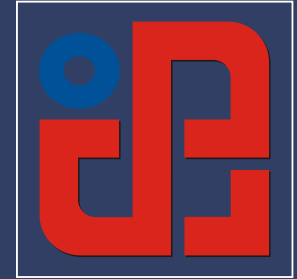




FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO



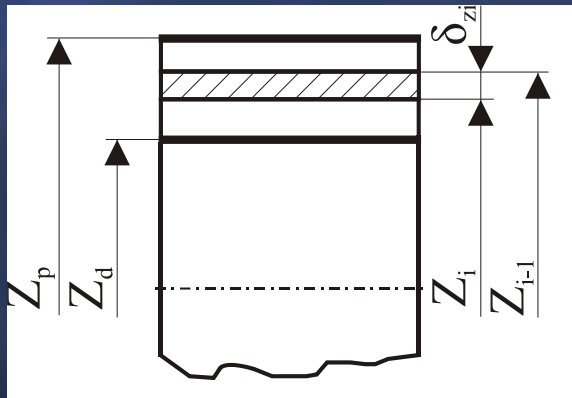
PROJEKTOVANJE I OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESA PROIZVODNJE

**VEŽBA 4: Određivanje dodataka za obradu
na bazi preporučenih podataka**

Prof. dr Dejan Lukić

Određivanje dodataka za obradu

Dodatak za obradu predstavlja sloj materijala koji je potrebno odstraniti skidanjem strugotine kako bi se dobio proizvod određene tačnosti dimenzija, oblika i kvaliteta obrađene površine. Dodaci za obradu se određuju na osnovu idejnog rešenja tehnološkog procesa, odnosno predviđenih operacija (vrste obrade) i zahvata obrade (gruba, poluzavršna i završna).

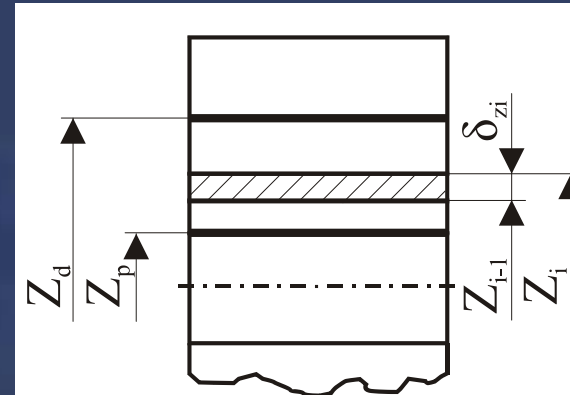


Spoljašnje mere

$$\delta_{zi} = Z_{i-1} - Z_i$$

$$\delta = \sum_{i=1}^k \delta_{zi}$$

$$\delta = Z_p - Z_d$$



Unutrašnje mere

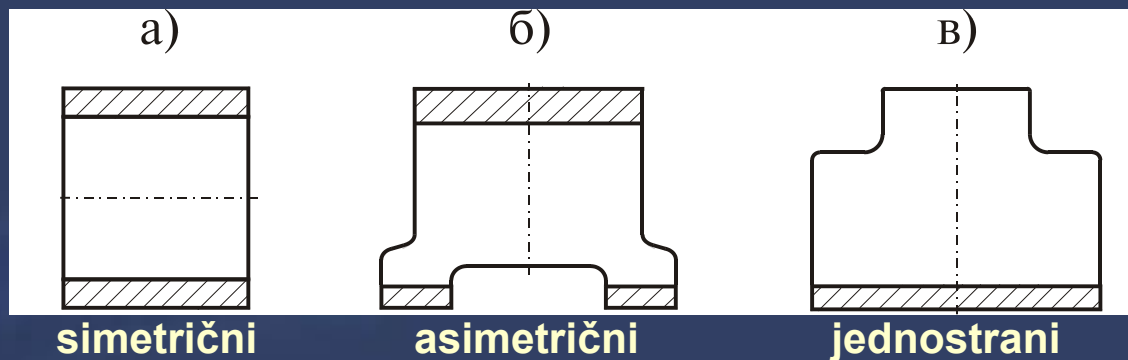
$$\delta_{zi} = Z_i - Z_{i-1}$$

$$\delta = \sum_{i=1}^k \delta_{zi}$$

$$\delta = Z_d - Z_p$$

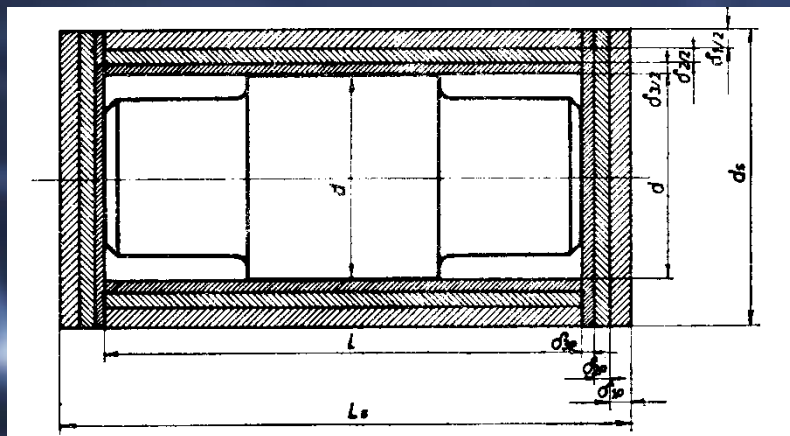
- Z_p – mera pripremljena
- Z_D – mera gotovog dela
- k – ukupan broj zahvata obrade posmatrane površine (mere)
- Z_i – mera koja se postiže u i -tom zahvatu
- Z_{i-1} – mera koja se postiže u prethodnom $i-1$ zahvatu

Dodaci za obradu mogu biti:



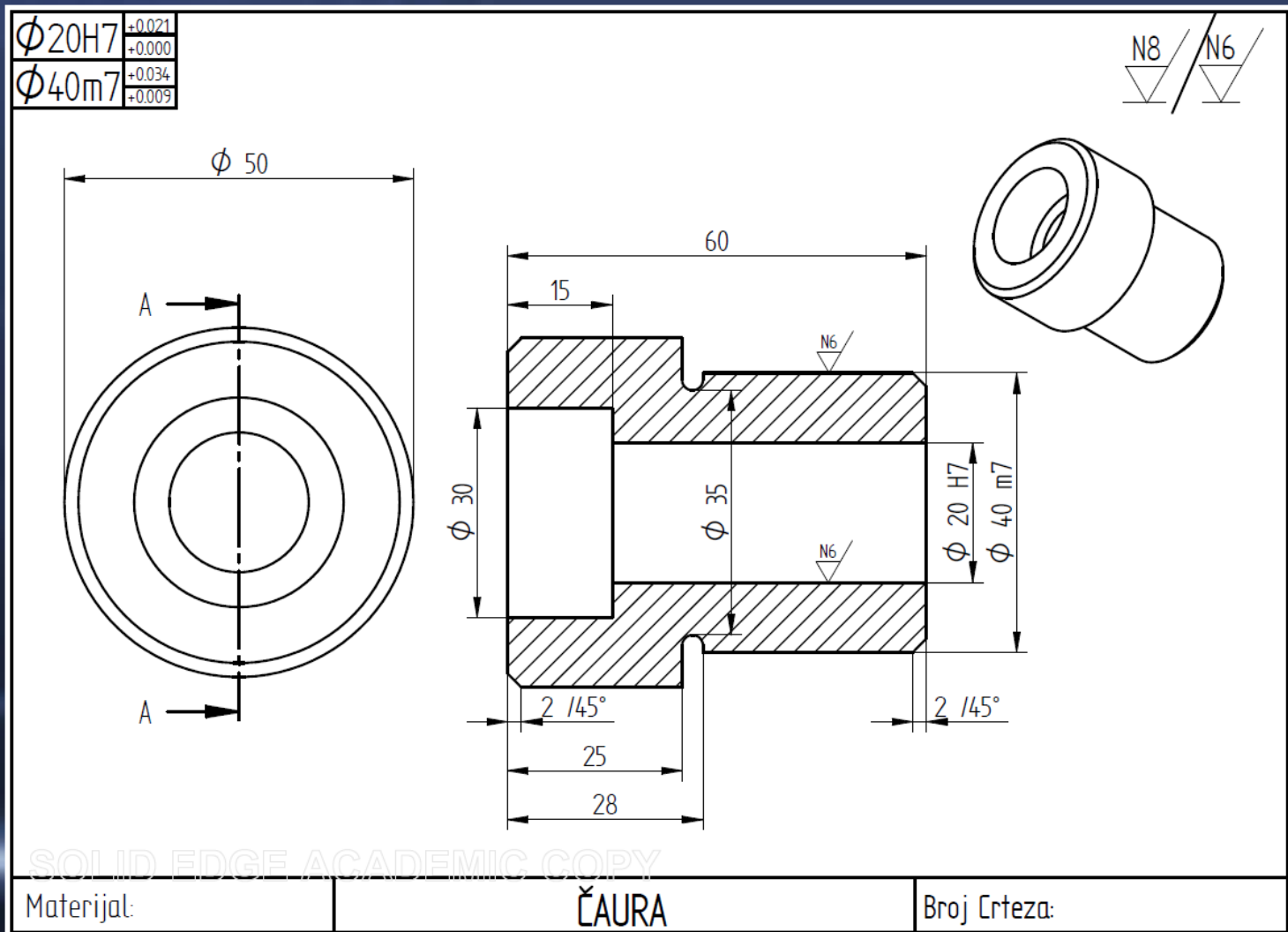
Postupci za određivanje dodataka za obradu:

1. **Primenom preporučenih dodataka za obradu** koji su određeni na bazi statističke obrade iskustvenih podataka iz proizvodne prakse. Ova metodologija se primenjuje u pojedinačnoj, maloserijskoj i srednjeserijskoj proizvodnji.
2. **Primenom računsko-analitičke metode.** Ova metodologija je bazirana na analizi grešaka izrade priprema, kao i grešaka koje nastaju u procesu obrade skidanjem materijala (rezanjem) i procesima termičke obrade. Ova metodologija se primenjuje u višim tipovima obrade kao što su velikoserijska i masovna proizvodnja.



Primer 1

Za čauru od čelika od prema crtežu, koja se proizvodi u maloserijskoj proizvodnji od 300 (kom/god) potrebno je izabrati vrstu pripremljena, odrediti dodatke za obradu primenom preporučenih dodataka za obradu i definisati tehnološki proces izrade.

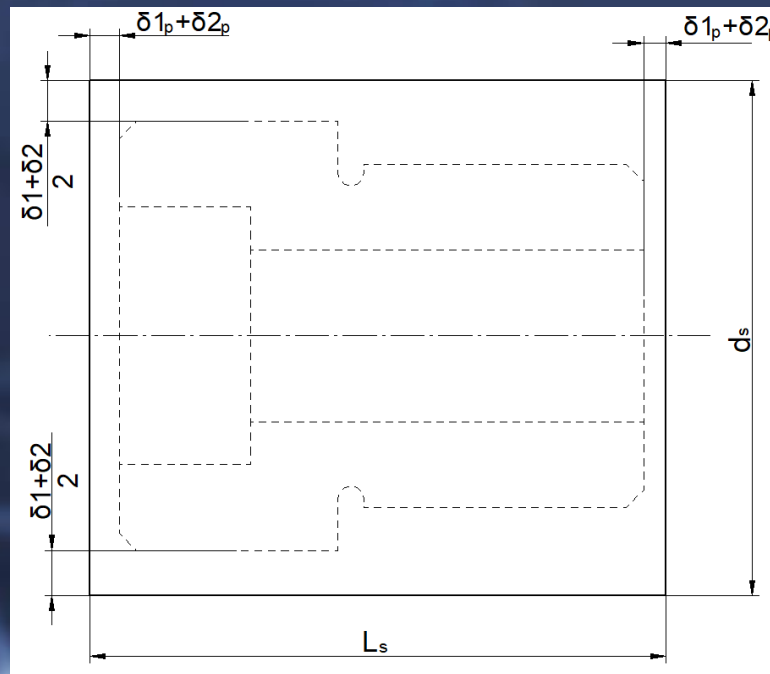


1. Izbor vrste pripremk:

Kao racionalna vrsta pripremk za maloserijsku proizvodnju posmatrane čaure izabrana je toplo valjana šipka standardnog prečnika, koji će se odrediti na osnovu preporučenih dodataka za obradu.

Toplo valjane šipke okruglog preseka isporučuju se u dužinama od 3 do 15 m, prečnika od 5 do 200 mm sa tolerancijama od $\pm 0,4$ do $\pm 3,3$.

Prva operacija obrade za kod šipkastih pripremk je odsecanje na meru sa odgovarajućim dodacima za poprečnu obradu.

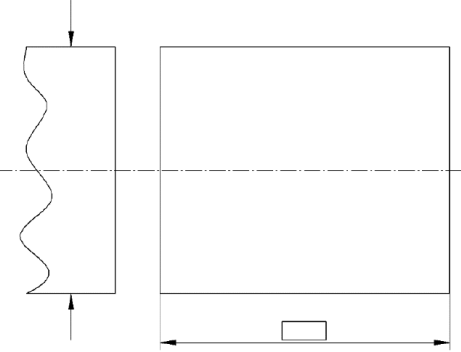
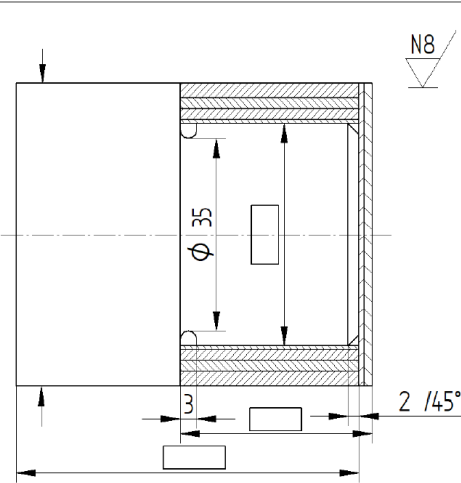
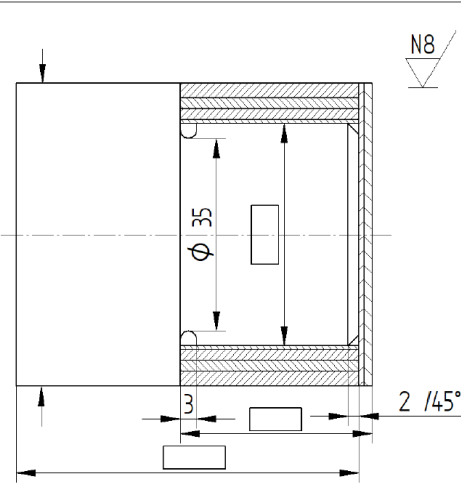
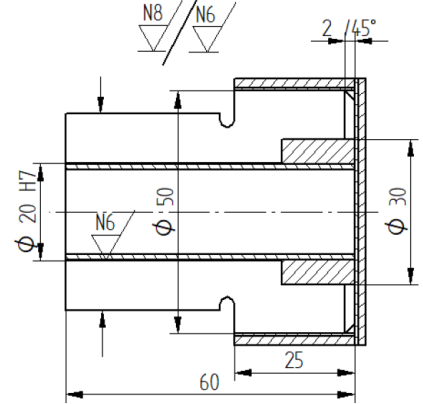
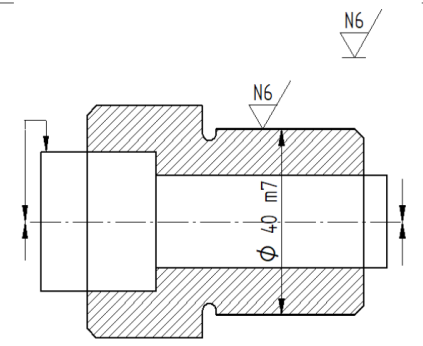


Prečnik šipke i dužina odsecanja na bazi dodataka za obradu

2. Idejno rešenje tehnološkog procesa:

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).

Idejno rešenje tehnološkog procesa izrade čaure

Broj oper.	Naziv operacije	Skica i opis operacije	➤Mašina/Radno mesto ➤Pribor ➤Alat ➤Merilo
10	Odsecanje	 <p>- Odseći na dužinu L= _____ mm</p>	- Testera - Standardni pribor - List testere - Pomično merilo
20	Struganje		-CNC strug -Standardni pribor (samocentrir. stezač) -Nož za grubo poprečno struganje -Nož za fino poprečno struganje -Nož za grubo uzdužno struganje -Nož za fino uzdužno struganje -Nož za usecanje žljeba širine 3mm -Pomično merilo
20/1	Struganje desne strane	 <p>- Strugati čelo grubo na _____ mm - Strugati čelo fino na _____ mm - Strugati uzdužno grubo na _____ mm - Strugati uzdužno fino na _____ mm i oboriti ivicu <u>2/45°</u> -Useći žljeb širine <u>3mm</u> na prečnik <u>Ø35mm</u></p>	-Zabušivač Ø2,5 -Burgija _____ -Proširivač _____ -Razvrtač _____ -Razvrtač Ø20H7 -Upuštač Ø30 -Čep za otvor Ø20H7
20/2	Struganje leve strane	 <p>- Strugati čelo grubo na _____ mm - Strugati čelo završno na <u>60mm</u> - Strugati uzdužno grubo na _____ mm - Strugati uzdužno fino na <u>Ø50mm</u> i oboriti ivicu <u>2/45°</u> - Zabušiti <u>Ø2,5</u> - Bušiti otvor _____ mm - Proširiti otvor na _____ mm - Grubo razvrtati otvor na _____ mm - Fino razvrtati otvor na <u>Ø20H7mm</u> - Upustiti <u>Ø30mm</u> na dubinu <u>15mm</u></p>	-CNC brusilica za kružno brušenje -Trn, šiljci, povlakač -Tocila za grubo i fino brušenje -Mikrometar
30	Brušenje	 <p>- Brusiti grubo na _____ mm - Brusiti završno na <u>Ø40m7</u></p>	-Pomično merilo100mm -Mikrometar 25-50mm -Čep za otvor Ø20H7
40	Završna kontrola	Kontrolisati deo prema crtežu	

3.Određivanje dodataka za obradu

Na osnovu idejnog rešenja tehnološkog procesa u nastavku je prikazana metodologija određivanja dodataka za obradu primenom preporučenih-tabličnih vrednosti. Nakon toga definisane su mere odgovarajućih zahvata obrade.

a) Definisane prečnika priprema-toplo valjane šipke

Na osnovu idejnog rešenja na najvećem prečniku imamo zahvate grubog i završnog struganja, pa se potreban prečnik proračunava prema sledećoj formuli:

$$D_p = D_d + \delta_1 + \delta_2 \quad (1)$$

Gde su:

D_p – proračunski prečnik priprema

D_d – najveći prečnik dela ($D_d = \text{Ø}50\text{mm}$)

δ_1 – dodatak za grubo struganje

δ_2 – dodatak za fino struganje

$\delta_{1g} = 3,5\text{mm}$ (Tab 6.20, $D = 30 \div 50\text{mm}$, $D = 50 \leq 100\text{mm}$)

$\delta_{2f} = 1,3\text{mm}$ (Tab 6.21, $D = 30 \div 50\text{mm}$, $D = 50 \leq 100\text{mm}$)

$$D_p = 50 + 3 + 1,3 = 54,3\text{mm}$$

Usvaja se **$D_p = \text{Ø}55\text{mm}$** (Tab. 5.1, standardni prečnik šipke, $\pm 1\text{mm}$ – normalno odstupanje)

Zahvati obrade na prečniku $\text{Ø}50$

- Grubo uzdužno struganje na $\text{Ø}51,3\text{mm}$ ($50 + 1,3 = \text{Ø}51,3\text{mm}$)
- Fino uzdužno struganje na $\text{Ø}50\text{mm}$ (poslednji zahvat na meri $\text{Ø}50\text{mm}$)

b) Definisane dužine odsecanja šipke i dodatka poprečne obrade

Dužina odsecanja šipke iznosi:

$$L_p = l + 2 \cdot \delta_{1p} + 2 \cdot \delta_{2p} \quad (2)$$

Gde su:

L_p – proračunska dužina odsecanja šipke

l_d – dužina čaure ($l_d=60\text{mm}$)

δ_{1gp} – dodatak za grubo poprečno struganje

δ_{2fp} – dodatak za fino poprečno struganje

$\delta_{1gp} = 1,5\text{mm}$ (Tab 6.26, dužina $50 \div 120\text{mm}$, prečnik dela $D=50\text{mm}$)

$\delta_{2fp} = 0,9\text{mm}$ (Tab 6.26, dužina $50 \div 120\text{mm}$, prečnik dela $D=50\text{mm}$)

$$L_p = 60 + 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 0,9 = 64,8\text{mm}$$

Zahvati obrade na meri 60:

- Grubo čeono struganje prve strane na 63,3mm ($62,4+0,9=63,3\text{mm}$)
- Fino čeono struganje prve strane na 62,4mm ($60,9+1,5=62,4\text{mm}$)
- Grubo čeono struganje druge strane na 60,9mm ($60+0,9=60,9\text{mm}$)
- Fino čeono struganje druge strane na 60mm (poslednji zahvat na meri 60)

c) Definisane dodataka i zahvata na meri $\text{Ø}40\text{m}7$ (kvalitet obrade N6)

Prema tehnološkom procesu imamo sledeće zahvate obrade, odnosno dodatke za obradu:

- Grubo uzdužno struganje – δ_{1g}
- Fino uzdužno struganje – δ_{2f}
- Brušenje (grubo 80%+fino 20%) – $\delta_{3b}=0,8 \delta_{3g} + 0,2 \delta_{3f}$

$$\delta_{1g} = 3,5\text{mm} \text{ (Tab 6.20, } D=30\div 50\text{mm, } D=50\leq 100\text{mm)}$$

$$\delta_{2f} = 1,3\text{mm} \text{ (Tab 6.21, } D=30\div 50\text{mm, } D=50\leq 100\text{mm)}$$

$$\delta_3 = 0,4\text{mm} \text{ (Tab 6.27, } D=30\div 50\text{mm, obrada između šiljaka-trn, nema termičke obrade)}$$

$$\delta_{3g} = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32\text{mm}$$

$$\delta_{3f} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08\text{mm}$$

Zahvati obrade na meri $40\text{m}7$:

- Grubo uzdužno struganje na $\text{Ø}41,7\text{mm}$ ($40,4+1,3= \text{Ø}41,7\text{mm}$)
- Fino uzdužno struganje na $\text{Ø}40,4\text{mm}$ ($40+0,4= \text{Ø}40,4\text{mm}$)
- Grubo uzdužno brušenje na $\text{Ø}40,08\text{mm}$ ($40+0,08= \text{Ø}40,08\text{mm}$)
- Fino uzdužno brušenje na $\text{Ø}40\text{m}7$ mm (poslednji zahvat na meri $\text{Ø}40$)

d) Definisane dodataka i zahvata otvora Ø20H7 (kvalitet obrade N6)

Prema tehnološkom procesu imamo sledeće zahvate obrade, odnosno dodatke za obradu:

- Zabušivanje
- Bušenje
- Proširivanje – δ_1
- Grubo razvrtanje – δ_2
- Fino razvrtanje – δ_3

$\delta_1 = 2,4\text{mm}$ (Tab 6.33, prečnik otvora $D=18\div 30\text{mm}$)

$\delta_{2f} = 0,20\text{mm}$ (Tab 6.33, prečnik otvora $D=18\div 30\text{mm}$, grubo razvrtanje posle proširivanja)

$\delta_3 = 0,05\text{mm}$ (Tab 6.33, prečnik otvora $D=18\div 30\text{mm}$, fino razvrtanje)

Zahvati obrade otvora Ø20H7:

- Zabušivanje Ø2,5mm
- Bušenje Ø17,5mm ($19,75 - 2,4 = \text{Ø}17,35\text{mm}$) / Alat: Burgija Ø17,5mm (standardna)
- Proširivanje Ø19,75 ($19,95 - 0,2 = \text{Ø}19,75\text{mm}$) / Alat: Proširivač Ø19,75mm
- Grubo razvrtanje na Ø19,95 ($20 - 0,05 = 19,95\text{mm}$) /
Alat: Razvrtač Ø19,95 (Ø20h9 mm – standardni razvrtač)
- Fino razvrtanje na Ø20H7 / Alat: Razvrtač Ø20H7

Tabele preporučenih dodataka za obradu

Називни пречник (mm)	Класа тачности шипке	УКУПНА ДУЖИНА ГОТОВОГ ДЕЛА (mm)						
		до 100	100 до 250	250 до 400	400 до 630	630 до 1000	1000 до 1600	1600 до 2500
до 10	НТ	2,5	3	3	3,5	-	-	-
	ПТ	2	2	2,5	3	-	-	-
10 до 18	НТ	2,5	3	3	3,5	4	-	-
	ПТ	2	2	2,5	3	3,5	-	-
18 до 30	НТ	3	3	3,5	4	4,5	5,5	-
	ПТ	2	2,5	2,5	3	3,5	4,5	-
30 до 50	НТ	3	3,5	3,5	4	4,5	5,5	7
	ПТ	2,5	2,5	3	3	4	5	6

T 6.20 Vrednost dodataka za grubo spoljašnje i unutrašnje uzdužno struganje šipki u maloserijskoj I pojedinačnoj proizvodnji

Називни пречник (mm)	УКУПНА ДУЖИНА ГОТОВОГ ДЕЛА (mm)						
	до 100	100 до 250	250 до 400	400 до 630	630 до 1000	1000 до 1600	1600 до 2500
до 10	0,9	1	1,2	1,3	-	-	-
10 до 18	1	1,1	1,2	1,4	1,7	-	-
18 до 30	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,2	-
30 до 50	1,3	1,4	1,5	1,7	2	2,4	3
50 до 80	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,6	3,2
80 до 120	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,8	3,4
120 до 180	1,8	1,9	2	2,2	2,5	3	3,5
180 до 260	2	2,2	2,3	2,4	2,7	3,2	3,8
260 до 360	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,4	4
360 до 500	2,5	2,6	2,8	2,9	3,2	3,6	4,2

T 6.21 Vrednost dodataka za fino spoljašnje uzdužno struganje šipki u maloserijskoj I pojedinačnoj proizvodnji

Дужина готовог дела (mm)	ВРСТА ОБРАДЕ	ПРЕЧНИК (mm)				
		до 18	18 до 50	50 до 120	120 до 260	преко 260
до 18	Грубо стругање	0,9	1	1,1	0	0
	Фино стругање	0,6	0,7	0,8	0	0
	Брушење	0,3	0,3	0,3	0	0
18 до 50	Грубо стругање	1,1	1,2	1,3	1,5	0
	Фино стругање	0,7	0,8	0,9	0,9	0
	Брушење	0,3	0,3	0,4	0,4	0
50 до 120	Грубо стругање	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
	Фино стругање	0,9	0,9	1	1	1,1
	Брушење	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
120 до 260	Грубо стругање	1,8	1,9	2	2,1	2,3
	Фино стругање	1	1,1	1,1	1,2	1,3
	Брушење	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
260 до 500	Грубо стругање	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9
	Фино стругање	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
	Брушење	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
преко 500	Грубо стругање	2,7	2,8	2,9	3	3,2
	Фино стругање	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
	Брушење	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
Ширина ножа за одсецање В (mm)		2	4	5	7	8-11

T 6.26 Vrednost dodataka za poprečnu (čeonu) obradu struganjem, brušenjem i odsecanjem

Називни пречник (mm)	Обрада између шилјака	Обрадак термички обрађен (каљен)	ДУЖИНА ГОТОВОГ ДЕЛА (mm)						
			до 100	100 до 250	250 до 400	400 до 630	630 до 1000	1000 до 1600	1600 до 2000
до 10	да	да	0,3	0,4	0,4	0,5	-	-	-
	не	не	0,3	0,3	0,4	0,4	-	-	-
10 до 18	да	да	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	-	-
	не	не	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	-	-
18 до 30	да	да	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9	-
	не	не	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	-	-
30 до 50	да	да	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
	не	не	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	1
50 до 80	да	да	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	-	-
	не	не	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	-	-
50 до 80	да	да	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	1	1,3
	не	не	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	1
50 до 80	да	да	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	-	-
	не	не	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	-	-

T 6.27 Vrednost dodataka za spoljašnje brušenje rotacionih delova za pojedinačnu i maloserijsku proizvodnju

НОМИНАЛНИ ПРЕЧНИК ОТВОРА (mm)	ДОДАЦИ ПО ПРЕЧНИКУ ПРИ ОБРАДИ				
	Проширивањем	Проширивање после грубог проширивања проширивачем или ножем	Грубим развртањем после бушења	Грубим развртањем после проширивања проширивачем или ножем	Финим развртањем
до 6	-	-	0,10	-	0,03
6 до 10	-	-	0,20	-	0,04
10 до 15	1,5	1,0	0,30	0,15	0,04
15 до 18	1,7	1,0	0,40	0,15	0,04
18 до 30	2,4	1,5	0,40	0,20	0,05
30 до 50	3,0	2,0	0,50	0,25	0,06
50 до 80	4,0	2,5	0,60	0,30	0,08
80 до 100	5,0	3,0	0,70	0,35	0,09

Modifikovana T 6.33 Vrednost dodataka za proširivanje i razvrtanje

НАЗИВНИ ПРЕЧНИК (mm)							
5	12	20	28	37	50	75	130
5,5	13	21	29	38	52	80	140
6	14	22	30	40	53	85	150
6,5	15	23	31	42	55	90	160
7	16	24	32	44	60	95	170
7,5	17	25	34	45	63	100	180
8	18	26	35	47	65	110	190
10	19	27	36	48	70	120	200
Пречници					Дозвољено одступање		
					Нормално	Уже	Специјал
<15					±0,4	±0,3	±0,2
16-25					±0,5	±0,4	±0,25
26-50					±0,6	±0,5	±0,3
52-80					±1,0	±0,8	±0,5
85-120					±1,3	±1,0	-
130-160					±2,0	±1,6	-
170-200					±2,6	±2,0	-
>200					±3,3	±2,6	-

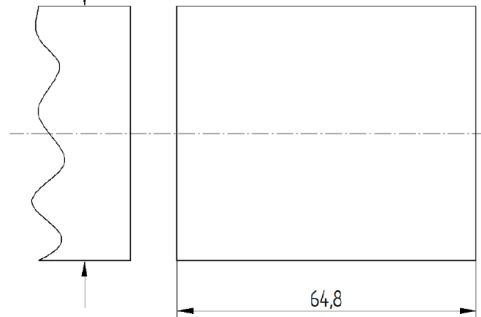
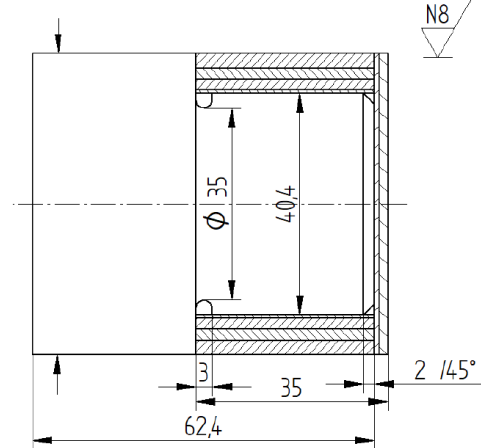
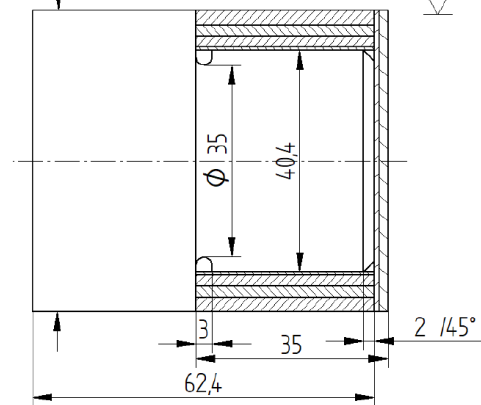
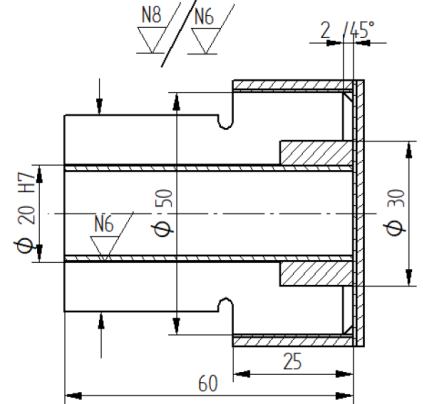
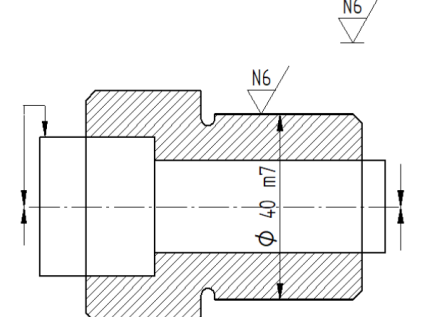
T 5.1 Dimenzije i tolerancije toplo valjanih okruglih šipki od čelika

4.Precizirano idejno rešenje TP

Na osnovu definisanih dodataka za obradu, mera pojedinih zahvata i usvojenih alata izvršeno je preciziranje idejnog rešenja tehnološkog procesa.

Na osnovu ovih podataka vrlo lako je izvršiti definisanje odgovarajućih karti operacija, za čega je potrebno usvojiti konkretne alate sa oznakama proizvođača, odgovarajuće režime obrade a potom proračunati/usvojiti vremena obrade (pripremno-završno vreme, glavno i pomoćno vreme, komadno vreme)

Precizirano Idejno rešenje tehnološkog procesa izrade čaure

Broj oper.	Naziv operacije	Skica i opis operacije	>Mašina/Radno mesto >Pribor >Alat >Merilo
10	Odsecanje	 <p>- Odseci na dužinu L= <u>64,8 mm</u></p>	-Testera -Standardni pribor -List testere -Pomično merilo
20	Struganje		-CNC strug -Standardni pribor (samocentrir. stezač) -Nož za grubo poprečno struganje -Nož za fino poprečno struganje -Nož za grubo uzdužno struganje -Nož za fino uzdužno struganje -Nož za usecanje žljeba širine 3mm -Pomično merilo
20/1	Struganje desne strane	 <p>- Strugati čelo grubo na <u>63,3mm</u> - Strugati čelo fino na <u>62,4mm</u> - Strugati uzdužno grubo na <u>Ø41,7mm</u> - Strugati uzdužno fino na <u>Ø40,4mm</u> i oboriti ivicu 2/45° -Useći žljeb širine 3mm na prečnik Ø35mm</p>	
20/2	Struganje leve strane	 <p>- Strugati čelo grubo na <u>60,9mm</u> - Strugati čelo završno na 60mm - Strugati uzdužno grubo na <u>Ø51,3mm</u> - Strugati uzdužno fino na <u>Ø50mm</u> i oboriti ivicu 2/45° -Zabušiti Ø2,5 -Bušiti otvor <u>Ø17,5mm</u> -Proširiti otvor na <u>Ø19,75mm</u> -Grubo razvrtati otvor na <u>Ø19,95(Ø20h9)mm</u> -Fino razvrtati otvor na <u>Ø20H7mm</u> -Upustiti Ø30mm na dubinu 15mm</p>	
30	Brušenje	 <p>- Brusiti grubo na <u>Ø40,08mm</u> - Brusiti završno na <u>Ø40m7</u></p>	-CNC brusilica za kružno brušenje -Trn, šiljci, povlakač -Tocila za grubo i fino brušenje -Mikrometar
40	Završna kontrola	Kontrolisati deo prema crtežu	-Pomično merilo100mm -Mikrometar 25-50mm -Čep za otvor Ø20H7