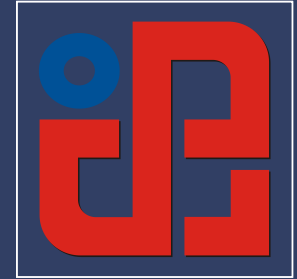




**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**  
DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO



# PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

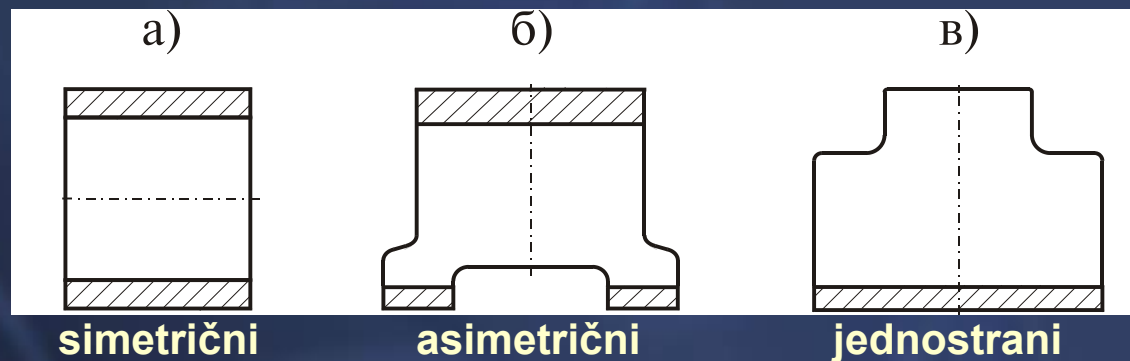
**VEŽBA 5: Određivanje dodatka za obradu šipke računsko-analitičkom metodom**

# ***Računsko analitička metoda određivanja dodataka za obradu***

**Računsko analitička metoda se bazira na analizi grešaka koje nastaju pri izradi pripremaka, njegovoj obradi skidanjem materijala, termičkoj obradi i daje optimalne vrednosti dodataka za tehnološke zahvate od priprema do gotovog dela.**

**Dodatak za obradu s obzirom na vrstu zahvata može biti:**

- 1. Simetričan (a) – zahvati obrade rotaciono-simetričnih delova**
- 2. Jednostran (б i B) – zahvati obrade asimetričnih delova**



**Dodatak za obradu s obzirom na vrstu površine za obradu:**

- 1. Dodatak za spoljašnje mere (mera dela+dodaci za obradu=mera priprema)**
- 2. Dodatak za unutrašnje mere (mera dela-dodaci za obradu=mera priprema)**

Ukupan dodatak za obradu neke površine jednak je zbiru dodataka za pojedine zahvate obrade:

$$\delta_{\min} = \sum_1^k \delta_{zi_{\min}}$$

a) Minimalni dodatak za obradu jednostranih površina

$$\delta_{1_{\min}} = R_p + C_p + \rho_p + \varepsilon_1$$

Prvi zahvat obrade

$$\delta_{zi_{\min}} = R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

Svi ostali zahvati obrade

b) Minimalni dodatak za obradu simetričnih površina

$$\delta_{1_{\min}} = 2 \cdot (R_p + C_p + \rho_p + \varepsilon_1)$$

Prvi zahvat obrade

$$\delta_{zi_{\min}} = 2(R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$$

Svi ostali zahvati obrade

Gde su:

$R_{i-1}$  - maksimalna hrapavost obrađene površine nastala u prethodnom zahvatu ( $R_p$  - nastala pri izradi priprema)

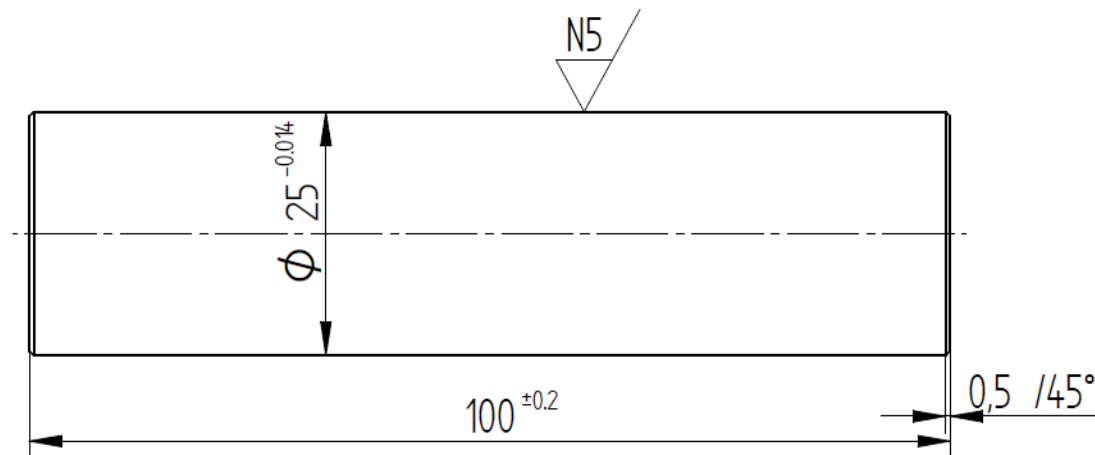
$C_{i-1}$  - deformacioni sloj koji je nastao u prethodnom zahvatu ( $C_p$  - nastao pri izradi priprema)

$\rho_{i-1}$  - geometrijska greška oblika i odnosa površina nastala u prethodnom zahvatu ( $\rho_p$  - nastala pri izradi priprema)

$\varepsilon_i$  - greška pozicioniranja i stezanja koja nastaje u datom (i-tom) zahvatu

# Zadatak

Za osovinicu klipnog mehanizma (sklopa) koja se proizvodi u veliko-serijskoj proizvodnji u jednom preduzeću: izabrati vrstu priprema, odrediti dodatke za obradu primenom računsko-analitičke metode i definisati tehnološki proces izrade.



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Materijal: Č.4320

OSOVINICA

Cement.na(0.4-0.8)mm  
Kaliti na 50 HRC

## ***Izbor vrste priprema:***

Ocnom mogućih varijanti tehnološkog procesa izrade osovinice u zadatim uslovima, kao racionalna vrsta priprema izabrana je okrugla vučena šipka, standardnog kvaliteta h9.

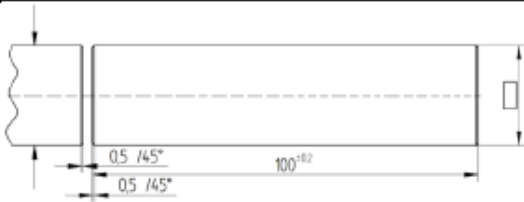
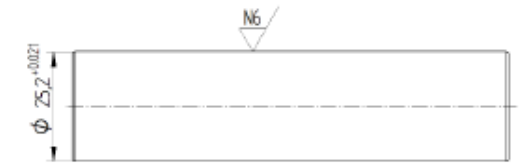

Vučene šipke okruglog preseka isporučuju se kvalitetima  $\emptyset$ Dh9 i  $\emptyset$ Dh11.

## ***Idejni tehnološki proces obrade***

U cilju određivanja dodataka za obradu neophodno je prethodno definisati idejno rešenje tehnološkog procesa, određivanjem operacija, zahvata i odgovarajućih resursa mašina/radnih mesta, pribora, alata i merila).

Za izabranu vrstu priprema i ostale zadate uslove uključujući i raspoloživu tehnološku opremu posmatranog preduzeća, projektovan je idejni tehnološki proces obrade posmatrane osovinice.

# Idejni tehnološki proces obrade

Broj oper.	Naziv operacije	Skica i opis operacije	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤Mašina/Radno mesto</li> <li>➤Pribor</li> <li>➤Alat</li> <li>➤Merilo</li> </ul>
10	Odsecanje	 <p>- Odseći na dužinu <math>L=100\pm 0,2\text{mm}</math> i oboriti ivice <math>0,5/45^\circ</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Doradni strug</li> <li>-Standardni pribor</li> <li>-Graničnik za dužinu izvlačenja šipke</li> <li>-Nož za odsecanje i obaranje ivica</li> <li>-Pomično merilo</li> </ul>
20	Grubo brušenje	 <p>- Brusiti uzdužno grubo na <math>\underline{\underline{\text{Ø}25,2^{+0,021}\text{mm}}}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Brusilica bez šiljaka</li> <li>-Uzdužni podupirač</li> <li>-Tocila za brušenje (vodeće i radno tocilo)</li> <li>-Mikrometar</li> </ul>
30	Termička obrada	<p>-Cementirati na dubinu <math>\underline{\underline{0,6\pm 1,0\text{mm}}}</math> i i kaliti na tvrdoću <math>50+2\text{HRC}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peć za cementaciju</li> <li>-Peć za kaljenje</li> </ul>
40	Kontrola T.O.	<p>-Kontrolisati dubinu cementacije na epruveti i tvrdoću po metodi Rokvela skala C (HRC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Uređaj za merenje dubine cementacije</li> <li>-Uređaj za merenje tvrdoće HRC</li> </ul>
50	Fino brušenje	 <p>- Brusiti uzdužno fino na <math>\underline{\underline{\text{Ø}25^{-0,014}\text{mm}}}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Brusilica bez šiljaka</li> <li>-Uzdužni podupirač</li> <li>-Tocila za brušenje (vodeće i radno tocilo)</li> <li>-Mikrometar</li> </ul>
60	Završna kontrola	<p>-Kontrolisati deo prema crtežu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pomično merilo</li> <li>-Mikrometar 0-25mm</li> <li>- Tolerancijsko merilo-prsten <math>\text{Ø}25-0,014</math></li> </ul>

**Napomena:**

**Podvučene mere su definisane nakon određivanja dodatka za obradu**

# Proračun dodatka za obradu

Na osnovu idejnog rešenja tehnološkog procesa u nastavku je prikazana metodologija određivanja dodatka za obradu primenom računsko-analitičke metode.

Nakon toga definisane su mere odgovarajućih zahvata obrade.

U posmatranom slučaju određuje se dodatak za obradu na prečniku  $\Phi 25-0,14$

## *Definisanje dodatka za obradu na prečniku $\Phi 25-0,014\text{mm}$*

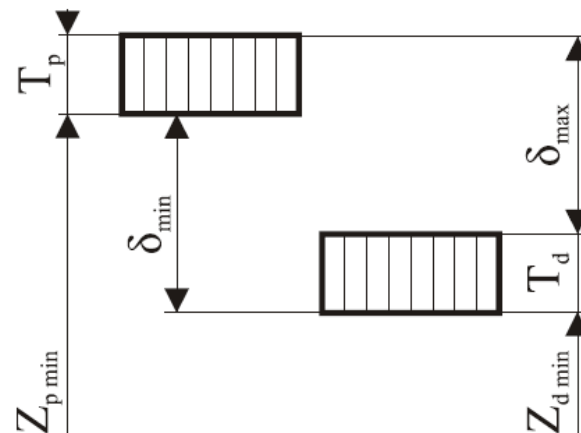
Na osnovu idejnog rešenja na ovom prečniku postoje zahvati grubog i završnog brušenja, pa imamo dva dodatka za obradu:

- Dodatak za grubo brušenje  $\delta_{gmin}$
- Dodatak za fino brušenje  $\delta_{fmin}$



## Određivanje prečnika pripreмка

Prečnik pripreмка se proračunava na osnovu određenih dodataka pojedinih zahvata obrade i tolerancija mera zahvata i pripreмка (prema slici)



- Najmanji dozvoljeni prečnik pripreмка

$$D_{Pmin} = Z_{dmin} + \delta_{min}$$
$$D_{Pmin} = (25 - 0,014) + 0,602 = 25,588mm$$

- Najveći prečnik pripreмка

$$D_{Pmax} = D_{Pmin} + T_P$$
$$D_{Pmax} = 25,588 + 0,052 = 25,640mm$$

Prečnik šipke  $\emptyset(>25mm)h9 \rightarrow T_P=0,052mm$

S obzirom da se osovina proizvodi u veliko-serijskoj proizvodnji izabrana je vučena šipka nestandardnog prečnika  $\underline{D_P=25,7h9}$  ( $T_P=0,052mm$ ) / (Standardni prečnik vučene šipke je 26mm, pa bi dodatak za brušenje bio veliki što bi poskupelo izradu ili bi se morala uvesti operacija finog struganja)



### Popunjavanje tabele dodataka za obradu (tabela)

Na osnovu određenih podataka vrši se popunjavanje tabele dodataka za obradu.

1. Definisane zahvata obrade  
Unose se podaci o definisanim zahvatima obrade redosledno (fino brušenje i grubo brušenje), kao i početne mera priprema  $\varnothing 25^{-0,014}$
2. Unos elementarnih dodataka (u  $\mu\text{m}$ )  
Uneti u tabelu podatke o elementarnim dodacima za obradu ( $R, C, \rho, \varepsilon$ ) koji su usvojeni ili proračunati.
3. Unos podataka minimalnih računskih dodataka  $\delta_{z\text{min}}$  ( $\mu\text{m}$ )
  - Dodatak za zahvat grubog brušenja  $\delta_{g\text{min}}=390 \mu\text{m}$
  - Dodatak za zahvat finog brušenja  $\delta_{f\text{min}}=212 \mu\text{m}$
  - Ukupni dodatak za obradu  $\delta_{\text{min}}=390+212=602 \mu\text{m}$
4. Unos vrednosti tolerancija zahvata i priprema
  - Tolerancija poslednjeg zahvata (finog brušenja) jednaka je toleranciji sa crteža  $T=14 \mu\text{m}=0,014 \text{ mm}$
  - Tolerancija svih narednih zahvata se određuje na osnovu kvaliteta obrade zahvata ( $N/Ra$ ) / Za grubo brušenje  $T=21 \mu\text{m}=0,021 \text{ mm}$
  - Tolerancija priprema  $\varnothing 25,7h9, T_P=52 \mu\text{m}=0,052\text{mm}$
5. Određivanje najmanje proračunske mere  $Z_{\text{min}}$ 
  - Za poslednji zahvat (fino brušenje) uzima se najmanja mera sa crteža  $Z_{d\text{min}}=M-T=25-0,014 =24,986 \text{ mm}$
  - Za sve naredne zahvate  $Z_{i\text{min}}=Z_{i+1}+\delta_{i+1\text{min}}$   
Za zahvat finog brušenja  $Z_{f\text{bmin}}=24,986+0,212=25,198 \text{ mm}$
  - Za priprema  $Z_{P\text{min}}= Z_{i+1}+\delta_{i+1\text{min}}=25,198+0,390=25,588\text{mm}$  ili  $Z_{P\text{min}}= Z_{d\text{min}}+ \delta_{\text{min}}=24,986+0,602=25,588\text{mm}$

Kod unutrašnjih mera (rupe, otvori...) za  $Z_{\text{min}}$  se uzima maksimalna vrednost mere na poslednjem zahvatu, a ostale  $Z_{i\text{min}}$  se dobijaju pomoću formule:

$$Z_{i\text{min}}=Z_{i+1}-\delta_{i+1\text{min}}$$

## 6. Određivanje granične mere

### a) Spoljašnje mere

- $Z_{\min}$  – dobija se zaokruživanjem vrednosti najmanje računске mere  $Z_{\min}$ , osim poslednjeg zahvata koji se uzima bez zaokruživanja
- $Z_{\max} = Z_{\min} + T$

### b) Unutrašnje mere (rupe, otvori...)

- $Z_{\max}$  – dobija se zaokruživanjem vrednosti najmanje računске mere  $Z_{\min}$ , osim poslednjeg zahvata koji se uzima bez zaokruživanja
- $Z_{\min} = Z_{\max} - T$

U našem slučaju mera  $\varnothing 25$  je spoljašnja mera

#### - Za fino brušenje

$Z_{\min} = 24,986\text{mm}$  (poslednji zahvat uzima se bez zaokruživanja)

$Z_{\max} = Z_{\min} + T = 24,986 + 0,014 = 25\text{mm}$

#### - Za grubo brušenje

$Z_{\min} = 25,2\text{mm}$  (zaokružena vrednost 25,198mm na prvu decimalu)

$Z_{\max} = Z_{\min} + T = 25,198 + 0,021 = 25,221\text{mm}$

#### - Za pripremak

$Z_{\min} = 25,6\text{mm}$  (zaokružena vrednost 25,588mm na prvu decimalu)

$Z_{\max} = Z_{\min} + T = 25,6 + 0,052 = 25,652\text{mm}$

Napomena: Granične mere predstavljaju mere zahvata obrade koje se primenjuju u tehnološkom procesu izrade i može se definisati

Mera zahvata =  $Z_{\min} + T$  ili

Mera zahvata =  $Z_{\max} - T$

## 7. Određivanje graničnih dodataka

- Donja granična vrednost dodatka za obradu određenog zahvata  $\delta_{zmin}$   
 $\delta_{zmin} = Z_{i-1min} - Z_{imin}$   
za fini brušenje  $\delta_{zmin} = 25,2 - 24,986 = 0,214 \text{ mm} = 214 \text{ } \mu\text{m}$
- Gornja granična vrednost dodatka za obradu određenog zahvata  $\delta_{zmax}$   
 $\delta_{zmax} = Z_{i-1max} - Z_{imax}$   
za fini brušenje  $\delta_{zmax} = 25,221 - 25 = 0,221 \text{ mm} = 221 \text{ } \mu\text{m}$
- Donji i gornji granični dodatak za pripremak se računa kao zbir graničnih dodataka zahvata obrade  
 $\delta_{zmin} = 214 + 400 = 614 \text{ } \mu\text{m}$   
 $\delta_{zmax} = 221 + 431 = 652 \text{ } \mu\text{m}$

Mesto obrade (zahvati)	Elementi dodataka ( $\mu\text{m}$ )				Računski dodatak ( $\mu\text{m}$ )	Najmanja računska mera $Z_{min}$ (mm)	Tolerancije ( $\mu\text{m}$ )	Granične mere		Granični dodaci	
	R	C	$\rho$	$\epsilon$				$Z_{max}$	$Z_{min}$	$\delta_{zmax}$	$\delta_{zmin}$
Mera-pripremak $\varnothing 25^{-0,014}$	60	60	75		602	25,588	52	25,652	25,6	652	614
Grubo brušenje	60	60	75	0	390	25,198	21	25,221	25,2	431	400
Fino brušenje	6	0	100	0	212	24,986	14	25	24,986	221	214

Tabela 1. Proračun dodataka za obradu osovinice

## Zavisnost klase hrapavosti i klase ISO tolerancije:

Oznaka klase ISO tolerancije	Klase hrapavosti i odgovarajuća vrednost Ra za područje nazivnih mera									
	do 3		iznad 3 do 18		iznad 18 do 80		iznad 80 do 250		iznad 250	
	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra	Klasa hrap.	Ra
IT5	N3	0,1	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8
IT 6	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N6	0,8
IT 7	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6
IT 8	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2
IT 9	N6	0,8	N6	0,8	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3
IT 10	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3
IT 11	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5
IT 12	N8	3,2	N8	3,2	N9	6,3	N10	12,5	N11	25
IT 13	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5	N11	25	N11	25
IT 14	N10	12,5	N10	12,5	N11	25	N11	25	N12	50
IT 15	N10	12,5	N10	12,5	N11	25	N12	50	-	100*
IT 16	N11	25	N11	25	N12	50	-	100*	-	100*



# Vrednosti osnovnih tolerancija IT po ISO sistemu:

Područje nazivnih mera u milimetrima (mm)														
Iznad do	- 1	1 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500
kvalitet	Vrednosti tolerancije u mikrometrima ( $1\mu\text{m} = 0.001\text{ mm}$ )													
IT 01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4	
IT 0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6	
IT 1	<u>0,8</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1,2</u>	1,5	<u>1,5</u>	2	<u>2,5</u>	3,5	<u>4,5</u>	6	7	8	
IT 2	<u>1,2</u>	1,5	<u>1,5</u>	2	<u>2,5</u>	<u>2,5</u>	3	4	5	7	8	9	10	
IT 3	<u>2</u>	<u>2,5</u>	<u>2,5</u>	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
IT 4	<u>3</u>	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
IT 5	<u>4</u>	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
IT 6	<u>6</u>	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
IT 7	<u>10</u>	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
IT 8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	
IT 9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
IT 10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
IT 11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400	
IT 12	<u>100</u>	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630	
IT 13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	

**Табела 6.12: Специфично кривљење вучених челичних шипки (0,001 mm/mm)**

<b>ПРЕЧНИК (mm)</b>	<b>КЛАСА ХРАПАВОСТИ</b>			
	<i>N6</i>	<i>N7</i>	<i>N9 - N10</i>	<i>N11</i>
до 25	0,5	1	2	3
25-50	0,5	0,75	1	2
>50	-	0,5	1	1

**Табела 6.15: Максимална хрпавост и дефектни слој после брушења вучених шипки (0,001 mm)**

<b>ВРСТА БРУШЕЊА</b>	<b>Класа хрпавости</b>	<b>R</b>	<b>C</b>
<i>Брушење после термичке обраде</i>	<b>N5-N4</b>	<b>3-0,8</b>	<b>-</b>
<i>Брушење пре термичке обраде</i>	<b>N6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
<i>Брушење после термичке обраде</i>	<b>N5-N6</b>	<b>3-0,8</b>	<b>-</b>
<b>Брушење:</b>			
<i>Грубо</i>	<b>N7</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<i>Чисто</i>	<b>N6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
<i>Фино</i>	<b>N5</b>	<b>3-0,8</b>	<b>6-2</b>

**Табела 6.19: Специфично кривљење вучених шипки после термичке обраде (0,001 mm/mm)**

<b>ПРЕЧНИК (mm)</b>	<i>до 30</i>	<i>30-50</i>	<i>50-80</i>	<i>80-100</i>
<b>Δk</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>