



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

Predmet: **Osnovi mašinskih tehnologija**

Nastavnik: *Prof. dr Marin Gostimirović*



TEHNOLOGIJA OBRADE SKIDANJEM MATERIJALA

Novi Sad, šk. 2014/2015. god.

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Uvod

- ★ **Mesto i značaj tehnologije obrade skidanjem materijala** u savremenoj proizvodnji se ceni na osnovu mogućnosti da li se proizvod zahtevanog oblika, dimenzija i kvaliteta može izraditi određenim postupkom, kao i preko tehnoloških karakteristika obradnog procesa.
- ★ **Osnovne tehnološke karakteristike** su *kvalitet obrade* (kompleksan pokazatelj tačnosti i kvaliteta izrade elementarnog dela) i *proizvodnost obrade* (količina proizvedenih dobara uz logičnu težnju maksimalnog rezultata).
- ★ **Osnovni ekonomski pokazatelji** proizvodnog postupka su *troškovi obrade* (direktni troškovi upotrebljeni pri stvaranju proizvoda) i *efekti dobiti* (razlika stečenih i utrošenih sredstava proizvodne operacije). Pri tome je jasna želja da se ostvare minimalni troškovi, a maksimalna dobit.
- ★ **Važnost tehnoloških karakteristika procesa** je različita i zavisi od uslova obrade i namene izrađenih delova. Tako su *tačnost obrade* i *kvalitet obrađene površine* važne karakteristike sa aspekta namene obrađenog dela. S druge strane, *proizvodnost* i *troškovi obrade* su posebno važne karakteristike sa ekonomskog aspekta ostvarivanja maksimalnog profita.

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Tačnost obrade

- ★ Tačnost obrade definiše **stepen podudarnosti** vrednosti i karakteristika stvarne konture predmeta obrade sa nominalnim zahtevima propisanim crtežom.
- ★ U mašinogradnji postizanje **tačnih nominalnih vrednosti nije moguće**, tako da se stvarne vrednosti u većoj ili manjoj meri razlikuju od nominalnih.
- ★ Ako se odstupanja kreću u granicama **tolerancije predmet obrade** u tehnološkom smislu zadovoljava propisanu tačnost obrade.

Tačnost obrade zavisi od neizbežnih greška koje se javljaju tokom procesa obrade:

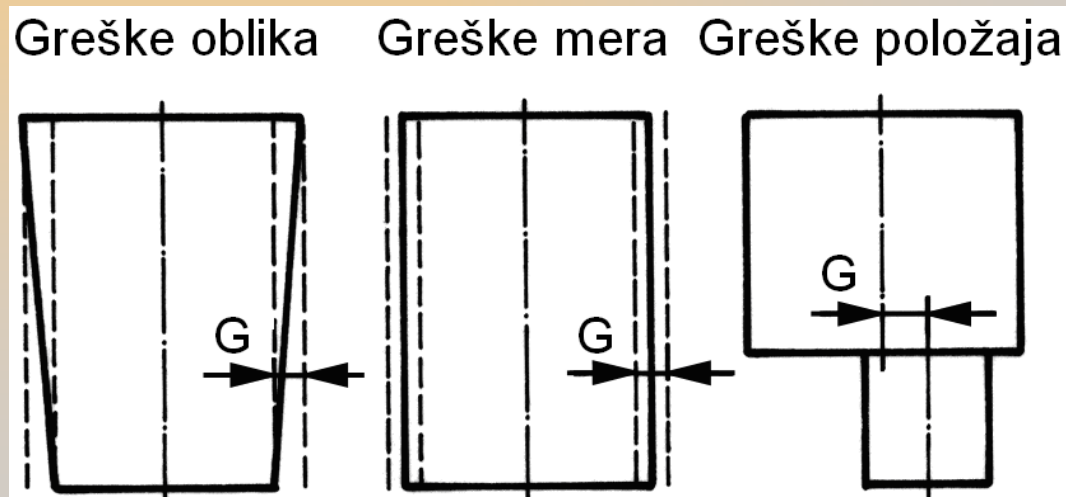
- **predprocesne greške** (greške nesavršenosti elemenata obradnog sistema; greške podešavanja obratka i alata; greške upravljačkog sistema mašine alatke i dr.),
- **procesne greške** (greške izazvane elastičnim i temperaturnim dilatacijama obratka i alata; greške vezane za habanje alata i sl.) i
- **postprocesne greške** (greške završnog merenja i kontrolisanja).

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Tačnost obrade

Pri obradi se uglavnom javljaju greške makrogeometrijske prirode:

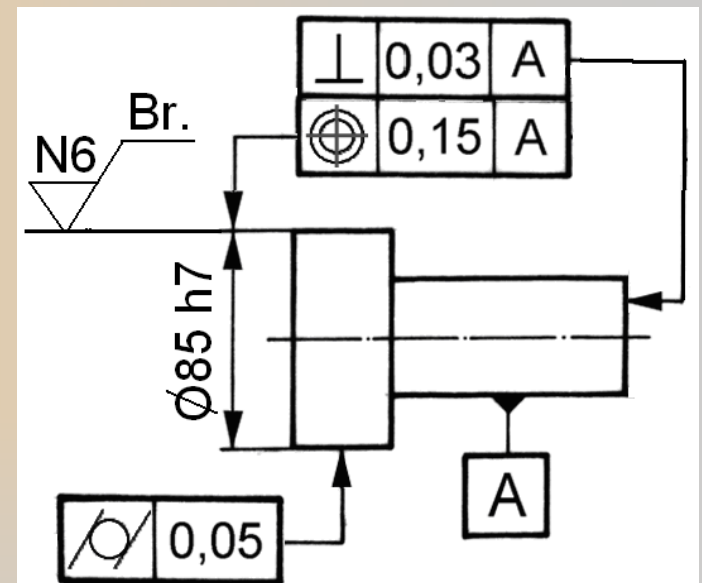
- ★ odstupanje dimenzija,
- ★ odstupanje oblika i
- ★ odstupanje položaja..



Tačnost obrade

Odstupanje dimenzija

- ★ **Odstupanje dimenzija** (*mera*) podrazumeva svaku grešku nominalne mere označene na crtežu dela od stvarne mere dobijene posle procesa obrade.
- ★ **Dozvoljeno odstupanje dimenzija** se uobičajeno propisuje preko ISO standarda i upisuje u tehničku dokumentaciju.
- ★ Odstupanje se za svaku nazivnu meru definiše preko položaja (a/A do zc/ZC) i veličine (IT01 do IT18) **tolerancijskog polja**.
- ★ Ako se na crtežu ne propiše odstupanje neke dimenzije, koristi se **tolerancija slobodnih mera**.
- ★ Detaljnije o odstupanju dimenzija definiše standard **ISO 286-1/2**.



TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Tačnost obrade

Odstupanje oblika

- ★ *Odstupanje oblika* (profila) definiše odstupanje stvarnog profila od geometrijski projektovanog (idealnog) oblika.

Odstupanje položaja

- ★ *Odstupanje položaja* (odnosa) predstavlja grešku međusobnog položaja dva ili više elemenata (ose, površine, ravni i dr.) u odnosu na idealni položaj.

Vrsta tolerancije	Naziv	Simbol
Odstupanje oblika	Pravost	—
	Ravnost	▱
	Kružnost	○
	Cilindričnost	⊘
	Oblik linije	⌒
	Oblik površine	⌒

Vrsta tolerancije		Naziv	Simbol
Odstupanje položaja	Odstupanje pravca	Paralelnost	//
		Upravnost	⊥
		Nagib	∠
	Odstupanje mesta	Lokacija	⊕
		Koncentričnost	⊙
		Simetričnost	≡
	Odstupanje obrtanja	Kružnost	↻
		Ravnost	↗

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADÉ

Kvalitet obrađene površine

- ★ *Kvalitet obrađene površine*, koji u velikoj meri utiče na radnu sposobnost mašinskih delova, definiše sve promene koje se pri obradi materijala odigravaju u zoni obrađene površine.
- ★ Geometrijski gledano, *obrađena površina je prostorna površina* koja čini granicu između materijala obratka i atmosfere.
- ★ Zbog posledica delovanja mehaničkog, toplotnog ili hemijskog opterećenja pod obrađenom površinom se podrazumeva i *tanak sloj materijala* na samoj površini obratka.

Kvalitet obrađene površine se određuje:

- ★ mikrogeometrijske neravnine obrađene površine i
- ★ stanje površinskog sloja materijala obratka..

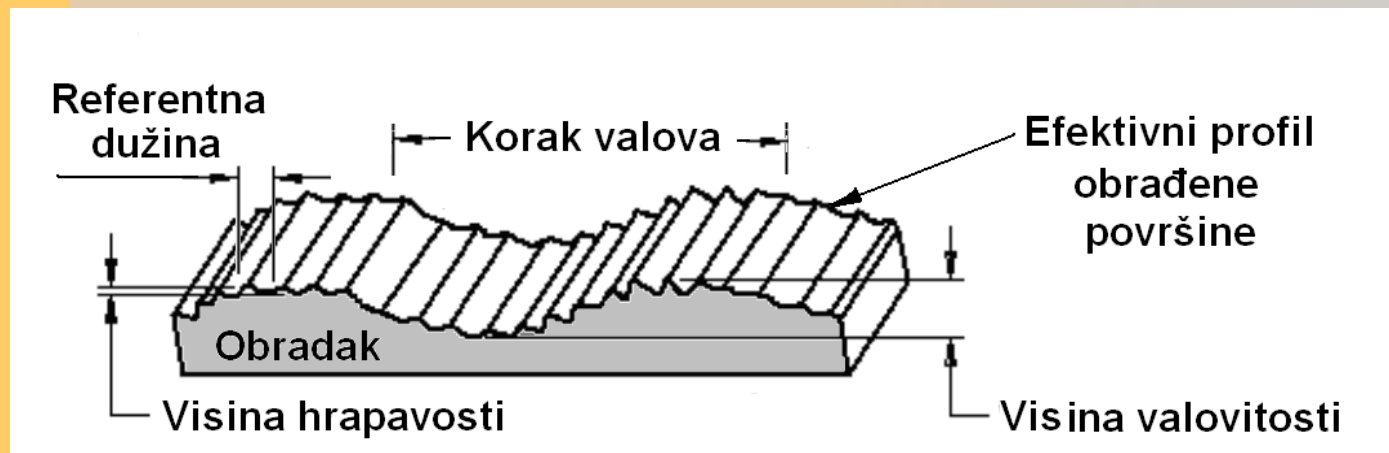
Kvalitet obrađene površine

Mikrogeometrija obrađene površine

- ★ Kvalitet obrađene površine, sa aspekta mikrogeometrije, karakteriše odstupanje stvarne površine od geometrijski idealne (apsolutno glatke) površine.

Osnovne mikroneravnine obrađene površine:

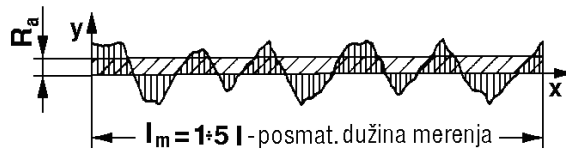
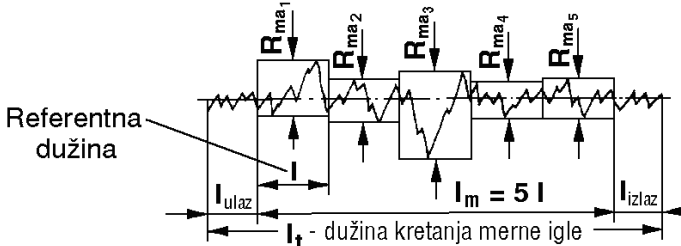
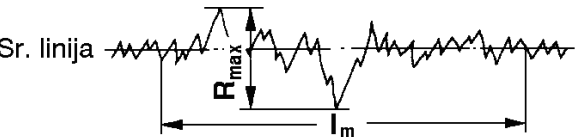

- ★ **Valovitost obrađene površine** ➤ Valovitost podrazumeva periodične površinske neravnine koje se u obliku talasa uočavaju na relativno većim dužinama.
- ★ **Hrapavost obrađene površine** ➤ Hrapavost podrazumeva neravnine čije su dimenzije mnogostruko manje od grešaka oblika, položaja i valovitosti.



TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Kvalitet obrađene površine

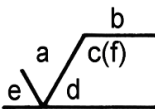






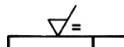
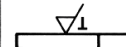
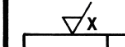
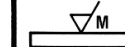
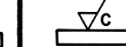
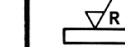
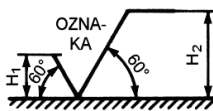
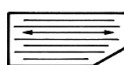


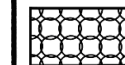


Parametri hrapavosti obrađene površine

Oznaka	Naziv	Formula	Grafički izgled
R_a	SREDNJE ARITMETIČKO ODPUSTANJE PROFILA OD SREDNJE LINIJE	$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y dx$	
R_z	SREDNJA VISINA NERAVNINA U 10 TAČKA	$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{ma_i}$	
R_{max}	NAJVEĆA VISINA NERAVNINA	R_{max}	
p_n	PROCENAT NOŠENJA PROFILA	$p_n = \frac{l_n}{l} 100\%$	

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Kvalitet obrađene površine

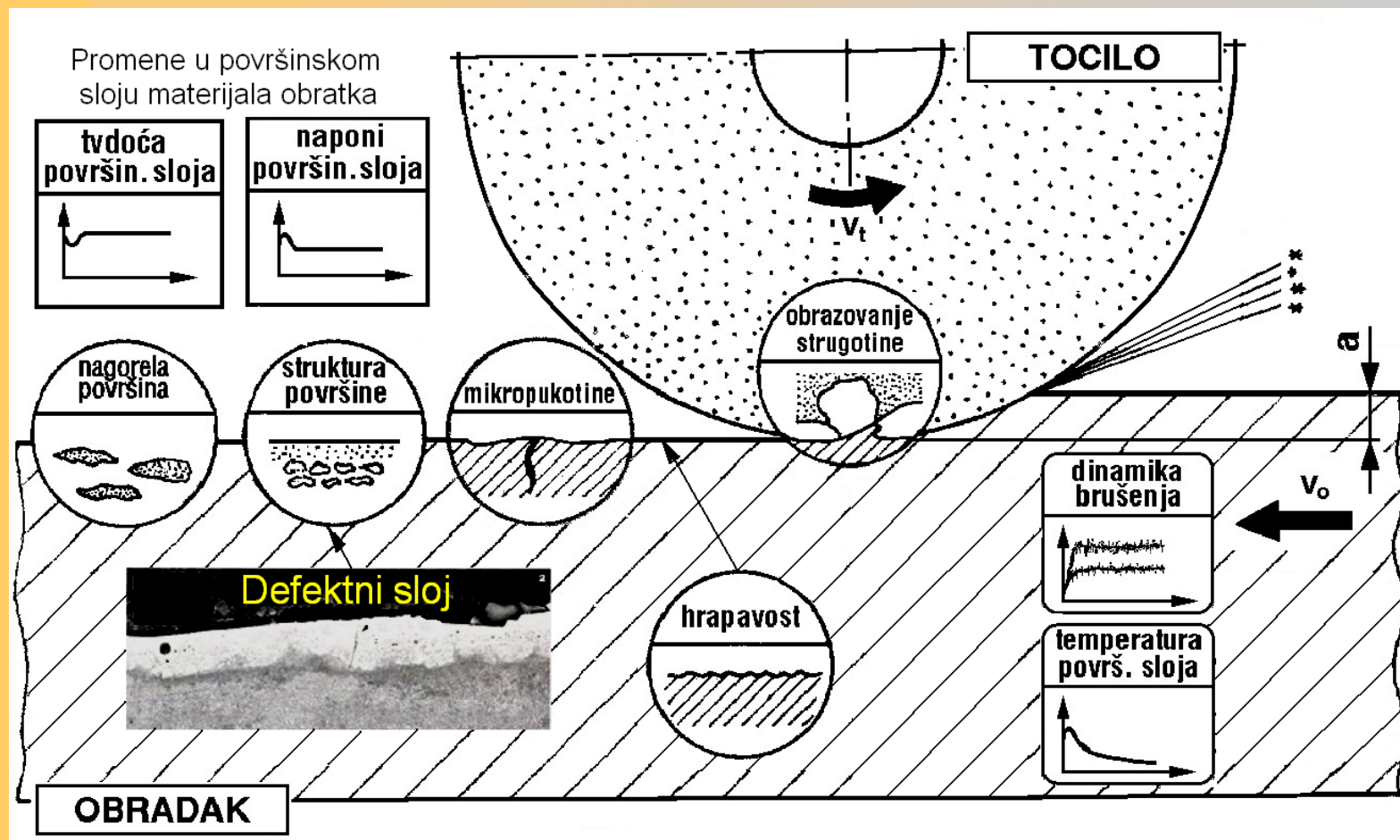
Klasa hrapavosti obrađene površine

OZNAKE HRAPAVOSTI				RASPORED DODATNIH OZNAKA HRAPAVOSTI																												
ZNAK	TUMAČENJE			<div></div> <p>a - Klasa hrapavosti ili vrednost R_a u μm. b - Postupak obrade ili vrsta prevlake napisano jasnim rečima. c - Referentna dužina prema ISO 4287/1 ili broj talasnog filtra λ_B kad odstupa od standardnog broja. d - Oznaka pravca prostiranja neravnina. e - Dodatak za obradu u mm.</p> <p>PRIMER OZNAKE</p> <div></div> <p>f - Drugi parametri hrapavosti, osim R_a, uz obavezno pisanje oznake i vrednosti parametra u μm, npr. $R_z 12$.</p>																												
	Značenje ovog znaka mora biti dato napomenom u polju crteža, npr. $\checkmark = \checkmark_{N7}$																															
	Označava da se površina može obraditi bilo kojim postupkom obrade u 9-toj klasi.																															
	Označava da se površina mora obraditi postupkom skidanja materijala u 9-toj klasi.																															
	Označava da površina treba da ostane u stanju koje proizilazi iz prethod. procesa																															
	Označava da se površina mora obraditi postupkom bez skidanja mat. u 9-toj klasi																															
OZNAKE PRAVCA PROSTIRANJA NERAVNINA																																
ZNAK	=	⊥	X	M	C	R	VELIČINA I PRIMENA KUKICE																									
TUMAČENJE GRAFIČKO							<div></div>																									
							<table><tr><th>OZNAKA</th><th>H₁</th><th>H₂</th><th>d'</th><th>FORMAT</th></tr><tr><td>3,5</td><td>5</td><td>10</td><td>0,35</td><td>≤A2</td></tr><tr><td>5</td><td>7</td><td>14</td><td>0,5</td><td>≥A1</td></tr><tr><td>7</td><td>10</td><td>20</td><td>0,7</td><td></td></tr></table> <p>d' - debljina linije kukice</p>							OZNAKA	H ₁	H ₂	d'	FORMAT	3,5	5	10	0,35	≤A2	5	7	14	0,5	≥A1	7	10	20	0,7
OZNAKA	H ₁	H ₂	d'	FORMAT																												
3,5	5	10	0,35	≤A2																												
5	7	14	0,5	≥A1																												
7	10	20	0,7																													
TUMAČENJE OPISNO	Paralelno ravni projekcije u kojoj je znak postavljen.	Upravno na ravan projekcije u kojoj je znak postavljen	Ukršteno u dva kosa pravca relativno prema ravni projekcije	U više pravaca	Približno kružno prema središtu površine	Približno radialno prema središtu površine																										
Klasa hrapavosti obrađene površine		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12																			
Sr. aritmetička hrapavost R_a (μm)		0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50																			

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Kvalitet obrađene površine

Stanje površinskog sloja materijala obratka



TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Proizvodnost

- ★ **Proizvodnost obrade** se uopšteno definiše ukupnom količinom proizvedene robe ili usluga.
- ★ U mašinogradnji, zavisno od područja primene, **proizvodnost obrade se izražava** preko: *broja izrađenih komada ili količine skinutog materijala u jedinici vremena; brzine glavnog ili pomoćnog kretanja* i sl.
- ★ Teorijska proizvodnost obrade preko **zapremine ili mase skinutog materijala** u jedinici vremena.

$$Q_z = A \cdot v \qquad Q_m = A \cdot v \cdot \rho$$

- ★ **Teorijska proizvodnost obrade**, posmatrana u funkciji vremena obrade, uobičajeno se definiše preko trenutnog broja komada koji se izrađuje u jedinici vremena na sledeći način .

$$Q_k = \frac{1}{t_k}$$

Proizvodnost

Vreme obrade

- ★ ***Vreme obrade*** obuhvata ukupno vreme izrade određenog proizvoda, od lansiranja proizvoda u proces proizvodnje do njegovog skladištenja. Pri tome, vreme obrade predstavlja zbir vremena svih zahvata posmatrane operacije.
- ★ ***Ukupno vreme potrebno za obavljanje jedne proizvodne operacije*** na određenoj seriji se može izraziti na sledeći način:

$$t_u = t_{pz} + Z_s \cdot t_k$$

- ★ ***Pripremno-završno vreme*** jedne serije predstavlja vreme potrebno za: *proučavanje tehnološke dokumentacije za obavljanje zadate operacije; pripremu obradnog sistema (mašina alatka, alat, pribor, merilo i sl.); eventualnu izradu probnog komada, kao i vreme koje je potrebno za raspremanje radnog mesta.*
- ★ ***Broj komada u seriji*** obuhvata broj komada koji se izradi u toku jedne smene
- ★ ***Komadno vreme*** predstavlja vreme obrade jednog radnog predmeta.

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Proizvodnost

Vreme obrade

★ *Komadno vreme*

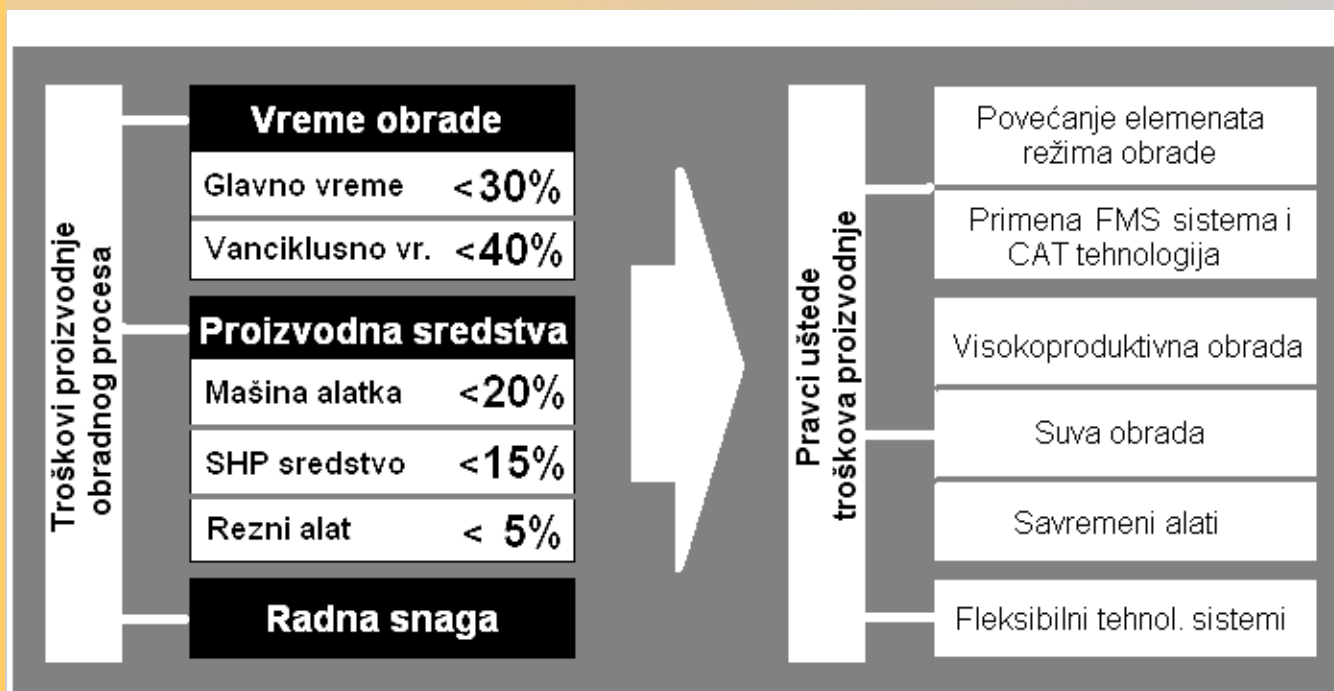
$$t_k = t_g + t_p + t_d$$

- ★ *Glavno vreme obrade* predstavlja efektivno vreme koje se troši na direktno oblikovanje predmeta obrade.
- ★ *Pomoćno vreme* obuhvata sva vremena koja nisu u direktnoj vezi sa procesom obrade, kao što su: postavljanje, stezanje i pozicioniranje priprema na mašinu; merenje ili kontrola mera obratka; otpuštanje, skidanje i odlaganje izratka i dr.
- ★ *Dodatno vreme* obuhvata vremenske gubitke zbog organizaciono-tehničkih ili ličnih razloga radnika.
- ★ Glavno vreme obrade se može tačno odrediti na osnovu usvojenog režima obrade i radnih hodova alata, dok se vanciklusna vremena određuju empirijski na osnovu normativa ili direktnim snimanjem .

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Troškovi obrade

- ★ ***Troškovi proizvodnje*** obuhvataju sve utrošene resurse koji su upotrebljeni pri stvaranju proizvoda. U ove troškove spadaju: *troškovi osnovnih ulaznih veličina proizvodnje* (materijal, energija i informacija); *troškovi angažovanja učesnika i sredstava rada* (radna snaga, radno mesto, oprema, alat i dr.); *posredni troškovi* (priprema proizvodnje, transport, skladištenje i sl.) i *ostali troškovi*



TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Troškovi obrade

- ★ *Troškovi neposredne obrade* čine osnovni deo troškova proizvodnje.
- ★ Predstavljaju neposredne troškove koji nastaju u obradnom sistemu, tj. *troškove kojima se obavlja proces rada*.
- ★ U širem smislu, troškovi obrade se mogu definisati kao *novčani zbir svih utrošenih elemenata obradnog sistema* jedne proizvodne operacije, posmatrano po jednom obrađenom komadu:

$$U_k = U_R + U_M + U_A + U_D$$

- ★ *Troškovi radne snage* $U_R = r \cdot C_R \cdot t_k$

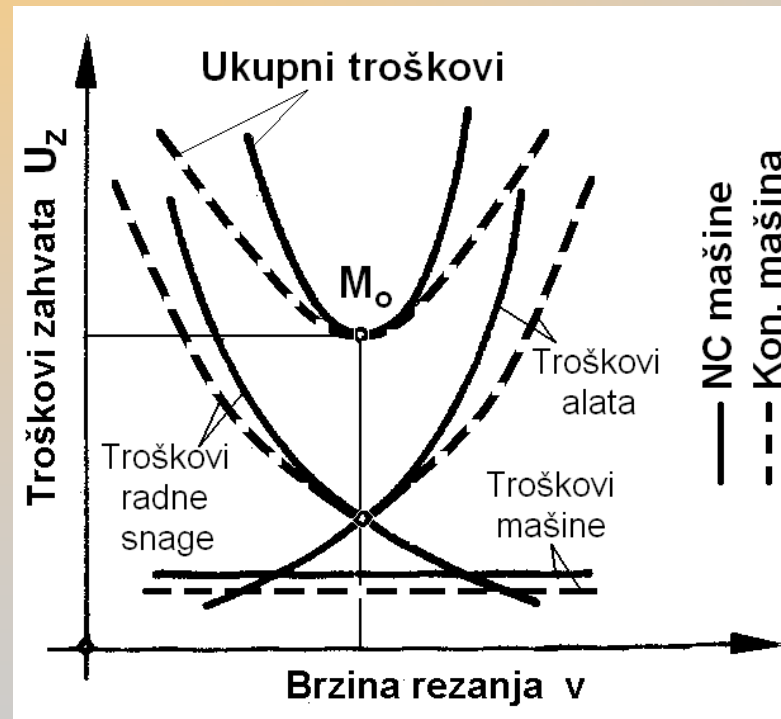
- ★ *Troškovi mašine alatke* $U_M = \frac{p \cdot C_M \cdot t_k}{\xi}$

- ★ *Troškovi alata* $U_A = \frac{t_g}{T} \cdot (C_{MR} \cdot t_{a1} + C_{A1})$

TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRADE

Struktura toškova obrade jednog zahvata

- ★ Minimalni troškovi obrade ostvaruju za određenu brzinu obrade koja odgovara tzv. *ekonomičnoj postojanosti alata*.
- ★ Ovakva činjenica navodi na zaključak da se izbor elemenata režima obrade na savremenim obradnim sistemima mora izvesti sa što je moguće većom tačnošću.



TEHNO-EKONOMSKI EFEKTI OBRAD

Pregled izdvojenih karakteristika postupaka obrade skidanjem materijala

VRSTA OBRAD	Snaga mašine (kW)	Utrošak energije (J/mm ³)	Proizvodnost obrade (mm ³ /min)	Tačnost obrade (mm)	Hrapavost površine Ra (μm)
Rendisanje	2÷50	0,5÷10	10 ³ ÷10 ⁵	± 0,2÷0,01	1,6÷25
Struganje	5÷60	1÷10	10 ⁴ ÷10 ⁶	± 0,1÷0,005	1,6÷12,5
Bušenje	2÷30	2÷20	10 ³ ÷10 ⁵	± 0,2÷0,02	3,2÷25
Razvrtanje	1÷10	0,5÷10	10 ² ÷10 ⁴	± 0,1÷0,005	0,8÷3,2
Glodanje	5÷60	1÷10	10 ⁴ ÷10 ⁶	± 0,1÷0,005	1,6÷12,5
Provlačenje	10÷100	5÷50	10 ³ ÷10 ⁵	± 0,1÷0,005	0,8÷3,2
Brušenje	3÷40	5÷100	10 ² ÷10 ⁵	± 0,05÷0,001	0,4÷3,2
Glačanje	0,5÷5	10÷500	5÷100	± 0,01÷0,001	0,05÷0,4
AJM	0,1÷2	50÷1000	1÷20	± 0,1÷0,02	0,1÷1,6
WJM	5÷50	100÷500	500÷25000	± 0,2÷0,05	1,6÷12,5
USM	0,5÷5	500÷2000	50÷5000	± 0,1÷0,005	0,2÷3,2
EDM	2÷20	100÷1000	20÷2000	± 0,1÷0,01	0,8÷12,5
EBM	1÷25	100÷2000	10÷2000	± 0,1÷0,005	1,6÷25
LBM	0,5÷10	100÷5000	1÷1000	± 0,1÷0,02	1,6÷25
PAM	10÷200	500÷1000	2000÷100000	± 0,5÷0,05	3,2÷50
CHM	1÷10	2÷50	10÷100	± 0,1÷0,005	0,8÷6,3
ECM	5÷100	10÷100	500÷20000	± 0,1÷0,02	0,8÷12,5