



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



Nastavni predmet:

INTEGRISANI CAPP SISTEMI I PDM

Vežba br 2 i 3:

Tehnološke podloge za razvoj i primenu CIM sistema na primeru tehnološke grupe proizvoda

Profesor: dr Dejan Lukić

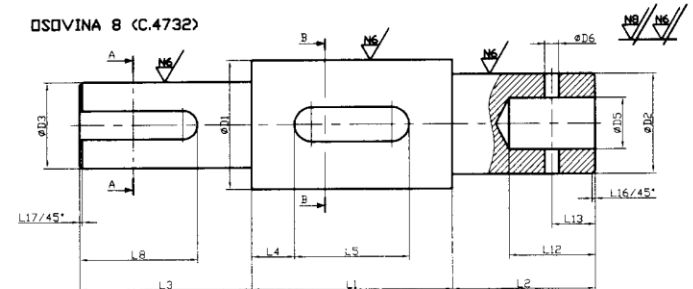
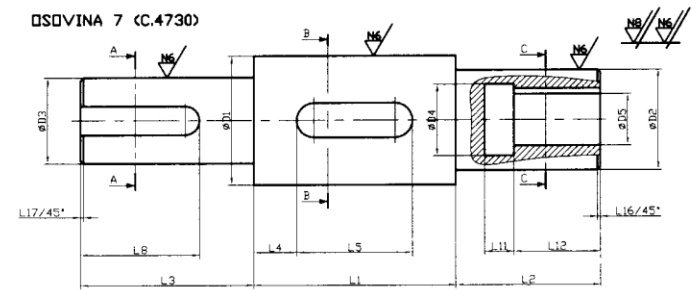
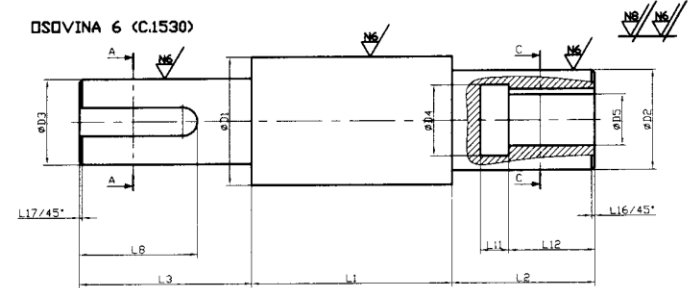
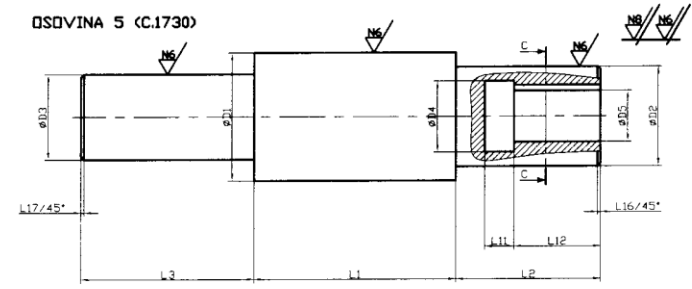
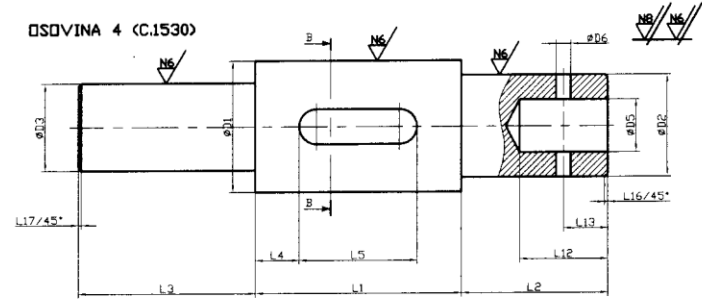
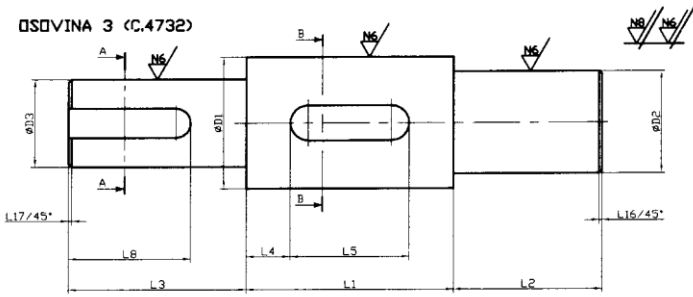
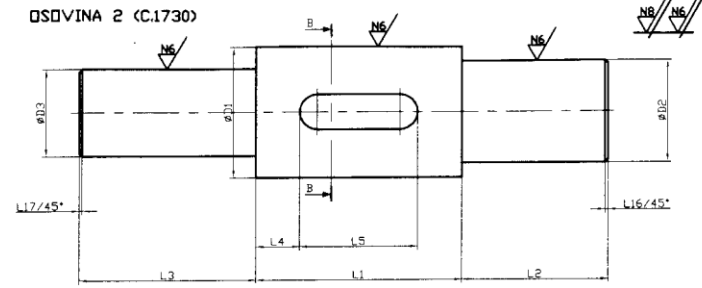
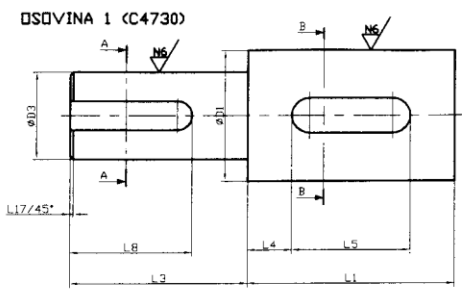
Predmetni asistent: Dejan Božić

Zadatak

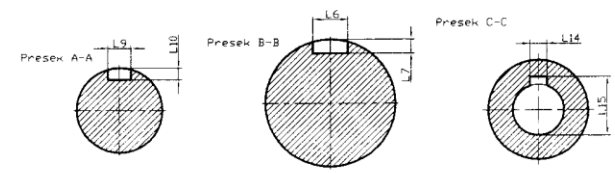
Deo proizvodnog programa jednog proizvodnog sistema čine osovine prema slici 1, koje su grupisane u jednu tehnološku grupu (TG1). U tabeli 1 dati su osnovni podaci o delovima tehnološke grupe osovina.

R. br. dela	Naziv dela	Obim proizvodnje (kom/god)	Masa dela (kg)	Vrednost (n.j.)
1	Osovina 1	100	2,1	50
2	Osovina 2	150	2	65
3	Osovina 3	200	1,9	65
4	Osovina 4	100	1,8	75
5	Osovina 5	200	2,1	75
6	Osovina 6	100	2,1	80
7	Osovina 7	300	2,2	80
8	Osovina 8	250	2	80

Tabela 1. Osnovni podaci o delovima tehnološke grupe osovina

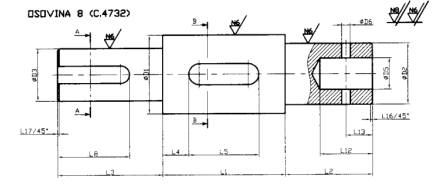
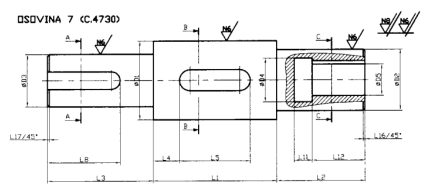
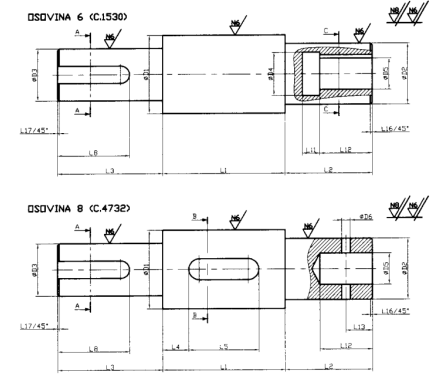
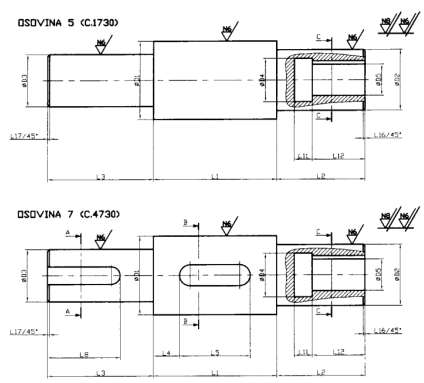
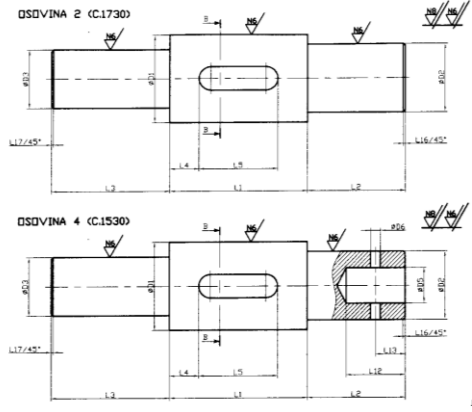
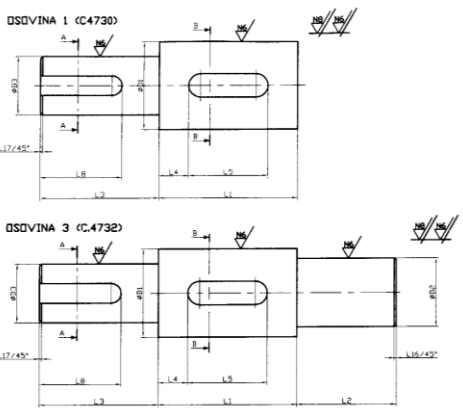


Napomena:
 Pokoljšati C.1530 na 700±50 N/mm²
 Pokoljšati C.1730 na 800±50 N/mm²
 Pokoljšati C.4730 na 800±50 N/mm²
 Pokoljšati C.4732 na 1000±50 N/mm²

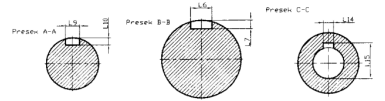


Slika 1. Osovine tehnološke grupe

	ϕD_1 h7	ϕD_2 h7	ϕD_3 h7	ϕD_4	ϕD_5 H10	ϕD_6 H11	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6 P9	$L_7 +0.2$	L_8	L_9 P9	$L_{10} +0.2$	L_{11}	L_{12}	L_{13}	L_{14} P9	$L_{15} +0.1$	L_{16}	L_{17}
Osovina 1	60	-	40	-	-	-	70	-	60	10	25	18	6.8	25	12	4.9	-	-	-	-	-	-	1.5
Osovina 2	55	38	34	-	-	-	68	72	48	15	40	16	6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	1.5
Osovina 3	45	30	30			-	75	80	45	10	40	14	5.5	20	8	4.1			-	-	-	1.5	1,5
Osovina 4	45	32	38	-	20	5	75	62	58	15	50	14	5.5	-	-	-	-	42	20	-	-	2	2
Osovina 5	55	30	30	25	18	-	75	60	55	-	-	-	-	-	-	-	12	40	-	6	20.6	1.5	1.5
Osovina 6	50	40	45	25	18	-	80	50	45	-	-	-	-	20	14	5.5	10	30	-	6	20.6	1	1
Osovina 7	50	40	35	25	20	-	90	60	70	10	60	16	6.2	25	8	4.1	10	30	-	4	21.6	1	1
Osovina 8	45	35	30	-	18	6	70	50	60	15	40	14	5.5	25	8	4.1	-	30	18	-	-	1	1



Napomena:
Površjast: C1530 na 700±50 N/mm²
Površjast: C1730 na 800±50 N/mm²
Površjast: C4730 na 800±50 N/mm²
Površjast: C4732 na 1000±50 N/mm²



Slika 1a. Osovine tehnološke grupe - dimenzije

Postaviti tehnološke podloge za razvoj i primenu CIM sistema za posmatranu tehnološku grupu osovina. Izvršiti ocenu efekata primene CIM sistema, odnosno izvršiti proračun vremena operacija obrade tehnološke grupe, vremenski stepen iskorišćenja i proizvodnost obradnih modula CIM sistema na principima grupne tehnologije.

1. Projektovati grupni tehnološki proces obrade date tehnološke grupe osovina prema priloženim crtežima na slici 1 i podacima iz tabele 1.

- 1.1. Izvršiti klasifikaciju delova prema konstruktivno-tehnološkom klasifikatoru za rotacione delove oblika osovina.
- 1.2. Projektovati kompleksan deo i odgovarajuće matrice klasifikacionih brojeva.
- 1.3. Izabrati racionalnu vrstu priprema, projektovati sadržaj tehnološkog procesa izrade kompleksnog dela i formirati matricu redosleda obrada za delove iz grupe.
- 1.4. Projektovati grupne operacije obrade.
- 1.5. Precizirati operacije obrade za konkretne delove i odrediti vreme grupnih operacija obrade delova tehnološke grupe, primenom:
 - 1.5.1 Grafoanalitičke metode (Metode sličnosti)
 - 1.5.2 Metode zasnovane na reprezentu tehnološke grupe
- 1.6. Proračunati potreban broj i stepen iskorišćenja obradnih sistema za grupnu operacije obrade struganjem

2. Izvršiti ocenu efekata primene obradnih modula CIM sistema za proizvodnju tehnološke grupe osovina.

- 2.1. Odrediti vremensko angažovanje obradnih modula CIM sistema.
- 2.2. Odrediti vremenski stepen iskorišćenja obradnih modula CIM sistema.
- 2.3. Odrediti proizvodnost obradnih modula CIM sistema.

1.0 Projektovanje grupnog tehnološkog procesa

Posmatrana tehnološka grupa osovina može da se izradi po grupnom tehnološkom procesu obrade koji se sadrži iz grupnih operacija obrade. Pošto su osovine tehnološke grupe sa velikom konstruktivno-tehnološkom sličnošću mogu se izraditi po zajedničkom sadržaju tehnološkog procesa, odnosno svi delovi prolaze iste operacije obrade (osim operacije izrade unutrašnjeg žljeba), onda se tehnološka grupa poistovećuje sa operacijskom grupom.

1.1 Klasifikacija delova

R. br.	Deo	Klasifikacioni broj							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Osovina 1	2	0	2	2	0	5	0	0
2	Osovina 2	2	0	1	5	0	5	0	0
3	Osovina 3	2	0	2	5	0	5	0	0
4	Osovina 4	2	0	1	5	1	5	2	0
5	Osovina 5	2	0	1	5	1	4	0	0
6	Osovina 6	2	0	1	5	1	6	0	0
7	Osovina 7	2	0	2	5	1	6	0	0
8	Osovina 8	2	0	2	5	1	5	2	0

Tabela 2. Klasifikaciona oznaka osovina tehnološke grupe proizvoda

Klasifikator rotaciono simetričnih delova -IAMA

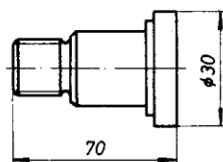
Oznaka na prvom mestu klasifikatora	Tip delova	Uslovi
0	Diskovi i prstenovi	$L/D \leq 0,5$
1	Oblice i čaure	$D \leq 20 \quad \wedge \quad 0,5 < L/D \leq 4$
		$20 < D \leq 40 \quad \wedge \quad 0,5 < L/D \leq 3$
		$40 < D \leq 200 \quad \wedge \quad 0,5 < L/D \leq 2$
		$200 < D \quad \wedge \quad 0,5 < L/D \leq 1$
2	Osovine	$D \leq 20 \quad \wedge \quad L/D > 4$
		$20 < D \leq 40 \quad \wedge \quad L/D > 3$
		$40 < D \leq 200 \quad \wedge \quad L/D > 2$
		$200 < D \quad \wedge \quad L/D > 1$

POLOŽAJ GRUPE KLASIFIKACIONIH KODOVA U ŠIFRI I NJIHOVO ZNAČENJE

1	2	3	4	5	6	7	8
			OBLICI SPOLJNIM ROTACIONIM POVRŠINAMA. OBLICI ZA OBRADU.	OBLICI GLAVNIH UNUTRAŠNJIH ROTACIONIM POVRŠINAMA. OBLICI GLAVNIH OTVORA I RUPA ZA OBRADU.	OBLICI NEROTACIONIM POVRŠINAMA.	POMOĆNI OTVORI I RUPE. OZUBLJENJA. NAVOJI I FAZONSKE POVRŠINE U POM. OTVORIMA.	
			0 Glatki spoljni prečnici.	0 Bez glavnih otvora i rupa.	0 Bez nerotacionih površina.	0 Bez otvora i rupa.	
			1 Cilindrični. Nefunkc. urezi.	1 S jedne ili obe strane.	1 Paralelne i međusobno upravne površine.	1 Rupe i otvori u aksijalnom pravcu na krugu ili proizvodnja.	
			2 Bez funkc. ureza.	2 Kao pod 1, plus navoji i funkc. urezi.	2 Površine stajale pod nagibom.	2 Rupe i otvori u radialnom ili ovom paralelnom pravcu.	
			3 Kao pod 2, plus navoji.	3 Kao pod 1 i 2, plus funkc. konusi i fazonske površine.	3 Urezi i prerezi. Segmenti.	3 Kombinacija otvora kao pod 1 i 2, plus proizvodni pravci otvora i rupa.	
			4 Kao pod 2 ili 3, plus funkc. urezi, konusi i fazon. površine.	4 Rupe sa ekscentričnom osom.	4 Unutrašnji žljebovi.	4 Ozubljenje cilindričnih zupčanika.	
			5 Bez funkc. ureza.	5 Glatki. Bez stepenastih prečnika.	5 Spoljni žljebovi.	5 Ozubljenje koničnih i tanjirastih zupčanika.	
			6 Kao pod 5, plus navoji.	6 Stepenasti s jedne ili obe strane, plus funkc. urezi i konusi.	6 Kombinacije površina pod 4 i 5.	6 Kombinacije pod 4 i 5 zajedno.	
			7 Kao pod 5 i 6, plus funkc. urezi, konusi i fazon. površine.	7 Kao pod 5 i 6, plus zavoji i fazon. površine.	7	7 Pravilni azubljenje (zupčaste letve).	
			8 Vučni navoji, konusi i fazon. površine.	8 Otvori sa ekscentričnom osom.	8	8	
			9 Spec. oblici.	9 Spec. oblici.	9 Spec. oblici.	9 Spec. oblici.	
							OBLIK MATERIJALA
							0 # profili dobijeni valjanjem.
							1 # profili dobijeni vučenjem, ljuštenjem i sl.
							2 Šipke profilnog preseka Δ , $\square$, $\square$, $\square$ i sl.
							3 Cevi.
							4 Standardni profili I, L, T i sl.
							5 Trake, ploče i limovi.
							6 Otkivci ili odlivci.
							7 Razni zavareni pripremi.
							8 Materijal specijalno profilisanog oblika.
							9 Oblici materijala predhodno obradjeni.

PREČNIK D	MATERIJAL
0	0
$D \leq 35$	Čelik ≤ 85 kp/mm ²
1	1
$35 < D \leq 60$	Čelik za poboljšanje.
2	2
$60 < D \leq 100$	Legirani čelici.
3	3
$100 < D \leq 160$	Laki metali.
4	4
$160 < D \leq 250$	Obojeni metali
5	5
$250 < D \leq 400$	Sivi liv.
6	6
$400 < D \leq 700$	Temper liv.
7	7
$700 < D \leq 1200$	Čelični liv.
8	8
$1200 < D \leq 2000$	Plastične mase i sl.
9	9
$2000 < D$	Ostali materijali.

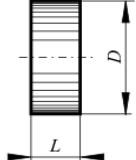
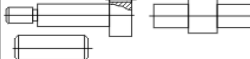
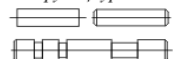
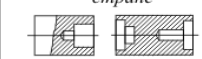
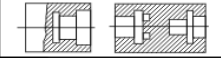
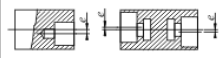
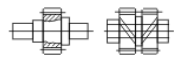
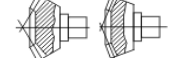
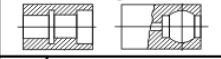
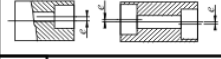
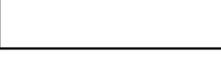
1	OBLICE I ČAURE
$D \leq 20; 0,5 \leq L/D \leq 4$	
$20 < D \leq 40; 0,5 \leq L/D \leq 3$	
$40 < D \leq 200; 0,5 \leq L/D \leq 2$	
$200 < D; 0,5 \leq L/D \leq 1$	



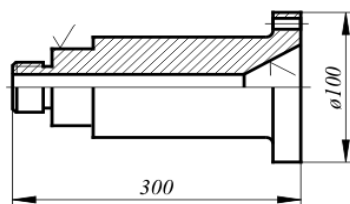
OZNAKA
101. 3000.1

Sl. 4.16

ПОЛОЖАЈ ГРУПА КЛАСИФИКАЦИОНИХ КОДОВА У ШИФРИ И ЊИХОВО ЗНАЧЕЊЕ

1	2	3	4	5	6	7	8
			ОБЛИЦИ СПОЉНИХ РОТАЦИОНИХ ПОВРШИНА. ОБЛИЦИ ЗА ОБРАДУ	ОБЛИЦИ ГЛАВНИХ УНУТРАШЊИХ РОТАЦИОНИХ ПОВРШИНА. ОБЛИЦИ ГЛАВНИХ ОТВОРА И РУПА ЗА ОБРАДУ	ОБЛИЦИ НЕРОТАЦИОНИХ ПОВРШИНА	ПОМОЋНИ ОТВОРИ И РУПЕ. ОЗУБЉЕЊЕ, НАВОЛИ И ФАЗОНСКЕ ПОВРШИНЕ У ПОМ. ОТВОРИМА	
			0 Глатки спољни пречници 	0 Без главних отвора и рупа 	0 Без неротационих површина 	0 Без отвора и рупа	
			1 Цилиндричне. Нефункц. урези. 	1 С једне или обе стране 	1 Паралелне и међусобно управне површине 	1 Рупе и отвори у аксијал. правцу на кругу или произвољно.	ОБЛИК МАТЕРИЈАЛА
			2 Без функц. уреза. 	2 Као под 1, плус навој и функц. урези 	2 	2 Рупе и отвори у радијал. или овом паралел. правцу	0 ф профили добијени ваљањем
			3 Као под 2, плус навој 	3 Као под 2 и 3, плус функц. урези, конуси и фазон. површине 	3 Урези и прорези. Сегменти 	3 Комбинација отвора као под 1 и 2, плус произвољни правци отвора и рупа.	1 ф профили добијени вучењем љуштењем и сл.
			4 Као под 2 и 3, плус функц. урези, конуси и фазон. површине 	4 Рупе са ексцентр. осом 	4 Унутрашњи жљебови 	4 Озубљење цилиндричних зупчаника 	2 Шипке профилног пресека Δ, □, ○ и сл.
			5 Без функц. уреза. 	5 Глатки. Без степенастих пречника 	5 Спољашњи жљебови 	5 Озубљење коничних и тајирастих зупчаника 	3 Цеви
			6 Као под 5, плус навој 	6 Степенасти ф с једне или обе стране Функц. урези. и конуси 	6 Комбинације површина под 4 и 5.	6 Комбинација под 4 и 5, заједно.	4 Стандардни профили I, L, T и сл.
			7 Као под 5 и 6, плус функц. урези, конуси и фазон. површине 	7 Као под 5 и 6, плус навој и фазон. површине 	7 	7 Правoliniјско озубљење (зупчасте летве) 	5 Траке, плоче и лимови
			8 Вучни навоји (пored других површина за обраду). Дуги конуси и фазон. површине 	8 Отвори са ексцентр. осом 	8 	8	6 Откивци или одливци
			9 Специјални облици 	9 Специјални облици 	9 Специјални облици 	9 Специјални облици 	7 Разни заварени припремци
							8 Материјал специјално профилираног облика
							9 Облици материјала предходно обрађени

2	ОСОВИНЕ
$D \leq 20$; $L/D > 4$	
$20 < D \leq 40$; $L/D > 3$	
$40 < D \leq 200$; $L/D > 2$	
$200 < D$; $L/D > 1$	



ОЗНАКА
221. 6601.0

Slika 2. Klasifikator za rotacione delove oblika OSOVINA

R. br.	Deo	Klasifikacioni broj							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Osovina 1	2	0	2	2	0	5	0	0
2	Osovina 2	2	0	1	5	0	5	0	0
3	Osovina 3	2	0	2	5	0	5	0	0
4	Osovina 4	2	0	1	5	1	5	2	0
5	Osovina 5	2	0	1	5	1	4	0	0
6	Osovina 6	2	0	1	5	1	6	0	0
7	Osovina 7	2	0	2	5	1	6	0	0
8	Osovina 8	2	0	2	5	1	5	2	0

Tabela 2. Klasifikaciona oznaka osovina tehnološke grupe proizvoda

Klasifikaciona oznaka Osovine 1 prema klasifikatoru IAMA je:

20220500

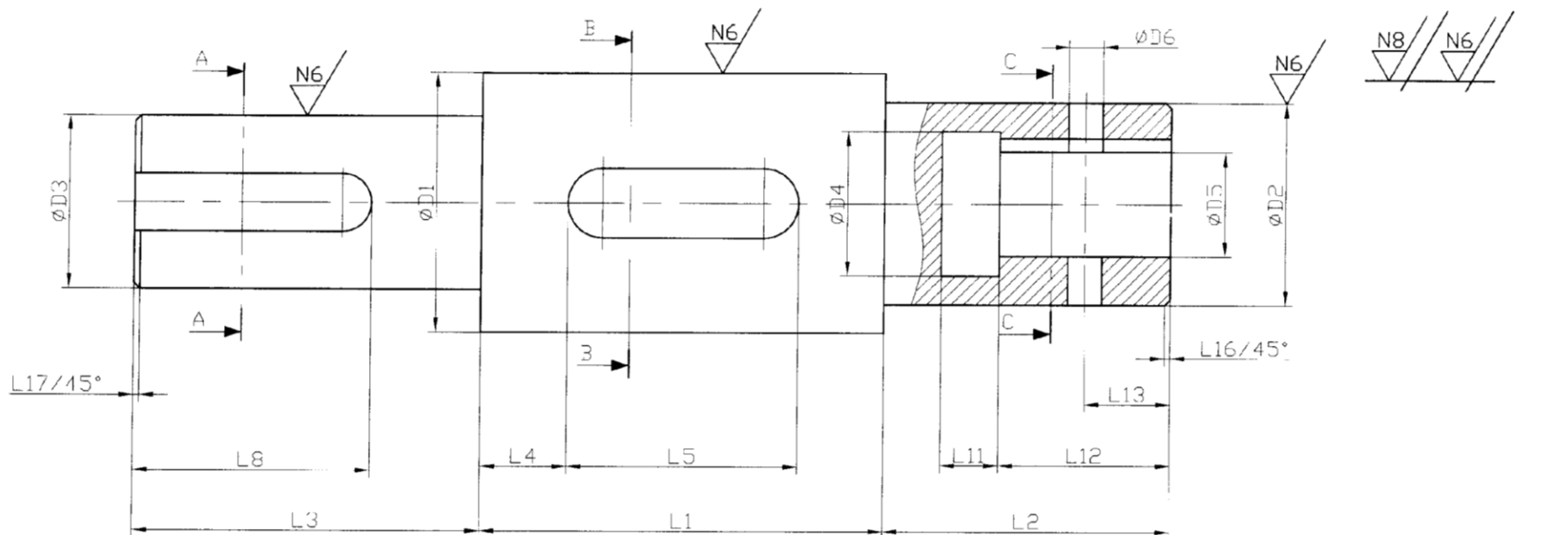
1.2 Projektovanje kompleksnog dela i matrice klasifikacionih brojeva

Kompleksan deo treba da sadrži sve geometrijske elemente delova iz grupe tako da se projektovani tehnološki proces za njega može primeniti za izradu svih delova iz grupe. Kod definisanja zahteva u pogledu kvaliteta obrađenih površina i odnosa površina kompleksnog dela uzimaju se najstrožiji zahtevi na pojedinim površinama delovima iz grupe čiji je on reprezent.

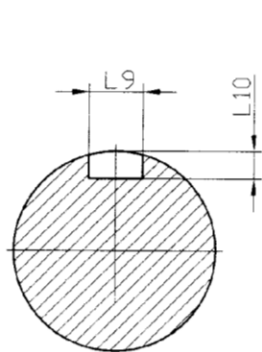
Kompleksan deo može biti:

- 1. Realan kompleksan deo-da postoji jedan deo u grupi koji sadrži sve geometrijske elemente ostalih delova iz grupe i on je tada kompleksan deo.**
- 2. Imaginarni kompleksan deo-ne postoji deo u grupi koji sadrži sve geometrijske elemente ostalih delova iz grupe i tada ga moramo projektovati.**

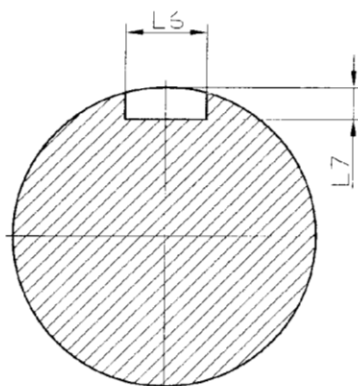
Za naš slučaj projektuje se IMAGINARNI KOMPLEKSAN DEO



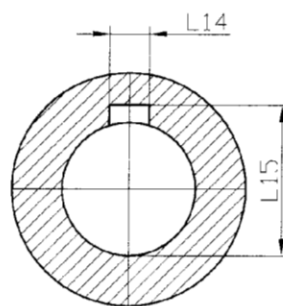
Napomena:
Pokoljsati na propisanu zateznu čvrstocu
Obrubiti oštre ivice



Presek A-A



Presek B-B



Presek C-C

KOMPLEKSAN DEO

Elementarni tipski oblici (feature):

- 1) Cilindar $\varnothing D1$, $L1$
- 2) Cilindar $\varnothing D2$, $L2$
- 3) Cilindar $\varnothing D3$, $L3$
- 4) Ziljeb $L4$, $L5$, $L6$, $L7$
- 5) Ziljeo $L8$, $L9$, $L10$
- 6) Cilindar (Rupa) $\varnothing D5$, $L12$
- 7) Cilindar (Upust) $\varnothing D4$, $L11$
- 8) Cilindar (Otvor) $\varnothing D6$, $L13$
- 9) Ziljeb $L14$, $L15$
- 10) Lborena ivica $L16/45^\circ$
- 11) Obrubena ivica $L17/45^\circ$

Slika 3. Kompleksan deo tehnološke grupe TG1

Na osnovu klasifikacionih brojeva pojedinih delova formirana je matrica klasifikacionih brojeva.

	1	2	3	4	5	6	7	8
0		0			0		0	0
1			1		1			
2	2		2	2			2	
3								
4						4		
5				5		5		
6						6		
7								
8								
9								

Tabela 3. Matrica klasifikacionih brojeva

1.3 Izbor priprema, projektovanje sadržaja TP i matrice redosleda obrade

Kao racionalna vrsta priprema izabrane su toplo valjane šipke standardnih prečnika koje odgovaraju prečniku dela sa određenim dodacima za obradu.

Prema preporukama dodaci za obradu iznose:

- Dodatak za grubo struganje ($D=30-50\text{mm}$ i $D=50-80\text{mm}$) $\delta_1=3\text{ mm}$
- Dodatak za fino struganje ($D=30-50\text{mm}$) $\delta_2=1,4\text{mm}$ i ($D=50-80\text{mm}$) $\delta_2=1,6\text{mm}$
- Dodatak za brušenje ($D=30-50\text{mm}$) $\delta_3=0,3\text{mm}$ i ($D=50-80\text{mm}$) $\delta_3=0,4\text{mm}$

Ukupan dodataka za obradu je:

- $\delta_{uk.} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 4,7\text{ mm}$ za $D=30-50\text{mm}$
- $\delta_{uk.} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 5\text{ mm}$ za $D=50-80\text{mm}$

Projektovanje grupnog tehnološkog procesa tehnološke grupe osovina vrši se za kompleksan deo.

R.br. operacije	Naziv operacije	Mašina, uređaj
10	Odsecanje	Testera
20	Obrada krajeva	NC glodalica za obradu krajeva
30	Struganje i glodanje	NC strug - FTC GU 600
40	Kontrola	Kontrolni sto
50	Izrada unutrašnjeg žljeba	Vertikalna rendisaljka
60	Doterivanje	Radni sto
70	Poboljšanje	Peć za T.O.
80	Kontrola T.O.	Uređaj za merenje tvrdoće
90	Brušenje	NC brusilica za okruglo brušenje
100	Završna kontrola	Kontrolni sto

Tabela 4. Sadržaj tehnološkog procesa obrade kompleksnog dela tehnološke grupe TG1

Na bazi projektovanog grupnog tehnološkog procesa formirana je matrica redosleda obrada za sve osovine iz grupe

R.br. dela	Deo	Operacija									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Osovina 1	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
2	Osovina 2	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
3	Osovina 3	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
4	Osovina 4	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
5	Osovina 5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Osovina 6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Osovina 7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Osovina 8	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+

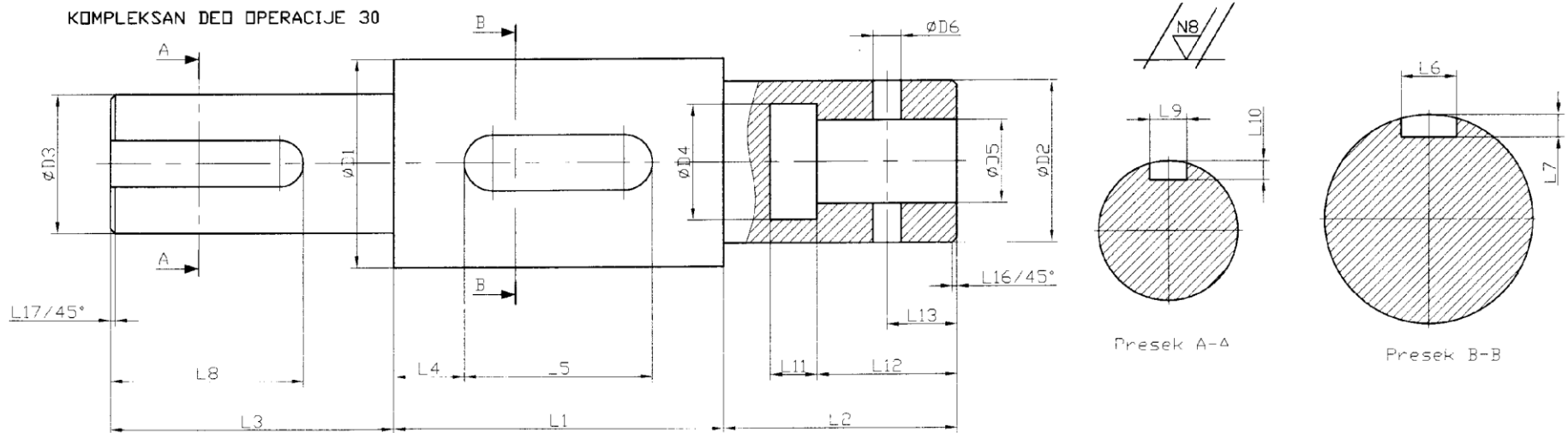
Tabela 5. Matrica redosleda obrada za delove tehnološke grupe TG1

1.4 Projektovanje grupnih operacija

Grupne operacije obrade se po pravilima grupne tehnologije, daju sa opisom operacija u opštim brojevima, dok se samo zajednički podaci za sve delove konkretizuju, kao što je pribor, merilo, itd.

		КАРТА ГРУПНЕ ОПЕРАЦИЈЕ																														
Назив групе (дела):		OSOVINE TG1		Матрица класификационих бројева	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Идентификациони број дела:		
Материјал:					0		0		0		0		0																		Класификациони број дела:	
Станје и димензије полуфабриката:		VALJANA ŠIPKA Ø=			1		1		1																						Ознака и назив машине:	
Величина серије:		350			2		2		2				2																		Интегрална ознака:	
					3																											
				4								4																				
				5					5			5																				
				6								6																				
				7																												
				8																												
				9																												
Број опер.	СКИЦА ОПЕРАЦИЈЕ	ОПИС ОПЕРАЦИЈЕ	Ознака			Време (мин)			Постојаност (ком)																							
			Прибора	Алата	Мерила	v	s	δ		T _{пр}	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄																		
30/1																																

Ako bi pretpostavili da je posmatrana tehnološka grupa proizvoda operacijska grupa za posmatranu operaciju struganja i glodanja, onda bi kompleksan deo za ovu operacijsku grupu bio prema slici 5.



Slika 5. Kompleksan deo tehnološke grupe TG1

1.5 Preciziranje operacija obrade i određivanje vremena grupnih operacija

Na osnovu dela grupnog tehnološkog procesa obrade posmatrane tehnološke, odnosno operacijske grupe, koja se odnosi na operaciju obrade struganjem i glodanjem, projektovan je tehnološki proces obrade za konkretne delove, koji se biraju u zavisnosti od metode za određivanje vremena grupnih operacija.

Prema pravilima za projektovanje grupnih tehnoloških procesa, oni zahvati obrade koji se ne izvode na konkretnom delu u određenoj operaciji se preskaču, dok se upisuju konkretni podaci o dimenzijama samo postojećih zahvata i unose ostali tehnološki podaci za te zahvate, odnosno konkretni alati, pribori, merila, režimi i vremena (glavna, pomoćna i komadna).

Primeniće se dva metoda:

- 1. Grafoanalitička metoda (metoda sličnosti)**
- 2. Metoda zasnovana na reprezentu tehnoloških grupa**

1.5.1 Grafoanalitička metoda

Da bi se odredilo ukupno vreme obrade neke tehnološke, odnosno operacijske grupe na određenom obradnom sistemu grafoanalitičkom metodom, potrebno je izdvojiti najjednostavniji i najsloženiji deo te grupe (odnosno deo sa najkraćim i najdužim vremenom operacije) i na osnovu odgovarajuće grupne operacije definisati vreme operacija obrade za njih.

Kriterijum za izbor najjednostavnijeg i najsloženijeg dela neke operacijske grupe najčešće se određuje na osnovu najmanjeg i najvećeg broja zahvata obrade ovih delova na posmatranoj operaciji. U ovom primeru to su delovi koji su u programu proizvodnje označene kao **osovina 1 koja ima 7 zahvata** i **osovina 8 koja ima 14 zahvata** u posmatranoj operaciji, prema tabeli 6.

R.br. dela	Deo	Zahvati operacije struganja i glodanja															Ukupno zahvata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Osovina 1	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	7
2	Osovina 2	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	9
3	Osovina 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	10
4	Osovina 4	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	13
5	Osovina 5	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	11
6	Osovina 6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	12
7	Osovina 7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	13
8	Osovina 8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	14

Tabela 6. Matrica zahvata obrade na operaciji struganja i glodanja

Za osovinu 1 i osovinu 8 precizirana je operacija obrade struganja i glodanja na FTC GU 600 i određena odgovarajuća vremena ove operacije, slika 6 i slika 7.

КАРТА ГРУПНЕ ОПЕРАЦИЈЕ

Назив групе (дела):		OSOVINE TG1 Osovina 1	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td>0</td><td></td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>2</td><td></td><td>2</td><td>2</td><td></td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td></td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																								0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	0		0		0		0	0																			1			1		1																					2		2		2	2		2																			3																										4						4																				5				5		5																				6						6																				7																										8																										9																										Идентификациони број дела:				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0		0		0		0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1			1		1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2		2		2	2		2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
4						4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5				5		5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6						6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Материјал:		Č.4730																									Класификациони број дела:																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Станје и димензије полуфабриката:		VALJANA ŠIPKA Ø=65																									Ознака и назив машине:	FTC GU 600																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Величина серије:		350																									Интегрална ознака:																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Број опер.	СКИЦА ОПЕРАЦИЈЕ	ОПИС ОПЕРАЦИЈЕ	Ознака						Време (мин)				Постојаност (ком)																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			Прибора	Алата	Мерила	v	s	δ	T _{пр}	t _з	t _п	t _к																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
30/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

КАРТА ГРУПНЕ ОПЕРАЦИЈЕ

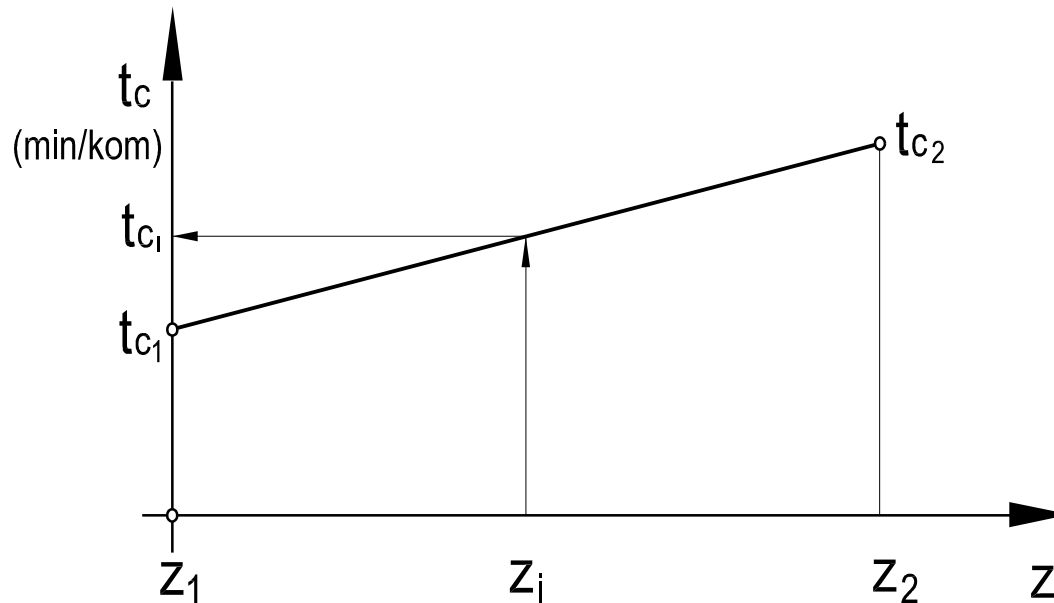
Назив групе (дела):		OSOVINE TG1 Osovina 8	Матрица класификационих бројева	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Идентификациони број дела:		
Материјал:		Č.4732		0		0		0		0	0																			Класификациони број дела:	
Станје и димензије полуфабриката:		VALJANA ŠIPKA Ø=50		1		1																							Ознака и назив машине:	FTC GU 600	
Величина серије:		350		2	2	2	2				2																		Интегрална ознака:		
Број опер.	СКИЦА ОПЕРАЦИЈЕ		ОПИС ОПЕРАЦИЈЕ		Ознака			Време (мин)			Постојаност (ком)																				
					Прибора	Алата	Мерила	v	s	δ	T _{пр}	t _з	t _р	t _к																	
30/1			- o Strugati grubo D₃=31,7 l₃=60 - o Strugati završno D₃=30,3 l₃=60 - o Obraditi ivicu l_{17/45}=1/40 - o Glodati žljeb l_{8/19/10}=25/8/4,1			T01 T02 T02 T03																									
30/2			- o Strugati grubo D₁=46,7 l₁+l₂=120 - o Strugati grubo D₂=36,7 l₂=50. - o Strugati završno D₁=45,3 l₁=70 - o Strugati završno D₂=35,3 l₂=50 - o Oboriti ivicu l_{16/45}=1/45 - o Bušiti D₅=16 na (l₁₁+l₁₂)=30 - o Useći žljeb D₄=... l₁=... - o Proširiti D₅=18 l₁₂=30 - o Glodati žljeb l_{4/l5/l6/l7}=15/40/14/5,5 - o Bušiti D₆=5 l₁₃=18 - o Proširiti D₆=6 l₁₃=18		SAMOCENTRIRAJUĆI STEZAČ, ŠILJCI	T01 T01 T02 T02 T02 T04 T05 T06 T07 T08 T09	POMIČNO MERILO, ČEPOVI.....				40			8,7																	
Израдио:	Контролисао:		Одобрио:		Измена:			Лист/Листова:			1/1																				

Slika 7. Precizirana operacija obrade za osovину 8

Ukupno ciklusno vreme operacije obrade jedne operacijske grupe proizvoda, odnosno delova, može se odrediti na osnovu izraza:

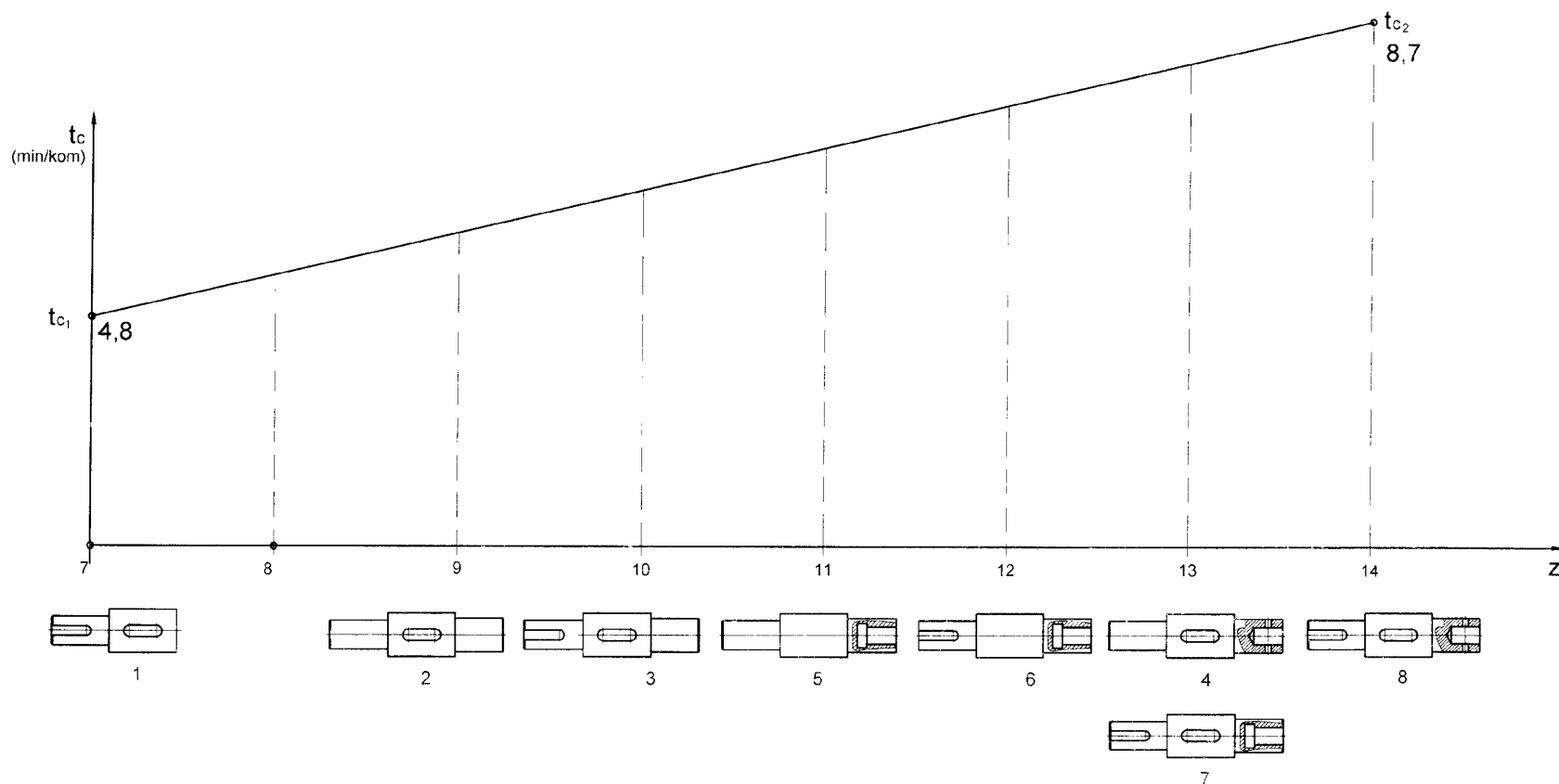
$$T_c = \sum_{i=1}^k (Q_i t_{c_i})$$

- **k**- broj različitih delova operacijske grupe
- **Q_i**-broj pojedinih delova operacijske grupe
- **t_{ci}**-ciklusna vremena operacije obrade pojedinih delova operacijske grupe.



Slika 8. Zavisnost ciklusnog vremena operacije obrade od broja zahvata, $t_c = f(z)$

U posmatranom slučaju dijagram ciklusnog vremena tehnološke grupe osovina TG1 na operaciji obrade struganja i glodanja na FTC GU 600 ima izgled kao na slici 9.



Slika 9. Dijagram ciklusnog vremena tehnološke grupe TG1 na operaciji obrade na FTC GU600

Ciklusna vremena operacija obrade za pojedine delove operacijske grupe mogu se odrediti grafički, koristeći dijagram na slici 9 ili analitički, uz prethodno određivanje koeficijenta pravca koji opisuje promenu ciklusnog vremena u zavisnosti od broja zahvata (z).

$$k = \frac{t_{c_2} - t_{c_1}}{z_2 - z_1}$$

$$k = \frac{8,7 - 4,8}{14 - 7}$$

$$k = 0.557$$

$$t_{c_i} = t_{c_1} + k \cdot (z_i - z_1)$$

Na primer za osovину 3 koja u ovoj operaciji ima 10 zahvata, ciklusno vreme operacije se izračunava na sledeći način:

$$t_{c_3} = t_{c_1} + k \cdot (z_3 - z_1) = 4,8 + 0,557 \cdot (10 - 7) = 6,471 \approx 6,5$$

Naziv dela	CIKLUSNO VREME
	(min/kom)
Osovina 1	4,8
Osovina 2	5,9
Osovina 3	6,5
Osovina 4	8,1
Osovina 5	7
Osovina 6	7,6
Osovina 7	8,1
Osovina 8	8,7

Tabela 7: Podaci za ciklusna vremena tehnološke grupe TG1

Koristeći podatke iz tabele 1 i tabele 7, na osnovu izraza 1, određeno je ukupno ciklusno vreme posmatrane tehnološke grupe pri obradi na FTC GU 600, koje iznosi

$$T_c = \sum_{i=1}^8 Q_i t_{c_i}$$

$$T_c = 100 \cdot 4,8 + 150 \cdot 5,9 + 200 \cdot 6,5 + 200 \cdot 7 + 100 \cdot 7,6 + (100 + 300) \cdot 8,1 + 250 \cdot 8,7$$

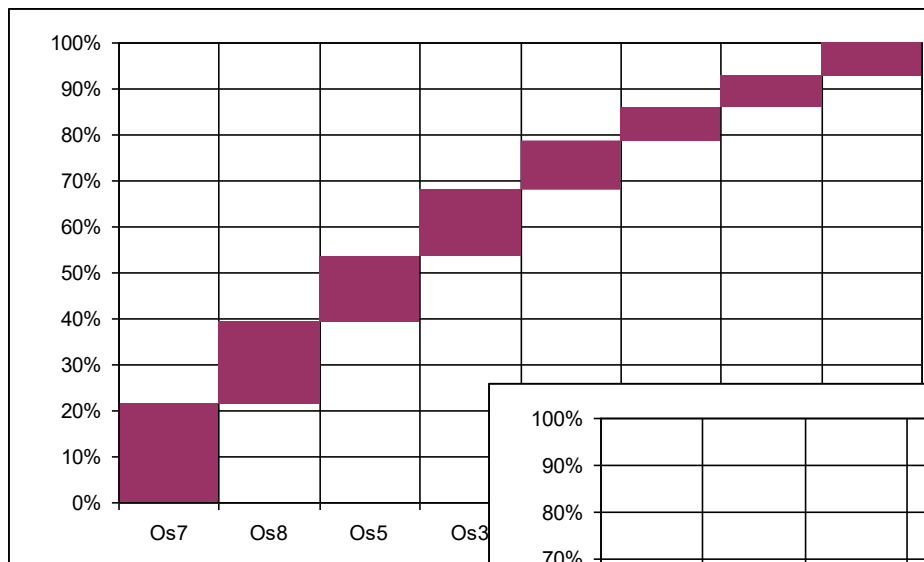
$$T_c = 10240 \text{ (min/god)}$$

1.5.2 Metoda zasnovana na reprezentu tehnoloških grupa

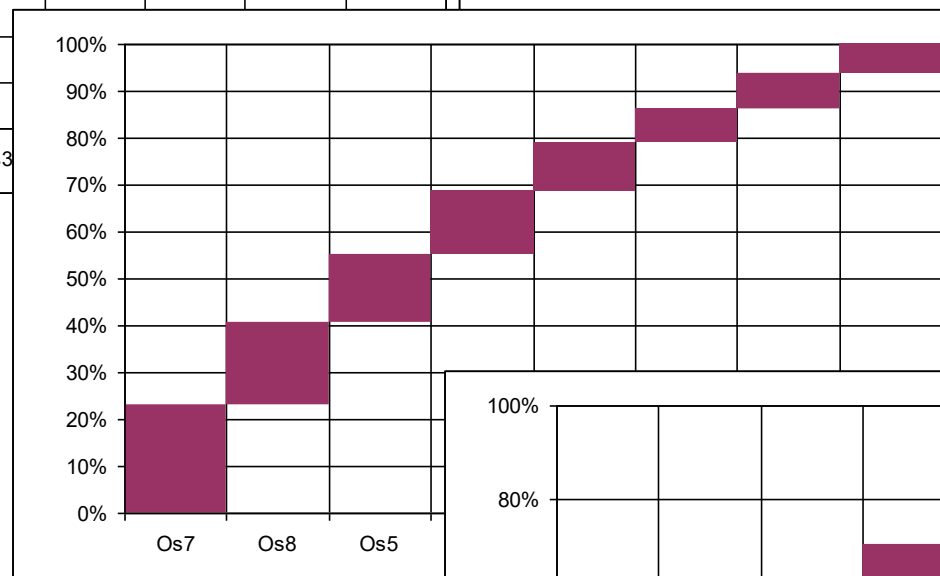
Za posmatranu tehnološku grupu potrebno je izabrati proizvod predstavnik primenom ABC analize, za koji se preciziraju operacije obrade na bazi odgovarajućih grupnih tehnoloških procesa, a potom se određuju vremena operacija obrade reprezentu (tkp).

Naziv dela	Obim proizvodnje Q (kom/god)	Masa dela m (kg)		Vrednost V (n.j.)		Q (%)	m (%)	V (%)
		kg/kom	kg/god	n.j./kom	n.j./god			
Osovina 1	100	2,1	210	50	5000	7,14	7,34	4,89
Osovina 2	150	2	300	65	9750	10,71	10,49	9,54
Osovina 3	200	1,9	380	65	13000	14,29	13,29	12,71
Osovina 4	100	1,8	180	75	7500	7,14	6,29	7,33
Osovina 5	200	2,1	420	75	15000	14,29	14,69	14,67
Osovina 6	100	2,1	210	80	8000	7,14	7,34	7,82
Osovina 7	300	2,2	660	80	24000	21,43	23,08	23,47
Osovina 8	250	2	500	80	20000	17,86	17,48	19,56

Tabela 8. Podaci za ABC analizu

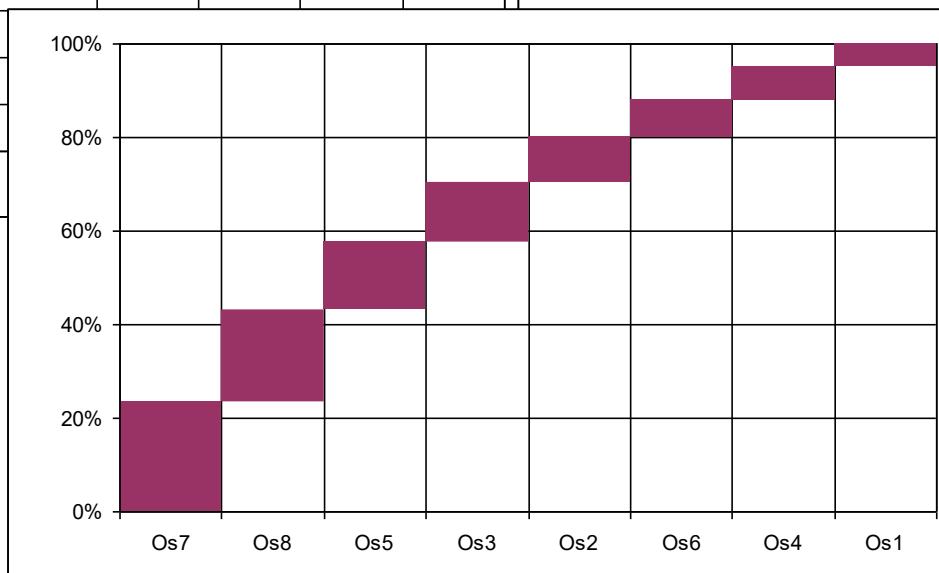


◀ *Slika 10a.
Količinska ABC
analiza*

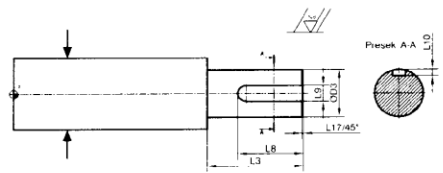
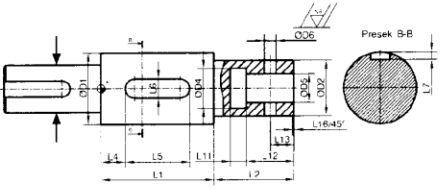


◀ *Slika 10b.
Masena ABC
analiza*

*Slika 10c.
Vrednosna ABC
analiza* ▶



Izabrani proizvod prestavnik osovina 7

КАРТА ГРУПНЕ ОПЕРАЦИЈЕ										
Назив групе (дела):	OSOVINE TG1 Osovina 7	Матрица класификационих бројева	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Идентификациони број дела:						
Материјал:	Č.4730		Класификациони број дела:							
Станје и димензије полуфабриката:	VALJANA ŠIPKA Ø=55		Ознака и назив машине:	FTC GU 600						
Величина серије:	350		Интегрална ознака:							
Број опер.	СКИЦА ОПЕРАЦИЈЕ	ОПИС ОПЕРАЦИЈЕ	Ознака	Време (мин)				Постојаност (ком)		
			Прибора Алата Мерила	ч	з	δ	T _{пр}	t _з	t _п	t _к
30/1		оStrugati грубо D ₃ =36,7 l ₃ =70 оStrugati завршно D ₃ =35,3 l ₃ =70 оОбрадити ивицу l ₁₇ /45=1/45 оГлодати жљоб l ₈ /l ₉ /l ₁₀ =25/8/4,1	T01 T02 T02 T03							
30/2		оStrugati грубо D ₁ =52 l ₁ +l ₂ =150 оStrugati грубо D ₂ =41,7 l ₂ =60 оStrugati завршно D ₁ =50,4 l ₁ =90 оStrugati завршно D ₂ =40,3 l ₂ =60 оОборити ивицу l ₁₆ /45=1/45 оБушити D ₅ =18 на (l ₁₁ +l ₁₂)=40 оУсећи жљоб D ₄ =25 l ₁₁ =10 оПроширити D ₅ =20 l ₁₂ =30 оГлодати жљоб l ₄ /l ₅ /l ₆ /l ₇ =10/60/16/6,2 оБушити D ₆ =... l ₁₃ =... оПроширити D ₅ =... l ₁₃ =...	T01 T01 T02 T02 T02 T04 T05 T06 T07 T08 T09			40			8,4	
Израдио:	Контролисао:	Одобрио:	Изменио:	Лист/Листова:	1/1					

Слика 11. Precizirana operacija obrade za osovину 7

За изабрани репрезент прецизирана је операција обраде 30 (struganje i glodanje), где је одређено време операције обраде t_{кп}=8,4 min/ком

Da bi se odredilo vreme angažovanja određenog obradnog sistema za obradu posmatrane operacijske grupe potrebno je odrediti redukovanu količinu delova te grupe (Q_r). Redukovane količine pojedinih delova određene operacijske grupe određuju se na osnovu izraza.

$$Q_{r_i} = Q_i \cdot r_i$$

- Q_i - broj pojedinih delova grupe
- r_i - stepen redukcije i-tog dela

Stepen redukcije određenog dela posmatrane tehnološke grupe obuhvata redukciju za masu (r_m), za složenost (r_s), što se može izraziti u vidu izraza:

$$r_i = r_{m_i} \cdot r_{s_i}$$

$$r_{m_i} = \frac{m_i}{m_p} \quad r_{s_i} = \frac{s_i}{s_p}$$

- m_i mase pojedinih delova
- s_i stepen tehnološke složenosti delova
- m_p masa reprezentata tehnološke grupe
- s_p stepen tehnološke složenosti reprezentata tehnološke grupe

Stepen tehnološke složenosti pojedinih delova operacijske grupe određuje se odnosom broja zahvata delova i broja zahvata operacije obrade odgovarajućeg reprezentanta. Redukovana količina svih delova operacijske grupe određena je izrazom:

$$Q_r = \sum_{i=1}^k Q_i r_i = \sum_{i=1}^k Q_{ri}$$

Proizvod	Q_i (kom/god)	m_i (kg/kom)	s_i	r_m	r_s	r_i	Q_{ri}
Osovina 1	100	2,1	21/30	0,955	0,700	0,669	67
Osovina 2	150	2	25/30	0,909	0,833	0,758	114
Osovina 3	200	1,9	26/30	0,864	0,867	0,749	150
Osovina 4	100	1,8	29/30	0,818	0,967	0,791	79
Osovina 5	200	2,1	28/30	0,955	0,933	0,891	178
Osovina 6	100	2,1	29/30	0,955	0,967	0,923	92
Osovina 7	300	2,2	30/30	1,000	1,000	1,000	300
Osovina 8	250	2	30/30	0,909	1,000	0,909	227
REDUKOVANA KOLIČINA $Q_r =$							1207

Tabela 8. Određivanje redukovane količine tehnološke grupe TG1

Ukupno ciklusno vreme posmatrane tehnološke grupe pri obradi na FTC GU 600, iznosi:

$$T_c = Q_r \cdot t_{kp} = 1207 \cdot 8,4 = 10138,8 \text{ min/god}$$

1.6 Proračun potrebnog broja i stepen iskorišćenja obradnih sistema za grupnu operacije obrade struganjem

Ako je planirani obim proizvodnje nekog proizvoda Q_i , onda je ukupno vreme zauzetosti obradnog sistema na određenoj operaciji u procesu izrade ovog proizvoda u nekom vremenskom periodu određeno izrazom:

$$T_i = Q_i \cdot t_{ki} + Q_i \cdot \frac{T_{pz_i}}{Z_s} = Q_i \cdot t_{ki} + n_{si} \cdot T_{pz_i} \quad \text{min/god}$$

gde su:

t_{ki} – komadno vreme

T_{pz} - pripremno-završno vreme za seriju delova

z_s - predviđena veličina serije

n_s – broj predviđenih serija u određenom vremenskom periodu

Za efektivni vremenski kapacitet rada obradnih sistema (K_e) proračunski broj ovih obradnih sistema za izradu određenog proizvoda biće:

$$N = \frac{T_i}{K_e}$$

Efektivni vremenski kapacitet za obradne sisteme iznosi

$$K_e = m_e \cdot s_e \cdot n_e \cdot \eta_e \quad \text{min/god}$$

gde su:

m_e - broj radnih dana u godini

s_e - broj smena na dan

n_e - ukupan broj časova u smeni

η_e - koeficijent iskorišćenja efektivnog vremenskog kapaciteta obradnih sistema

Ako se od ukupnog broja proizvoda, koji čine proizvodni program u posmatranom periodu, najčešće u toku jedne godine, (m) proizvoda obrađuje na određenom obradnom sistemu, onda je ukupno vreme angažovanja tog obradnog sistema određeno izrazom:

$$T = \sum_{i=1}^m \left(Q_i \cdot t_{ki} + n_{si} \cdot T_{pz_i} \right) \quad \text{min/god}$$

dok je ukupni proračunski broj obradnih sistema na posmatranoj operaciji određen izrazom

$$N = \frac{T}{K_e}$$

Proračunski broj obradnih sistema, koji se određuje prema prethodnom izrazu u opštem slučaju nije ceo broj, za razliku od usvojenog broja obradnih sistema (N_u) koji mora biti ceo broj. U tom slučaju koeficijent iskorišćenja tako usvojenog broja obradnih sistema na posmatranoj operaciji obrade (m) proizvoda iznosi:

$$\eta = \frac{N}{N_u}$$

Za slučaj kada se radi o proizvodima koji pripadaju jednoj tehnološkoj, odnosno operacijskoj grupi, ukupno vreme zauzetosti obradnog sistema se određuje na osnovu sledećeg izraza:

$$T = T_C + n_s \cdot T_{pz} \quad \text{min/god}$$

Ako se uzme da će posmatrani proizvodni pogon raditi $m_e=250$ dana/god. u jednoj smeni na dan $s_e=1$ smena/dan, sa $n_e=7.5$ čas./smeni i stepenom iskorišćenja $\eta_e=0.8$.

$$K_e = 250 \cdot 2 \cdot 7.5 \cdot 0.8 = 3000 \cdot 60 = 1800000 \text{ min/god}$$

Na osnovu prethodno proračunatih podataka za ciklusna vremena za dve razmatrane metode, uzimajući da je $n_s=4$ ser/god, vremena zauzetosti, potreban broj i stepen iskorišćenja obradnog/ih sistema na posmatranoj operaciji obrade struganjem. Na osnovu proračunskog broja tehnoloških sistema N usvaja se N_u kao ceo broj, koji može da bude veći od 100%, ali da ne prelazi veličinu 15-20% po jedinici.

a) na osnovu podataka dobijenih grafoanalitičkom metodom

$$T = 10240 + 4 \cdot 40 = 10400 \quad \text{min/god}$$

$$N = \frac{10400}{180000} = 0,058$$

$$N_u = 1$$

$$\eta = \frac{0,058}{1} = 5,8 \quad \%$$

b) na osnovu metode zasnovane na reprezentu tehnološke grupe

$$T = 10138,8 + 4 \cdot 40 = 10298,8 \text{ min/god}$$

$$N = \frac{10298,8}{180000} = 0,057$$

$$Nu = 1$$

$$\eta = \frac{0,057}{1} = 5,7 \%$$

Analizom dobijenih rezultata zaključujemo da će za realizaciju posmatrane operacije obrade struganjem za datu grupu osovina biti potreban jedan obradni sistem, odnosno NC strug čije će vremensko iskorišćenje biti oko 6% od mogućeg efektivnog kapaciteta posmatranog obradnog sistema.

2.0 Ocena efekata primene obradnih modula CIM sistema

Vremenski stepen iskorišćenja obradnih modula CIM sistema se može odrediti pomoću izraza (prvi izraz):

$$\eta_{is} = \frac{\theta_m}{\theta} = \frac{\theta_m}{\theta_m + \sum \theta_g}$$

gde su:

θ – posmatrani vremenski period

θ_m – vreme korišćenja obradnog modula u posmatranom periodu

$\sum \theta_g$ – vanciklusni gubici u posmatranom periodu

Pri tome ukupni vanciklusni gubici obradnog modula se određuju iz:

$$\sum \theta_g = \sum \theta_s + \sum \theta_{org.} + \sum \theta_{pr}$$

gde su:

$\sum \theta_s$ – sopstveni zastoji modula zbog zamene alata, podešavanje pribora, čišćenja, remonta, održavanja, itd.

$\sum \theta_{org}$ – organizacioni zastoji zbog nedostataka pripremaka, alata, energije, itd.

$\sum \theta_{pr}$ – vreme pripreme modula za obradu pojedinih delova (pripremno-završno vreme)

Vremenski stepen iskorišćenja obradnih modula CIM sistema se može odrediti i pomoću izraza (drugi izraz):

$$\eta_{is} = \eta_{teh} \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_{opt}$$

- koeficijent tehničkog iskorišćenja

$$\eta_{teh} = \frac{\theta_m}{\theta_m + \sum \theta_s}$$

- koeficijent pripreme modula

$$\eta_{pr} = \frac{1}{1 + \frac{\sum \theta_{pr}}{\theta_m + \sum \theta_s}}$$

- koeficijent opterećenja modula

$$\eta_{opt} = \frac{\theta - \sum \theta_{org}}{\theta}$$

Ako se vreme obrade na obradnim modulima CIM sistema određuju na bazi reprezentata tehnološke grupe, vreme operacije obrade reprezentata tehnološke ili operacijske grupe je

$$t_{kr} = t_g + t_p + \sum t_s + \sum t_{org} + \sum t_{pr} \quad [\text{min/kom}]$$

pri čemu su vanciklusna vremena (za seriju delova) izražena na vreme reprezentata:

$$\frac{\sum \theta_g}{Z_s} = \sum t_s + \sum t_{org} + \sum t_{pr} \quad [\text{min/kom}]$$

zs – veličina serije [kom/ser]

$$\sum t_s = \frac{\sum \theta_s}{Z_s} \quad \sum t_{org} = \frac{\sum \theta_{org}}{Z_s} \quad \sum t_{pr} = \frac{\sum \theta_{pr}}{Z_s}$$

$\sum \theta_s$ – sopsveni zastoji za seriju delova

$\sum \theta_{org}$ – organizacioni zastoji za seriju delova

$\sum \theta_{pr}$ – vreme pripreme modula za seriju delova (Tpz)

Stvarna proizvodnost obradnog modula iznosiće:

$$Q = \frac{\theta_{\gamma}}{t_g + t_p + \sum t_s + \sum t_{pr}} \cdot \eta_{opt} \cdot p$$

gde su:

Q_{γ} – korisni vremenski kapacitet

p – broj obradnih modula koji rade istovremeno

Princip određivanja vremena obrade, odnosno vremenskog angažovanja, stepena iskorišćenja i proizvodnosti obradnog modula prikazaće se na primeru posmatrane operacije struganja i glodanja, odnosno obradnog modula FTC GU 600, na osnovu reprezentativne tehnološke grupe.

2.1 Određivanje vremenskog angažovanja obradnih modula CIM sistema

Vreme angažovanja obradnog modula je:

$$t_{kr} = t_g + t_p + \sum t_s + \sum t_{org} + \sum t_{pr}$$

odnosno, vremensko angažovanje FTC GU 600 je:

$$t_{kr} = t_g + t_p + \frac{\sum \theta_s + \sum \theta_{org} + \sum \theta_{pr}}{z_s} = 8,4 + \frac{360 + 300 + 40}{301.75} = 10,72 \text{ [min/kom]}$$

ako su:

$t_g + t_p = 8,4$ [min/kom], $\sum \theta_s = 360$ [min/ser], $\sum \theta_{org} = 300$ [min/ser],
 $\sum \theta_{pr} = 40$ [min/ser], $z_s = 1207/4 - 301.75$ [kom/ser]

Ukupno vreme angažovanja obradnog sistema pri obradi određene operacijske grupe se računa po sledećoj formuli:

$$\theta = t_{kr} \cdot Q_r$$

ukupno angažovanje FTC GU 600 tokom jedne godine je:

$$\theta = 10,72 \cdot 1207 = 12939 \text{ [min/kom]}$$

2.2 Određivanje stepena iskorišćenja obradnih modula CIM sistema

Vremenski stepen iskorišćenja obradnih modula CIM sistema

$$\eta_{is} = \frac{\theta_m}{\theta} = \frac{\theta_m}{\theta_m + \sum \theta_g}$$

Vremenski stepen iskorišćenja FTČ GU 600 je:

$$\eta_{is} = \frac{10138.8}{12939} = 0.78$$

gde je:

$\theta_m = T_c = 10138.8$ [min/god] – na bazi reprezentativne tehnologije

Vremenski stepen iskorišćenja obradnih modula CIM sistema određen pomoću izraza (drugi izraz):

- koeficijent tehničkog iskorišćenja

$$\eta_{teh} = \frac{\theta_m}{\theta_m + \sum \theta_s} = \frac{10138.8}{10138.8 + 360 \cdot 4} = 0.876$$

- koeficijent pripreme modula

$$\eta_{pr} = \frac{1}{1 + \frac{\sum \theta_{pr}}{\theta_m + \sum \theta_s}} = \frac{1}{1 + \frac{40 \cdot 4}{10138.8 + 360 \cdot 4}} = 0.986$$

- koeficijent opterećenja modula

$$\eta_{opt} = \frac{\theta - \sum \theta_{org}}{\theta} = \frac{12939 - 300 \cdot 4}{12939} = 0.907$$

$$\eta_{is} = \eta_{teh} \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_{opt} = 0.876 \cdot 0.986 \cdot 0.907 = 0.78$$

2.3 Određivanje proizvodnosti obradnih modula CIM sistema

Stvarna proizvodnost obradnog modula iznosi:

$$Q = \frac{\theta_{\gamma}}{t_g + t_p + \sum t_s + \sum t_{pr}} \cdot \eta_{opt} \cdot p$$

Stvarna proizvodnost FTC GU 600 u toku jednog dana u dve radne smene je:

$$Q = \frac{900}{8.4 + \frac{360 + 40}{301.75}} \cdot 0.907 \cdot 1 = 83.92 \cong 84 \quad [\text{kom/dan}]$$

korisni vremenski kapacitet u toku jednog dana

$$\theta_{\gamma} = s_e \cdot n_e = 2 \cdot 7.5 \cdot 60 = 900 \quad [\text{min/dan}]$$

p = 1 - broj obradnih modula koji rade istovremeno

Odavde sledi da će FTC GU 600 biti angažovan oko **m=15** dana godišnje, odnosno oko 4 dana u jednom kvartalu.

U tabeli 9 proračunati su podaci o vremenu angažovanja, stepenu iskorišćenja i proizvodnosti obradnih modula CIM sistema za operacije koje se realizuju na NC obradnim sistemima.

Obradni modul	$t_g + t_p$ (min/kom)	θ_m (min/god)	$\Sigma\theta_s$ (min/ser)	$\Sigma\theta_{org}$ (min/ser)	$\Sigma\theta_{pr}$ (min/ser)	t_{kr} (min/kom)	θ (min/god)	η_{is} (prvi izraz)	η_{iteh}	η_{pr}	η_{opt}	η_{is} (drugi izraz)	Q (kom/dan)
NC glodalica za obradu krajeva	3	3621	160	100	20	3.93	4793.5	0.76	0.85	0.981	0.916	0.76	228
NC strug - FTC GU 600	8,4	10138.8	360	300	40	10,72	12939	0.78	0.876	0.986	0.907	0.78	84
NC brusilica za okruglo bruš.	6	7242	300	205	20	7.74	9342.2	0.77	0.86	0.99	0.912	0.77	116

Tabela 9. Određivanje efekata primene obradnih modula CIM sistema