

# Projekt tehnološkog procesa vratila reduktora

---

**Toth, Matija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:834109>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij strojarstva

Diplomski rad

**PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA  
REDUKTORA**

Rijeka, srpanj 2022.

Matija Toth

0069078440

SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij strojarstva

Diplomski rad

**PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA  
REDUKTORA**

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Perinić

Rijeka, srpanj 2022.

Matija Toth

0069078440

Rijeka, 12. ožujka 2021.

Zavod: **Zavod industrijsko inženjerstvo i menadžment**  
Predmet: **Projektiranje tehnoloških procesa**  
Grana: **2.11.03 proizvodno strojarstvo**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Matija Toth (0069078440)**  
Studij: **Diplomski sveučilišni studij strojarstva**  
Modul: **Tehnološko informatičko inženjerstvo**

Zadatak: **PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA REDUKTORA / Process planning of the reduction gear shaft**

### Opis zadatka:

Projektirati tehnološki proces za proizvodnju VRATILA REDUKTORA u količini od 3300 kom/god. prema nacrtu. Radom obuhvatiti: tehnološku analizu dijela; izbor ulaznog materijala; postavljanje koncepta tehnološkog procesa za izradu dijela uz zahtjev da se dio proizvodi svakodnevno; razradu tehnološkog procesa izrade strukturiranjem operacija i definiranjem svih elemenata operacija s razradom osnovne tehnološke dokumentacije te provesti simulaciju obrade korištenjem odabranog CAM softverskog paketa.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

*Matija Toth*

Zadatak uručen pristupniku: 15. ožujka 2021.

Mentor:

*Mladen Perić*

Prof. dr. sc. Mladen Perić

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

*Kristian Lenić*

Prof. dr. sc. Kristian Lenić

## **IZJAVA**

Kojom ja, Matija Toth, student diplomskog studija strojarstva na Tehničkom fakulteta u Rijeci, izjavljujem da sam diplomski rad s nazivom „Projekt tehnološkog procesa vratila reduktora“ izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Mladena Perinića te uz konzultacije sa doc.dr. sc. Davidom Ištokovićem.

Student:

Vlastoručni potpis studenta:

## ZAHVALE

Zahvaljujem mentoru prof.dr.sc. Mladenu Periniću koji mi je omogućio pisanje diplomskog rada iz svog kolegija kada su ostali profesori bili prezauzeti te nisu imali vremena prihvatiti još jedno mentorstvo. Uz to, izdvojio je svoje vrijeme za ukazivanje na pogreške te detaljan pregled ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem doc.dr.sc. Davidu Ištokoviću na konzultacijama na kojima mi je pomogao otkriti probleme te dati savjete za daljnje pisanje rada. Kada sam imao bilo kakvo pitanje mogao sam mu se obratiti nakon čega sam dobio željeni odgovor.

Također zahvaljujem Mastercam Hrvatska koji su odgovorili na moje upite kada sam naišao na poteškoće u programiranju.

Od sveg srca zahvaljujem roditeljima, sestri te svim prijateljima i kolegama koji su mi bili velika podrška tijekom svih godina studiranja.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. ANALIZA IZRATKA.....	3
2.1 Analiza s konstrukcijskog stajališta.....	3
2.2 Analiza s tehnološkog stajališta.....	5
3. ANALIZA ULAZNOG MATERIJALA.....	6
3.1 Općenito o materijalu.....	6
3.2 Tehno – ekonomska analiza.....	8
3.2.1 Analiza odljevka jednostavne geometrije.....	9
3.2.2 Analiza odljevka složene geometrije.....	13
3.3 Kritični broj izradaka.....	16
4. DEFINIRANJE KONCEPTA TEHNOLOŠKOG PROCESA.....	18
4.1 Takt proizvodnje.....	18
4.2 Strukturiranje tehnološkog procesa izrade vratila reduktora.....	20
4.3 Izbor tehnološke baze.....	26
4.4 Izbor proizvodne opreme.....	27
4.5 Izbor alata.....	27
5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA.....	28
5.1 Tehnološki parametri.....	28
5.2 Razrada operacija.....	32
5.2.1 Operacija 10.....	32
5.2.1.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 10.....	55
5.2.2 Operacija 20.....	56
5.2.2.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 20.....	82
5.2.3 definiranje koncepta: Izraditi unutarnje ozubljenje.....	83
5.2.3.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 30.....	86
5.2.4 Operacija 40: Indukciono kaliti označene dijelove obratka.....	87
5.2.4.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 40.....	91
5.2.5 Operacija 50: Brusiti (prvu stranu).....	92
5.2.5.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 50.....	96
5.2.6 Operacija 60: Brusiti i polirati (drugu stranu).....	96
5.2.6.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 60.....	102
5.3 Ukupno vrijeme trajanja tehnološkog procesa.....	102
6. SIMULACIJA PROCESA OBRADE U PROGRAMU MASTERCAM.....	104
6.1 Općenito o Mastercamu.....	104
6.2 Učitavanje modela u Mastercam.....	104

6.3	Razrada operacija .....	111
6.3.1	Operacija 10 .....	111
6.3.2	Operacija 20 .....	167
6.3.3	Ukupno vrijeme trajanja operacija .....	201
7.	ZAKLJUČAK.....	203
8.	LITERATURA .....	204
9.	POPIS SLIKA.....	206
10.	POPIS TABLICA .....	213
11.	PRILOZI.....	216



## 1. UVOD

Tehnološki proces je skup međusobno povezanih aktivnosti čiji je cilj pretvorba poluproizvoda u gotov proizvod, tj. transformacija sirovog materijala u željeni oblik (Slika 1.1).



*Slika 1.1 Shema tehnološkog procesa*

Pod projektiranjem tehnološkog procesa podrazumijeva se određivanje detaljnih metoda kojima se dijelovi ili sklopovi mogu proizvesti ekonomično i konkurentno, od početne faze (sirovac) do završne faze (gotov proizvod). Faktori koji utječu na projektiranje tehnološkog procesa su:

- Tehnički zahtjevi – kvaliteta obrade (točnost ostvarenih mjera, položaja i oblika površina), kvaliteta obrađene površine
- Tehnološki uvjeti – izbor metoda obrade, tehničke karakteristike alata, pribora, materijala
- Ekonomski uvjeti – cijena proizvoda

Projektiranje tehnološkog procesa sastoji se od niza aktivnosti, a to su:

1. Analiza crteža i tehničke dokumentacije
2. Izbor tehnoloških procesa
3. Određivanje dodataka za obradu
4. Određivanje redoslijeda obrade
5. Izbor stroja
6. Izbor alata
7. Određivanje vremena obrade i troškovi
8. Izrada tehnološke dokumentacije

Rad se sastoji od dva glavna dijela. Prvi dio rada obuhvatit će konstrukcijsku i tehnološku analizu zadanog nacrtu vratila reduktora, analizu ulaznog materijala (analiza odljevka

jednostavne i složene geometrije) te razradu tehnološkog procesa obrade strukturiranjem operacija i definiranje svih elemenata operacija s razradom osnovne tehnološke dokumentacije.

Drugi dio rada obuhvatit će simulaciju obrade vratila reduktora u programskom paketu Mastercam i analizu dobivenih rezultata.

## 2. ANALIZA IZRATKA

### 2.1 Analiza s konstrukcijskog stajališta

Prilikom projektiranja procesa bitno je napraviti konstrukcijsku analizu. Za ovaj rad dobio sam dva tehnička nacrt. Prvi je nacrt gotovog proizvoda, a drugi ulaznog poluproizvoda vratila reduktora. Oba tehnička nacrt imaju dvije ortogonalne projekcije (nacrt i bokocrt). Na tehničkom nacrtu gotovog proizvoda nalaze se tri presjeka (A-A, B-B i C-C) te tri detalja (A, B i C). Sve kote su unesene na ispravan način. Na nacrtu nedostaje udaljenost od središta provrta M4 do središnje simetrale (kod presjeka A-A). Ručnim mjerenjem utvrđeno je da ta udaljenost iznosi 15 mm..

Na nacrtu se nalaze i dvije tablice. Prva predstavlja tablicu tolerancija. U toj tablici nalaze se i tolerancija  $\Phi 130M6^{+0,040}_{+0,015}$ . To znači da najveća mjera tog dijela može biti 130.040 mm, a najmanja 130.015 mm. Veliko slovo označava unutrašnju mjeru (rupu), dok mala slova označavaju vanjske mjere. Broj, u ovom slučaju 6 označava širinu tolerantnog polja. U tablici 2.1 nalaze se sve tolerancije te njihova dopuštena odstupanja.

Tablica 2.1 Tablica tolerancija

$\Phi 3,3H12$	+0,120
	0
$\Phi 45H7$	+0,027
	0
$\Phi 120M6$	+0,035
	+0,013
$\Phi 129,5h10$	0
	-0,160
$\Phi 130M6$	+0,040
	+0,015
$\Phi 96H7$	+0,035
	0

Druga tablica (Tablica 2.2) predstavlja podatke za ozubljenje prema normi DIN-5480.

Tablica 2.2 Podaci za ozubljenje - DIN5480

PODACI ZA OZUBLJENJE – DIN5480		
Modul	$m$	4
Broj zubi	$z$	22
Diobeni promjer	$d_o$	88
Pomak profila	$x_1 * m$	+1,3
Zahvatni kut	$\alpha$	30 <sup>°</sup>
Mjera između valjaka	$M_i$	80,748 <sup>±0,03</sup>
Promjer valjaka	$D_m$	7

Hrapavost površine označava se slovom N te pripadajućom brojkom uz njega (1-12). Na nacrtu se nalaze tri vrste hrapavosti N7, N5 (brušeno) i N4 (polirano). U tablici 2.3 nalaze se srednja aritmetička odstupanja profila ( $R_a$ ) i maksimalna visina profila ( $R_z$ ) za sve stupnjeve površinske hrapavosti.

Tablica 2.3 Stupnjevi hrapavosti površina

Stupanj hrapavosti		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12		
Razred hrapavosti		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$R_a$ [ $\mu$ m]		0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
$R_z$ [ $\mu$ m]		0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	400
Ručna obrada	grubo turpijanje														
	fino turpijanje														
Lijevanje	u pijesku														
	u kokili														
Kovanje	toplo, slobodno														
	toplo u ukovnju														
	hladno u ukovnju														
Valjanje	toplo														
	hladno														
Pjeskarenje															
Tokarenje	grubo														
	fino														
Blanjanje	grubo														
	fino														
Provlačenje	grubo														
	fino														
Glodanje	grubo														
	fino														
Bušenje															
Razvrtavanje															
Brušenje	grubo														
	fino														
Poliranje	mehaničko														
	električno														
Honanje, lepanje															
Superfinaš															

Što je obrada finija stupanj hrapavosti će biti manji. Tako na primjer kod ručne obrade (turpijanje) imamo visok stupanj hrapavosti, dok će kod finijih i završnih obrada kao što su poliranje i super finiš, hrapavost biti najmanja.

Na tehničkom nacrtu ulaznog poluproizvoda nalaze se dva presjeka (presjek A-A i djelomičan presjek B-B). Nalazi se i tablica s dozvoljenim odstupanjima (Tablica 2.4).

*Tablica 2.4 Dozvoljena odstupanja*

od 0-30	$\pm 1,9$
od 30-50	$\pm 2,0$
od 50-80	$\pm 2,1$
od 80-120	$\pm 2,3$
od 120-180	$\pm 2,5$
od 180-250	$\pm 2,7$
od 250-315	$\pm 2,9$

Dane su i napomene za kotiranje. Sva nekotirana zaobljenja potrebno je izvesti sa  $R5$ , vanjska skošenja izvesti sa  $1^\circ$ , a unutarnja skošenja izvesti sa  $2^\circ$ . Odljevak je očišćen, pjeskaren i temeljito obojan. Nacrt je crtan u mjerilu 1:1.

Nakon što se izvrši tokarenje, glodanje i bušenje, potrebno je još napraviti brušenje i poliranje označenih površina.

## **2.2 Analiza s tehnološkog stajališta**

Zadani izradak je rotirajući element simetričnog oblika. Geometrija je složena te su zbog toga potrebni specijalni postupci obrade. Iz oblika izratka te iz tablica tolerancija zaključujemo da su za navedeni izradak potrebne obrade: tokarenje, glodanje, bušenje, brušenje, urezivanje navoja, izrada unutarnjeg ozubljenja te poliranje. Tokarenje, glodanje, bušenje i urezivanje navoja vrši se uz pomoć CNC tokarskog obradnog centra, dok preostale obrade zahtijevaju posebna radna mjesta i strojeve.

### 3. ANALIZA ULAZNOG MATERIJALA

#### 3.1 Općenito o materijalu

Materijal izrade je ČL 4732 – GS 42CrMo4. To je čelični lijev koji pripada skupini nelegiranih i niskolegiranih čelika. Uz kaljenje i visoko popuštanje ( $>500^{\circ}\text{C}$ ) ovaj čelik ostvaruje potrebnu žilavost, vlačnu čvrstoću i granicu razvlačenja.

Kemijski sastav čelika ČL 4732 – GS 42CrMo4 (vrijednosti u %) prikazan je u tablici 3.1.

Tablica 3.1 Kemijski sastav čelika ČL 4732 - GS CrMo4

	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Al</i>	<i>Sn</i>
42CrMo4	0,43	0,26	0,65	0,015	0,021	1,07	0,19	0,16	0,16	0,21	0,006

Označavanje čelika sastoji se od tri dijela:

1. Slovni simbol ČL → označava čelični lijev
2. Osnovna oznaka → uključuje četiri brođane znamenke i označava vrstu čelika  
Osnovna oznaka u ovom čeličnom lijevu je 4732.  
Simbol na prvom mjestu predstavlja najutjecajniji legirani element (4 – označava krom), a simbol na drugom mjestu, drugi najutjecajniji element (7 – označava molibden).  
Simboli na trećem i četvrtom mjestu označavaju namjenu čelika (Tablica 3.2).

Tablica 3.2 Namjena čelika koja se očitava iz zadnja dva simbola

0 do 19	Ugljični i legirani čelici za toplinsku obradu
20 do 29	Ugljični i legirani čelici za cementaciju
30 do 39	Ugljični i legirani čelici za poboljšanje (kaljenje + popuštanje)
40 do 49	Ugljični i legirani čelici za alate
50 do 59	Visokolegirani čelici za alate
60 do 69	Čelici s posebnim fizikalnim svojstvima
70 do 79	Vatrootporni i kemijski postojani čelici
80 do 89	Brzorezni čelici
90 do 99	Čelici za automate

4 – označava krom

7 – označava molibden

32 – ugljični i legirani čelici za poboljšanje (kaljenje + popuštanje)

3. Dopunska oznaka → uključuje jedno ili dva brojevana simbola

Prvi simbol, u ovom slučaju slovo G odnosi se na toplinsku obradu.

Drugi simbol odnosi se na područje primjene. Simbol S označava brodogradnju.

ČL 4732 – *GS 42CrMo4* koristi se u proizvodnji cijevi, limova i šipki. Često se upotrebljava za izrađivanje odljevaka koji trebaju biti vatrootporni te otporni na koroziju. Dijelovi od čeličnog lijeva dosta su skuplji od sivog lijeva. Razlozi visoke cijene su: visoko talište ( $1500^{\circ}\text{C}$ ) i visoki zahtjevi za čistoću.

Za ulazni poluproizvod izabran je odljevak. Odljevak je zadan u radu te iz njegovog nacрта zaključujemo da je potrebna kompliciranija izrada kalupa. Odljevak može biti i jednostavnijeg oblika. Samim time potrebno je manje sredstava i vremena za izradu kalupa, ali više za kasniju strojnu obradu. Odljevak može biti izrađen od sljedećih vrsta ljevova:

- Kokilni lijev – metoda za proizvodnju ljevanih odljevaka u metalnim trajnim kalupima. Za razliku od drugih metoda lijevanja pomoću metalnih kalupa, kalup se puni rastaljenom legurom i legura se stvrdnjava bez ikakvog vanjskog utjecaja

na nju osim gravitacije. Koristi se za proizvodnju odljevaka od čelika, željeza, aluminija, magnezija i drugih legura. Posebno je učinkovit u proizvodnji odljevaka za aluminije magnezijeve legure, koje imaju relativno niske točke tališta. Niska točka tališta omogućuje korištenje jednog kalupa do nekoliko tisuća puta.

- Tlačni lijev – proces lijevanja u kojem se rastaljeni metal pod pritiskom gura u trajni kalup. Većina tlačnih odljevaka izrađena je od obojenih metala, točnije od legura na bazi cinka, bakra, aluminija i magnezija. Ovisno o vrsti metala koji se lijeva, koristi se stroj s toplom ili hladnom komorom. Strojevi s vrućom komorom koriste se za legure niskog tališta (cink, olovo), a strojevi s hladnom komorom koriste se za legure visokog tališta (aluminij, bakar). Postoje razlike između strojeva s hladnom i toplom komorom, no u oba slučaja rastaljeni metal ubrizgava se u kalupe, brzo se hladi te se skrutne u završni dio koji se naziva odljevak.
- Centrifugalni lijev – proces lijevanja u kojem se rastaljeni metal izlijeva u cilindrični kalup koji se okreće oko svoje osi simetrije. Kalup se vrti sve dok metal ne očvrstne. Kao materijal kalupa može se koristiti čelik, lijevano željezo, grafit ili pijesak.
- Pješčani lijev – najčešće korišteni i najstariji proces lijevanja. Odljevci od pijeska proizvode se u specijaliziranim tvornicama koje se nazivaju lijevaonice. Gotovo svaka metalna legura može se lijevati u pijesak. U navlaženom pijesku izrađuju se udubljenja, udubljenja se pune rastopljenim metalom i ostavljaju se da se ohlade.

### **3.2 Tehno – ekonomska analiza**

Kod tehno – ekonomske analize potrebno je odrediti oblik poluproizvoda, njegove dimenzije, masu i stanje materijala, tako da te vrijednosti budu ekonomski pogodne i isplative. Pritom je dodatke za obradu na plohamo koje se obrađuju, skošenja i zaobljenja potrebno procijeniti. U ovom slučaju potrebno je provesti analizu za dva oblika ulaznog materijala. To su: odljevak jednostavne geometrije i odljevak složene geometrije.



Ukupni trošak ( $E$ ) računa se prema formuli:

$$E = c + m * z \text{ (kn)}$$

Gdje je:

- $c$  – fiksna ulaganja u alat za dobivanje određenog oblika (kn)
- $m$  – proporcionalni trošak koji uzima u obzir vrijednost rada za dobivanje zajedničkog oblika (kn)
- $z$  – broj izradaka

Proporcionalni trošak ( $m$ ) računa se prema formuli:

$$m = q_m * c_m + t_0 * c_0 \left( \frac{\text{kn}}{\text{kom}} \right)$$

- $q_m$  – masa materijala za jedinicu proizvoda (kg)
- $c_m$  – cijena jedinice mase materijala (kn/kg)
- $t_0$  – vrijeme obrade za dobivanje zajedničkog oblika (h)
- $c_0$  – vrijednost jedinice vremena pri obradi (kn/h)

### 3.2.1 Analiza odljevka jednostavne geometrije

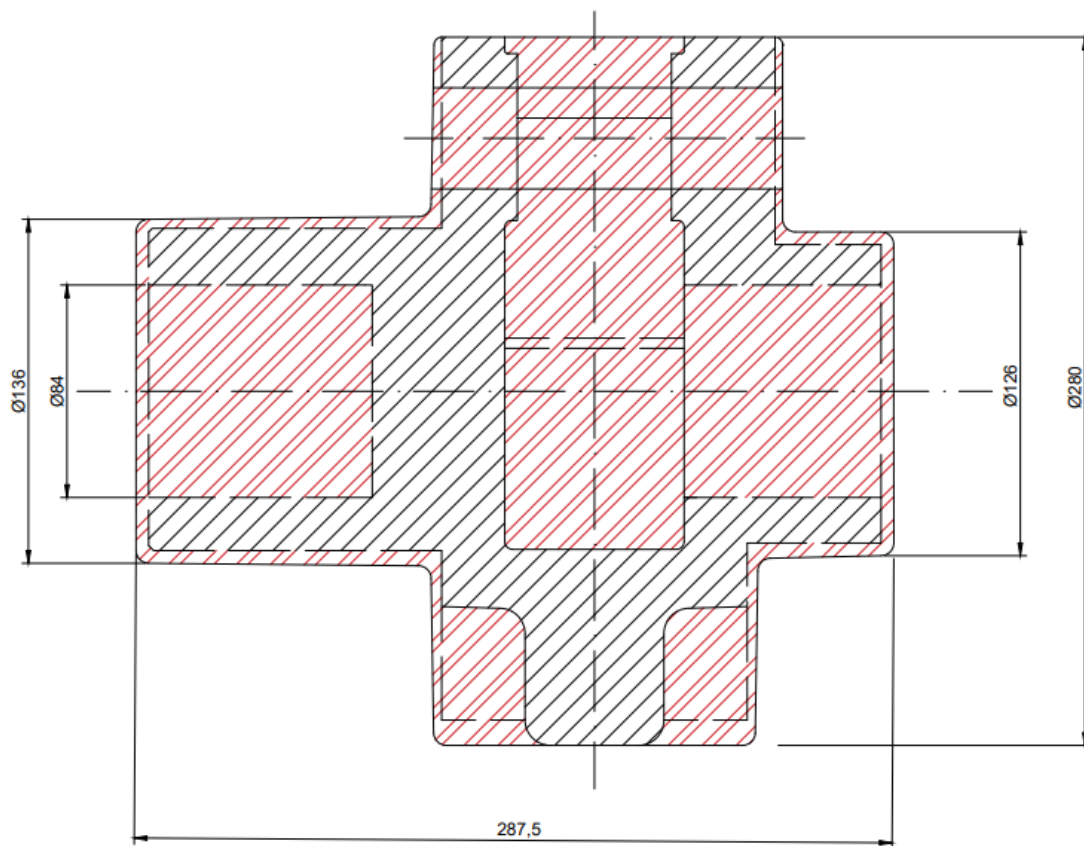
Dodaci za obradu prikazani su u tablici 3.3.

Tablica 3.3 Dodaci za obradu

Najveća izmjera odljevka [mm]	Dodatak za obradu [mm]					
	Sivi lijev		Čelični lijev		Neželjezne kovine	
	I	II	I	II	I	II
...200	2...3	3...5	3...4	6...7	2...2	3...4
<b>200)...300</b>	2...3	5...6	<b>3...4</b>	7...9	2...2	4...5
300)...500	3...4	6...8	4...5	9...12	3...3	5...6
500)...800	3...5	7...9	4...7	10...13	3...4	5...7
800)...1200	4...6	8...10	6...9	12...15	4...5	6...8
1200)...1800	5...7	9...11	7...10	14...16	4...5	7...9
1800)...2600	6...8	10...12	9...12	15...18	5...6	8...10
2600)...3800	-	11...14	-	16...21	-	9...11
3800)...5400	-	12...16	-	18...24	-	10...13
5400)...	-	14...18	-	24...30	-	12...16

I - pri masovnoj izradi odljevka, II - pri pojedinačnoj izradi

Kako se radi o čeličnom ljevju, a najveća izmjera odljevka iznosi između 200 i 300 mm, odabiremo dodatak za obradu od 4 mm. Napomenimo kako ovaj odljevak nema šupljinu. Na slici 3.1 prikazana je skica odljevka jednostavne geometrije.



Slika 3.1 Skica odljevka jednostavne geometrije

Crvenom šrafurom definiran je dio materijala koji je potrebno odstraniti.

Za dobivanje vanjske konture vratila potrebno je napraviti operacije tokarenja, glodanja i bušenja. Najviše vremena potrebno je utrošiti na glodanje, a najmanje na bušenje.

Procijenjena vremena obrade iznose:

- Tokarenje:  $0,2 h = 12 \text{ min}$
- Glodanje:  $0,42h = 20 \text{ min}$
- Bušenje:  $0,066h = 4 \text{ min}$

Ukupno procijenjeno vrijeme svih operacija iznosi 36 minuta, tj. 0,6 h.

Procijenjene cijene operacija po satu iznose:

- Tokarenje: 100 kn/h
- Glodanje: 150 kn/h
- Bušenje: 120 kn/h

Cijena jedinice mase materijala ( $c_{mp1}$ ) iznosi oko 7 kn/kg.

Formula za volumen valjka:

$$V = \frac{d^2 * \pi * l}{4}$$

Volumen odljevka jednostavne geometrije računa se prema formuli:

$$V = \left( \frac{d_{sr1}^2 * \pi * l_1}{4} + \frac{d_1^2 * \pi * l}{4} + \frac{d_{sr2}^2 * \pi * l_2}{4} \right)$$

Veličina dimenzija:

$$d_{sr1} = 137 \text{ mm}$$

$$l = 125 \text{ mm}$$

$$d_{sr2} = 127 \text{ mm}$$

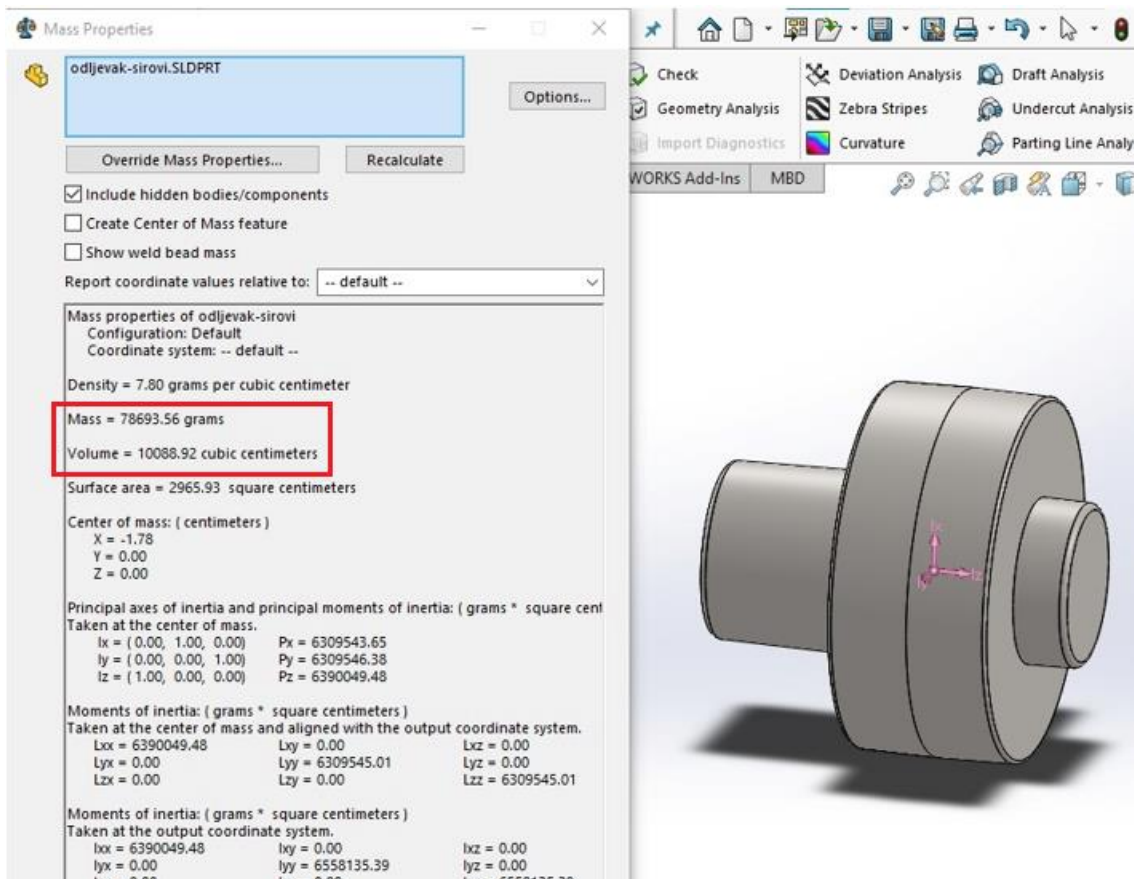
$$l_1 = 120 \text{ mm}$$

$$d_1 = 280 \text{ mm}$$

$$l_2 = 42,5 \text{ mm}$$

$$V_1 = \left( \frac{137^2 * \pi * 120}{4} + \frac{280^2 * \pi * 125}{4} + \frac{127^2 * \pi * 42,5}{4} \right) = 0,010088 \text{ m}^3$$

Na slici 3.2 prikazana je masa i volumen odljevka jednostavne geometrije modeliranog u *SolidWorksu*.



Slika 3.2 Masa i volumen odljevka jednostavne geometrije

Masa odljevka jednostavne geometrije iznosi:  $m_{m1} = 78693,56 \text{ g} = 78,69 \text{ kg}$

Volumen odljevka jednostavne geometrije iznosi:  $V_1 = 10088,92 \text{ cm}^3 = 0,010088 \text{ m}^3$

Proporcionalni trošak za odljevak jednostavne geometrije računa se prema formuli:

$$m_1 = \rho * V_1 * c_{mp1} + t_{ot} * c_{ot} + t_{og} * c_{og} + t_{ob} * c_{ob}$$

I iznosi:

$$m_1 = 7800 * 0,010088 * 7 + 100 * 0,2 + 150 * 0,42 + 120 * 0,066 = 636,92 \frac{kn}{kom}$$

Fiksna ulaganja za izradu kalupa potrebno je procijeniti. U ta ulaganja uglavnom spadaju specijalni alati i naprave. Procijenjena ulaganja za izradu kalupa iznose:

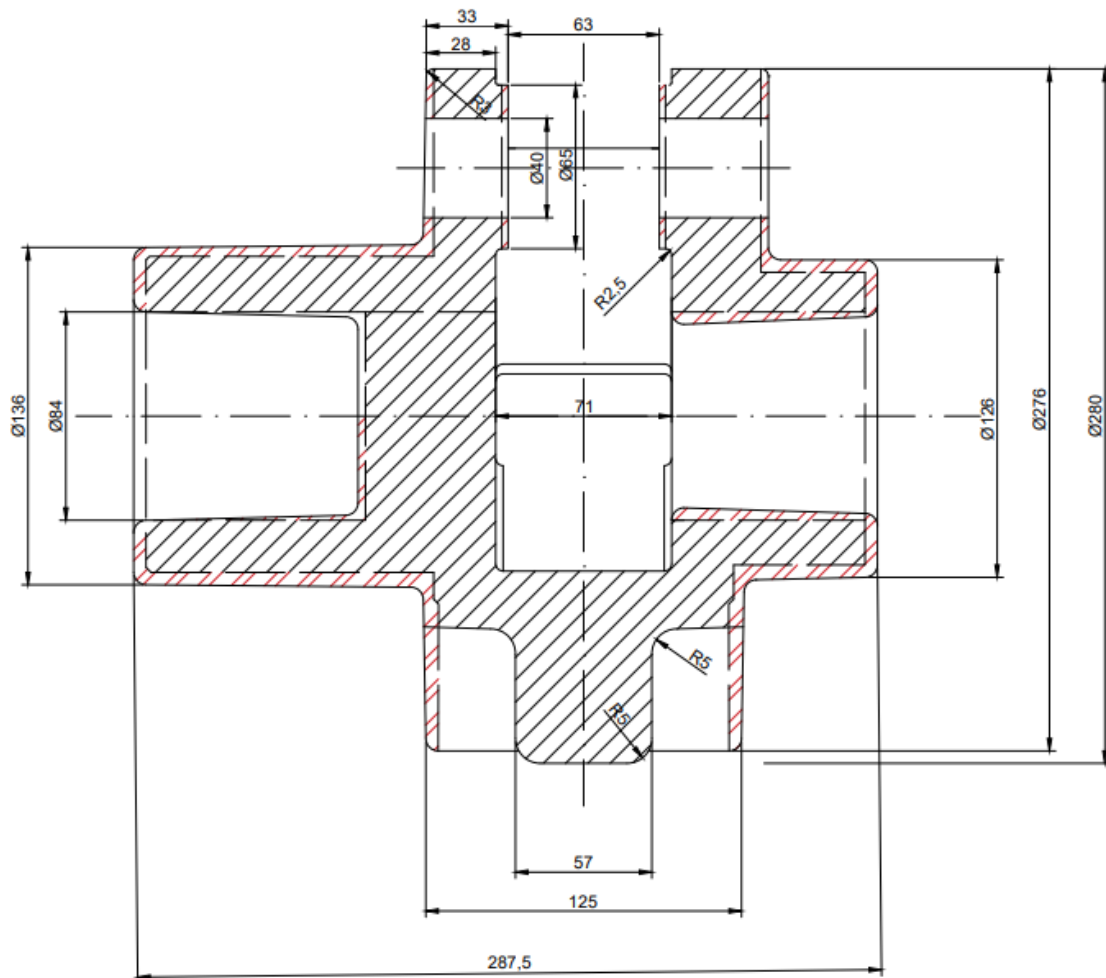
- Za jednostavnu geometriju:  $c_1 = 2000$  kn
- Za složenu geometriju:  $c_2 = 60000$  kn

Ukupni trošak:

$$E_1 = c_1 + m_1 * z = 2000 + 636,92 * 3300 = 2103836 \text{ kn}$$

### 3.2.2 Analiza odljevka složene geometrije

Na slici 3.3 prikazana je skica odljevka složene geometrije.



Slika 3.3 Skica odljevka složene geometrije

Kako bi dobili traženi izradak potrebno je napraviti operaciju tokarenja. Cijenu tokarenja od 100 kn/h smo prethodno procijenili. Vrijeme izrade je oko 10 minuta, a cijena jedinice materijala iznosi 14 kn/kg. Volumen odljevka računa se prema formuli:

$$V_{od} = \left( \frac{d_{sr1}^2 * \pi * l_1}{4} + \frac{d_1^2 * \pi * l}{4} + \frac{d_{sr2}^2 * \pi * l_2}{4} \right) - \left( \frac{d_{sr3}^2 * \pi * l_3}{4} + \frac{d_{sr4}^2 * \pi * l_4}{4} + \frac{d_2^2 * \pi * l_5}{4} + \frac{d_3^2 * \pi * l_6}{4} + \frac{d_3^2 * \pi * l_7}{4} + \frac{a * v_a * l_7}{4} \right)$$

Veličina dimenzija:

$$d_{sr1} = 137 \text{ mm}$$

$$l = 125 \text{ mm}$$

$$d_{sr2} = 127 \text{ mm}$$

$$l_1 = 120 \text{ mm}$$

$$d_{sr3} = 82 \text{ mm}$$

$$l_2 = 42,5 \text{ mm}$$

$$d_{sr4} = 77 \text{ mm}$$

$$l_3 = 80 \text{ mm}$$

$$d_1 = 280 \text{ mm}$$

$$l_4 = 67 \text{ mm}$$

$$d_2 = 280 \text{ mm}$$

$$l_5 = 71 \text{ mm}$$

$$d_3 = 44 \text{ mm}$$

$$l_6 = 31 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$l_7 = 34 \text{ mm}$$

$$v_a = 65 \text{ mm}$$

$$d_{sr1} = \frac{136 + 138}{2} = 137 \text{ mm}$$

$$d_{sr2} = \frac{126 + 128}{2} = 127 \text{ mm}$$

$$d_{sr3} = \frac{80 + 84}{2} = 82 \text{ mm}$$

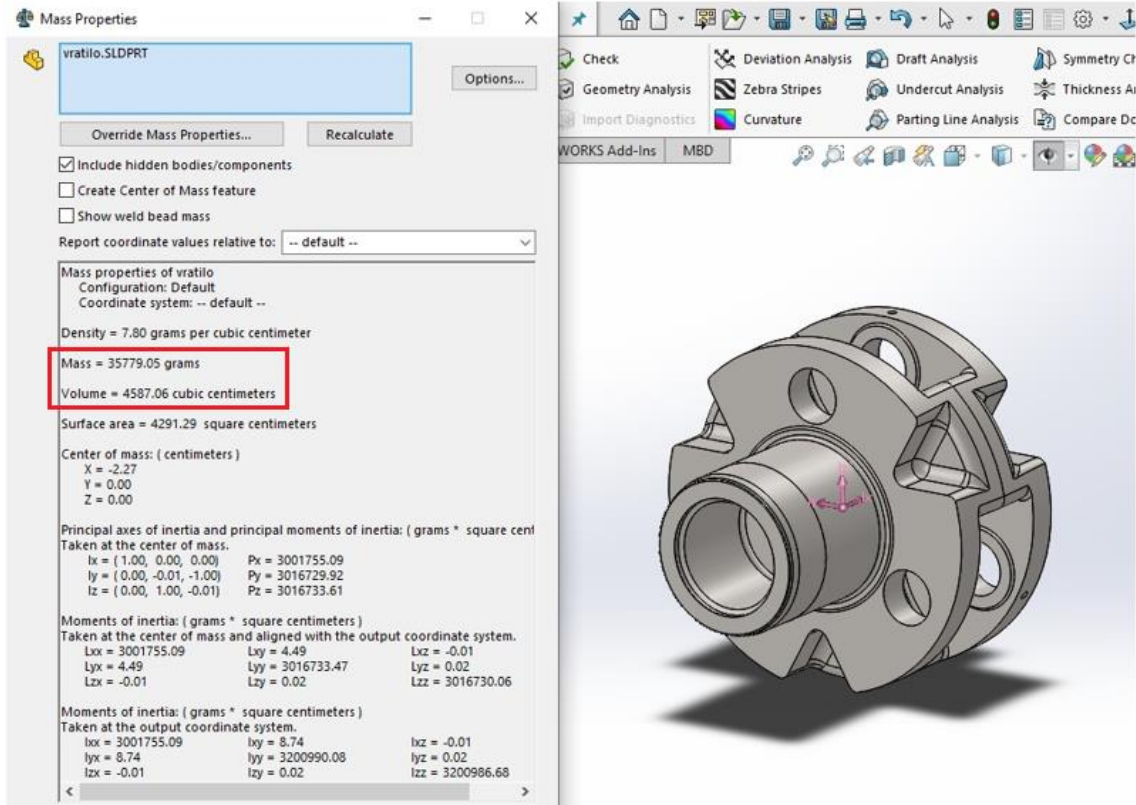
$$d_{sr4} = \frac{76 + 80}{2} = 78 \text{ mm}$$

$$V_2 = \left( \frac{137^2 * \pi * 120}{4} + \frac{280^2 * \pi * 125}{4} + \frac{127^2 * \pi * 42,5}{4} \right) - \left( \frac{82^2 * \pi * 80}{4} + \frac{77^2 * \pi * 67}{4} + \frac{280^2 * \pi * 71}{4} + \frac{40^2 * \pi * 31}{4} + \frac{40^2 * \pi * 34}{4} + \frac{75 * 65 * 34}{4} \right) = 0,004778 \text{ m}^3$$

Na slici 3.4 prikazana je masa i volumen odljevka složene geometrije modeliranog u *SolidWorksu*.

Strojno

vrijeme



Slika 3.4 Masa i volumen odljevka složene geometrije

Masa odljevka složene geometrije iznosi:  $q_{m2} = 35779,05 \text{ g} = 35,78 \text{ kg}$

Volumen odljevka složene geometrije iznosi:  $V_2 = 4587,06 \text{ cm}^3 = 0,004587 \text{ m}^3$

Proporcionalni trošak za odljevak složene geometrije računa se prema formuli:

$$m_2 = \rho * V_2 * c_{mp2} + t_{ot} * c_{ot}$$

I iznosi:

$$m_2 = 7800 * 0,004587 * 14 + 100 * 0,17 = 542,10 \text{ kn/kom}$$

Ukupni trošak:

$$E_2 = c_2 + m_2 * z = 60000 + 542,10 * 3300 = 1848930 \text{ kn}$$

### 3.3 Kritični broj izradaka

Kritični broj izradaka je onaj broj izradaka kod kojeg su jednaki troškovi proizvodnje odljevka jednostavne geometrije i odljevka složene geometrije ( $E_1 = E_2$ ). Iz toga slijedi izvod formule za izračunavanje kritičnog broja izratka:

$$E_1 = E_2$$

$$m_1 * Z_{kr} + c_1 = m_2 * Z_{kr} + c_2$$

$$m_1 * Z_{kr} - m_2 * Z_{kr} = c_2 - c_1$$

$$Z_{kr} * (m_1 - m_2) = c_2 - c_1$$

$$Z_{kr} = \frac{c_2 - c_1}{m_1 - m_2}$$

Gdje je:

- $c_1$  – fiksna ulaganja za izradu kalupa (jednostavna geometrija), (kn)
- $c_2$  – fiksna ulaganja za izradu kalupa (složena geometrija), (kn)
- $m_1$  – proporcionalni trošak za odljevak (jednostavna geometrija), (kn)
- $m_2$  – proporcionalni trošak za odljevak (složena geometrija), (kn)

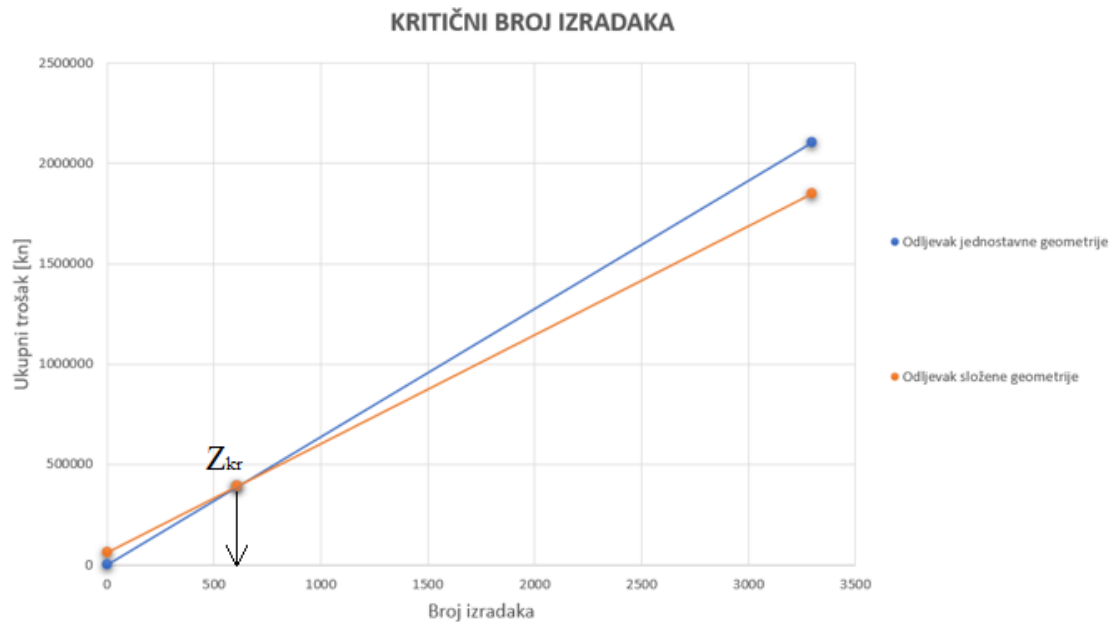
$$Z_{kr} = \frac{60000 - 2000}{636,92 - 542,10} = 611,68 \approx 611 \text{ komada}$$

Trošak za kritični broj izradaka od 611 komada iznosi:

$$\begin{aligned} E_{kr} &= c_1 + m_1 * Z_{kr} = 2000 + 636,92 * 611 = c_2 + m_2 * Z_{kr} \\ &= 60000 + 542,10 * 611 = 391158 \text{ kn} \end{aligned}$$



Urtavanjem tih vrijednosti u dijagram te njihovim spajanjem sa fiksnim ulaganjima dobijemo da kritični broj izradaka iznosi 611 komada (Slika 3.5)



Slika 3.5 Kritični broj izradaka

Iz gornjeg dijagrama zaključujemo da je za projektiranje tehnološkog procesa izrade vratila reduktora (nacrt broj H2000644-2) za količinu od 3300 kom/god isplativije koristiti odljevak složene geometrije.

## 4. DEFINIRANJE KONCEPTA TEHNOLOŠKOG PROCESA

### 4.1 Takt proizvodnje

Najvažnija faza kod projektiranja tehnološkog procesa je definiranje njegovog koncepta. Najvažniji parametar kod definiranja koncepta je količina proizvodnje vratila reduktora u količini od 3300 komada godišnje.

U zadatku je zadano da se dio proizvodi svakodnevno. To znači da vremena pripremno – završne proizvodne opreme trebaju biti što manja.

Maksimalno teoretsko vrijeme izrade jednog komada računa se prema formuli:

$$T = \frac{Q_g}{K}(h)$$

Gdje je:

$Q_g$  – godišnji fond sati

$K$  – godišnja količina proizvodnje

Godišnji fond sati računa se prema formuli:

$$Q_g = d * s * h * \eta$$

Gdje je:

$d$  – broj radnih dana tijekom godine

$s$  – broj radnih smjena u jednom danu

$h$  – broj radnih sati u jednoj smjeni

$\eta$  – stupanj iskorištenja vremena (odmor tijekom radnog vremena, zastoji, gubici)

Proračun maksimalnog teoretskog vremena izrade po komadu dan je u nastavku. Sve vrijednosti su uzete prema procjeni.

$d = 250$  dana

$$s = 2$$

$$h = 8 \text{ sati}$$

$$\eta = 0,8$$

$$K = 3300 \text{ kom/god}$$

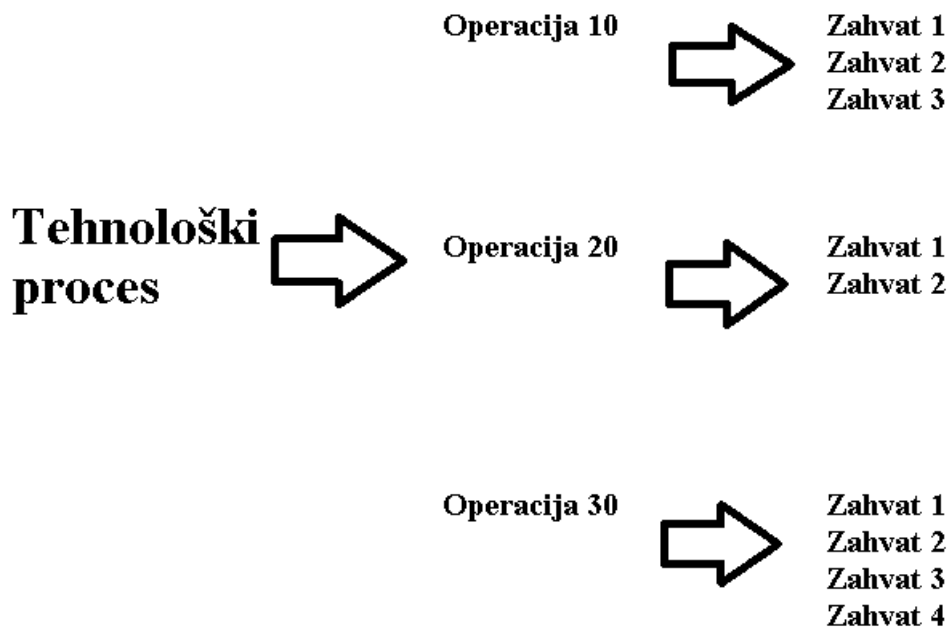
$$Q_g = 250 * 2 * 8 * 0,8 = 3200 \text{ h/god}$$

$$T = \frac{3200}{3300} = \mathbf{0,97 \text{ h/kom}}$$

Iz proračuna smo dobili da prosječno vrijeme izrade jednog komada iznosi 0,97 h. Preračunato u minute i sekunde to iznosi 58 minuta i 12 sekundi. To znači da uključujući sve planirane i neplanirane zastoje prosječno vrijeme izrade ne smije prekoračiti tu vrijednost.

## 4.2 Strukturiranje tehnološkog procesa izrade vratila reduktora

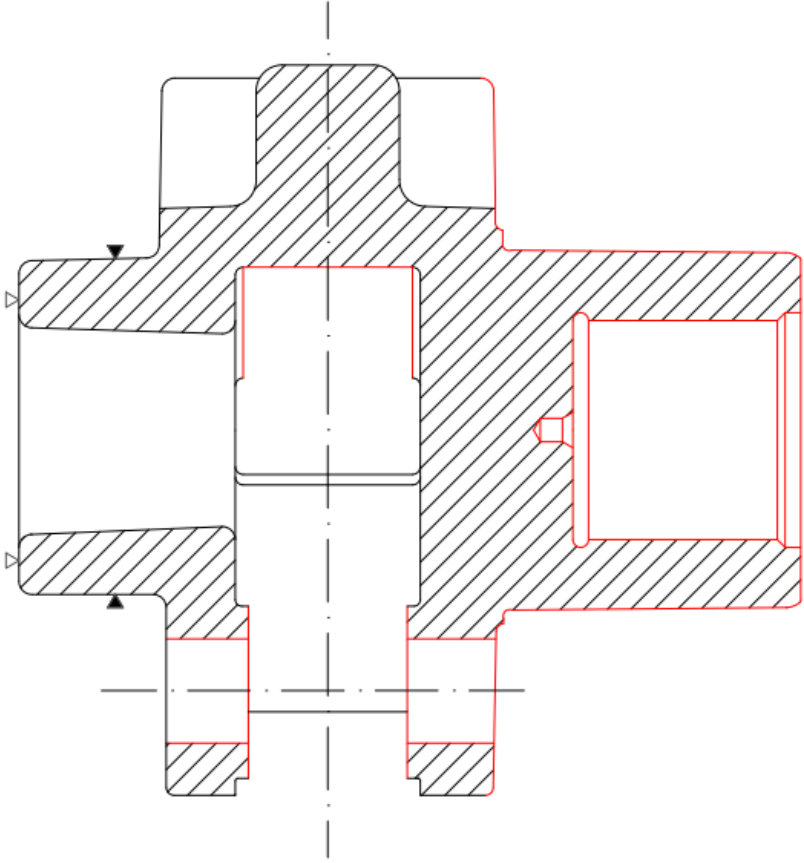
Temeljni element tehnološkog procesa je operacija. Tehnološki proces sastoji se od operacija, a operacije od zahvata. Primjer podjele je na sljedećoj slici (Slika 4.1).



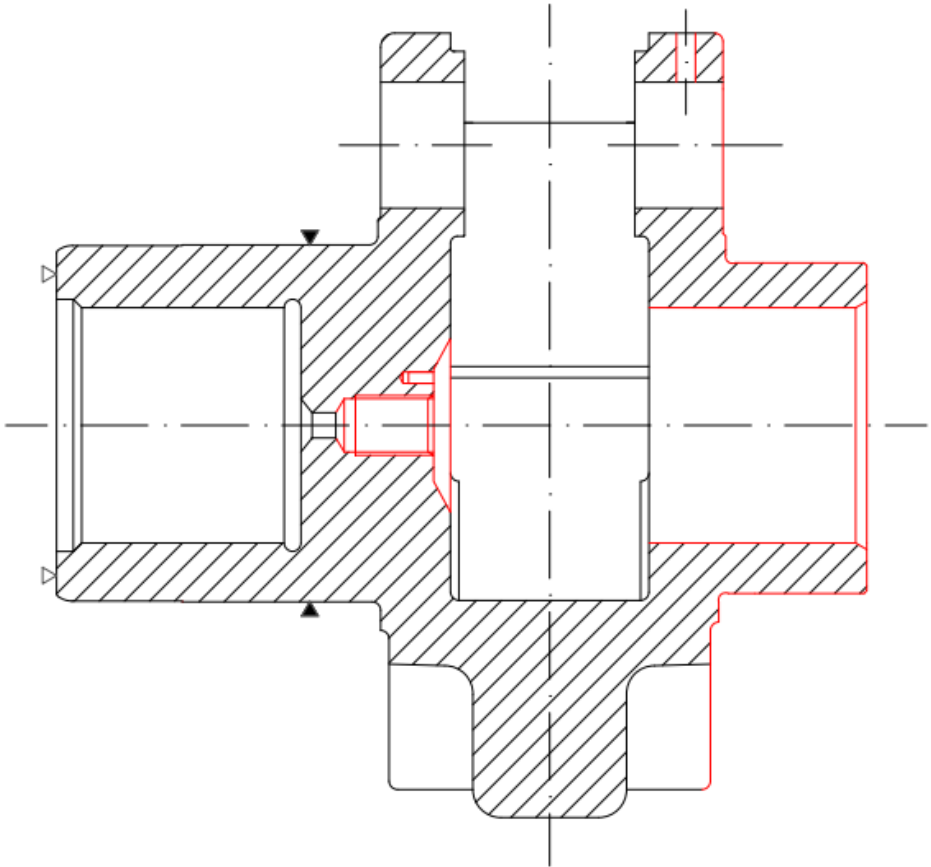
Slika 4.1 Primjer podjele tehnološkog procesa na operacije i zahvate

Izrada vratila reduktora će se obaviti u 6 operacija. Uz svaku operaciju u tablici će se navesti broj operacije, vrste operacije koje se odvijaju u toj operaciji i potreban stroj. Na skici crvenom bojom prikazani su dijelovi koji će se obrađivati (tokarenje, glodanje, zabušivanje, bušenje, urezivanje, upuštanje, proširenje, poravnanje, indukcijsko kaljenje, brušenje i poliranje).

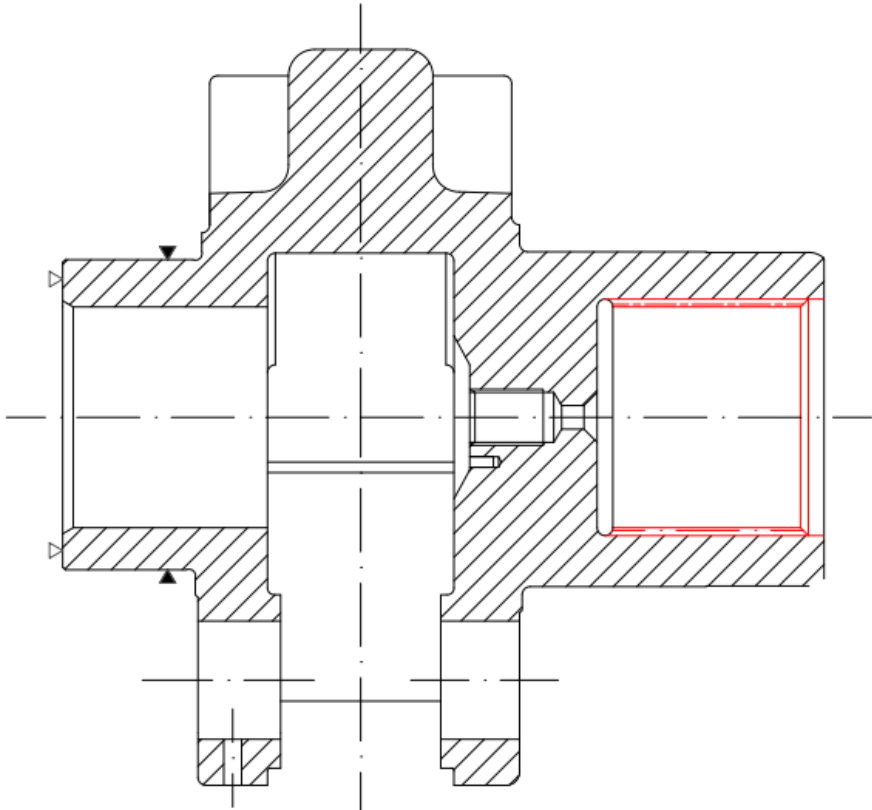
Tablica 4.2 Strukturiranje operacije 10

Operacija	10
Vrsta operacije	<p>Tokarenje - uzdužno, poprečno, vanjsko, unutarnje, završno</p> <p>Glodanje – središnjeg proširenja</p> <p>Bušenje – provrta</p> <p>Upuštanje – provrta</p> <p>Urezivanje – utora, navoja</p> <p>Proširenje - provrta</p> <p>Poravnanje – čela, unutarnjih površina</p>
Skica	
Stroj	CNC tokarski obradni centar

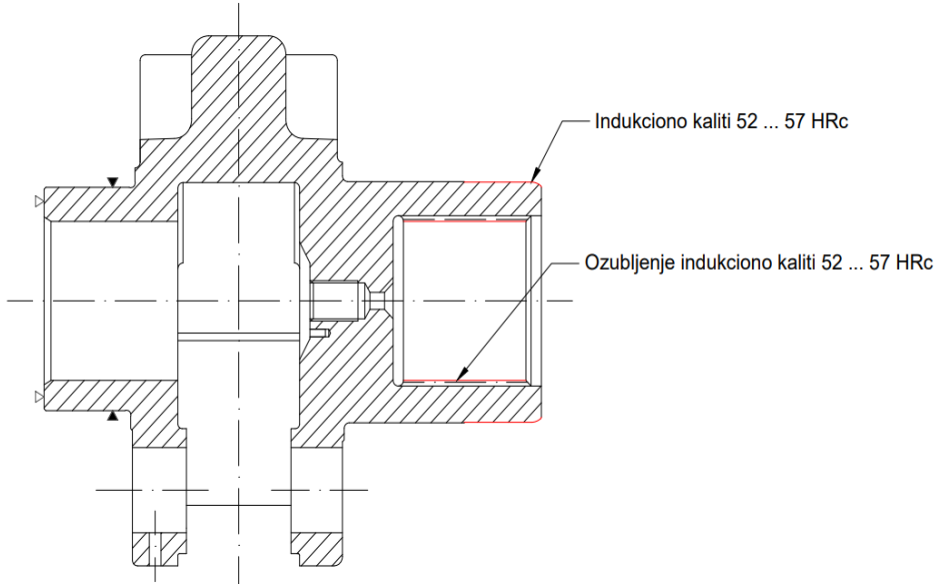
Tablica 4.1 broj operacij operacije 20

Operacija	20
Vrsta operacije	<p>Tokarenje - poprečno, vanjsko, unutarnje</p> <p>Zabušivanje - provrta</p> <p>Bušenje – provrta</p> <p>Upuštanje – provrta</p> <p>Urezivanje –navoja</p>
Skica	
Stroj	CNC tokarski obradni centar

Tablica 4.2 Strukturiranje operacije 30

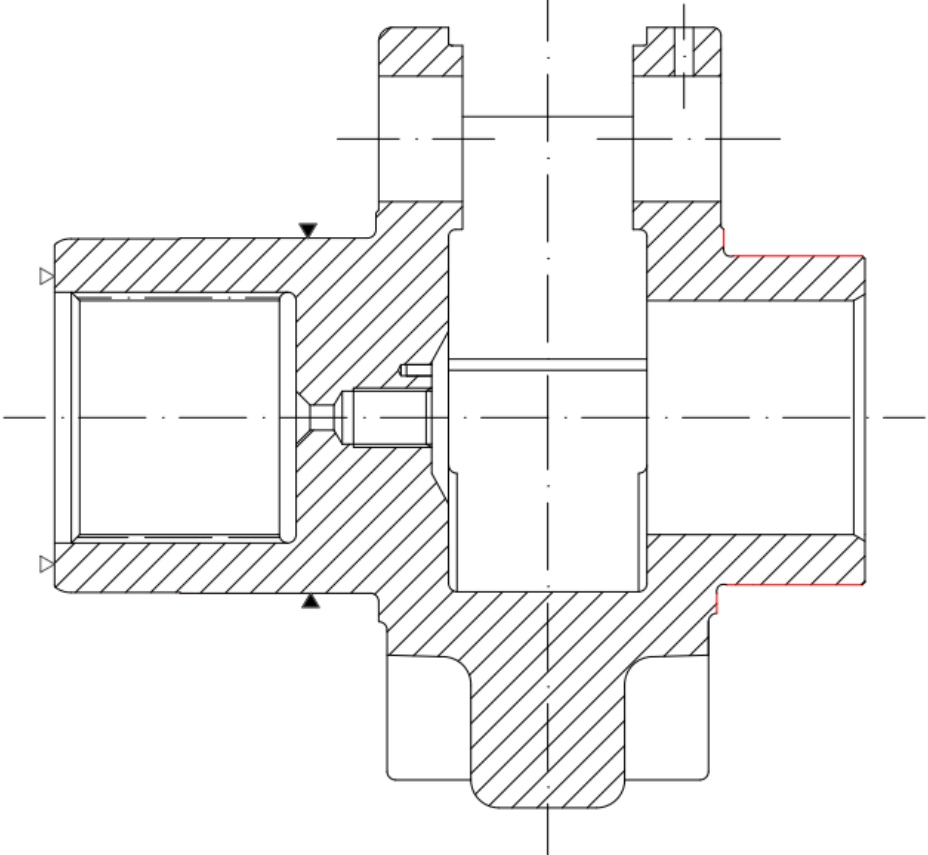
Operacija	30
Vrsta operacije	Izrada unutarnjeg ozubljenja
Skica	
Stroj	Odvalna dubilica

Tablica 4.3 Strukturiranje operacije 40

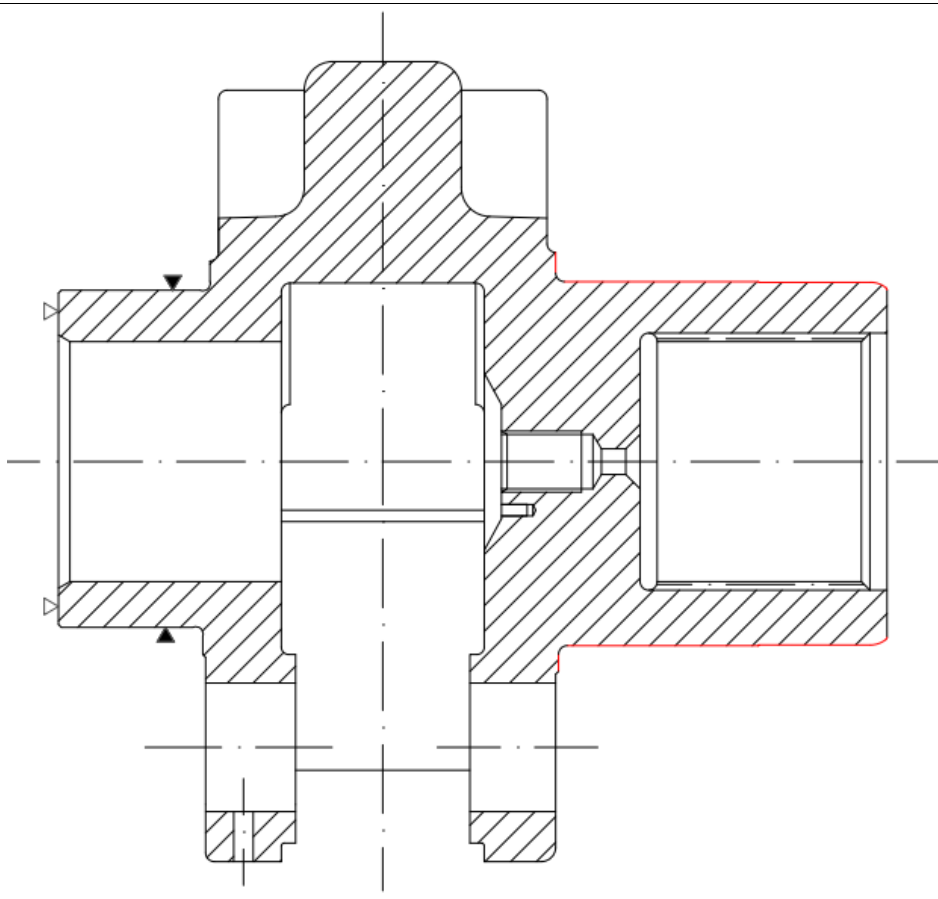
Operacija	40
Vrsta operacije	Indukciono kaljenje – vanjskih označenih površina i unutarnjeg ozubljenja
Skica	 <p>The drawing is a cross-sectional view of a gear component. It features a central shaft with a gear wheel mounted on it. The gear wheel has a hub and a rim. The rim contains the gear teeth. Two specific areas are highlighted with red lines and arrows pointing to labels: the outer surface of the gear rim is labeled 'Indukciono kaliti 52 ... 57 HRc', and the internal gear teeth are labeled 'Ozubljenje indukciono kaliti 52 ... 57 HRc'. The drawing uses standard technical conventions, including hatching for different materials and dashed lines for hidden parts.</p>
Stroj	Indukciona peć za kaljenje



Tablica 4.4 Strukturiranje operacije 50

Operacija	50
Vrsta operacije	Brušenje – vanjskih označenih površina
Skica	
Stroj	CNC brusilica

Tablica 4.5 Strukturiranje operacije 60

Operacija	60
Vrsta operacije	Brušenje – vanjskih označenih površina Poliranje – vanjskih označenih površina
Skica	
Stroj	CNC brusilica

### 4.3 Izbor tehnološke baze

Tehnološke baze su one točke, linije ili površine od kojih se polazi pri radu u određenoj operaciji. Preko tehnološke baze dio se obično oslanja na oslone elemente steznog pribora, odnosno preko njih se određuje položaj dijela u radnom okružju stroja. Određivanjem uvijek istog položaja izratka uz jednako vođenje reznog alata osigurava se stalnost mjere, odnosno stalnost položaja obrađivanja površine. Od tehnološke baze postavljaju se važne kote u pojedinoj operaciji.

Najveću pažnju treba posvetiti odabiru prve tehnološke baze jer ona osigurava traženi odnos obrađenih i neobrađenih površina. Za tehnološku bazu druge operacije odabrana je

površina koja je odabrana u prethodnoj (prvoj) operaciji, za tehnološku bazu treće operacije odabrana je površina druge operacije te tako sve do posljednje operacije.

#### **4.4 Izbor proizvodne opreme**

Prilikom izbora proizvodne opreme potrebno je uzeti onu koja nam omogućuje veću kvalitetu i stupanj efikasnosti, a što manje troškove. Također treba uzeti u obzir i njene mogućnosti jer povećanjem mogućnosti povećava se i cijena same opreme.

Od opreme pri izradi vratila reduktora koristit će se CNC obradni centar, High-Performance Gear odvalna dubilica i CNC brusilica. Obrada se vrši u 5 stezanja. Dva na CNC obradnom centru, jedno na odvalnoj dubilici te dva na CNC brusilici. Kod obrade kaljenja ne vrši se stezanje obratka.

#### **4.5 Izbor alata**

Alati su izabrani iz *Sandvik* i *Iscar* kataloga. Stezanje će se vršiti sa steznom glavom koja ima nezavisne čeljusti. Upuštači, zabušivači i svrla korišteni su za bušenje rupa i izradu provrta. Za tokarenje korišteni su alati koji se sastoje od rezne pločice i držača alata. Za glodanje unutarnjeg ozubljenja koristit će se odvalno glodalo za izradu zupčanika. Indukcijsko kaljenje raditi će se preko induktora. Kontrola dimenzija mjeriti će se pomoću mikrometra, a kontrola tvrdoće pomoću uređaja za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu. Brušenje će se izvoditi na brusnom kolu.

## 5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA

U ovom dijelu uz skicu obrade ćemo odrediti proizvodnu opremu, režime obrade te mjerne, stezne i rezne alate za svaku obradu. Za odabir alata i režime obrade koristiti će se *Sandvik* katalog.

### 5.1 Tehnološki parametri

Ukupno strojno vrijeme računa se kao zbroj strojnog vremena i strojnog pomoćnog vremena, a predstavlja vrijeme u kojem se izvode odgovarajuće promjene geometrije oblika ili svojstava materijala.

Ukupno strojno vrijeme računa se prema formuli:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} (\text{min})$$

Gdje je:

$t_s$  – ukupno strojno vrijeme (min)

$t_{sr}$  – ukupno radno vrijeme (min)

$t_{sp}$  – ukupno pomoćno vrijeme (min)

Ukupno pomoćno vrijeme predstavlja sve ono što se događa tijekom operacije.

To je:

1. Uzimanje radnog predmeta
2. Postavljanje, centriranje, stezanje i otpuštanje te skidanje predmeta na stroju
3. Puštanje stroja u rad
4. Pomicanje i odmicanje alata
5. Skidanje i oštrenje alata

Strojno radno vrijeme računa se prema formuli:

$$t_{sr} = \frac{i * L_{uk}}{n * s} (\text{min})$$

Gdje je:

$i$  – potreban broj prolaza

$L_{uk}$  – ukupni hod alata (mm)

$n$  – broj okretaja ( $\text{min}^{-1}$ )

$s$  – posmak (mm/okr)

Ukupno vrijeme izrade računa se prema formuli:

$$t_i = t_s + t_r (\text{min})$$

Gdje je:

$t_i$  – ukupno vrijeme izrade (min)

$t_r$  – ručno vrijeme (min)

Dodatno vrijeme izrade računa se prema formuli:

$$t_d = (t_s + t_r) * k_d (\text{min})$$

Gdje je:

$t_d$  – dodatno vrijeme izrade (min)

$k_d$  – koeficijent dodatnog vremena (0,1 – 0,2)

U dodatno vrijeme spadaju vremena za koje radnik nije kriv, a izražavamo ga koeficijentom " $k$ " koji predstavlja gubitke vremena koji nastaju u toku radnog dana. Ti gubici vremena mogu biti čekanje na materijal, kvarovi, dnevni odmori.

Ukupno vrijeme operacije računa se prema formuli:

$$t_o = t_d + t_i \text{ (min)}$$

Pripremno – završno vrijeme računa se prema formuli:

$$t_{pz} = t_{pz'} * (1 + k_d) \text{ (min)}$$

Gdje je:

$t_{pz}$  – pripremno – završno vrijeme (min)

$t_{pz'}$  – pripremno završno vrijeme koje se utroši na nabavu materijala i alata, pripremu radnog mjesta (min)

Pripremno – završno vrijeme pojavljuje se u većini slučajeva samo jednom (unutar određene serije). Predstavlja zaduživanje alata iz alatnice, sirovog materijala iz skladišta te pripremanje radnoga mjesta za rad. Najčešće se procjenjuje na temelju iskustva.

Ukupni hod alata računa se prema formuli:

$$L_{uk} = l + l_1 + l_2 \text{ (mm)}$$

Gdje je:

$l$  – hod alata u zahvatu s izratkom (mm)

$l_1$  – hod alata na ulazu u zahvat (mm)

$l_2$  – hod alata na izlazu iz zahvata (mm)

Brzina rezanja računa se prema formuli:

$$v = \frac{D * \pi * n}{1000} \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)$$

Iz toga slijedi broj okretaja koji se računa prema formuli:

$$n = \frac{1000 * v_c}{D * \pi} (\text{min}^{-1})$$

Gdje je:

$v_c$  – brzina rezanja (mm/min)

$D$  – promjer obratka (mm)

Odljevak je konusnog oblika te zbog toga uzimamo srednji promjer obratka. Srednji promjer obratka računa se prema jednadžbi:

$$D_{sr} = \frac{D_v + D_u}{2} (\text{mm})$$

Gdje je:

$D_{sr}$  – srednji promjer (mm)

$D_v$  – vanjski promjer (mm)

$D_u$  – unutarnji promjer (mm)

## 5.2 Razrada operacija

### 5.2.1 Operacija 10

Stroj na kojem se odvija početna operacija je „CNC obradni centar VMC400E Siemens 808D“ (Slika 5.1).

Pripremno – završno vrijeme je 60 minuta.



Slika 5.1 CNC obradni centar VMC400E Siemens 808D

Karakteristike i dimenzije stroja:

- Dimenzije stola: 600x350 mm
- Maksimalno opterećenje stola: 100 kg
- Broj okretaja: 8000 okr/min
- Dimenzije stroja: 3020x1950x2380 mm
- Masa stroja: 2000 kg
- Linearne vodilice za sve tri osi
- Motor: 3,7 kW
- Brzina radnih hodova: do 10000 mm/min
- Brzi hod (X,Y,Z): 30,30,24 m/min



### ZAHVAT 1: Podizanje i stezanje obratka

- Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“

Koristi se za stezanje nepravilnih i asimetričnih profila objekata. Svaka čeljust se podešava pojedinačno tako da se i centriranje postiže ručno (Slika 5.2).



*Slika 5.2 PROXXON 4 - čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima*

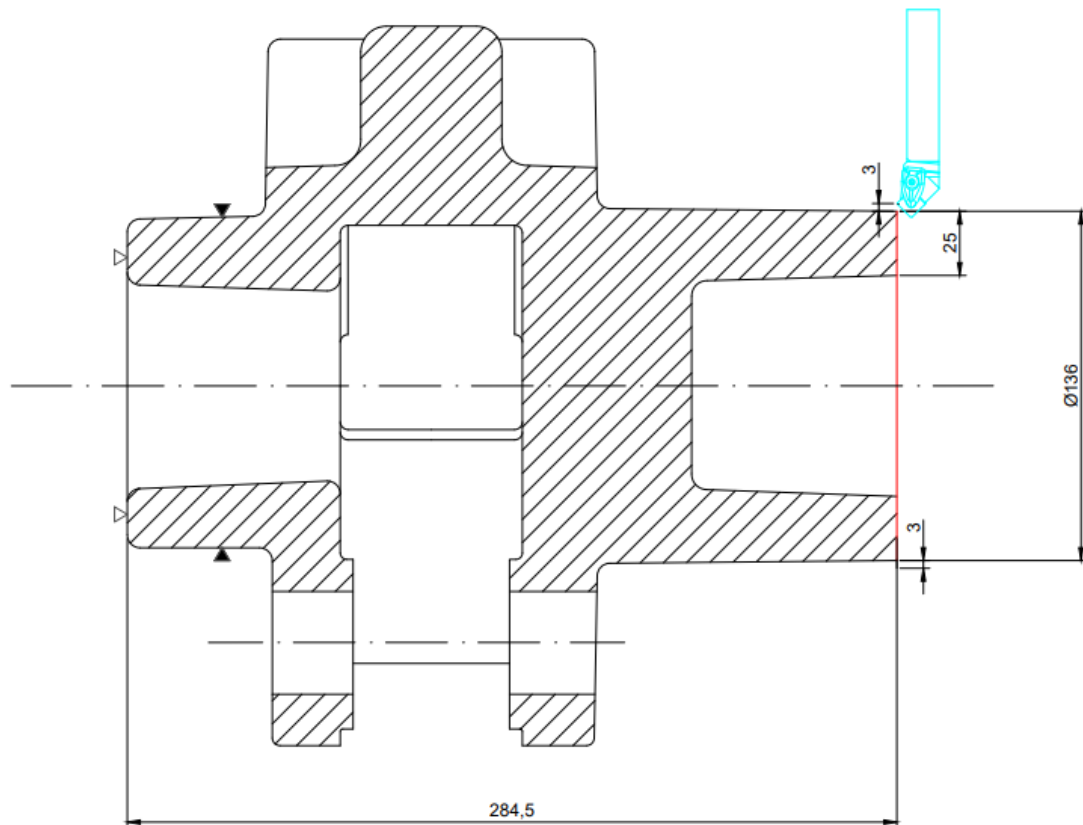
Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja izratka.

### ZAHVAT 2: Poravnanje čela (čeono tokarenje) na mjeru $\phi 136$ mm

- Držač alata: Odabran iz Sandvika „DSSNL 2525M 15“
- Alat: Odabran iz Sandvika - pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“



Slika 5.3 Operacija 10 - zahvat 2

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 279 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,707 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 279}{142 \cdot \pi} = 639 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 25 + 3 + 3 = 31 \text{ mm}$$

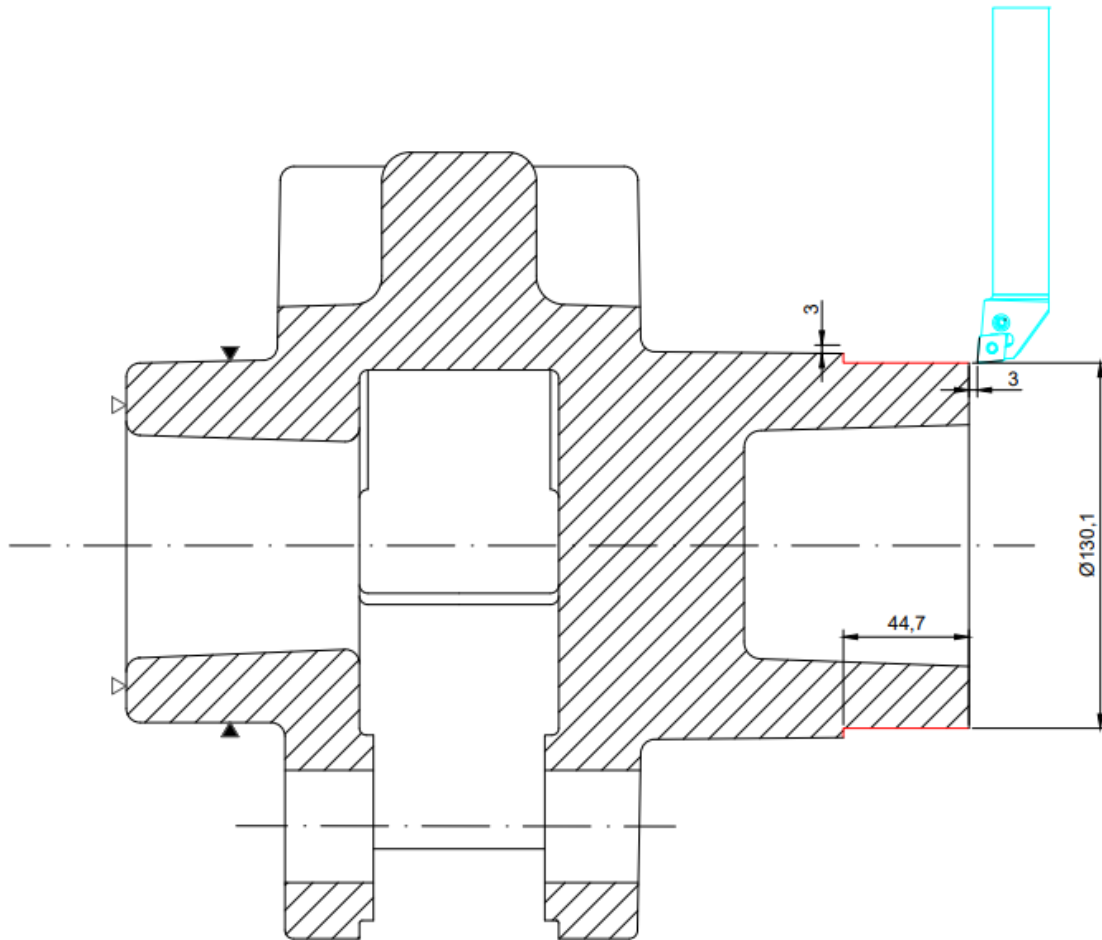
$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 31}{639 \cdot 0,707} = 0,07 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 (0,05 + 0,05) \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme sastoji se od primicanja, odmicanja i izmjene alata.

**ZAHVAT 3:** Uzdužno tokarenje na mjeru  $\phi 130,1$  mm

- Držač alata: Odabran iz Sandvika „PCLNL 2020K 09“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 09 03 08-PM 4415“



Slika 5.4 Operacija 10 - zahvat 3

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 2,95$  mm
- Brzina rezanja:  $v_c = 295$  m/min
- Posmak:  $s = 0,2$  mm/okr
- Broj prolaza:  $i = 2$

$$\text{Broj okretaja: } n_{po\check{c}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 295}{130,1 \cdot \pi} = 721 \text{ okr/min}$$

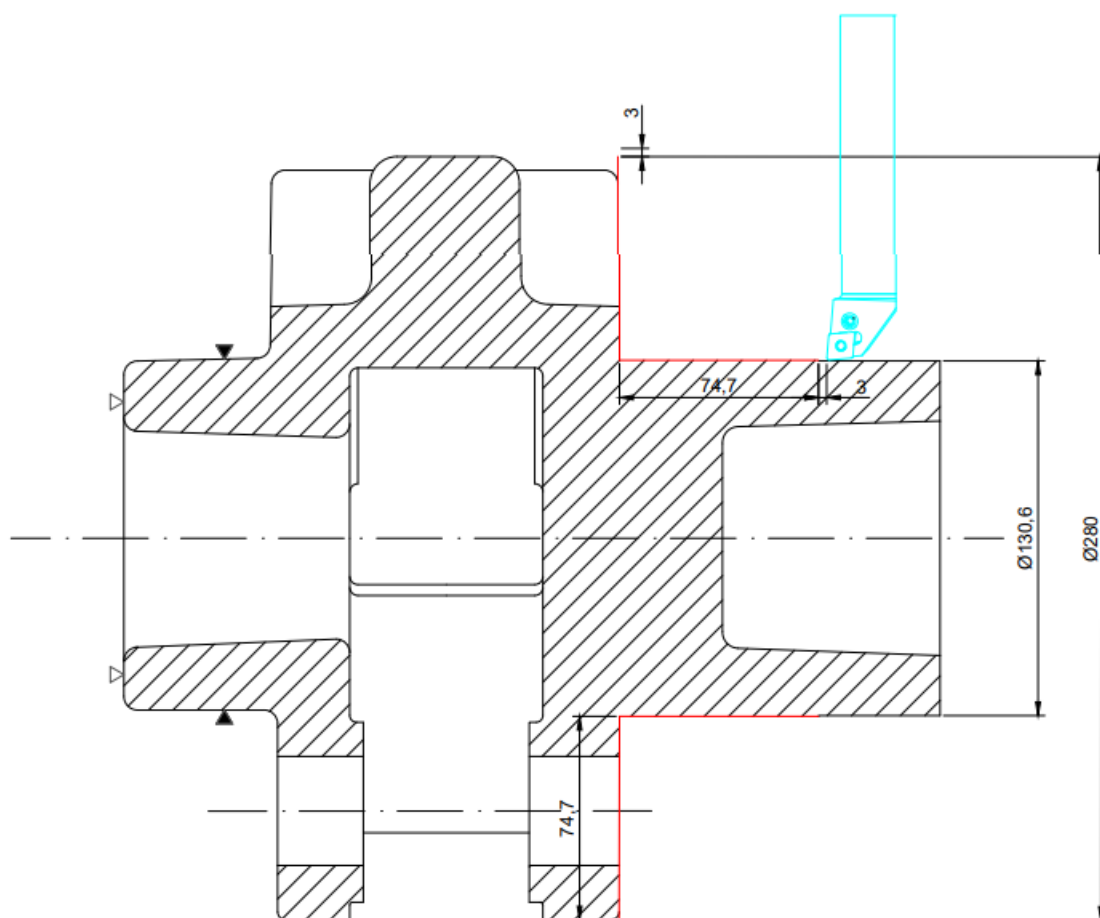
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 44,7 + 3 + 3 = 50,7 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme:  $t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{2 \cdot 50,7}{721 \cdot 0,2} = 0,70 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$

**ZAHVAT 4:** Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „PCLNL 2020K 09“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 09 03 08-PM 4415“



Slika 5.5 Operacija 10 - zahvat 4

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 2,95 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 295 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,2 \text{ mm/okr}$

- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (uzdužni dio): } n_{uzd} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 295}{130,6 \cdot \pi} = 719 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (poprečni dio): } n_{pop} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 295}{286 \cdot \pi} = 328 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_u + n_p}{2} = \frac{719 + 328}{2} = 523 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = (74,7 + 74,7) + 3 + 3 = 155,4 \text{ mm}$$

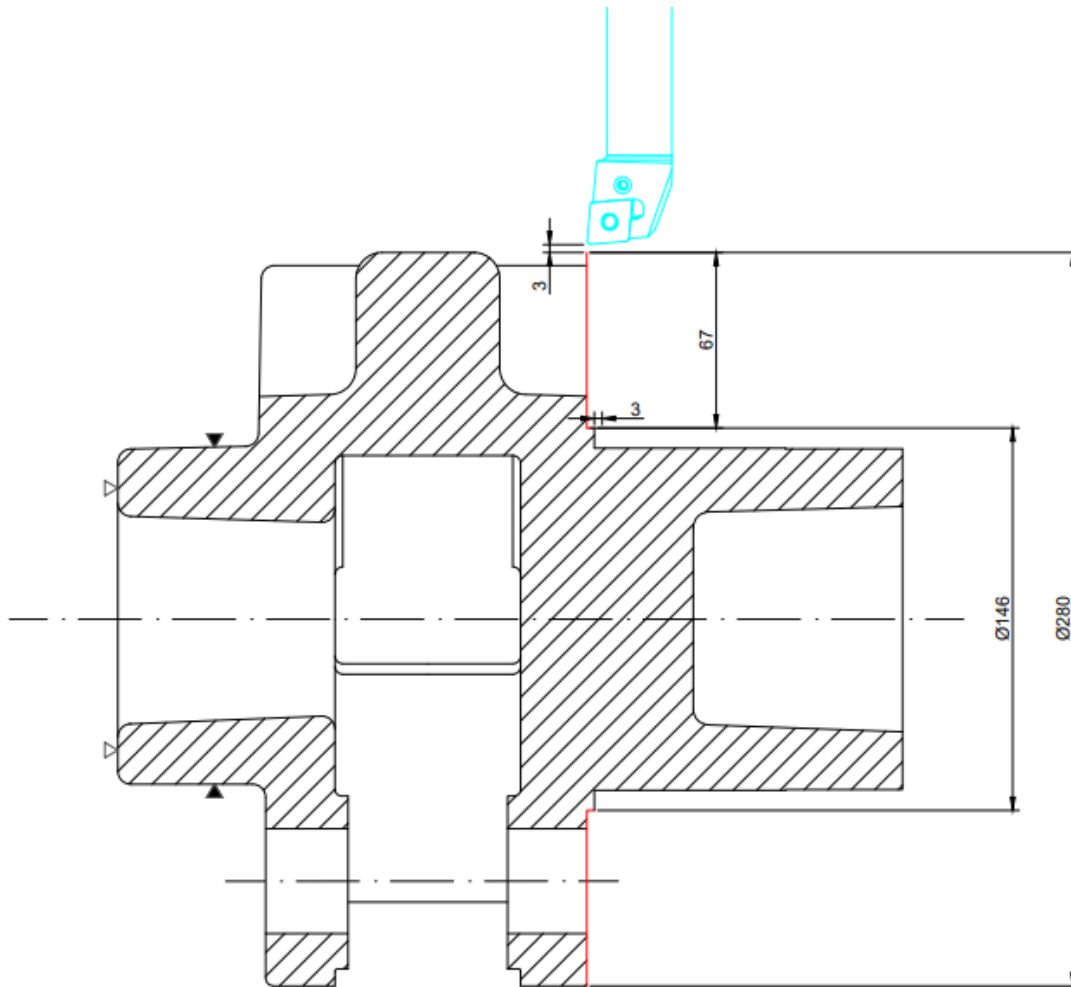
$$\text{Strojno vrijeme (uzdužni dio): } t_{stu} = \frac{i \cdot L_u}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (74,7 + 3)}{719 \cdot 0,2} = 0,54 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (poprečni dio): } t_{stp} = \frac{i \cdot L_p}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (74,7 + 3)}{719 \cdot 0,2} = 1,18 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} = t_{stu} + t_{stp} = 0,54 + 1,18 = 1,72 \text{ min}$$

**ZAHVAT 5:** Grubo poprečno tokarenje na mjeru  $\phi 146$  mm

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „PCLNL 2525M 16“
- Alat: Odabran iz Sandvika - pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“



Slika 5.6 Operacija 10 - zahvat 5

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 315 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,36 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (na početku prolaza): } n_{po\check{c}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 315}{286 \cdot \pi} = 350 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (na kraju prolaza): } n_{kraj} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 315}{146 \cdot \pi} = 686 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{po\check{c}} + n_{kraj}}{2} = \frac{350 + 686}{2} = 518 \text{ okr/min}$$

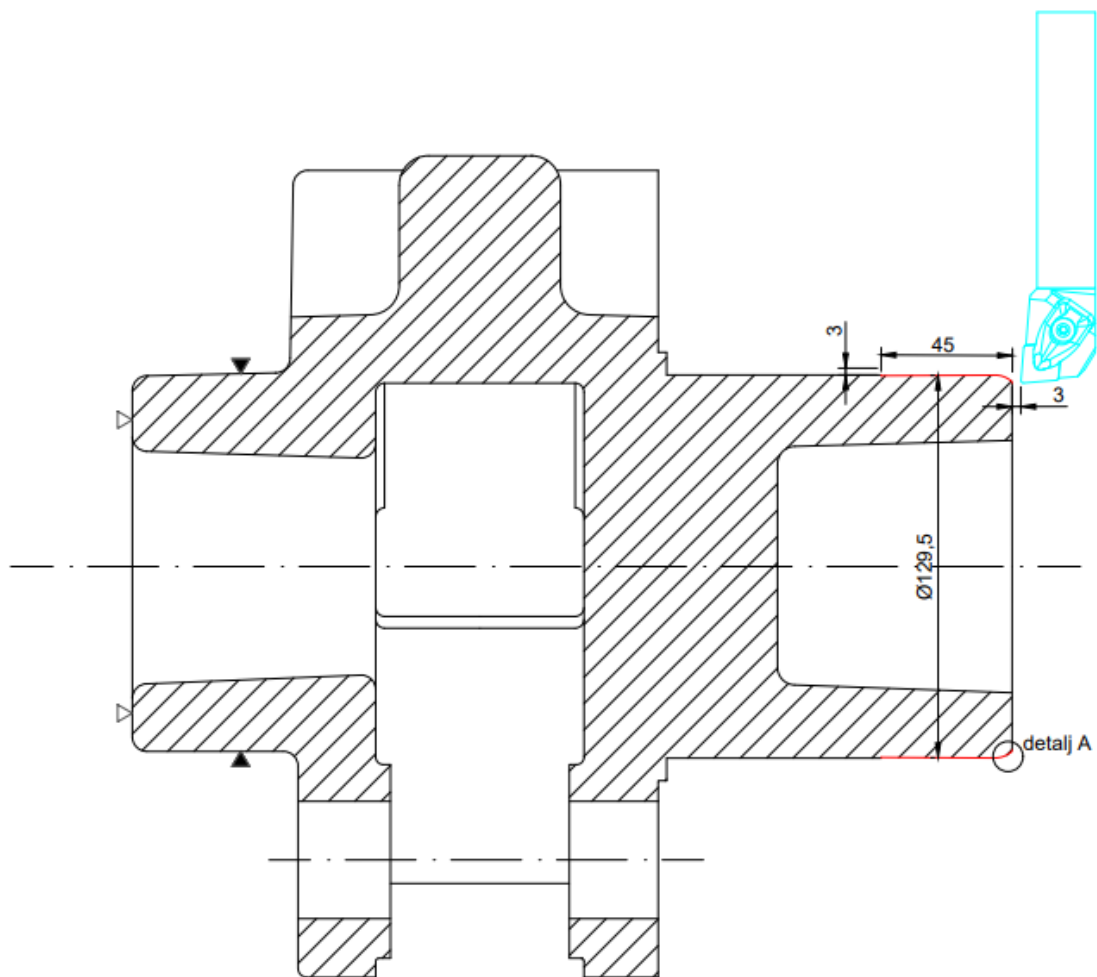
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 67 + 3 + 3 = 73 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme : } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 73}{518 \cdot 0,36} = 0,39 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

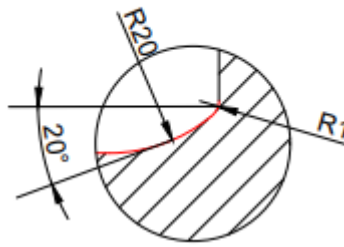
**ZAHVAT 6:** Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 1. dio

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „DCLNL 2020K 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika - pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“



Slika 5.7 Operacija 10 - zahvat 6

Detalj A



Slika 5.8 Uvećani prikaz detalja A

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 0,3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 441 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,11 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{129,5 \cdot \pi} = 1100 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 45 + 3 + 3 = 51 \text{ mm}$$

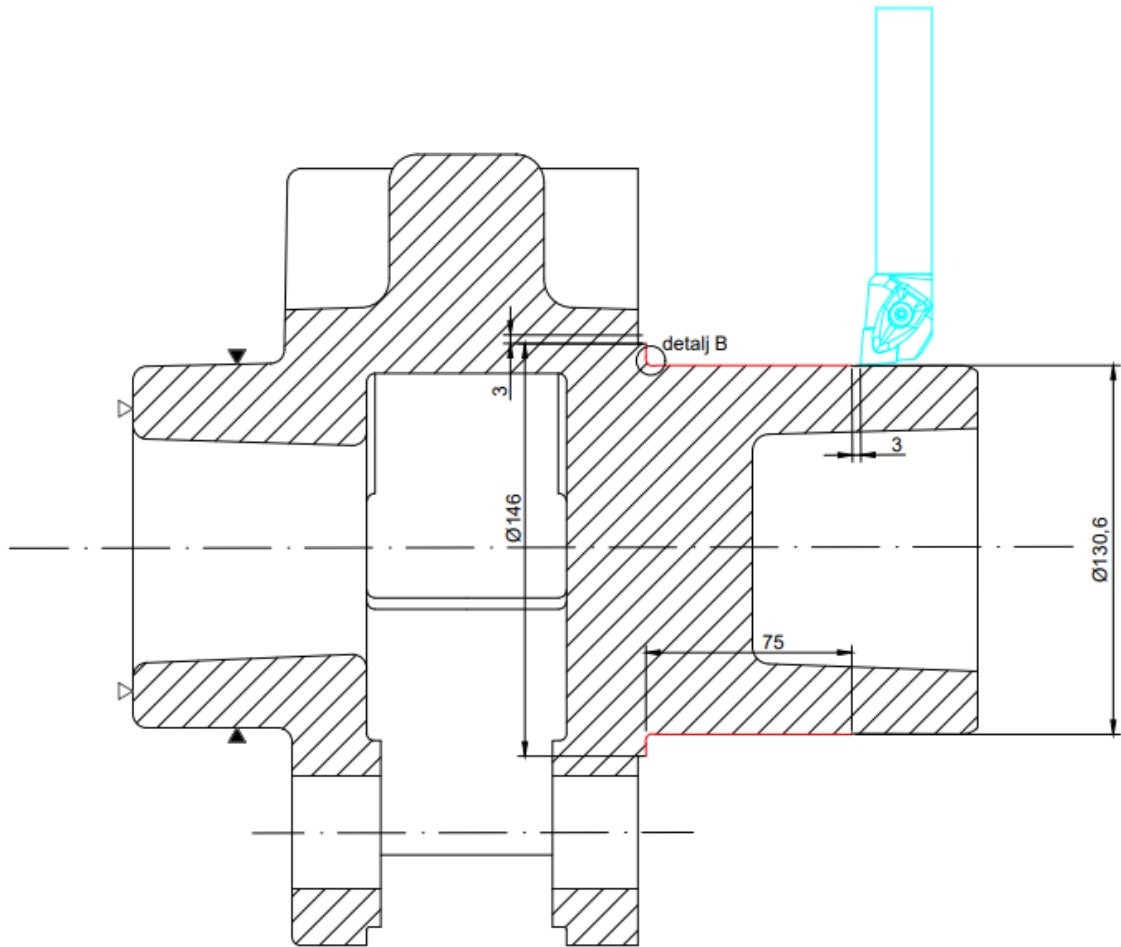
$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 51}{1100 \cdot 0,11} = 0,42 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 7:** Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 2. dio

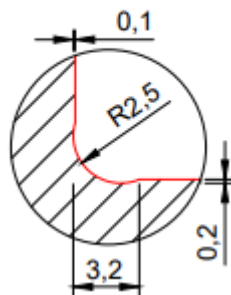
- Držać alata: Odabran iz Sandvika „DCLNL 2020K 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425 “





Slika 5.9 Operacija 10 - zahvat 7

Detalj B



Slika 5.10 Uvećani prikaz detalja B

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_{p1} = 0,2 \text{ mm}$ ,  $a_{p2} = 0,6 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 441 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,11 \text{ mm/okr}$

- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (uzdužni dio): } n_{uzd} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{130,6 \cdot \pi} = 1077 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (poprečni dio): } n_{pop} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{146 \cdot \pi} = 961 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{uzd} + n_{pop}}{2} = \frac{1077 + 961}{2} = 1019 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = (74,7 + 6,4) + 3 + 3 = 87,1 \text{ mm}$$

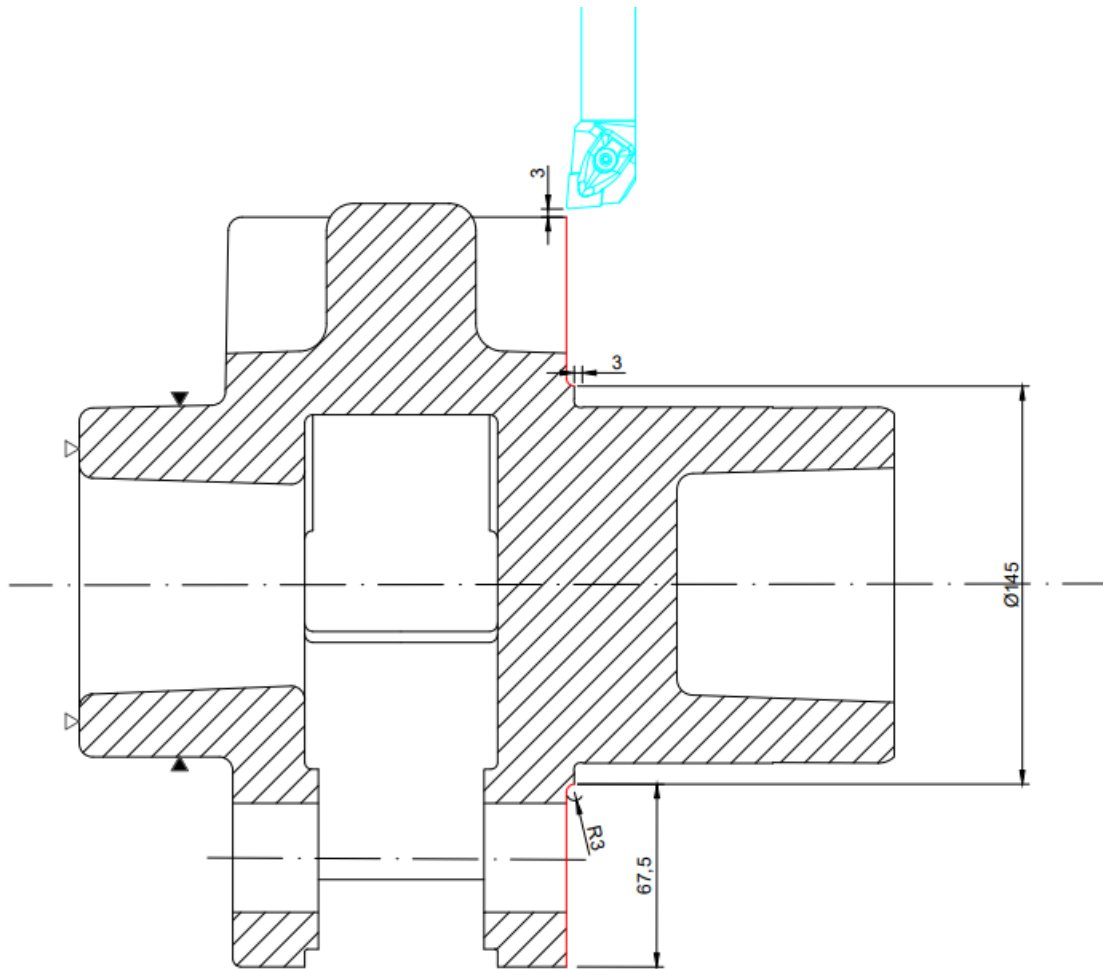
$$\text{Strojno vrijeme (uzdužni dio): } t_{stu} = \frac{i \cdot L_1}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (74,7 + 3)}{1077 \cdot 0,11} = 0,65 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (poprečni dio): } t_{stp} = \frac{i \cdot L_2}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (6,4 + 3)}{1077 \cdot 0,11} = 0,09 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} = t_{stu} + t_{stp} = 0,65 + 0,09 = 0,74 \text{ min}$$

**ZAHVAT 8:** Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru  $\phi 145$  mm s radijusom R3

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „DCLNL 2020K 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 12 04 04-XF 4425“



Slika 5.11 Operacija 10 - zahvat 8

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 0,3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 441 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,11 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (na početku prolaza): } n_{\text{poč}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{286 \cdot \pi} = 490 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (na kraju prolaza): } n_{\text{kraj}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{145 \cdot \pi} = 968 \text{ okr/min}$$

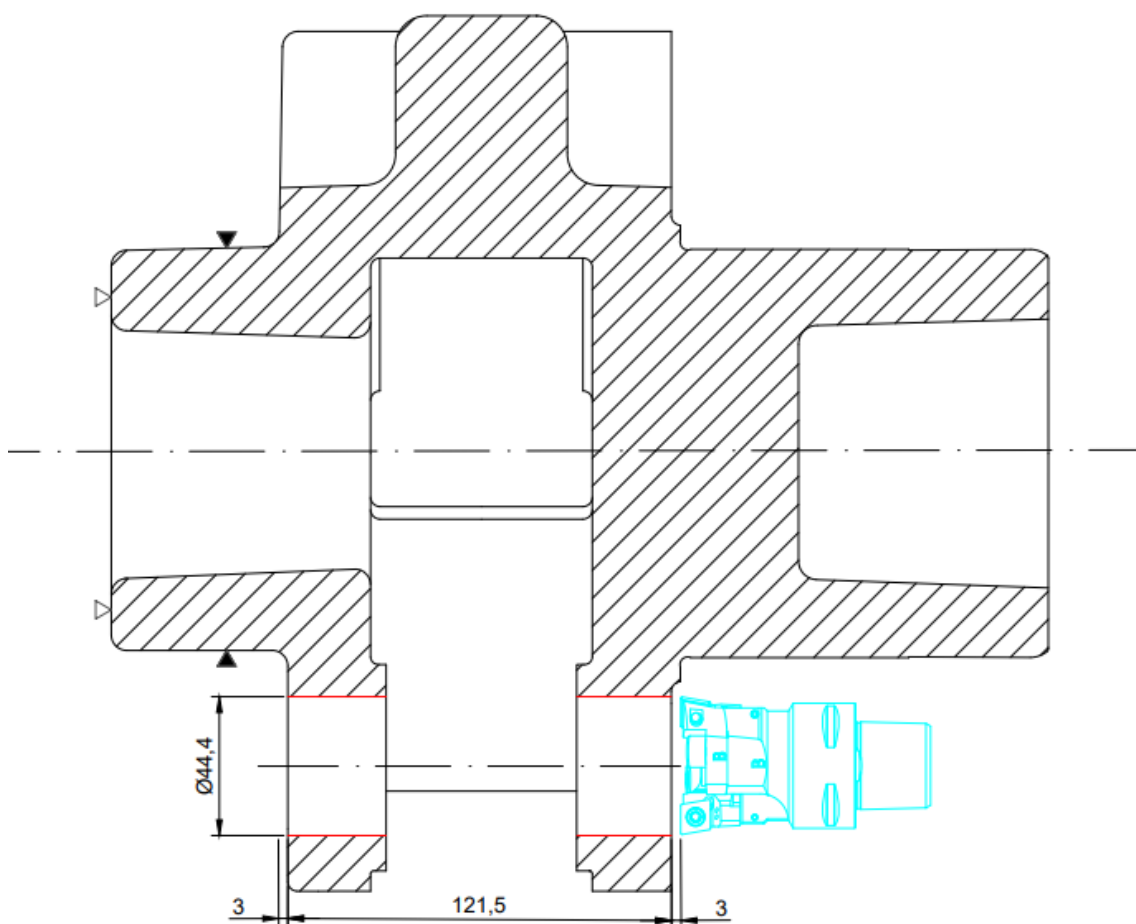
$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{\text{poč}} + n_{\text{kraj}}}{2} = \frac{490 + 968}{2} = 729 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 67,5 + 3 + 3 = 73,5 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme:  $t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 73,5}{729 \cdot 0,11} = 0,92 \text{ min}$

**ZAHVAT 9:** Proširavanje 6 provrta s  $\phi 40 \text{ mm}$  na  $\phi 44,4 \text{ mm}$

- Rezna oštrica: Odabrana iz Sandvika „CCMT 09 T3 12-PR 4335“
- Alat: Odabran iz Sandvika – glodalo Coro Bore „BR20-56CC09F-C4“
- Adapter: Odabran iz Sandvika „C4-390.419-40 075“



Slika 5.12 Operacija 10 - zahvat 9

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 2,2 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 197 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,6 \text{ mm/okr}$

- Broj prolaza:  $i = 3$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 197}{44,4 \cdot \pi} = 1412 \text{ okr/min}$$

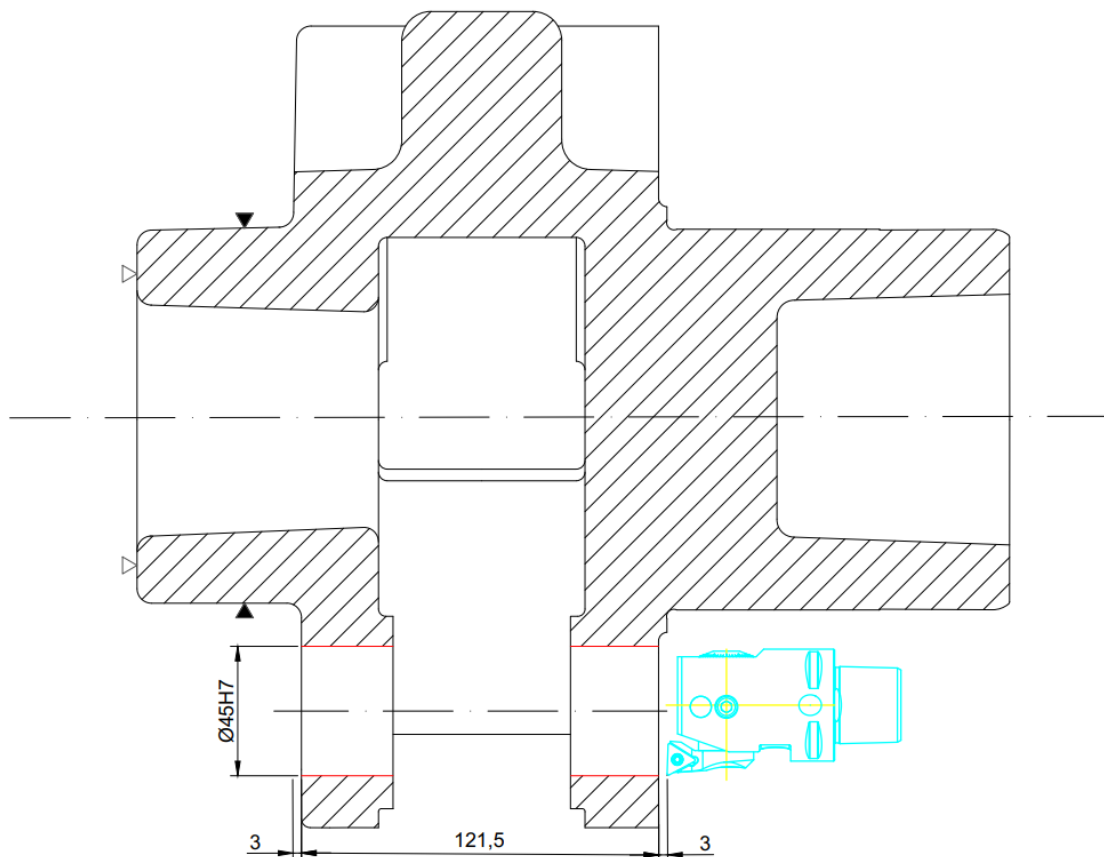
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 121,5 + 3 + 3 = 127,5 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{3 \cdot 127,5}{1412 \cdot 0,6} = 0,45 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 10:** Glodanje svih 6 provrta na konačnu mjeru  $\phi 45H7$

- Alat: Odabran iz Sandvika – glodalo Coro Bore „825-45TC09-C3“
- Rezna pločica: Odabrana iz Sandvika „TCGX 09 02 04L-WL 1125“
- Adapter: Odabran iz Sandvika „C3-391.01-32 095“



Slika 5.13 Operacija 10 - zahvat 10

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 0,5 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 220 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,185 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 3$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 220}{45 \cdot \pi} = 1556 \text{ okr/min}$$

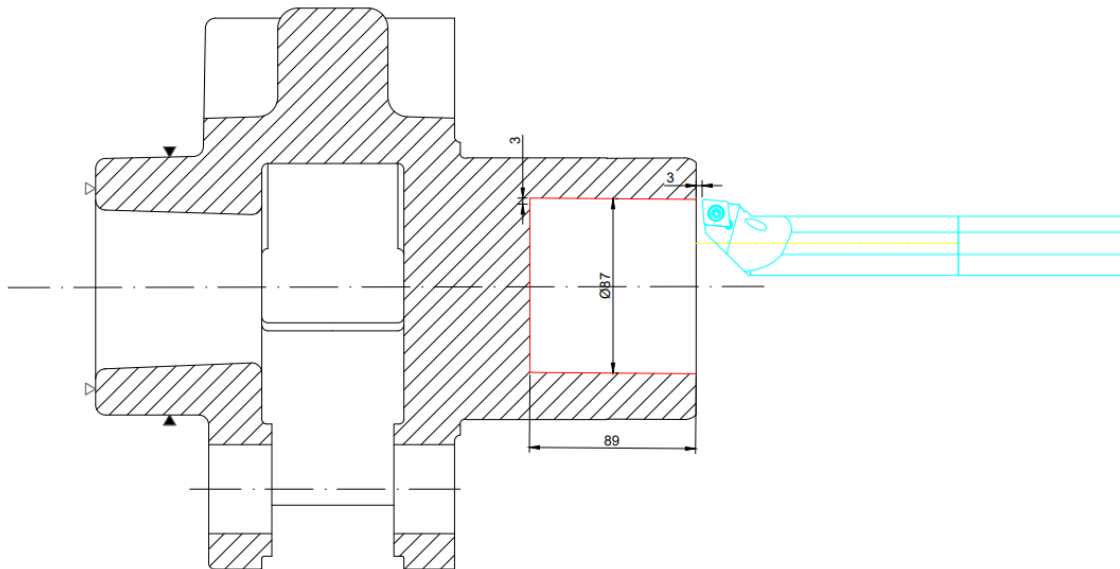
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 121,5 + 3 + 3 = 127,5 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{3 \cdot 127,5}{1556 \cdot 0,185} = 1,33 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 11:** Tokarenje utora na mjeru  $\phi 87 \text{ mm}$

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „A32T-SCLCL 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“



Slika 5.14 Operacija 10 - zahvat 11

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 324 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,36 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 2$

$$\text{Broj prolaza: } i = \frac{D-d}{2*a_p} = \frac{87-78}{2*3} = \frac{9}{6} = 1,5 = 2 \text{ prolaza}$$

$$\text{Broj okretaja (prvi prolaz): } n_1 = \frac{1000*v_c}{D_1*\pi} = \frac{1000*324}{84*\pi} = 1227 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (drugi prolaz): } n_2 = \frac{1000*v_c}{D_2*\pi} = \frac{1000*324}{87*\pi} = 1185 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 89 + 3 + 3 = 95 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme (prvi prolaz): } t_{st1} = \frac{i*L}{n_1*s} = \frac{1*95}{1227*0,36} = 0,21 \text{ min}$$

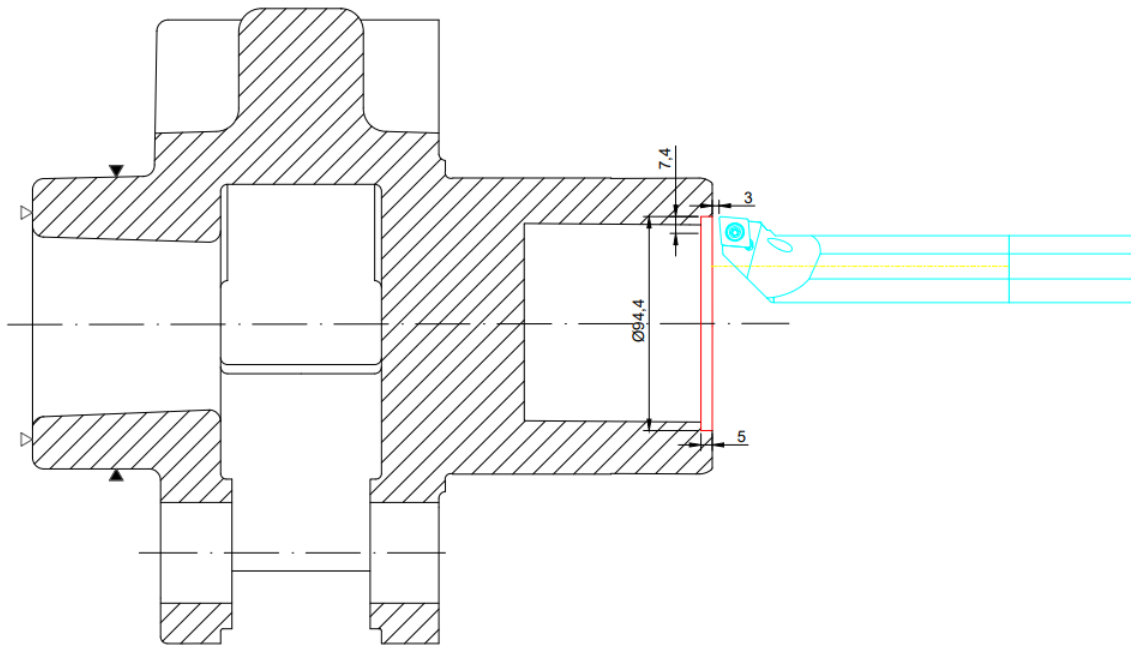
$$\text{Strojno vrijeme (drugi prolaz): } t_{st2} = \frac{i*L}{n_2*s} = \frac{1*95}{1185*0,36} = 0,22 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} = t_{st1} + t_{st2} = 0,21 + 0,22 = 0,43 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 12:** Tokarenje na mjeru  $\phi 94,4 \text{ mm}$

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „A32T-SCLCL 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“



Slika 5.15 Operacija 10 - zahvat 12

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 324 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,36 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 2$

$$\text{Broj prolaza: } i = \frac{D-d}{2 \cdot a_p} = \frac{94,4-87}{2 \cdot 3} = \frac{7,4}{6} = 1,23 = 2 \text{ prolaza}$$

$$\text{Broj okretaja (prvi prolaz): } n_1 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{93 \cdot \pi} = 1108 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (drugi prolaz): } n_2 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{94,4 \cdot \pi} = 1092 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 5 + 3 + 7,4 = 15,4 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme (prvi prolaz): } t_{st1} = \frac{i \cdot L}{n_1 \cdot s} = \frac{1 \cdot 15,4}{1108 \cdot 0,36} = 0,04 \text{ min}$$

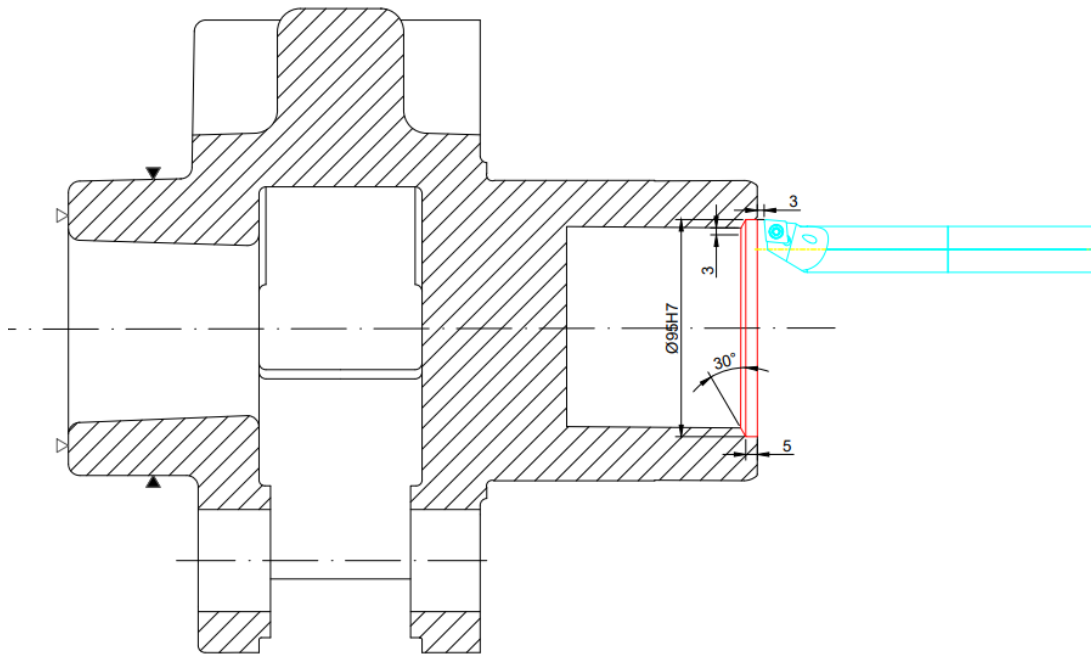
$$\text{Strojno vrijeme (drugi prolaz): } t_{st2} = \frac{i \cdot L}{n_2 \cdot s} = \frac{1 \cdot 15,4}{1092 \cdot 0,36} = 0,04 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} = t_{st1} + t_{st2} = 0,04 + 0,04 = 0,08 \text{ min}$$



### ZAHVAT 13: Završno tokarenje na konačnu mjeru $\phi 45$ H7

- Držač alata: Odabran iz Sandvika „A20S-SCLCL 09-R“
- Alat: Odabran iz Sandvika – glodalo Coro Turn 107 „CCMT 09 T3 04-PR 4305“



Slika 5.16 Operacija 10 - zahvat 13

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 0,3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 587 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,15 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 587}{95 \cdot \pi} = 1966 \text{ okr/min}$$

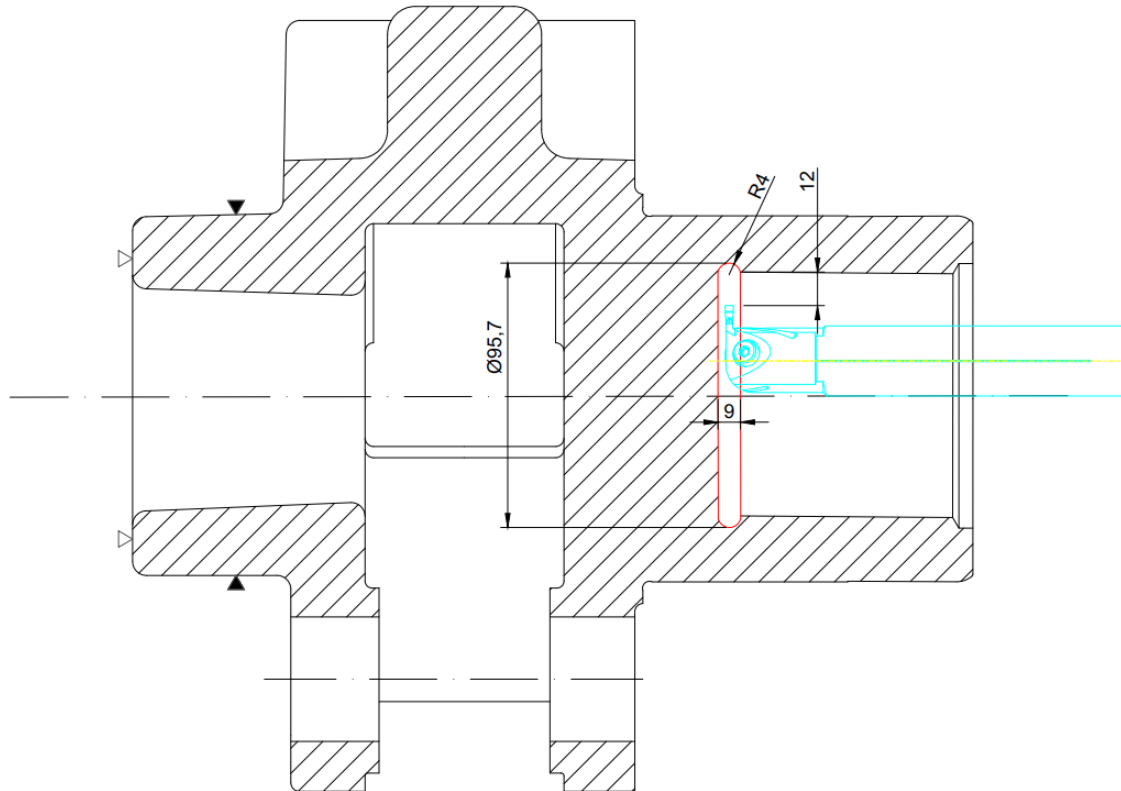
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = (5 + 4,2) + 3 + 3 = 15,2 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 15,2}{1966 \cdot 0,15} = 0,05 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

## ZAHVAT 14: Pravljenje utora

- Držač alata: Odabran iz Sandvika „N123G2-0300-0003-GM4325“
- Alat: Odabran iz Sandvika – upuštač Coro Cut 1-2 „LAG123G07-25B“



Slika 5.17 Operacija 10 - zahvat 14

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 4,35 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 247 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,08 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 5$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 247}{95,7 \cdot \pi} = 821 \text{ okr/min}$$

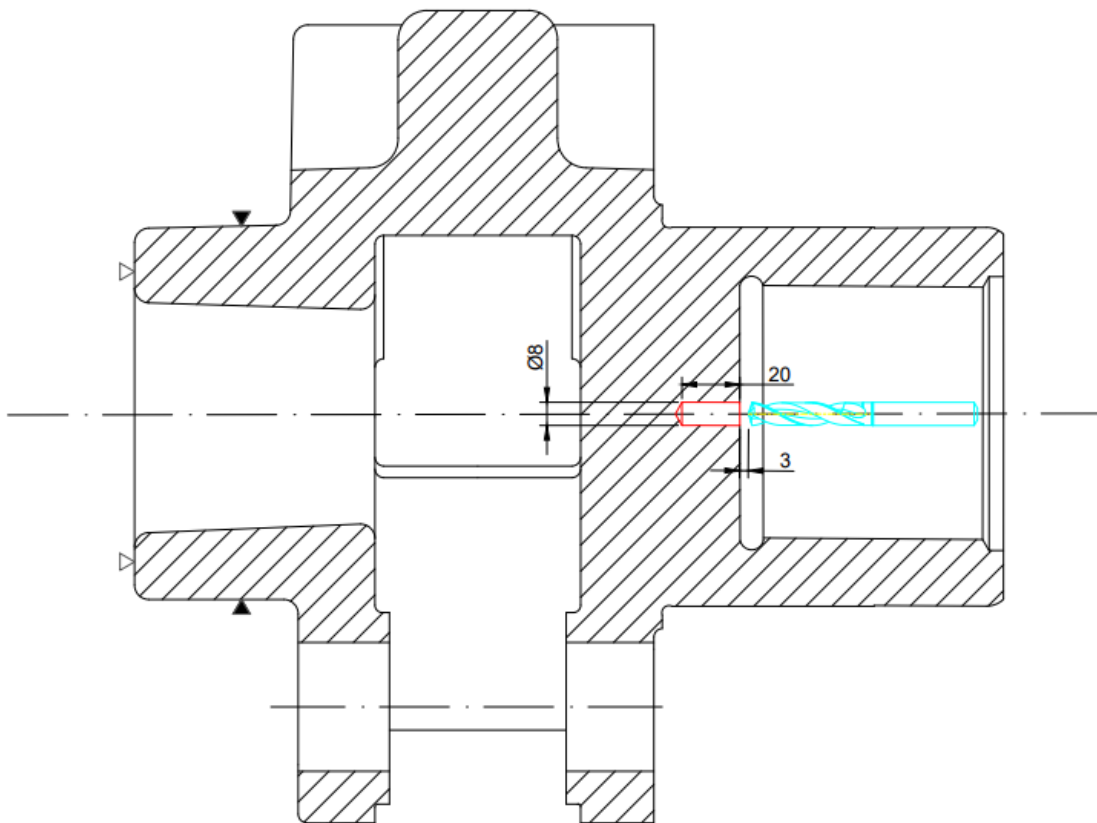
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 12 + 4 + 0 = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{5 \cdot 16}{821 \cdot 0,08} = 1,22 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$

**ZAHVAT 15:** Bušenje provrta  $\phi 8 \text{ mm}$

- Alat: Odabran iz Sandvika – svrdlo Coro Drill 860 „860.1-0800-028A0-PM4324“



Slika 5.18 Operacija 10 - zahvat 15

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 20 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 101 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,27 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 101}{8 \cdot \pi} = 4020 \text{ okr/min}$$

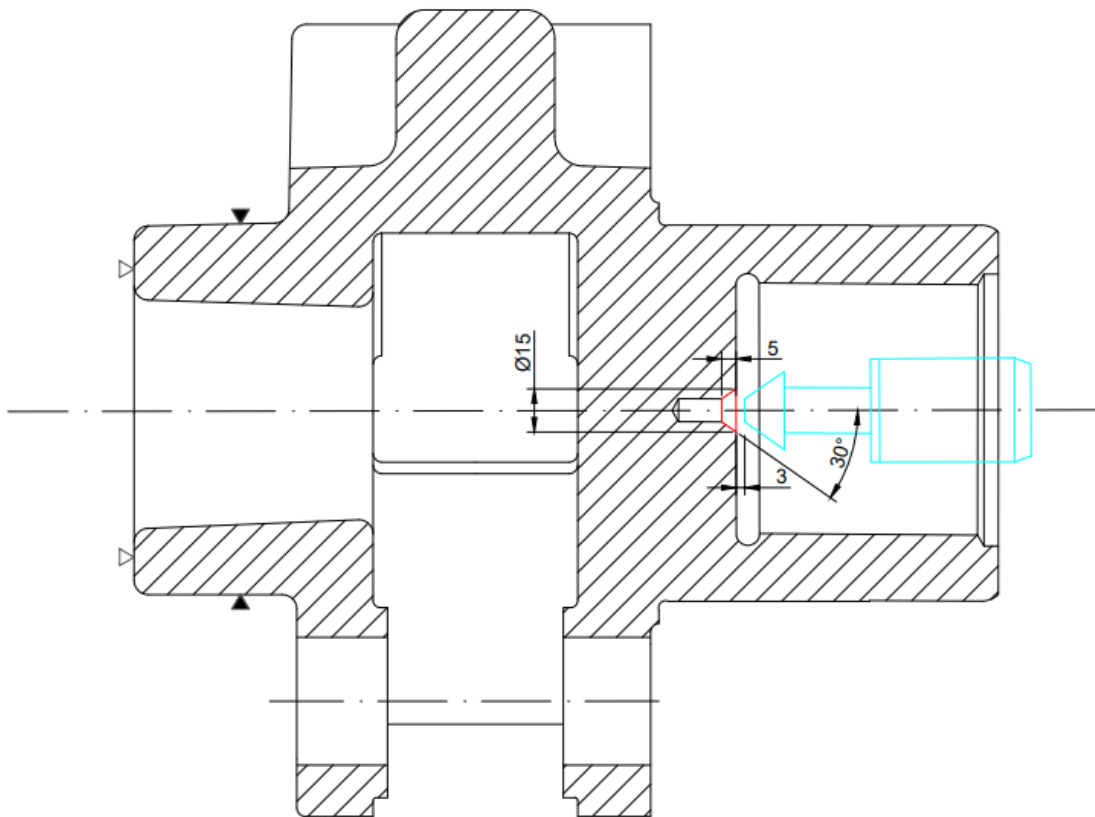
Put kretanja alata:  $L = l + l_1 + l_2 = 20 + 3 + 0 = 23 \text{ mm}$

Strojno vrijeme:  $t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 23}{4020 \cdot 0,27} = 0,02 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$

**ZAHVAT 16:** Upuštanje provrta  $\phi 8 \text{ mm}$

- Alat: Odabran iz Sandvikovog kataloga – upuštač „JUS K.D3.321 DIN334“



Slika 5.19 Operacija 10 - zahvat 16

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 5 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 100 \text{ m/min}$  - procjena
- Posmak:  $s = 0,15 \text{ mm/okr}$  - procjena
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{8 \cdot \pi} = 3978 \text{ okr/min}$$

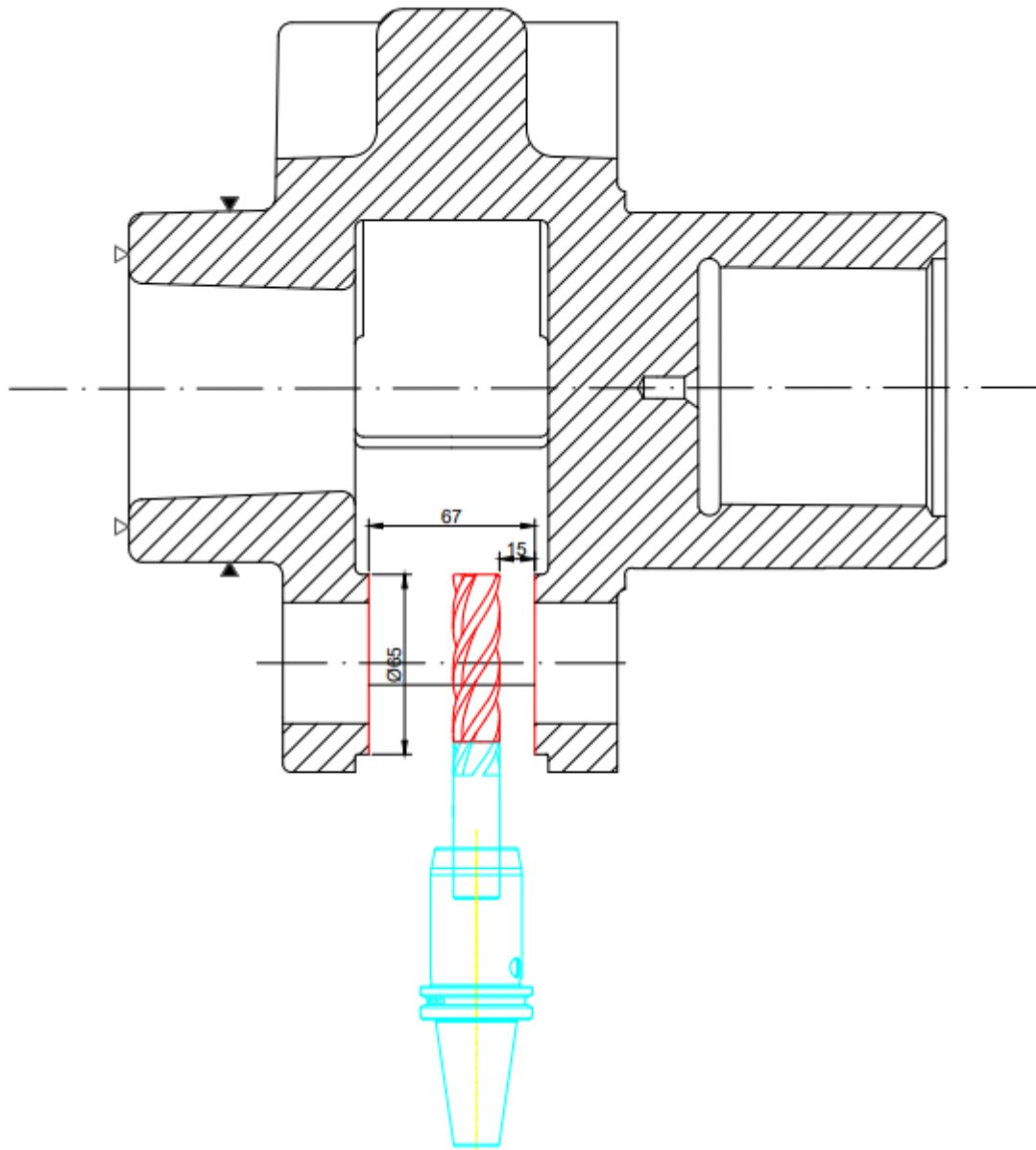
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 5 + 3 + 0 = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 8}{3978 \cdot 0,15} = 0,02 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 17:** Poravnanje unutarnjih površina na mjeru od 67 mm

- Držać alata: Odabran iz Sandvika – CoroChuck „930-VB40-S-A25-095“
- Alat: Glodalo s promjerom od 30,3 mm



Slika 5.20 Operacija 10 - zahvat 17

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_{p1} = 1 \text{ mm}$ ,  $a_{p2} = 0,5 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 240 \text{ m/min}$  - procjena
- Posmak:  $s = 0,5 \text{ mm/okr}$  - procjena
- Broj prolaza:  $i = 3 * 5 = 15$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 * v_c}{D * \pi} = \frac{1000 * 240}{30,3 * \pi} = 2521 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 65 + 15 + 15 = 95 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{15 \cdot 95}{2521 \cdot 0,5} = 1,13 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 18:** Otpuštanje izratka

$$\text{Ručno vrijeme: } t_r = 0,25 \text{ min}$$

**ZAHVAT 19:** Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)

- Alat: Pomično mjerilo „Unior (150 mm)“ za dimenzije:

$$\phi 84$$

$$\phi 120m6$$

$$\phi 135$$

$$67^{+0,15}_{-0,05}$$

- Alat: Granični kontrolni trn za kontrolu dimenzije:

$$\phi 45H7$$

$$\text{Ručno vrijeme: } t_r = \frac{3}{5} \text{ min}$$

5.2.1.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 10

Sva vremena:

- zahvat 1 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 2 → 0,07 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 3 → 0,70 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 4 → 1,72 min (strojno)
- zahvat 5 → 0,39 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 6 → 0,42 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 7 → 0,74 min (strojno)

- zahvat 8 → 0,92 min (strojno)
- zahvat 9 → 0,45 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 10 → 1,33 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 11 → 0,43 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 12 → 0,08 min (strojno)
- zahvat 13 → 0,05 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 14 → 1,22 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 15 → 0,02 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 16 → 0,02 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 17 → 1,13 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 18 → 0,25 min (ručno)
- zahvat 19 → 3 min (ručno)

Strojno vrijeme:  $t_{st10} = 0,07 + 0,70 + 1,72 + 0,39 + 0,42 + 0,74 + 0,92 + 0,45 + 1,33 + 0,43 + 0,08 + 0,05 + 1,22 + 0,02 + 0,02 + 1,13 = 9,69 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp10} = 0,1 * 12 = 1,2 \text{ min}$

Ukupno strojno vrijeme:  $t_{s10} = t_{st10} + t_{sp10} = 9,69 + 1,2 = 10,89 \text{ min}$

Ručno vrijeme:  $t_{r10} = 0,5 + 3 + 0,25 = 3,75 \text{ min}$

Vrijeme izrade:  $t_{i10} = t_{s10} + t_{r10} = 10,89 + 3,75 = 14,64 \text{ min}$

Dodatno vrijeme:  $t_{d10} = t_{i10} * k_d = 14,64 * 0,15 = 2,20 \text{ min}$

Vrijeme operacije:  $t_{o10} = t_{i10} + t_{d10} = 14,64 + 2,20 = 16,84 \text{ min}$

### 5.2.2 Operacija 20

Pripremno – završno vrijeme je 60 minuta.

#### **ZAHVAT 1:** Rotiranje i stezanje obratka

- Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“

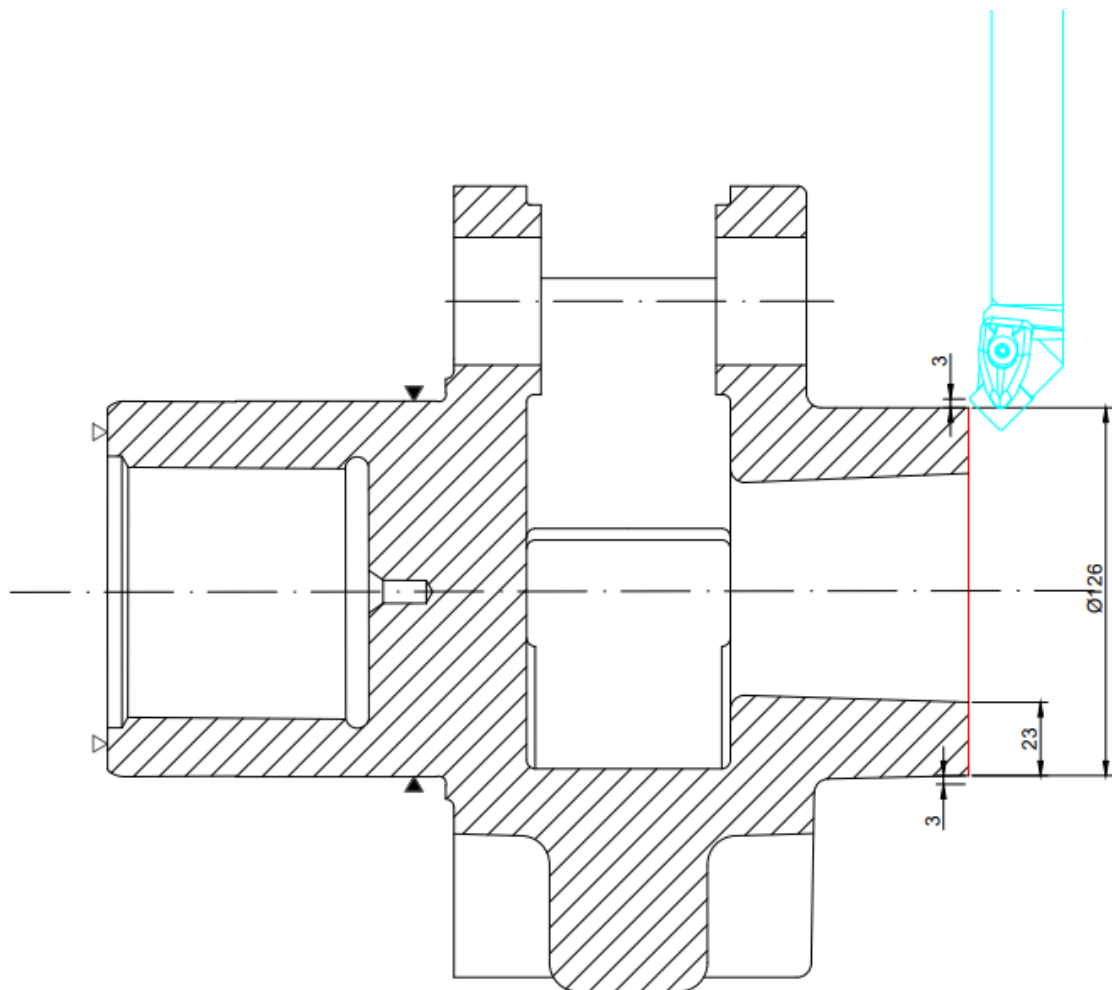


Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

**ZAHVAT 2:** Poravnanje čela (čeno tokarenje) na mjeru  $\phi 126 \text{ mm}$

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „DSSNL 2525M 15“
- Alat: Odabran iz Sandvika - pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“



Slika 5.21 Operacija 10 - zahvat 2

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 279 \text{ m/min}$

- Posmak:  $s = 0,707 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n_{\text{poč}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 279}{132 \cdot \pi} = 673 \text{ okr/min}$$

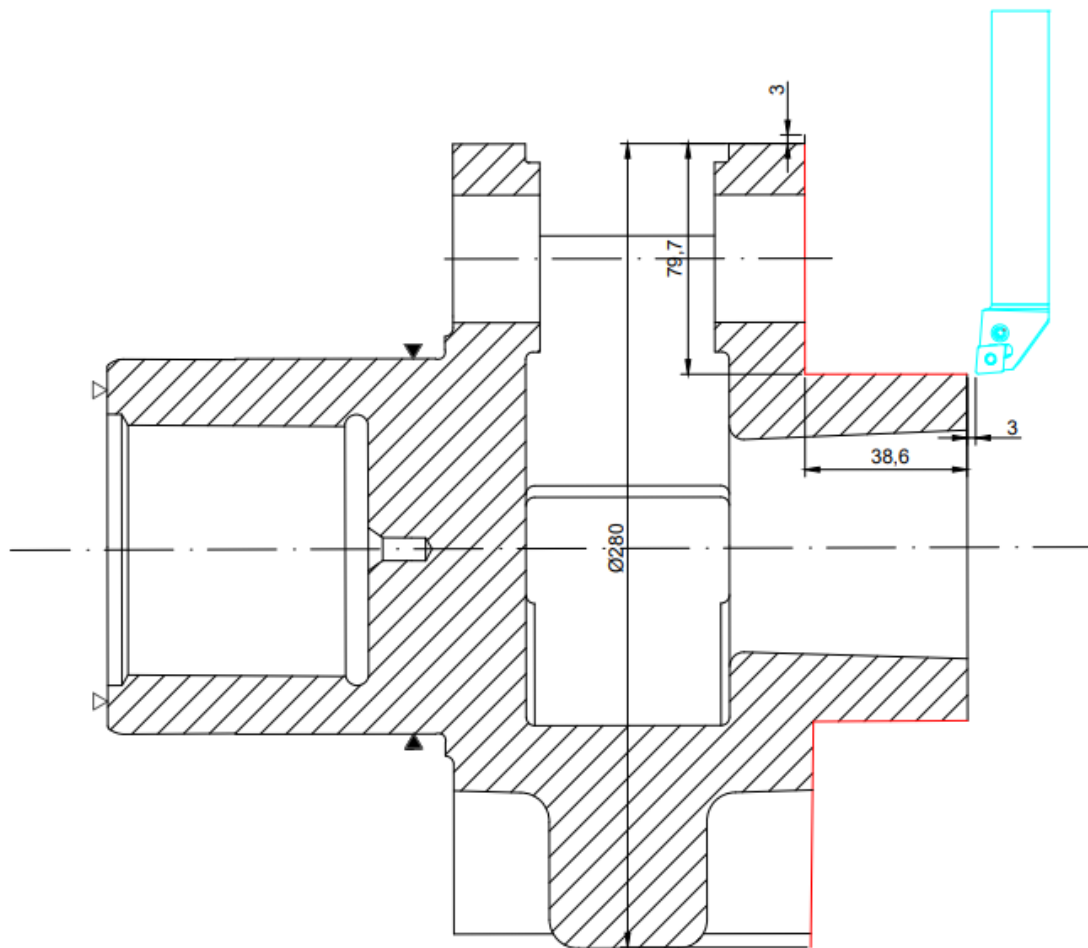
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 23 + 3 + 3 = 29 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 29}{673 \cdot 0,707} = 0,06 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

### **ZAHVAT 3:** Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „PCLNL 2020K 09“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 09 03 08-PM 4415“



Slika 5.22 Operacija 20 - zahvat 3

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 2,95 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 295 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (uzdužni dio): } n_{uzd} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 295}{120,6 \cdot \pi} = 778 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (poprečni dio): } n_{pop} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 295}{286 \cdot \pi} = 328 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_u + n_p}{2} = \frac{778 + 328}{2} = 553 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = (38,6 + 79,7) + 3 + 3 = 124,3 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme (uzdužni dio):  $t_{stu} = \frac{i \cdot L_u}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (48,6 + 3)}{778 \cdot 0,2} = 0,27 \text{ min}$

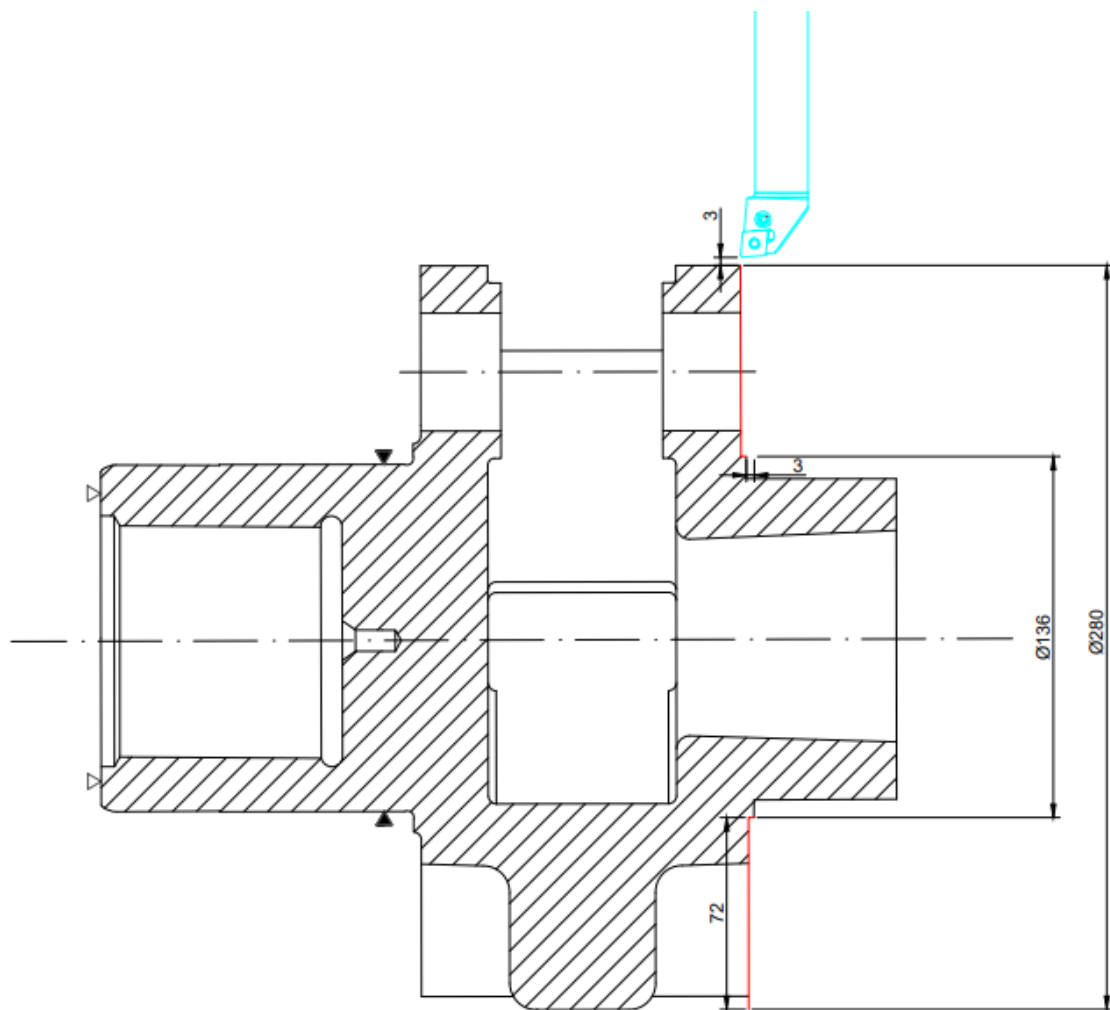
Strojno vrijeme (poprečni dio):  $t_{stp} = \frac{i \cdot L_p}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (79,7 + 3)}{778 \cdot 0,2} = 1,26 \text{ min}$

Strojno vrijeme (ukupno):  $t_{st} = t_{stu} + t_{stp} = 0,27 + 1,26 = 1,53 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$

#### ZAHVAT 4: Poprečno tokarenje na mjeru $\phi 136 \text{ mm}$

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „PCLNL 2525M 16“
- Alat: Odabran iz Sandvika - pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“



Slika 5.23 Operacija 20 - zahvat 4

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 315 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,36 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (na početku prolaza): } n_{po\check{c}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 315}{286 \cdot \pi} = 350 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (na kraju prolaza): } n_{kraj} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 315}{136 \cdot \pi} = 737 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{po\check{c}} + n_{kraj}}{2} = \frac{350 + 737}{2} = 544 \text{ okr/min}$$

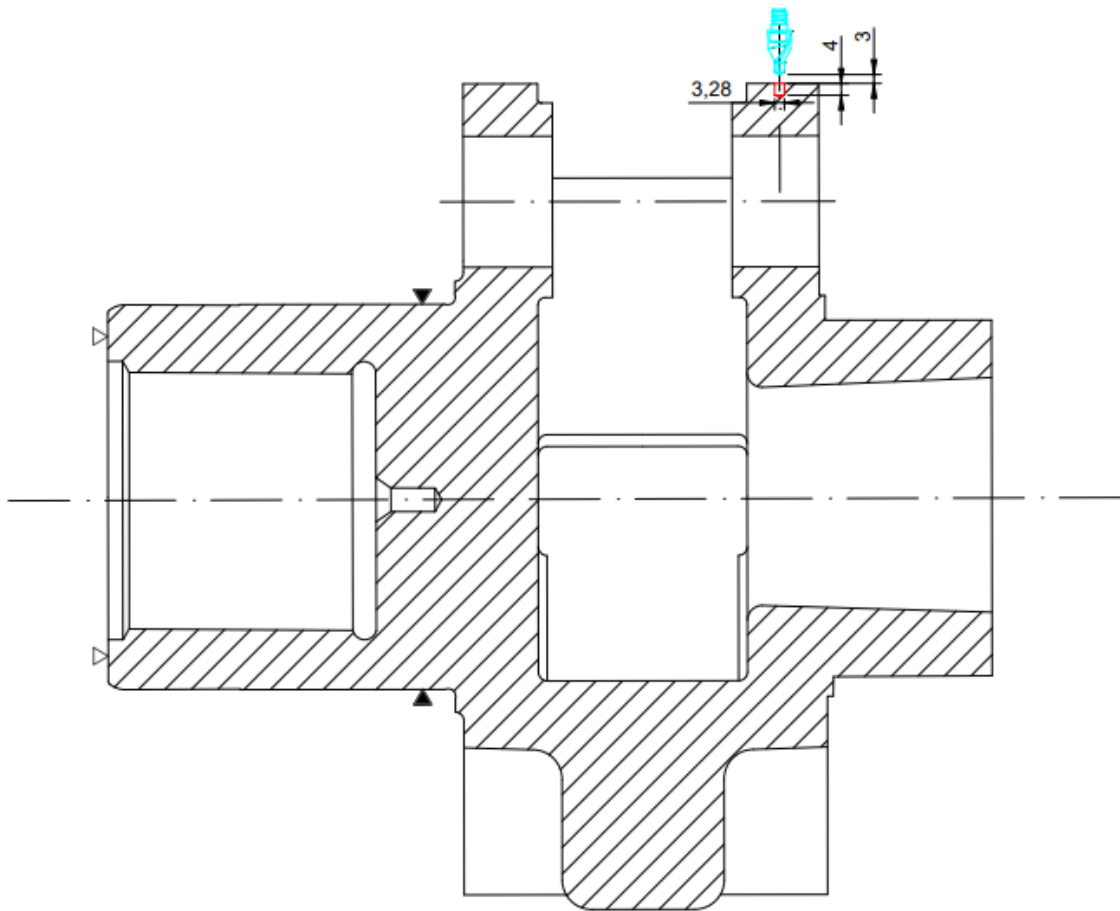
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 72 + 3 + 3 = 78 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme : } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 78}{544 \cdot 0,36} = 0,40 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 5:** Zabušivanje 3 provrta  $\phi 6,8 \text{ mm}$

- Alat: Odabran iz Iscara – zabušivač „MM ECS-A3.15X08-2T05“



Slika 5.24 Operacija 20 - zahvat 5

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 4 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 80 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,09 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 3$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 80}{4 \cdot \pi} = 6366 \rightarrow 6000 \text{ okr/min}$$

Za broj okretaja usvaja se 6000 okr/min jer je u *Mastercamu* definirano da je najveći dopušteni broj okretaja 6000.

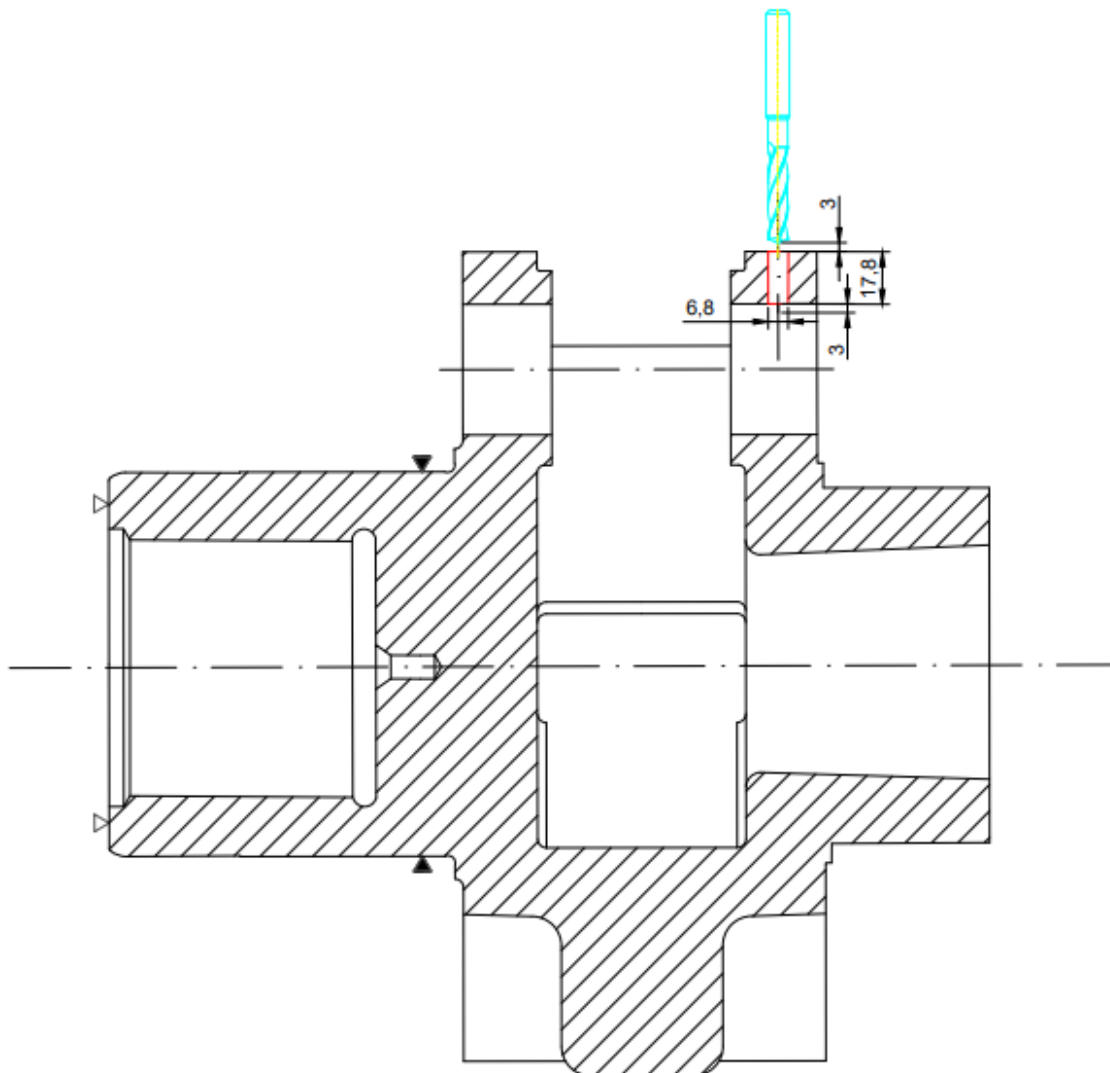
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 4 + 3 + 0 = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{3 \cdot 7}{6000 \cdot 0,09} = 0,04 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$

**ZAHVAT 6:** Bušenje 3 provrta  $\phi 6,8 \text{ mm}$

- Alat: Odabran iz Sandvika – svrdlo CoroDrill 860 „860.1-0680-020A0-GM“



Slika 5.25 Operacija 20 - zahvat 6

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 17,8 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 85,5 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,22 \text{ mm/okr}$

- Broj prolaza:  $i = 3$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 85,5}{6,8 \cdot \pi} = 4002 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 17,8 + 3 + 3 = 23,8 \text{ mm}$$

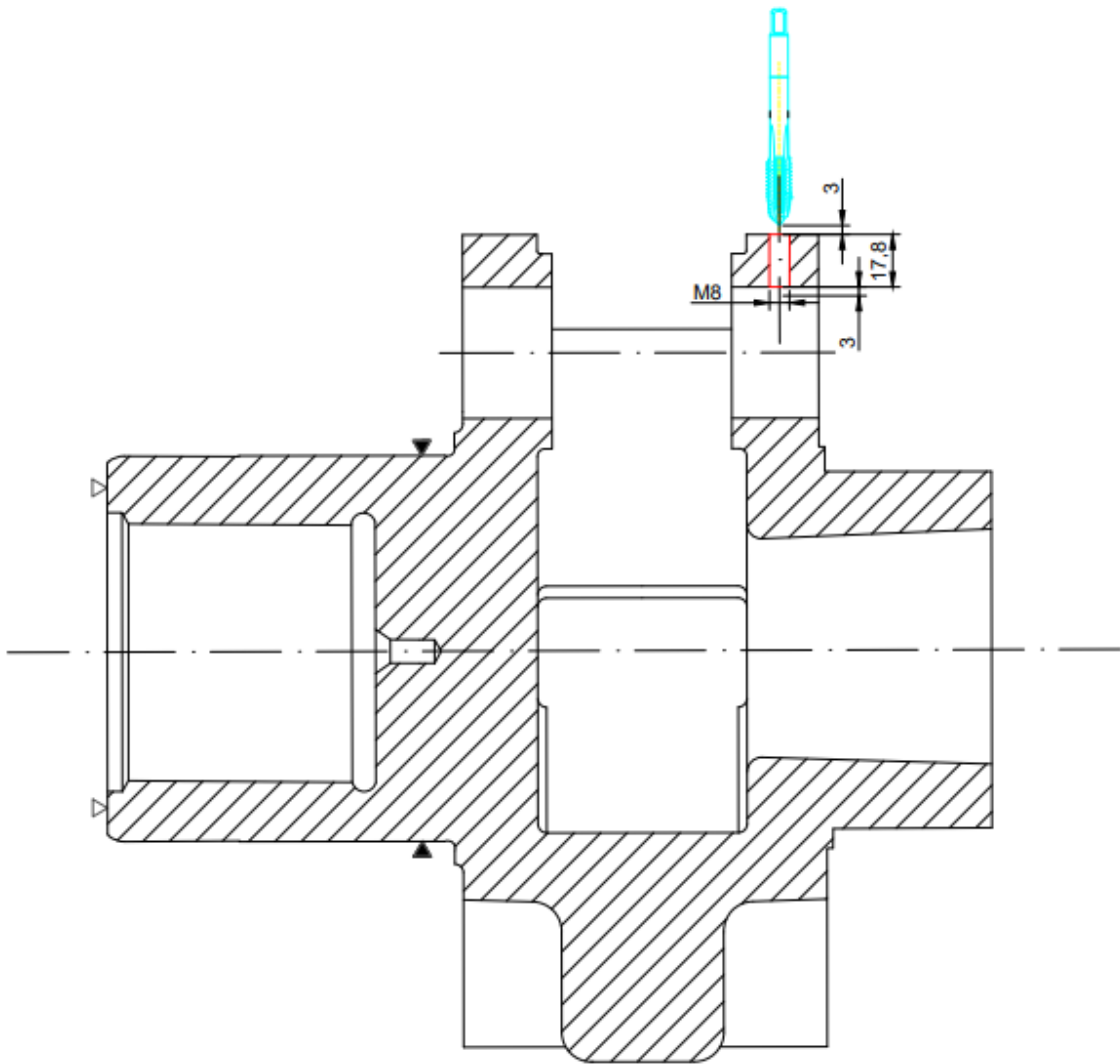
$$\text{Strojno vrijeme : } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{3 \cdot 23,8}{4002 \cdot 0,22} = 0,09 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

#### **ZAHVAT 7:** Urezivanje 3 navoja M8

- Alat: Odabran iz Sandvika – ureznik CoroTap 200 „T200-PM101JA-M8 P1PM“





Slika 5.26 Operacija 20 - zahvat 7

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 17,8 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 38,7 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 1,25 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 3$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 38,7}{8 \cdot \pi} = 1539 \text{ okr/min}$$

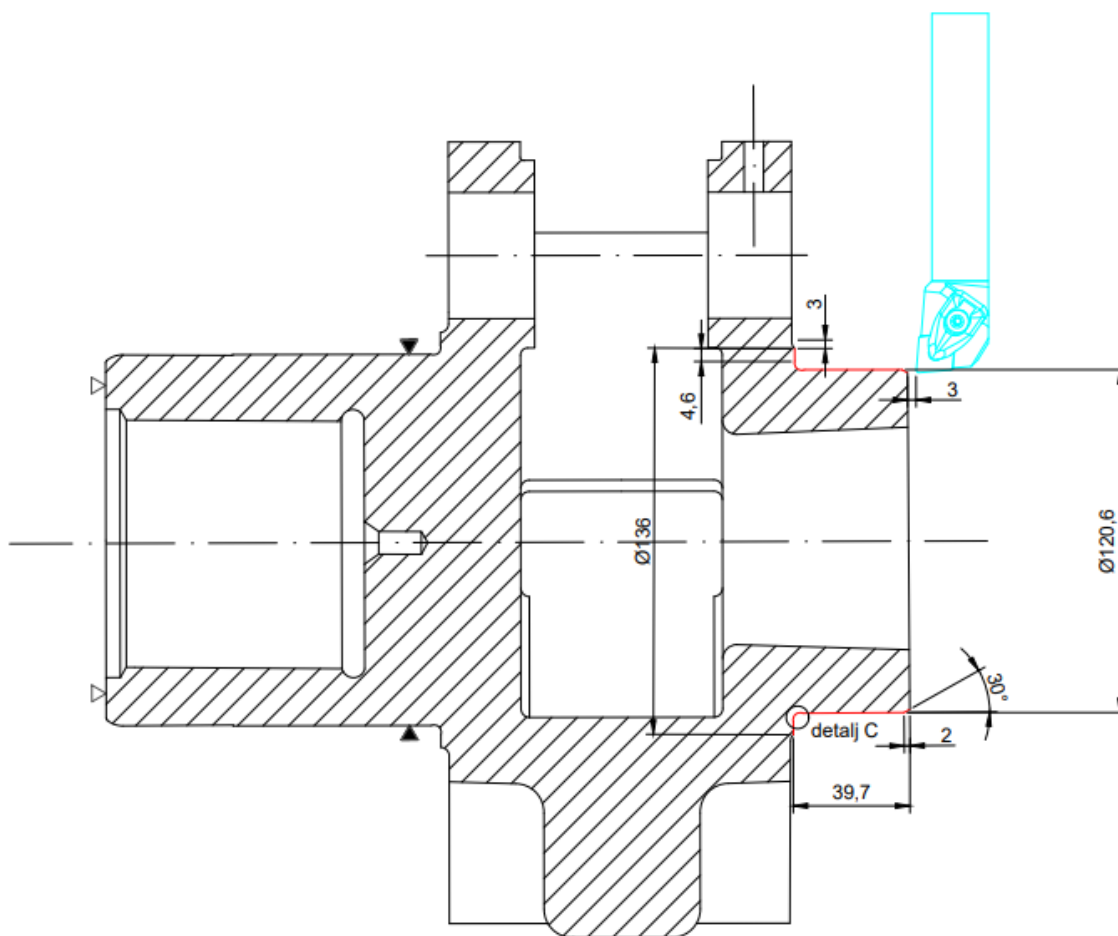
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 17,8 + 3 + 3 = 23,8 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{3 \cdot 23,8}{1539 \cdot 1,25} = 0,04 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$

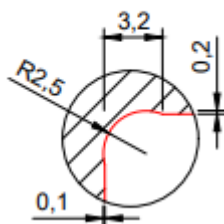
**ZAHVAT 8:** Fino konturno tokarenje (vanjsko)

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „DCLNL 2020K 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425 “



Slika 5.27 Operacija 20 - zahvat 8

Detalj C



Slika 5.28 Uvećani prikaz detalja C

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_{p1} = 0,2 \text{ mm}$ ,  $a_{p2} = 0,6 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 441 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,11 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (uzdužni dio): } n_{uzd} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{120,6 \cdot \pi} = 1163 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (poprečni dio): } n_{pop} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{136 \cdot \pi} = 1032 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{uzd} + n_{pop}}{2} = \frac{1163 + 1032}{2} = 1097 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = (39,7 + 4,6) + 3 + 3 = 50,3 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme (uzdužni dio): } t_{stu} = \frac{i \cdot L_1}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (39,7 + 3)}{1163 \cdot 0,11} = 0,33 \text{ min}$$

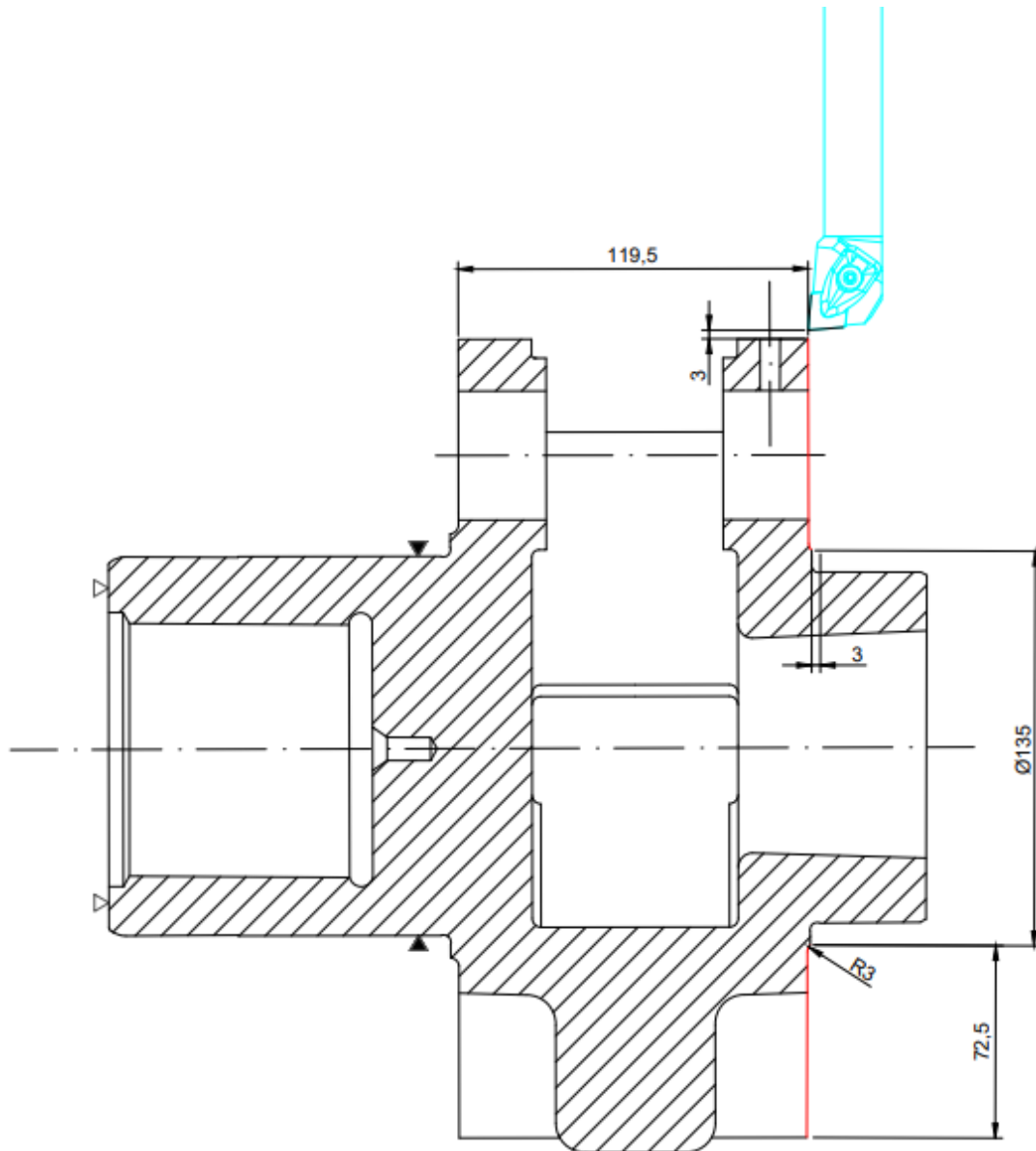
$$\text{Strojno vrijeme (poprečni dio): } t_{stp} = \frac{i \cdot L_2}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (4,6 + 3)}{1032 \cdot 0,11} = 0,07 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} = t_{stu} + t_{stp} = 0,33 + 0,07 = 0,40 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 9:** Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru  $\phi 135 \text{ mm}$  s radijusom R3

- Držač alata: Odabran iz Sandvika „DCLNL 2020K 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – pločica „CNMG 12 04 04-XF 4425“



Slika 5.29 Operacija 20 - zahvat 9

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 0,3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 441 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,11 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja (na početku prolaza): } n_{po\check{c}} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{286 \cdot \pi} = 490 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (na kraju prolaza): } n_{kraj} = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 441}{135 \cdot \pi} = 1039 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{\text{poč}} + n_{\text{kraj}}}{2} = \frac{490 + 1039}{2} = 764 \text{ okr/min}$$

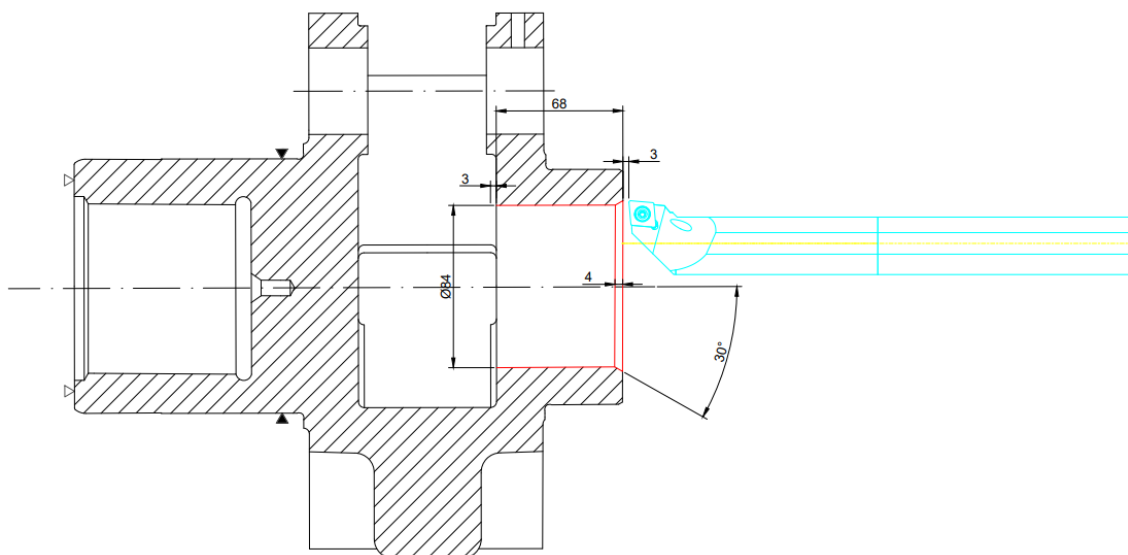
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 72,5 + 3 + 3 = 78,5 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 78,5}{764 \cdot 0,11} = 0,94 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

### ZAHVAT 10: Tokarenje utora na mjeru $\phi 84$ mm

- Držać alata: Odabran iz Sandvika „A32T-SCLCL 12“
- Alat: Odabran iz Sandvika – glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“



Slika 5.30 Operacija 20 - zahvat 10

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 324 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,36 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 2$

$$\text{Broj prolaza: } i = \frac{D-d}{2 \cdot a_p} = \frac{84-72}{2 \cdot 3} = \frac{12}{6} = 2 \text{ prolaza}$$

$$\text{Broj okretaja (prvi prolaz): } n_1 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{78 \cdot \pi} = 1322 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (drugi prolaz): } n_2 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{84 \cdot \pi} = 1227 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 68 + 3 + 3 = 74 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme (prvi prolaz): } t_{st1} = \frac{i \cdot L}{n_1 \cdot s} = \frac{1 \cdot 74}{1227 \cdot 0,36} = 0,16 \text{ min}$$

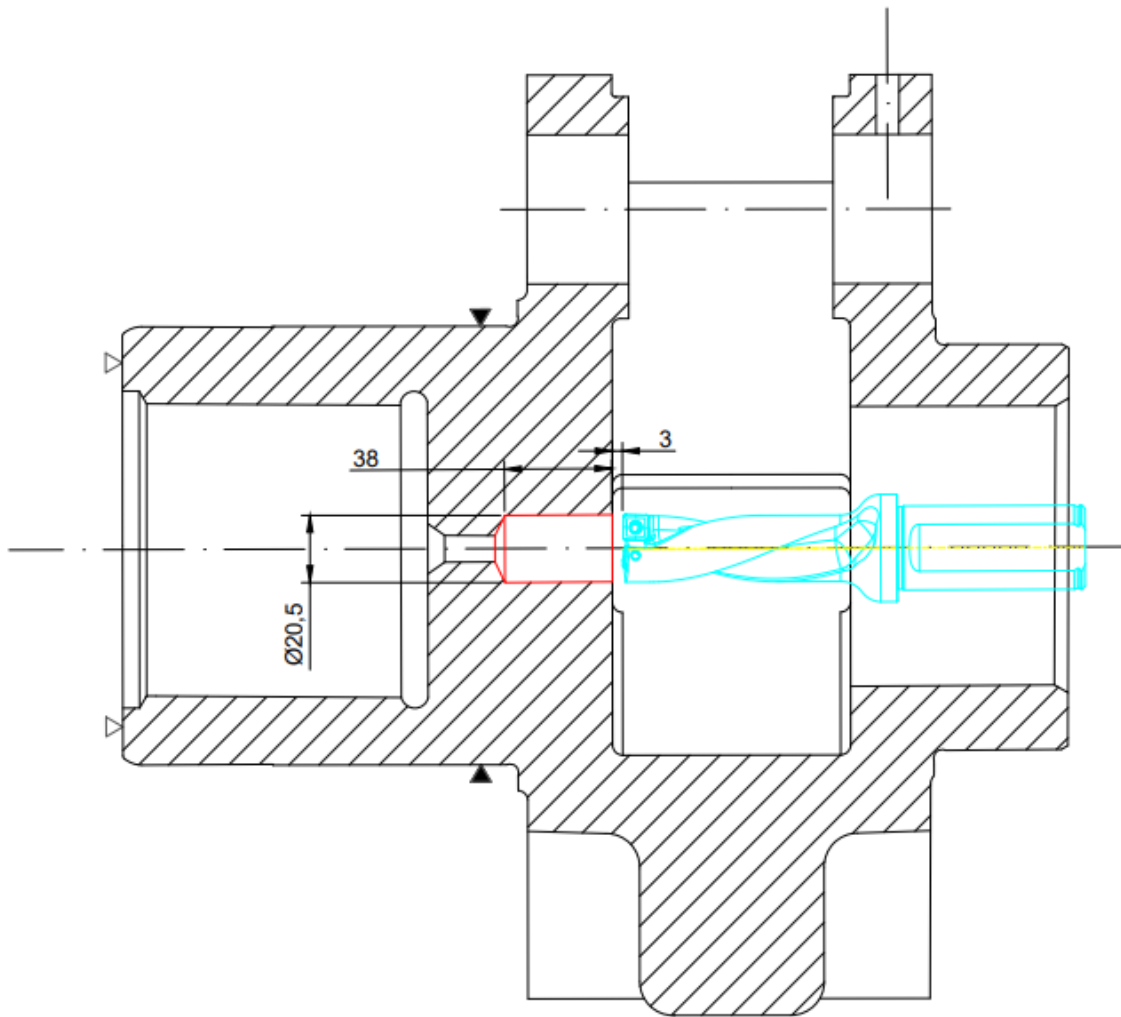
$$\text{Strojno vrijeme (drugi prolaz): } t_{st2} = \frac{i \cdot L}{n_2 \cdot s} = \frac{1 \cdot 89}{1185 \cdot 0,36} = 0,17 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} = t_{st1} + t_{st2} = 0,16 + 0,17 = 0,33 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 11:** Bušenje provrta  $\phi 20,5$  mm

- Alat: Odabran iz Sandvika – svrdlo CoroDrill 880 „880-D2050L25-03“



Slika 5.31 Operacija 20 - zahvat 11

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 38 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 201 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,18 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 201}{20,5 \cdot \pi} = 3120 \text{ okr/min}$$

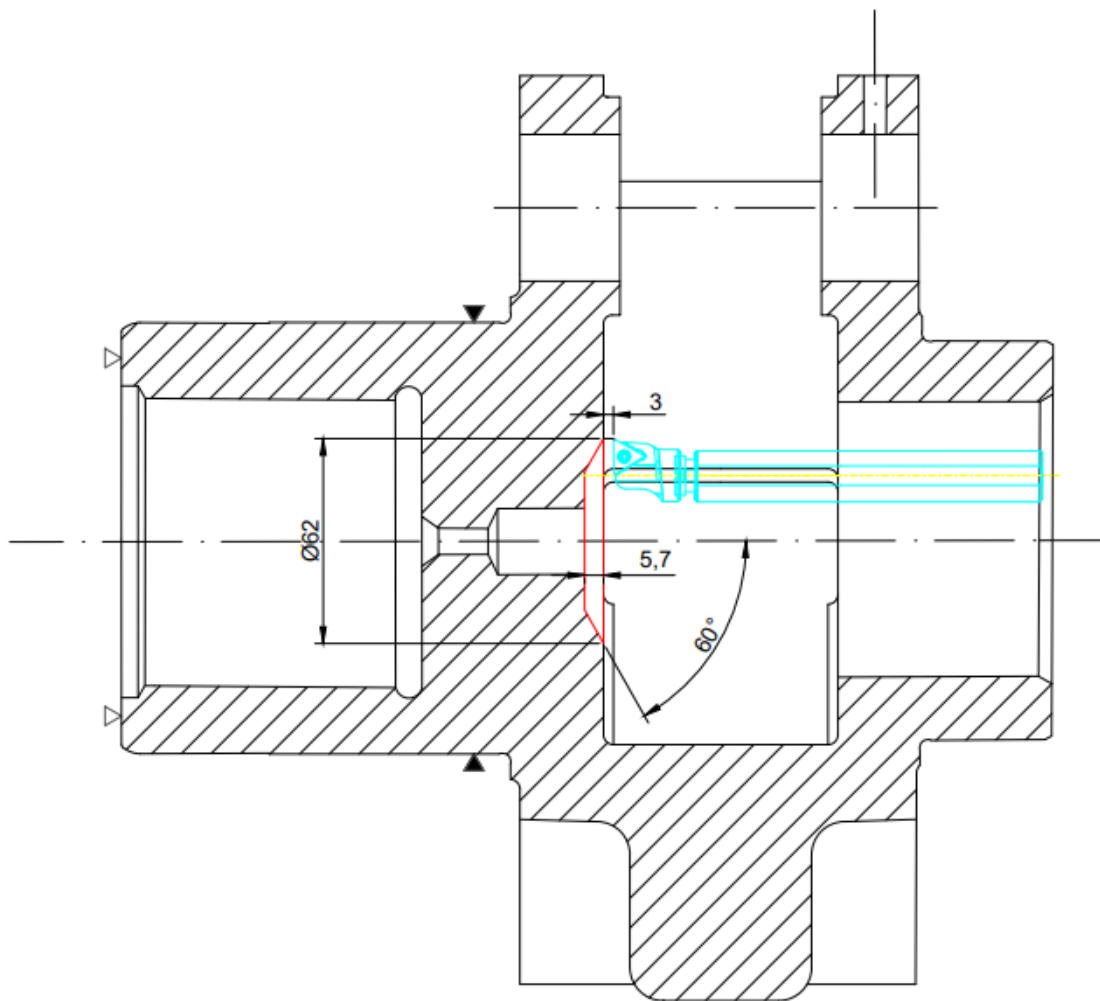
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 38 + 3 + 0 = 41 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 41}{3120 \cdot 0,18} = 0,07 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 12:** Grubo tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60°

- Alat: Odabran iz Sandvika „570-STFCL-16-11-B1“
- Rezna pločica: Odabrana iz Sandvika „TCMT 11 03 12-PR 4425“
- Adapter: Odabran iz Sandvika „570-2C 16 105



Slika 5.32 Operacija 20 - zahvat 12

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 1,5 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 344 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,27 \text{ mm/okr}$

$$\text{Broj prolaza: } i = \frac{D-d}{2 \cdot a_p} = \frac{62-20,5}{2 \cdot 1,5} = \frac{41,5}{3} = 13,83 \rightarrow 14 \text{ prolaza}$$



$$\text{Broj okretaja (prvi prolaz): } n_1 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 344}{23,5 \cdot \pi} = 4659 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (drugi prolaz): } n_2 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{26,5 \cdot \pi} = 4132 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (treći prolaz): } n_3 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_3 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{29,5 \cdot \pi} = 3711 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (četvrti prolaz): } n_4 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_4 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{32,5 \cdot \pi} = 3369 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (peti prolaz): } n_5 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_5 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{35,5 \cdot \pi} = 3084 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (šesti prolaz): } n_6 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_6 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{38,5 \cdot \pi} = 2844 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (sedmi prolaz): } n_7 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_7 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{41,5 \cdot \pi} = 2638 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (osmi prolaz): } n_8 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_8 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{44,5 \cdot \pi} = 2460 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (deveti prolaz): } n_9 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_9 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{47,5 \cdot \pi} = 2305 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (deseti prolaz): } n_{10} = \frac{1000 \cdot v_c}{D_{10} \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{50,5 \cdot \pi} = 2168 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (jedanaesti prolaz): } n_{11} = \frac{1000 \cdot v_c}{D_{11} \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{53,5 \cdot \pi} = 2046 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (dvanaesti prolaz): } n_{12} = \frac{1000 \cdot v_c}{D_{12} \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{56,5 \cdot \pi} = 1938 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (trinaesti prolaz): } n_{13} = \frac{1000 \cdot v_c}{D_{13} \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{59,5 \cdot \pi} = 1840 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (četрнаesti prolaz): } n_{14} = \frac{1000 \cdot v_c}{D_{14} \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{62 \cdot \pi} = 1766 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8 + n_9 + n_{10} + n_{11} + n_{12} + n_{13} + n_{14}}{14} =$$

$$\frac{4659 + 4132 + 3711 + 3369 + 3084 + 2844 + 2638 + 2460 + 2305 + 2168 + 2046 + 1938 + 1840 + 1766}{14} =$$

$$2782 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 5,7 + 3 + 0 = 8,7 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme (prvi prolaz): } t_{st1} = \frac{i \cdot L}{n_1 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{4659 \cdot 0,27} = 0,007 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (drugi prolaz): } t_{st2} = \frac{i \cdot L}{n_2 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{4132 \cdot 0,27} = 0,008 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (treći prolaz): } t_{st3} = \frac{i \cdot L}{n_3 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{3711 \cdot 0,27} = 0,009 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (četvrti prolaz): } t_{st4} = \frac{i \cdot L}{n_4 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{3369 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (peti prolaz): } t_{st5} = \frac{i \cdot L}{n_5 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{3084 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (šesti prolaz): } t_{st6} = \frac{i \cdot L}{n_6 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{2844 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (sedmi prolaz): } t_{st7} = \frac{i \cdot L}{n_7 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{2638 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (osmi prolaz): } t_{st8} = \frac{i \cdot L}{n_8 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{2460 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (deveti prolaz): } t_{st9} = \frac{i \cdot L}{n_9 \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{2305 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (deseti prolaz): } t_{st10} = \frac{i \cdot L}{n_{10} \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{2168 \cdot 0,27} = 0,01 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (jedanaesti prolaz): } t_{st11} = \frac{i \cdot L}{n_{11} \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{2046 \cdot 0,27} = 0,02 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (dvanaesti prolaz): } t_{st12} = \frac{i \cdot L}{n_{12} \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{1938 \cdot 0,27} = 0,02 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (trinaesti prolaz): } t_{st13} = \frac{i \cdot L}{n_{13} \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{1840 \cdot 0,27} = 0,02 \text{ min}$$

$$\text{Strojno vrijeme (četnaesti prolaz): } t_{st14} = \frac{i \cdot L}{n_{14} \cdot s} = \frac{1 \cdot 8,7}{1766 \cdot 0,27} = 0,02 \text{ min}$$

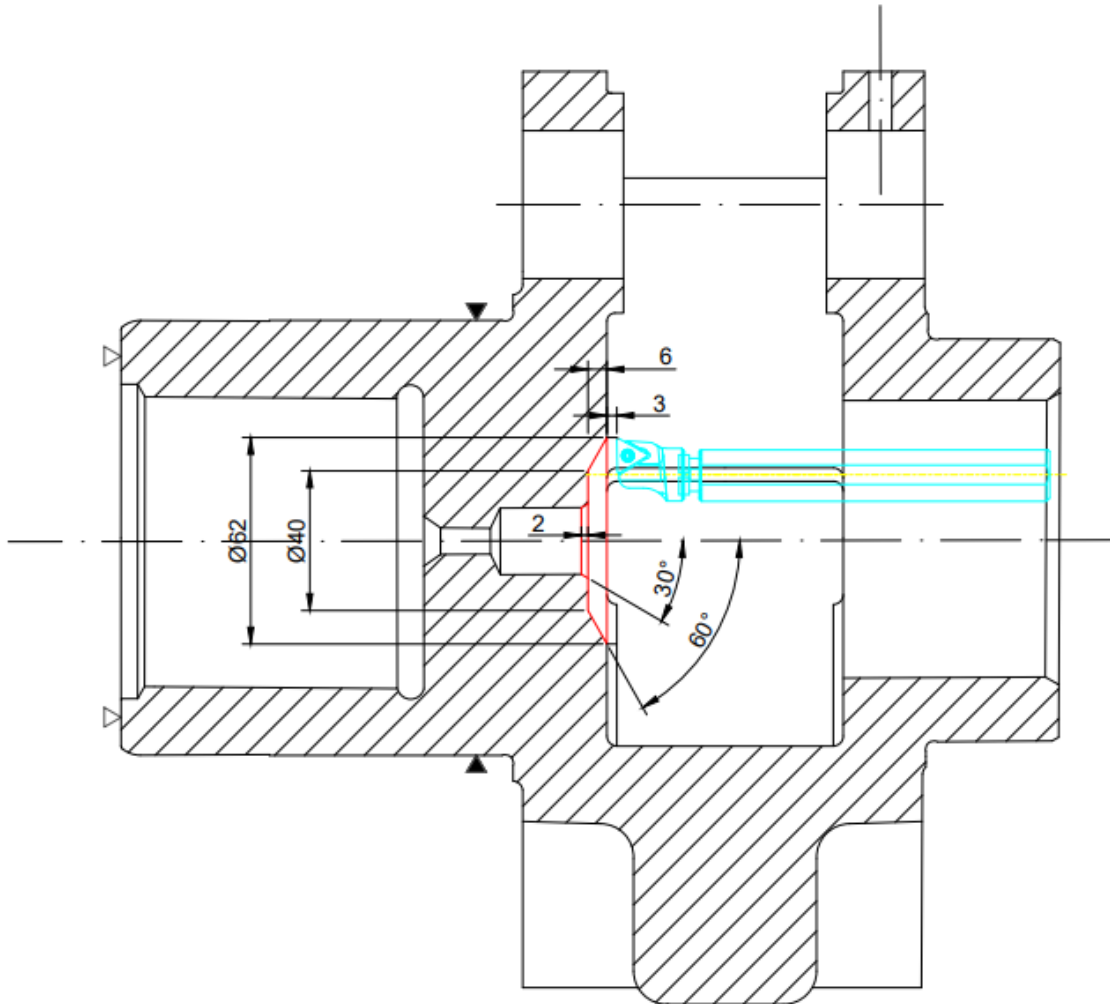
$$\begin{aligned} \text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} &= t_{st1} + t_{st2} + t_{st3} + t_{st4} + t_{st5} + t_{st6} + t_{st7} + t_{st8} + \\ &t_{st9} + t_{st10} + t_{st11} + t_{st12} + t_{st13} + t_{st14} = 0,007 + 0,008 + 0,009 + 0,01 + 0,01 + \\ &0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,02 + 0,02 + 0,02 + 0,02 = 0,17 \text{ min} \end{aligned}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 13:** Fino tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60°

- Alat: Odabran iz Sandvika „570-STFCL-16-11-B1“

- Rezna pločica: Odabrana iz Sandvika „TCMT 11 03 12-PR 4425“
- Adapter: Odabran iz Sandvika „570-2C 16 105“



Slika 5.33 Operacija 20 - zahvat 13

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 0,3 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 344 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,27 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 2$

$$\text{Broj okretaja (na početku prolaza): } n_1 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 344}{62 \cdot \pi} = 1766 \text{ okr/min}$$

$$\text{Broj okretaja (na kraju prolaza): } n_2 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 344}{20,5 \cdot \pi} = 5494 \text{ okr/min}$$

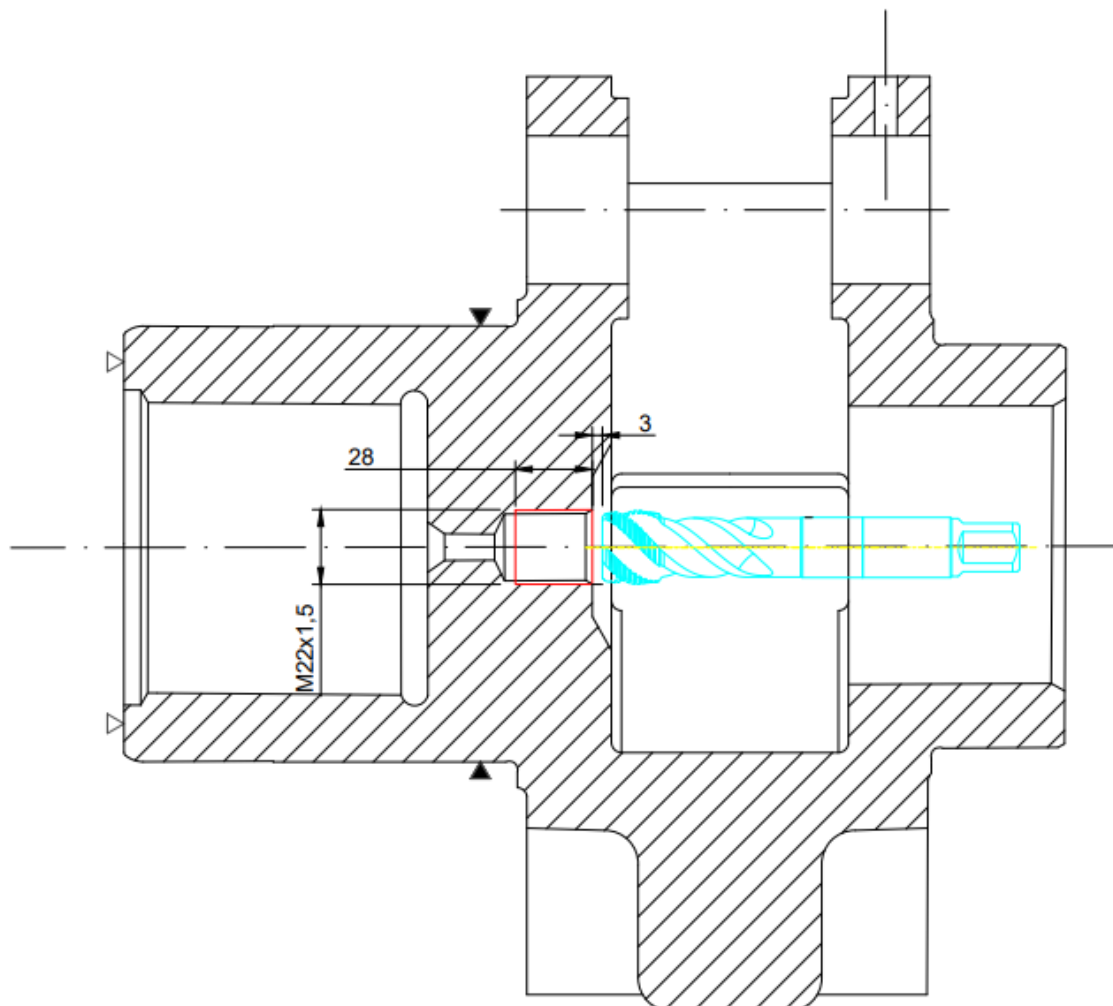
Broj okretaja (prosječno):  $n = \frac{n_1+n_2}{2} = \frac{1766+5494}{2} = 3630 \text{ okr/min}$

Put kretanja alata:  $L = l + l_1 + l_2 = (12 + 5,5 + 4,25) + 3 + 3 = 27,75 \text{ mm}$

Strojno vrijeme:  $t_{st} = \frac{i*L}{n*s} = \frac{1*27,75}{3630*0,27} = 0,03 \text{ min}$

#### ZAHVAT 14: Urezivanje navoja M22 x 1,5

- Alat: Odabran iz Sandvika – ureznik CoroTap 300 „T300-PM101DB-M22X150 P1PM“



Slika 5.34 Operacija 20 - zahvat 14

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 28 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 44,9 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 1,5 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 44,9}{22 \cdot \pi} = 649 \text{ okr/min}$$

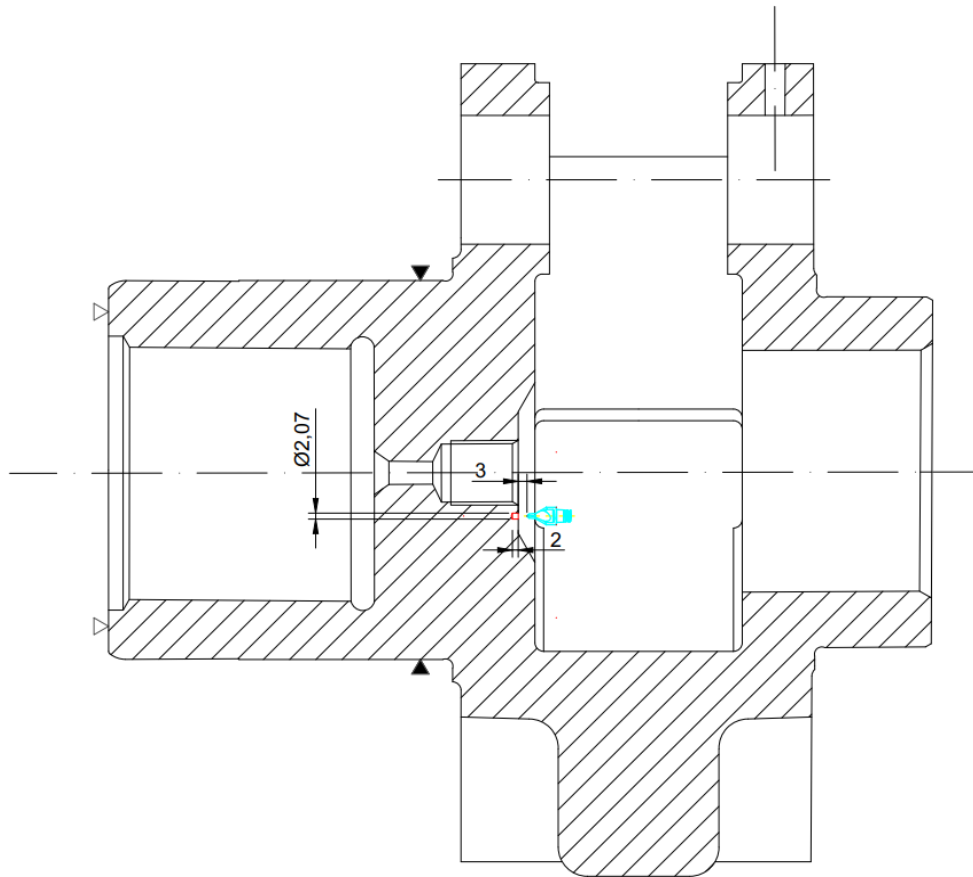
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 28 + 3 + 0 = 31 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 31}{649 \cdot 1,5} = 0,03 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 15:** Zabušivanje provrta za izradu navoja M4

- Alat: Odabran iz Iscara – zabušivač „MM ECS-A2.00X06-2T04“



Slika 5.35 Operacija 20 - zahvat 15

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 2 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 80 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,025 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 80}{2 \cdot \pi} = 12732 \rightarrow 6000 \text{ okr/min}$$

Za broj okretaja usvaja se 6000 okr/min jer je u *Mastercamu* definirano da je najveći dopušteni broj okretaja 6000.

$$\text{Stvarna brzina rezanja: } v_{c(stv)} = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6000}{1000} = 37,7 \text{ m/min}$$

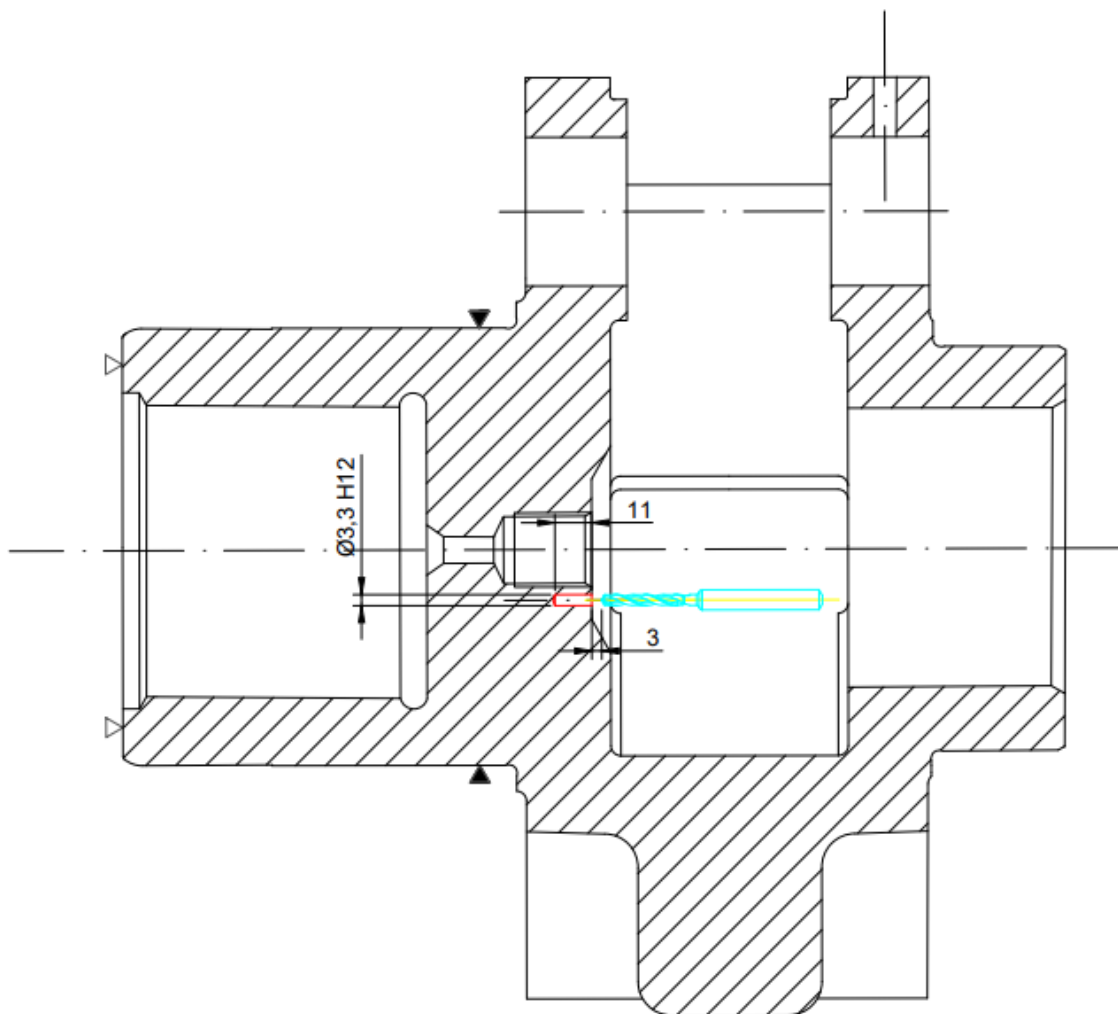
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 3 + 2 + 0 = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme : } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 5}{6000 \cdot 0,025} = 0,03 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 16:** Bušenje provrta  $\phi 3,3$  H12

- Alat: Odabran iz Sandvika – svrdlo CoroDrill 860 „860.1-0330-021A1-PM 4234“



*Slika 5.36 Operacija 20 - zahvat 16*

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 11 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 185 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,16 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 185}{3,3 \cdot \pi} = 17844 \rightarrow 6000 \text{ okr/min}$$

Za broj okretaja usvaja se 6000 okr/min jer je u *Mastercamu* definirano da je najveći dopušteni broj okretaja 6000.

$$\text{Stvarna brzina rezanja: } v_{c(stv)} = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} = \frac{3,3 \cdot \pi \cdot 6000}{1000} = 62,2 \text{ m/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 11 + 3 + 0 = 14 \text{ mm}$$

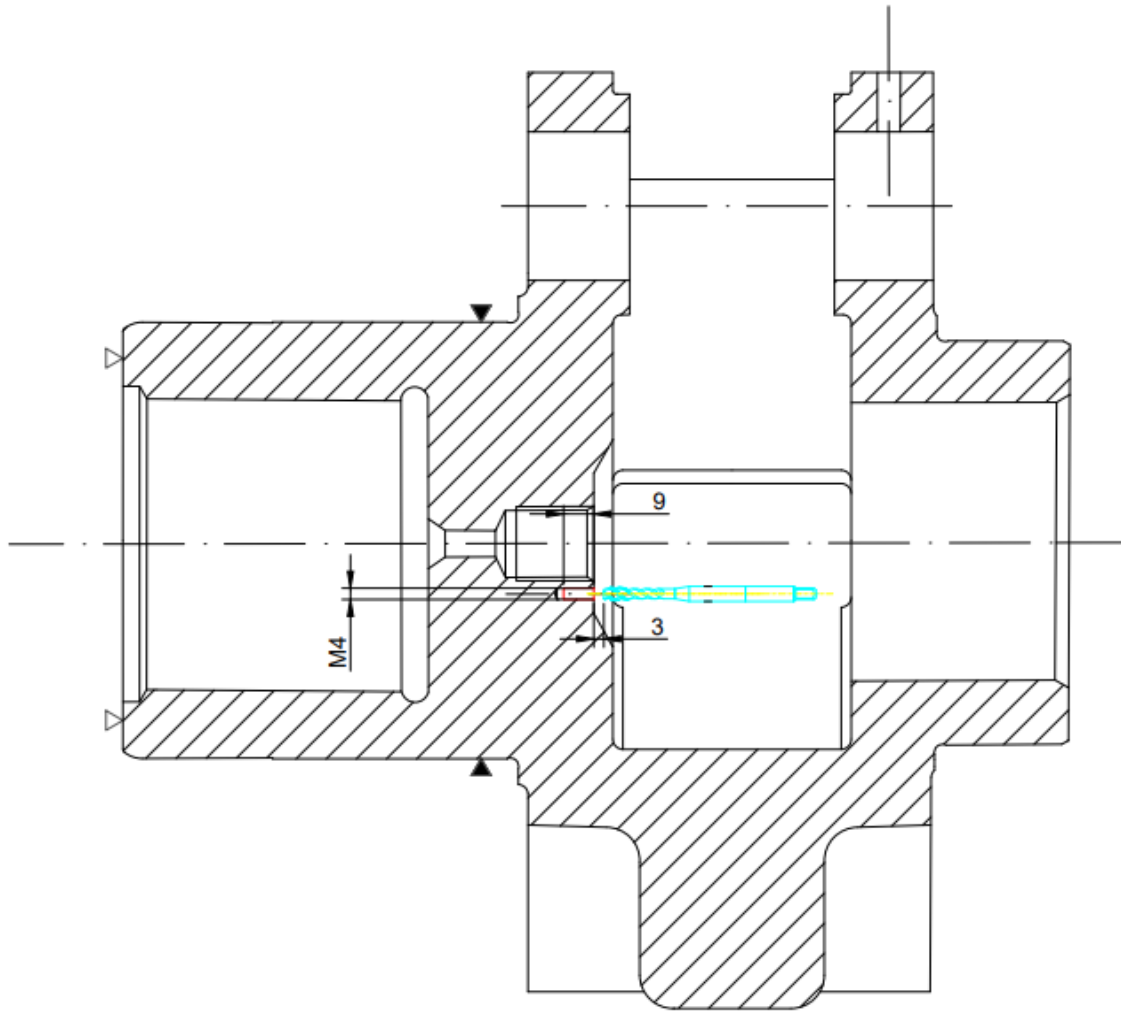
$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 14}{6000 \cdot 0,16} = 0,015 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

#### **ZAHVAT 17:** Urezivanje navoja M4

- Alat: Odabran iz Sandvika – ureznik CoroTap 300 „T300-PM104DA-M4 P1PM“““





Slika 5.37 Operacija 20 - zahvat 17

Režimi rada:

- Dubina rezanja:  $a_p = 9 \text{ mm}$
- Brzina rezanja:  $v_c = 39,6 \text{ m/min}$
- Posmak:  $s = 0,7 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

$$\text{Broj okretaja: } n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 39,6}{4 \cdot \pi} = 3151 \text{ okr/min}$$

$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 9 + 3 + 0 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 12}{3151 \cdot 0,7} = 0,005 \text{ min}$$

$$\text{Strojno pomoćno vrijeme: } t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

### ZAHVAT 18: Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:  $t_r = 0,5 \text{ min}$

### ZAHVAT 19: Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)

- Alat: Pomično mjerilo „Unior (150 mm)“ za dimenzije:

$\phi 129,5h10$

$\phi 130m6$

- Alat: Standardni vijak M4 i M8 za kontrolu navoja:

M4

M8

- Alat: Navojni čep M22x1,5 za kontrolu navoja:

M22x1,5

Ručno vrijeme:  $t_r = \frac{3}{5} \text{ min}$

#### 5.2.2.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 20

Sva vremena:

- zahvat 1 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 2 → 0,06 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 3 → 1,53 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 4 → 0,40 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 5 → 0,04 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 6 → 0,09 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 7 → 0,04 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 8 → 0,40 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 9 → 0,94 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 10 → 0,33 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 11 → 0,07 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)

- zahvat 12 → 0,17 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 13 → 0,03 min (strojno)
- zahvat 14 → 0,03 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 15 → 0,03 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 16 → 0,015 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 17 → 0,005 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 18 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 19 → 3 min (ručno)

Strojno vrijeme:  $t_{st20} = 0,06 + 1,53 + 0,40 + 0,04 + 0,09 + 0,04 + 0,40 + 0,94 + 0,33 + 0,07 + 0,17 + 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,015 + 0,005 = 4,18 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp20} = 0,1 * 15 = 1,5 \text{ min}$

Ukupno strojno vrijeme:  $t_{s20} = t_{st20} + t_{sp20} = 4,18 + 1,5 = 5,68 \text{ min}$

Ručno vrijeme:  $t_{r20} = 0,5 + 0,5 + 3 = 4 \text{ min}$

Vrijeme izrade:  $t_{i20} = t_{s20} + t_{r20} = 5,68 + 4 = 9,68 \text{ min}$

Dodatno vrijeme:  $t_{d20} = t_{i20} * k_d = 9,68 * 0,15 = 1,45 \text{ min}$

Vrijeme operacije:  $t_{o20} = t_{i20} + t_{d20} = 9,68 + 1,45 = 11,13 \text{ min}$

### 5.2.3 Operacija 30: Izraditi unutarnje ozubljenje

Za izradu unutarnjeg ozubljenja uzeta je odvalna dubilica, punog naziva „LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear“ (Slika 5.38), koju ubrajamo u red specijalnih odvalnih glodalica.

Pripremno – završno vrijeme je 30 minuta.



Slika 5.38 LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear odvalna dubilica

Tehničke pojedinosti i dimenzije stroja:

- Najveća širina glodala: 180 mm
- Vreteno za glodanje: *konus HSK 50*
- Promjer glodala: 90 mm
- Brzina vretena rezača: 240 – 2400 *okr/min*
- Masa stroja: 9400 kg
- Dimenzije stroja: 4600x2600x3100 mm

**ZAHVAT 1:** Podizanje i stezanje obratka

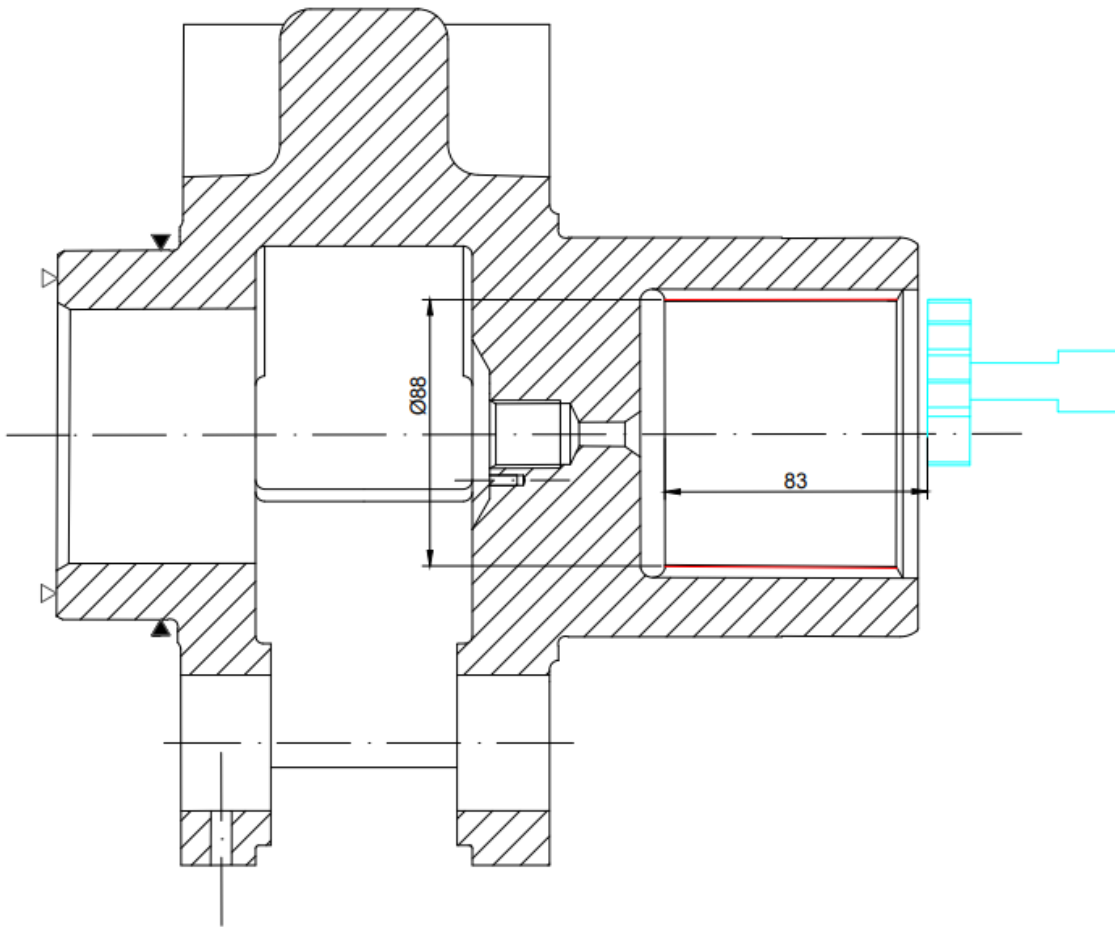
Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja izratka.

**ZAHVAT 2:** Izrada unutarnjeg ozubljenja

- Alat: odvalno glodalo za izradu zupčanika



Slika 5.39 Operacija 30 - zahvat 2

Režimi obrade:

- Brzina rezanja :  $v_c = 30 \text{ m/min}$
- Broj zubi:  $z = 22$
- Visina zuba:  $h = 2,5 \text{ mm}$
- Modul ozubljenja:  $m = 4$
- Širina zupčanika koji se obrađuje:  $B_0 = 74 \text{ mm}$
- Posmak po dvostrukom hodu:  $s_0 = 0,2 \text{ mm}$

Put alata:

$$L_{uk} = l + l_1 + l_2 = 80 + 3 + 3 = 86 \text{ mm}$$

Broj dvostrukih hodova alata:

$$n_{dvh} = \frac{1000 * v_c}{2 * L_{uk}} = \frac{1000 * 30}{2 * 86} = 174 \text{ min}^{-1}$$

Radijalni posmak:

$$s_r = 0,2 * s_0 = 0,2 * 0,2 = 0,04 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{st} = \frac{1}{n} * \left( \frac{m * z * \pi}{s_0} + \frac{h}{s_r} \right) = \frac{1}{174} * \left( \frac{2,5}{0,04} + \frac{4 * 22 * \pi}{0,2} \right) = 8,30 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:

$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 3:** Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

**ZAHVAT 4:** Kontroliranje dimenzija ozubljenja

- Alat: Mikrometar za unutarnje mjerenje „Insize“

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

$$t_r = \frac{1}{5} \text{ min}$$

5.2.3.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 30

Sva vremena:

- zahvat 1 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 2 → 8,30 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 3 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 4 → 1 min (ručno)

Strojno vrijeme:  $t_{st30} = 8,30 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp30} = 0,1 \text{ min}$

Ukupno strojno vrijeme:  $t_{s30} = t_{st30} + t_{sp30} = 8,30 + 0,1 = 8,40 \text{ min}$

Ručno vrijeme:  $t_{r30} = 0,5 + 0,5 + 1 = 2 \text{ min}$

Vrijeme izrade:  $t_{i30} = t_{s30} + t_{r30} = 8,40 + 2 = 10,40 \text{ min}$

Dodatno vrijeme:  $t_{d30} = t_{i30} * k_d = 10,40 * 0,15 = 1,56 \text{ min}$

Vrijeme operacije:  $t_{o30} = t_{i30} + t_{d30} = 10,40 + 1,56 = 11,96 \text{ min}$

#### 5.2.4 Operacija 40: Indukciono kaliti označene dijelove obratka

Indukcijsko kaljenje raditi će se u peći za indukcijsko kaljenje s nazivom „AICHELIN CETUS“.

To je čvrsto konstruirani stroj za kaljenje različitih veličina. Dizajniran za obradu teških i velikih radnih komada kojima je potrebna visoka učinkovitost. Konstrukcija je dizajnirana za pouzdanu u isplativu obradu ponovljivih i visokokvalitetnih radnih komada.



*Slika 5.40 AICHELIN CETUS peć za induksijsko kaljenje*

Osnovna oprema stroja uključuje:

- CNC upravljanje
- Jednostavan i razumljiv rad
- Vertikalnu vodilicu induktora dizajniranu kao CNC os
- Radni prostor opremljen nehrđajućim materijalom

**ZAHVAT 1:** Podizanje i ubacivanje izratka u peć

Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja te namještanja u peć.

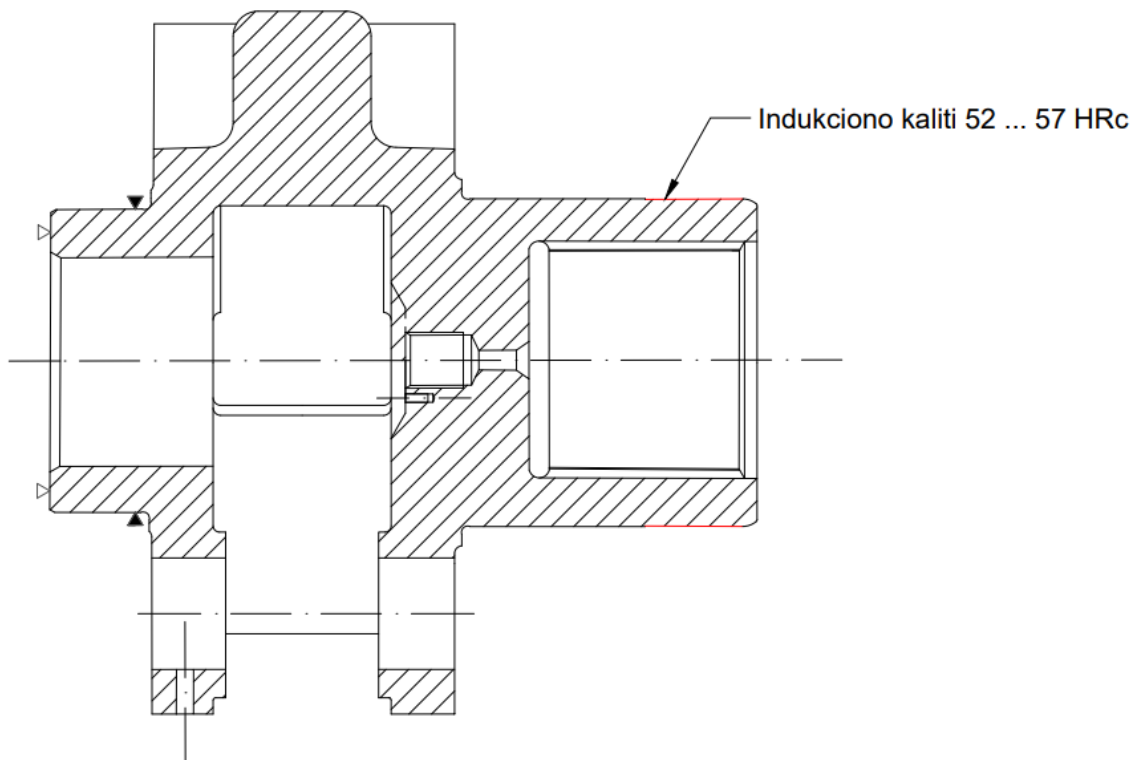
Strojno pomoćno vrijeme:



$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

### ZAHVAT 2: Indukciono kaljenje zadane površine

- Alat: induktor



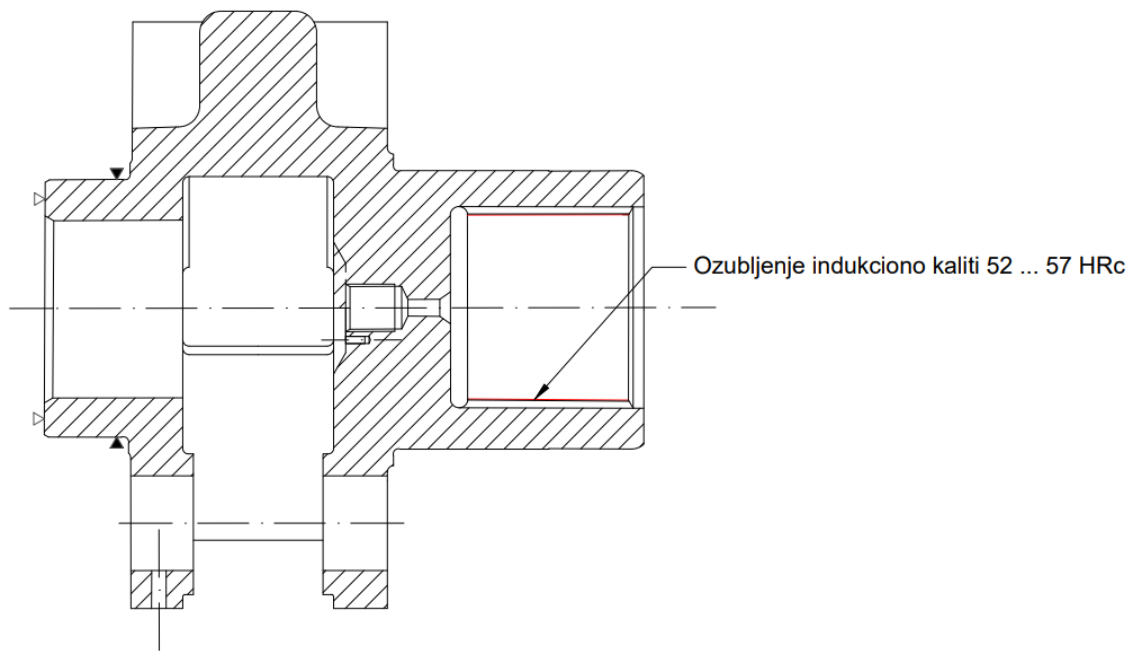
Slika 5.41 Operacija 40 - zahvat 2

Vrijeme kaljenja:

$$t_k = 1,5 \text{ min}$$

### ZAHVAT 3: Indukciono kaljenje unutarnjeg ozubljenja

- Alat: induktor



Slika 5.42 Operacija 40 - zahvat 3

Vrijeme kaljenja:

$$t_k = 1,5 \text{ min}$$

**ZAHVAT 4:** Uzimanje izratka iz peći i njegovo odlaganje

Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

**ZAHVAT 5:** Kontroliranje tvrdoće izratka

- Alat: Uređaj za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu „KB 150R“



Slika 5.43 Uređaj za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu "KB 150 R"

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

$$t_r = \frac{1}{5} \text{ min}$$

5.2.4.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 40

Sva vremena:

- zahvat 1 → 0,5 min (ručno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 2 → 1,5 min (strojno)
- zahvat 3 → 1,5 min (strojno)
- zahvat 4 → 0,5 min (ručno)

- zahvat 5 → 1 min (ručno)

Strojno vrijeme:  $t_{st40} = 1,5 + 1,5 = 3 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp40} = 0,1 \text{ min}$

Ukupno strojno vrijeme:  $t_{s40} = t_{st40} + t_{sp40} = 3 + 0,1 = 3,1 \text{ min}$

Ručno vrijeme:  $t_{r40} = 0,5 + 0,5 + 1 = 2 \text{ min}$

Vrijeme izrade:  $t_{i40} = t_{s40} + t_{r40} = 3,1 + 2 = 5,1 \text{ min}$

Dodatno vrijeme:  $t_{d40} = t_{i40} * k_d = 5,1 * 0,15 = 0,77 \text{ min}$

Vrijeme operacije:  $t_{o40} = t_{i40} + t_{d40} = 5,1 + 0,77 = 5,87 \text{ min}$

#### 5.2.5 Operacija 50: Brusiti (prvu stranu)

- Stroj: CNC Brusilica „SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/2Ux630“

Pripremno – završno vrijeme je 40 minuta.



Slika 5.44 Brusilica "SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/2Ux630"

Radni raspon brusilice:

- Visina središta: 140 *mm*
- Maksimalna duljina brušenja: 630 *mm*
- Maksimalni promjer brušenja:  $\phi 275$  *mm*
- Maksimalna težina obratka: 250 *mm*

Brusno vreteno:

- Držač alata:  $\phi 63 \times 80$
- Zakretanje:  $\pm 35^\circ$
- Brzina: 35 *m/s*
- Snaga glavnog vretena: 75 *kW*

**ZAHVAT 1:** Podizanje i stezanje obratka

- Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“

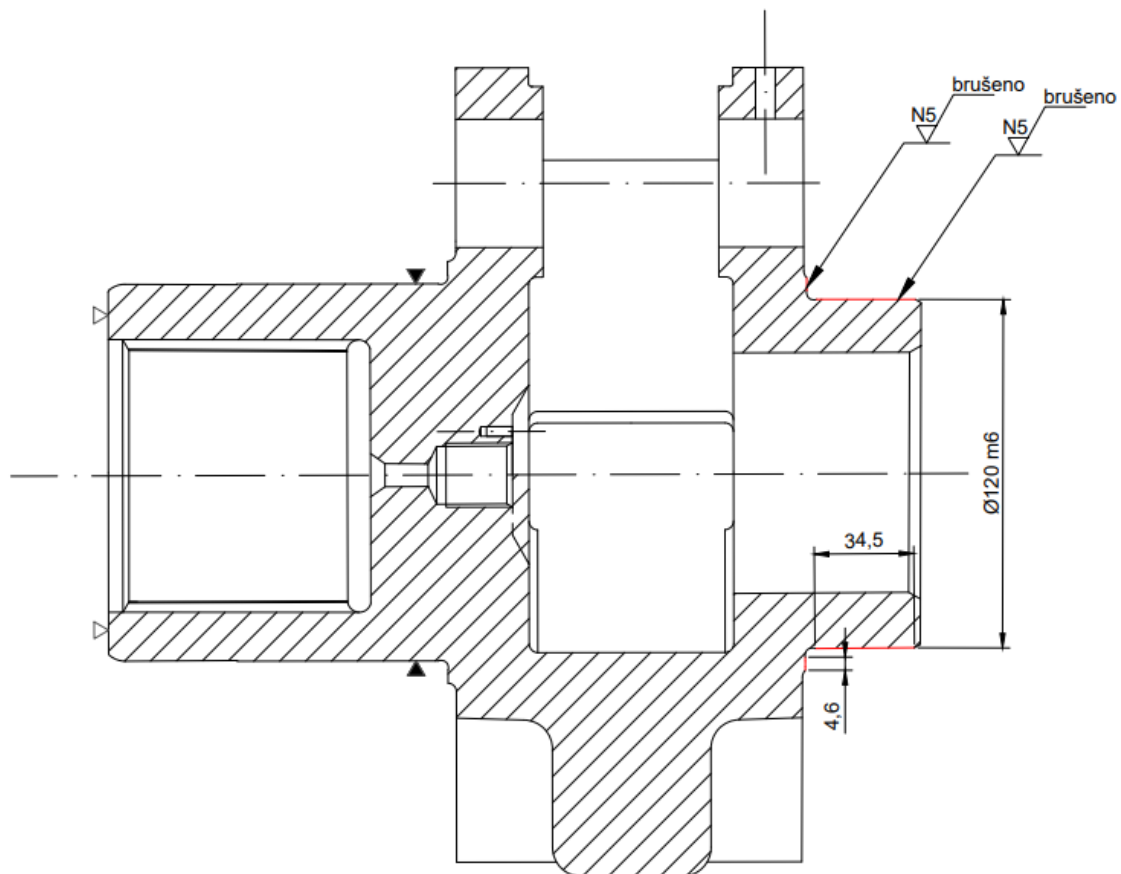
Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja obratka.

**ZAHVAT 2:** Brušenje površine na konačnu mjeru  $\phi 120$  m6

- Alat: Brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G10C802KOVŠ STAR LINE“



Slika 5.45 Operacija 50 - zahvat 2

Režimi obrade:

- Brzina brusnog kola (preporučeno):  $v_c = 30 \text{ m/s} = 1800 \text{ m/min}$
- Brzina obratka (preporučeno):  $v_i = 10 \text{ m/min}$
- Dubina rezanja:  $a_p = 0,2 \text{ mm}$
- Posmak:  $s = 0,01 \text{ mm/okr}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

Broj okretaja izratka:

$$n_0 = \frac{1000 * v_i}{D * \pi} = \frac{1000 * 10}{120 * \pi} = 40 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja brusnog kola:

$$n_{brk} = \frac{1000 * v_c}{D * \pi} = \frac{1000 * 1800}{150 * \pi} = 3819 \text{ min}^{-1}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{st} = \frac{a_p}{n_0 * s} = \frac{0,2}{40 * 0,01} = 0,5 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:

$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 3:** Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

**ZAHVAT 4:** Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)

- Alat: Mikrometar – vanjski, s izmjenjivim ticalom (0 – 150 mm) „IP54 Insize“

(Slika 5.46)



*Slika 5.46 Mikrometar - vanjski, s izmjenjivim ticalom*

Provjera dimenzije:  $\phi 120m6$

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

$$t_r = \frac{0,3}{5} \text{ min}$$

#### 5.2.5.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 50

Sva vremena:

- zahvat 1 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 2 → 0,5 min (strojno); 0,1 min (pomoćno)
- zahvat 3 → 0,5 min (ručno)
- zahvat 4 → 0,3 min (ručno)

Strojno vrijeme:  $t_{st50} = 0,5 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp50} = 0,1 \text{ min}$

Ukupno strojno vrijeme:  $t_{s50} = t_{st50} + t_{sp50} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ min}$

Ručno vrijeme:  $t_{r50} = 0,5 + 0,5 + 0,3 = 1,3 \text{ min}$

Vrijeme izrade:  $t_{i50} = t_{s50} + t_{r50} = 0,6 + 1,3 = 1,9 \text{ min}$

Dodatno vrijeme:  $t_{d50} = t_{i50} * k_d = 1,9 * 0,15 = 0,29 \text{ min}$

Vrijeme operacije:  $t_{o50} = t_{i50} + t_{d50} = 1,9 + 0,29 = 2,19 \text{ min}$

#### 5.2.6 Operacija 60: Brusiti i polirati (drugu stranu)

- Stroj: CNC Brusilica „SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/2Ux630“

Pripremno – završno vrijeme je 40 minuta.

#### **ZAHVAT 1:** Podizanje i stezanje obratka

- Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“

Ručno vrijeme:

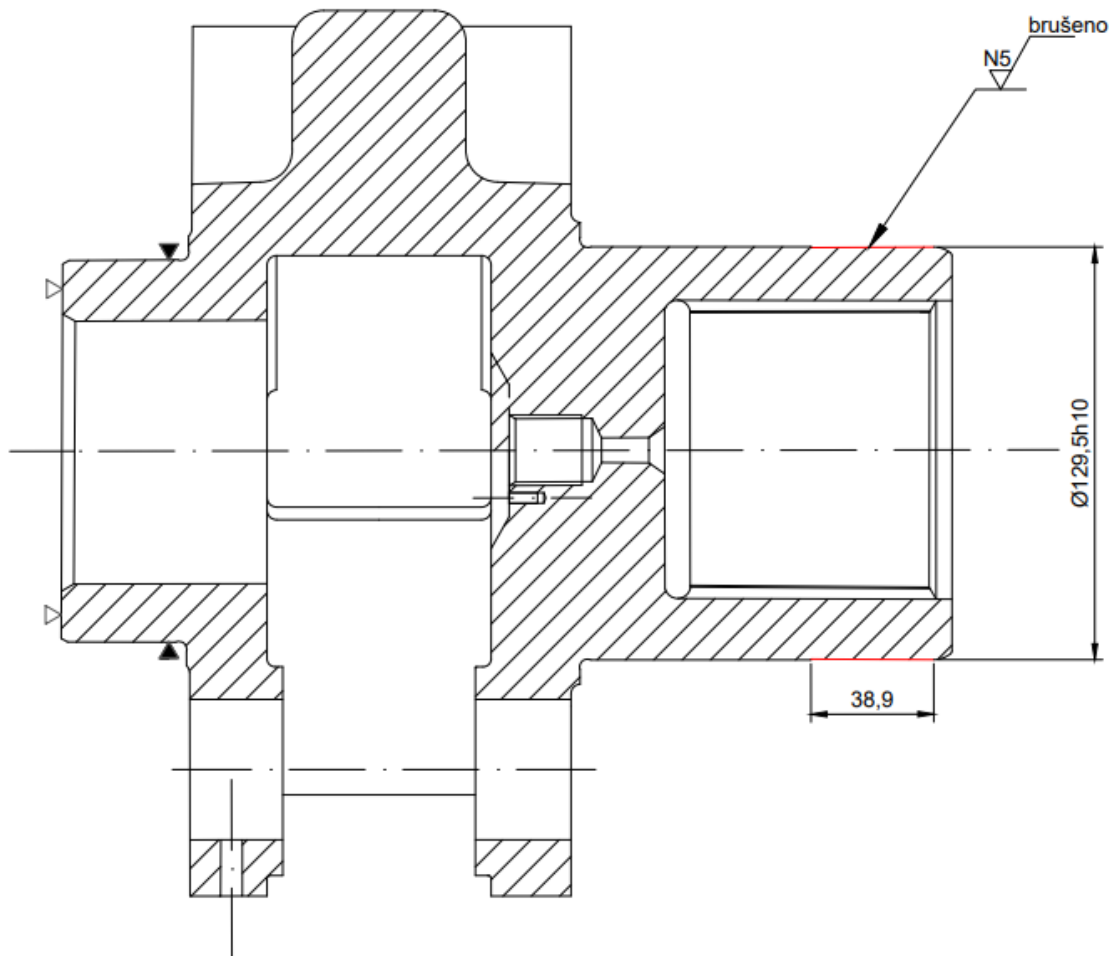
$$t_r = 0,5 \text{ min}$$



Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja obratka.

**ZAHVAT 2:** Brušenje površine bez uzdužnog posmaka na konačnu mjeru  $\phi 129,5$  h10

- Alat: Brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G10C802KOVŠ STAR LINE“



Slika 5.47 Operacija 60 - zahvat 2

Režimi obrade:

- Brzina brusnog kola (preporučeno):  $v_c = 30 \text{ m/s} = 1800 \text{ m/min}$
- Brzina obratka (preporučeno):  $v_i = 10 \text{ m/min}$
- Dubina rezanja:  $a_p = 0,2 \text{ mm}$
- Broj prolaza:  $i = 1$

Broj okretaja izratka:

$$n_0 = \frac{1000 * v_i}{D * \pi} = \frac{1000 * 10}{129,5 * \pi} = 24 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja brusnog kola:

$$n_{brk} = \frac{1000 * v_c}{D * \pi} = \frac{1000 * 1800}{150 * \pi} = 3819 \text{ min}^{-1}$$

Strojno vrijeme:

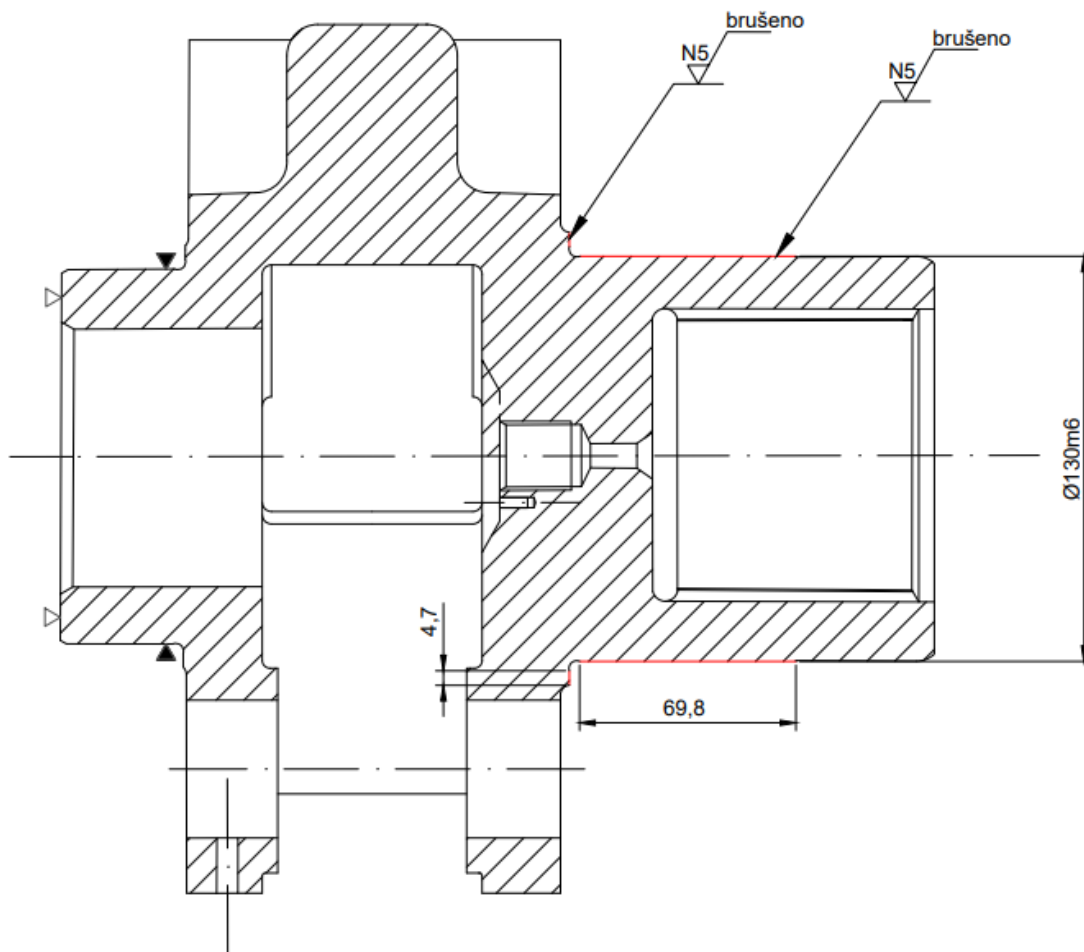
$$t_{st} = \frac{a_p}{n_0 * s_r} = \frac{0,2}{24 * 0,01} = 0,8 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:

$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 3:** Brušenje površine na konačnu mjeru  $\phi 130 \text{ m6}$

- Alat: Brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G10C802KOVŠ STAR LINE“



Slika 5.48 Operacija 60 - zahvat 3

Režimi obrade:

- Brzina brusnog kola (preporučeno):  $v_c = 30 \text{ m/s} = 1800 \text{ m/min}$
- Brzina obratka (preporučeno):  $v_i = 10 \text{ m/min}$
- Dubina rezanja:  $a_p = 0,2 \text{ mm}$
- Posmak:  $s = 0,01 \text{ mm/okr}$
- Širina brusnog kola:  $B = 32 \text{ mm}$

Broj okretaja izratka:

$$n_0 = \frac{1000 * v_i}{D * \pi} = \frac{1000 * 10}{130 * \pi} = 37 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja brusnog kola:

$$n_{brk} = \frac{1000 * v_c}{D * \pi} = \frac{1000 * 1800}{150 * \pi} = 3819 \text{ min}^{-1}$$

Aksijalni posmak:

$$s_a = \frac{B}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ mm/okr}$$

Broj prolaza:

$$i = \frac{a_p}{2 * s_r} = \frac{0,2}{2 * 0,01} = 10 \text{ prolaza}$$

Strojno vrijeme:

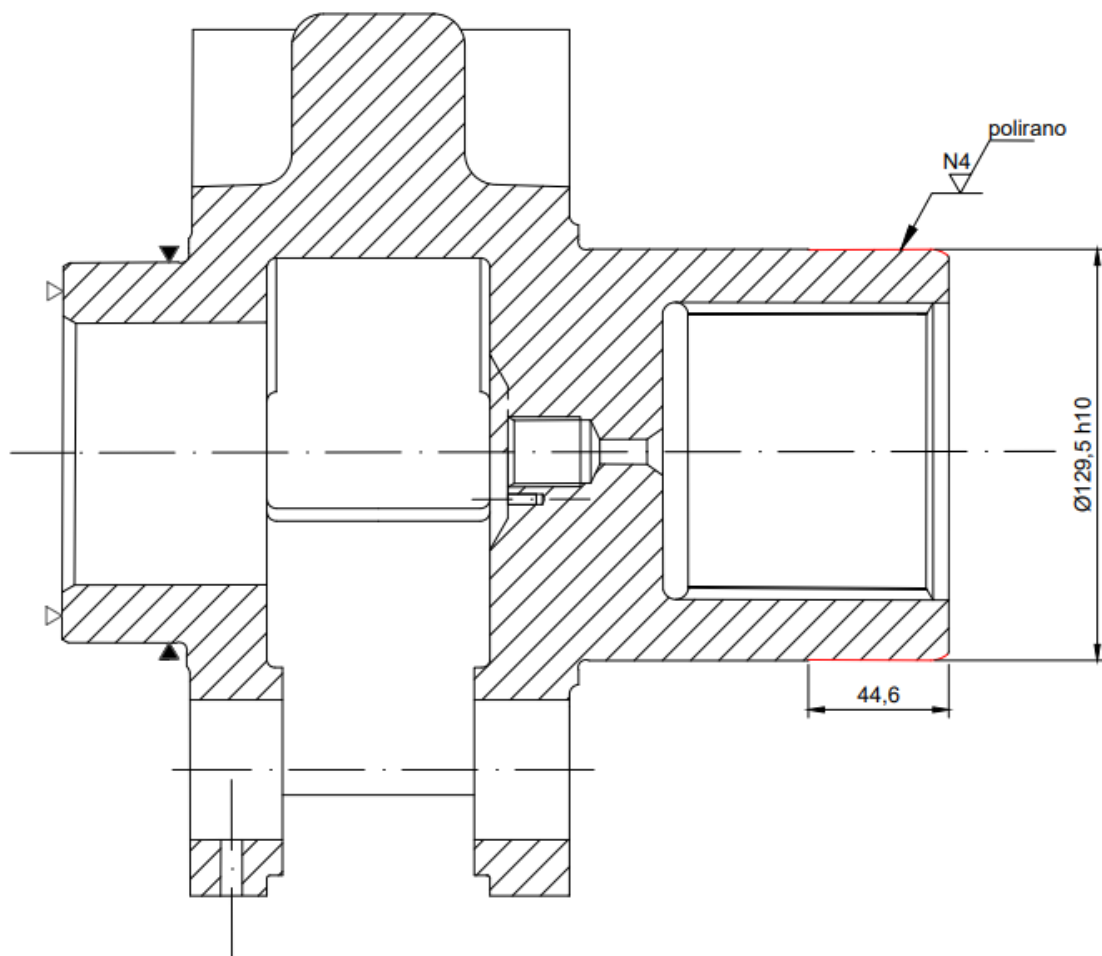
$$t_{st} = \frac{i * L_{uk}}{n_0 * s_a} = \frac{10 * 75}{37 * 16} = 1,27 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:

$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

**ZAHVAT 4:** Poliranje označenih površina

- Alat: „KEMIPOL T-12“ pasta i krpa za poliranje



Slika 5.49 Operacija 60 - zahvat 4

Vrijeme poliranja:

$$t_{pol} = 2 \text{ min (procjena)}$$

**ZAHVAT 5:** Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:

$$t_r = 0,5 \text{ min}$$

**ZAHVAT 6:** Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)

- Alat: Mikrometar – vanjski, s izmjeničnim ticalom (0 – 150 mm) „IP54 Insize“

Provjera dimenzija:  $\phi 130m6$  i  $\phi 129,5h10$

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

$$t_r = \frac{2 * 0,3}{5} = \frac{0,6}{5} \text{ min}$$

#### 5.2.6.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 60

Sva vremena:

- zahvat 1  $\rightarrow 0,5 \text{ min}$  (ručno)
- zahvat 2  $\rightarrow 0,8 \text{ min}$  (strojno);  $0,1 \text{ min}$  (pomoćno)
- zahvat 3  $\rightarrow 1,27 \text{ min}$  (strojno);  $0,1 \text{ min}$  (pomoćno)
- zahvat 4  $\rightarrow 2 \text{ min}$  (ručno)
- zahvat 5  $\rightarrow 0,5 \text{ min}$  (ručno)
- zahvat 6  $\rightarrow 0,6 \text{ min}$  (ručno)

Strojno vrijeme:  $t_{st60} = 0,8 + 1,27 = 2,07 \text{ min}$

Strojno pomoćno vrijeme:  $t_{sp60} = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ min}$

Ukupno strojno vrijeme:  $t_{s60} = t_{st60} + t_{sp60} = 2,07 + 0,2 = 2,27 \text{ min}$

Ručno vrijeme:  $t_{r60} = 0,5 + 2 + 0,5 + 0,6 = 3,6 \text{ min}$

Vrijeme izrade:  $t_{i60} = t_{s60} + t_{r60} = 2,27 + 3,6 = 5,87 \text{ min}$

Dodatno vrijeme:  $t_{d60} = t_{i60} * k_d = 5,87 * 0,15 = 0,88 \text{ min}$

Vrijeme operacije:  $t_{o60} = t_{i60} + t_{d60} = 5,87 + 0,88 = 6,75 \text{ min}$

### 5.3 Ukupno vrijeme trajanja tehnološkog procesa

Ukupno strojno vrijeme:

$$t_{s,uk} = t_{s10} + t_{s20} + t_{s30} + t_{s40} + t_{s50} + t_{s60}$$

$$= 10,89 + 5,68 + 8,40 + 3,1 + 0,6 + 2,27 = 30,94 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\begin{aligned} t_{r,uk} &= t_{r10} + t_{r20} + t_{r30} + t_{r40} + t_{r50} + t_{r60} \\ &= 3,75 + 4 + 2 + 2 + 1,3 + 3,6 = 16,65 \text{ min} \end{aligned}$$

Ukupno vrijeme izrade:

$$\begin{aligned} t_{i,uk} &= t_{i10} + t_{i20} + t_{i30} + t_{i40} + t_{i50} + t_{i60} \\ &= 14,64 + 9,68 + 10,40 + 5,1 + 1,9 + 5,87 = 47,59 \text{ min} \end{aligned}$$

Ukupno dodatno vrijeme:

$$\begin{aligned} t_{d,uk} &= t_{d10} + t_{d20} + t_{d30} + t_{d40} + t_{d50} + t_{d60} \\ &= 2,20 + 1,45 + 1,56 + 0,77 + 0,29 + 0,88 = 7,15 \text{ min} \end{aligned}$$

Ukupno vrijeme svih operacija:

$$\begin{aligned} t_{o,uk} &= t_{o10} + t_{o20} + t_{o30} + t_{o40} + t_{o50} + t_{o60} \\ &= 16,84 + 11,13 + 11,96 + 5,87 + 2,19 + 6,75 = 54,74 \text{ min} \end{aligned}$$

## 6. SIMULACIJA PROCESA OBRADE U PROGRAMU MASTERCAM

### 6.1 Općenito o Mastercamu

Mastercam je jedan od najpopularnijih i najraširenijih CAD i CAM programskih paketa na svijetu. Osnovan je 1983. godine.

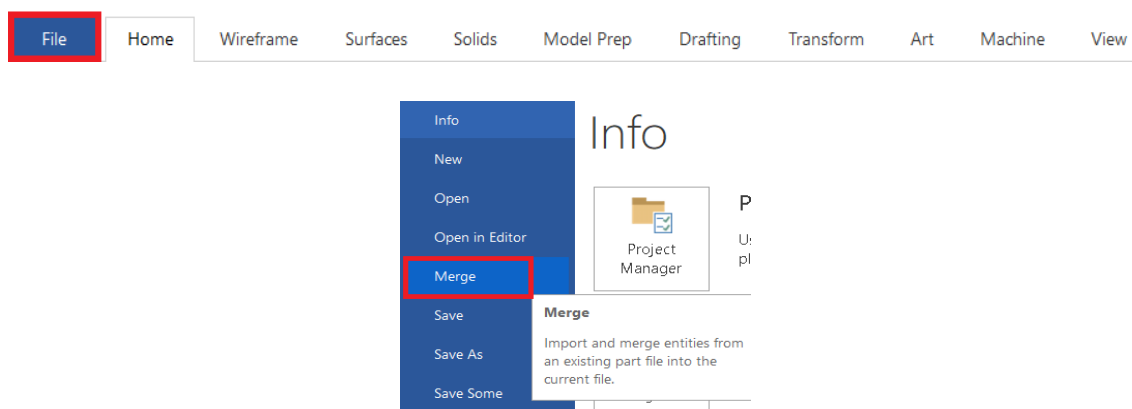
U području strojarstva omogućuje dizajniranje i proizvodnju dijelova uz korištenje sofisticirane tehnologije upravljanja alatom. *Mastercam* je započeo kao 2D CAM sustav s CAD alatima koji strojarima omogućuju dizajniranje virtualnih dijelova na ekranu računala, a također su vođeni računalno numerički upravljanim (CNC) alatnim strojevima u proizvodnji dijelova.

Omogućuje jednostavnu obradu utora, kontura i džepova te bušenja. Sučelje samog programa je vrlo pregledno.

Svi koraci u *Mastercamu* biti će detaljno opisani te slikovito prikazani u nastavku.

### 6.2 Učitavanje modela u Mastercam

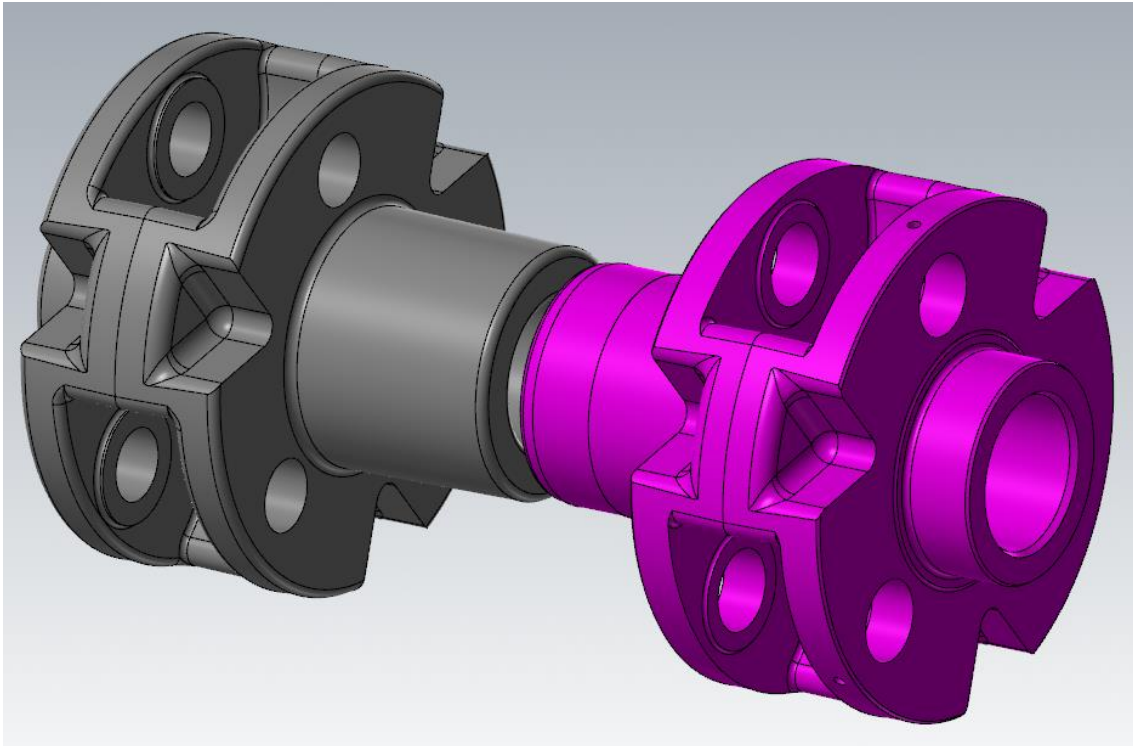
Na samom početku potrebno je učitati 3D model poluproizvoda i gotovog proizvoda (Slika 6.1). Prvo učitavamo 3D model gotovog proizvoda, a kako bi zajedno učitali i 3D model poluproizvoda odlazimo na „File“ te pod „Merge“ i zatim odaberemo 3D model poluproizvoda (Slika 6.2).



Slika 6.1 Naredba za učitavanje 3D modela poluproizvoda zajedno sa modelom gotovog proizvoda

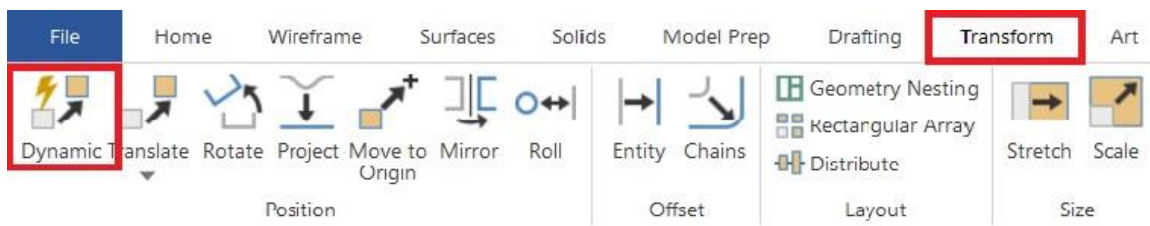
Modeli su prethodno izrađeni u programskom paketu *Solidworks*.





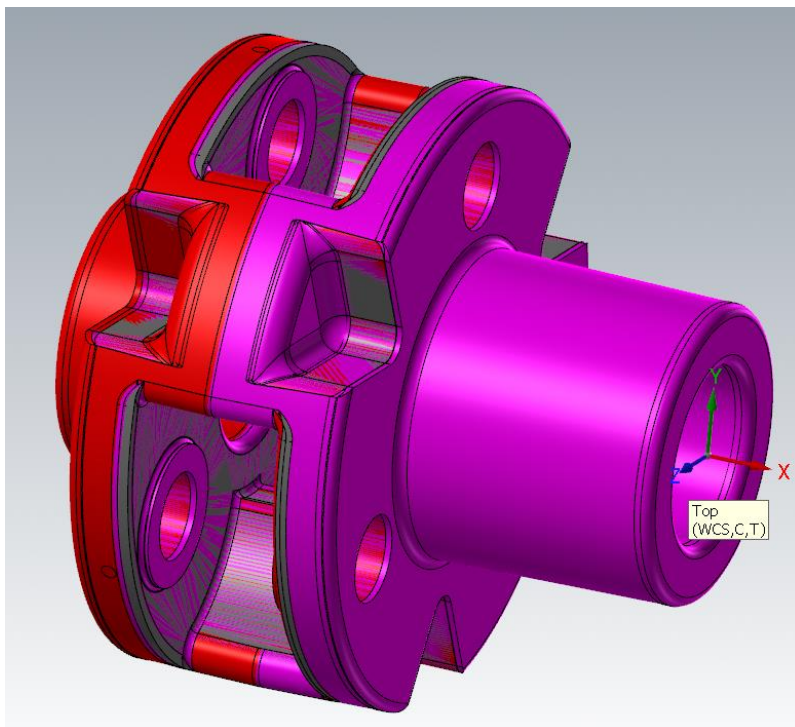
Slika 6.2 3D model poluproizvoda (sirovca) i gotovog proizvoda u Mastercamu

Model poluproizvoda prikazan je sivom, a model gotovog proizvoda ljubičastom bojom. Kada smo učitali obadva modela postavljamo koordinatni sustav te ih spajamo u jednu cjelinu. Uz pomoć naredbe *Transform* → *Dynamic* počinje definiranje nul – točke (Slika 6.3).



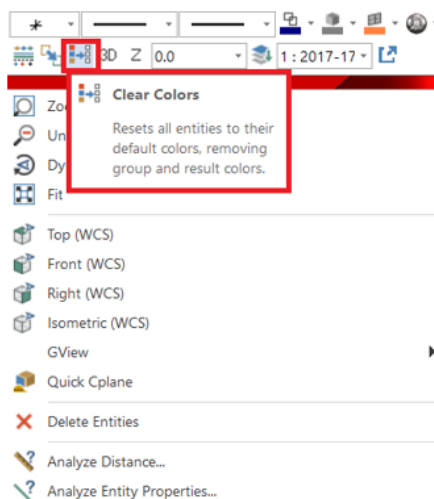
Slika 6.3 Naredba za definiranje nul-točke

Zatim se označuje tijelo koje se obrađuje i potvrđuje se odabir klikom na *End selection*. Koordinatni sustav postavljen je tako da „x“ os gleda na kontra stranu od obratka, „y“ os prema gore, a preostala „z“ os prema nama (slika 6.4).



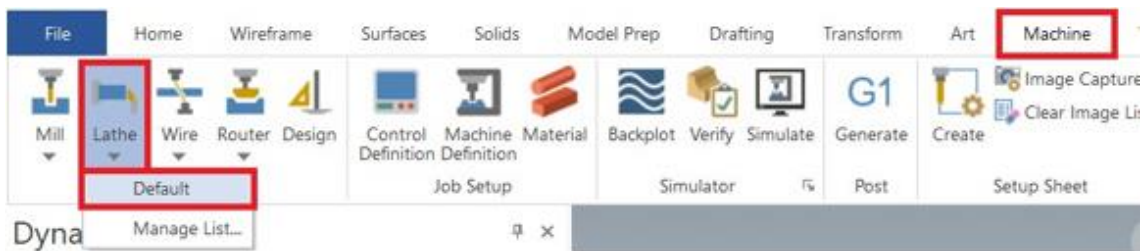
Slika 6.4 Preklapanje modela i postavljanje koordinatnog sustava

Prije odabira sirovca potrebno je još promijeniti boju modela. Boju mijenjamo desnim klikom miša na model te klikom na opciju *Clear colors* (Slika 6.5).



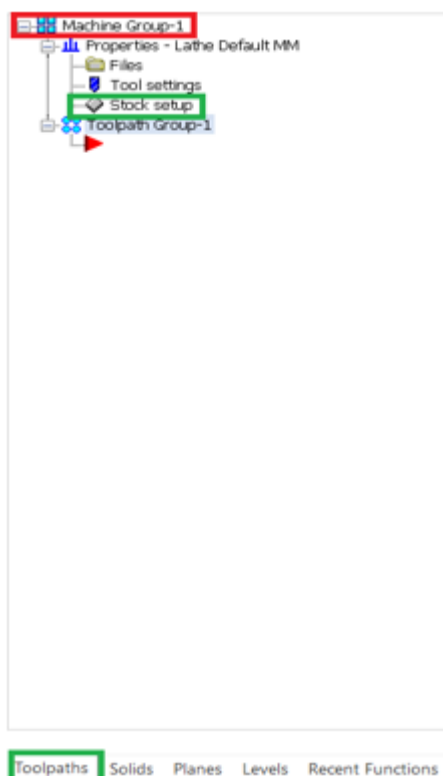
Slika 6.5 Mijenjanje boje modela

Sirovac odabiremo tako da u kartici *Machine* odaberemo *Lathe* te zatim *Default* (Slika 6.6).



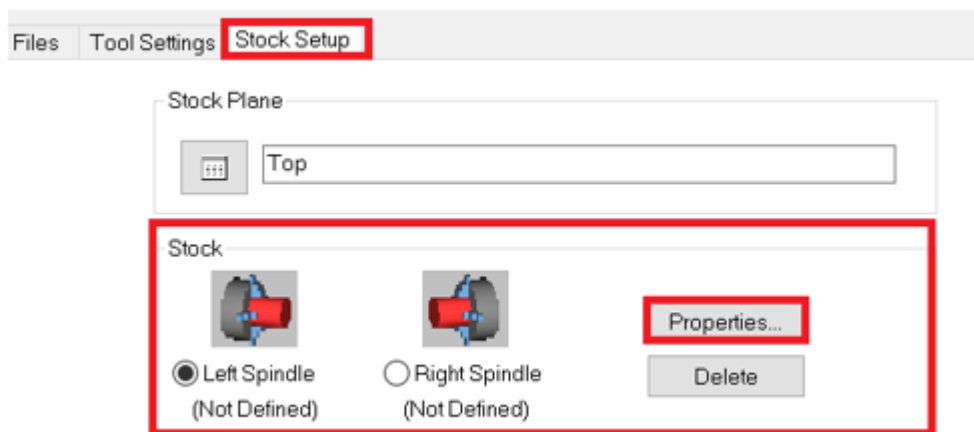
Slika 6.6 Prikaz naredbe potrebne za definiranje materijala izratka

Kada smo to napravili u kartici *Toolpaths* stvara se *Machine group – 1*. Pritiskom na „+“ u kartici *Properties* prikazuje se *Stock setup* (Slika 6.7) koji zatim otvaramo.



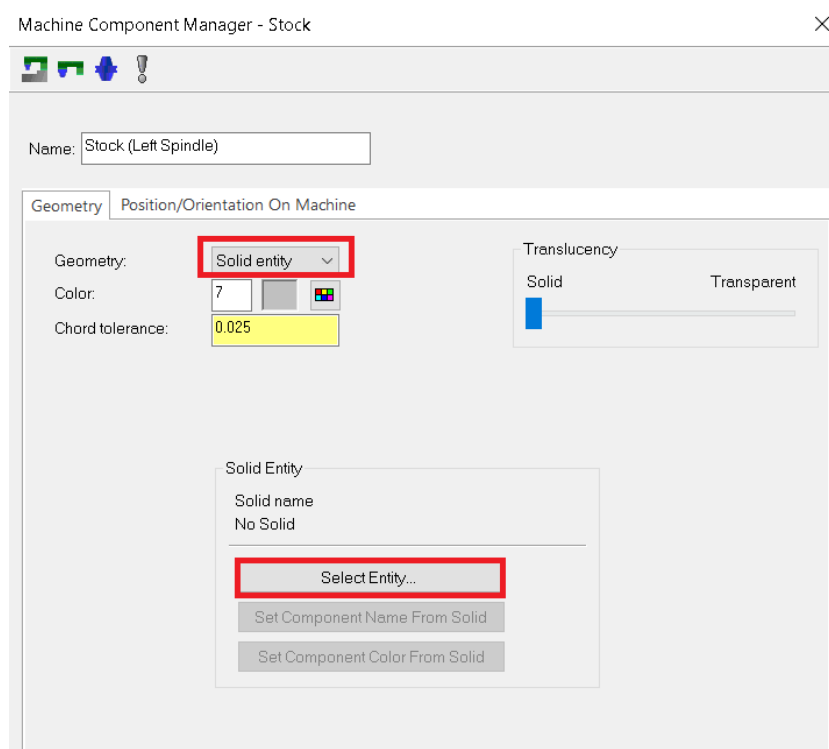
Slika 6.7 Otvaranje naredbe za odabir sirovca

U kartici *Stock setup* pod rubrikom *Stock* potrebno je kliknuti na *properties* (Slika 6.8).



Slika 6.8 Postavke za odabir sirovca

Otvora se prozor prikazan na sljedećoj slici (Slika 6.9). Pod *Geometry* potrebno je postaviti *Solid entity* te pod *Select entity* za sirovac odabire se 3D model odljevka.



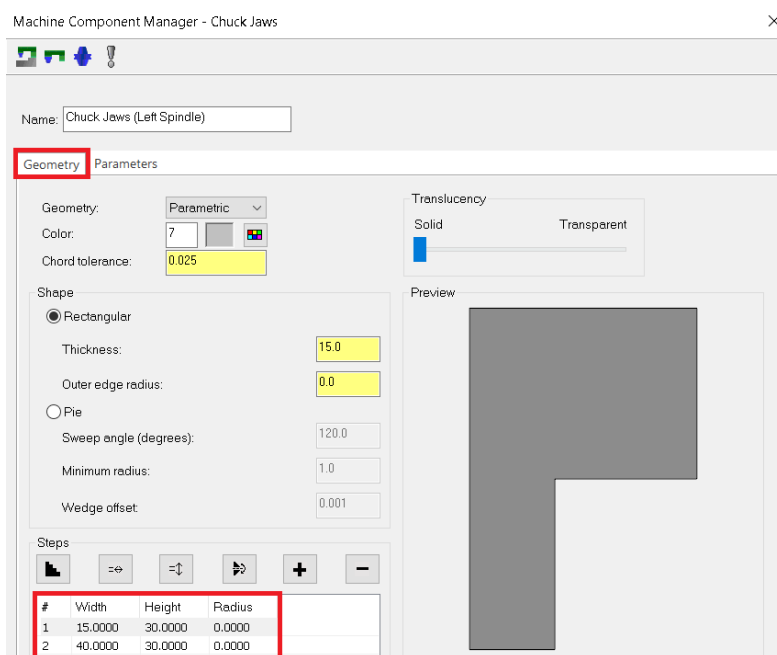
Slika 6.9 Odabir odljevka za sirovac

Definiran je sirovac, no još je potrebno definirati izgled čeljusti te mjesto stezanja. Čeljust definiramo tako da u kartici *Chuck Jaws* kliknemo na *Properties* (Slika 6.10).

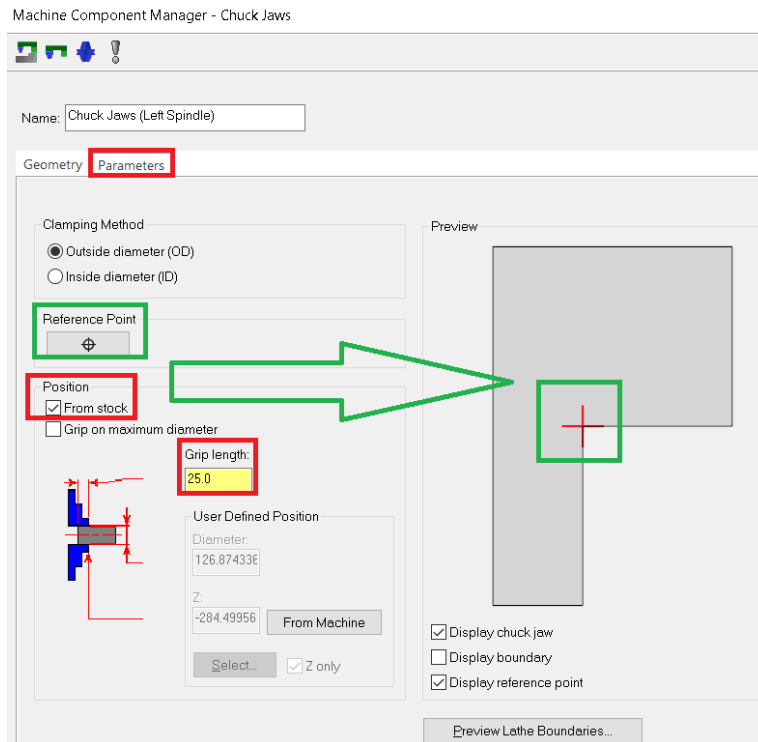


Slika 6.10 Naredba za definiranje čeljusti

Pod *Geometry* definiramo izgled čeljusti (Slika 6.11), a pod *Parameters* odabiremo referentnu točku stezanja. Uključujemo *From stock* te pod *Grip length* upisujemo 25 (Slika 6.12).



Slika 6.11 Odabir načina stezanja



Slika 6.12 Odabir referentne točke i određivanje dužine zahvata

Prije izlaska potrebno je još uključiti *Shade boundaries* (Slika 6.13).



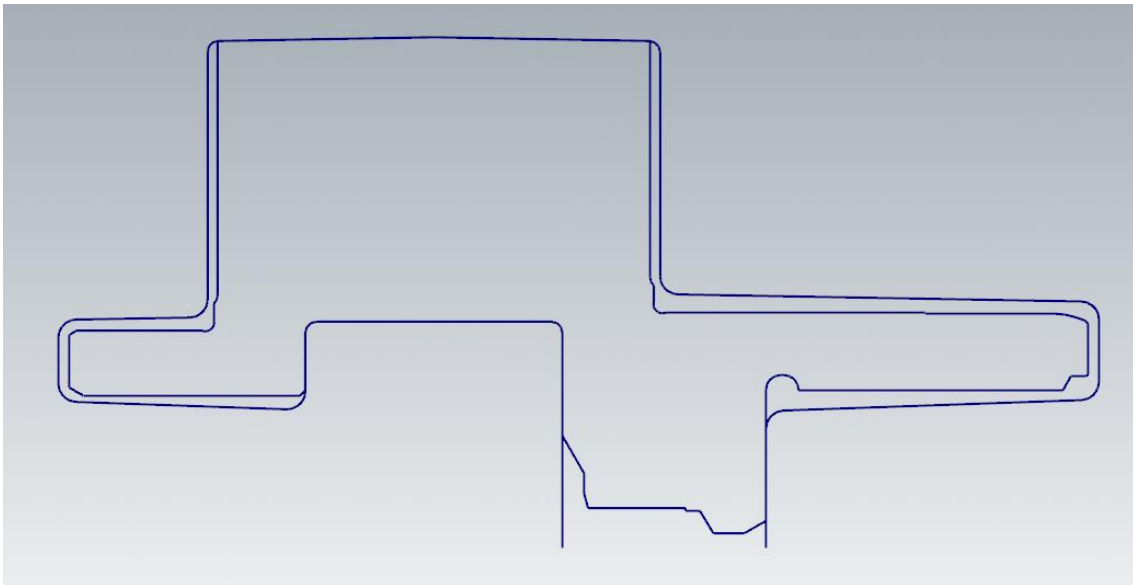
Slika 6.13 Uključivanje *Shade boundaries*

Kako bi olakšali programiranje, potrebno je napraviti konturu prije početka rada. Kako bi napravili konturu, pod *Shapes* u kartici *Wireframe* odabire se opcija *Turn profile* (Slika 6.14).



Slika 6.14 Naredba za prikaz konture

Zatim je potrebno označiti model. Nakon što smo označili model pritišćemo na zelenu kvačicu te dobivamo prikaz dobivene konture (Slika 6.15).



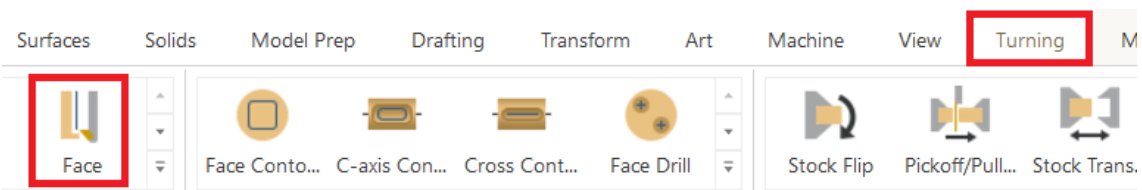
Slika 6.15 Prikaz dobivene konture

## 6.3 Razrada operacija

### 6.3.1 Operacija 10

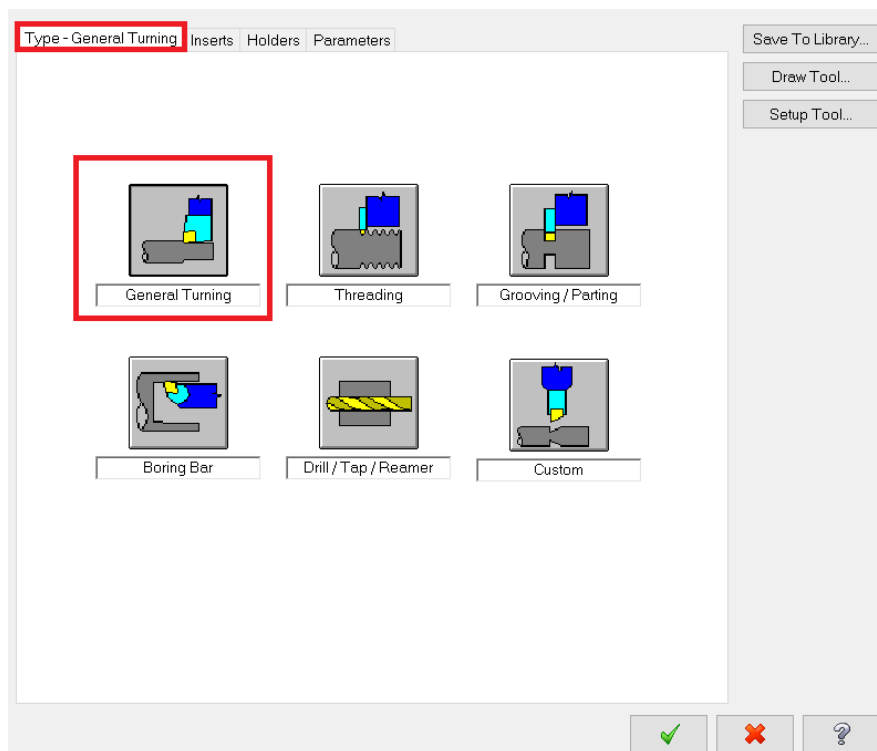
**ZAHVAT 2:** Poravnanje čela (čeono tokarenje) na mjeru  $\phi 136$  mm

Nakon što smo podigli i stegnuli obradak potrebno je napraviti poravnanje čela. To se ostvaruje klikom na *Turning* te zatim na *Face* (slika 6.16).



Slika 6.16 Odabir naredbe za poravnanje čela

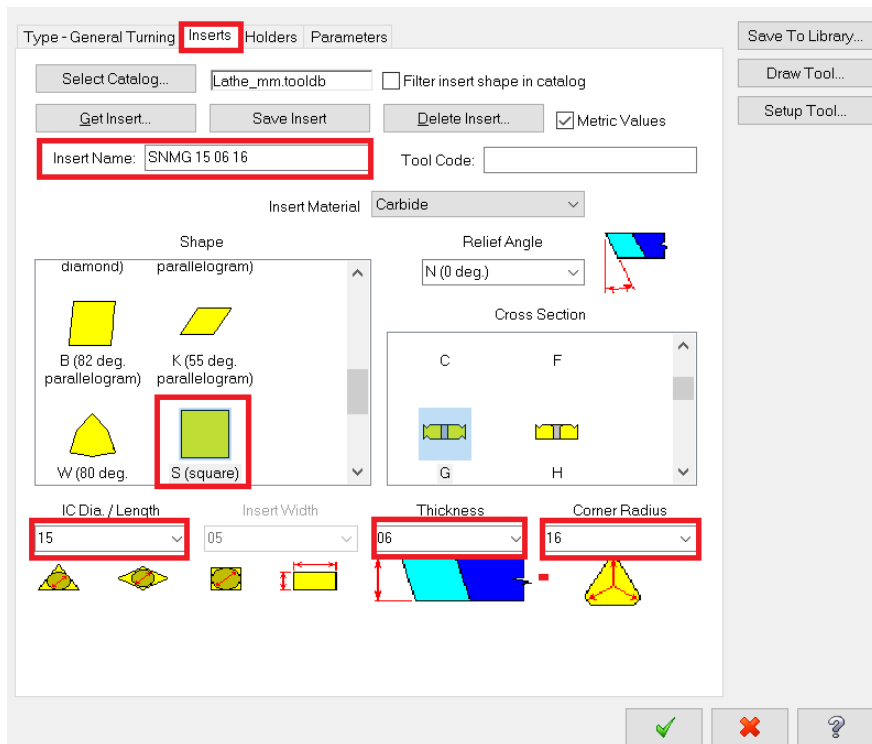
*Face* se upotrebljava isključivo za obrađivanje čeonih površina. Nakon toga otvori se izbornik u kojem pod *Toolpath parameters* odabiremo alat. Alat je potrebno urediti tako što kliknemo desnim klikom miša na *Edit tool*. Otvara nam se prozor prikazan na sljedećoj slici (Slika 6.17).



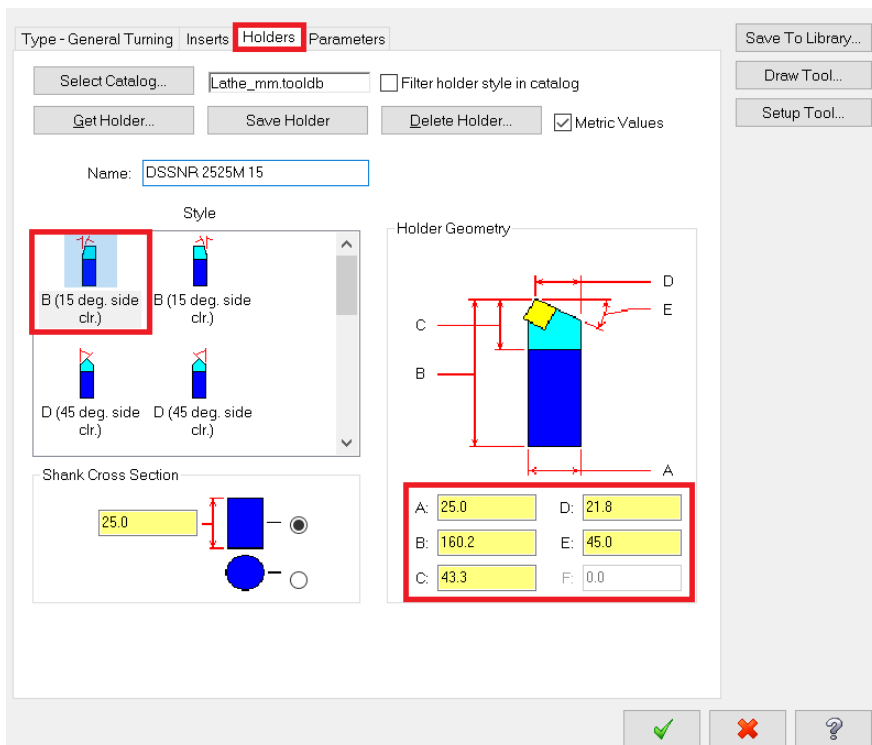
Slika 6.17 Odabir tipa tokarenja

Pod *Inserts* (Slika 6.18) određujemo oblik i veličinu rezne pločice, pod *Holders* (Slika 6.19) postavljamo geometriju alata, a pod *parameters* (Slika 6.20) zadajemo režime obrade koje smo očitali iz *Sandvika*, *Iscara* ili nekog drugog kataloga.

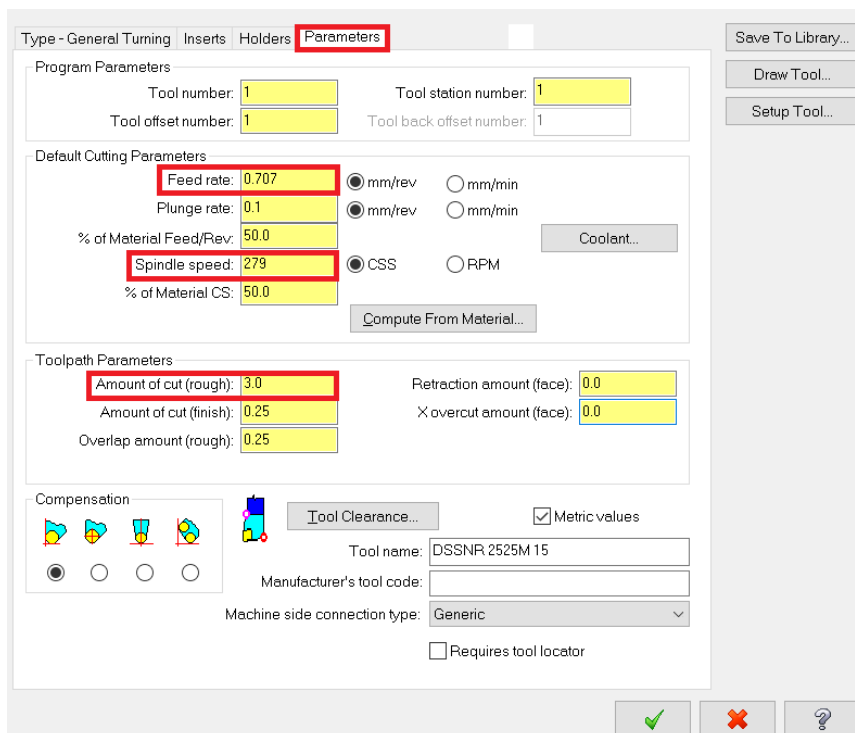




Slika 6.18 Određivanje oblika i veličine rezne pločice

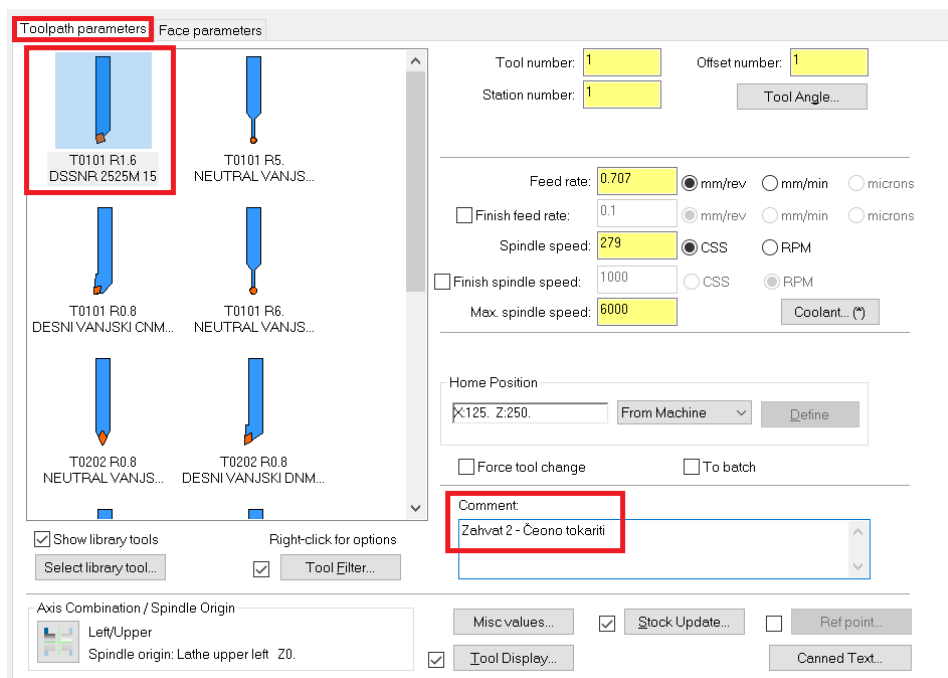


Slika 6.19 Određivanje geometrije alata



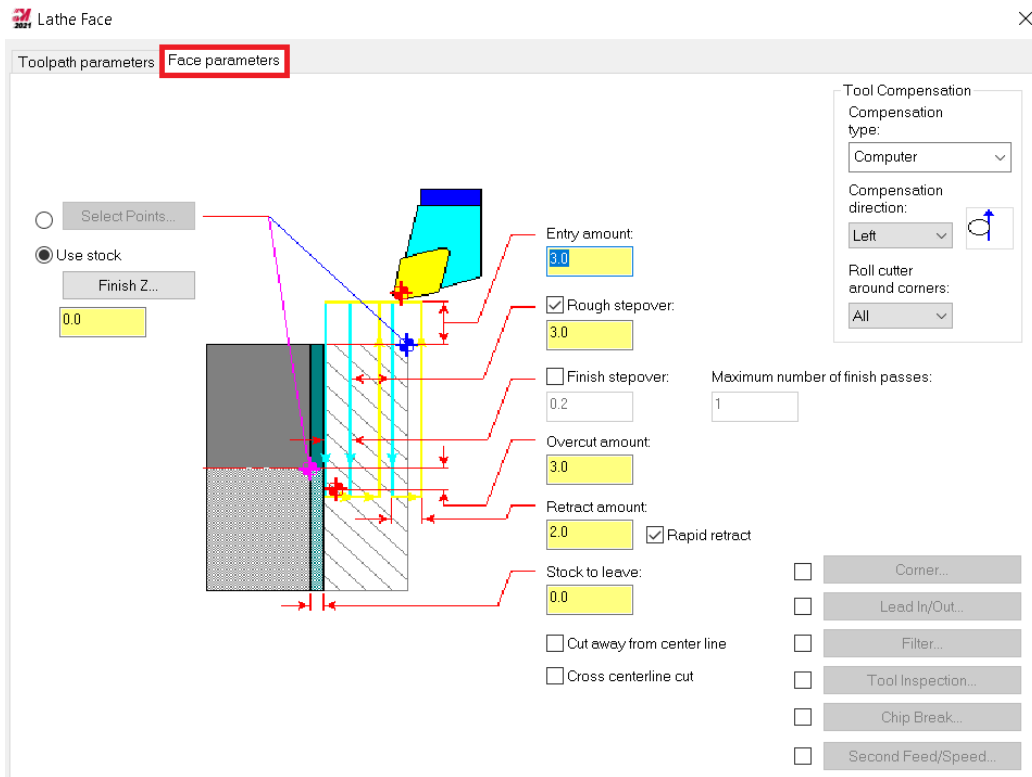
Slika 6.20 Upisivanje režima obrade za odabrani alat

Od režima obrade potrebno je očitati posmičnu brzinu (eng. *Feed rate*), brzinu rezanja (eng. *Spindle speed*) i dubinu rezanja (eng. *Amount of cut*). U prozoru *Toolpath parameters* pod *Comment* obično se zapisuje naziv zahvata (Slika 6.21).



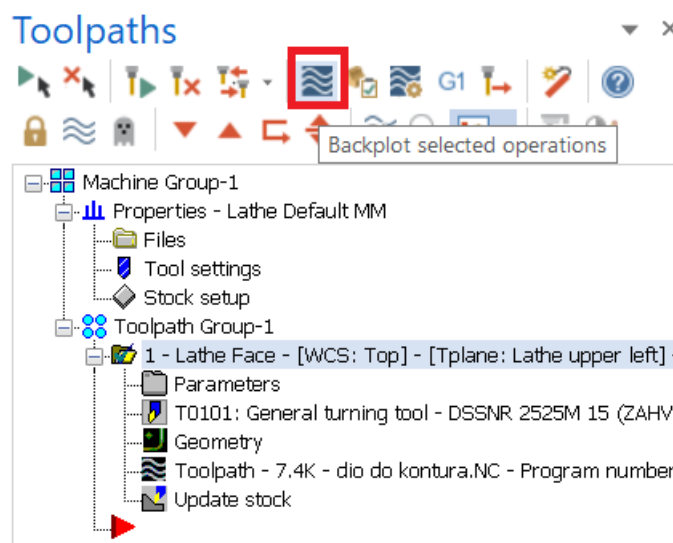
Slika 6.21 Odabrani alat i naziv zahvata

U kartici *Face Parameters* određujemo ostale parametre obrade, tj. količinu skinutog materijala te položaj alata i rezne pločice prije samog početka zahvata (Slika 6.22).



Slika 6.22 Određivanje parametara obrade za drugi zahvat

Nakon što su svi parametri uneseni provjerava se izgled i trajanje zahvata. Trajanje simulacije zahvata određuje se pritiskom na *Backplot selected operations* (Slika 6.23).



Slika 6.23 Odabir naredbe za određivanje trajanja zahvata

Na slici 6.24 prikazano je vrijeme trajanja drugog zahvata.

The screenshot shows a software window with two tabs: 'Details' and 'Information'. The 'Information' tab is active. It displays two sections: 'Cycle Time' and 'Path Length'. The 'Cycle Time' section has three rows: 'Feed' with a value of 4.16s (highlighted with a red box), 'Rapid' with 1.18s, and 'Total' with 6.34s. The 'Path Length' section has three rows: 'Feed' with 45.96583, 'Rapid' with 519.25905, and 'Minimum/' with 24.70328. At the bottom of the window are two buttons: a green checkmark and a question mark.

Cycle Time	
Feed	4.16s
Rapid	1.18s
Total	6.34s

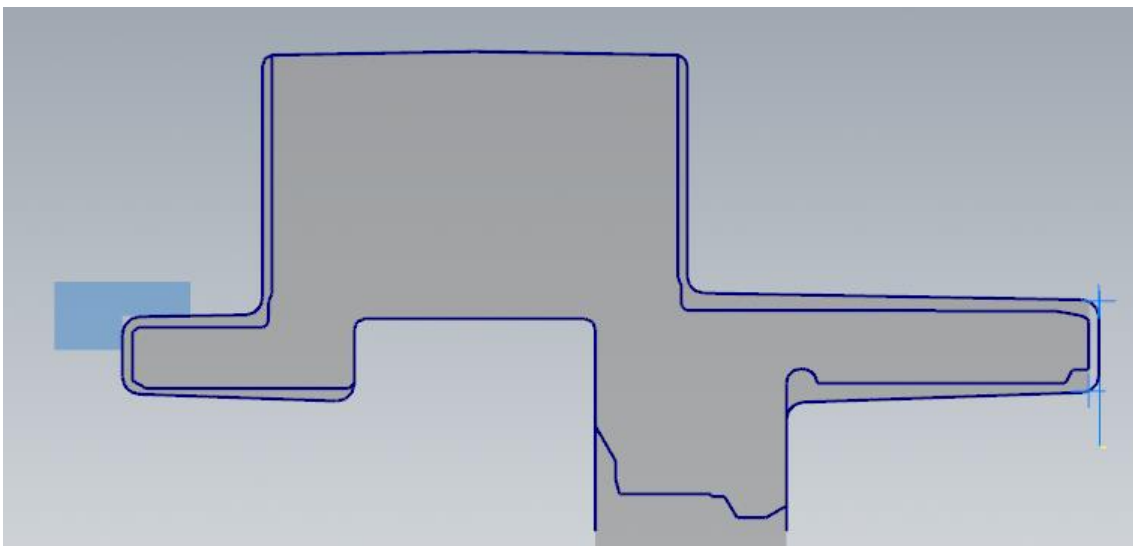
  

Path Length	
Feed	45.96583
Rapid	519.25905
Minimum/	24.70328

Slika 6.24 Vrijeme trajanja drugog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 4,16 s = 0,07 min$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,07 min$

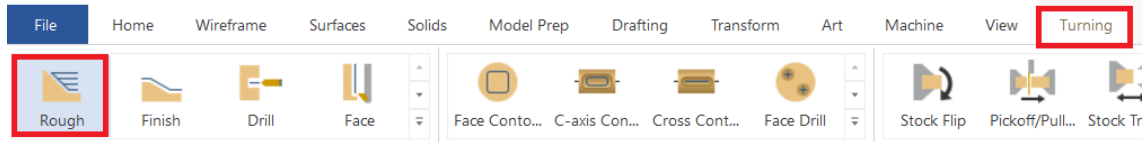
Na sljedećoj slici (Slika 6.25) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon drugog zahvata.



Slika 6.25 Izgled obratka nakon drugog zahvata

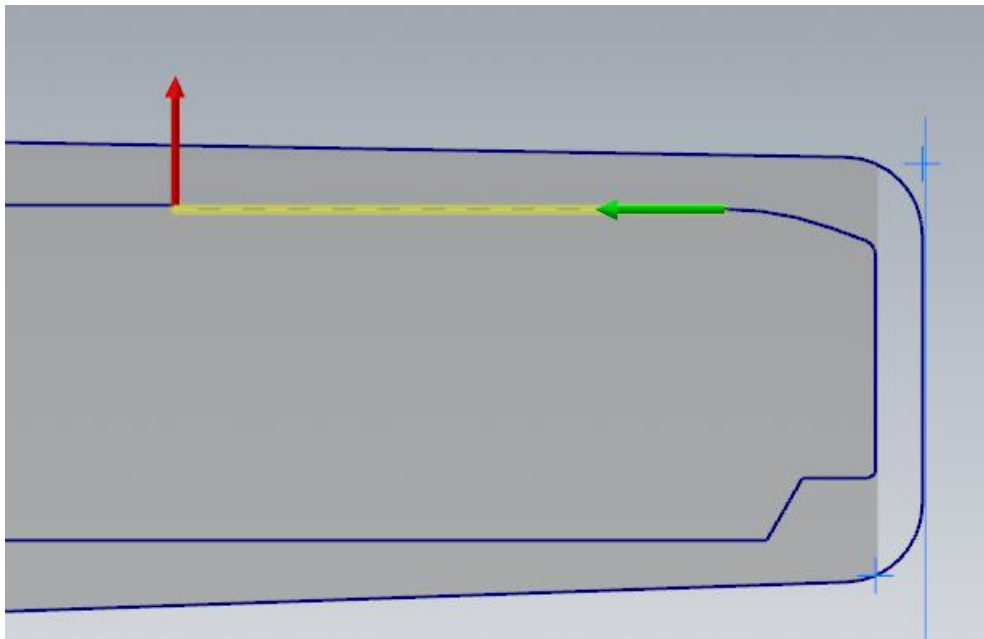
### ZAHVAT 3: Uzdužno tokarenje na mjeru $\phi 130,1$ mm

Kako bi napravili uzdužno tokarenje potrebno je kliknuti na *Turning* te zatim na *Rough* (Slika 6.26).



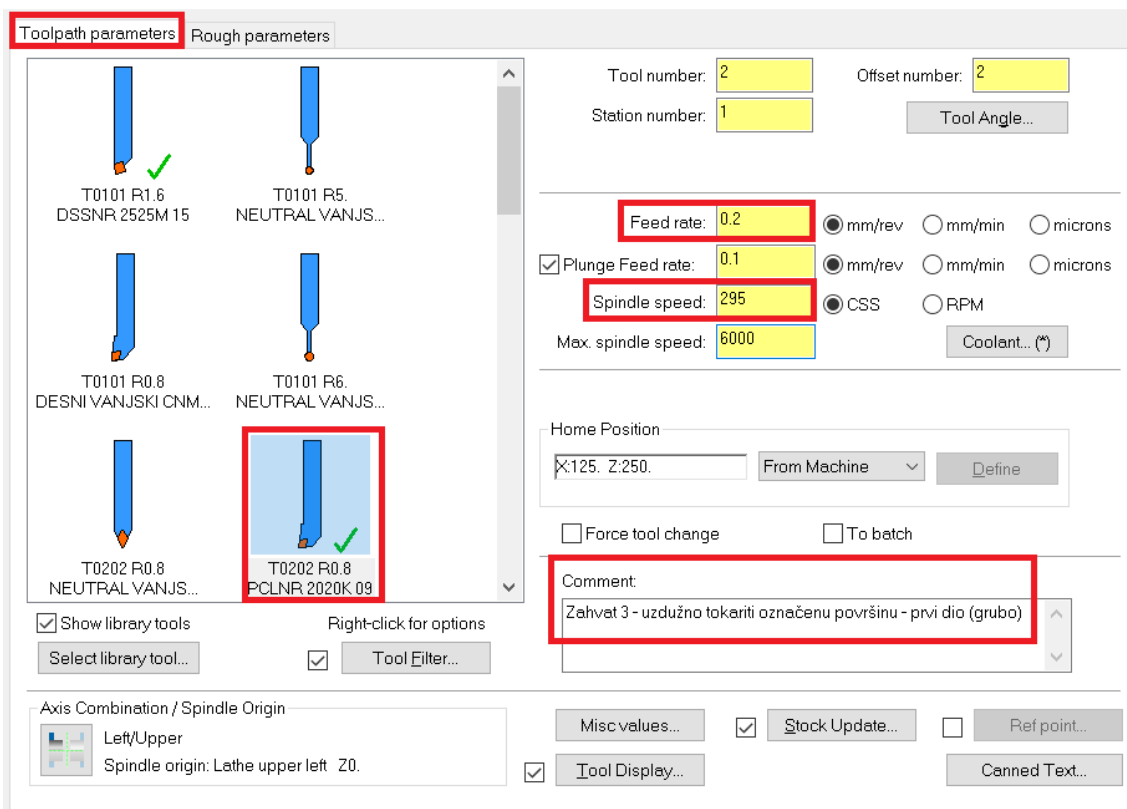
Slika 6.26 Odabir naredbe za uzdužno tokarenje (grubo)

Kada smo odabrali potrebnu naredbu moramo na konturi označiti smjer kretanja alata (Slika 6.27).



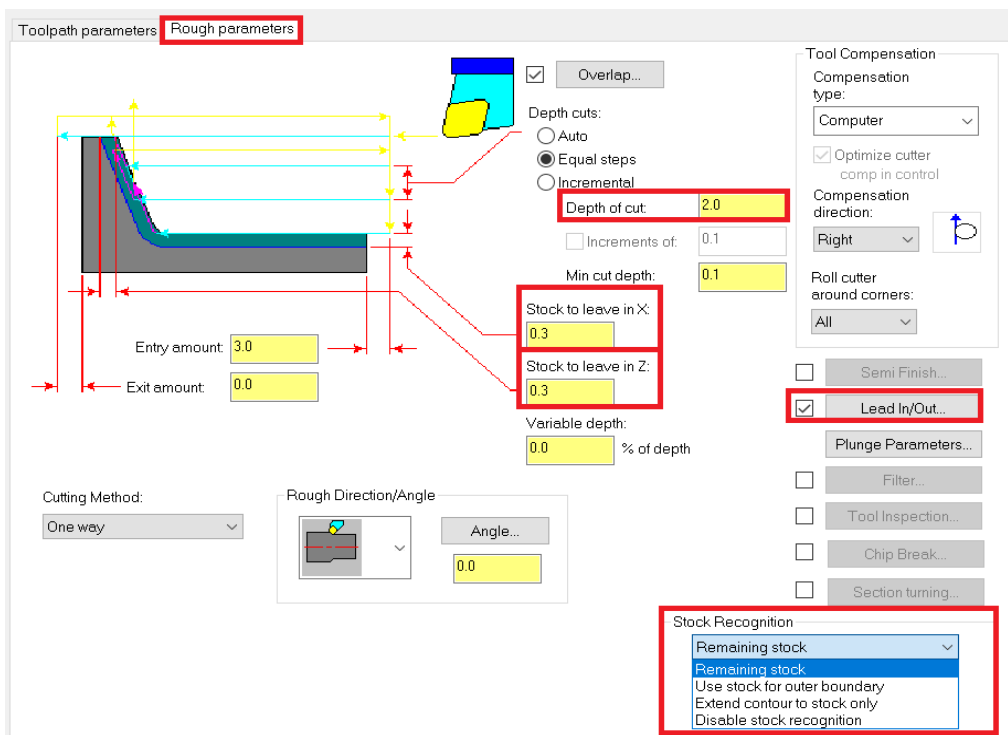
Slika 6.27 Smjer kretanja alata za treći zahvat

Nakon toga otvori se izbornik u kojem pod *Toolpath parameters* odabiremo odgovarajući alat kojeg smo uredili na isti način kao i alat u prethodnom zahvatu. Na slici 6.28 nalazi se odabir alata i režimi rada za treći zahvat.



Slika 6.28 Odabir alata i režimi rada za treći zahvat

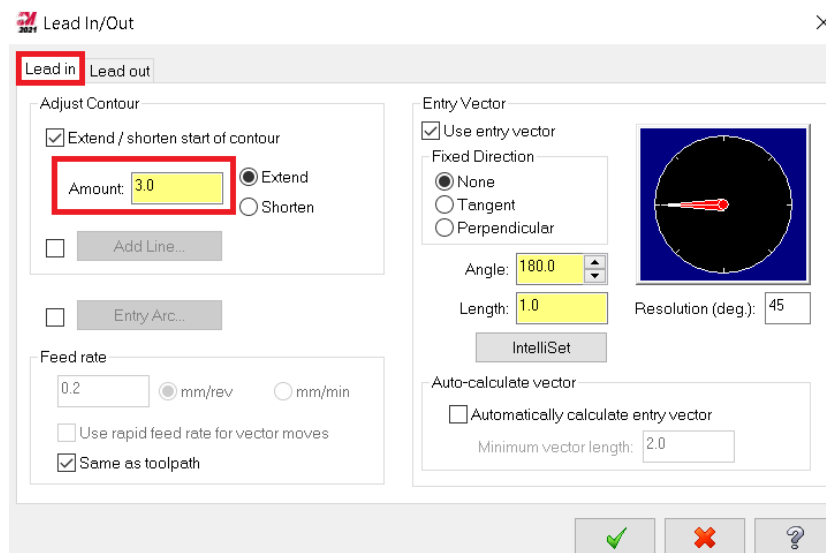
U kartici *Rough parameters* potrebno je postaviti *Stock to leave in X* i *Stock to leave in Z* na 0.3 jer se radi o gruboj obradi. Za dubinu rezanja obabiremo 2 kako je zadano u režimima obrade (Slika 6.29).



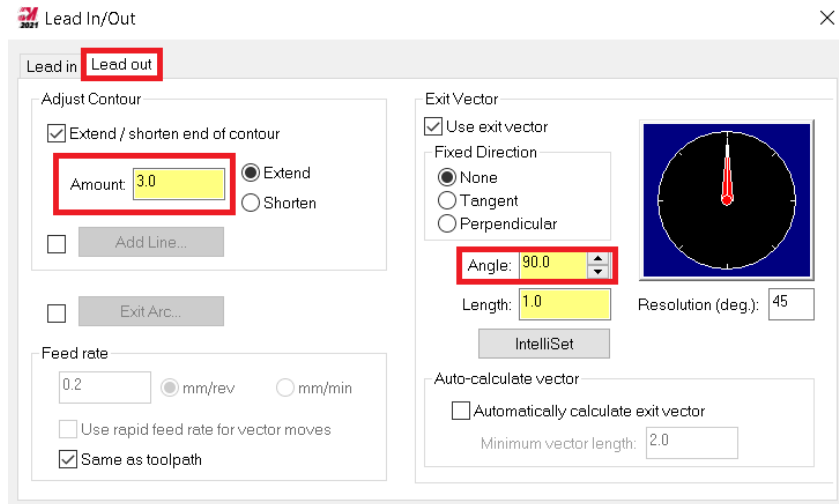
Slika 6.29 Određivanje parametara obrade za treći zahvat

Pod *Stock Recognition* prvotno je postavljeno *Use stock for outer boundary* no potrebno je postaviti *Remaining stock*. Ta opcija odabire se u slučaju kada kontura ne počinje sa čelne strane (Slika 6.28).

Ulaz i izlaz alata uključuje se u kartici *Lead In/Out...* (Slika 6.30, Slika 6.31).



Slika 6.30 Uključivanje ulaza alata



Slika 6.31 Uključivanje izlaza alata

Na slici 6.32 prikazano je vrijeme trajanja trećeg zahvata.

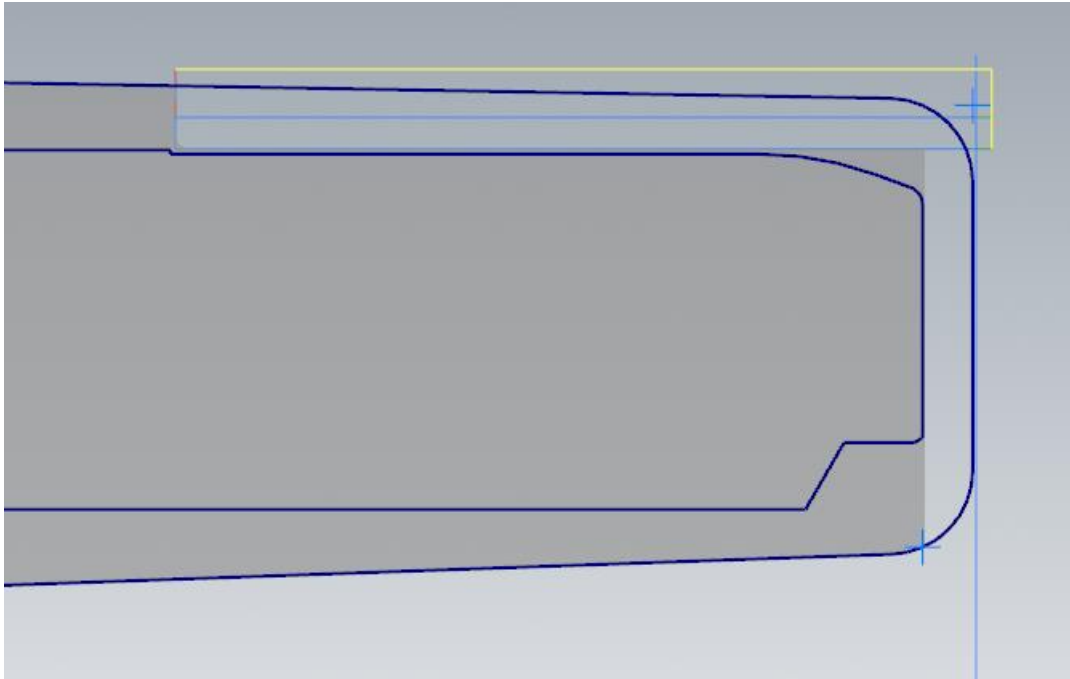
Details		Information	
Cycle Time			
Feed		43.71 s	
Rapid		1.43 s	
Total		46.14 s	
Path Length			
Feed		103.51236	
Rapid		606.42014	
Minimum/		65.05	

Slika 6.32 Vrijeme trajanja trećeg zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 43,71 \text{ s} = 0,73 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,70 \text{ min}$

Na sljedećoj slici (Slika 6.33) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon trećeg zahvata.

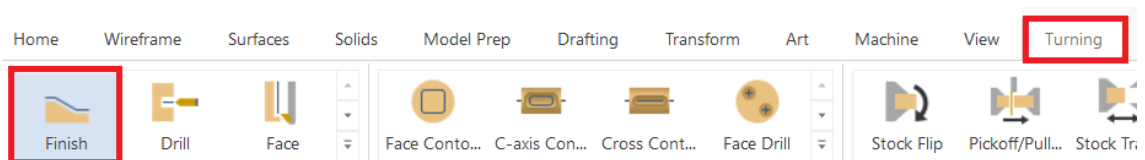




Slika 6.33 Izgled obratka nakon trećeg zahvata

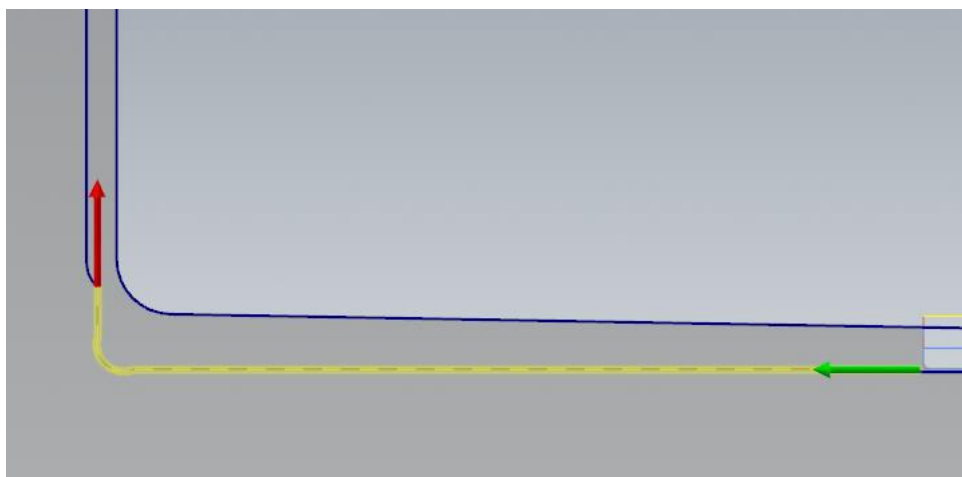
#### ZAHVAT 4: Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

Konturno tokarenje (u ovom slučaju vanjsko) radi se pomoću naredbe *Contour rough*. No, umjesto toga upotrijebit ćemo funkciju *Finish* (Slika 6.34).



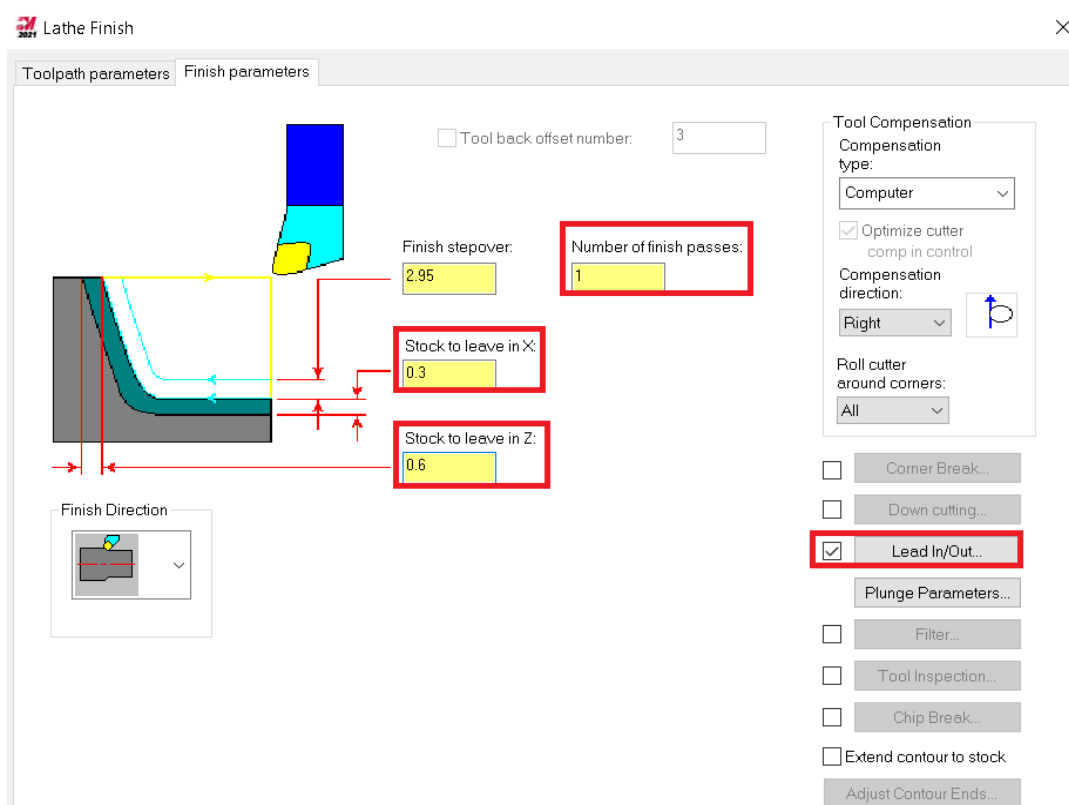
Slika 6.34 Odabir naredbe za konturno tokarenje

Ta funkcija se uglavnom koristi za finu obradu, ali se može koristiti i za grubu, uz dodatak za finu obradu. Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.35).



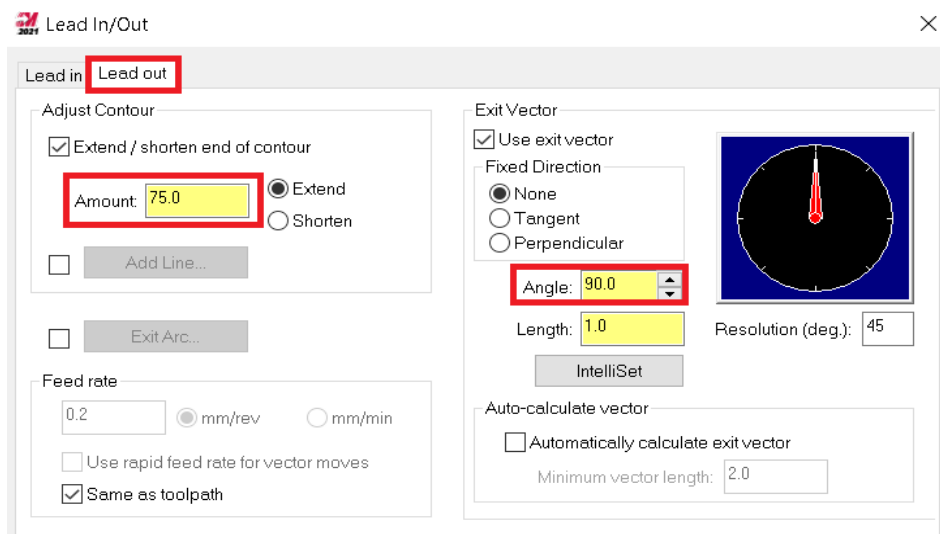
Slika 6.35 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat

Uzima se isti alat kao u trećem zahvatu. Samim time i režimi obrade ostaju isti. Pod karticom *Finish parameters* postavlja se *Stock to leave in X* na 0.3 te *Stock to leave in Z* na 0.6. Broj prolaza postavlja se na 1 (Slika 6.36).



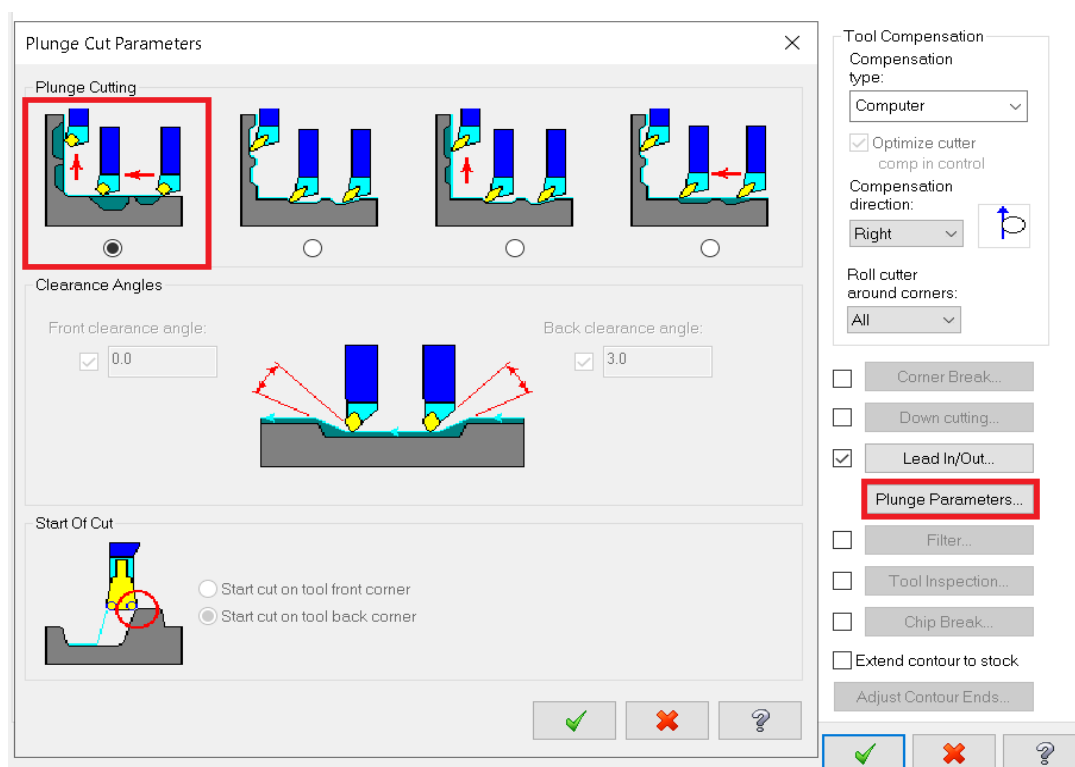
Slika 6.36 Parametri obrade za četvrti zahvat

Potrebno je uključiti izlaz alata (Slika 6.37).



Slika 6.37 Uključivanje izlaza alata

Najvažnije kod ovog zahvata je korištenje funkcije *Plunge parameters*. Potrebno je odabrati prvu od ponuđenih opcija (Slika 6.38) kako ne bi došlo do poniranja kod obrade detalja. Detalj ćemo kasnije obraditi još sa finom obradom.



Slika 6.38 Nema poniranja alata prilikom tokarenja

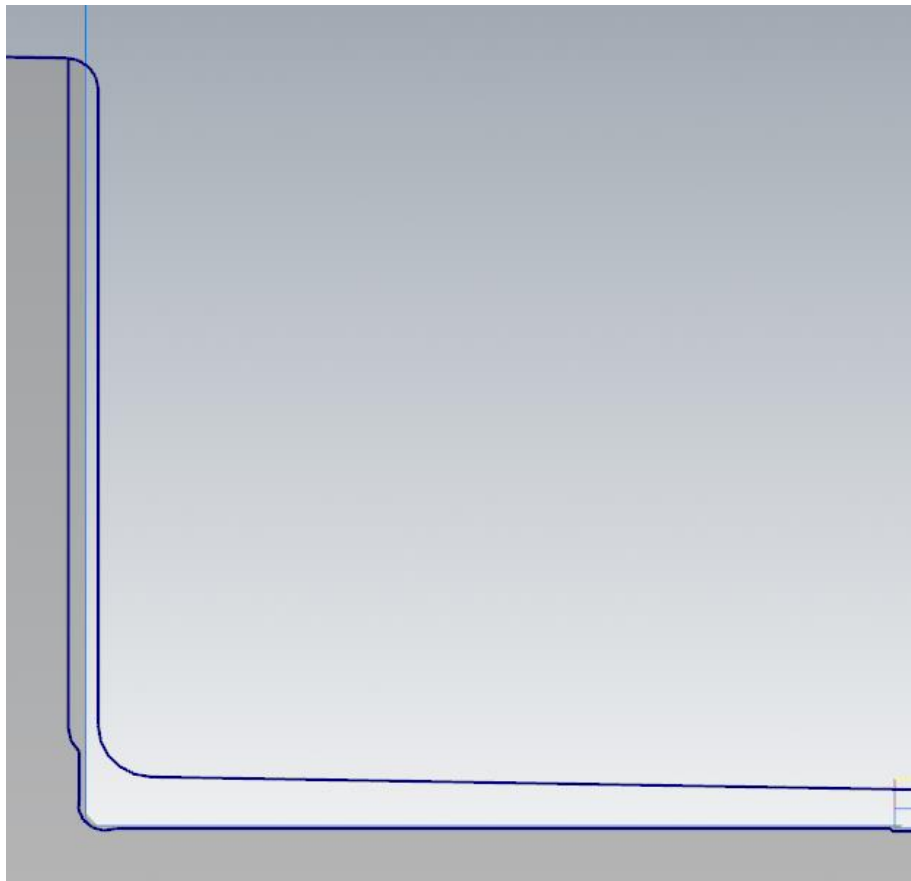
Na slici 6.39 prikazano je vrijeme trajanja četvrtog zahvata.

Details		Information	
		Cycle Time ^	
Feed		1m:28.21s	
Rapid		1.59s	
Total		1m:30.80s	v

Slika 6.39 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1 \text{ min } 28,21 \text{ s} = 1,47 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 1,72 \text{ min}$

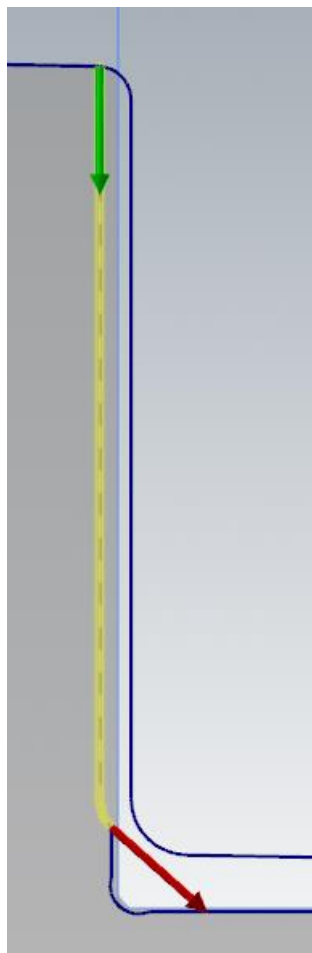
Na sljedećoj slici (Slika 6.40) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon četvrtog zahvata.



Slika 6.40 Izgled obratka nakon četvrtog zahvata

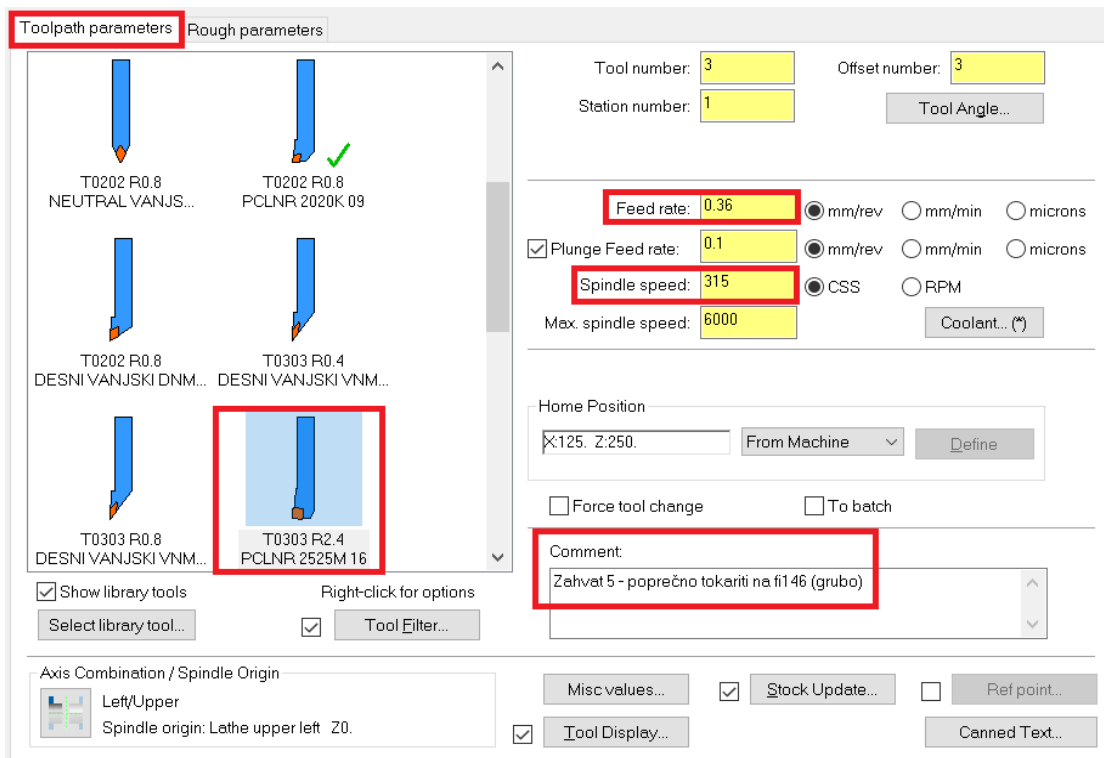
**ZAHVAT 5:** Grubo poprečno tokarenje na mjeru  $\phi 146$  mm

Ovaj zahvat raditi će se pomoću naredbe *Rough*. Na slici 6.41 prikazan je smjer kretanja alata.



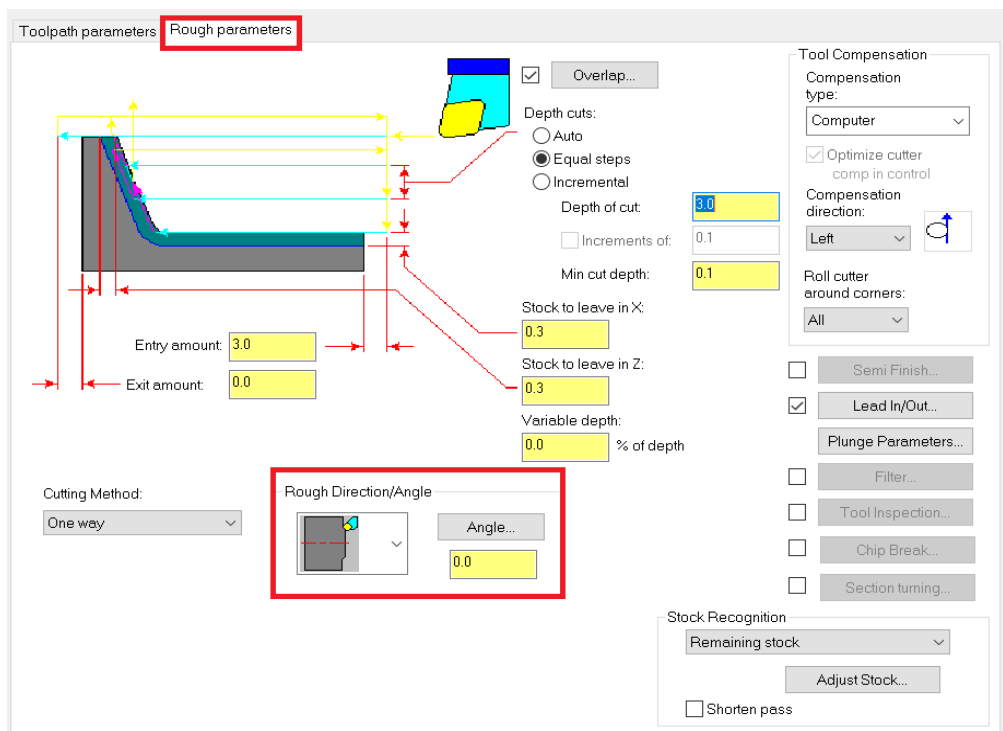
Slika 6.41 Smjer kretanja alata za peti zahvat

Alat koji se uzima za ovaj zahvat i njegovi režimi rada prikazani su na slici 6.42.



Slika 6.42 Odabir alata i režimi rada za peti zahvat

Najvažniji korak kod ovog zahvata je pod *Rough direction* promijeniti smjer kretanja alata (Slika 6.43). U drugim slučajevima kretanja alata *Mastercam* će javljati pogrešku.



Slika 6.43 Parametri obrade i smjer kretanja alata za peti zahvat

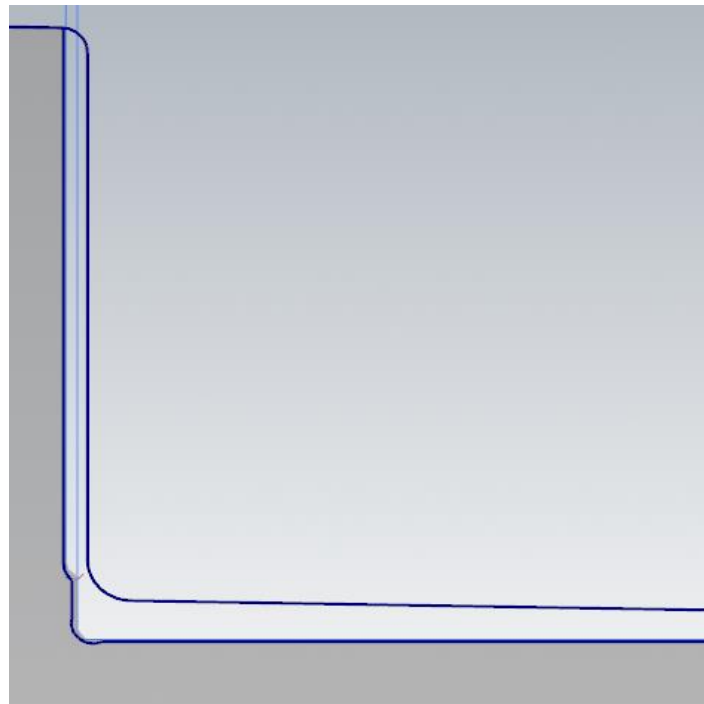
Na slici 6.44 prikazano je vrijeme trajanja petog zahvata.

Details		Information	
		Cycle Time	
Feed	🌐	26.66s	
Rapid	🚀	1.77s	
Total		🕒	29.43s
		Path Length	
Feed	↔	74.56809	
Rapid	→	742.72229	
Minimum/		×	72.60034

Slika 6.44 Vrijeme trajanja petog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 26,66 \text{ s} = 0,44 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,39 \text{ min}$

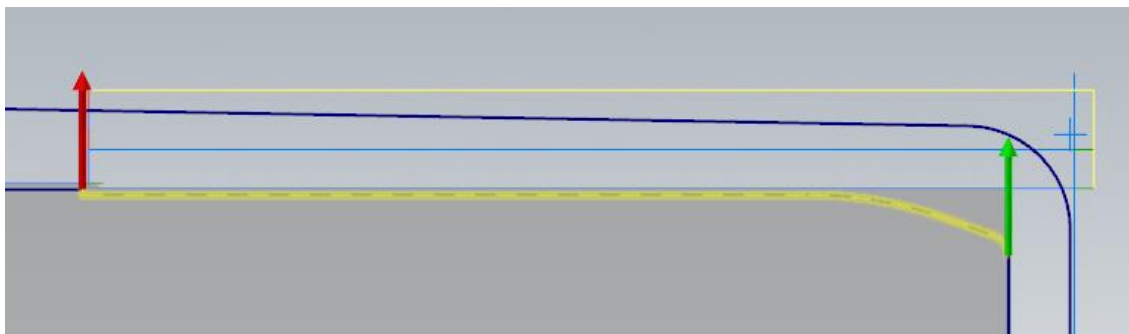
Na sljedećoj slici (Slika 6.45) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon petog zahvata.



Slika 6.45 Izgled obratka nakon petog zahvata

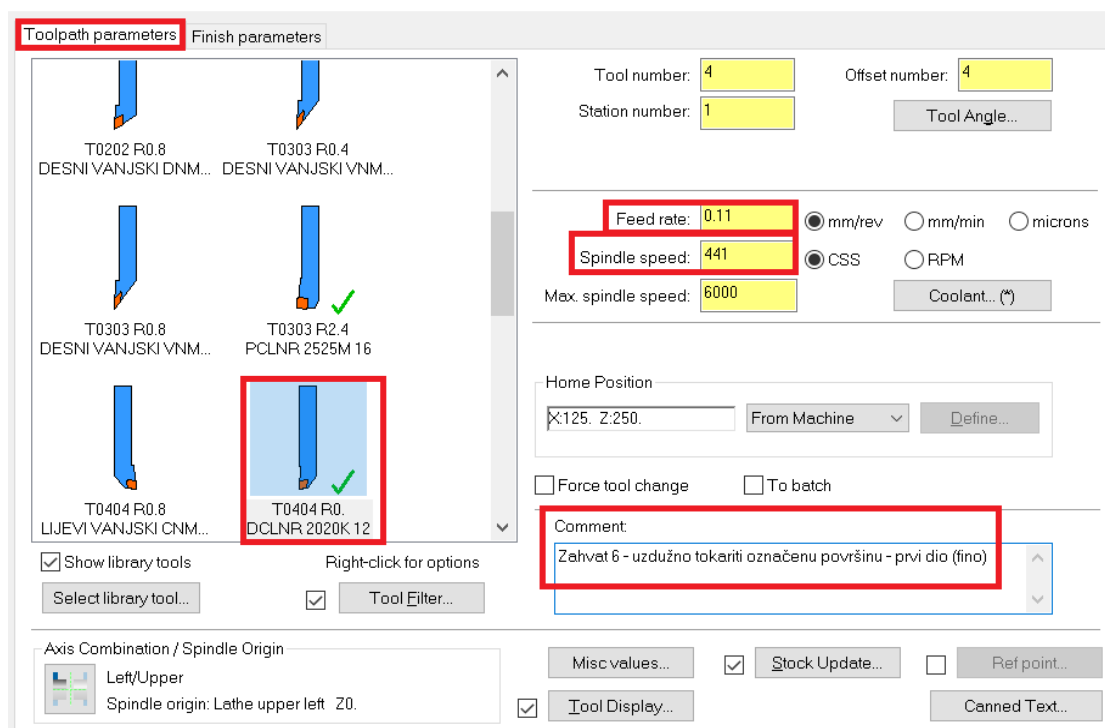
## ZAHVAT 6: Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 1. dio

Fino uzdužno tokarenje radi se pomoću naredbe *Finish*. Na slici 6.46 prikazan je smjer kretanja alata.



Slika 6.46 Smjer kretanja alata za šesti zahvat

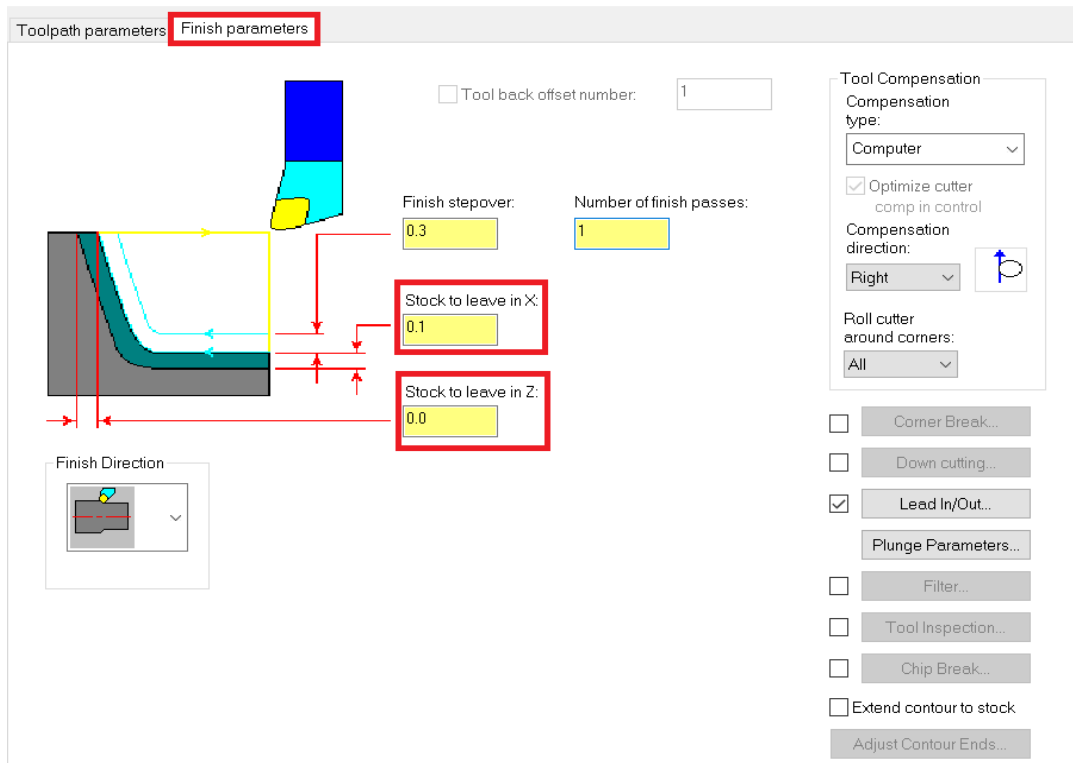
Na slici 6.47 prikazan je odabrani alat za fino obradu i njegovi parametri.



Slika 6.47 Odabrani alat i parametri obrade za šesti zahvat

Pod *Finish parameters* potrebno je pod *Stock to leave in X* i *stock to leave in Z* postaviti 0 jer se radi o finoj obradi. PO površini koja je definirana kao X os potrebno je kasnije napraviti brušenje pa se ostavlja dodatak od 0.1 mm (Slika 6.48).





Slika 6.48 Parametri obrade za šesti zahvat

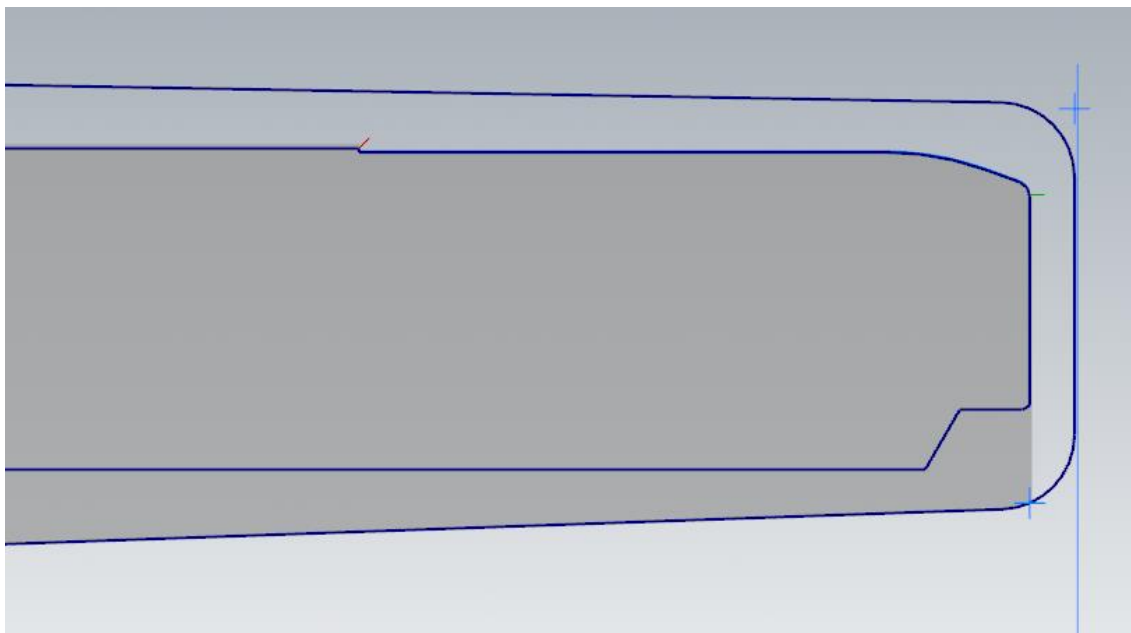
Na slici 6.49 prikazano je vrijeme trajanja šestog zahvata.

Details		Information	
		Cycle Time	
Feed		24.28s	
Rapid		1.30s	
Total		26.59s	
		Path Length	
Feed		47.9965	
Rapid		557.07737	
Minimum/		61.89979	

Slika 6.49 Vrijeme trajanja šestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 24,28 \text{ s} = 0,40 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,42 \text{ min}$

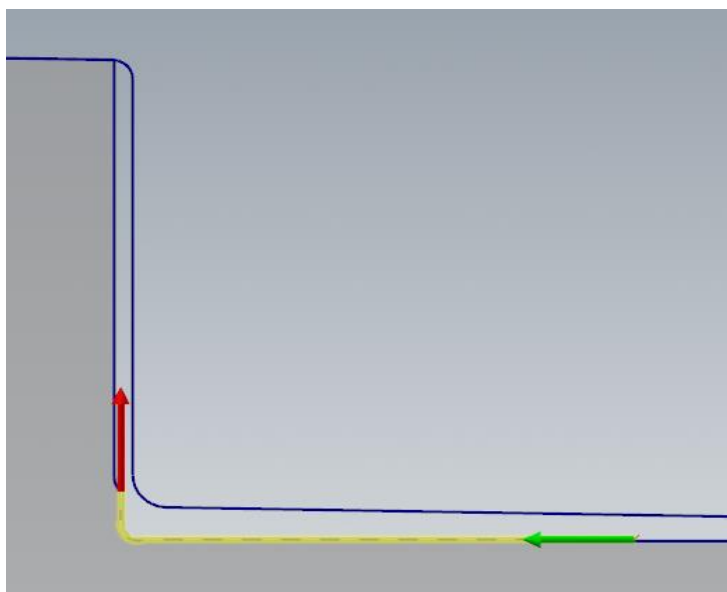
Na sljedećoj slici (Slika 6.50) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon šestog zahvata.



*Slika 6.50 Izgled obratka nakon šestog zahvata*

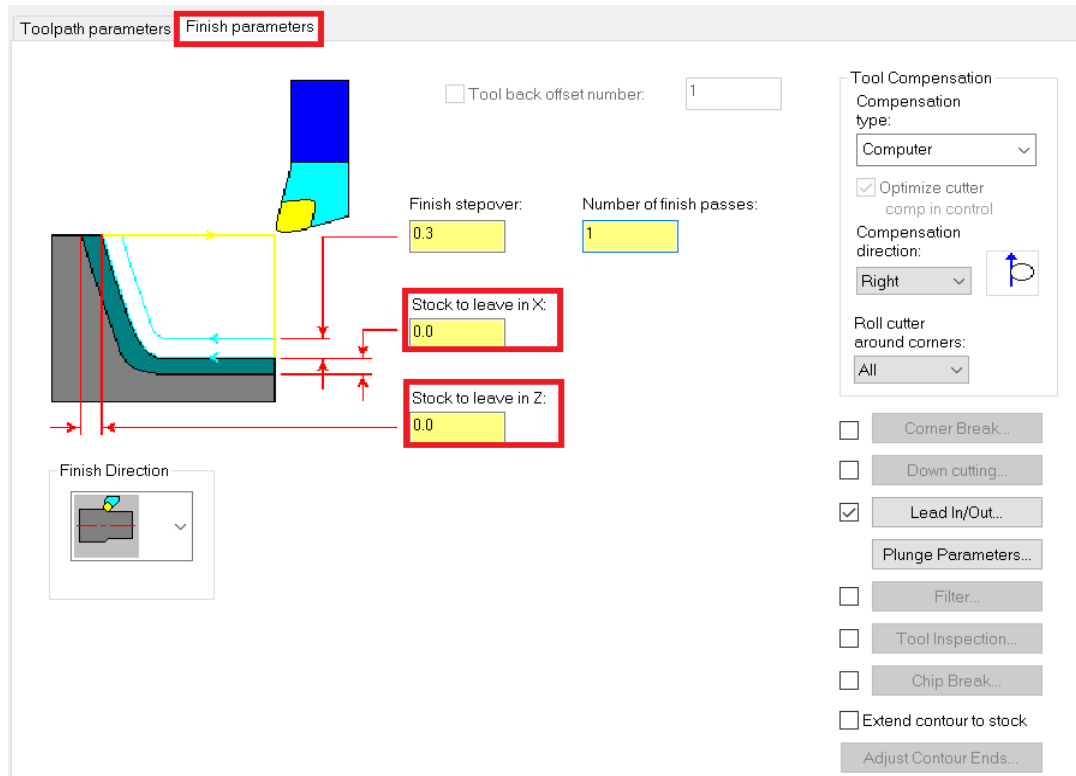
**ZAHVAT 7:** Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 2. dio

Princip rada je isti kao u prethodnom zahvatu, samo će se ovdje obraditi i detalj B. Na slici 6.51 prikazan je smjer kretanja alata.



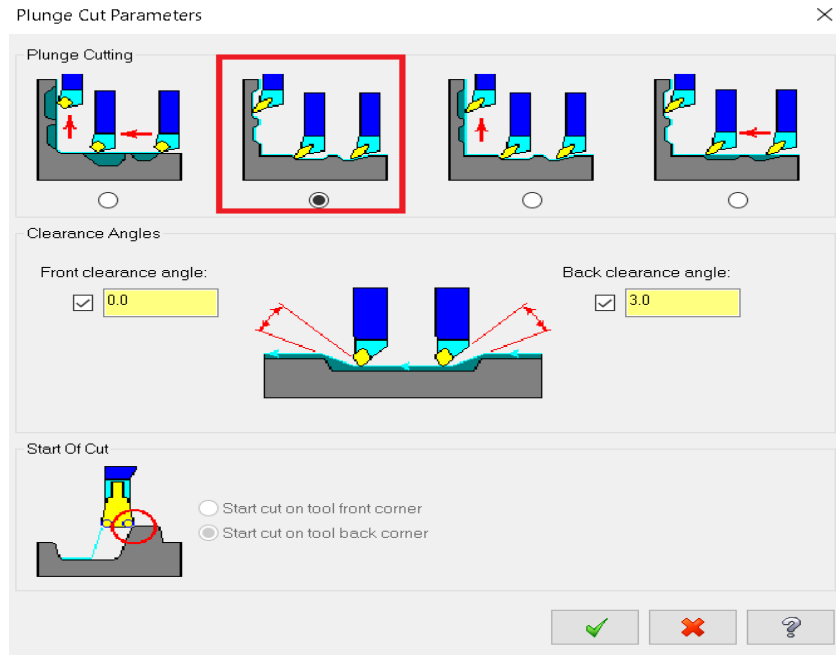
*Slika 6.51 Smjer kretanja alata za sedmi zahvat*

Alat koji se koristi je isti kao u prethodnom zahvatu. Kod ove površine nema brušenja pa nema dodatka za obradu po X i Z osi. *Stock to leave in X* i *Stock to leave in Z* postavljaju se na 0 mm (Slika 6.52).



Slika 6.52 Parametri obrade za sedmi zahvat

Kod ovog zahvata prilikom obrade detalja B dolazi do poniranja pa je pod *Plunge parameters* potrebno odabrati drugu po redu ponuđenu opciju (Slika 6.53).



Slika 6.53 Prilikom obrade dolazi do poniranja

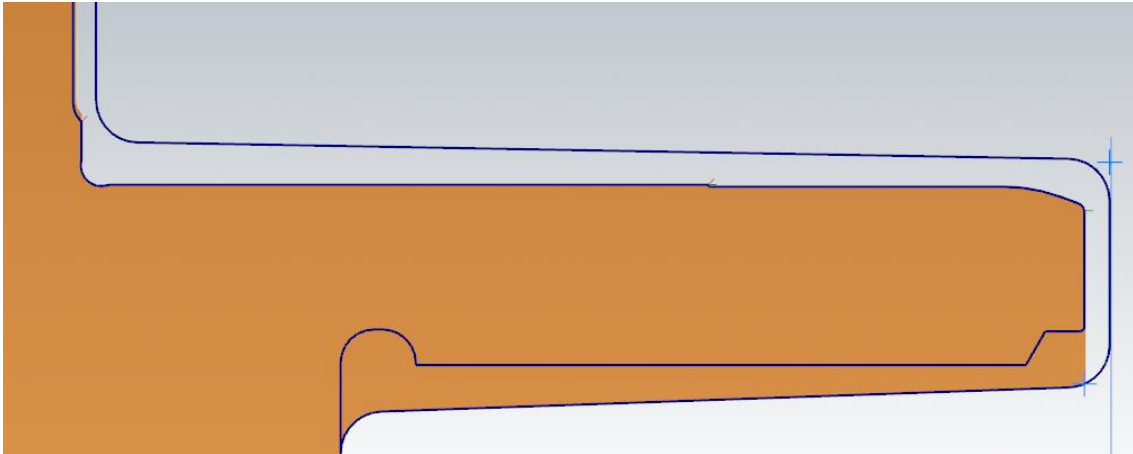
Na slici 6.54 prikazano je vrijeme trajanja sedmog zahvata.

Details		Information	
		Cycle Time	
Feed		42.59s	
Rapid		1.59s	
Total		45.18s	
		Path Length	
Feed		83.71597	
Rapid		672.96715	
Minimum/		64.93726	

Slika 6.54 Vrijeme trajanja sedmog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 42,59 \text{ s} = 0,71 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,74 \text{ min}$

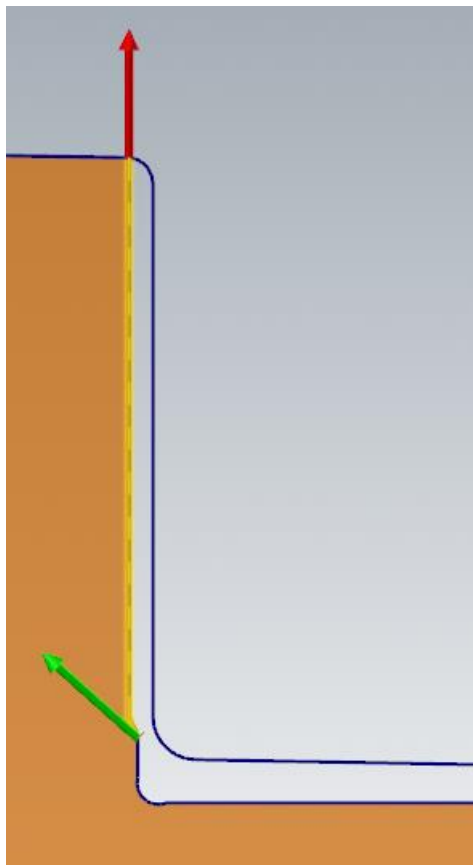
Na sljedećoj slici (Slika 6.55) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon sedmog zahvata.



Slika 6.55 Izgled obratka nakon sedmog zahvata

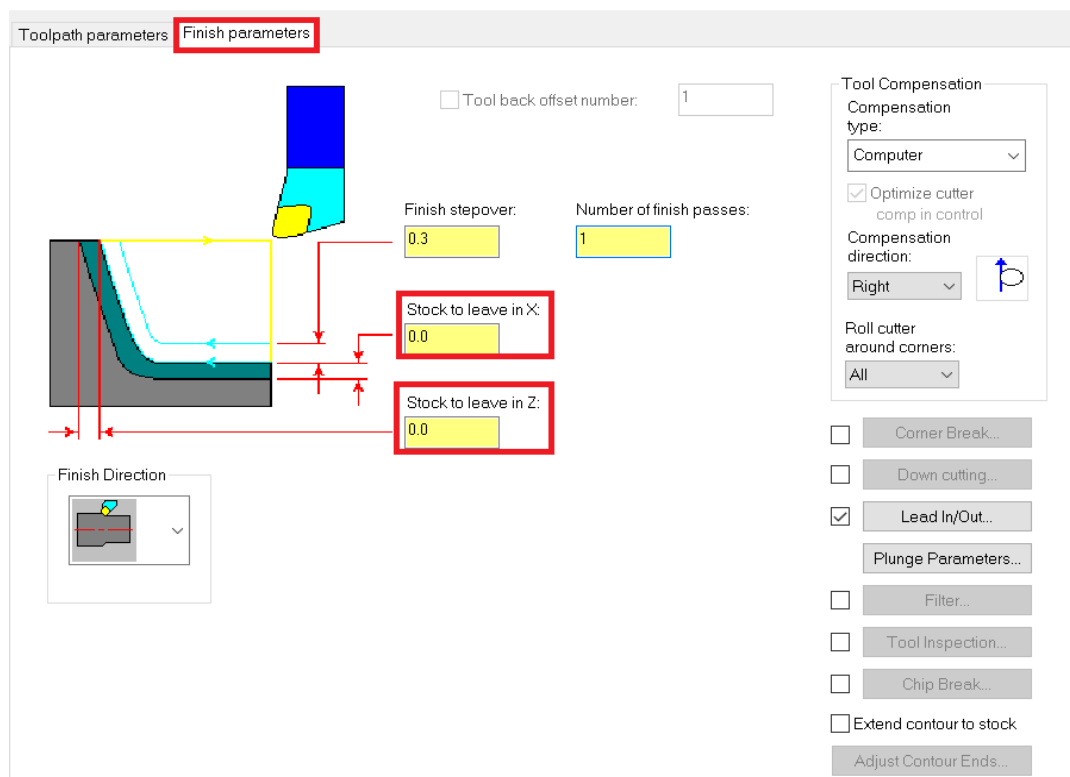
**ZAHVAT 8:** Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru  $\phi 145$  mm s radijusom R3

Uzima se isti alat kao u prethodna dva zahvata. Na slici 6.56 prikazan je smjer kretanja alata, a kako se radi o finoj obradi uzima se opcija *Finish*.



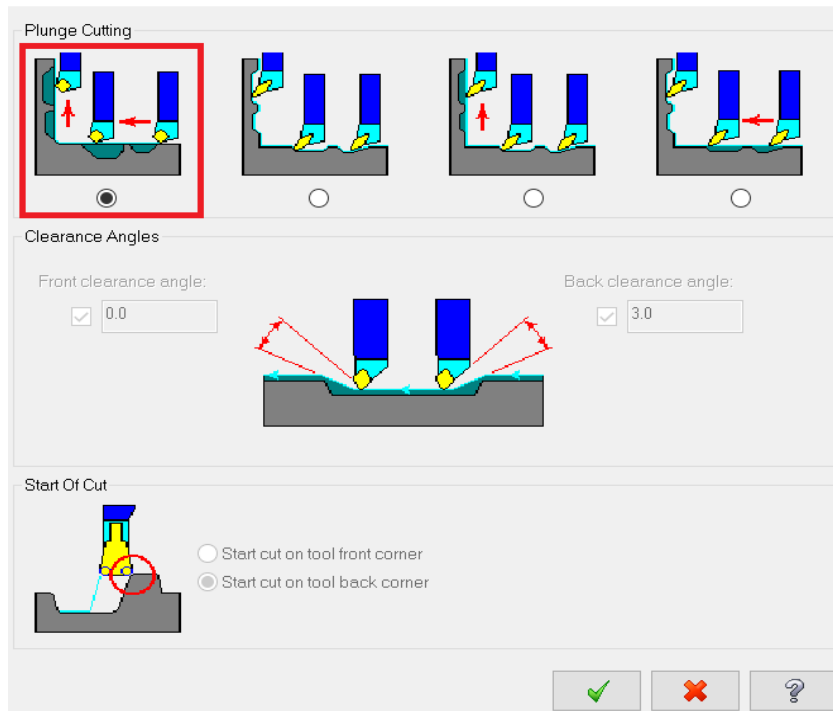
Slika 6.56 Smjer kretanja alata za osmi zahvat

Radi se o tokarenju na konačne dimenzije pa nema nikakvih dodataka za obradu (Slika 6.57).



Slika 6.57 Parametri obrade za osmi zahvat

U ovom zahvatu nema poniranja pa se pod *Plunge parameters* odabire prva od ponuđenih opcija (Slika 6.58).



Slika 6.58 Nema poniranja alata prilikom tokarenja

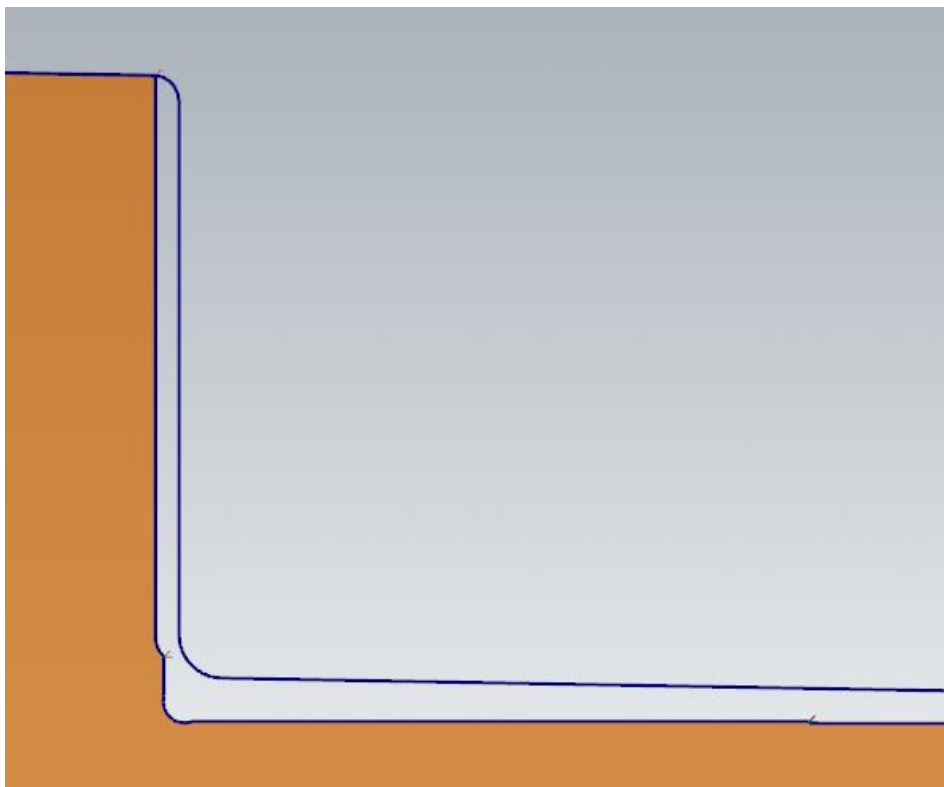
Na slici 6.59 prikazano je vrijeme trajanja osmog zahvata.

Details		Information	
		Cycle Time	
Feed		57.63s	
Rapid		1.77s	
Total		1m:0.41s	
		Path Length	
Feed		69.80459	
Rapid		743.50574	
Minimum/	X	72.5	1

Slika 6.59 Vrijeme trajanja osmog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 57,63 \text{ s} = 0,96 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,92 \text{ min}$

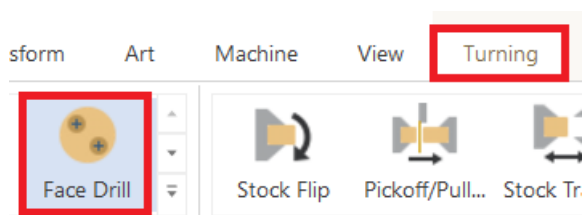
Na sljedećoj slici (Slika 6.60) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon osmog zahvata.



Slika 6.60 Izgled obratka nakon osmog zahvata

**ZAHVAT 9:** Proširavanje 6 provrta s  $\phi 40$  na  $\phi 44,4$  mm

Provrte proširujemo sa alatom promjera od 44,4 mm. Zahvat radimo pomoću naredbe *Face drill* (Slika 6.61).



Slika 6.61 Odabir naredbe za proširenje provrta

Kako bi proširili provrte potrebno je označiti središta triju provrta (svaka 2 provrta imaju isto središte). Nakon što smo označili provrte potrebno je kreirati glodalo. Dimenzije glodala prikazane su na slici 6.62, a na slici 6.63 nalaze se njegovi režimi rada.



Current Step:

Define Tool Geometry

Finalize Properties

### Define Flat endmill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

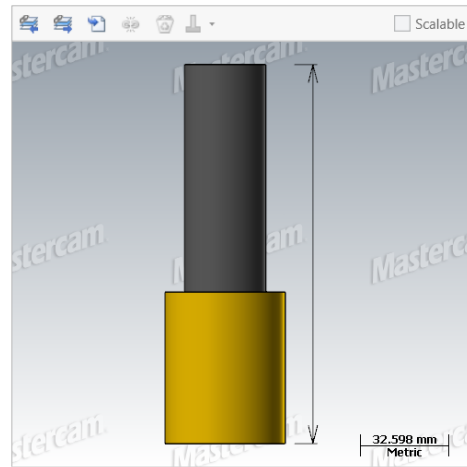
Overall dimensions

Cutting diameter: 44.4  
Overall length: 140  
Cutting length: 56

Tip / corner treatment

Non-cutting geometry

Shoulder length: 56  
Shoulder diameter: 44.4  
Shank diameter: 30



Slika 6.62 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deveti zahvat

Toolpath Type

- Tool
- Holder
- Cut Parameters
- Linking Parameters
  - Tip Comp
  - Home / Ref. Points
- Planes
- Coolant
- Canned Text
- Misc Values
- Axis Control
  - Axis Combination
  - Rotary Axis Control

Quick View Settings

Tool: GLODALO 40  
Tool Diameter: 44.4  
Corner Radius: 0  
Feed Rate: 847.2  
Spindle Speed: 1412  
Coolant: Off  
Tool Length: 140  
Length Offset: 8  
Diameter Offset: 8  
Cplane / Tpla...: Lathe upper left [...]  
Axis Combinat...: Left/Upper  
Tip comp: Off

#	Assembly...	Tool Name	Holder N...	Dia.
8		GLODALO 40		44.4
9		GLODALO 45 H7		45.0
6		SVRDLO 6.8		6.8
7		UREZNIK (zahvat 11)		8.0-1
5		ZABUSIVAC (zahvat9)		3.28

Tool diameter: 44.4  
Corner radius: 0.0  
Tool name: GLODALO 40  
Tool #: 8  
Length offset: 8  
Head #: -1  
Diameter offset: 8

Spindle direction: CW

Feed rate: 847.2  
Spindle speed: 1412  
FPT: 0.15  
CS: 196.9614

Plunge rate: 1100.0  
Retract rate: 9999.0

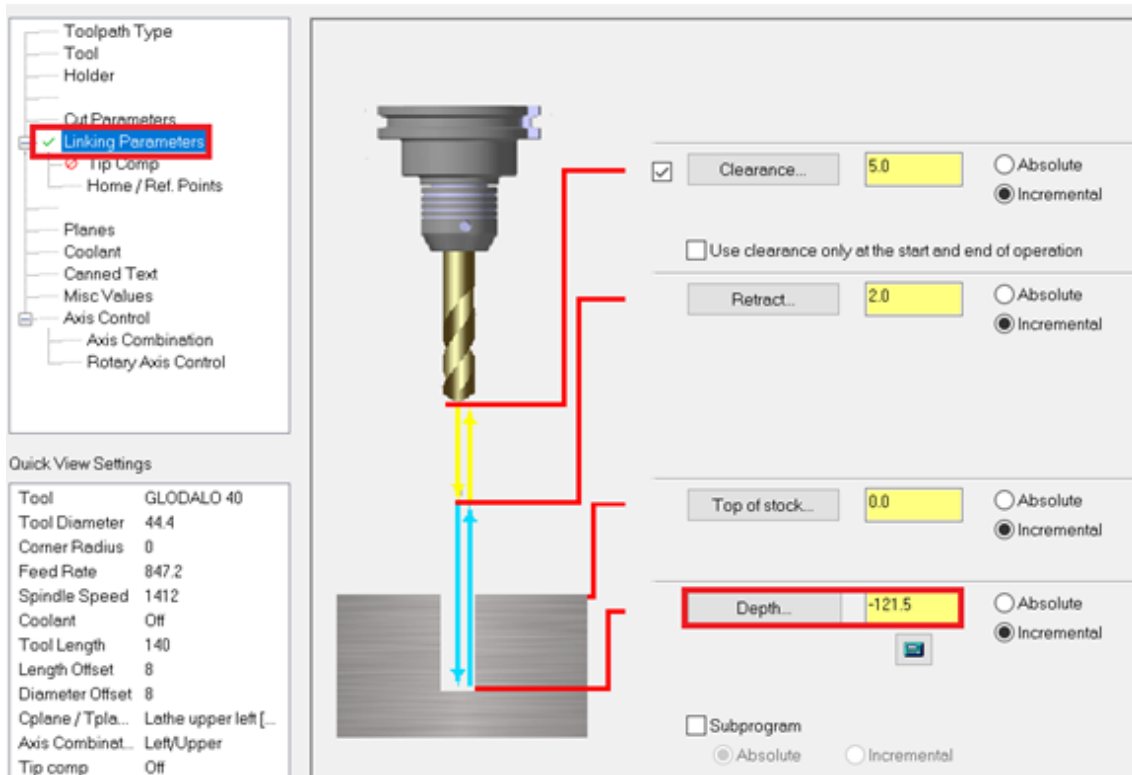
Force tool change  
Rapid Retract

Comment  
Zahvat 9 - prosičiti provrte (6) sa fi 40 ma fi 44.4 mm

Select library tool... Filter Active Filter...  
To batch

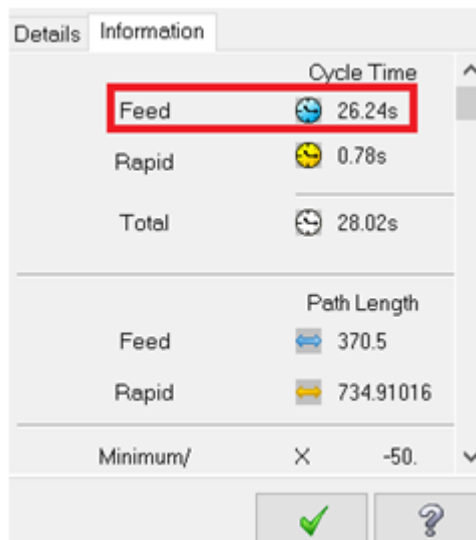
Slika 6.63 Režimi rada kreiranog glodala

U kartici *Linking parameters* potrebno je kliknuti na *Depth* te označavanjem rupe sa druge strane automatski se upisuje dubina rezanja koja iznosi 121.5 mm (Slika 6.64).



Slika 6.64 Upisivanje dubine rezanja

Na slici 6.65 prikazano je vrijeme trajanja devetog zahvata.

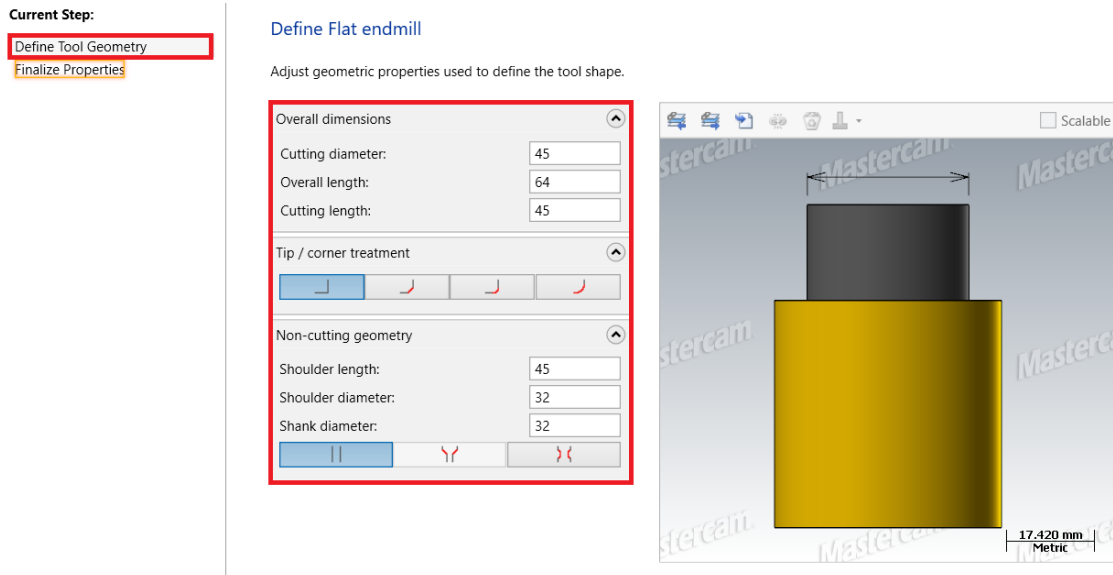


Slika 6.65 Vrijeme trajanja devetog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 26,24 \text{ s} = 0,44 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,45 \text{ min}$

## ZAHVAT 10: Glodanje svih 6 provrta na konačnu mjeru $\phi 45$ H7

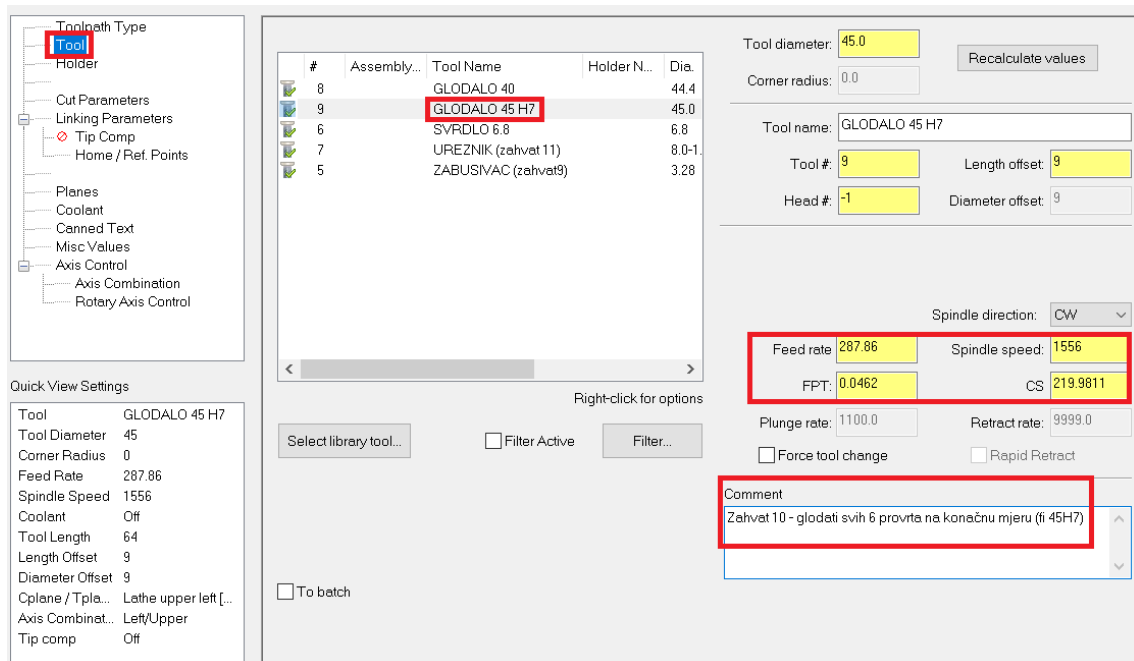
Princip rada je isti kao u prethodnom zahvatu, no uz upotrebu drugog glodala (Slika 6.66).



Slika 6.66 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deseti zahvat

Dimenzije glodala su jednake konačnim dimenzijama provrta. Provrta koji dijele središte obraditi će se u jednom prolazu.

Režimi rada za kreirano glodalo nalaze se na sljedećoj slici (Slika 6.67).



Slika 6.67 Režimi rada kreiranog glodala

Parametri obrade, poput dubine ostaju jednaki kao u prethodnom zahvatu.

Na slici 6.68 prikazano je vrijeme trajanja desetog zahvata.

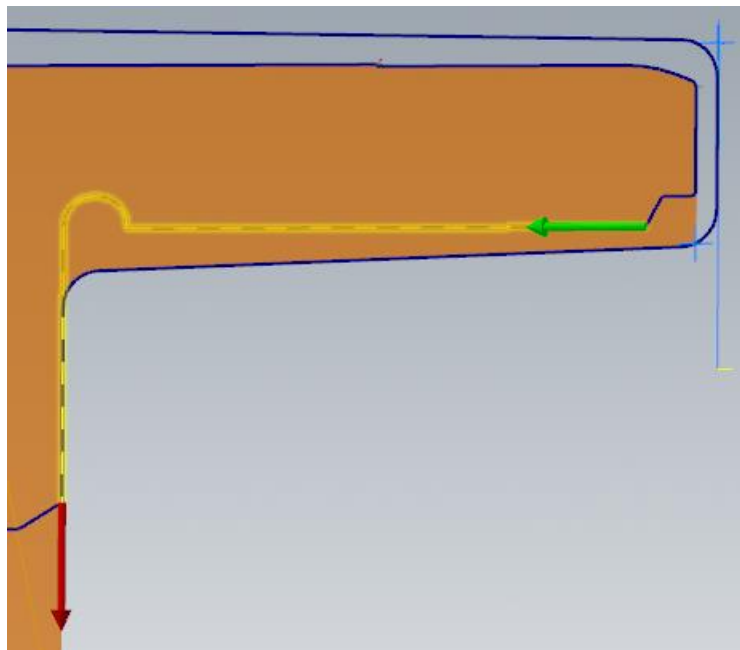
Cycle Time	
Feed	1m:17.23s
Rapid	0.78s
Total	1m:19.00s

Slika 6.68 Vrijeme trajanja desetog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1 \text{ min } 17,23 \text{ s} = 1,29 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 1,33 \text{ min}$

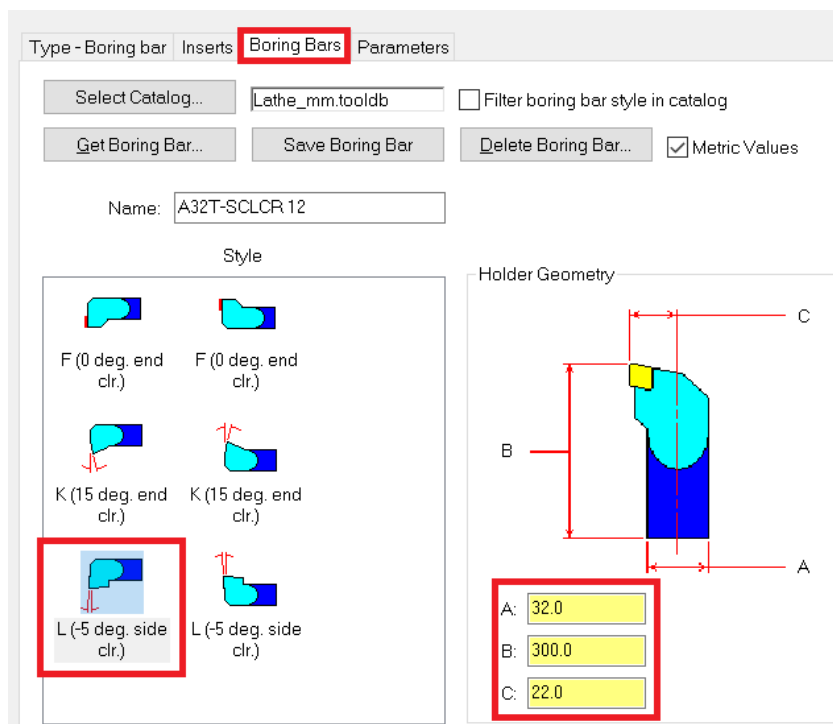
#### ZAHVAT 11: Tokarenje utora na mjeru $\phi 87 \text{ mm}$

Tokarenje utora radi se na sličan način kao vanjsko tokarenje. Odabire se naredba *Rough* te se označava put kretanja alata (Slika 6.69)



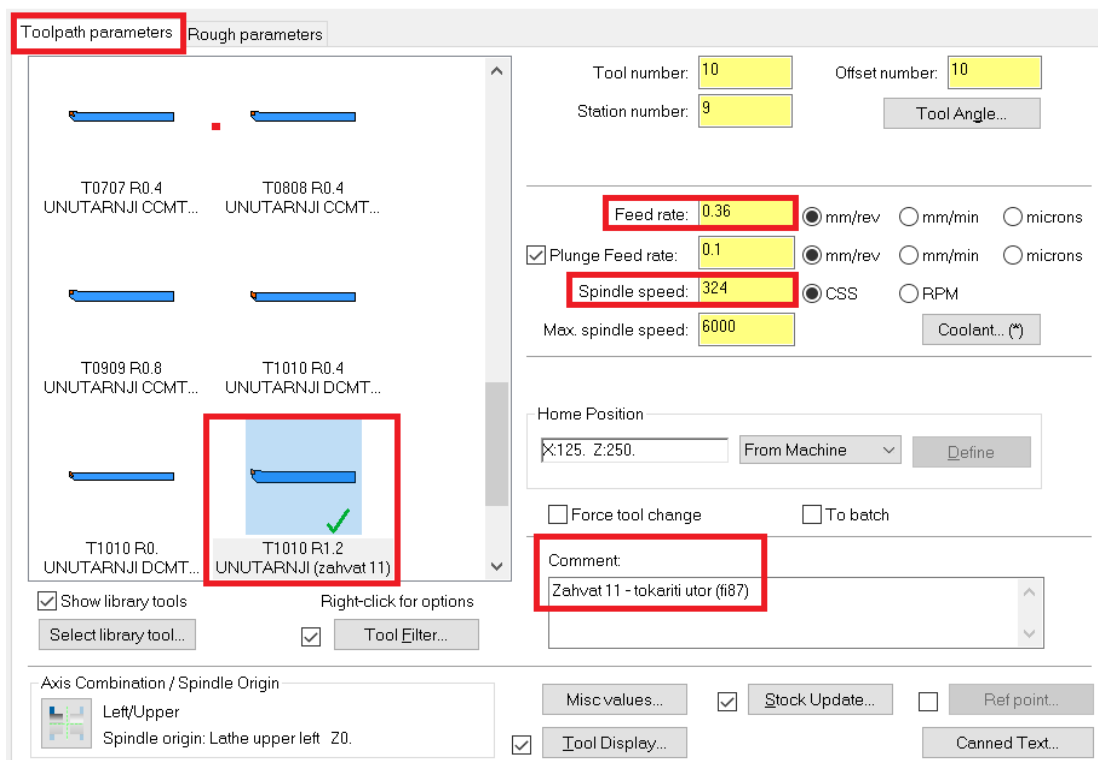
Slika 6.69 Smjer kretanja alata za jedanaesti zahvat

Kreira se alat za unutarnje tokarenje, čije su dimenzije prikazane na slici 6.70.



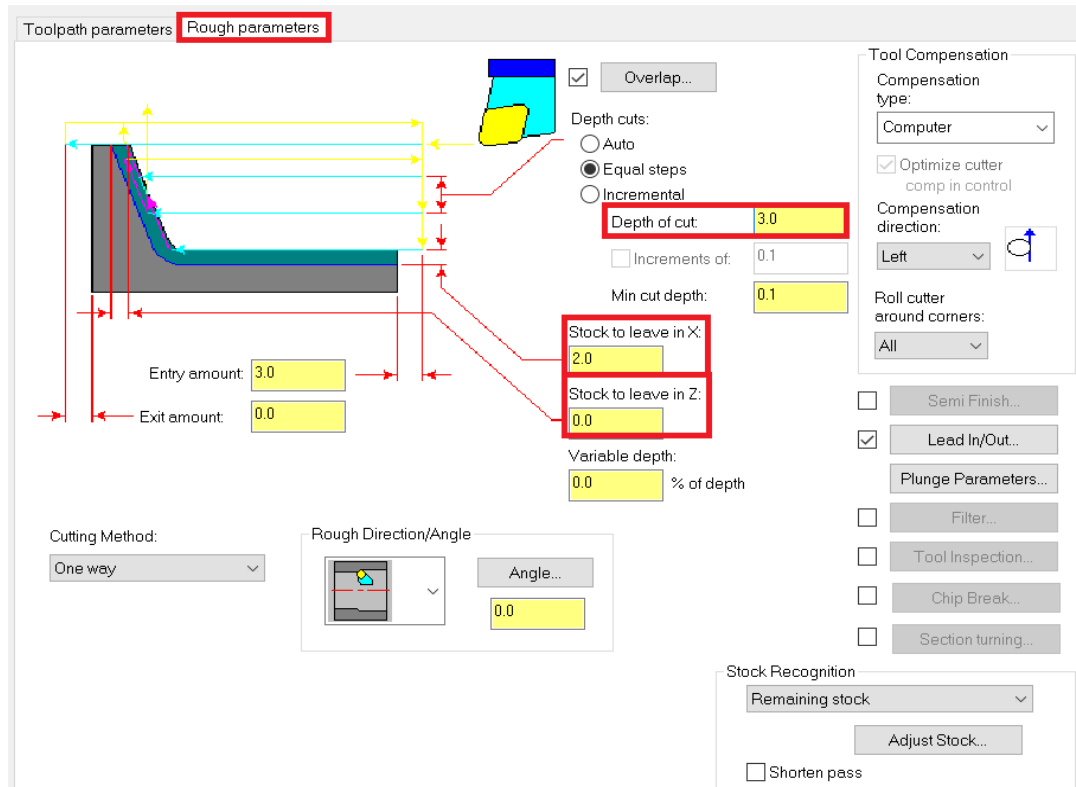
Slika 6.70 Dimenzije kreiranog glodala

Režimi rada prikazani su na slici 6.71.



Slika 6.71 Režimi rada kreiranog glodala

Pod *Stock to leave in X* upisuje se 2 i služi kao dodatak za obradu sa svake strane, odnosno za izradu ozubljenja. Pod *Stock to leave in Z* upisuje se 0 jer dodaci za obradu nisu potrebni (Slika 6.72).



Slika 6.72 Parametri obrade za jedanaesti zahvat

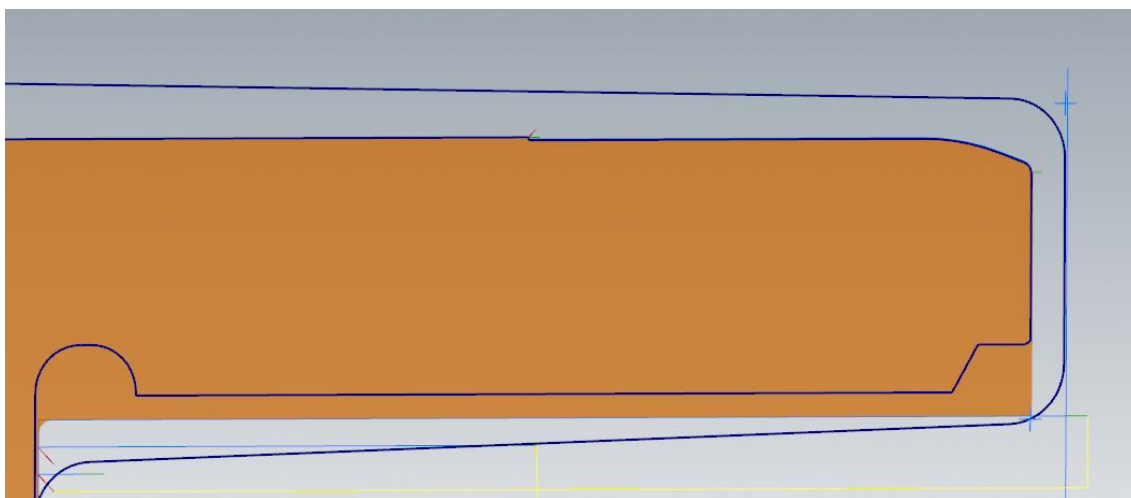
Na slici 6.73 prikazano je vrijeme trajanja jedanaestog zahvata.



Slika 6.73 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 17,82 \text{ s} = 0,30 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,43 \text{ min}$

Na sljedećoj slici (Slika 6.74) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon jedanaestog zahvata.

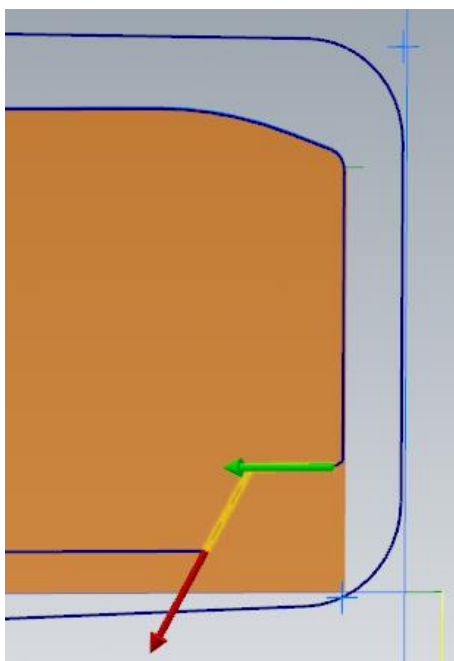


*Slika 6.74 Izgled obratka nakon jedanaestog zahvata*

**ZAHVAT 12:** Tokarenje na mjeru  $\phi 94,4$  mm

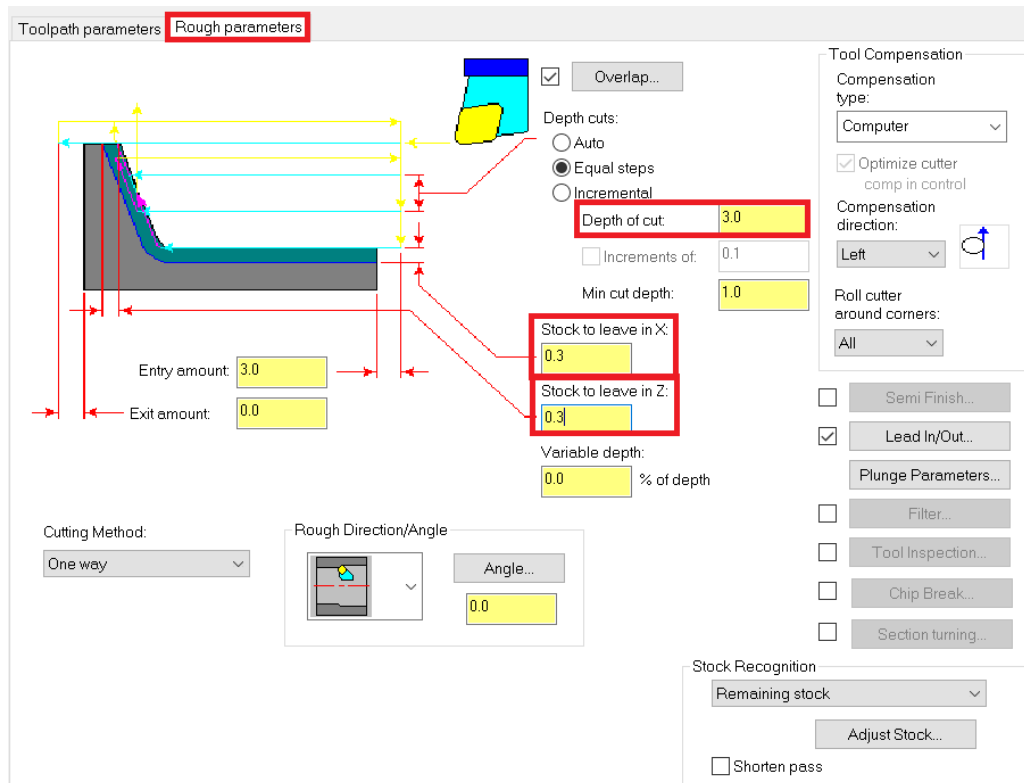
Tokarenje se radi pomoću iste naredbe kao prethodni zahvat te s istim alatom.

Put kretanja alata prikazan je na slici 6.75.



*Slika 6.75 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat*

Parametri obrade prikazani su na slici 6.76.



Slika 6.76 Parametri obrade za dvanaesti zahvat

Radi se o gruboj obradi pa se ostavlja dodatak od 0,3 pod *Stock to leave in X* i *Stock to leave in Z*. Pod *Depth of cut* (dubina rezanja) upisuje se 3.

Na slici 6.77 prikazano je vrijeme trajanja dvanaestog zahvata.

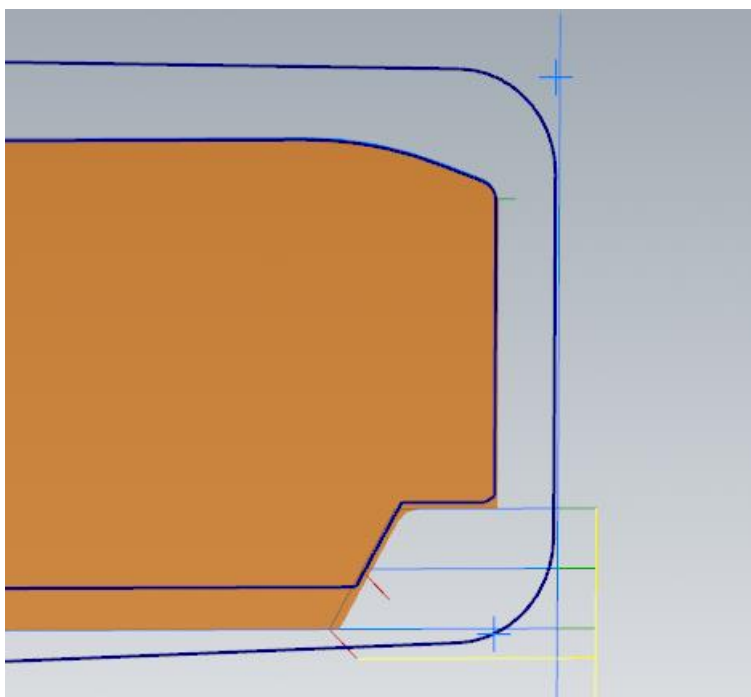


Slika 6.77 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 4,11 s = 0,07 min$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,08 min$



Na sljedećoj slici (Slika 6.78) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon dvanaestog zahvata.

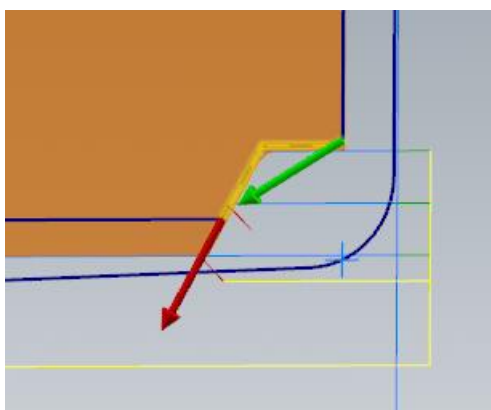


Slika 6.78 Izgled obratka nakon dvanaestog zahvata

**ZAHVAT 13:** Završno tokarenje na konačnu mjeru  $\phi 45$  H7

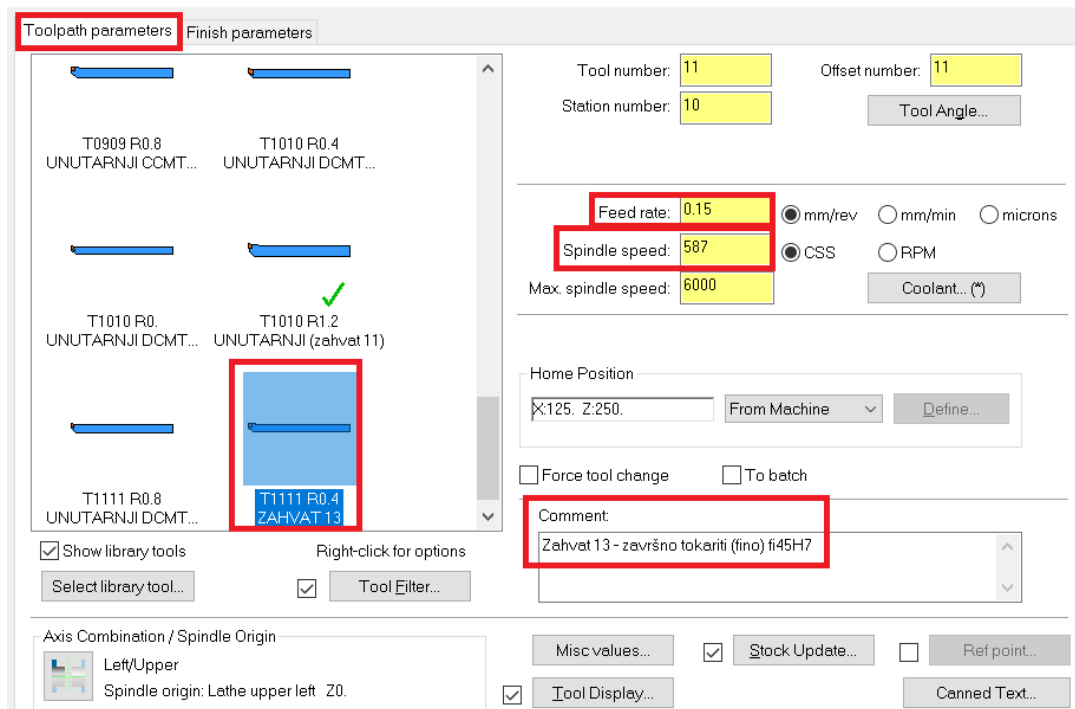
Završno tokarenje radi se pomoću naredbe *Finish*.

Put kretanja alata prikazan je na slici 6.79.



Slika 6.79 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat

Potrebno je kreirati novi alat. Njegovi parametri obrade prikazani su na slici 6.80. Potrebno je uključiti i ulaz/izlaz alata (eng. Lead In/Out).



Slika 6.80 Parametri obrade za trinaesti zahvat

Potrebno je uključiti i ulaz/izlaz alata (eng. Lead In/Out).

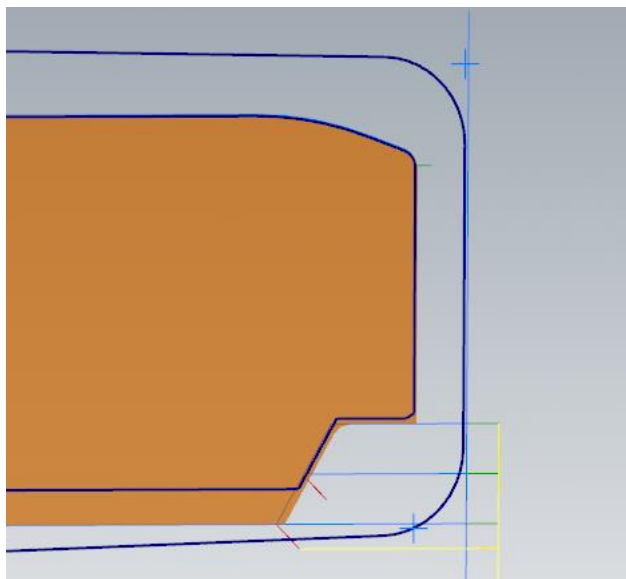
Na slici 6.81 prikazano je vrijeme trajanja trinaestog zahvata.



Slika 6.81 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 3,38 \text{ s} = 0,06 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,05 \text{ min}$

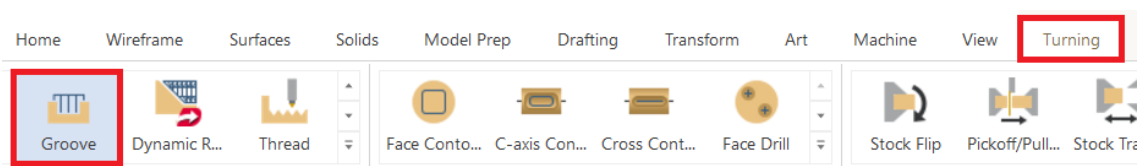
Na sljedećoj slici (Slika 6.82) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon trinaestog zahvata.



Slika 6.82 Izgled obratka nakon trinaestog zahvata

#### ZAHVAT 14: Pravljenje utora

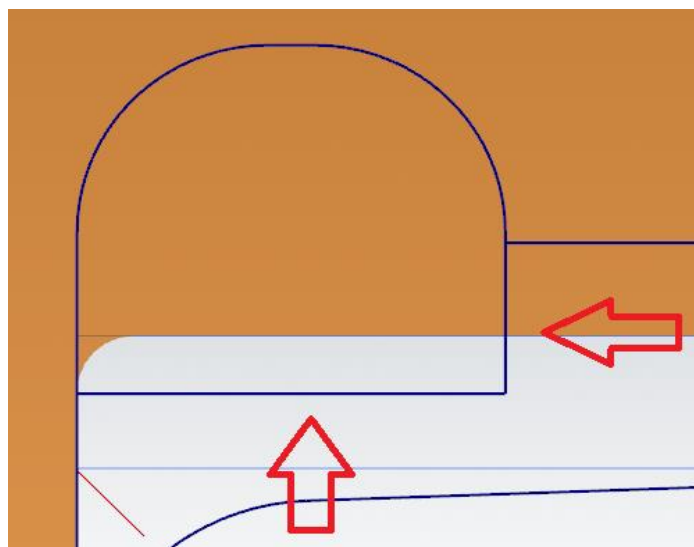
Utor se radi pomoću naredbe *Groove* (Slika 6.83).



Slika 6.83 Odabir naredbe za pravljenje utora

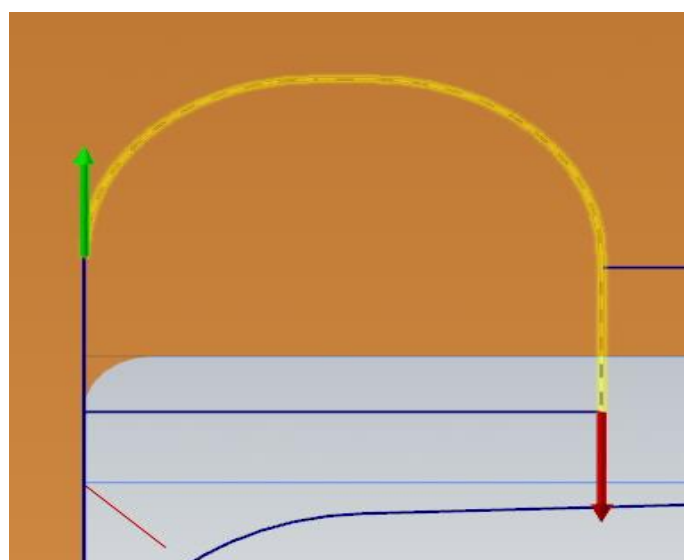
Zahvat obuhvaća 5 prolaza od kojih će 3 biti gruba, a dva fina obrada. Broj prolaza je očitán iz *Sandvika* nakon odabira alata.

Kako bi se najlakše obradio utor potrebno ga je zatvoriti (Slika 6.84).



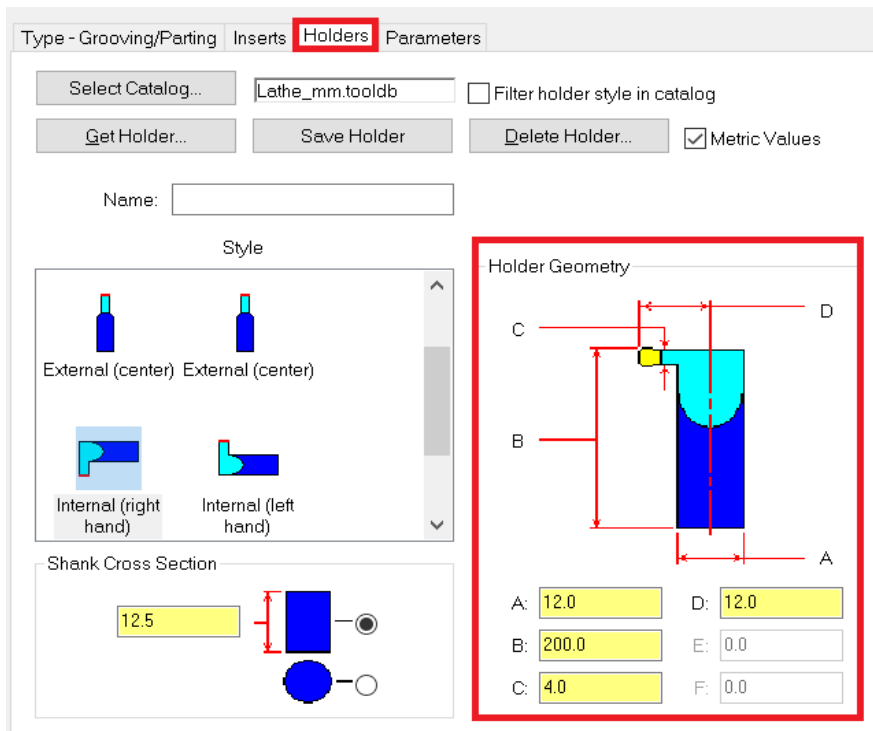
Slika 6.84 Dodavanje pomoćnih kontura utora

Put kretanja alata prikazan je na slici 6.85.



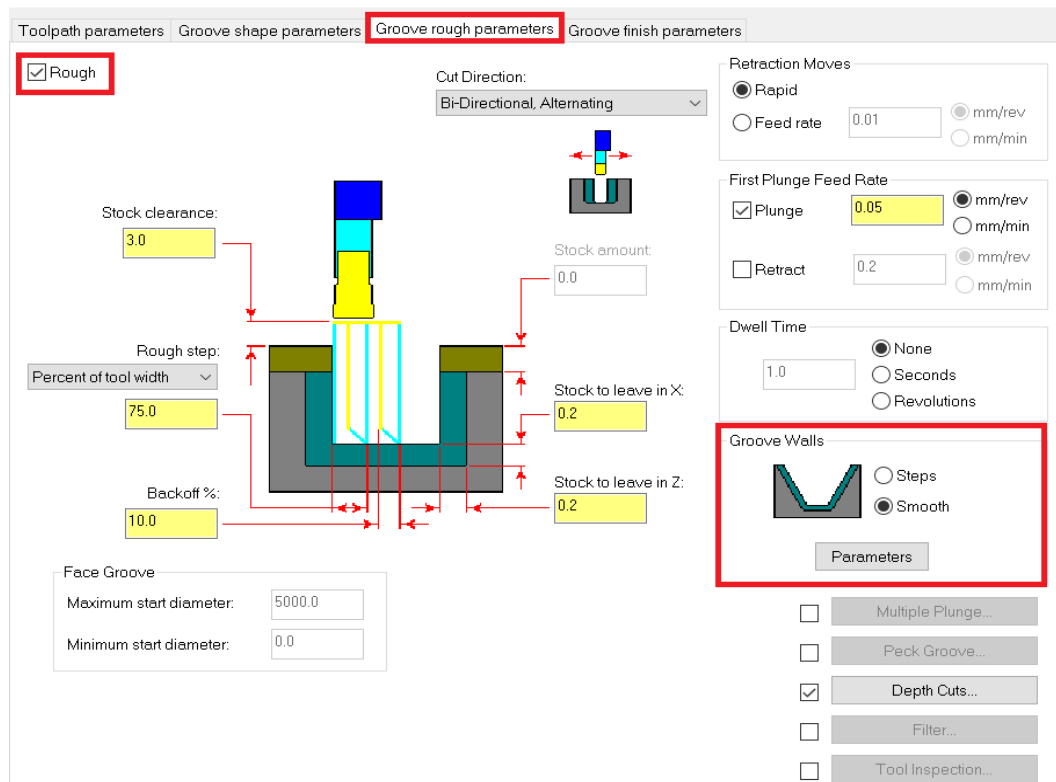
Slika 6.85 Smjer kretanja alata za četrnaesti zahvat

Dimenzije kreiranog alata prikazane su na slici 6.86. Kako ne bi došlo do udaranja drške alata u obradak potrebno je malo izmijeniti duljinu i debljinu drške u odnosu na debljinu alata koju smo uzeli iz *Sandvika*.



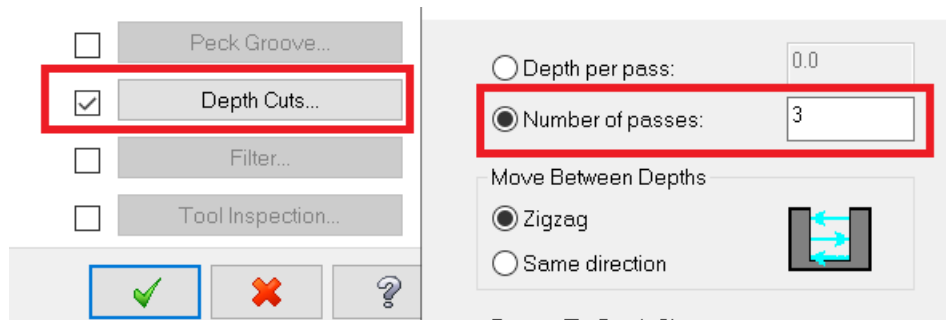
Slika 6.86 Dimenzije kreiranog svrdla

Parametri za grubu obradu prikazani su na slici 6.87.



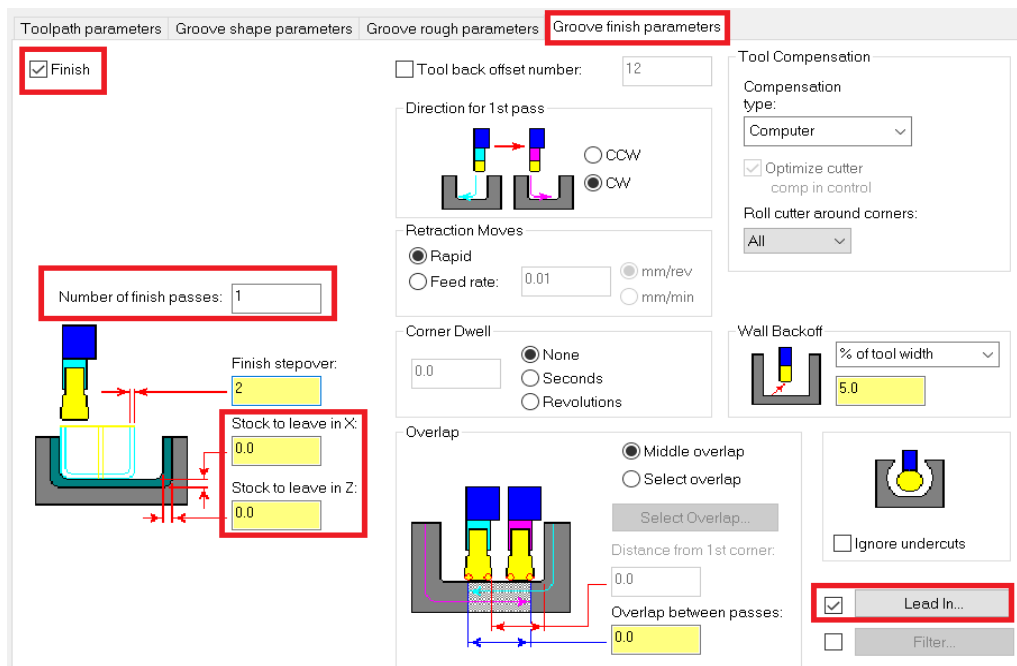
Slika 6.87 Parametri obrade za četrnaesti zahvat

Pod *Groove walls* potrebno je prebaciti sa *Steps* na *Smooth* kako obrađeni utor ne bi bio stepenast nego gladak. Pod *Depth cuts* za *Number of passes* upisuje se 3 (Slika 6.88).



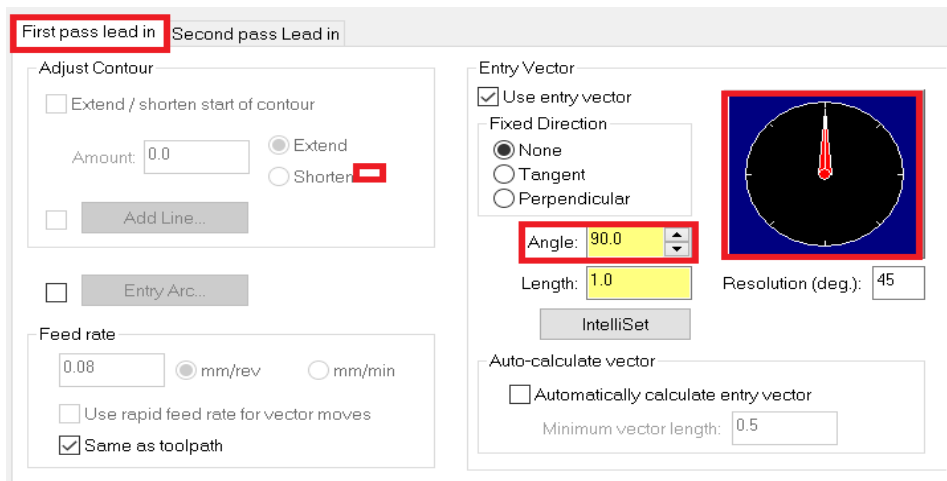
Slika 6.88 Upisivanje broja prolaza za grubu obradu

Parametri za finu obradu prikazani su na slici 6.89.

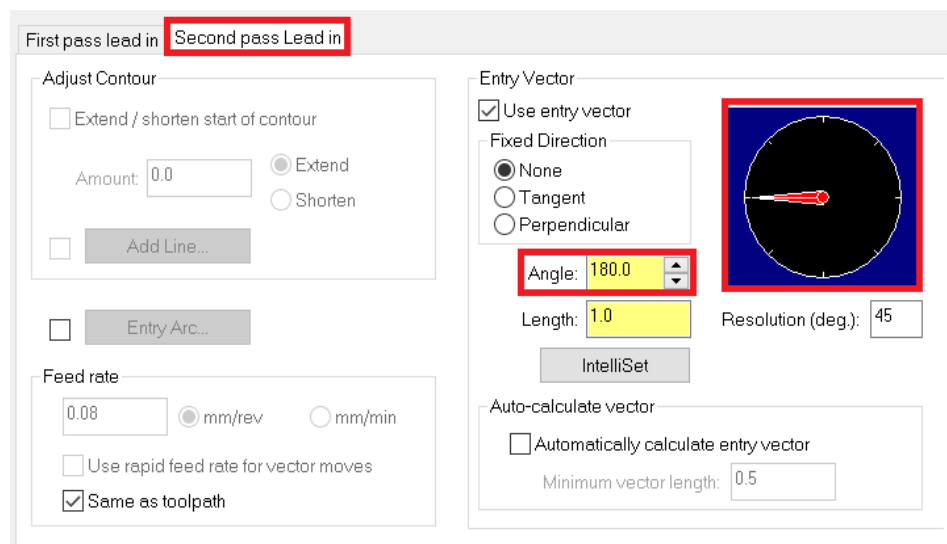


Slika 6.89 Parametri fine obrade za četrnaesti zahvat

Broj prolaza za finu obradu je 2, sa svake strane po 1. Radi se o finoj obradi pa nema dodatka. Vrlo važno je pod *Lead In* postaviti prvi ulaz alata na  $90^\circ$  (Slika 6.90), a drugi na  $180^\circ$  (Slika 6.91).



Slika 6.90 Kut ulaza alata za prvi prolaz



Slika 6.91 Kut ulaza alata za drugi prolaz

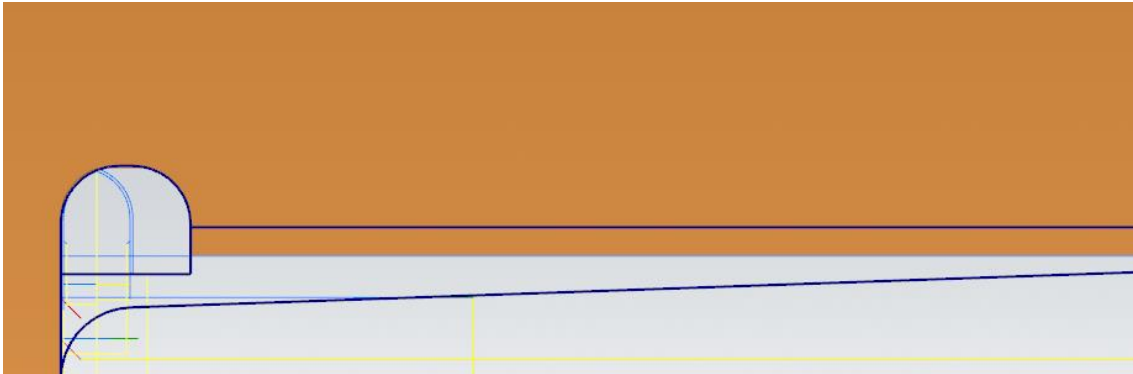
Na slici 6.92 prikazano je vrijeme trajanja četrnaestog zahvata.

Details		Information	
Cycle Time			
Feed		1m:14.47s	
Rapid		1.84s	
Total		1m:17.31s	

Slika 6.92 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1 \text{ min } 14,47 \text{ s} = 1,24 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 1,22 \text{ min}$

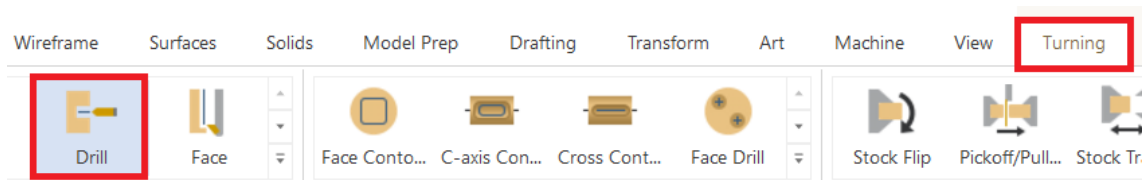
Na sljedećoj slici (Slika 6.93) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon četrnaestog zahvata.



Slika 6.93 Izgled obratka nakon četrnaestog zahvata

#### **ZAHVAT 15:** Bušenje provrta $\phi 8 \text{ mm}$

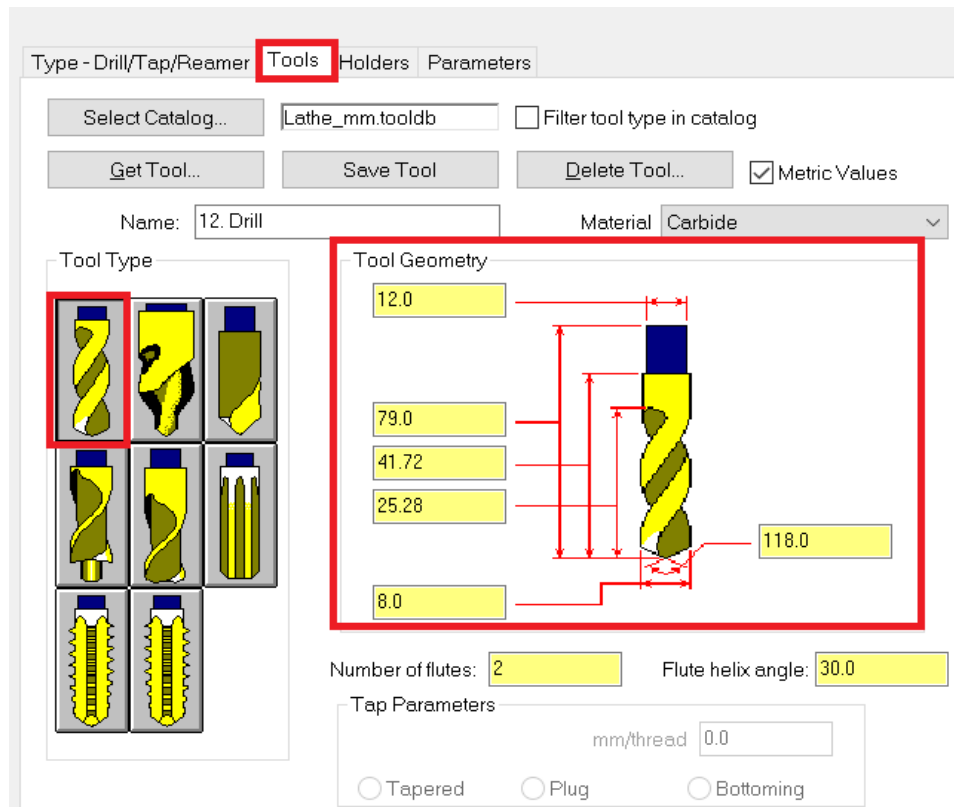
Bušenje se radi pomoću naredbe *Drill* (Slika 6.94).



Slika 6.94 Odabir naredbe za bušenje provrta

Pritiskom na *Drill* otvara se kartica u kojoj je potrebno odabrati potrebno svrdlo. Svrdlo koje tražimo nije definirano, nego ga moramo definirati preko *Edit tool*. Pod *Tools* unosimo dimenzije svrdla kojeg smo prethodno izabrali u *Sandviku* (Slika 6.95).





Slika 6.95 Dimenzije kreiranog svrdla

Pod *Parameters* unosimo režime obrade. Za ovaj zahvat pod *Feed rate* iznosi 1085. To je umnožak broja okretaja i posmaka te predstavlja posmičnu brzinu, a *Spindle speed* iznosi 4020 (prethodno izračunato preko formule za broj okretaja). Parametri obrade prikazani su na slici 6.96.

Type - Drill/Tap/Reamer | Tools | Holders | **Parameters**

Program Parameters

Tool number: 14 | Tool station number: 30  
 Tool offset number: 14 | Tool back offset number: 13

Default Cutting Parameters

Feed rate: 1085.0 |  mm/rev |  mm/min  
 Plunge rate: 0.0 |  mm/rev |  mm/min  
 % of Material Feed/Rev: 50.0 |  CSS |  RPM  
 Spindle speed: 4020 |  CSS |  RPM  
 % of Material CS: 50.0


Buttons: Coolant..., Compute From Material...

Drilling Parameters

First peck: 6.0 | Retract amount: 1.2  
 Subsequent peck: 0.0 | Dwell: 0.0  
 Peck clearance: 2.4

Cycle: Peck Drill

Compensation



Buttons: Tool Clearance...

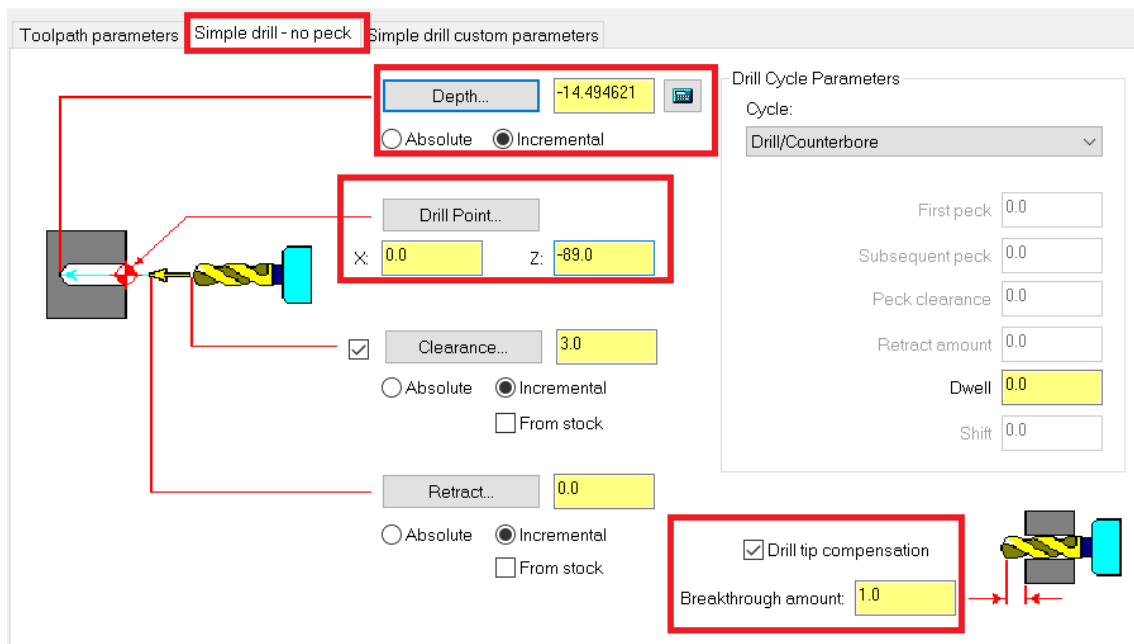
Metric values

Tool name: SVRDLO 8  
 Manufacturer's tool code:   
 Machine side connection type: Generic

Requires tool locator

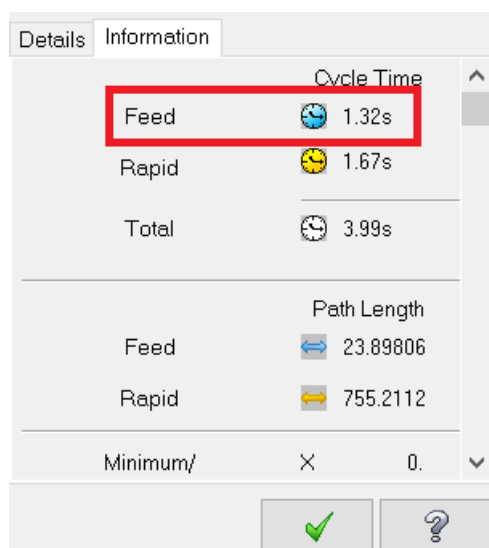
Slika 6.96 Parametri obrade za petnaesti zahvat

U kartici *Simple drill – no peck* odabire se dubina rezanja (eng. Depth cut) i točka vrha alata (eng. Drill point). Uključena je i kompenzacija vrha alata (eng. Drill tip compenzation). Ona omogućuje potpuni prolaz cijelog promjera, a ne samo vrha svrdla na odgovarajuću dubinu bušenja (Slika 6.97).



Slika 6.97 Označavanje točke za bušenje i određivanje dubine bušenja

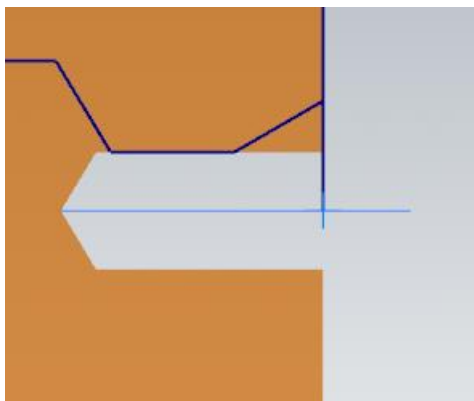
Na slici 6.98 prikazano je vrijeme trajanja petnaestog zahvata.



Slika 6.98 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1,32 \text{ s} = 0,02 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,02 \text{ min}$

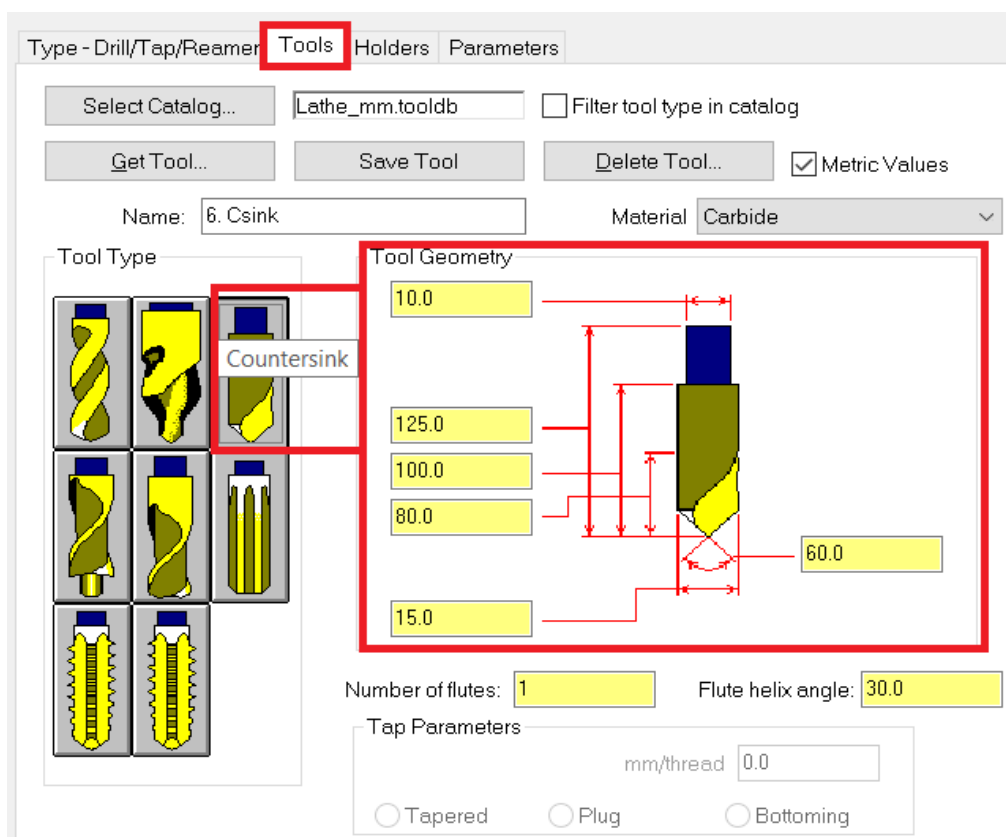
Na sljedećoj slici (Slika 6.99) prikazan je izgled obratka preko kontura na dijelu gdje je probušen provrt.



Slika 6.99 Izgled obratka na mjestu gdje je probušen provrt

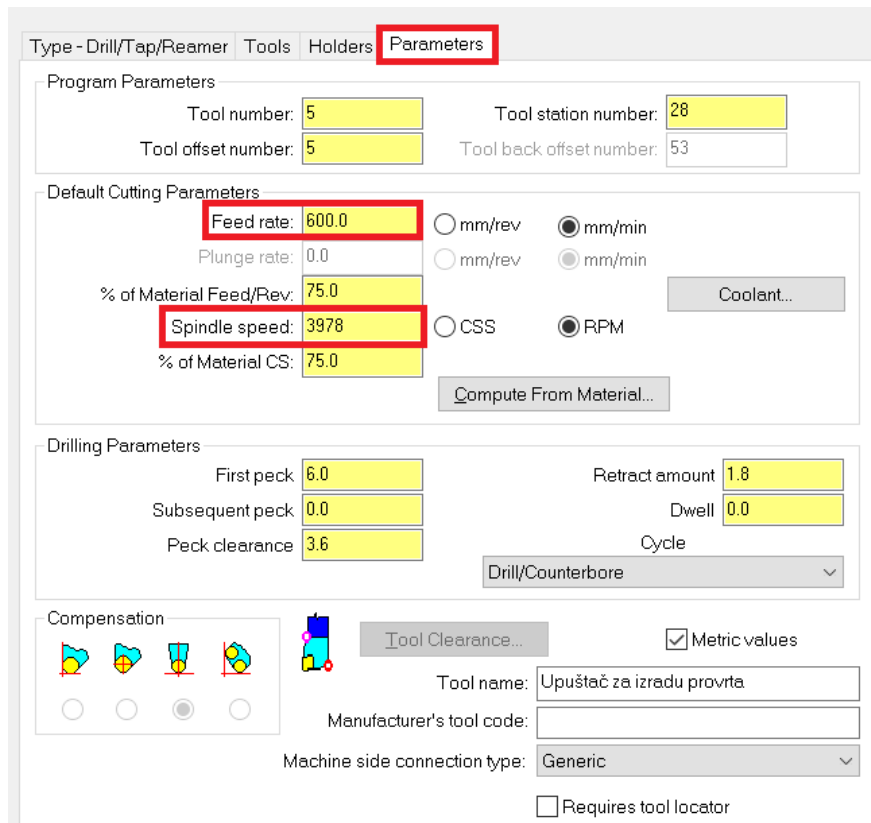
### ZAHVAT 16: Upuštanje provrta $\phi 8$ mm

Upuštanje provrta radi se također pomoću naredbe *Drill*. Alat kreiramo preko *Edit tool*. Izgled upuštača (eng. Countersink) i njegove dimenzije prikazane su na slici 6.100.



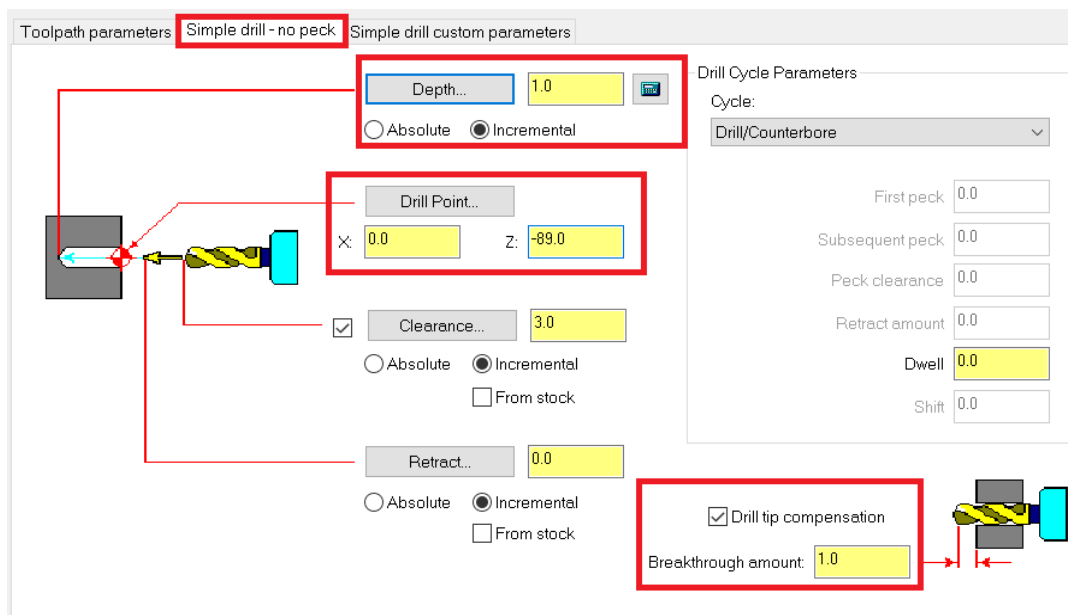
Slika 6.100 Dimenzije kreiranog upuštača

Režimi rada prikazani su na sljedećoj slici (Slika 6.101).










Slika 6.101 Režimi rada za šesnaesti zahvat

Parametri obrade odabiru se jednako kao za prethodni zahvat (Slika 6.102).



Slika 6.102 Parametri obrade za šesnaesti zahvat

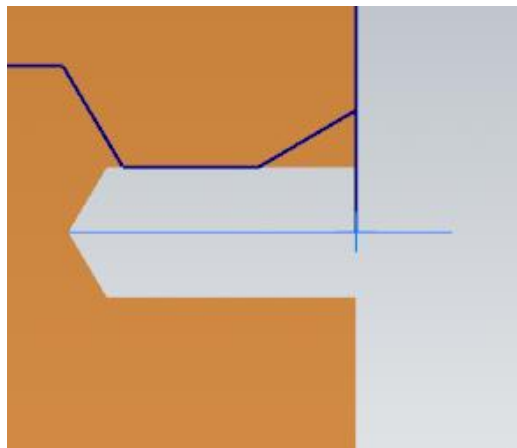
Na slici 6.103 prikazano je vrijeme trajanja šesnaestog zahvata.

Details		Information	
Cycle Time			
Feed		1.90s	
Rapid		1.66s	
Total			
		4.56s	
Path Length			
Feed		18.99038	
Rapid		750.30352	
Minimum/	X	0.	
			

Slika 6.103 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1,90 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,02 \text{ min}$

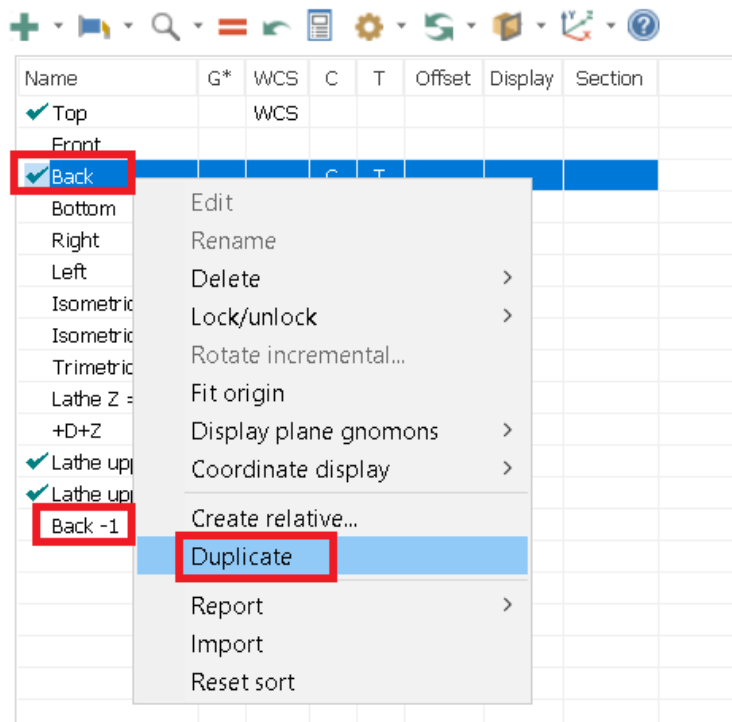
Na sljedećoj slici (Slika 6.104) prikazan je izgled obratka nakon upuštanja provrta  $\phi 8$ .



Slika 6.104 Izgled obratka nakon upuštanja provrta  $\phi 8$

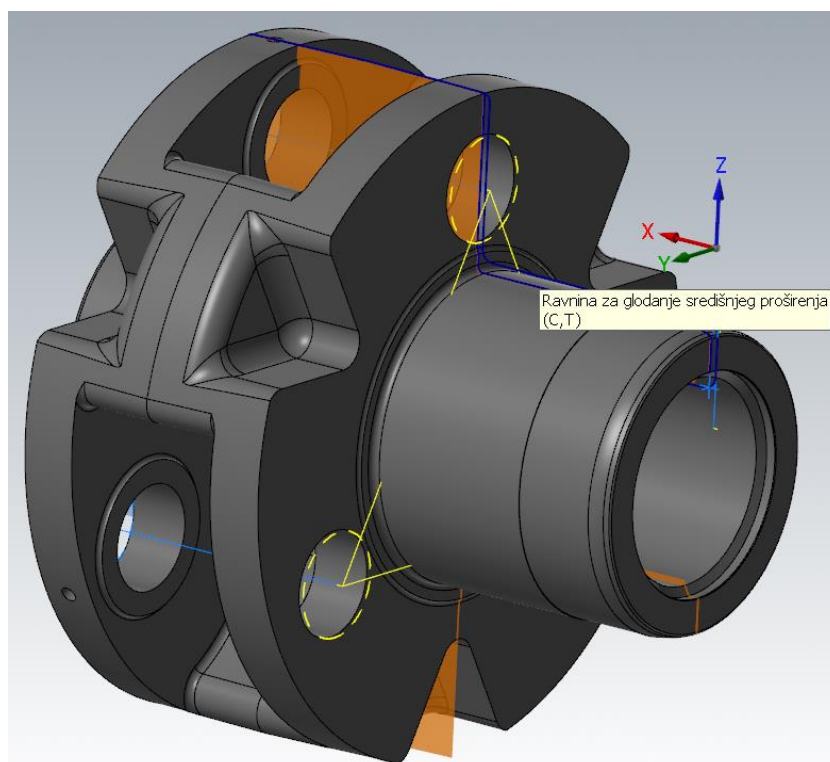
#### **ZAHVAT 17:** Poravnanje unutarnjih površina na mjeru od 67 mm

Na početku je potrebno napraviti konture na unutarnjim krajevima provrta. Kako bi napravili konture potrebno je stvoriti novu ravninu. Novu ravninu stvaramo tako da pod *Planes* kliknemo desnim klikom miša na *Back* te zaim na *Duplicate* (Slika 6.105).

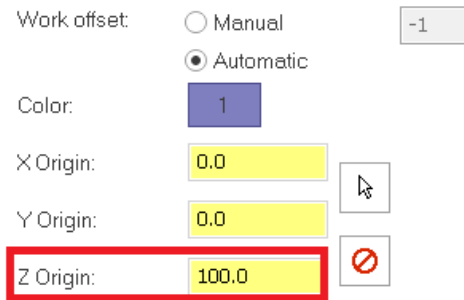


Slika 6.105 Stvaranje nove ravnine

Nova ravnina biti će središte proširenog provrta od  $\phi 44,4$  mm (Slika 6.106). Središte nove ravnine nalazi se za 100 mm iznad stare po Z osi (Slika 6.107).

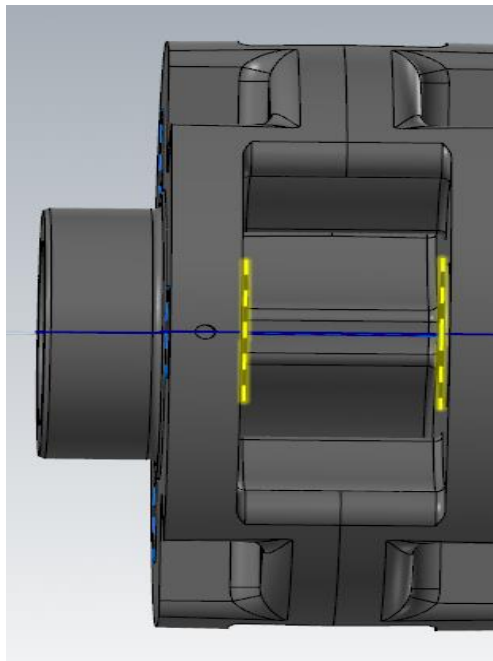


Slika 6.106 Ravnina za glodanje središnjeg proširenja



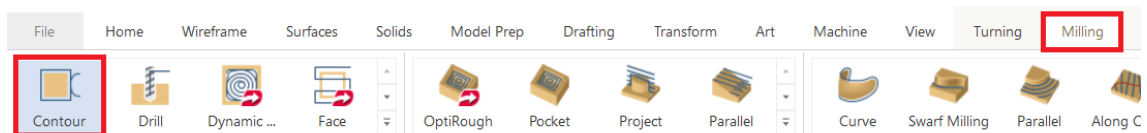
Slika 6.107 Središte nove ravnine

Na sljedećoj slici (Slika 6.108) žutom bojom prikazana je kontura za ovaj zahvat.



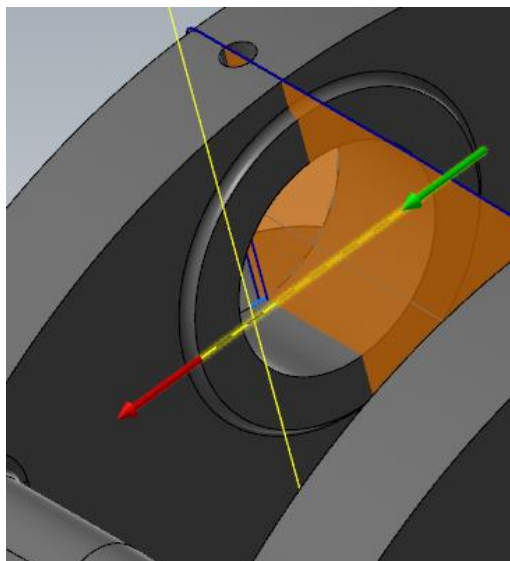
Slika 6.108 Prikaz kontura za zahvat 17

Na samom početku konturnog glodanja ((eng. Contour milling) Slika 6.109) potrebno je na konturi označiti smjer kretanja alata (Slika 6.110).



Slika 6.109 Odabir naredbe za glodanje proširenja





Slika 6.110 Smjer kretanja alata za sedamnaesti zahvat

Potrebno je kreirati novo glodalo sa promjerom od 30,3 mm. Osim promjera potrebno je produžiti i duljinu glodala kako bi uspjeli obraditi cijelu dužinu glodala kako bi uspjeli obraditi cijelu dužinu promjera. Na slici 6.111 nalaze se dimenzije i izgled novog kreiranog glodala, a na slici 6.112 njegovi režimi rada.

Current Step:

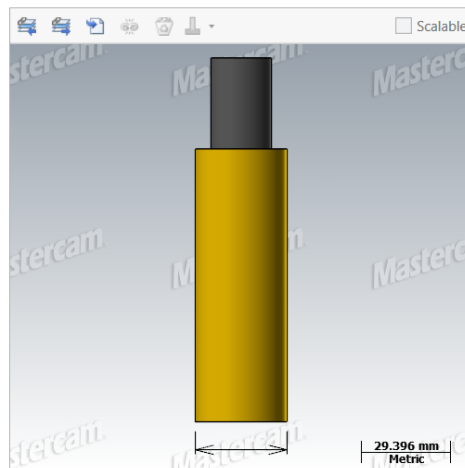
Define Tool Geometry

Finalize Properties

#### Define Flat endmill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

Overall dimensions	
Cutting diameter:	30.3
Overall length:	120
Cutting length:	90
Tip / corner treatment	
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Non-cutting geometry	
Shoulder length:	90
Shoulder diameter:	25
Shank diameter:	20
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	



Slika 6.111 Dimenzije kreiranog glodala

**Current Step:**

Define Tool Geometry

Finalize Properties

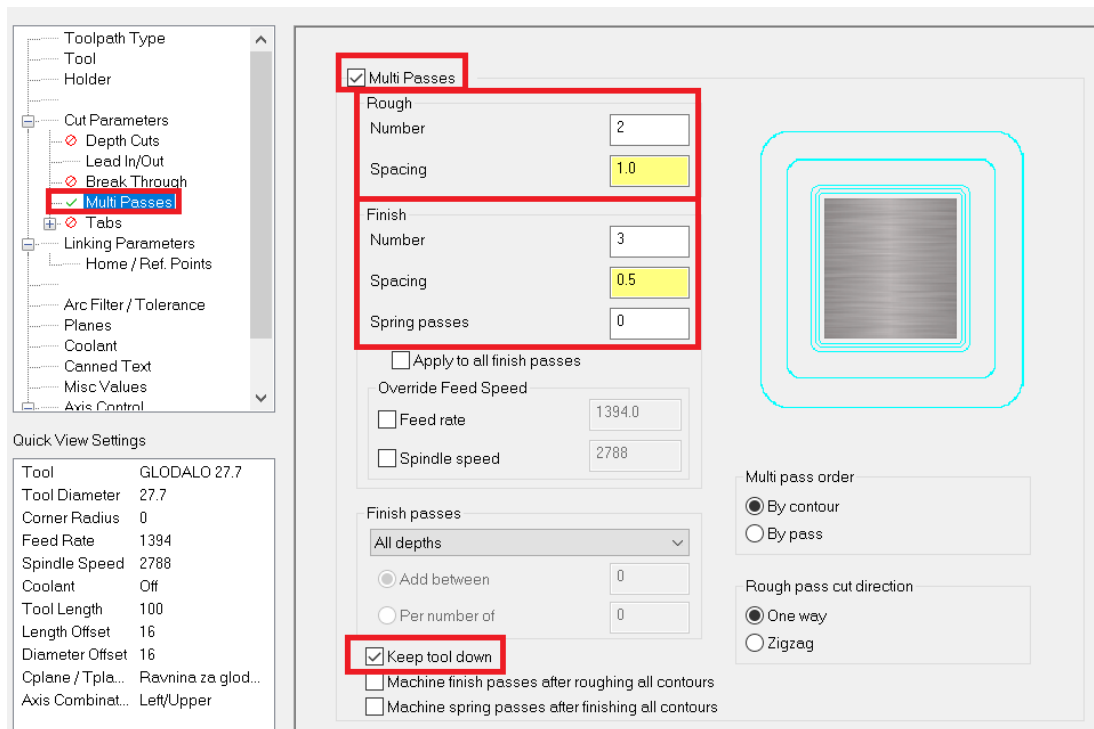
**Finalize miscellaneous properties.**

Adjust any miscellaneous properties before finalizing tool creation.

Operation	
Tool number:	12
Length offset:	12
Diameter offset:	12
Head number:	-1
CS:	239.98209
FPT:	0.125
Number of flutes:	4
Feed rate:	1260.5
Plunge rate:	1100
Retract rate:	9999
Spindle speed:	2521
Spindle direction:	Clockwise
Material:	Carbide

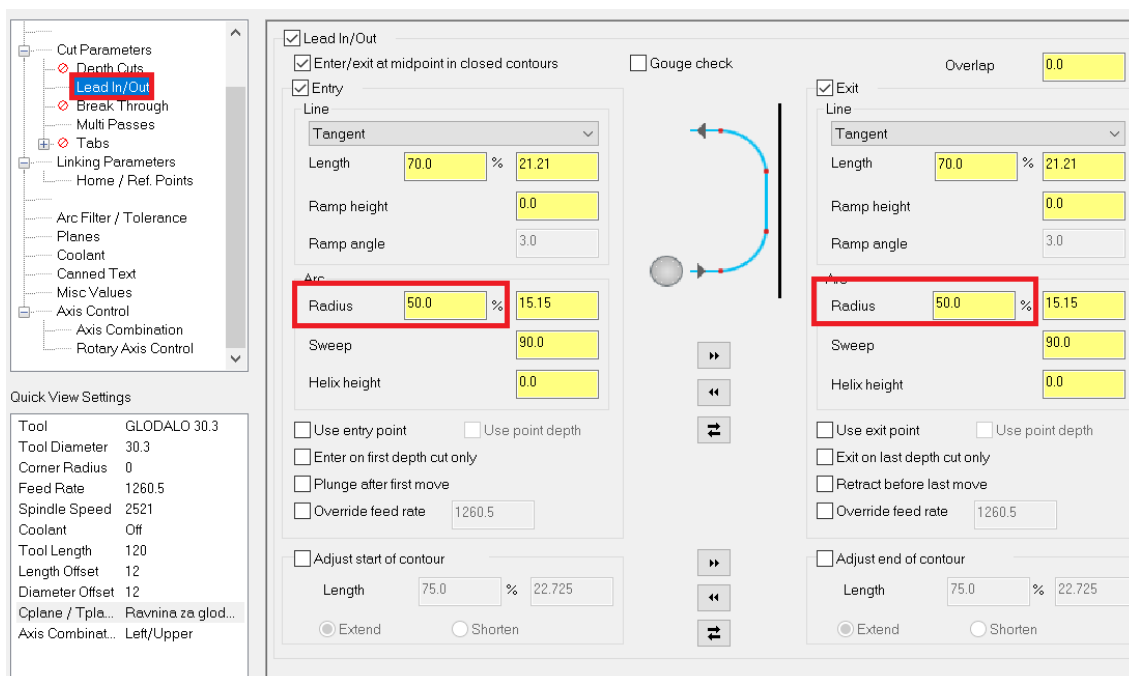
Slika 6.112 Režimi rada za sedamnaesti zahvat

Uključuje se *Multi Passes*. Pod broj prolaza za grubu obradu (eng. rough number) upisuje 2, a pod broj prolaza za finu obradu (eng. finish number) upisuje se 3. Razmak (eng. spacing) odnosno dubina skinute strugotine za grubu obradu iznosi 1 mm, a za finu obradu 0,5 mm (Slika 6.113).



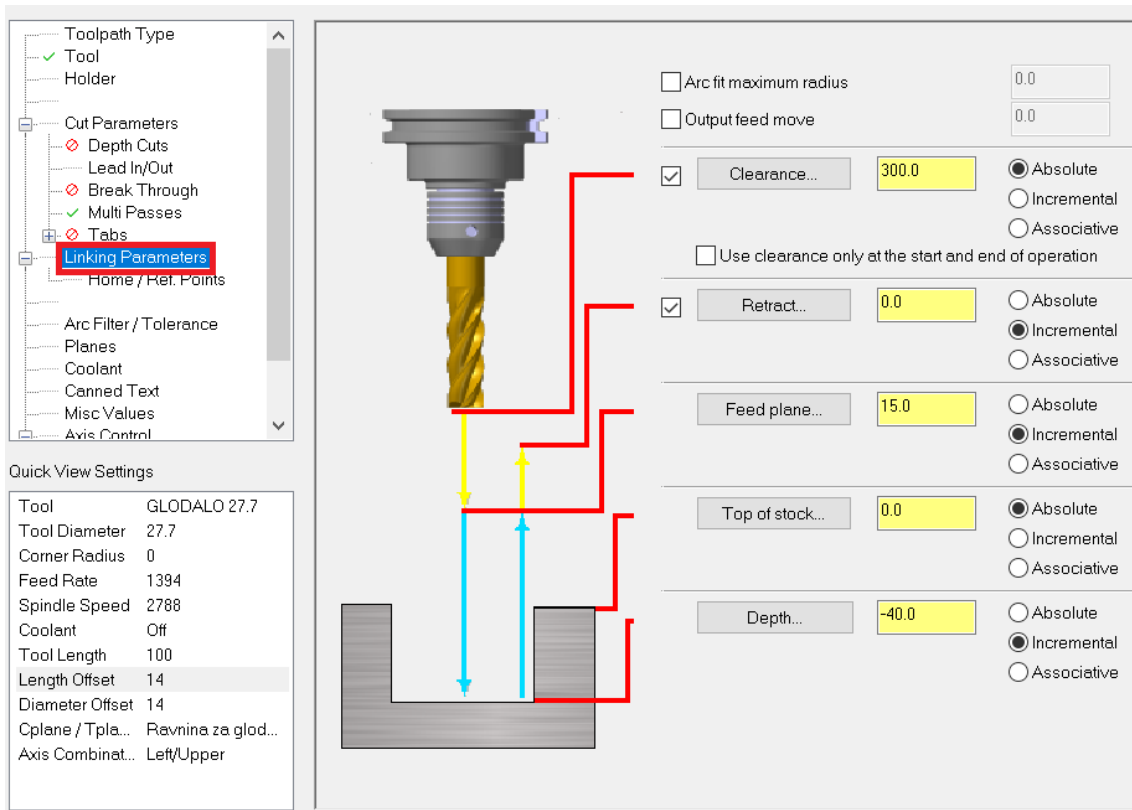
Slika 6.113 Uključivanje Multi Passes

Pod *Lead In/Out* potrebno je smanjiti *Radius* sa 70 na 50% kako se ne bi radio veliki luk tijekom obrade te kako alat ne bi udario u izradak (Slika 6.114).



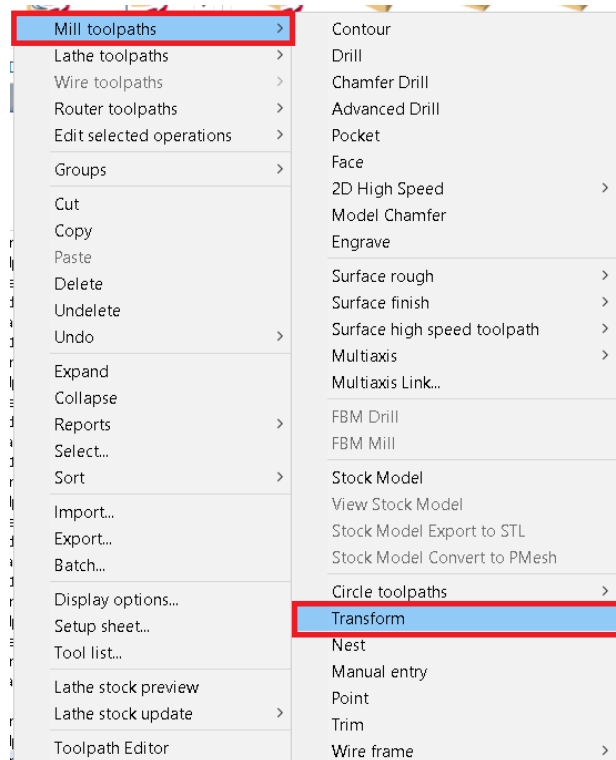
Slika 6.114 Smanjenje radijusa

Pod *Linking Parameters* upisuju se parametri obrade (Slika 6.115).



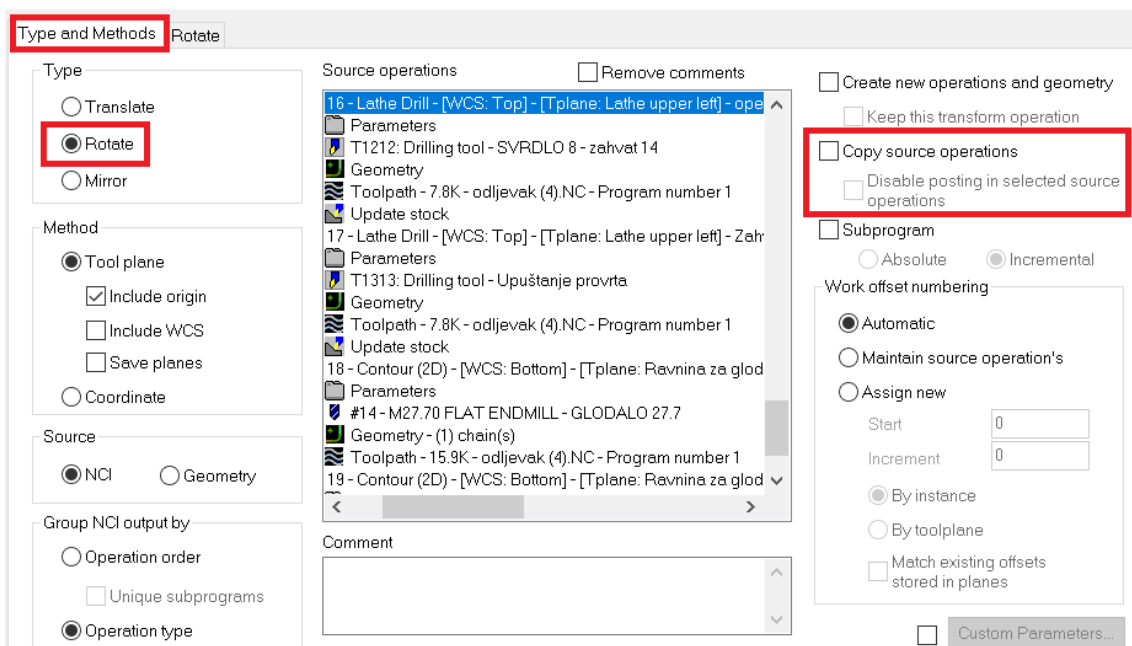
Slika 6.115 Parametri obrade za sedamnaesti zahvat

Sada je definirano jedno od tri poravnanja unutarnjih površina. Za glodanje ostala dva upotrebljava se naredba *Transform* (Slika 6.116). Nju nađemo tako da kliknemo desnim klikom miša na zahvat pod kojim želimo zarotirati obradak.



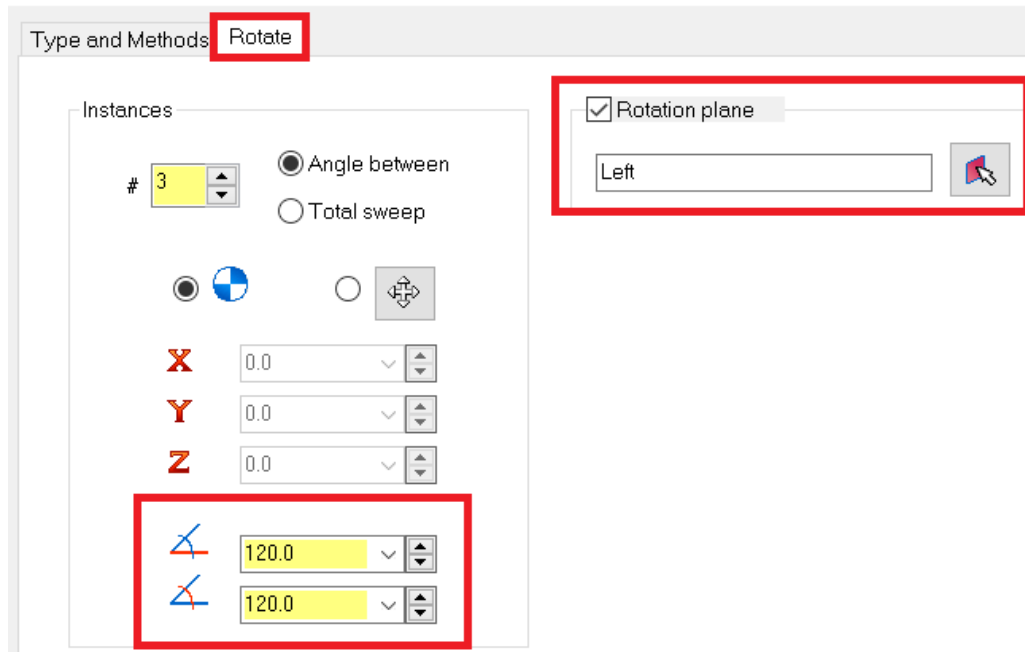
Slika 6.116 Odabir naredbe Transform

Otvori se prozor prikazan na slici 6.117. Pod *Type* potrebno je s *Translate* prebaciti na *Rotate* kako bi se zarotirao obradak. Još je potrebno isključiti *Copy source operations* kako se ne bi dva puta obrađivalo poravnanje istih površina.



Slika 6.117 Uključivanje rotacije obratka i isključivanje Copy source operations

Pod *Rotate* postavljaju se kutovi, tj. za koliko se stupnjeva mora zarotirati obradak za novo glodanje središnjeg proširenja (Slika 6.118). Za smjer rotacije postavljeno je prema lijevo (eng. left).



Slika 6.118 Postavljanje postavki za rotaciju obratka

Na slici 6.119 prikazano je vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata.

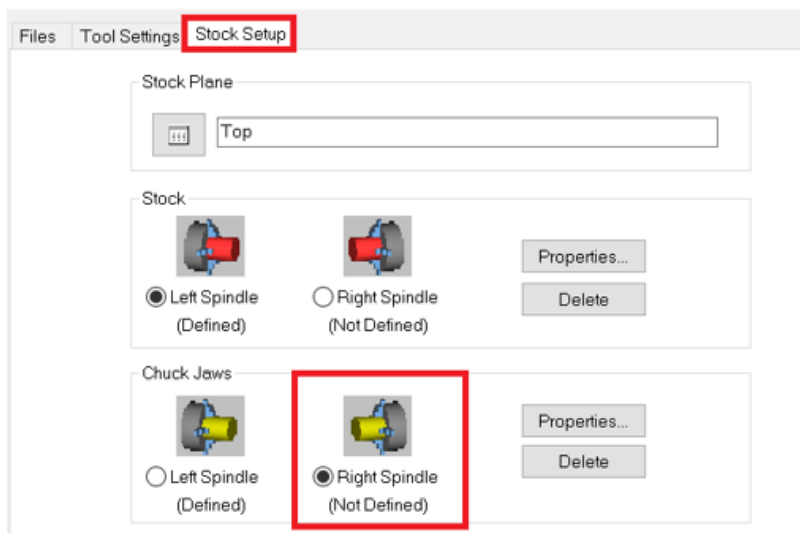


Slika 6.119 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1 \text{ min } 9,47 \text{ s} = 1,16 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 1,13 \text{ min}$

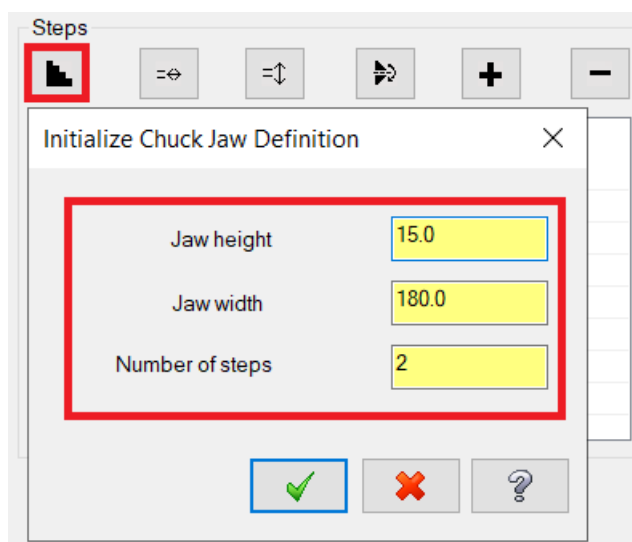
### 6.3.2 Operacija 20

Na početku nove operacije potrebno je napraviti preuzimanje obratka i odrediti nove pozicije za stezanje. Kako bi se preuzeo obradak potrebno je uključiti desno vreteno (Slika 6.120).



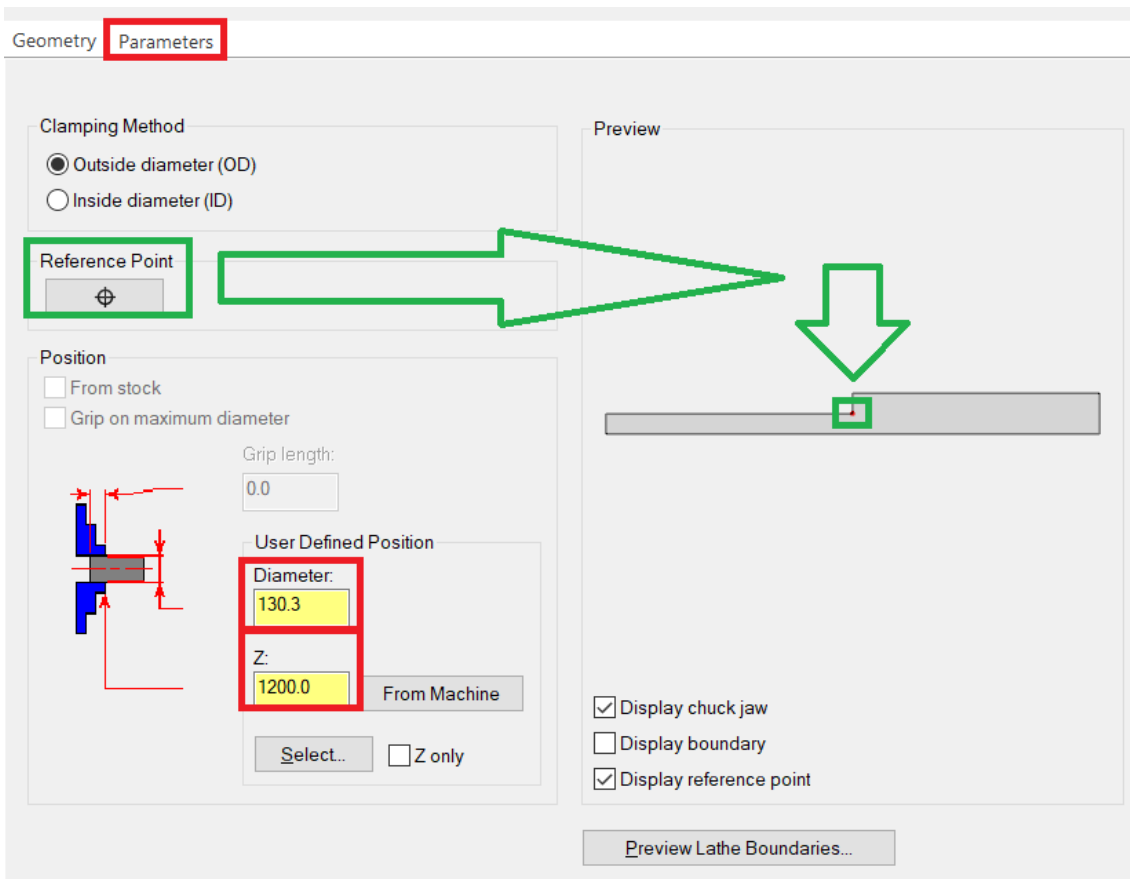
Slika 6.120 Uključivanje desnog vretena za novu operaciju

Pritiskom na *Properties* otvara se prozor u kojem se kreira izgled čeljusti i odabire referentna točka. Izgled čeljusti kreira se pod *Steps*. Na slici 6.121 prikazana je visina (eng. height), širina (eng. width) i broj koraka (eng. number of steps) kreirane čeljusti.



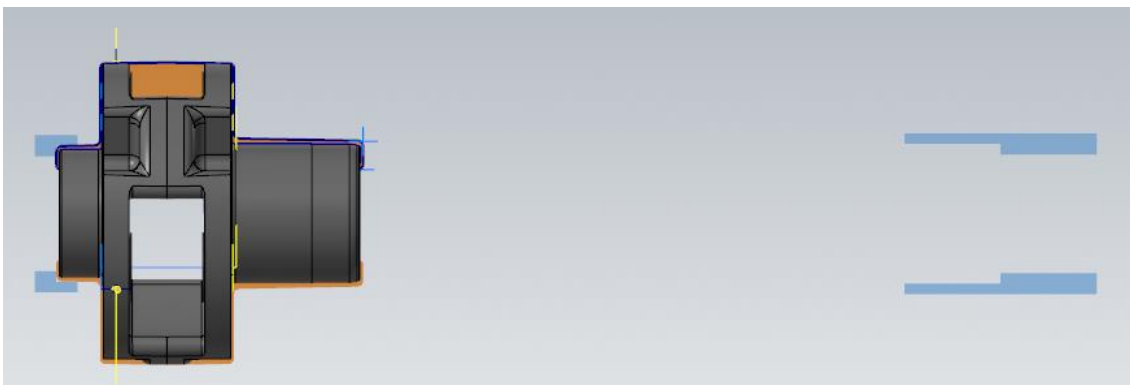
Slika 6.121 Dimenzije kreirane čeljusti

Na slici 6.122 prikazan je odabir referentne točke, promjer dijela koji je potrebno stegnuti (130,3 mm) te udaljenost za koju se translira obradak (1200 mm).



Slika 6.122 Odabir referentne točke i određivanje nove pozicije obratka

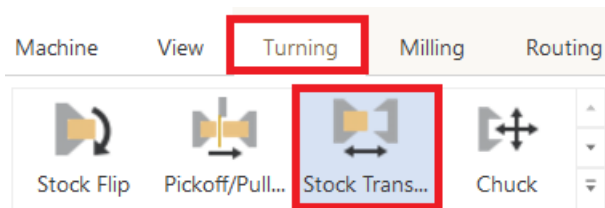
Slika 6.123 prikazuje nove čeljusti za stezanje. Još je potrebno translirati obradak.



Slika 6.123 Prikaz novih čeljusti za stezanje

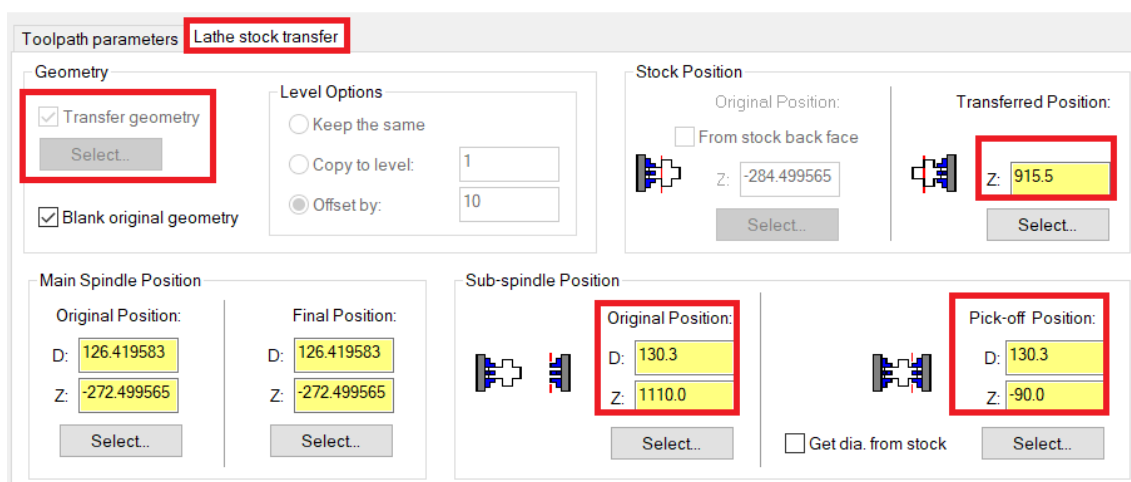
Translacija se vrši pomoću naredbe *Stock Transfer* (Slika 6.124).





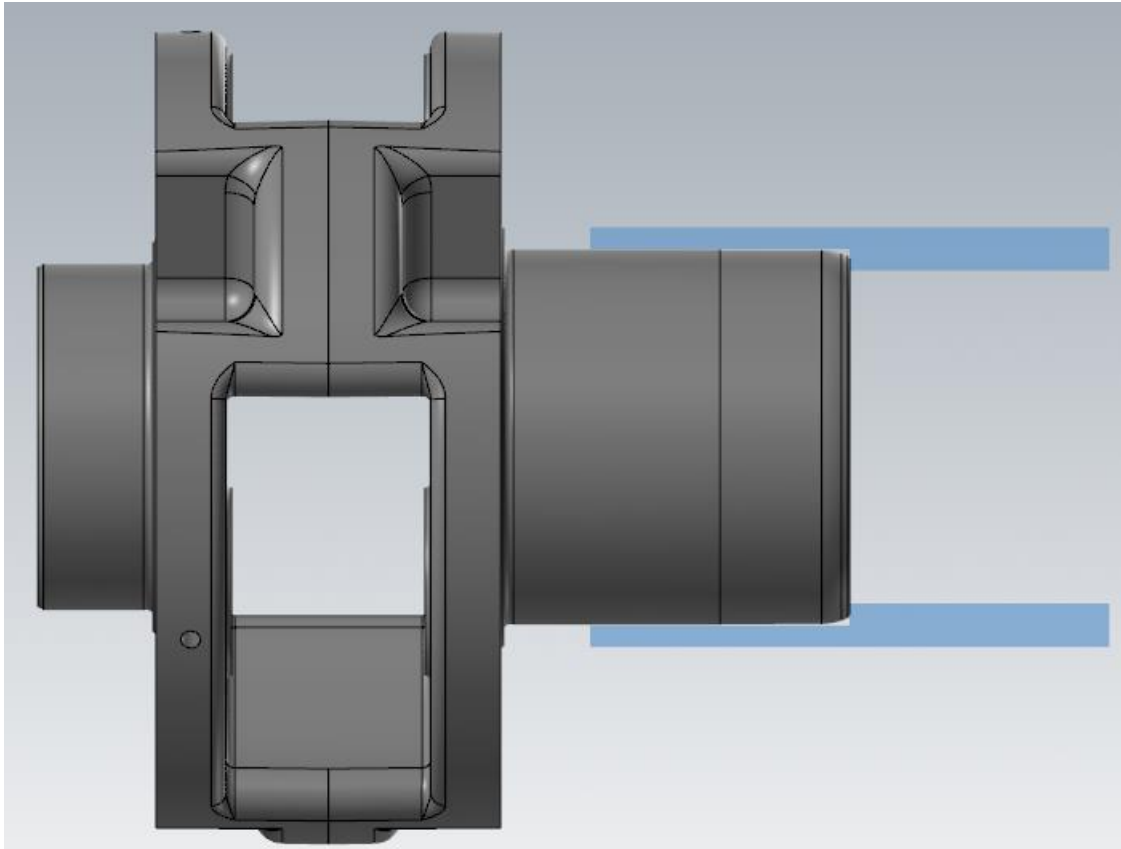
Slika 6.124 Odabir naredbe za translaciju obratka

Otvora se prozor *Lathe stock transfer*. Najvažnije kod ovog dijela je pritisnuti na *Select* te zatim označiti obradak. Većina dimenzija je definirana, potrebno je unijeti promjer obratka na mjestu stezanja te novu točku stezanja, tj. dimenziju točke Z (Slika 6.125).

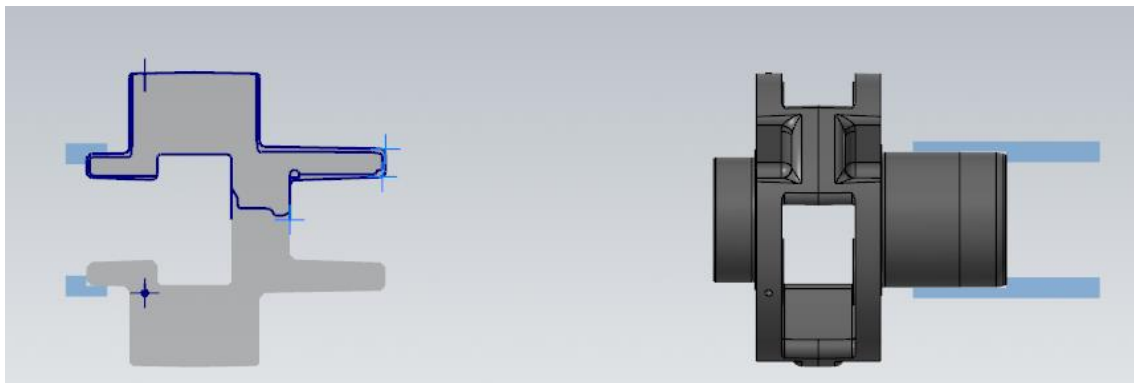


Slika 6.125 Označavanje obratka te unos dimenzija za novi položaj obratka

Slike 6.126 i 6.127 prikazuju translirani obradak spreman za obavljanje operacije 20.

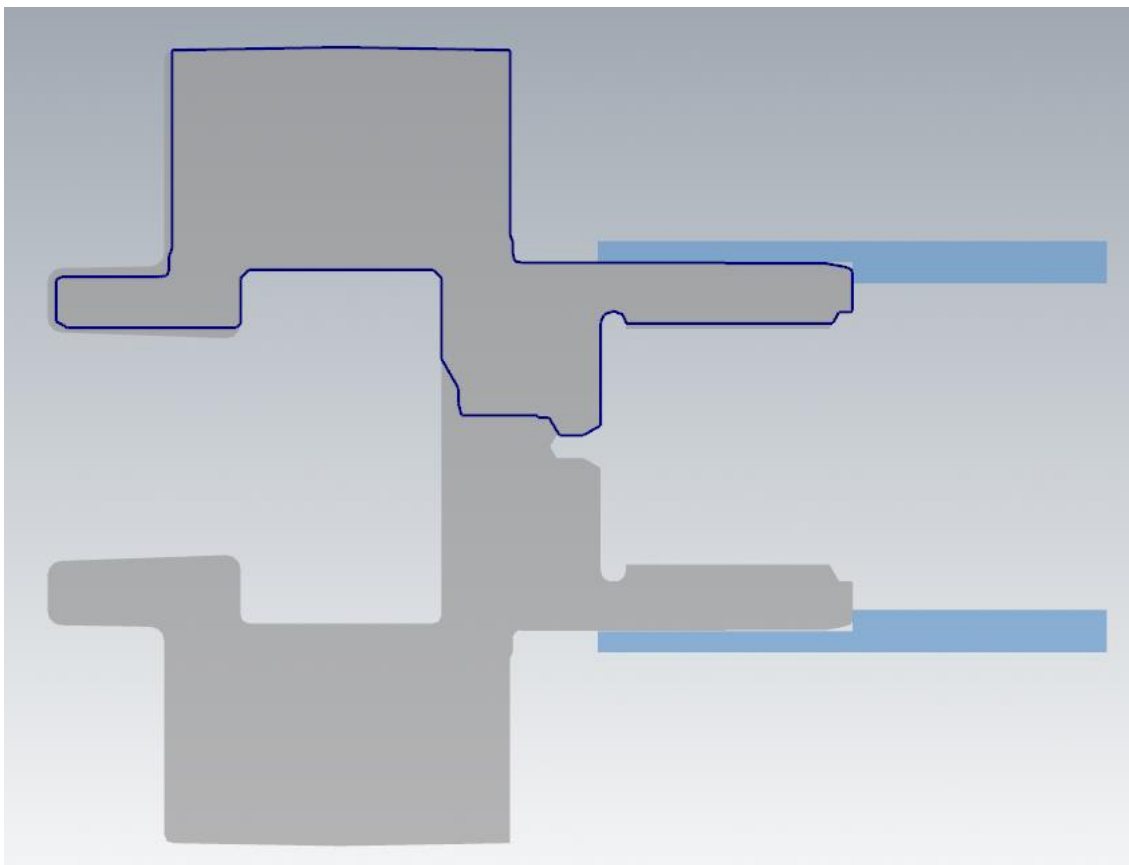


*Slika 6.126 Stegnuti obradak spreman za obavljanje operacije 20*



*Slika 6.127 Stegnuti i translirani obradak spreman za obavljanje operacije 20*

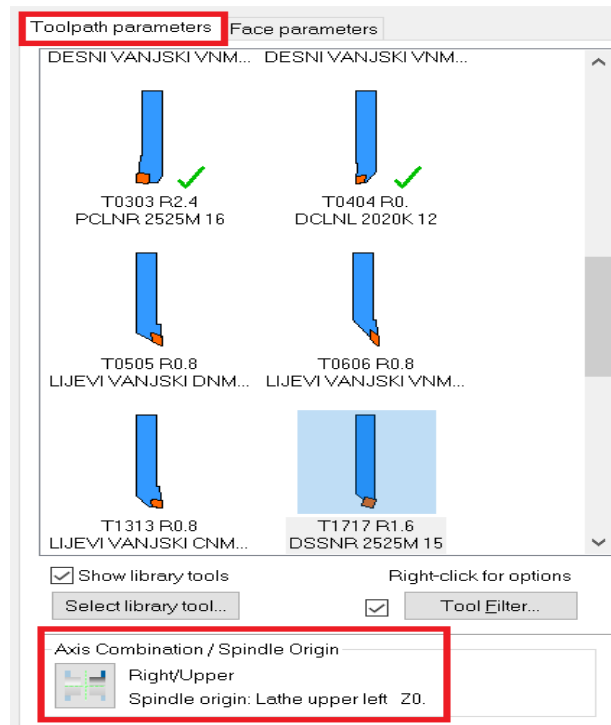
Na slici 6.128 prikazana je kontura za obradu sljedeće operacije.



*Slika 6.128 Kontura za obradu operacije 20*

Kod sljedećih zahvata važno je uzimati alate sa zadnjom slovnom oznakom R jer oni označavaju alate koji dolaze sa desne (eng. right) strane obratka.

U programu *Mastercam* potrebno je pod *Axis Combination/Spindle Origin* postaviti da je vreteno na desnoj strani (Slika 6.129). To vrijedi za sve zahvate operacije 20.

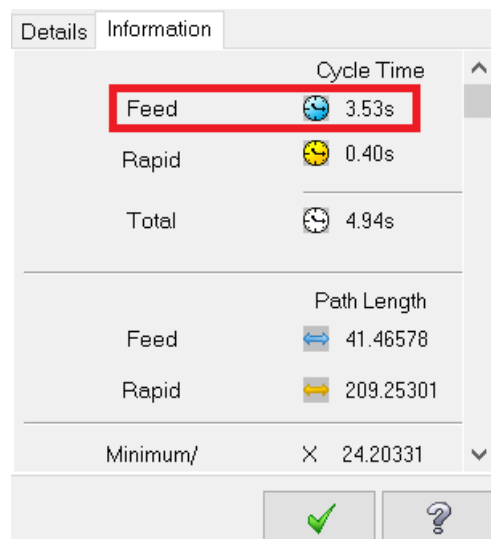


Slika 6.129 Uključivanje desnog vretena

**ZAHVAT 2:** Poravnanje čela (čeono tokarenje) na mjeru  $\phi 126$  mm

Princip rada je isti kao kod zahvata 2 u operaciji 10.

Na slici 6.130 prikazano je vrijeme trajanja drugog zahvata operacije 20.



Slika 6.130 Vrijeme trajanja drugog zahvata za operaciju 20

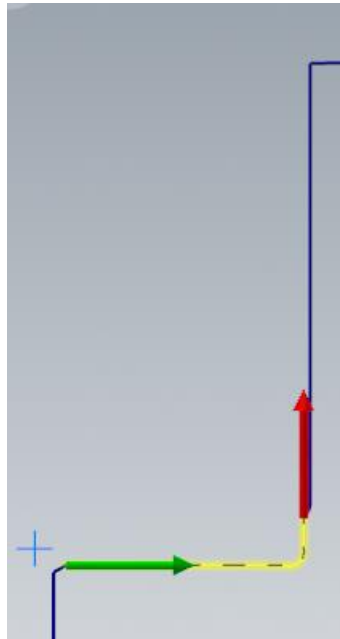
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 3,53 \text{ s} = 0,06 \text{ min}$

- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,06 \text{ min}$

### ZAHVAT 3: Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

Princip rada je isti kao kod zahvata 4 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.131).



Slika 6.131 Smjer kretanja alata za treći zahvat operacije 20

Na slici 6.132 prikazano je vrijeme trajanja trećeg zahvata operacije 20.

Details		Information	
Cycle Time ^			
Feed		1m:11.35s	
Rapid		0.42s	
Total		1m:12.76s	
Path Length			
Feed		126.24595	
Rapid		201.71704	
Minimum/	X	60.3	▼

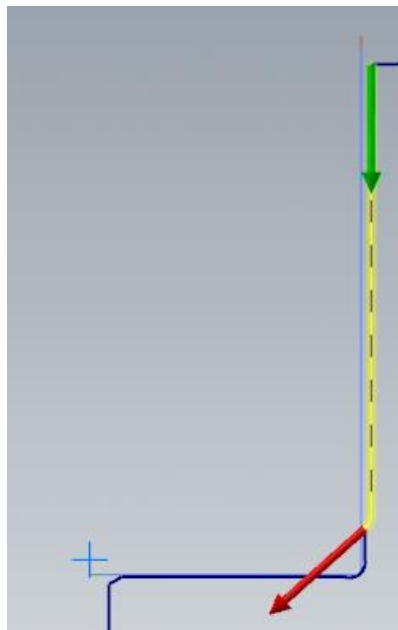
Slika 6.132 Vrijeme trajanja trećeg zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1min\ 11,35\ s = 1,19\ min$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 1,53\ min$

**ZAHVAT 4:** Poprečno tokarenje na mjeru  $\phi 136\ mm$

Princip rada je isti kao kod zahvata 5 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.133).



Slika 6.133 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat operacije 20

Na slici 6.134 prikazano je vrijeme trajanja četvrtog zahvata operacije 20.

Details		Information	
		Cycle Time	
Feed		28.50s	
Rapid		3.39s	
Total		32.89s	

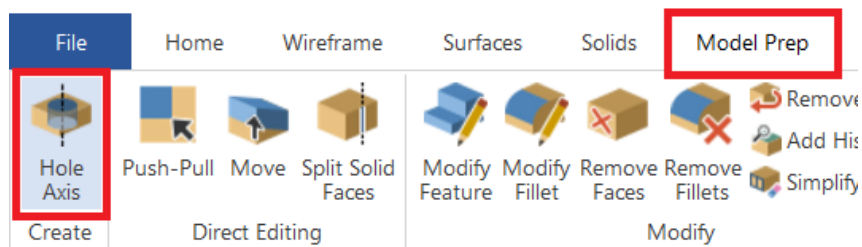
Slika 6.134 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 28,50\ s = 0,47\ min$

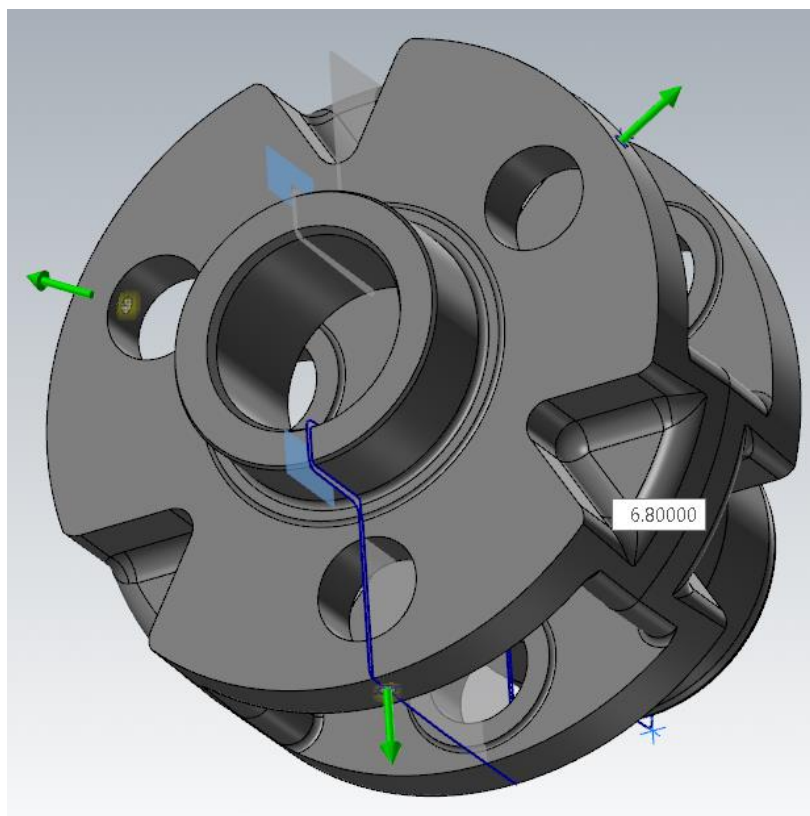
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,40 \text{ min}$

#### ZAHVAT 5: Zabušivanje 3 provrta $\phi 6,8 \text{ mm}$

Kako bi zabušili provrte potrebno je definirati njihova središta. Definiranje središta vrši se tako da pod karticom *Model Prep* kliknemo na *Hole Axis* (Slika 6.135) te zatim označimo središta sva tri provrta (Slika 6.136 i Slika 6.137).



Slika 6.135 Naredba za označavanje središta provrta

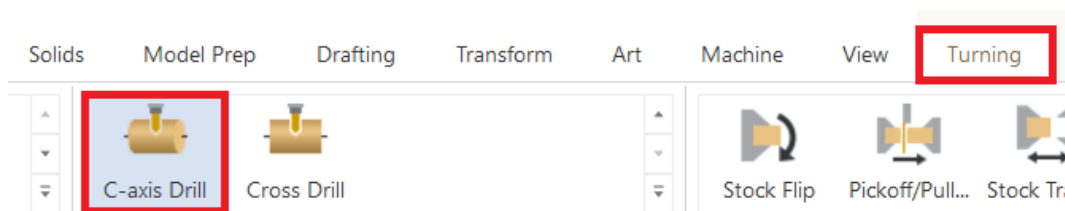


Slika 6.136 Označavanje središta provrta

Type	Diameter
Arc 1	6.8
Arc 2	6.8
Arc 3	6.8

Slika 6.137 Promjeri provrta

Nakon što smo označili središta, pomoću opcije *C-Axis Drill* izvodi se zaibušivanje (Slika 6.138).



Slika 6.138 Odabir naredbe za zaibušivanje

Zatim se otvara kartica *Tool* u kojoj kreiramo zaibušivač koji smo odabrali u *Iscar* katalogu. Njegove dimenzije (Slika 6.139) i režimi rada (Slika 6.140) prikazani su na sljedećim slikama.

**Current Step:**

Define Tool Geometry

Finalize Properties

### Define Spot drill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

Standard sizes

Overall dimensions

Drill diameter:

Overall length:

Cutting length:

Tip treatment

Tip angle:

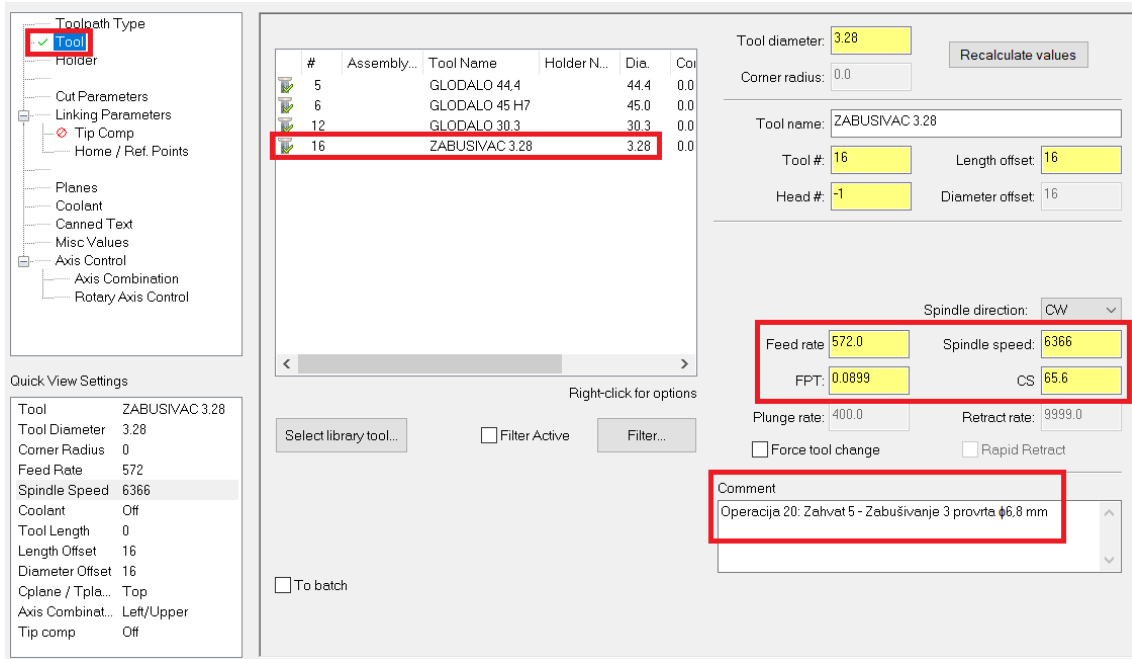
Non-cutting geometry

Shoulder length:

Shank diameter:

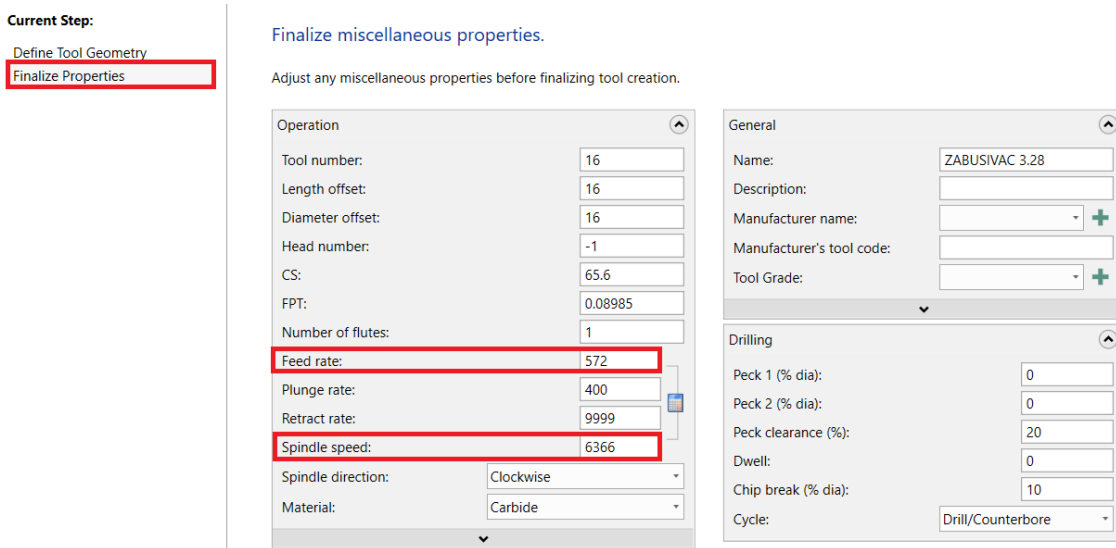
Slika 6.139 Dimenzije i izgled kreiranog zaibušivača





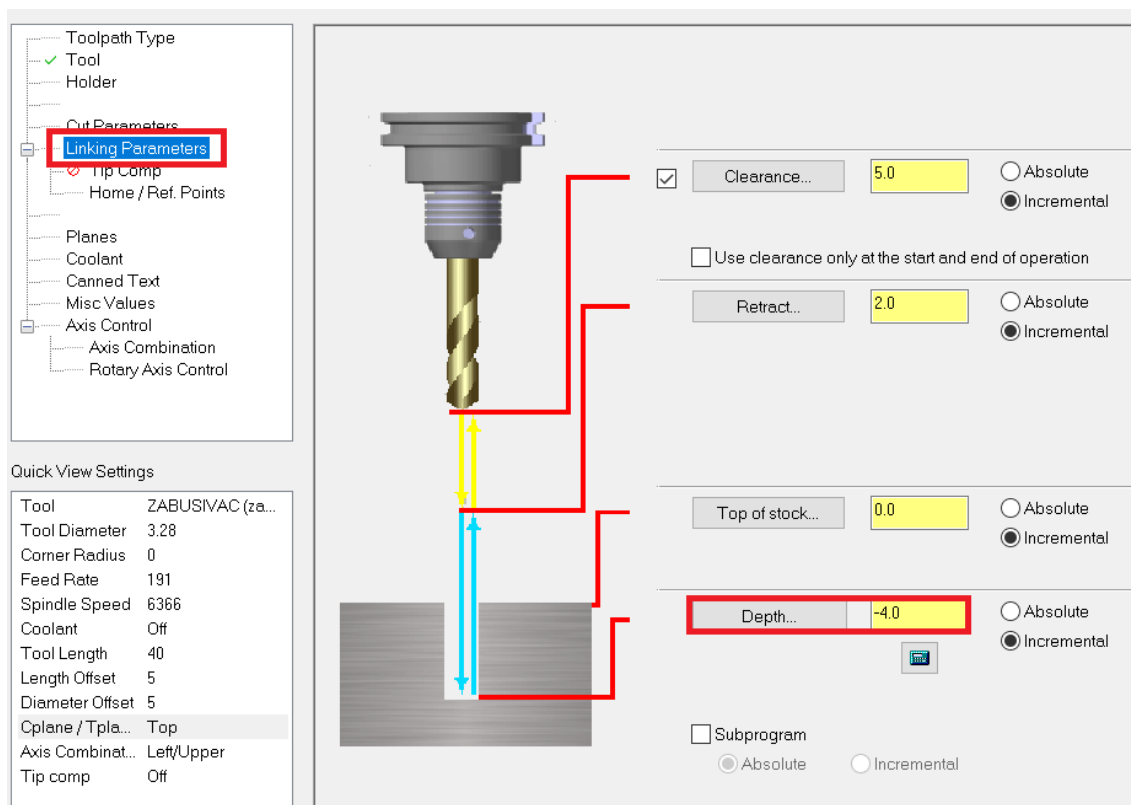
Slika 6.140 Režimi rada kreiranog zabušivača

Pod *Finalize Properties* upisuju se parametri obrade (Slika 6.141).



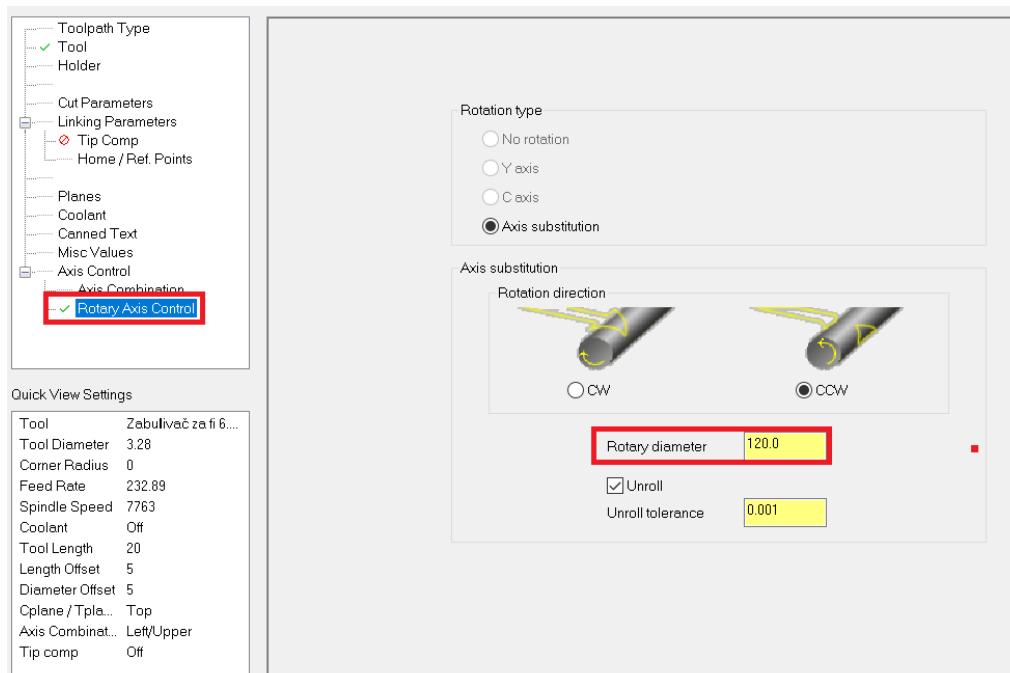
Slika 6.141 Parametri obrade za peti zahvat u operaciji 20

Pod karticom *Linking Parameters* upisuje se dubina (eng. depth) zabušivanja od 4 mm (Slika 6.142).



Slika 6.142 Određivanje dubine rezanja sa zašušivačem

U kartici *Axis control* označujemo *Rotary axis control* te pod *Rotary diameter* upisujemo rotacijski promjer, odnosno uključujemo zakretanje obratka (Slika 6.143).



Slika 6.143 Upisivanje rotacijskog promjera

Na slici 6.144 prikazano je vrijeme trajanja petog zahvata operacije 20.

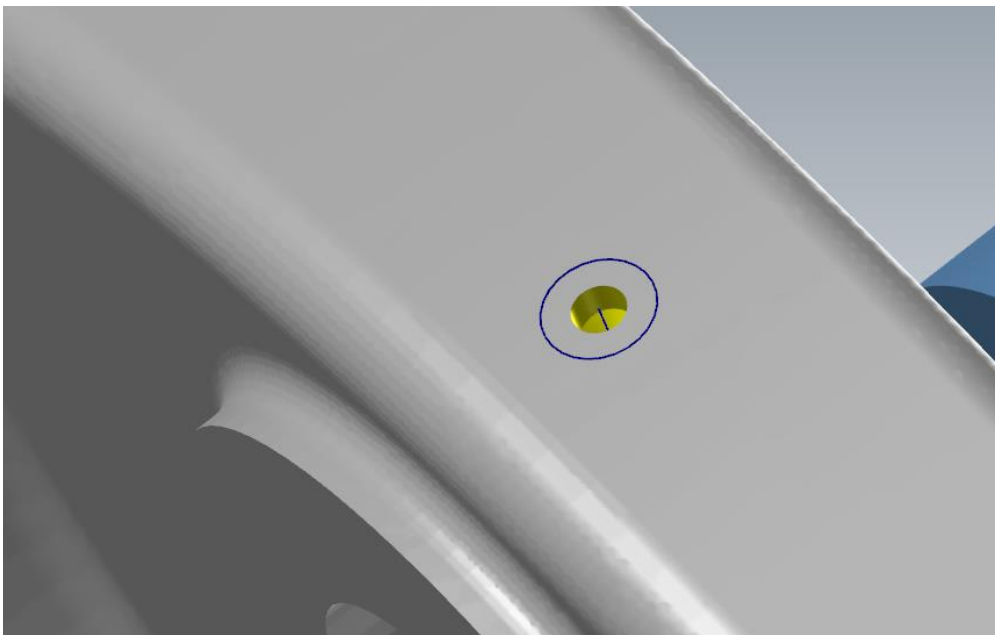


Cycle Time	
Feed	1.89s
Rapid	0.60s
Total	3.49s

Slika 6.144 Vrijeme trajanja petog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1,89 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,04 \text{ min}$

Prikaz zabušenog provrta M8 (Slika 6.145).



Slika 6.145 Prikaz zabušenog provrta

#### **ZAHVAT 6:** Bušenje 3 provrta $\phi 6,8 \text{ mm}$

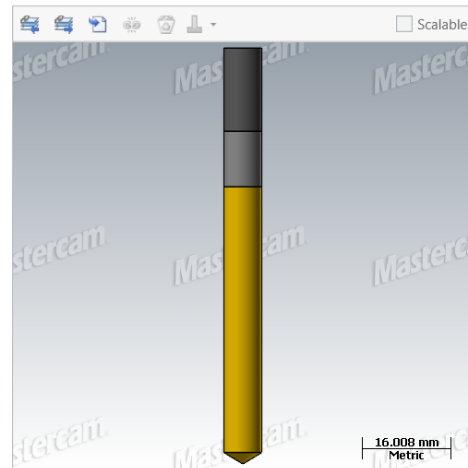
Bušenje provrta radi se pomoću iste naredbe kao zabušivanje. Jedina razlika je u tome što se umjesto zabušivača uzima svrdlo koje je potrebno kreirati na isti način kao u prethodnom zahvatu (Slika 6.146).

**Current Step:**  
**Define Tool Geometry**  
 Finalize Properties

### Define Drill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

Standard sizes	
[ ]	
Overall dimensions	
Drill diameter:	6.8
Overall length:	75
Cutting length:	50
Tip treatment	
Tip angle:	118
Non-cutting geometry	
Shoulder length:	60
Shank diameter:	6.8



Slika 6.146 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla

Režimi rada kreiranog svrdla prikazani su na sljedećoj slici (Slika 6.147).

**Toolpath Type**

- Tool
- Holder
- Cut Parameters
- Linking Parameters
- Tip Comp
- Home / Ref. Points
- Planes
- Coolant
- Canned Text
- Misc Values
- Axis Control
- Axis Combination
- Rotary Axis Control

**Quick View Settings**

Tool	SVRDLO 6.8
Tool Diameter	6.8
Corner Radius	0
Feed Rate	880.44
Spindle Speed	4002
Coolant	Off
Tool Length	70
Length Offset	6
Diameter Offset	6
Cplane / Tpla...	Top
Axis Combinat...	Left/Upper
Tip comp	Off

#	Assembly...	Tool Name	Holder N...	Dia.
6		SVRDLO 6.8		6.8
5		ZABUSIVAC (zahvat3)		3.28

Select library tool...  Filter Active

To batch

Tool diameter: 6.8

Corner radius: 0.0

Tool name: SVRDLO 6.8

Tool #: 6 Length offset: 6

Head #: -1 Diameter offset: 6

Spindle direction: CW

Feed rate: 880.44 Spindle speed: 4002

FPT: 0.22 CS: 85.4967

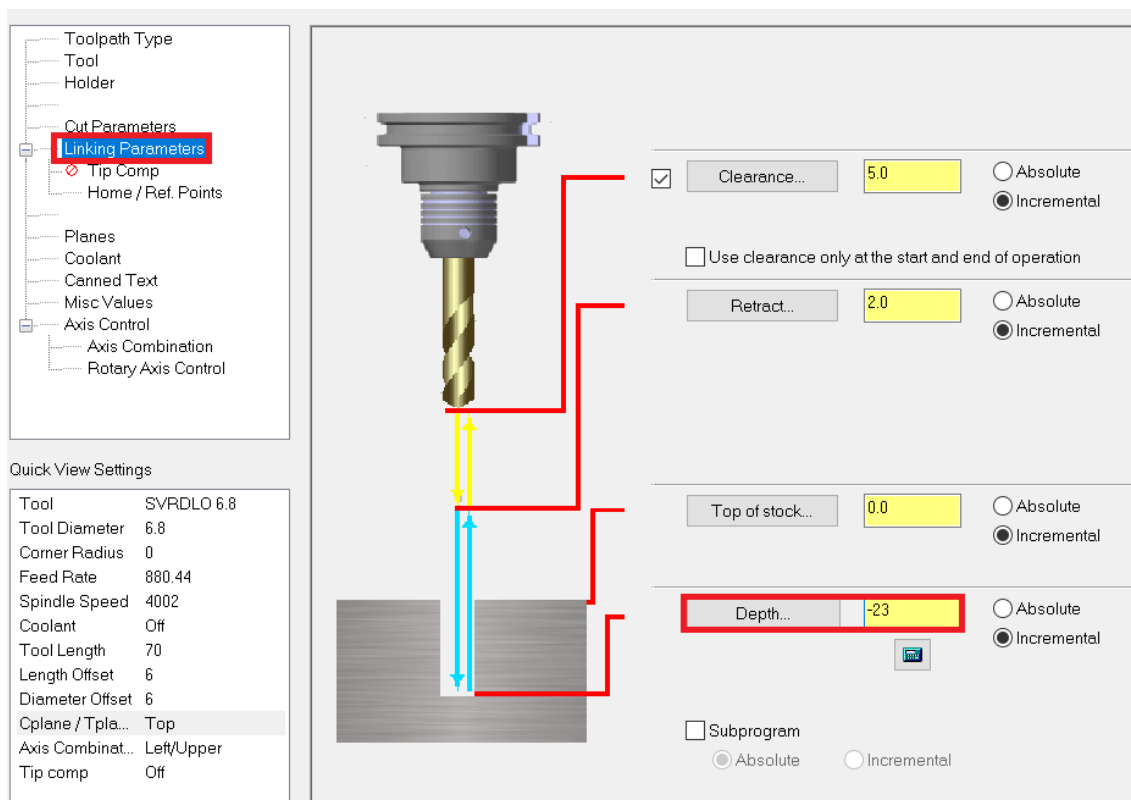
Plunge rate: 130.0 Retract rate: 9999.0

Force tool change  Rapid Retract

Comment  
Zahvat10 - busiti 3 provrta fi 6.8

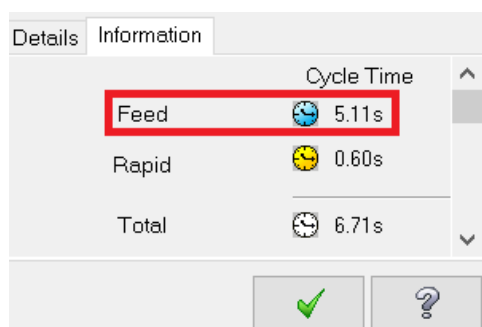
Slika 6.147 Režimi rada kreiranog svrdla

Pod karticom *Linking Parameters* upisuje se dubina bušenja (Slika 6.148).



Slika 6.148 Dubina bušenja provrta  $\phi$  6,8

Na slici 6.149 prikazano je vrijeme trajanja šestog zahvata operacije 20.



Slika 6.149 Vrijeme trajanja šestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 5,11 \text{ s} = 0,09 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,09 \text{ min}$

### ZAHVAT 7: Urezivanje 3 navoja M8

Za urezivanje navoja koristi se naredba *C-Axis Drill*, isto kao u prethodna dva zahvata. Urezivač kreiramo na način prikazan na slici 6.150.

Define Tool Geometry  
Finalize Properties

### Definiranje lap

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

Standard sizes

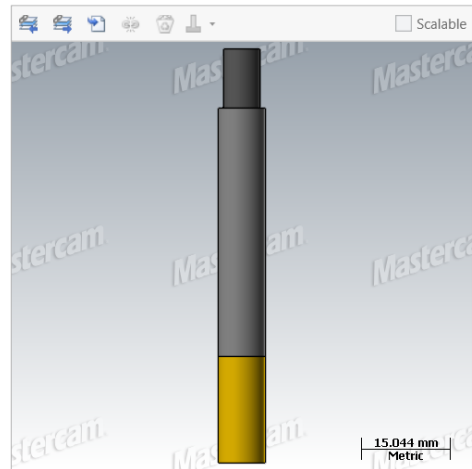
Nominal diameter: 8  
Pitch: 1.25  
 Left hand

Overall dimensions

Cutting length: 18  
Shank diameter: 6.2  
Overall length: 70

Tip treatment

Bottoming



Slika 6.150 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača

Režimi rada prikazani su na slici 6.151.

Toolpath Type

- Tool
- Holder
- Cut Parameters
- Linking Parameters
  - Tip Comp
  - Home / Ref. Points
- Planes
- Coolant
- Canned Text
- Misc Values
- Axis Control
  - Axis Combination
  - Rotary Axis Control

Quick View Settings

Tool: UREZNIK M8  
Tool Diameter: 8  
Corner Radius: 0  
Feed Rate: 1924  
Spindle Speed: 1539  
Coolant: Off  
Tool Length: 70  
Length Offset: 18  
Diameter Offset: 18  
Cplane / Tpla...: Top  
Axis Combinat...: Left/Upper  
Tip comp: Off

#	Assembly...	Tool Name	Holder N...	Dia.	Cor
5		GLODALO 44.4		44.4	0.0
6		GLODALO 45 H7		45.0	0.0
12		GLODALO 30.3		30.3	0.0
16		ZABUSIVAC 3.28		3.28	0.0
17		SVRDLO 6.8		6.8	0.0
18		UREZNIK M8		8.0-1...	0.0

Tool diameter: 8.0  
Corner radius: 0.0  
Recalculate values

Tool name: UREZNIK M8  
Tool #: 18  
Head #: -1  
Length offset: 18  
Diameter offset: 18

Spindle direction: CW

Feed rate: 1924.0  
FPT: 1.25  
Spindle speed: 1539  
CS: 38.6805

Plunge rate: 400.0  
Retract rate: 400.0  
 Force tool change  
 Rapid Retract

Comment  
Operacija 20: Zahvat 7 - Urezivanje 3 navoja M8

To batch

Slika 6.151 Režimi rada kreiranog zabušivača

Na slici 6.152 prikazano je vrijeme trajanja sedmog zahvata operacije 20.

Cycle Time	
Feed	2.34s
Rapid	0.60s
Total	3.94s

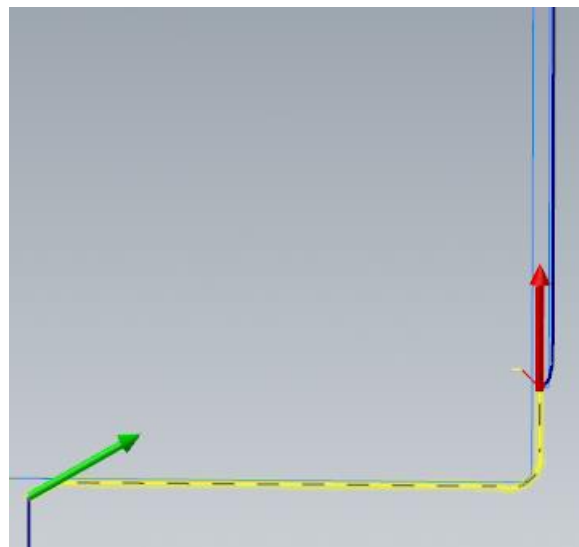
Slika 6.152 Vrijeme trajanja sedmog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 2,34 s = 0,04 min$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,04 min$

#### ZAHVAT 8: Fino konturno tokarenje (vanjsko)

Dimenzije alata i princip rada je isti kao kod zahvata 4 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.153).



Slika 6.153 Smjer kretanja alata za osmi zahvat operacije 20

Na slici 6.154 prikazano je vrijeme trajanja osmog zahvata operacije 20.

Details		Information	
		Cycle Time	
Feed		24.03s	
Rapid		3.30s	
Total		28.33s	

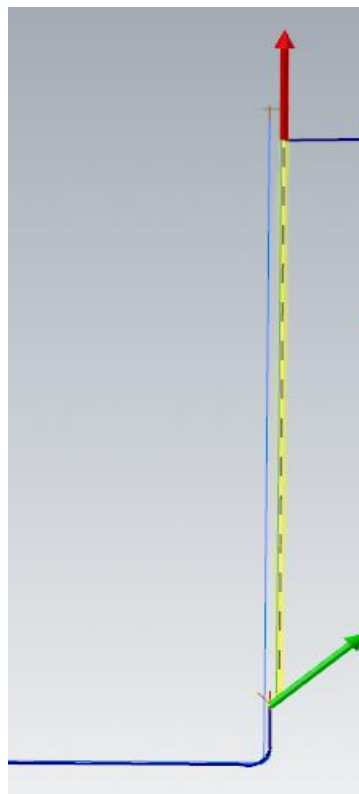
Slika 6.154 Vrijeme trajanja osmog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 24,03 s = 0,40 min$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,40 min$

**ZAHVAT 9:** Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru  $\phi 135$  mm s radijusom R3

Dimenzije alata i princip rada je isti kao kod zahvata 8 u operaciji 10.






Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.155).



Slika 6.155 Smjer kretanja alata za deveti zahvat operacije 20

Na slici 6.156 prikazano je vrijeme trajanja devetog zahvata operacije 20.



Details		Information	
Cycle Time			
Feed		1m:1.92s	<div style="text-align: right;">^</div> <div style="text-align: left;">v</div>
Rapid		3.40s	
Total		1m:6.32s	
			

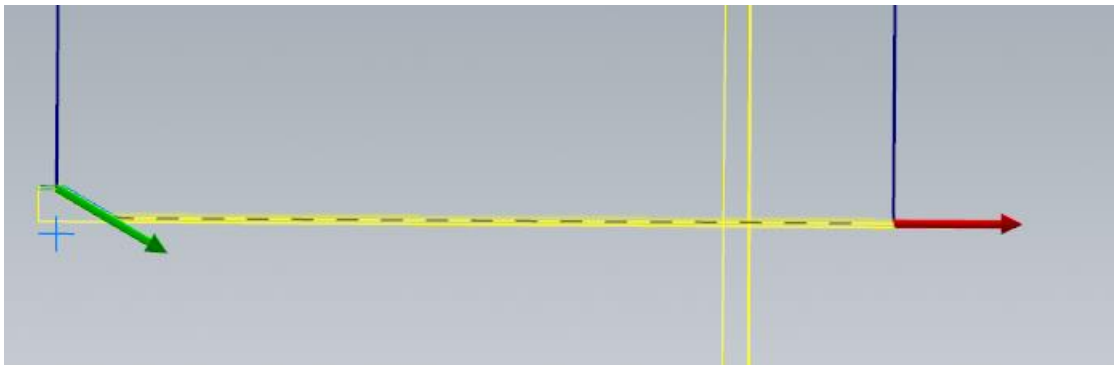
Slika 6.156 Vrijeme trajanja devetog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1 \text{ min } 1,92 \text{ s} = 1,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,94 \text{ min}$

#### ZAHVAT 10: Tokarenje utora na mjeru $\phi 84 \text{ mm}$

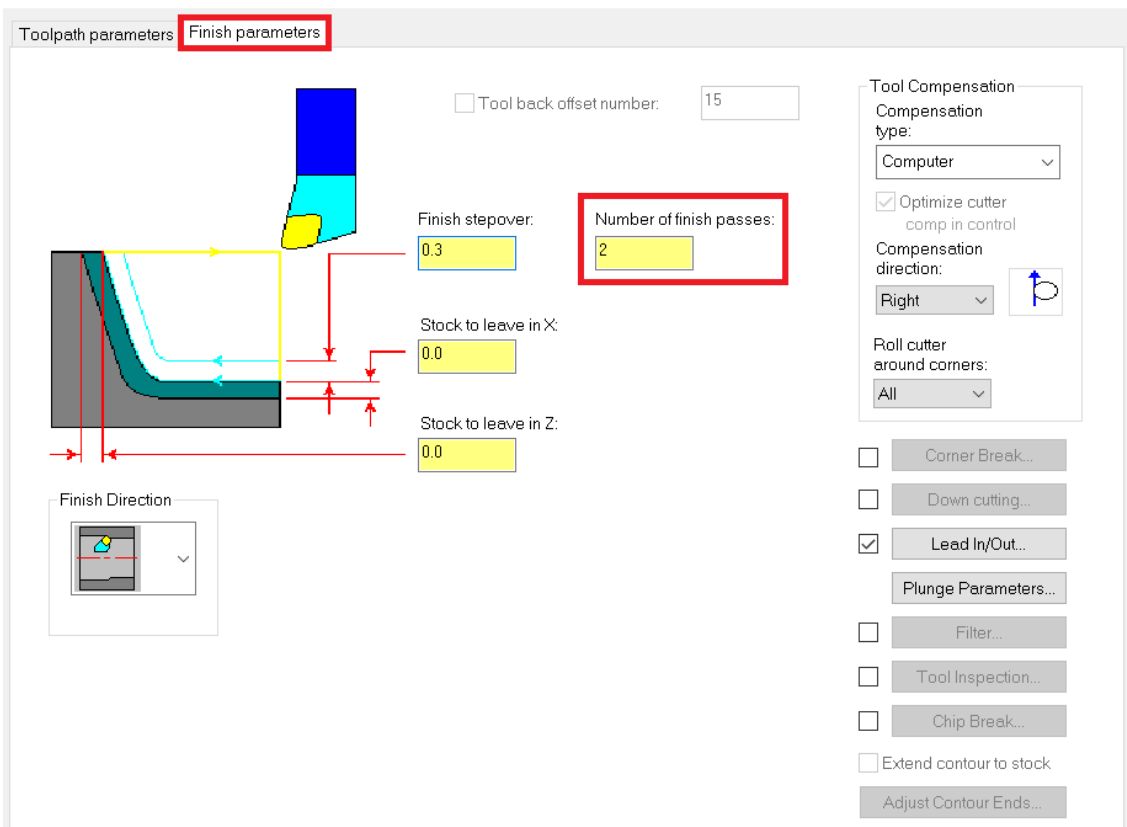
Izgled i dimenzije alata su iste kao kod zahvata 11 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.157).



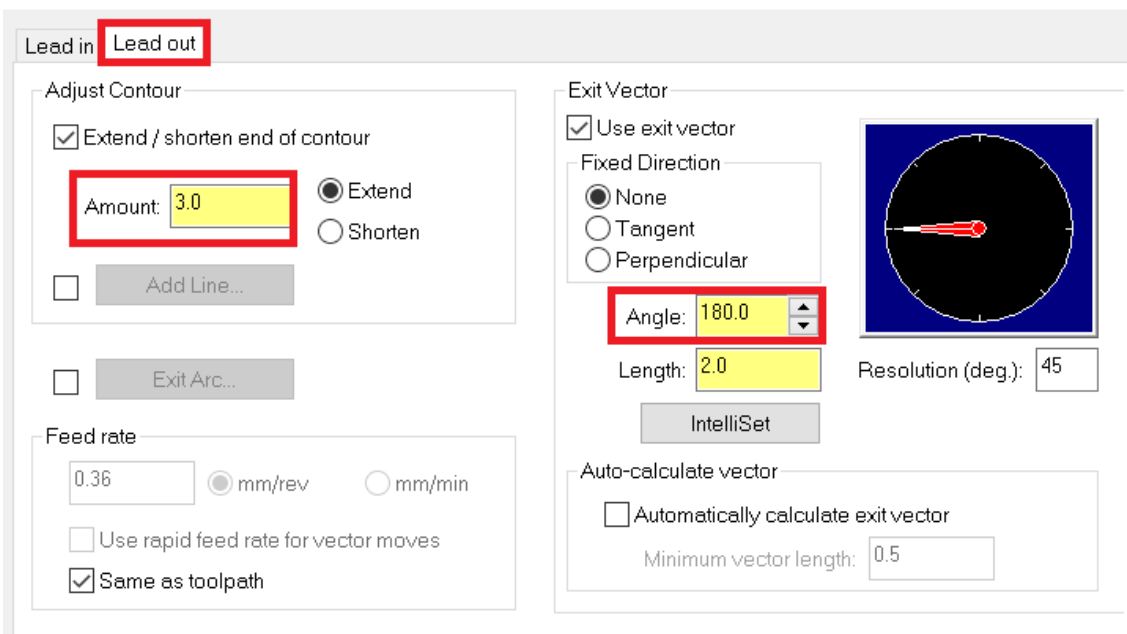
Slika 6.157 Smjer kretanja lata za deseti zahvat operacije 20

Jedina razlika na unutarnje tokarenje kod operacije 10 je broj finih prolaza koji sada iznosi 2 (Slika 6.158).



Slika 6.158 Parametri obrade za deseti zahvat operacije 20

Bitno je uključiti izlaz alata pod 180° (Slika 6.159).



Slika 6.159 Uključivanje izlaza alata

Na slici 6.160 prikazano je vrijeme trajanja desetog zahvata operacije 20.

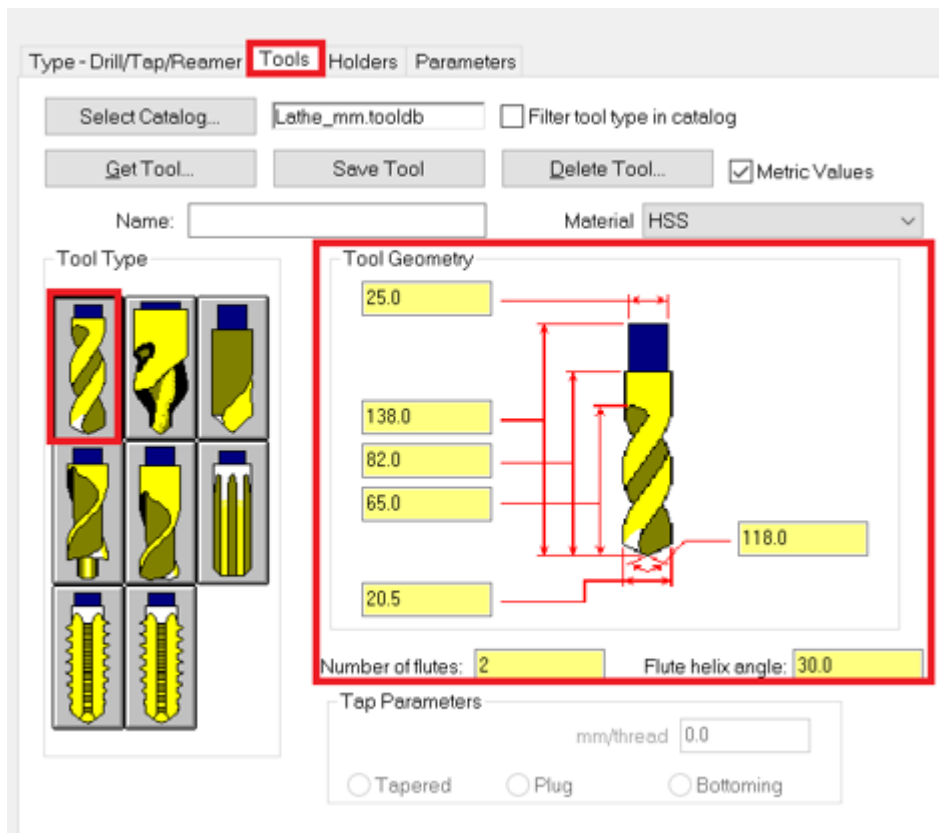


Slika 6.160 Vrijeme trajanja desetog zahvata za operaciju 20

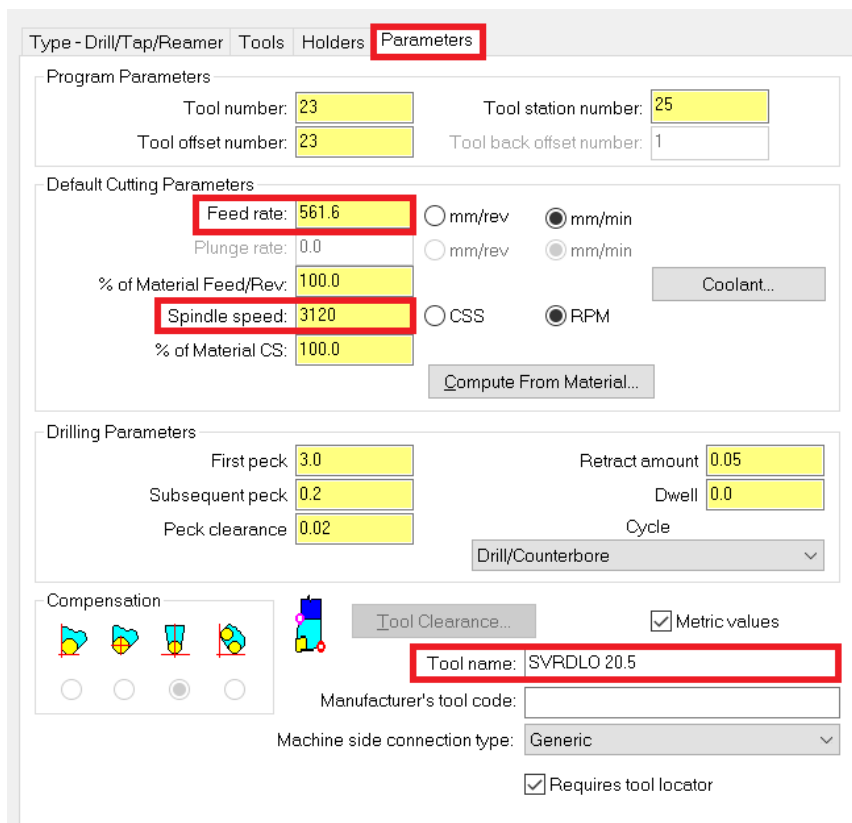
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 19,64 \text{ s} = 0,33 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,33 \text{ min}$

### ZAHVAT 11: Bušenje provrta $\phi 20,5 \text{ mm}$

Na samom početku potrebno je kreirati alat. Na slici 6.161 prikazan je kreirani alat, a na slici 6.162 njegovi režimi rada.

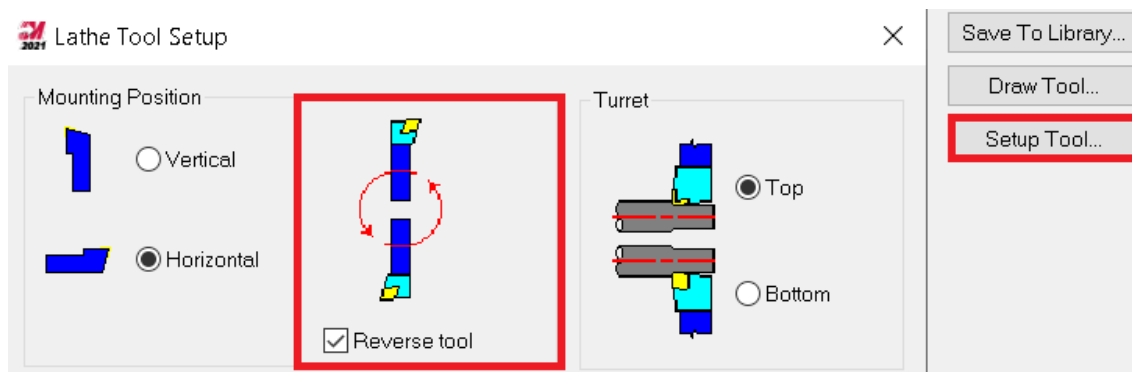


Slika 6.161 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla



Slika 6.162 Režimi rada kreiranog svrdla








Vrlo važno kod ovog zahvata je promijeniti smjer svrdla (eng. reverse tool). To se radi tako da prilikom kreiranja svrdla kliknemo na *Setup Tool*, a zatim označimo prazan prozorčić gdje piše *Reverse tool* (Slika 6.163).



Slika 6.163 Promjena smjera alata

Daljnji princip rada je isti kao kod zahvata 15 u operaciji 10.

Na slici 6.164 prikazano je vrijeme trajanja jedanaestog zahvata operacije 20.

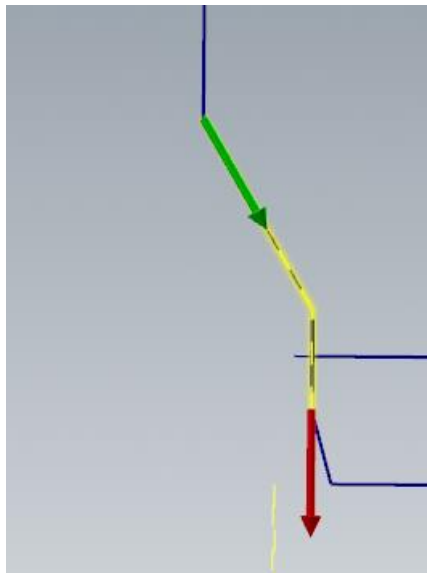
Details		Information	
Cycle Time			
Feed		4.18s	^
Rapid		1.10s	
Total		6.28s	
Path Length			
Feed		39.15882	^
Rapid		528.44441	
Minimum/	X	0.	^
			

Slika 6.164 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 4,18 \text{ s} = 0,07 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,07 \text{ min}$

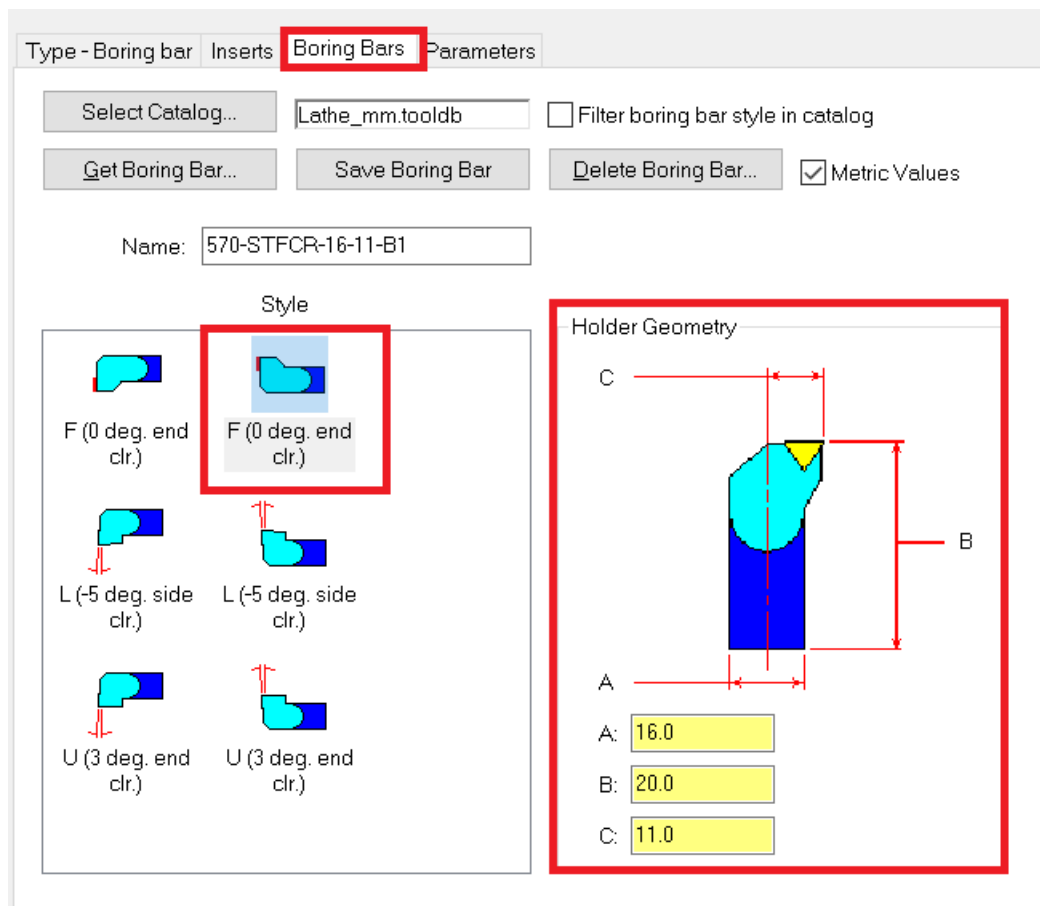
### ZAHVAT 12: Grubo tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60°

Ovaj zahvat radi se pomoću naredbe *Rough*. Na slici 6.165 prikazan je smjer kretanja alata.



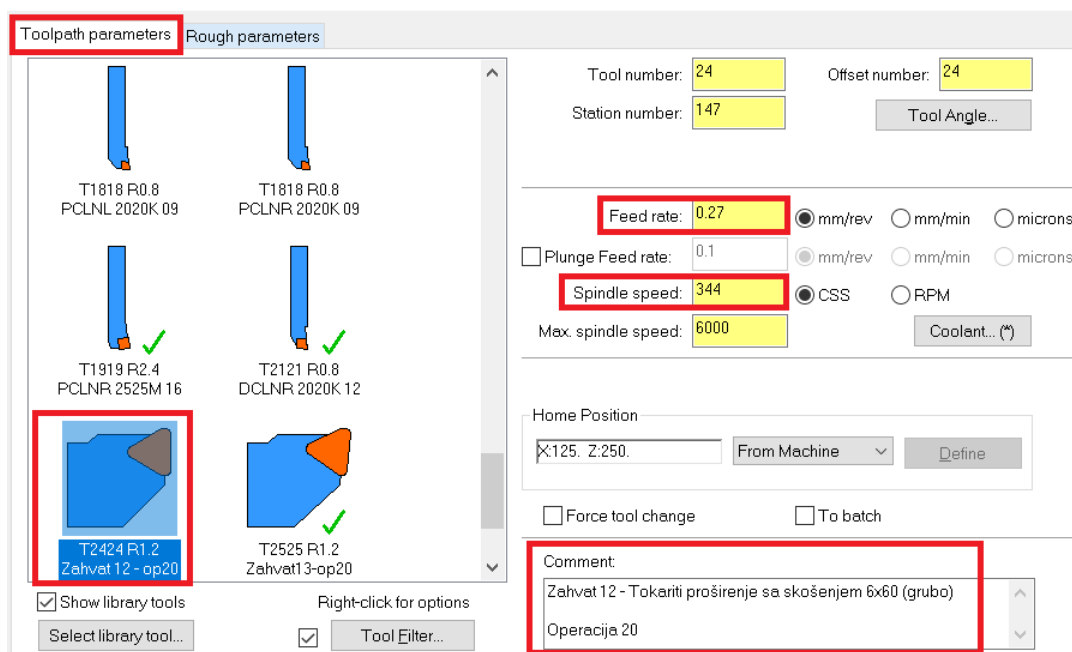
Slika 6.165 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat operacije 20

Alat koji se koristi za ovaj zahvat i njegove dimenzije prikazane su na slici 6.166.



Slika 6.166 Dimenzije i izgled kreiranog zabušivača

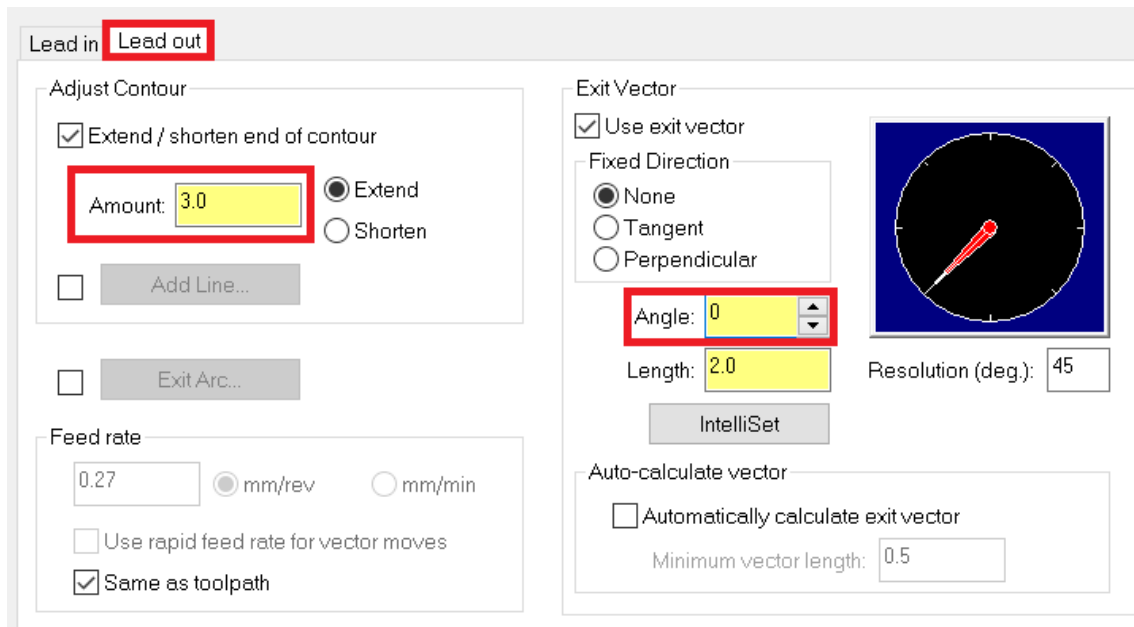
Režimi rada prikazani su na slici 6.167.



Slika 6.167 Režimi rada kreiranog zabušivača

Parametri obrade su jednaki kao kod ranijeg, četvrtog zahvata operacije 10. Razlika je jedino u dubini rezanja koja u ovom zahvatu iznosi 1,5 mm.

Potrebno je uključiti izlaz alata (Slika 6.168).



Slika 6.168 Uključivanje izlaza alata

Na slici 6.169 prikazano je vrijeme trajanja dvanaestog zahvata operacije 20.

Details		Information	
Cycle Time			
Feed		13.97s	
Rapid		4.15s	
Total		19.12s	

Slika 6.169 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 13,97 \text{ s} = 0,23 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,17 \text{ min}$

### ZAHVAT 13: Fino tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60°

Ovaj zahvat radi se pomoću naredbe *Finish*. Na slici 6.169 prikazan je smjer kretanja alata.



Slika 6.170 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat operacije 20

Alat za ovaj zahvat je isti kao i u prethodnom.

Parametri obrade su jednaki kao kod ranijeg, osmog zahvata operacije 10.

Na slici 6.171 prikazano je vrijeme trajanja trinaestog zahvata operacije 20.

Details	Information	Cycle Time
Feed		2.25s
Rapid		3.87s
Total		7.13s

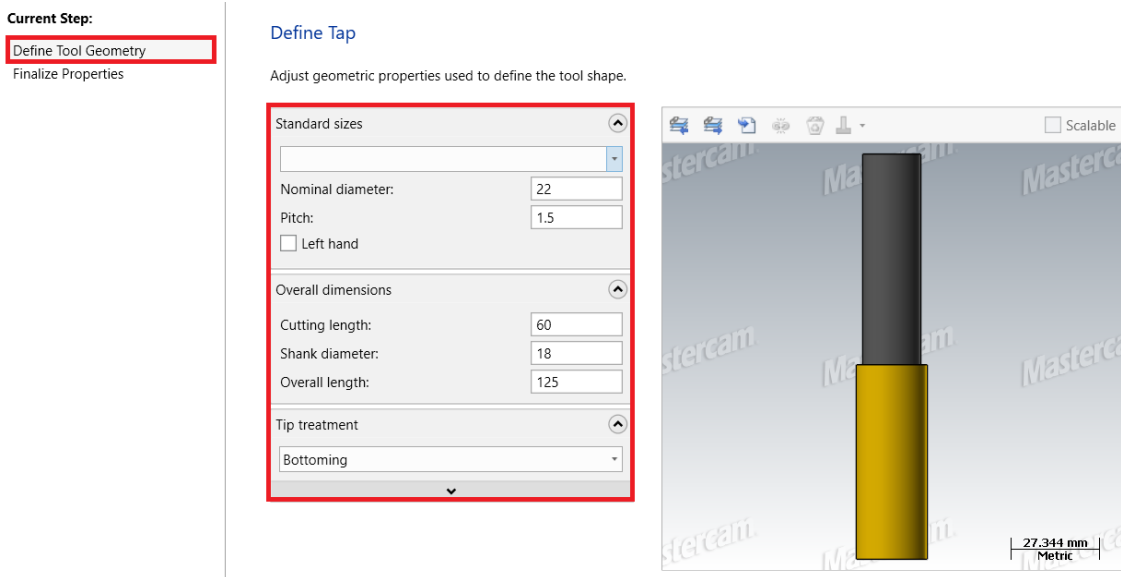
Slika 6.171 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 2,25 \text{ s} = 0,04 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,03 \text{ min}$

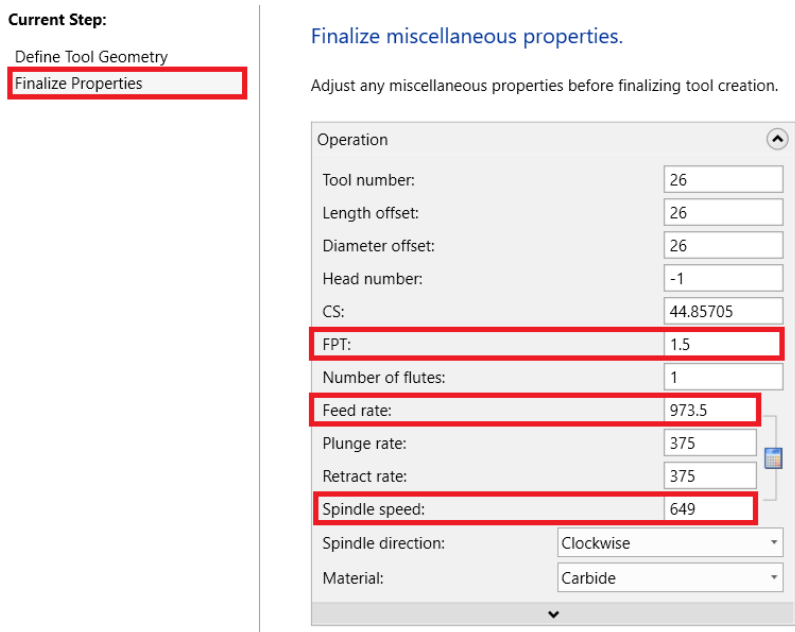


## ZAHVAT 14: Urezivanje navoja M22 x 1,5

Princip rada je isti kao kod zahvata 7 u operaciji 20 samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*. Za ovaj zahvat kreira se urezivač za urezivanje navoja M22x1,5 čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.172, Slika 6.173).

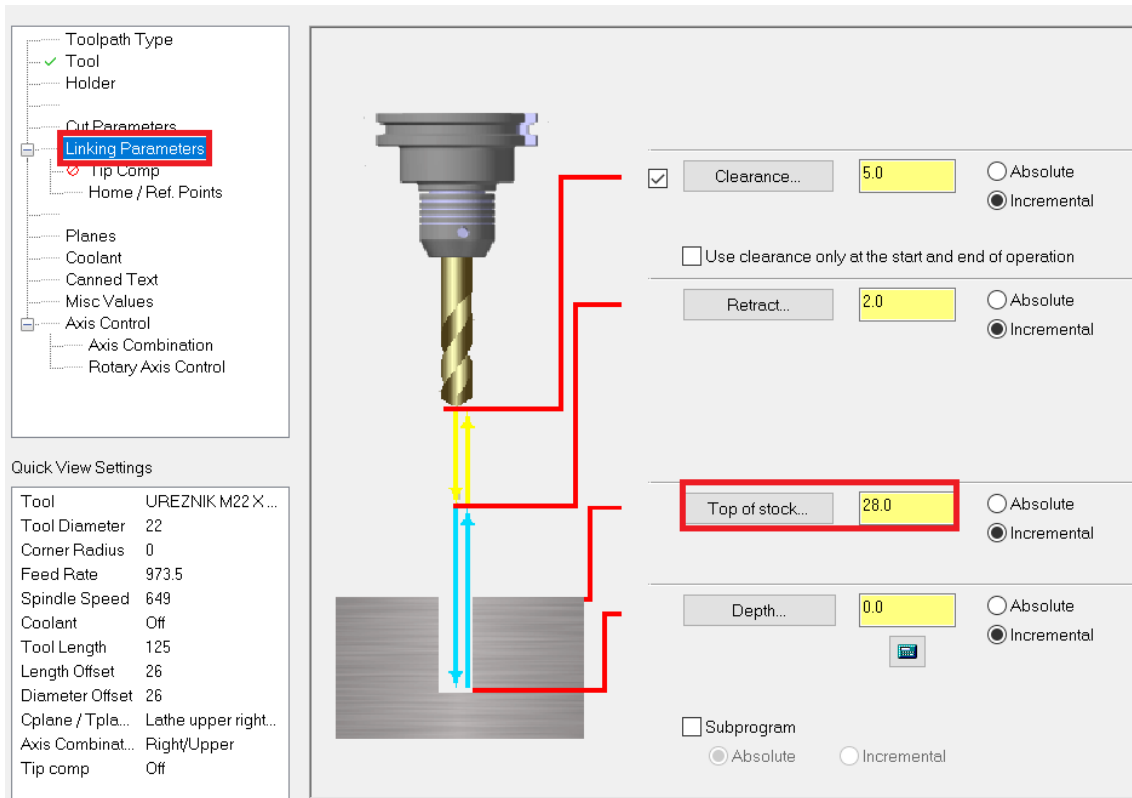


Slika 6.172 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača



Slika 6.173 Režimi rada kreiranog urezivača

Urezivanje se vrši do dubine od 28 mm (Slika 6.174).



Slika 6.174 Dubina urezivanja navoja M22x1,5

Na slici 6.175 prikazano je vrijeme trajanja četrnaestog zahvata operacije 20.

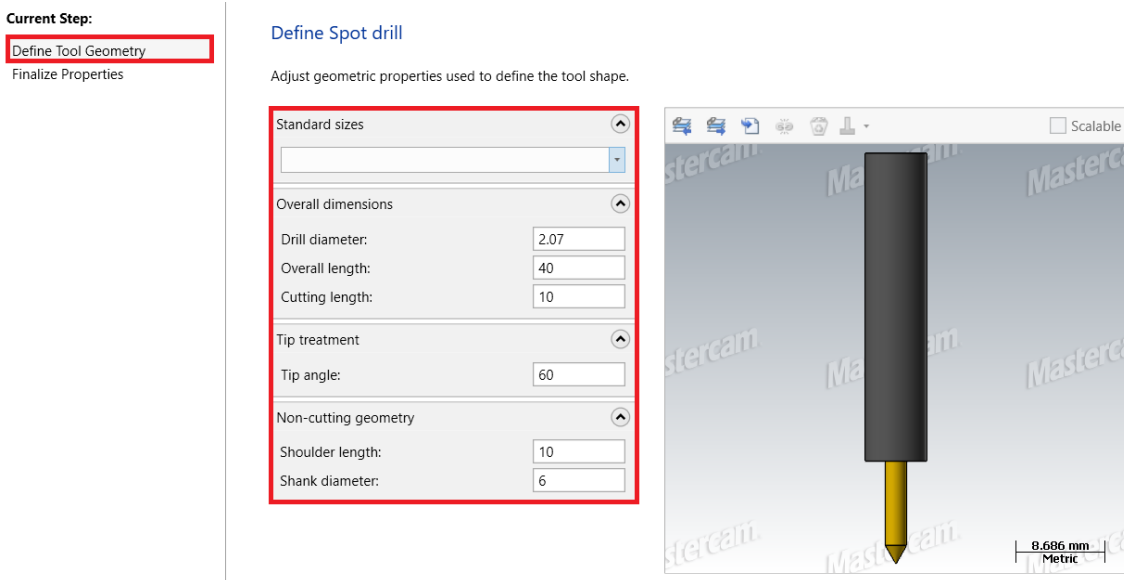
Details		Information	
		Cycle Time	
Feed	1.85s		
Rapid	0.00s		
Total	2.85s		
		Path Length	
Feed	30.		
Rapid	36.		
Minimum/	×	0.	

Slika 6.175 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata za operaciju 20

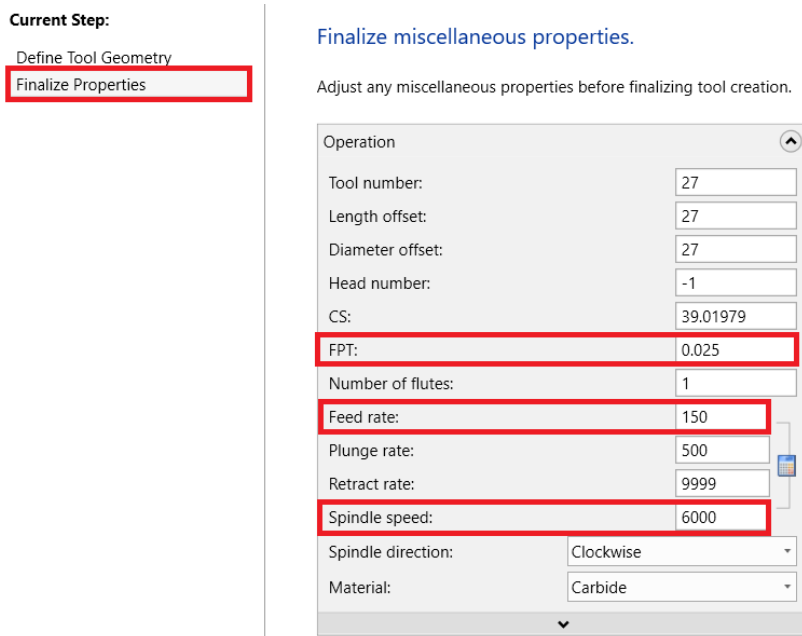
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1,85 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,03 \text{ min}$

## ZAHVAT 15: Zabušivanje provrta za izradu navoja M4

Princip rada je isti kao kod zahvata 5 u operaciji 20 samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*.. Za ovaj zahvat kreira se zabušivač s promjerom vrha od 2,07 mm čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.176, Slika 6.177).

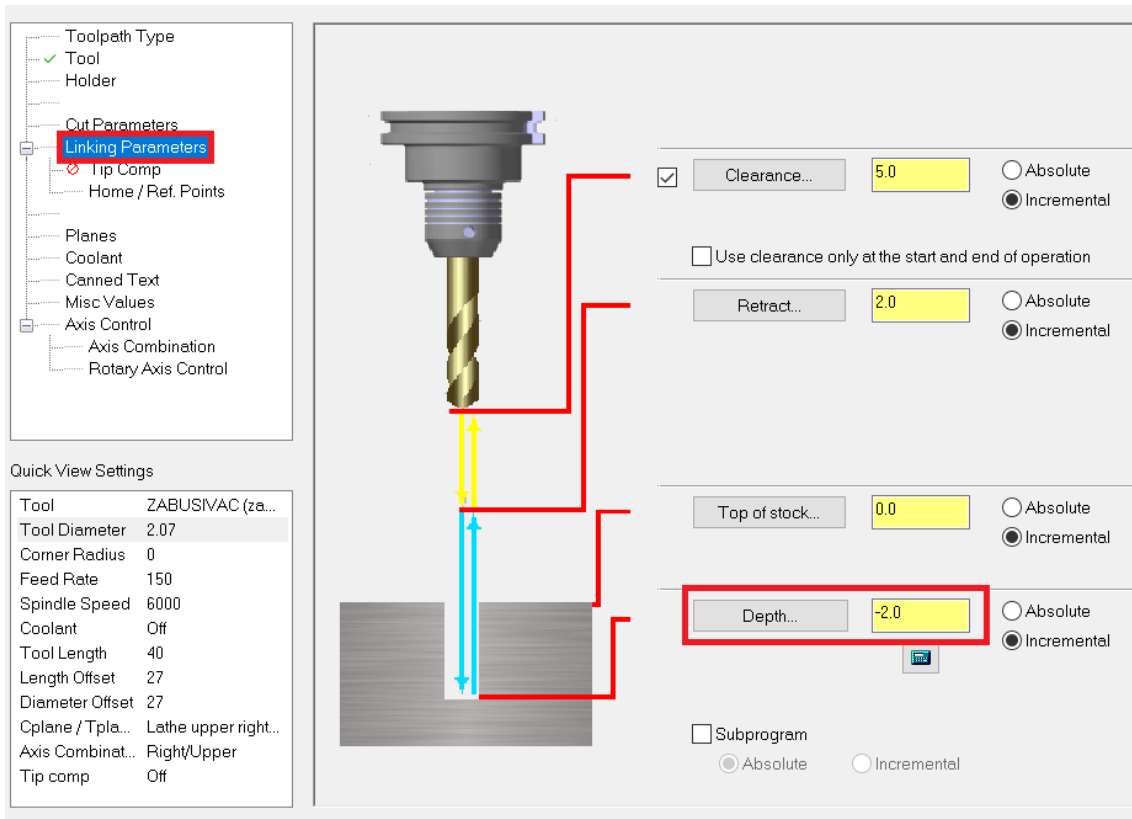


Slika 6.176 dimenzije i izgled kreiranog zabušivača



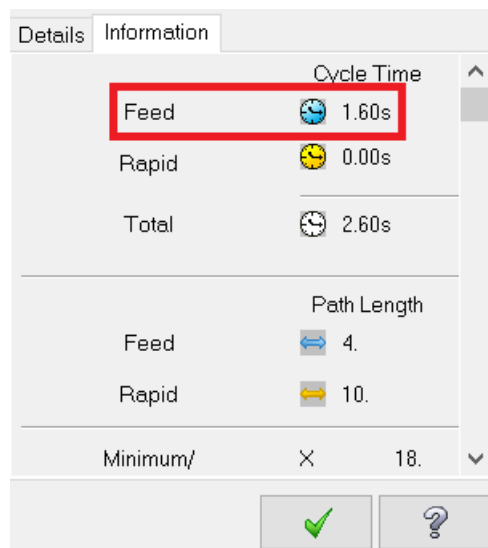
Slika 6.177 Režimi rada kreiranog zabušivača

Zabušivanje se vrši do dubine od 28 mm (Slika 6.178).



Slika 6.178 Dubina zabušivanja provrta M4

Na slici 6.179 prikazano je vrijeme trajanja petnaestog zahvata operacije 20.

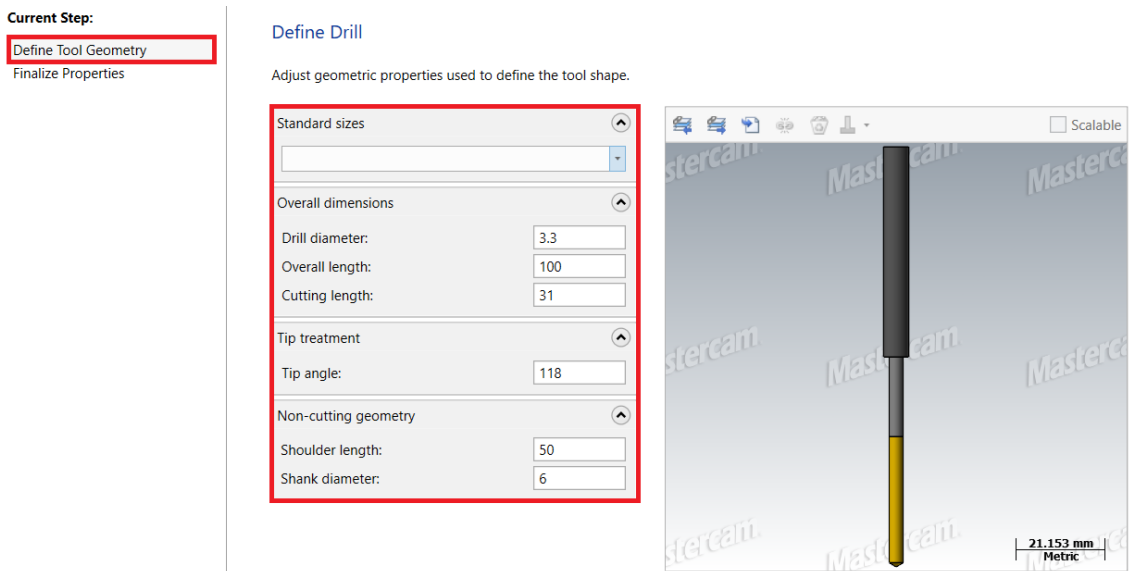


Slika 6.179 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata za operaciju 20

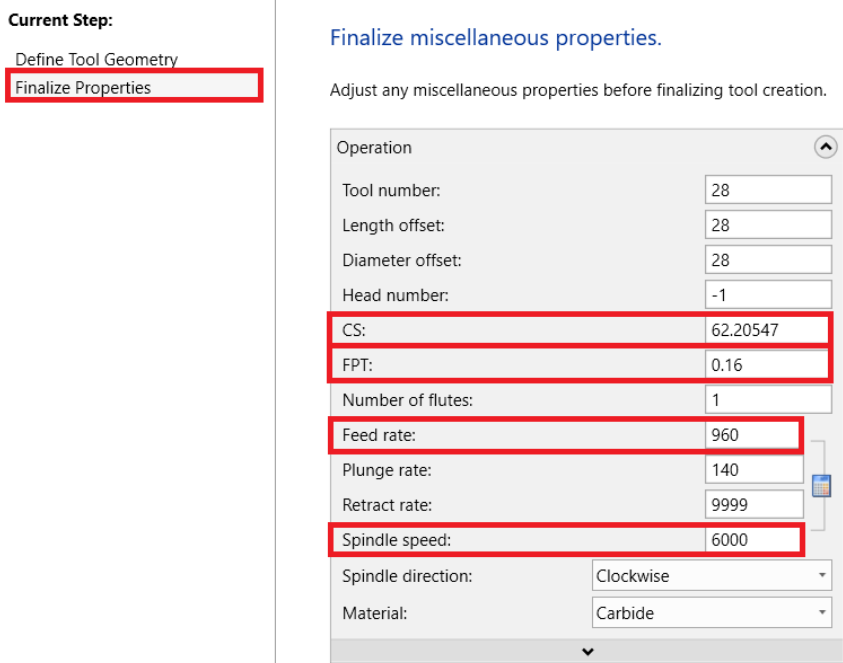
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 1,60 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,03 \text{ min}$

## ZAHVAT 16: Bušenje provrta $\phi 3,3$ H12

Princip rada je isti kao kod zahvata 6 u operaciji 20, samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*.. Za ovaj zahvat kreira se svrdlo s promjerom od 3,3 mm čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.180, Slika 6.181).

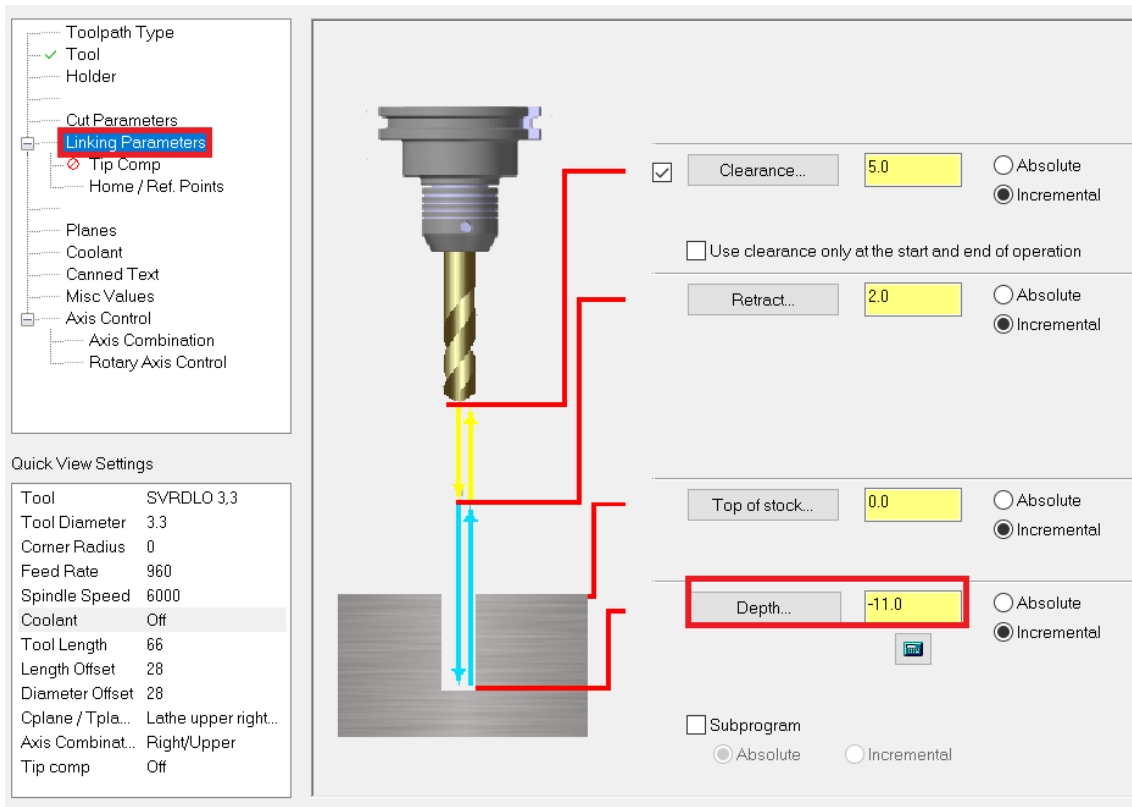


Slika 6.180 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla



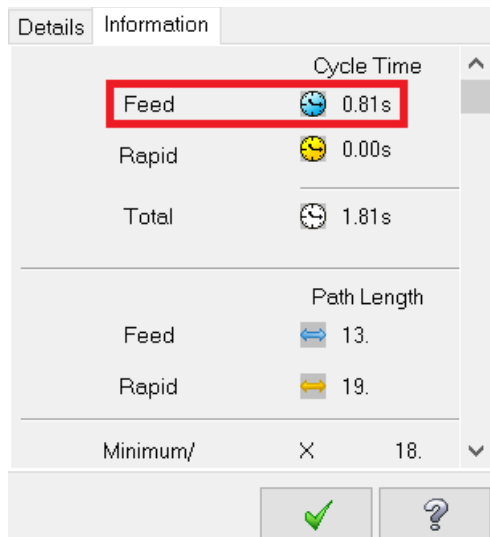
Slika 6.181 Režimi rada kreiranog svrdla

Bušenje se vrši do dubine od 11 mm (Slika 6.182).



Slika 6.182 Dubina bušenja provrta M4

Na slici 6.183 prikazano je vrijeme trajanja šesnaestog zahvata operacije 20.

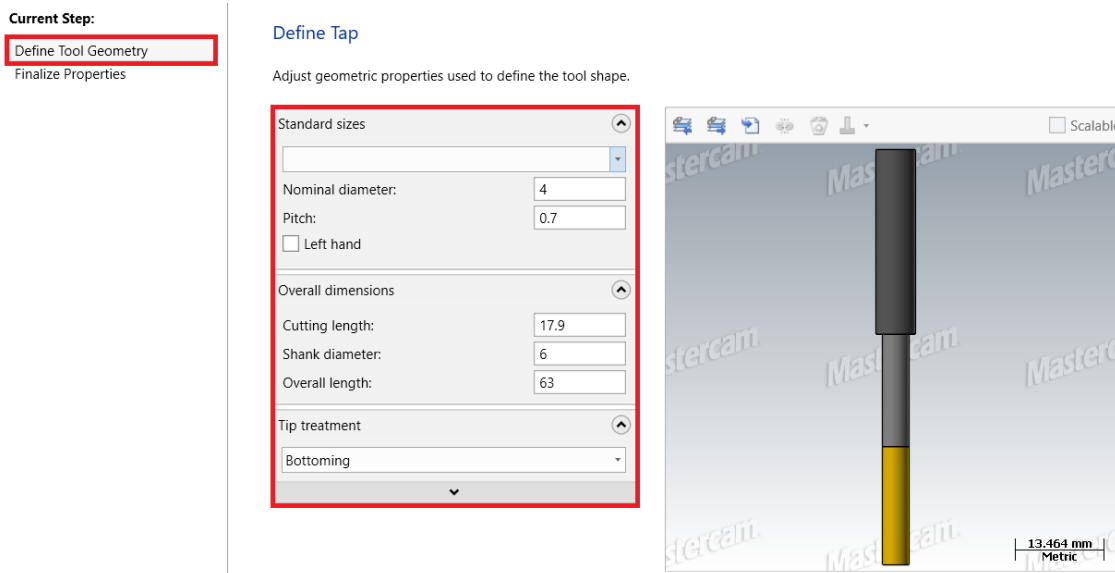


Slika 6.183 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata za operaciju 20

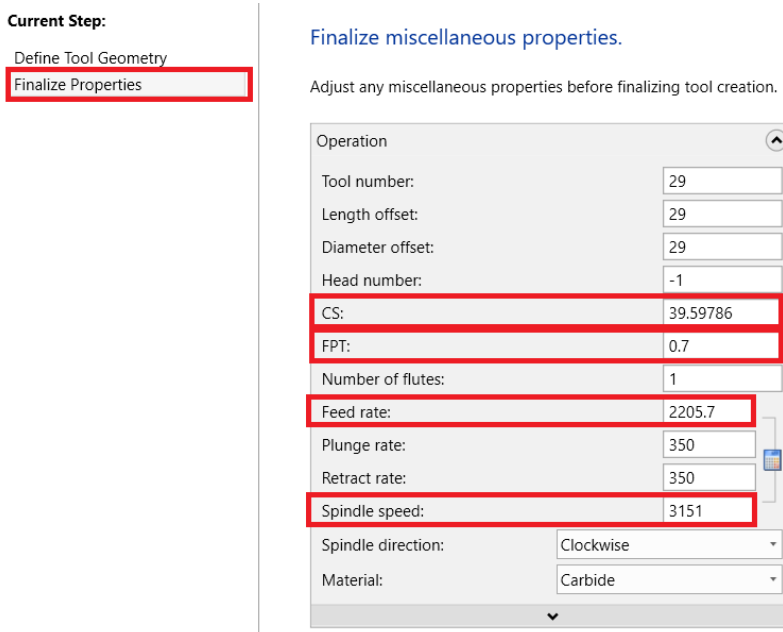
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 0,81 \text{ s} = 0,014 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,015 \text{ min}$

## ZAHVAT 17: Urezivanje navoja M4

Princip rada je isti kao kod zahvata 7 u operaciji 20 samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*.. Za ovaj zahvat kreira se urezivač za urezivanje navoja M4 čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.184, Slika 6.185).

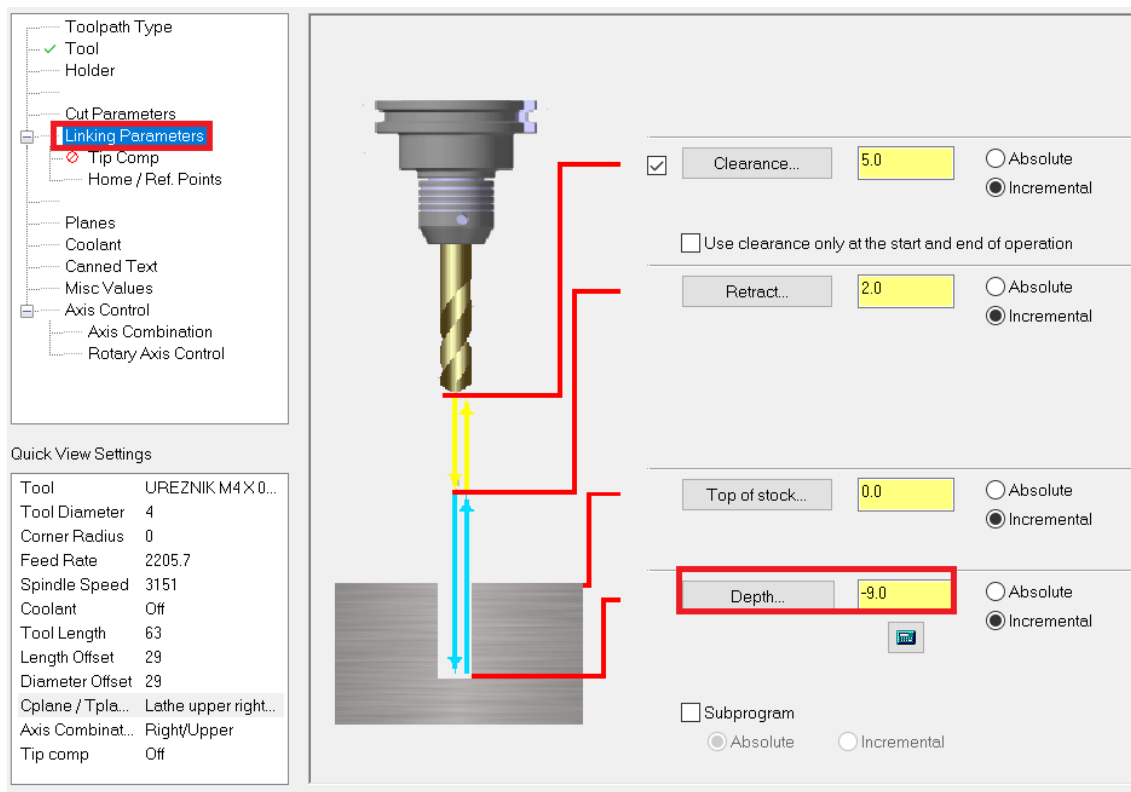


Slika 6.184 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača



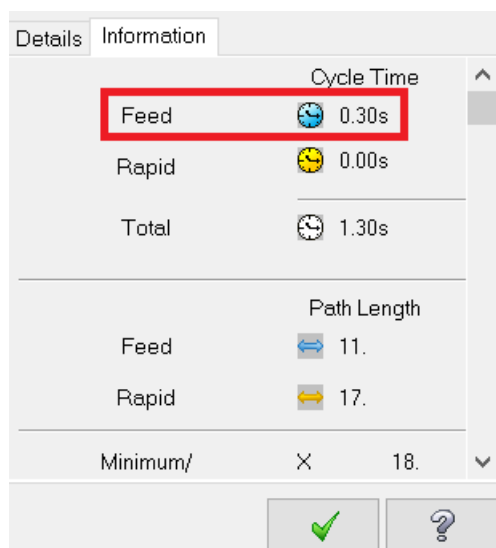
Slika 6.185 Režimi rada kreiranog urezivača

Urezivanje se vrši do dubine od 9 mm (Slika 6.186).



Slika 6.186 Dubina urezivanja navoja M4

Na slici 6.187 prikazano je vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata operacije 20.



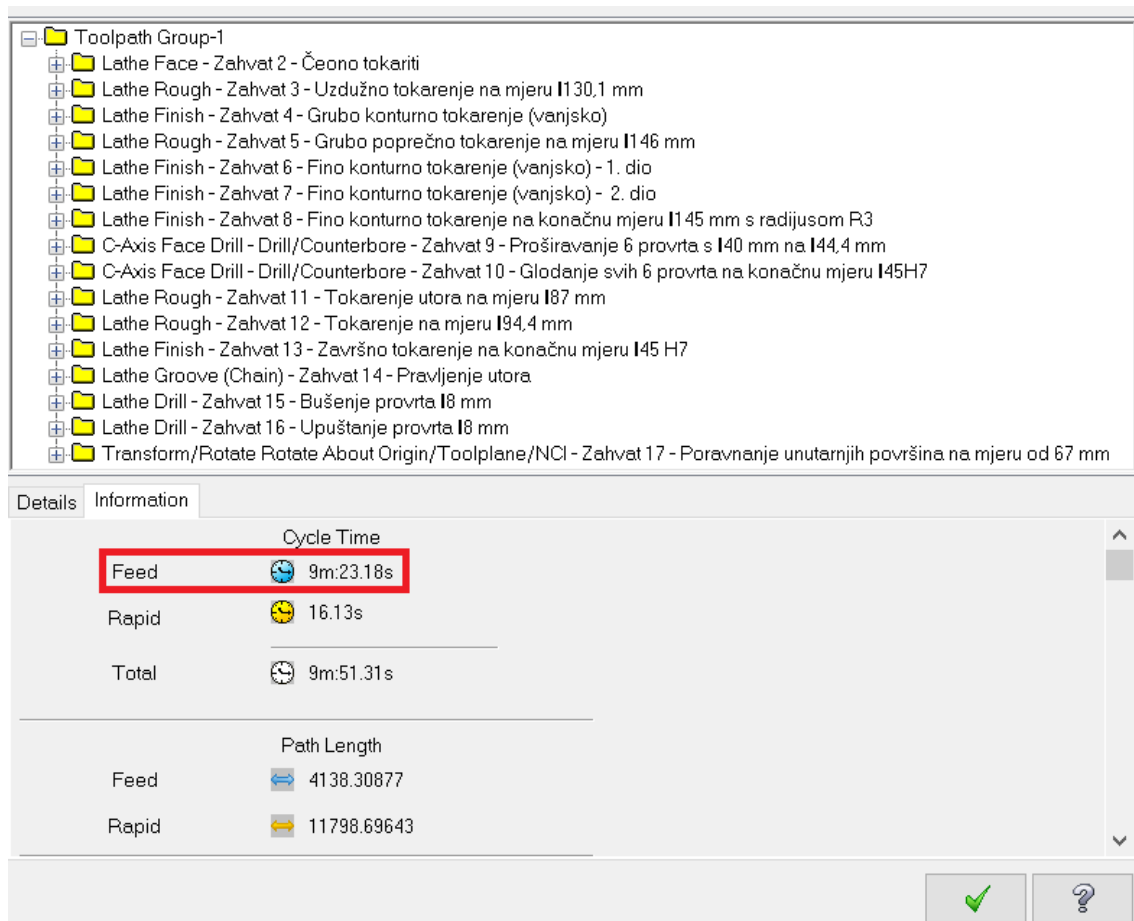
Slika 6.187 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 0,30 \text{ s} = 0,005 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato:  $t_{st} = 0,005 \text{ min}$



### 6.3.3 Ukupno vrijeme trajanja operacija

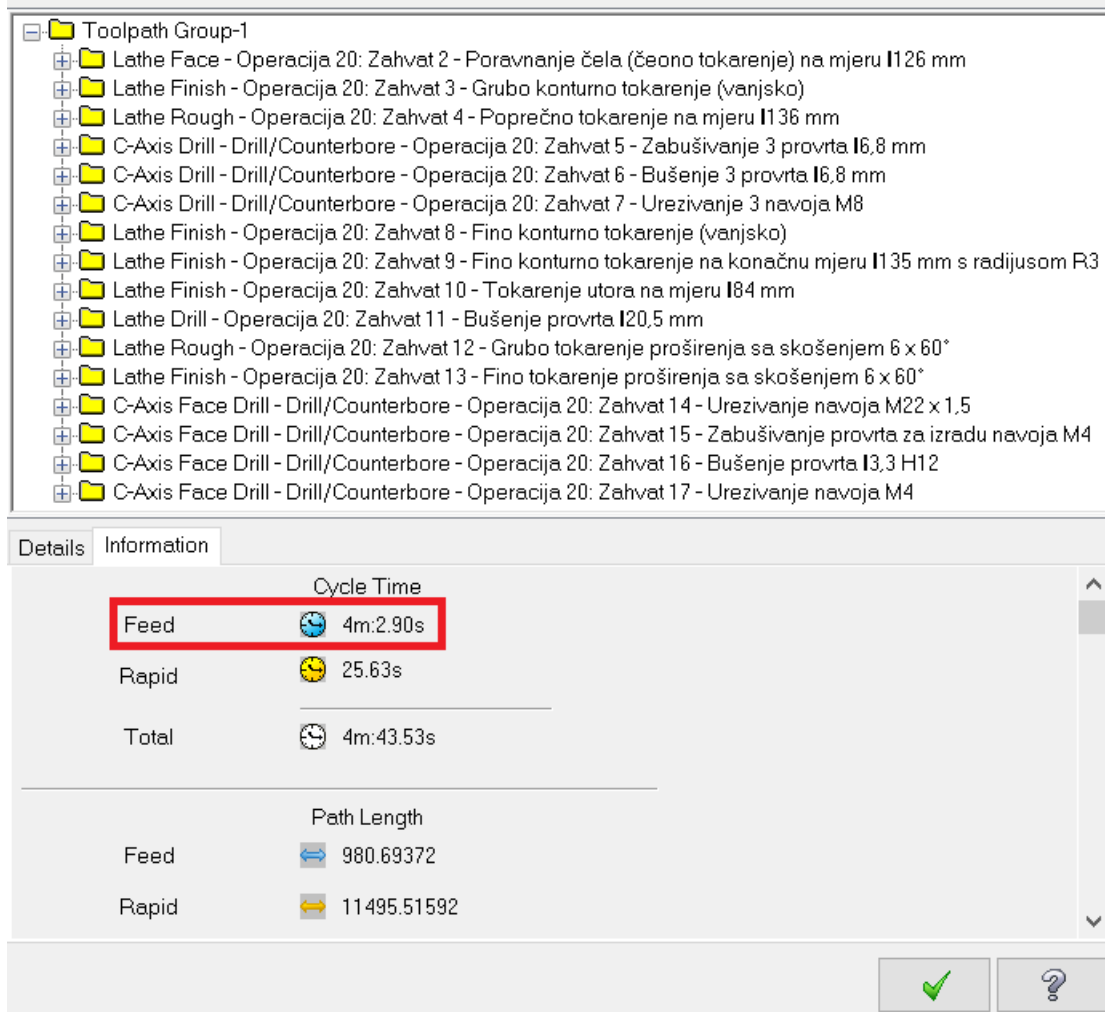
Popis svih zahvata i ukupno vrijeme trajanja operacije 10 u *Mastercamu* prikazano je na slici 6.188.



Slika 6.188 Vrijeme trajanja operacije 10 u *Mastercamu*

- Vrijeme svih zahvata operacije 10 u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 9 \text{ min } 14,18 \text{ s} = 9,39 \text{ min}$
- Vrijeme svih zahvata operacije 10 analitički izračunato:  $t_{st} = 9,69 \text{ min}$

Popis svih zahvata i ukupno vrijeme trajanja operacije 20 u *Mastercamu* prikazano je na slici 6.189.



Slika 6.189 Vrijeme trajanja operacije 20 u Mastercamu

- Vrijeme svih zahvata operacije 20 u programu *Mastercam*:  $t_{st(Mastercam)} = 4 \text{ min } 2,90 \text{ s} = 4,05 \text{ min}$
- Vrijeme svi zahvata operacije 20 analitički izračunato:  $t_{st} = 4,18 \text{ min}$

## 7. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad prikazuje projekt tehnološkog procesa vrtila reduktora u godišnjoj količini od 3300 komada godišnje. Na početku je napravljena konstrukcijska i tehnološka analiza izratka. Zatim je preko tehno – ekonomske analize izabran odljevak kao najbolje rješenje za oblik ulaznog materijala. Pod definiranjem koncepta tehnološkog procesa izračunato je vrijeme koje je potrebno za izradu jednog komada te iznosi  $0,97 \text{ h/kom}$ .

Projektiranje se sastoji od 6 operacija koje su podijeljene na zahvate. Za obradu vrtila korišten je CNC obradni centar te različiti strojni i ručni alati. Veliki dio alata izabran je iz *Sandvik* i *Iscar* kataloga.

Prva operacija sastoji se od 19 zahvata. Ukupno analitičko vrijeme operacije je  $9,69 \text{ min}$ , a u *Mastercamu*  $9,39 \text{ min}$ . Druga operacija sastoji se također od 19 zahvata. Ukupno analitičko vrijeme operacije je  $4,18 \text{ min}$ , a u *Mastercamu*  $4,05 \text{ min}$ .

Treća, četvrta, peta i šesta operacija su izračunate samo analitički jer u *Mastercamu* ne postoji mogućnost obrade kaljenja, brušenja i poliranja.

Vremena dobivena analitičkom metodom ne odstupaju puno od vremena dobivenih u programskom paketu *Mastercam*. Time se da zaključiti da je simulacija obrade u *Mastercamu* zadovoljavajuća.

## 8. LITERATURA

- [1] Perinić M.: TEHNOLOŠKI PROCESI, Tehnički fakultet, Rijeka
- [2] S interneta, Tehnološki proces, Što je to i koje su njegove faze?, <https://vidabytes.com/hr/tehnološki-proces/>, 21.11.2021.
- [3] S interneta, Projektovanje tehnoloških procesa, [http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/its/Sajt\\_2010/Materijali/10/ptp1.pdf](http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/its/Sajt_2010/Materijali/10/ptp1.pdf), 22.11.2021.
- [4] S interneta, Tehnoloških Procesa, <https://bs.delachieve.com/tehnoloskih-procesa/>, 26.11.2021.
- [5] S interneta, Hrapavost i obrada površine, <https://www.scribd.com/doc/208715159/Hrapavost-i-obrada-povrsine>, 28.11.2021.
- [6] S interneta, Hrapavost površine, <https://hr.stuklopechat.com/obrazovanie/81818-sherohovatost-poverhnosti.html>, 28.11.2021.
- [7] S interneta, Čelični lijev, [https://www.wikiwand.com/hr/Čelični\\_lijev](https://www.wikiwand.com/hr/Čelični_lijev), 01.12.2021.
- [8] S interneta, Norme i način normizacije čelika, <https://www.laser-ing.hr/blog/norme-i-nacin-normizacije-celika/>, 02.12.2021.
- [9] S interneta, LIJEVANJE, <http://titan.fsb.hr/~dzezelj/StudijDizajna/2020-21/Prezentacije/LIJEVANJE.pdf>, 04.12.2021.
- [10] S interneta, Tlačni lijev – ekonomičan proizvodni postupak još od industrijskog doba, <https://www.irt3000.si/hr/vijesti/arhiv-vijesti/2019030319342442/tlacni-lijev-ekonomican-proizvodni-postupak-jos-od-industrijskog-doba/>, 05.12.2021.
- [11] S interneta, CNC OBRADNI CENTAR, <https://www.mihokovic.hr/cnc-obradni-centar>, 07.12.2021.
- [12] S interneta, PROXXON SAMOCENTRIRAJUĆA 4-ČELJUSNA STEZNA GLAVA (PX24410), <https://www.trutanic.hr/proizvod/proxxon-samocentrirajuca-4-celjusna-stezna-glava-px24410-3106>, 28.12.2021.

[13] S interneta, Polovne okrugle brusilice, <https://www.surplex.com/hr/strojevi/c/okrugle-brusilice-4501.html>, 29.12.2021.

[14] S interneta, Mikrometar – vanjski, s izmjenjivim ticalom, 600-700 mm, <https://metalkovis.hr/shop/cijena/mikrometar-vanjski-s-izmjenjivim-ticalom-600-700-mm>, 12.01.2022.

[15] S interneta, Mastercam, <https://www.mastercam.hr>, 02.02.2022.

## 9. POPIS SLIKA

Slika 1.1 Shema tehnološkog procesa .....	1
Slika 3.1 Skica odljevka jednostavne geometrije .....	10
Slika 3.2 Masa i volumen odljevka jednostavne geometrije.....	12
Slika 3.3 Skica odljevka složene geometrije .....	13
Slika 3.4 Masa i volumne odljevka jednostavne geometrije.....	15
Slika 3.5 Kritični broj izradaka.....	17
Slika 4.1 Primjer podjele tehnološkog procesa na operacije i zahvate .....	20
Slika 5.1 CNC obradni centar VMC400E Siemens 808D .....	32
Slika 5.2 PROXXON 4 - čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima .....	33
Slika 5.3 Operacija 10 - zahvat 2.....	34
Slika 5.4 Operacija 10 - zahvat 3.....	35
Slika 5.5 Operacija 10 - zahvat 4.....	36
Slika 5.6 Operacija 10 - zahvat 5.....	38
Slika 5.7 Operacija 10 - zahvat 6.....	39
Slika 5.8 Uvećani prikaz detalja A .....	40
Slika 5.9 Operacija 10 - zahvat 7.....	41
Slika 5.10 Uvećani prikaz detalja B .....	41
Slika 5.11 Operacija 10 - zahvat 8.....	43
Slika 5.12 Operacija 10 - zahvat 9.....	44
Slika 5.13 Operacija 10 - zahvat 10.....	45
Slika 5.14 Operacija 10 - zahvat 11.....	46
Slika 5.15 Operacija 10 - zahvat 12.....	48
Slika 5.16 Operacija 10 - zahvat 13.....	49
Slika 5.17 Operacija 10 - zahvat 14.....	50
Slika 5.18 Operacija 10 - zahvat 15.....	51
Slika 5.19 Operacija 10 - zahvat 16.....	52
Slika 5.20 Operacija 10 - zahvat 17.....	54
Slika 5.21 Operacija 10 - zahvat 2.....	57
Slika 5.22 Operacija 20 - zahvat 3.....	59
Slika 5.23 Operacija 20 - zahvat 4.....	60
Slika 5.24 Operacija 20 - zahvat 5.....	62
Slika 5.25 Operacija 20 - zahvat 6.....	63
Slika 5.26 Operacija 20 - zahvat 7.....	65
Slika 5.27 Operacija 20 - zahvat 8.....	66
Slika 5.28 Uvećani prikaz detalja C .....	67
Slika 5.29 Operacija 20 - zahvat 9.....	68
Slika 5.30 Operacija 20 - zahvat 10.....	69

Slika 5.31 Operacija 20 - zahvat 11.....	71
Slika 5.32 Operacija 20 - zahvat 12.....	72
Slika 5.33 Operacija 20 - zahvat 13.....	75
Slika 5.34 Operacija 20 - zahvat 14.....	76
Slika 5.35 Operacija 20 - zahvat 15.....	78
Slika 5.36 Operacija 20 - zahvat 16.....	79
Slika 5.37 Operacija 20 - zahvat 17.....	81
Slika 5.38 LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear odvalna dubilica.....	84
Slika 5.39 Operacija 30 - zahvat 2.....	85
Slika 5.40 AICHELIN CETUS peć za indukcijsko kaljenje.....	88
Slika 5.41 Operacija 40 - zahvat 2.....	89
Slika 5.42 Operacija 40 - zahvat 3.....	90
Slika 5.43 Uređaj za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu "KB 150 R".....	91
Slika 5.44 Brusilica "SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/2Ux630".....	92
Slika 5.45 Operacija 50 - zahvat 2.....	94
Slika 5.46 Mikrometar - vanjski, s izmjenjivim ticalom.....	95
Slika 5.47 Operacija 60 - zahvat 2.....	97
Slika 5.48 Operacija 60 - zahvat 3.....	99
Slika 5.49 Operacija 60 - zahvat 4.....	101
Slika 6.1 Naredba za učitavanje 3D modela poluproizvoda zajedno sa modelom gotovog proizvoda.....	104
Slika 6.2 3D model poluproizvoda (sirovca) i gotovog proizvoda u Mastercamu.....	105
Slika 6.3 Naredba za definiranje nul-točke.....	105
Slika 6.4 Preklapanje modela i postavljanje koordinatnog sustava.....	106
Slika 6.5 Mijenjanje boje modela.....	106
Slika 6.6 Prikaz naredbe potrebne za definiranje materijala izratka.....	107
Slika 6.7 Otvaranje naredbe za odabir sirovca.....	107
Slika 6.8 Postavke za odabir sirovca.....	108
Slika 6.9 Odabir odljevka za sirovac.....	108
Slika 6.10 Naredba za definiranje čeljusti.....	109
Slika 6.11 Odabir načina stezanja.....	109
Slika 6.12 Odabir referentne točke i određivanje dužine zahvata.....	110
Slika 6.13 Uključivanje Shade boundaries.....	110
Slika 6.14 Naredba za prikaz konture.....	111
Slika 6.15 Prikaz dobivene konture.....	111
Slika 6.16 Odabir naredbe za poravnanje čela.....	111
Slika 6.17 Odabir tipa tokarenja.....	112
Slika 6.18 Određivanje oblika i veličine rezne pločice.....	113
Slika 6.19 Određivanje geometrije alata.....	113
Slika 6.20 Upisivanje režima obrade za odabrani alat.....	114

Slika 6.21 Odabrani alat i naziv zahvata.....	114
Slika 6.22 Određivanje parametara obrade za drugi zahvat.....	115
Slika 6.23 Odabir naredbe za određivanje trajanja zahvata .....	115
Slika 6.24 Vrijeme trajanja drugog zahvata.....	116
Slika 6.25 Izgled obratka nakon drugog zahvata .....	116
Slika 6.26 Odabir naredbe za uzdužno tokarenje (grubo).....	117
Slika 6.27 Smjer kretanja alata za treći zahvat .....	117
Slika 6.28 Odabir alata i režimi rada za treći zahvat .....	118
Slika 6.29 Određivanje parametara obrade za treći zahvat .....	119
Slika 6.30 Uključivanje ulaza alata .....	119
Slika 6.31 Uključivanje izlaza alata.....	120
Slika 6.32 Vrijeme trajanja trećeg zahvata .....	120
Slika 6.33 Izgled obratka nakon trećeg zahvata .....	121
Slika 6.34 Odabir naredbe za konturno tokarenje.....	121
Slika 6.35 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat .....	122
Slika 6.36 Parametri obrade za četvrti zahvat.....	122
Slika 6.37 Uključivanje izlaza alata.....	123
Slika 6.38 Nema poniranja alata prilikom tokarenja .....	123
Slika 6.39 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata .....	124
Slika 6.40 Izgled obratka nakon četvrtog zahvata .....	124
Slika 6.41 Smjer kretanja alata za peti zahvat .....	125
Slika 6.42 Odabir alata i režimi rada za peti zahvat .....	126
Slika 6.43 Parametri obrade i smjer kretanja alata za peti zahvat.....	126
Slika 6.44 Vrijeme trajanja petog zahvata .....	127
Slika 6.45 Izgled obratka nakon petog zahvata .....	127
Slika 6.46 Smjer kretanja alata za šesti zahvat .....	128
Slika 6.47 Odabrani alat i parametri obrade za šesti zahvat .....	128
Slika 6.48 Parametri obrade za šesti zahvat.....	129
Slika 6.49 Vrijeme trajanja šestog zahvata .....	129
Slika 6.50 Izgled obratka nakon šestog zahvata .....	130
Slika 6.51 Smjer kretanja alata za sedmi zahvat .....	130
Slika 6.52 Parametri obrade za sedmi zahvat .....	131
Slika 6.53 Prilikom obrade dolazi do poniranja .....	132
Slika 6.54 Vrijeme trajanja sedmog zahvata .....	132
Slika 6.55 Izgled obratka nakon sedmog zahvata .....	133
Slika 6.56 Smjer kretanja alata za osmi zahvat .....	133
Slika 6.57 Parametri obrade za osmi zahvat .....	134
Slika 6.58 Nema poniranja alata prilikom tokarenja .....	135
Slika 6.59 Vrijeme trajanja osmog zahvata .....	135



Slika 6.60 Izgled obratka nakon osmog zahvata.....	136
Slika 6.61 Odabir naredbe za proširenje provrta .....	136
Slika 6.62 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deveti zahvat .....	137
Slika 6.63 Režimi rada kreiranog glodala.....	137
Slika 6.64 Upisivanje dubine rezanja .....	138
Slika 6.65 Vrijeme trajanja devetog zahvata .....	138
Slika 6.66 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deseti zahvat .....	139
Slika 6.67 Režimi rada kreiranog glodala.....	139
Slika 6.68 Vrijeme trajanja desetog zahvata.....	140
Slika 6.69 Smjer kretanja alata za jedanaesti zahvat .....	140
Slika 6.70 Dimenzije kreiranog glodala .....	141
Slika 6.71 Režimi rada kreiranog glodala.....	141
Slika 6.72 Parametri obrade za jedanaesti zahvat .....	142
Slika 6.73 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata .....	142
Slika 6.74 Izgled obratka nakon jedanaestog zahvata .....	143
Slika 6.75 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat .....	143
Slika 6.76 Parametri obrade za dvanaesti zahvat.....	144
Slika 6.77 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata .....	144
Slika 6.78 Izgled obratka nakon dvanaestog zahvata .....	145
Slika 6.79 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat .....	145
Slika 6.80 Parametri obrade za trinaesti zahvat .....	146
Slika 6.81 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata .....	146
Slika 6.82 Izgled obratka nakon trinaestog zahvata.....	147
Slika 6.83 Odabir naredbe za pravljenje utora.....	147
Slika 6.84 Dodavanje pomoćnih kontura utora .....	148
Slika 6.85 Smjer kretanja alata za četrnaesti zahvat .....	148
Slika 6.86 Dimenzije kreiranog svrdla .....	149
Slika 6.87 Parametri obrade za četrnaesti zahvat.....	149
Slika 6.88 Upisivanje broja prolaza za grubu obradu .....	150
Slika 6.89 Parametri fine obrade za četrnaesti zahvat .....	150
Slika 6.90 Kut ulaza alata za prvi prolaz .....	151
Slika 6.91 Kut ulaza alata za drugi prolaz .....	151
Slika 6.92 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata.....	151
Slika 6.93 Izgled obratka nakon četrnaestog zahvata .....	152
Slika 6.94 Odabir naredbe za bušenje provrta .....	152
Slika 6.95 Dimenzije kreiranog svrdla .....	153
Slika 6.96 Parametri obrade za petnaesti zahvat.....	154
Slika 6.97 Označavanje točke za bušenje i određivanje dubine bušenja .....	155
Slika 6.98 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata.....	155

Slika 6.99 Izgled obratka na mjestu gdje je probušen provrt.....	156
Slika 6.100 Dimenzije kreiranog upuštača .....	156
Slika 6.101 Režimi rada za šesnaesti zahvat.....	157
Slika 6.102 Parametri obrade za šesnaesti zahvat.....	157
Slika 6.103 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata .....	158
Slika 6.104 Izgled obratka nakon upuštanja provrta $\phi$ 8.....	158
Slika 6.105 Stvaranje nove ravnine .....	159
Slika 6.106 Ravnina za glodanje središnjeg proširenja .....	159
Slika 6.107 Središte nove ravnine .....	160
Slika 6.108 Prikaz kontura za zahvat 17.....	160
Slika 6.109 Odabir naredbe za glodanje proširenja .....	160
Slika 6.110 Smjer kretanja alata za sedamnaesti zahvat.....	161
Slika 6.111 Dimenzije kreiranog glodala .....	161
Slika 6.112 Režimi rada za sedamnaesti zahvat .....	162
Slika 6.113 Uključivanje Multi Passes .....	163
Slika 6.114 Smanjenje radijusa .....	163
Slika 6.115 Parametri obrade za sedamnaesti zahvat .....	164
Slika 6.116 Odabir naredbe Transform .....	165
Slika 6.117 Uključivanje rotacije obratka i isključivanje Copy source operations.....	165
Slika 6.118 Postavljanje postavki za rotaciju obratka .....	166
Slika 6.110 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata.....	166
Slika 6.120 Uključivanje desnog vretena za novu operaciju .....	167
Slika 6.121 Dimenzije kreirane čeljusti.....	167
Slika 6.122 Odabir referentne točke i određivanje nove pozicije obratka .....	168
Slika 6.123 Prikaz novih čeljusti za stezanje .....	168
Slika 6.124 Odabir naredbe za translaciju obratka .....	169
Slika 6.125 Označavanje obratka te unos dimenzija za novi položaj obratka .....	169
Slika 6.126 Stegnuti obradak spreman za obavljanje operacije 20.....	170
Slika 6.127 Stegnuti i translirani obradak spreman za obavljanje operacije 20.....	170
Slika 6.128 Kontura za obradu operacije 20.....	171
Slika 6.129 Uključivanje desnog vretena .....	172
Slika 6.130 Vrijeme trajanja drugog zahvata za operaciju 20 .....	172
Slika 6.131 Smjer kretanja alata za treći zahvat operacije 20.....	173
Slika 6.132 Vrijeme trajanja trećeg zahvata za operaciju 20.....	173
Slika 6.133 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat operacije 20.....	174
Slika 6.134 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata za operaciju 20.....	174
Slika 6.135 Naredba za označavanje središta provrta.....	175
Slika 6.136 Označavanje središta provrta.....	175
Slika 6.137 Promjeri provrta .....	176

Slika 6.138 Odabir naredbe za zabušivanje .....	176
Slika 6.139 Dimenzije i izgled kreiranog zabušivača .....	176
Slika 6.140 Režimi rada kreiranog zabušivača .....	177
Slika 6.141 Parametri obrade za peti zahvat u operaciji 20 .....	177
Slika 6.142 Određivanje dubine rezanja sa zabušivačem .....	178
Slika 6.143 Upisivanje rotacijskog promjera.....	178
Slika 6.144 Vrijeme trajanja petog zahvata za operaciju 20.....	179
Slika 6.145 Prikaz zabušenog provrta .....	179
Slika 6.146 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla.....	180
Slika 6.147 Režimi rada kreiranog svrdla.....	180
Slika 6.148 Dubina bušenja provrta $\phi$ 6,8.....	181
Slika 6.149 Vrijeme trajanja šestog zahvata za operaciju 20.....	181
Slika 6.150 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača .....	182
Slika 6.151 Režimi rada kreiranog zabušivača .....	182
Slika 6.152 Vrijeme trajanja sedmog zahvata za operaciju 20 .....	183
Slika 6.153 Smjer kretanja alata za osmi zahvat operacije 20 .....	183
Slika 6.154 Vrijeme trajanja osmog zahvata za operaciju 20 .....	184
Slika 6.155 Smjer kretanja alata za deveti zahvat operacije 20 .....	184
Slika 6.156 Vrijeme trajanja devetog zahvata za operaciju 20 .....	185
Slika 6.157 Smjer kretanja alata za deseti zahvat operacije 20 .....	185
Slika 6.158 Parametri obrade za deseti zahvat operacije 20 .....	186
Slika 6.159 Uključivanje izlaza alata.....	186
Slika 6.160 Vrijeme trajanja desetog zahvata za operaciju 20 .....	187
Slika 6.161 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla.....	187
Slika 6.162 Režimi rada kreiranog svrdla.....	188
Slika 6.163 Promjena smjera alata.....	188
Slika 6.164 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata za operaciju 20.....	189
Slika 6.165 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat operacije 20.....	189
Slika 6.166 Dimenzije i izgled kreiranog zabušivača .....	190
Slika 6.167 Režimi rada kreiranog zabušivača .....	190
Slika 6.168 Uključivanje izlaza alata.....	191
Slika 6.169 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata za operaciju 20.....	191
Slika 6.170 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat operacije 20 .....	192
Slika 6.171 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata za operaciju 20 .....	192
Slika 6.172 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača .....	193
Slika 6.173 Režimi rada kreiranog urezivača .....	193
Slika 6.174 Dubina urezivanja navoja M22x1,5.....	194
Slika 6.175 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata za operaciju 20.....	194
Slika 6.176 dimenzije i izgled kreiranog zabušivača.....	195

Slika 6.177 Režimi rada kreiranog zabušivača .....	195
Slika 6.178 Dubina zabušivanja provrta M4 .....	196
Slika 6.179 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata za operaciju 20.....	196
Slika 6.180 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla.....	197
Slika 6.181 Režimi rada kreiranog svrdla.....	197
Slika 6.182 Dubina bušenja provrta M4.....	198
Slika 6.183 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata za operaciju 20.....	198
Slika 6.184 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača .....	199
Slika 6.185 Režimi rada kreiranog urezivača .....	199
Slika 6.186 Dubina urezivanja navoja M4.....	200
Slika 6.187 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata za operaciju 20 .....	200
Slika 6.188 Vrijeme trajanja operacije 10 u Mastercamu .....	201
Slika 6.189 Vrijeme trajanja operacije 20 u Mastercamu .....	202

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Tablica tolerancija .....	3
Tablica 2.2 Podaci za ozubljenje - DIN5480 .....	4
Tablica 2.3 Stupnjevi hrapavosti površina.....	4
Tablica 2.4 Dozvoljena odstupanja.....	5
Tablica 3.1 Kemijski sastav čelika ČL 4732 - GS CrMo4 .....	6
Tablica 3.2 Namjena čelika koja se očitava iz zadnja dva simbola .....	7
Tablica 3.3 Dodaci za obradu .....	9
Tablica 4.1 Razrada operacije 10.....	21
Tablica 4.2 Razrada operacije 20.....	22
Tablica 4.3 Razrada operacije 30.....	23
Tablica 4.4 Razrada operacije 40.....	24
Tablica 4.5 Razrada operacije 50.....	25
Tablica 4.6 Razrada operacije 60.....	26

## **SAŽETAK**

Ovaj diplomski rad započeo je u prosincu 2021. godine te je pisan do srpnja 2022. godine.

Rad je podijeljen na nekoliko, točnije 5 dijelova.

U prvom dijelu opisana je analiza izratka, a u drugom dijelu analiza ulaznog materijala.

Definiranje tehnološkog procesa u kojem je pojašnjen i kritični broj izradaka opisano je u trećem dijelu.

Četvrti dio uključuje razradu tehnološkog procesa obuhvaćajući svih 6 operacija.

U zadnjem, petom dijelu napravljena je simulacija procesa obrade u programu Mastercam. Svaki zahvat u radu detaljno je objašnjen te popraćen sa slikama.

**Ključne riječi:** tehnološki proces, vratilo, operacije, simulacija, Mastercam

## **SUMMARY**

This graduate work thesis was started in December 2021 . and was written until July 2022.

The work is divided into several, more precisely 5 parts.

In the first part, the analysis of the workpiece is described and in the second part the analysis of the input material.

The definition of the technological process in which the critical number of workpieces is clarified is described in the third part.

The fourth part involves the elaboration of the technological process covering all 6 operations.

In the last, fifth part, a simulation of the processing process in the Mastercam program was made. Each procedure in the paper is explained in detail and accompanied by images.

**Keywords:** technological process, shaft, operations, simulation, Mastercam

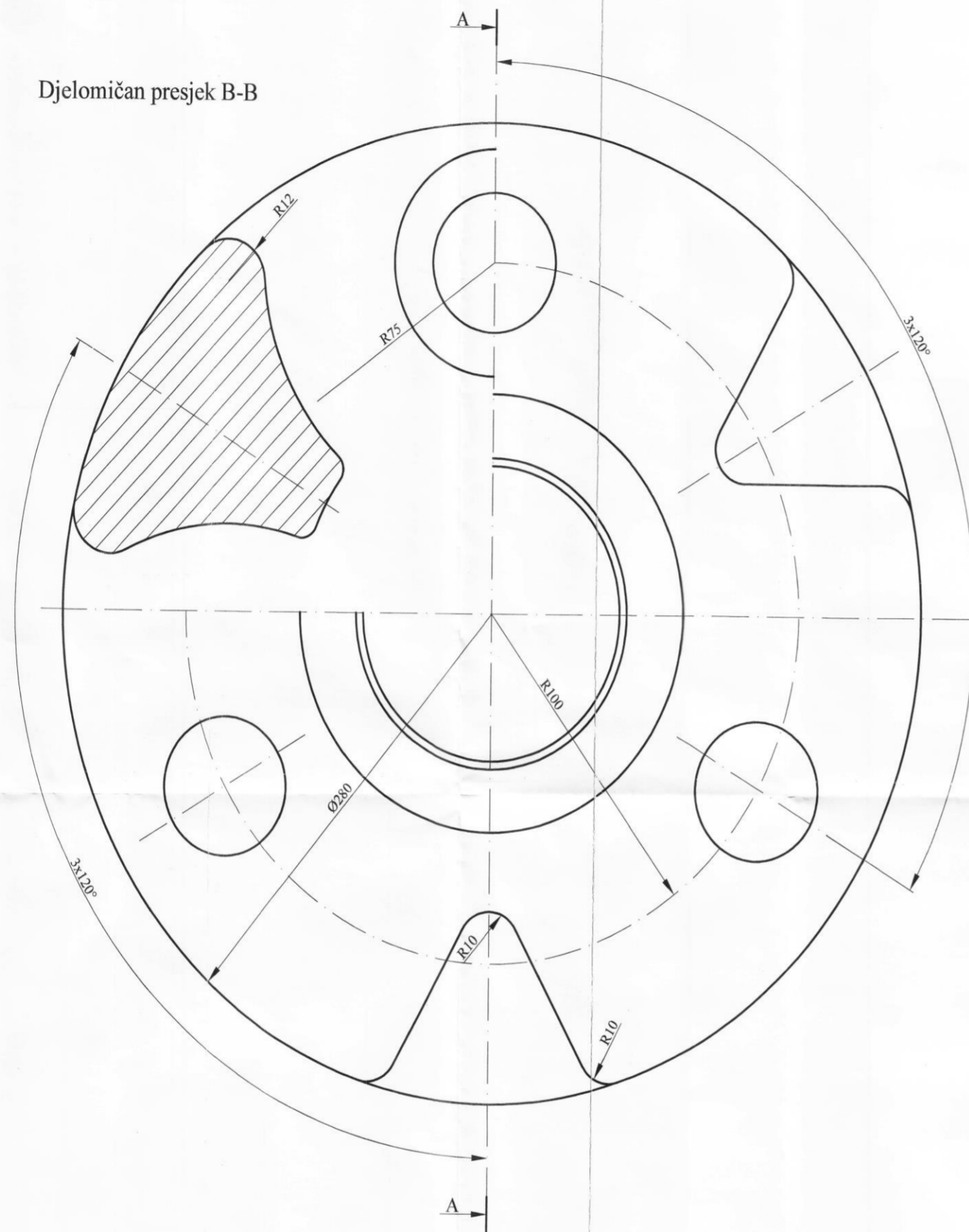
## **11. PRILOZI**

Tehnička dokumentacija:

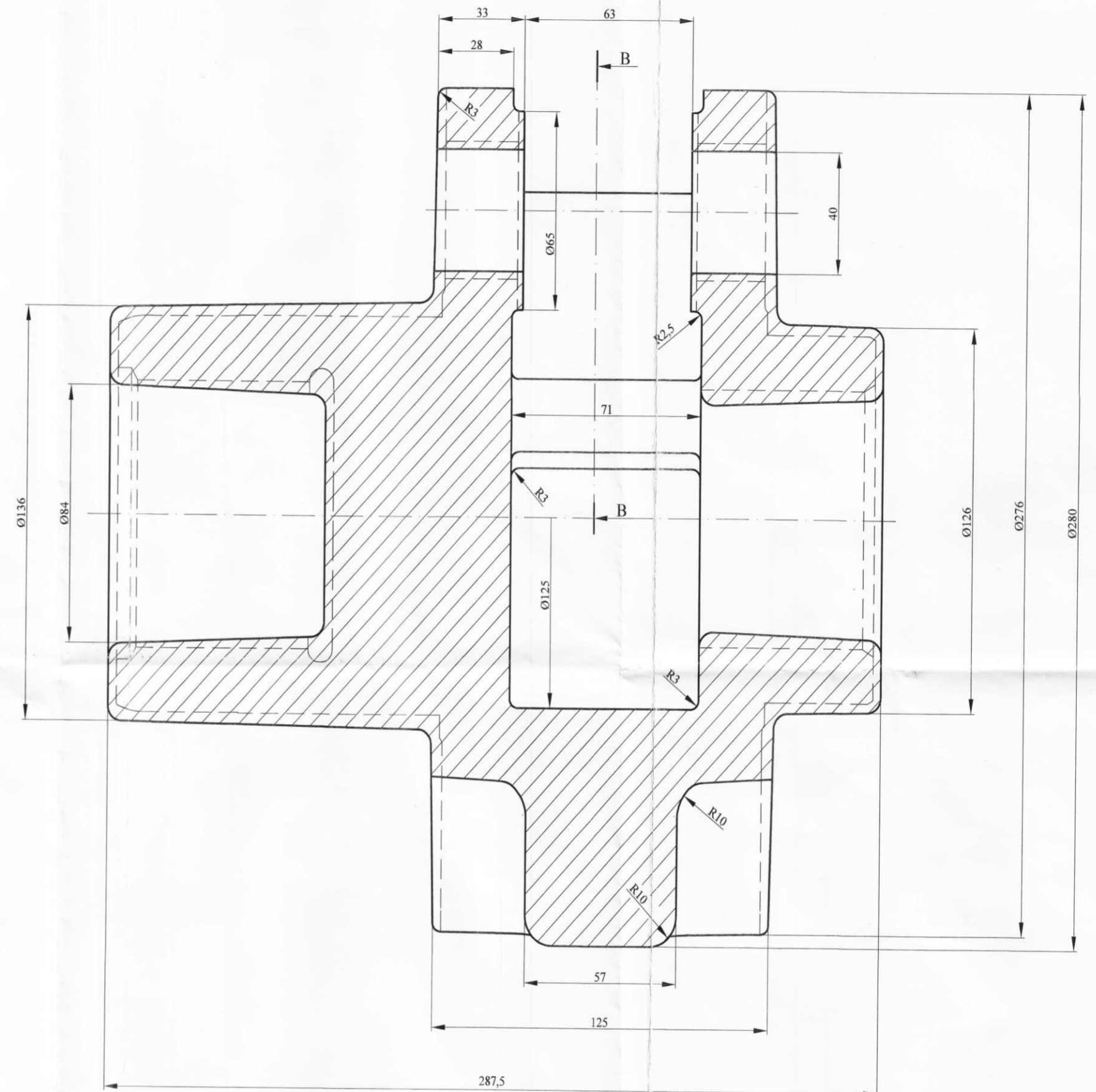
- Nacrt poluproizvoda i gotovog proizvoda
- Popis operacija
- Popis alata
- Operacijski list



Djelomičan presjek B-B



Presjek A-A



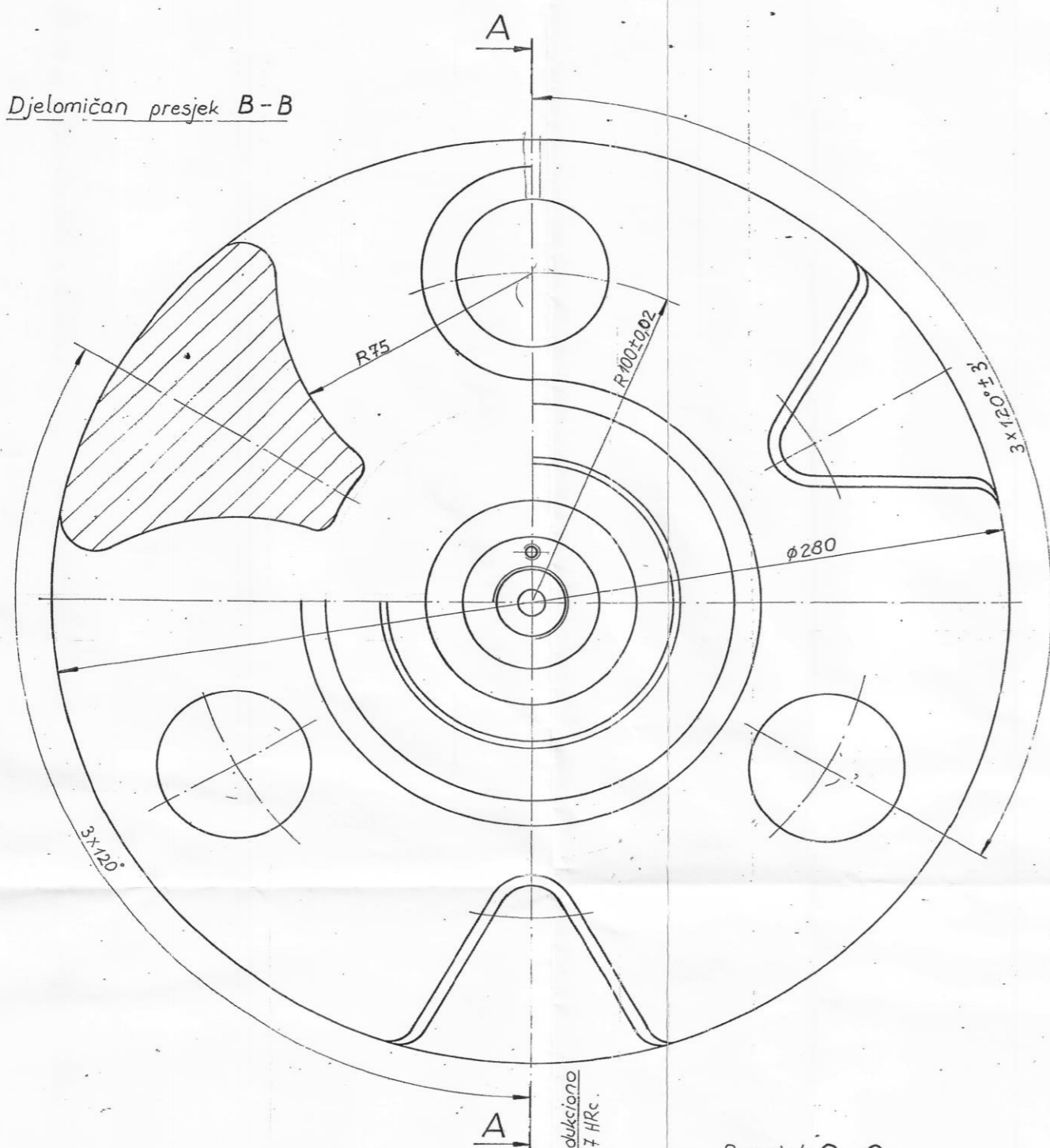
Napomena:

- Nekotirana zaobljenja izvesti sa R5.
- Odljevak očišćen, pjeskaren i temeljno obojan.
- Vanjska skošenja izvesti sa 1°.
- Unutarnja skošenja izvesti sa 2°.

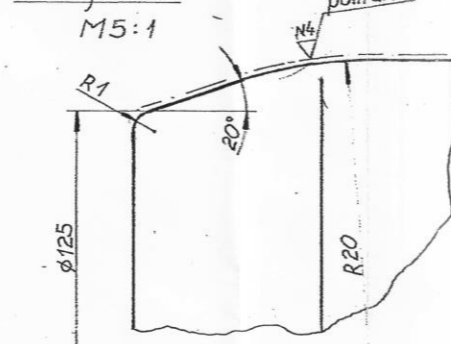
Dozvoljena odstupanja - HRN. M.A1.410	
od 0-30	±1,9
od 30-50	±2,0
od 50-80	±2,1
od 80-120	±2,3
od 120-180	±2,5
od 180-250	±2,7
od 250-315	±2,9

Ime i prezime	Matični broj	Datum	TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA
Crtao		30.07.2012	
Pregledao			
Potpis			
Mjerilo	1:1		ODLJEVAK VRATILA REDUKTORA
Nacrtni broj: RP0156D			
Materijal: Čl. 4732 - GS 42CrMo4			
List: 1			Listova: 1
Listova: 1			

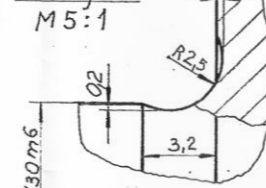
Djelomičan presjek B-B



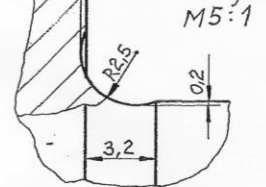
Detalj A



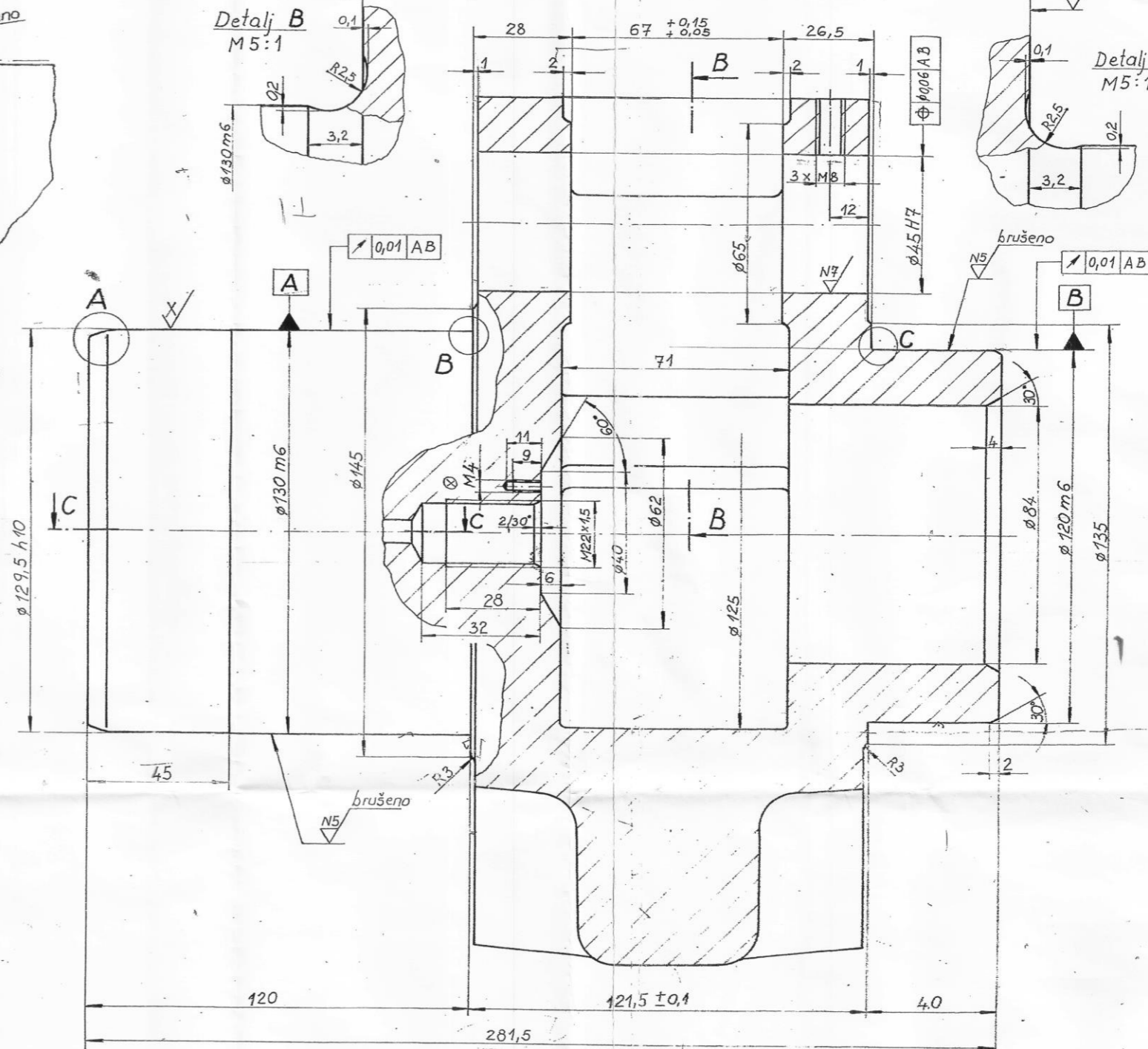
Detalj B



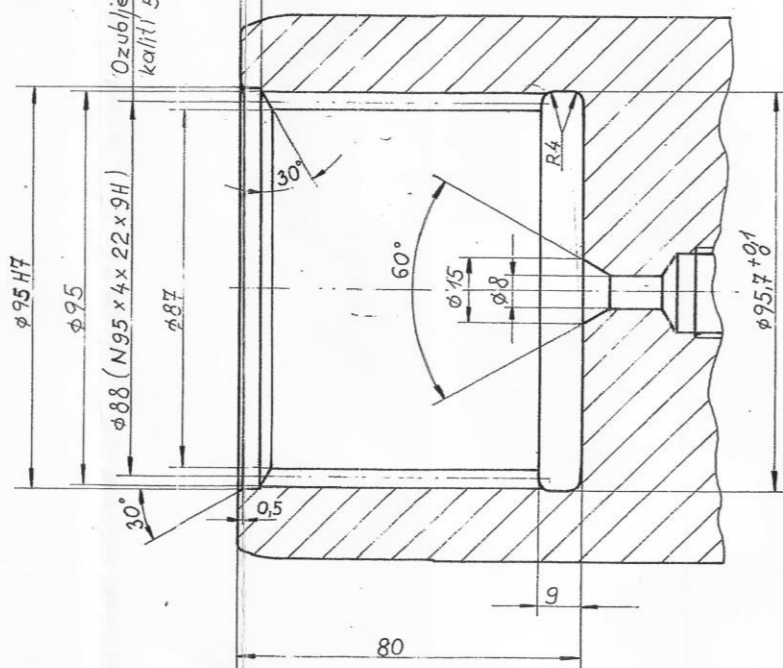
Detalj C



Presjek A-A



Presjek C-C



φ3,3 H12	+0,120 0
φ45 H7	+0,027 0
φ120 m6	+0,035 +0,043
φ129,5 h10	0 -0,160
φ130 m6	+0,040 +0,015
φ95 H7	+0,035 0

PODACI ZA OZUBLJENJE - DIN 5480		
Modul	m	4
Broj zubi	Z	22
Diobeni promjer	d <sub>o</sub>	88
Pomak profila	x <sub>m</sub>	+1,3
Zahvatni kut	α	30°
Mjera između valjaka	M <sub>i</sub>	80,478 ± 0,03
Promjer valjaka	D <sub>m</sub>	7

brušeno i indukciono kaljeno 52...57 HRC.  
 ✓ = N5 (brušeno bez uzdužnog posmaka)

⊗ = bušiti nakon uvrtnja ublaživača (T2000264-0)

- nepotpun def. kugavost!  
 - nepotpun def. mid balenz

RP0156D	Tolerancije slob. mjera srednji JUS M.A1.410	Klasa povr. hrap. N8/	Mjerilo: 1:1,5:1	Masa:
			Materijal: Roboljšano na 900 ± 20 N/mm <sup>2</sup> ČL 4932	
			Naziv:	
			<b>VRATILO REDUKTORA</b>	
			Broj nacrti:	
			<b>H2000644-2</b>	

St. iz.	Izrijena	Datum	Ime
4	B8-11	12.6.91.	PAI
3	A1-03	10.06.1991.	PAI
2	A1-11	5.5.89.	PAI
1	F4-15	15.02.88.	PAI

Ulazni materijal			POPIS  OPERACIJA	TEHNIČKI FAKULTET  RIJEKA	
Oznaka: ČL 4732 – GS 42CrMo4				Komada:	List: 1
	Površinska:		3300/god.	Listova: 2	
	Termička:				
	Oblik: ODLJEVAK		Naziv dijela:	VRATILO REDUKTORA	
	Dimenzija: Ø280× 281,5		Broj nacрта:	H2000644 - 2	
Operacija	$t_{pz}^{min}$	$t_0$	Opis operacije		
Radionica					
Stroj					
10	60	16,70	Raditi prema operacijskom listu broj 10		
Strojna obrada					
CNC obradni centar „VMC400E Siemens 808D“					
20	60	11,13	Raditi prema operacijskom listu broj 20		
Strojna obrada					
CNC obradni centar „VMC400E Siemens 808D“					
30	30	11,96	Raditi prema operacijskom listu broj 30		
Strojna obrada					
„LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear“ odvalna dubilica					
Izradio:			Ovjerio:		
Potpis			Potpis		

Ulazni materijal			POPIS  OPERACIJA	TEHNIČKI FAKULTET  RIJEKA	
Oznaka: ČL 4732 – GS 42CrMo4				Komada:	List: 2
	Površinska:		3300/god.	Listova: 2	
	Termička:				
	Oblik: ODLJEVAK		Naziv dijela:	VRATILO REDUKTORA	
	Dimenzija: Ø280 × 281,5		Broj nacрта:	H2000644 - 2	
Operacija	$t_{pz}$	$t_0$	Opis operacije		
Radionica					
Stroj					
40	0	5,87	Raditi prema operacijskom listu broj 40		
Strojna obrada					
Peć za indukcijsko kaljenje „AICHELIN CETUS“					
50	40	2,19	Raditi prema operacijskom listu broj 50		
Strojna obrada					
CNC Brusilica „SCHLEIFMASCHINWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“					
60	40	6,75	Raditi prema operacijskom listu broj 60		
Strojna obrada					
CNC Brusilica „SCHLEIFMASCHINWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“					
Izradio:			Ovjerio:		
Potpis			Potpis		

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacrt: List: 1 Listova: 5	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat		
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	
10	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Držać alata	DSSNL 2525M 15	Pomično mjerilo	Unior 150 mm	
			Pločica	SNMG 15 06 16-PR 4425			
			Držać alata	PCLNL 2020K 09			
			Pločica	CNMG 09 03 08-PM 4415			
			Držać alata	PCLNL 2525M 16			
			Pločica	CNMG 16 06 24-PR 4425			
			Držać alata	DCLNL 2020K 12			
			Pločica	CNMG 12 04 08-XF 4425			
			Pločica	CNMG 12 04 04-XF 4425			
			Rezna oštrica	CCMT 09 T3 12-PR 4335			
			Glodalo	Coro Bore BR20- 56CC09F-C4			
			Adapter	C4-390.419-40 075			
		Glodalo	Coro Bore 825- 45TC09-C3				

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacrt: List: 2 Listova: 5	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat		
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	
10	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Rezna pločica	TCGX 09 02 04L-WL 1125			
			Adapter	C3-391.01-32 095			
			Držać alata	A32T-SCLCL 12			
			Glodalo	CCMT 12 04 12-PR 4415			
			Držać alata	A20S-SCLCL 09-R			
			Glodalo	CCMT 09 T3 04-PR 4305			
			Držać alata	N123G2-0300-0003- GM4325			
			Alat	Coro Cut 1 -2 LAG123G07-25B			
			Svrđlo	Coro Drill 860 860.1- 0800-028A0-PM4324			
			Upuštač	JUS K.D3.321 DIN334			
			Držać alata	CoroChuck 930- VB40-S-A25-095			
		Glodalo					

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacрта:		List: 3	
								Listova: 5	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat				
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka			
20	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Držać alata	DSSSNL 2525M 15	Standardni vijak	M4			
			Pločica	SNMG 15 06 16-PR 4425	Standardni vijak	M8			
			Držać alata	PCLNL 2020K 09	Navojni čep za kontrolu navoja	M22x1,5			
			Pločica	CNMG 09 03 08-PM 4415					
			Držać alata	PCLNL 2525M 16					
			Pločica	CNMG 16 06 24-PR 4425					
			Zabušivač	MM ECS-A3.15X08-2T05					
			Svrđlo	Coro Drill 860 860.1-0680-020A0-GM					
			Ureznik	CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM					
			Držać alata	DCLNL 2020K 12					
			Pločica	CNMG 12 04 08-XF 4425					
			Držać alata	A32T-SCLCL 12					
			Glodalo	Coro Turn 107 CCMT 12 04 12-PR 4415					

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacrt: List: 4 Listova: 5	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat		
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	
20	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Svrdlo	CoroDrill 880 880-D2050L25-03			
			Držać alata	570-STFCL-16-11-B1			
			Rezna pločica	TCMT 11 03 12-PR 4425			
			Adapter	570-2C 16 105			
			Ureznik	CoroTap 300 T300-PM101DB-M22X150 P1PM			
			Pločica	CNMG 16 06 24-PR 4425			
			Zabušivač	MM ECS-A3.15X08-2T05			
			Svrdlo	Coro Drill 860 860.1-0680-020A0-GM			
			Ureznik	CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM			
			Zabušivač	MM ECS-A2.00X06-2T04			
			Svrdlo	CoroDrill 860 860.1-0330-021A1-PM 4234			
			Ureznik	CoroTap 300 T300-PM104DA-M4 P1PM			
		Pomično mjerilo	Unior 150 mm				



TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacрта:		List: 5	
								Listova: 5	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat				
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka			
30	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Odvalno glodalo		Mikrometar za unutarnje mjerenje	Insize			
50	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Brusno kolo	150x20x32 NORTON 1G10C802KOV STAR LINE	Mikrometar – vanjski s izmjeničnim ticalom	IP54 Insize			
60	Stezna glava sa nezavisnim čeljustima	PROXXON	Brusno kolo	150x20x32 NORTON 1G10C802KOV STAR LINE	Mikrometar – vanjski s izmjeničnim ticalom	IP54 Insize			
			Mikrometar – vanjski s izmjeničnim ticalom	IP54 Insize					

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List: 1						
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC obradni centar		Listova: 10						
OPERACIJSKI LIST		Oznaka: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: VMC400E Siemens 808D		OPERACIJA: 10						
				Dimenzija: Ø280 × 287,5		Radiona: Strojna obrada								
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Podizanje i stezanje obratka	„PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“				
2	3	0,707	1	279	639	31	0,07 0,1	0	Poravnanje čela (čeono tokarenje) na mjeru φ136 mm	Držać alata: „DSSNL 2525M 15“ Alat: pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“				
3	2,95	0,2	2	295	721	50,7	0,70 0,1	0	Uzdužno tokarenje na mjeru 130,1 mm	Držać alata: „DSSNL 2525M 15“ Alat: pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“				
4	2,95	0,2	1	295	523	155,4	1,72	0	Grubo konturno tokarenje (vanjsko)	Držać alata: „PCLNL 2020K 09“ Alat: pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“				
5	3	0,36	1	315	518	73	0,39 0,1	0	Grubo poprečno tokarenje na mjeru φ146 mm	Držać alata: „PCLNL 2525M 16“ Alat: pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“				
6	0,3	0,11	1	441	1100	51	0,42 0,1	0	Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 1.dio	Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“				
7	0,2 0,6	0,11	1	441	1019	87,1	0,74	0	Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 2.dio	Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“				
8	0,3	0,11	1	441	729	73,5	0,92	0	Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru φ145 mm s radijusom R3	Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 04-XF 4425“				
9	2,2	0,6	3	197	1412	127,5	0,45 0,1	0	Proširavanje 6 provrta s φ40 na φ44,4 mm	Rezna oštrica: „CCMT 09 T3 12-PR 4335“ Alat: glodalo Coro Bore „BR20-56CC09F-C4“ Adapter: „C4-390.419-40 075“				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							10,89	3,75	14,64	2,20	16,70	60	Ime:	Ime:
												Datum:	Datum:	

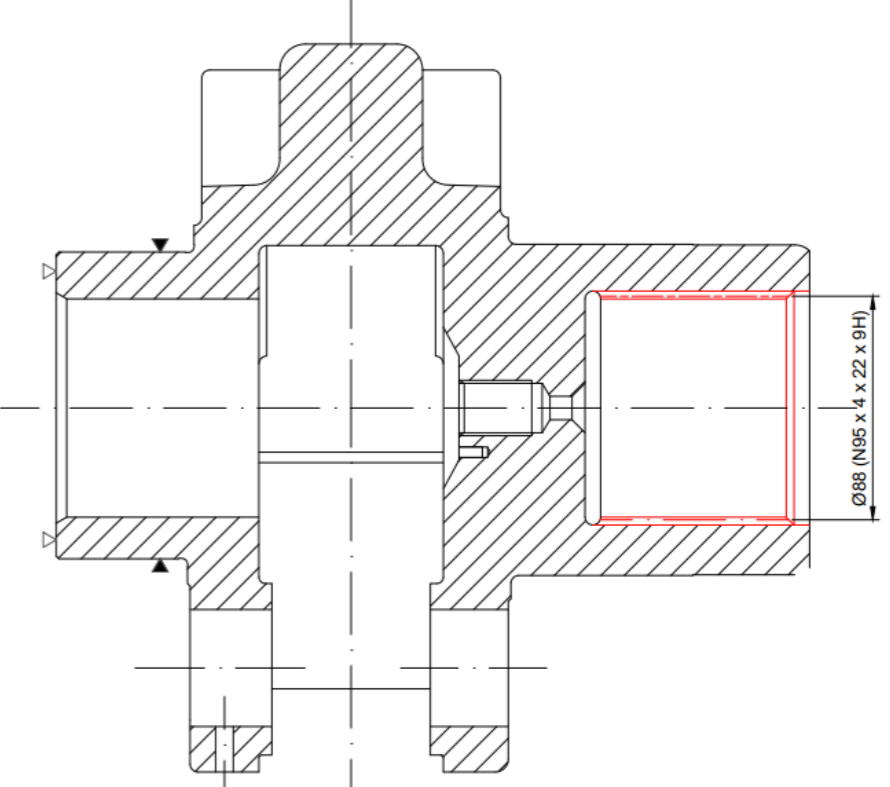
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA							PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	2	
OPERACIJSKI LIST							Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC obradni centar		Listova:	10	
							Broj nacrt: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: VMC400E Siemens 808D		OPERACIJA:		10
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije				
	a	s	i	v	n	l	ts	tr							
10	0,5	0,185	3	220	1556	127,5	1,33 0,1	0	Glodanje svih 6 provrta na konačnu mjeru $\phi 45$ H7	Rezna pločica: „TCGX 09 02 04L-WL 1125“ Alat: glodalo Coro Bore „825-45TC09-C3“ Adapter: „C3-391.01-32 095“					
11	3	0,36	2	324	1227 1185	95	0,43 0,1	0	Tokarenje utora na mjeru $\phi 87$ mm	Držač alata: „A32T-SCLCL 12“ Alat: glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“					
12	3	0,36	2	324	1108 1092	15,4	0,08	0	Tokarenje na mjeru $\phi 94,4$ mm	Držač alata: „A32T-SCLCL 12“ Alat: glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“					
13	0,3	0,15	1	587	1966	15,2	0,05 0,1	0	Završno tokarenje na konačnu mjeru $\phi 45$ H7	Držač alata: „A20S-SCLCL 09-R“ Alat: glodalo Coro Turn 107 „CCMT 09 T3 04-PR 4305“					
14	4,35	0,08	5	247	821	16	1,22 0,1	0	Pravljenje utora	Držač alata: „N123G2-0300-0003-GM4325“ Alat: upuštač Coro Cut „LAG123G07-25B“					
15	20	0,27	1	101	4020	23	0,02 0,1	0	Bušenje provrta $\phi 8$ mm	Alat: svrdlo Coro Drill 860 „860.1-0800-028A0-PM4324“					
16	5	0,15	1	100	3978	8	0,02 0,1	0	Upuštanje provrta $\phi 8$ mm	Alat: upuštač „JUS K.D3.321 DIN 334“					
17	1; 0,5	0,5	15	240	2521	95	1,13 0,1	0	Poravnanje unutarnjih površina na mjeru od 67 mm	Držač alata: Coro Chuck „930-VB40-S-A25-095“ Alat: glodalo s promjerom od 27,7 mm					
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio	
							10,89	3,75	14,64	2,20	16,70	60	Ime:	Ime:	
												Datum:	Datum:		

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List: 3						
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC obradni centar		Listova: 10						
OPERACIJSKI LIST		Broj nacrt: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: VMC400E Siemens 808D		OPERACIJA: 10						
				Dimenzija: Ø280 × 287,5		Radiona: Strojna obrada								
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
18	-	-	-	-	-	-	-	0,25	Otpuštanje izratka	-				
19	-	-	-	-	-	-	-	3	Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)	Alat: pomično mjerilo „Unior (150 mm)“ i granični kontrolni trn				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							10,89	3,75	14,64	2,20	16,70	60	Ime:	Ime:
													Datum:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List: 4						
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC obradni centar		Listova: 10						
OPERACIJSKI LIST		Broj nacрта: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: VMC400E Siemens 808D		OPERACIJA: 20						
				Dimenzija: Ø280 × 287,5		Radiona: Strojna obrada								
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Rotiranje i stezanje obratka	„PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“				
2	3	0,707	1	279	673	29	0,06 0,1	0	Poravnanje čela (čeno tokarenje) na mjeru φ126 mm	Držać alata: „DSSNL 2525M 15“ Alat: pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“				
3	2,95	0,2	1	295	553	124,3	1,53 0,1	0	Grubo konturno tokarenje (vanjsko)	Držać alata: „PCLNL 2020K 09“ Alat: pločica „CNMG 09 03 08-PM 4415“				
4	3	0,36	1	315	544	78	0,40 0,1	0	Poprečno tokarenje na mjeru φ136 mm	Držać alata: „PCLNL 2525M 16“ Alat: pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“				
5	4	0,09	3	80	6000	7	0,04 0,1	0	Zabušivanje 3 provrta φ6,8 mm	Alat: zabušivač „CMM ECS A3.15X08“				
6	17,8	0,22	3	85,5	4002	23,8	0,09 0,1	0	Bušenje 3 provrta φ6,8 mm	Alat: svrdlo Coro Drill 860 „860.1-0680-020A0-GM“				
7	17,8	1,25	3	38,7	1539	23,8	0,04 0,1	0	Urezivanje 3 navoja M8	Alat: ureznik CoroTap 200 „T200-PM101JA-M8 P1PM“				
8	0,2 0,6	0,11	1	441	1097	50,3	0,40 0,1	0	Fino konturno tokarenje (vanjsko)	Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“				
9	0,3	0,11	1	441	764	78,5	0,94 0,1	0	Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru φ135 mm s radijusom R3	Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 04-XF 4425“				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							5,68	4	9,68	1,45	11,13	60	Ime:	Ime:
												Datum:	Datum:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA							PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	5
OPERACIJSKI LIST							Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC obradni centar		Listova:	10
							Broj nacрта: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: VMC400E Siemens 808D		OPERACIJA:	20
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
10	3	0,36	2	324	1322 1227	74	0,33 0,1	0	Tokarenje utora na mjeru $\phi 84$ mm	Držač alata: „A32T-SCLCL 12“ Alat: glodalo CoroTurn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“				
11	38	0,18	1	201	3120	41	0,07 0,1	0	Bušenje provrta $\phi 20,5$ mm	Alat: CoroDrill 880 „880-D2050L25-03“				
12	1,5	0,27	14	344	2782	8,7	0,17 0,1	0	Grubo tokarenje proširenja sa skošenjem $6 \times 60^\circ$	Alat: „570-STFCL-16-11-B1“ Rezna pločica: „TCMT 11 03 12- PR 4425“ Adapter: „570-2C 16 105“				
13	0,3	0,27	2	344	3630	27,75	0,03	0	Fino tokarenje proširenja sa skošenjem $6 \times 60^\circ$	Alat: „570-STFCL-16-11B1“ Rezna pločica: „TCMT 11 03 12-PR 4425“ Adapter: „570-2C 16 105“				
14	28	1,5	1	44,9	649	31	0,03 0,1	0	Urezivanje navoja M22 x 1,5	Alat: ureznik CoroTap 300 „T300- PM101DB-M22X150P1PM“				
15	2	0,025	1	80	6000	5	0,03 0,1	0	Zabušivanje provrta za izradu navoja M4	Alat: zabušivač „MM ECS-A2.00X06- 2T04“				
16	11	0,16	1	185	6000	14	0,015	0	Bušenje provrta $\phi 3,3$ H12	Alat: svrdlo CoroDrill 860 „860.1-0330- 021A1-PM4234“				
17	9	0,7	1	39,6	3151	12	0,005 0,1	0	Urezivanje navoja M4	Alat: ureznik CoroTap 300 „T300- PM104DA-M4 P1PM“				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							5,68	4	9,68	1,45	11,13	60	Ime:	Ime:
												Datum:	Datum:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List: 6						
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC obradni centar		Listova: 10						
OPERACIJSKI LIST		Broj nacрта: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: VMC400E Siemens 808D		OPERACIJA: 20						
				Dimenzija: Ø280 × 284,5		Radiona: Strojna obrada								
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
18	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Otpuštanje i odlaganje izratka	-				
19	-	-	-	-	-	-	-	3	Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)	Alat: pomično mjerilo „Unior (150 mm)“, standardni vijak M4 i M8 za kontrolu navoja, čep M22x1,5 za kontrolu navoja				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							5,68	4	9,68	1,45	11,13	60	Ime:	Ime:
													Datum:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA							PROIZVOD		MATERIJAL	RADNO MJESTO		List:	7	
OPERACIJSKI LIST							Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4	Naziv: „High-Performance Gear“ odvalna dubilica		Listova:	10	
							Broj nacрта: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK Dimenzija: Ø280 × 281,5	Oznaka: LIEBHERR LC 122 Radiona: Strojna obrada		OPERACIJA:	30	
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Podizanje i stezanje obratka	-				
2	-	0,2	-	30	164	91	8,30 0,1	0	Izrada unutarnjeg ozubljenja	Alat: odvalno glodalo za izradu zupčanika				
3	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Otpuštanje i odlaganje izratka	-				
4	-	-	-	-	-	-	-	1	Kontroliranje dimenzija ozubljenja	Alat: mikrometar za unutarnje ozubljenje „Insize“				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							8,40	2	10,40	1,56	11,96	30	Ime: Datum:	Ime: Datum:



TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	8					
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: Peć za indukcijsko kaljenje		Listova:		10				
OPERACIJSKI LIST		Broj nacrt: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: AICHELIN CETUS		OPERACIJA:		40				
				Dimenzija: Ø280 × 281,5		Radiona: Strojna obrada								
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
1	-	-	-	-	-	-	0 0,1	0,5	Podizanje i ubacivanje izratka u peć	-				
2	-	-	-	-	-	-	1,5	0	Indukciono kaljenje zadane površine	Alat: induktor				
3	-	-	-	-	-	-	1,5	0	Indukciono kaljenje unutarnjeg ozubljenja	Alat: induktor				
4	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Uzimanje izratka iz peći i njegovo odlaganje	-				
5	-	-	-	-	-	-	0 1	0,5	Kontroliranje tvrdoće izratka	Alat: uređaj za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu „KB 150R“				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							3,1	2	5,1	0,77	5,87	0	Ime:	Ime:
													Datum:	Datum:

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA							PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	9		
OPERACIJSKI LIST							Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC brusilica		Listova:	10		
							Broj nacrt: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“		OPERACIJA:		50	
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije					
	a	s	i	v	n	l	ts	tr								
1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Podizanje i stezanje obratka	Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“						
2	0,2	0,01	1	1800	3819	-	0,5 0,1	Brušenje površine na konačnu mjeru $\phi 120\text{ m6}$	Alat: brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G1080KOVŠ STAR LINE“							
3	-	-	-	-	-	-	0,5	0	Otpuštanje i odlaganje izratka	Alat: mikrometar – vanjski, s izmjeničnim ticalom (0-150 mm)“ IP54 Insize“						
4	-	-	-	-	-	-	-	0,3	Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)	-						
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio		Ovjerio	
							0,6	1,3	1,9	0,29	2,19	40	Ime:		Ime:	
											Datum:		Datum:			

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List: 10						
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		ČL 4732 – GS 42CrMo4		Naziv: CNC brusilica		Listova: 10						
OPERACIJSKI LIST		Broj nacрта: H2000644-2		Oblik: ODLJEVAK		Oznaka: SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“		OPERACIJA: 60						
				Dimenzija: Ø280 × 281,5		Radiona: Strojna obrada								
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat	Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	ts	tr						
1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Podizanje i stezanje obratka	Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“				
2	0,2	-	1	1800	3819	-	0,8 0,1	0	Brušenje površine bez uzdužnog posmaka na konačnu mjeru Ø129,5 h10	Alat: brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G1080KOVŠ STAR LINE“				
3	0,2	-	10	1800	3819	-	1,27 0,1	0	Brušenje površine na konačnu mjeru Ø130 m6	Alat: brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G1080KOVŠ STAR LINE“				
4	-	-	-	-	-	-	-	2	Poliranje označenih površina	Alat: „KEMIPOL T-12“ pasta i krpa za poliranje				
5	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Otpuštanje i odlaganje izratka	-				
6	-	-	-	-	-	-	-	0,6	Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka)	Alat: mikrometar – vanjski, s izmjeničnim ticalom (0-150 mm) „IP54 Insize“				
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	to	tpz	Izradio	Ovjerio
							2,27	3,6	5,87	0,88	6,75	40	Ime:	Ime:
												Datum:	Datum:	