/+
Dodaci za obradivost	+/+



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

#### Utjecaj legirnih elemenata na obradivost - općenito

Negativan utjecaj	Pozitivan utjecaj
Mn	Pb
Ni	S
Co	P
Cr	$0.3 < C < 0.6$
V	
$C < 0.3\%$	
$C > 0.6\%$	
Mo	
Nb	
W	



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Obradivost materijala

#### Ostala svojstva materijala koja utječu na obradivost:

- ❑ Struktura materijala
  - Martenzit
  - Ferit
  - Perlit
  - Cementit
  
- ❑ Način dobivanja priprema (prethodna tehnologija)
  - Vruće valjan
  - Normaliziran
  - Hladno vučen
  - Kaljen, ...
  
- ❑ Integritete površine



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade

#### Što je o. o. č.

- jedan od tehnoloških procesa;
- tehnološki proces je postepena promjena nekog dijela (promjena oblika, dimenzija kvalitete površine) u cilju dobivanja gotovog proizvoda
- izvodi se na alatnim strojevima
- u proces ulazi pripremak; u procesu je obradak; na kraju procesa izradak ili gotov dio
- elementi koji sudjeluju u teh. procesu su: čovjek, alatni stroj, obradak, alat i pomoćni pribor
- proces se sastoji od niza operacija



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

## Određivanje parametara obrade

### Operacija

Operacija je osnovni element tehnološkog procesa.  
Ima pripremni i izvršni dio.

- Pripremni dio čine:
  - Postavljanje i baziranje pripremk
  - Stezanje pripremk
  - dovođenje do zahvata
- Izvršni dio čine:
  - **zahvati** - kreiranje jedne ili više novih površina pomoću jednog ili više alata, a pri tome su režimi rada konstantni
  - **prolazi**



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade

#### K a d a se vrši odabir režima rada ?

u fazi pripreme proizvodnje ili konkretnije u toku planiranja procesa

#### Š t o j e p l a n i r a n j e p r o c e s a ?

Planiranje procesa obrade (projektiranje tehnoloških postupaka obrade) je sustavno određivanje načina na koji će neki dio biti efikasno i ekonomično *transformiran od priprema do gotovog proizvoda*.

Planiranje procesa je podsustav koji treba omogućiti pretvorbu konstrukcijskih podataka u instrukcije potrebne za obradu. (Eversheim, Spur, Weill)

Planiranje procesa je funkcija u proizvodnoj organizaciji koja utvrđuje kako od sirovog komada doći do gotovog proizvoda. (Bard, Feo)





# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade

Planiranje procesa minimalno uključuje izbor strojeva, alata i režima rada, pa je prema tome veza između konstrukcije i proizvodnje. U modernim tvornicama CAPP je most koji povezuje CAD i CAM.

**CAPP** - Computer Aided Process Planing

**CAD** - Computer Aided Design

**CAM** - Computer Aided Manufacturing



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade

#### Kako se provodi planiranje procesa?

Sve funkcije u p.p. su u velikoj mjeri manuelne (mali stupanj automatizacije). Danas je prisutno nastojanje (i zahtjev) da se i te aktivnosti provode pomoću računala.

- tradicionalno planiranje procesa - postoje značajne razlike u sadržaju dokumentacije (od "obraditi prema nacrtu", pa do razrada na razini zahvata. Značajno ovisi o iskustvu i prosuđivanju planera. Različiti planeri daju različite redosljede operacija.
- planiranje procesa pomoću računala - dominiraju dva pristupa rješavanju CAPP-a:
  - varijantni (identifikacija i kodiranje dijela, G.T.) i
  - generativni



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade

#### Metode određivanja parametara obrade (režima rada)

1. iskustvo i procjena planera procesa
2. preporuke i priručnici
3. računalski sustavi za određivanje parametara obrade (režima rada)



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade – dubina, $a_p$

OO spada u "završne" tehnologije pa je dubina obrade uglavnom definirana dodatkom za obradu koji je posljedica prethodnih tehnologija (lijevanja, kovanja, ...). Zbog velikog napretka svih tehnologija u smislu produktivnosti, točnosti i kvalitete obrade, dodaci za obradu su mali ("skoro konačni oblik" Near Net Shape). Stoga se sve manje govori o određivanju dubine, jer se teži obradi u jednom prolazu, a dodatak za obradu je definiran prethodnom tehnologijom. Ako se obrada ipak radi u više prolaza onda se obično određuje najveća moguća dubina (što veća produktivnost), a pri tome treba imati na umu sljedeće:

- snagu stroja
- krutost sustava stroj-alat-obradak, prvenstveno način stezanja obratka i alata
- oblik odvojene čestice (unutar područja pogodnog oblika odvojene čestice)
- utjecaj dubine obrade na vibracije
- geometriju alata, prvenstveno duljinu oštrice i polumjer zaobljenja



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade - posmak, $f$

Kao i pri određivanju dubine obrade i kod posmaka se polazi od činjenice da je želja raditi sa što većim posmakom kako bi se ostvarila što veća produktivnost. Stoga je važno poznavati utjecajne faktore koji ograničavaju veličinu posmaka.

Pri određivanju posmaka presudnu ulogu ima faza obrade:

- određivanje posmaka za grubu i "srednju" obradu
  - snaga stroja
  - trošenje alata
  - oblik odvojene čestice
  - krutost sustava
  - polumjer vrha alata (zaobljenja)
  
- određivanja posmaka za završnu obradu.
  - teorijska hrapavost (visina neravnina) obrađene površine



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade – brzina obrade, $v_c$

Pri određivanju brzine obrade treba imati na umu da je brzina obrade najutjecajniji tehnološki parametar. Utječe na sve vrijednosti obradnog procesa, alat i obradak. Osnovni elementi prema kojima treba određivati brzinu rezanja su:

- funkcija cilja (najveća produktivnost ili najveća ekonomičnost, odnosno Hi-E područje)
- snaga stroja
- trošenje
- kvaliteta obrađene površine
- oblik odvojene čestice
- vibracije



# OBLIKOVANJE DEFORMIRANJEM I OBRADA ODVAJANJEM

## Obrada odvajanjem

### Određivanje parametara obrade

**Pored spomenutih utjecajnih veličina, na određivanje parametara obrade utječu brojni faktori, a među važnije spadaju:**

- **Materijal i geometrija alata i obratka**
- **Koncepcija stroja (parametri obrade za višeosne obrade)**
- **Vrsta obrade (konvencionalne ili nekonvencionalne obrade; hibridne obrade; visokobrzinske obrade, tvrde obrade, suhe obrade, mikro obrade)**
- **određivanje parametara obrade za AM postupke**