

# PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA REDUKTORA

---

**Vukelić, Boris**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:190:873568>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-02**



*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, siječanj 2024.

Boris Vukelić

0069074894

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij strojarstva

Diplomski rad

**PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA  
REDUKTORA**

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Perinić

Komentor: doc. dr. sc. David Ištoković

Rijeka, siječanj 2024.

Boris Vukelić

0069074894

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij strojarstva

## **IZJAVA**

Prema članku 9. Pravilnika o diplomskom radu, diplomskom ispitu i završetku diplomskih sveučilišnih studija izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Mladena Perinića i komentora doc. dr. sc. Davida Ištokovića prema zadatku zadanom 20. ožujka 2023.

Boris Vukelić

---

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Mladenu Periniću na prenesenom znanju, zanimljivim razgovorima, stručnim savjetima i pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se komentoru doc. dr. sc. Davidu Ištokoviću na optimizmu, savjetima, razumijevanju i ponajprije strpljenju tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Na kraju veliko **HVALA** mojoj obitelji, a posebno mojim roditeljima i sestri koji su svojom podrškom kroz cijelo moje studiranje vjerovali u mene i davali mi vjetar u leđa. Hvala Vam!

# SADRŽAJ

UVOD .....	1
1. TEHNOLOŠKA ANALIZA .....	2
1.1. Analiza s konstrukcijskog stajališta.....	2
1.2. Analiza s tehnološkog stajališta .....	3
1.3. Materijal izrade.....	3
2. ODABIR ULAZNOG MATERIJALA.....	4
3. POSTAVLJANJE KONCEPTA TEHNOLOŠKOG PROCESA OBRADJE .....	5
3.1. Teoretski takt proizvodnje.....	5
4. STRUKTURIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE VRATILA REDUKTORA.....	7
5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE VRATILA REDUKTORA.....	10
5.1. Tehnološki parametri i vremena .....	10
5.2. Operacija 10 .....	12
5.3. Operacija 20 .....	45
5.4. Operacija 30 – izrada unutarnjeg ozubljenja.....	84
5.5. Operacija 40 – indukcijsko kaljenje zadane površine .....	89
5.6. Operacija 50 – brušenje (strana B) .....	93
5.7. Operacija 60 – brušenje (strana A) .....	99
6. TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA.....	105
7. SIMULACIJA OBRADJE U PROGRAMU MASTERCAM .....	120
7.1. Priprema 3D modela za obradu u Mastercamu .....	120
7.2. Izrada simulacije.....	126
7.3. Operacija 10 – prvo stezanje .....	126
7.4. Operacija 20 – drugo stezanje .....	161
7.5. Usporedba ukupnog vremena operacija dobivenim simulacijom i dobivenim analitičkim formulama.....	163
8. ZAKLJUČAK .....	164

SAŽETAK .....	165
SUMMARY .....	166
LITERATURA.....	167
POPIS SLIKA.....	168
PRILOG .....	171

## UVOD

Tehnološki proces predstavlja dio proizvodnog procesa u kojemu se direktno utječe na promjenu oblika, dimenzija, stanja površine i svojstava materijala (fizikalna i kemijska) od sirovog stanja do gotovog proizvoda [1]. Tijekom tehnološkog procesa primjenjuju se različiti postupci poput lijevanja, deformiranja, obrade odvajanjem čestica, toplinske obrade i sl. Projektiranje tehnološkog procesa obuhvaća konstrukcijsku i tehnološku analizu nacrtu, izbor ulaznog materijala (poluproizvoda), određivanje toka procesa te konačnu razradu operacija. U kontekstu tehnologije obrade odvajanjem čestica, operacija je osnovni dio tehnološkog procesa koji se izvodi najčešće na jednom radnom mjestu u jednom stezanju obratka. Operacija se sastoji od više radnih i pomoćnih aktivnosti, odnosno zahvata. U sklopu ovog diplomskog rada prikazati će se operacije, zahvati i strojna oprema potrebna za izradu vratila reduktora u zadanoj količini od 5000 komada uz zahtjev da se proizvodnja odvija svakodnevno.

U prvom dijelu rada provest će se analitički postupak projektiranja tehnološkog procesa prema zadanom nacrtu gotovog proizvoda i ulaznog poluproizvoda, tj otkivka. Analizirat će se ulazni materijal te će se strukturirati operacije. Detaljno će se razraditi operacije s pripadnim zahvatima, alatima, režimima rada te će se odabrati prikladni strojevi za pojedine operacije. Odredit će se vremena trajanja pojedine operacije i pojedinih zahvata te će se izraditi tehnološka dokumentacija (operacijski listovi, popis strojeva, alata, itd) potrebna za proizvodnju.

U drugom dijelu rada prikazat će se simulacija obrade unutar CAD/CAM programskog paketa *Mastercam*. *Mastercam* je alat za računalno projektiranje tehnološkog procesa, simulaciju i prijenos podataka za izradu na stroj. Danas su različiti CAD/CAM sustavi prisutni u gotovo svim granama industrije. Na taj način se znatno skraćuje vrijeme izrade proizvoda, povećava fleksibilnost proizvodnog sustava i ostvaruje bolju konkurentnost na tržištu.

Na kraju ovog rada analizirat će se rezultati simulacije obrade i napraviti kratak osvrt na postupak klasičnog i računalnog projektiranja tehnološkog procesa izrade vratila reduktora.



# 1. TEHNOLOŠKA ANALIZA

## 1.1. Analiza s konstrukcijskog stajališta

Pregledom crteža utvrđeno je kako je tehnički ispravno izveden te su na njemu prikazane sve potrebne informacije za proizvodnju. Analizom se utvrđuje kako ima dovoljno presjeka, izvučenih detalja i kota za stvaranje jasne slike o predmetu proizvodnje. Postoje uneseni zahtjevi koji osiguravaju funkcionalnost dijela, kao što su kvaliteta obrađene površine te dozvoljena odstupanja. Što se kvalitete površine tiče, naznačene su one površine koje su obrađene do stupnja površinske hrapavosti N4, N5 i N7, a sve ostalo je odrađeno sa stupnjem površinske hrapavosti N8. Također, postoji nekoliko toleriranih površina. Dozvoljena odstupanja toleriranih površina te podaci o ozubljenjima dani su u nastavku (Tablica 1 i 2):

Tablica 1 Podaci o dosjedima

$\phi 3,3 H12$	+0,120 0
$\phi 45 H7$	+0,027 0
$\phi 120 m6$	+0,035 +0,013
$\phi 129,5 h10$	0 -0,160
$\phi 130 m6$	+0,040 +0,015
$\phi 95 H7$	+0,035 0

Tablica 2 Podaci za ozubljenje – DIN5480

PODACI ZA OZUBLJENJE – DIN5480		
Modul	m	4
Broj zubi	Z	22
Diobeni promjer	$d_o$	88
Pomak profila	$x_o m$	+1,3
Zahvatni kut	$\alpha$	30°
Mjera između valjaka	$M_i$	80,478 ± 0,03
Promjer valjaka	$D_m$	7

## 1.2. Analiza s tehnološkog stajališta

Kako ne postoje zahtjevi za bilo kakvu specijalnu niti toplinsku obradu, krajnji oblik izratka može se postići klasičnim načinima, odnosno vrstama strojne obrade:

- tokarenje
- glodanje
- bušenje
- urezivanje navoja

Oblik izratka nije rotaciono simetričan, većinom je cilindričnog oblika. Većina strojne obrade će se odvijati tehnološkim postupkom tokarenja te nakon toga slijedi obrada tehnološkim postupkom glodanja i ostalim vrstama obrade kako bi se dobile tražene karakteristike i dimenzije proizvoda.

## 1.3. Materijal izrade

U nacrtu je naznačeno kako je materijal izrade odljevka Č.4732. To je poboljšani čeliki iz skupine nelegiranih ili niskolegiranih konstrukcijskih čelika koji kaljenjem i visokim popuštanjem (> 500 °C) postiže odgovarajuću granicu razvlačenja, vlačnu čvrstoću i žilavost. Ova skupina čelika sadrži 0,25 – 0,60% ugljika koji utječe na njihovu zakaljivost. Kaljenjem se nastoji postići što potpunija martenzitna mikrostruktura po presjeku, tj. što viša prokaljenost.

## 2. ODABIR ULAZNOG MATERIJALA

Šipka kao ulazni poluproizvod nije pogodna s tehno – ekonomskog stajališta. Previše je materijala koji treba skinuti što bi značilo duže vrijeme izrade, a to znači veći financijski trošak i gubitak vremena.

Otkivak je skuplja varijanta ulaznog materijala od odljevka te ju stoga odbacujemo.

Kod vratila reduktora (nacrt u Prilogu) je korišten odljevak jer je tako zadano s obzirom da se i u stvarnosti koristi odljevak te su također zadani dosjedi, njihove tolerancije (Tablica 1) te podaci za ozubljenje – DIN5480 (Tablica 2).

Što se tiče dimenzija odljevka dozvoljena odstupanja su po standardu HRN. M.A1.410 (Tablica 3) te se nadalje sva nekotirana zaobljenja izvode sa R5. Odljevak je očišćen, pjeskaren i temeljno obojan. Vanjska skošenja se izvode sa 1°, dok se unutarnja skošenja izvode sa 2°.

*Tablica 3 Dozvoljena odstupanja odljevka*

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

### 3. POSTAVLJANJE KONCEPTA TEHNOLOŠKOG PROCESA OBRADE

#### 3.1. Teoretski takt proizvodnje

Prije samog početka strukturiranja operacija, izbora alata i izbora režima rada potrebno je izračunati orijentacijsko prosječno vrijeme izrade po komadu.

Izračunom olakšavamo izbor proizvodne opreme, raspodjelu vremena trajanja pojedinih operacija s ciljem zadovoljavanja kvalitete i godišnje količine proizvodnje.

Teoretski takt izračunava se prema izrazu:

$$T_T = \frac{K}{q_i} [min]$$

gdje je: K – raspoloživi godišnji kapacitet proizvodne opreme

$q_i$  – godišnja količina gotovih proizvoda koje treba proizvesti

Raspoloživi godišnji kapacitet opreme:

$$K = d \cdot s \cdot h \cdot \eta \left[ \frac{sati}{god} \right]$$

gdje je:

- d – broj radnih dana u godini
- s – broj smjena u jednom danu
- h – vrijeme trajanja jedne smjene
- $\eta$  – koeficijent iskoristivosti proizvodnog kapaciteta

Pretpostavljamo:

- d – 265 radnih dana
- s – 1 smjena dnevno
- h – 8 sati/smjena
- $\eta$  – 0,858 iz postojećih literatura

Uvrštavajući vrijednosti dobivamo raspoloživi godišnji kapacitet proizvodne opreme:

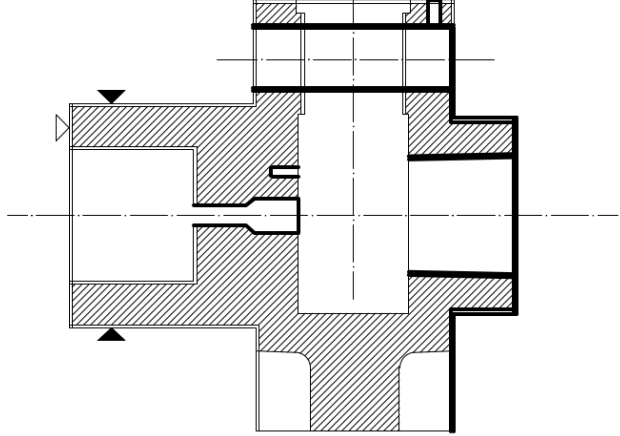
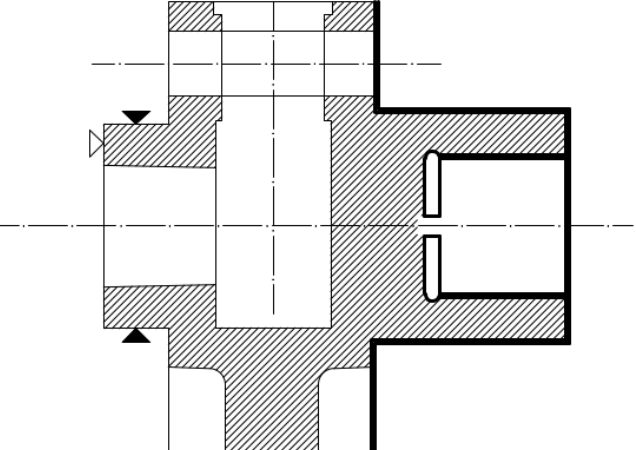
$$K = d \cdot s \cdot h \cdot \eta = 265 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,858 \approx 3637 \frac{\text{sati}}{\text{god}}$$

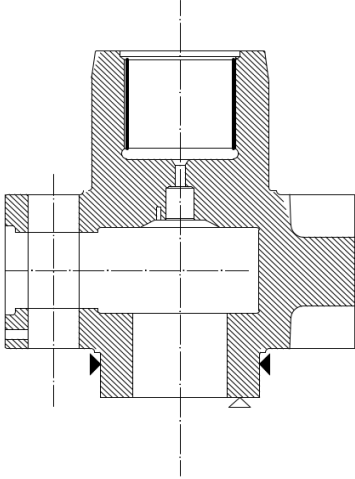
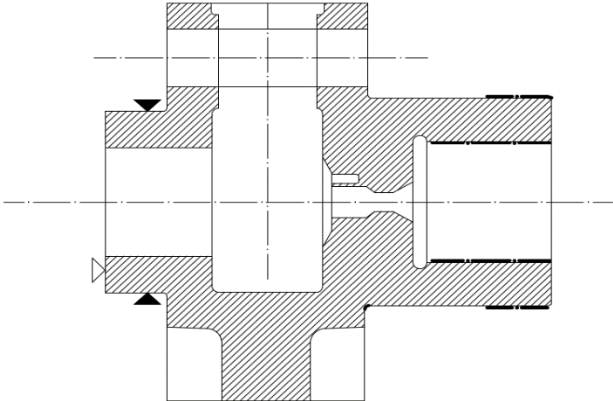
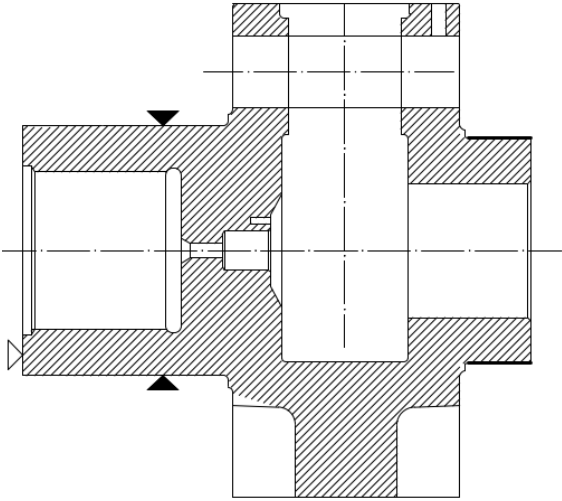
Godišnja količina vratila reduktora iznosi 5000 kom/god.

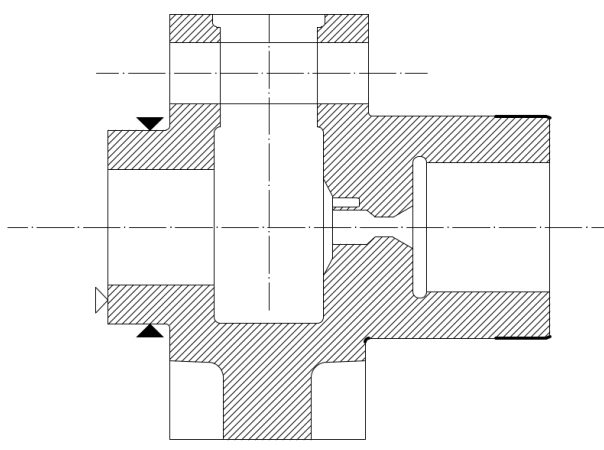
Sada možemo izračunati i teoretski takt proizvodnje:

$$T_T = \frac{K}{q_i} = \frac{3637}{5000} = 0,73 \text{ sati} = 43,8 \text{ min/kom}$$

## 4. STRUKTURIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE VRATILA REDUKTORA

Broj operacije	Vrsta operacije	Skica operacije	Alatni stroj (radno mjesto)
10	Poprečno, uzdužno Tokarenje – grubo, fino Bušenje  Urez. navoja		CNC tokarilica
20	Poprečno, uzdužno Tokarenje – grubo, fino		CNC tokarilica

<p>30</p>	<p>Izrada unutarnjeg ozubljenja</p>	 <p>A technical drawing showing a cross-section of a shaft-housing assembly during the internal gear cutting process. The housing is a thick-walled cylinder with a central bore. A gear blank is mounted on the shaft, and a cutting tool is positioned to form the internal gear teeth. The drawing uses hatching to indicate the different components and their relative positions.</p>	<p>CNC odvalna dubilica</p>
<p>40</p>	<p>Kaljenje</p>	 <p>A technical drawing showing a cross-section of the shaft-housing assembly during the induction heating process. The drawing illustrates the placement of the assembly within an induction heating coil, which is used to heat the metal parts. The drawing uses hatching to indicate the different components and their relative positions.</p>	<p>Stroj za induksijsko kaljenje</p>
<p>50</p>	<p>Brušenje</p>	 <p>A technical drawing showing a cross-section of the shaft-housing assembly during the grinding process. The drawing illustrates the use of a grinding wheel to finish the surfaces of the assembly. The drawing uses hatching to indicate the different components and their relative positions.</p>	<p>Univerzalna brusilica</p>

60	Brušenje, Poliranje	 <p>The technical drawing shows a cross-section of a mechanical component with a central vertical shaft and a horizontal flange-like section. The drawing uses hatching to indicate different materials or surfaces. Two black triangles point to specific surfaces on the horizontal section, indicating areas for grinding and polishing. Dashed lines represent hidden internal features, including a hole in the horizontal section and a groove on the shaft. Horizontal dash-dot lines indicate the cutting planes for the views.</p>	
----	------------------------	---	--



## 5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE VRATILA REDUKTORA

U ovom poglavlju razradit će se koncept tehnološkog procesa izrade vratila reduktora na način da će se svaka operacija podijeliti na zahvate u kojima će biti prikazana skica zahvata, definirana korištena oprema i alati te propisani režimi rada. Ovaj tehnološki proces izrade vratila reduktora sastoji se od 8 operacija strojne obrade te operacije završne kontrole.

### 5.1. Tehnološki parametri i vremena

Vrijeme tokom kojeg stroj izvršava svoju funkciju u određenoj operaciji naziva se strojno vrijeme i definirano je izrazom (4.1.1):

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} \text{ [min]} \quad (4.1.1)$$

Gdje je:

$t_{sr}$  – strojno radno vrijeme

$t_{sp}$  – strojno pomoćno vrijeme, izvršavanje pomoćnih funkcija stroja (primicanje i odmicanje alata, izmjena alata, itd.)

Vrijeme rezanja ili strojno radno vrijeme je ono vrijeme u kojemu se alat giba radnim hodom a računa se prema izrazu (4.1.2):

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i \text{ [min]} \quad (4.1.2)$$

Gdje je:

$i$  – broj prolaza

$L$  – hod alata [mm]

$s$  - posmak (tokarenje [mm/okr]; glodanje [mm/min])

$n$  – brzina vrtnje [ $\text{min}^{-1}$ ]

Hod alata računamo kao (4.1.3):

$$L = l_u + l + l_i \text{ [mm]} \quad (4.1.3)$$

Gdje je:

$l_u$  – duljina ulaza alata [mm]

$l$  – duljina zahvata alata i izratka [mm]

$l_i$  – duljina izlaza alata [mm]

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_1 \cdot \pi} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.1.4)$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v_c}{D_2 \cdot \pi} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.1.5)$$

Gdje je:

$v_c$  – brzina rezanja [m/min]

$D$  – promjer izratka kod tokarenja, promjer alata kod glodanja i bušenja [mm]

## 5.2. Operacija 10

- Tokarenje – grubo, čisto

Radno mjesto: Tokarski obradni centar HAAS-ST-10



Slika 1 CNC tokarski obradni centar HAAS-ST-10 [2]

### Tehničke karakteristike [2]:

Hod po x-osi	406	mm
Hod po z-osi	851	mm
Stezna glava	525	mm
Maksimalni promjer rezanja	406	mm
Provrt vretena	58	mm
Nosivost stola	1361	kg
Maksimalna snaga	15	KS
Broj okretaja	6000	o/min
Dimenzije stroja (d x š x v)	343 x 160 x 217	cm
Maksimalan broj alata na revolveru	12	kom

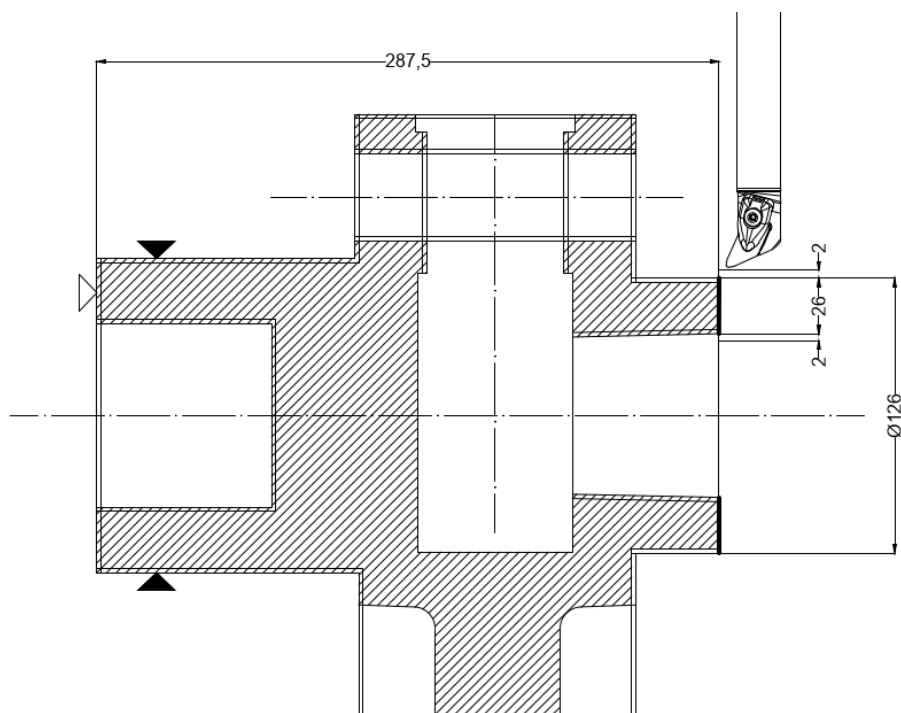
### Zahvat 1: Podići i stegnuti izradak

ALAT: stezna glava

Ručno vrijeme:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| • Uzimanje radnog komada težeg od 8 kg na udaljenosti do 2 m | $t = 0,18 \text{ min}$   |
| • Stezanje radnog komada u zahvatnu glavu                    | $t = 0,25 \text{ min}$   |
| <hr/>  |                          |
| • Ukupno ručno vrijeme                                       | $t_r = 0,43 \text{ min}$ |

### Zahvat 2: Poravnati čelo na 287,5 mm



Slika 2 Skica zahvata 2, operacija 10

ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

REŽIMI RADA:

Gruba obrada

- Za kut namještanja  $95^\circ$

Posmak:  $s = 0,27 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 3 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 352 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{352 \cdot 1000}{126 \cdot \pi} = 889 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{352 \cdot 1000}{75 \cdot \pi} = 1494 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 1190 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 2 + 26 + 2$$

$$l = 30 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 30}{0,27 \cdot 1190} = 0,09 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

Ručno vrijeme:

-uključivanje stroja i pokretanje programa  $t_r = 0,25 \text{ min}$

FACING OF BAR



P

175 HB  
P2, 1.Z.AN  
Low-alloy steel

Universal high-performance machine

200 kW, 10000 1/min  
200 kW, 500000 1/min

Machined diameter start DMS: 126 mm

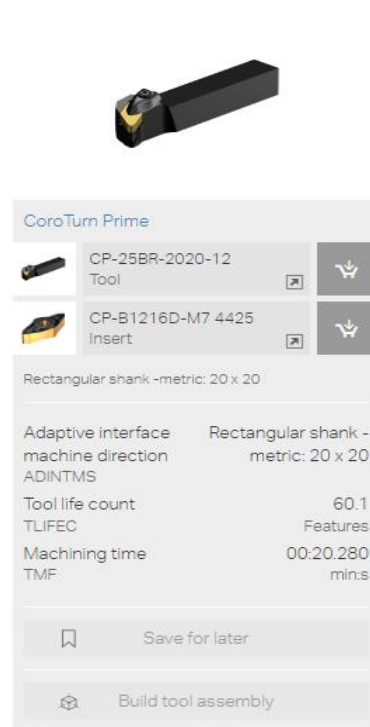
General width parameter WIDTH: 2 mm

Ra roughness value: 0.4 µm

RRA

[More...](#)

TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE



CoroTurn Prime

CP-25BR-2020-12 Tool

CP-B1216D-M7 4425 Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction ADINTMS: Rectangular shank -metric: 20 x 20

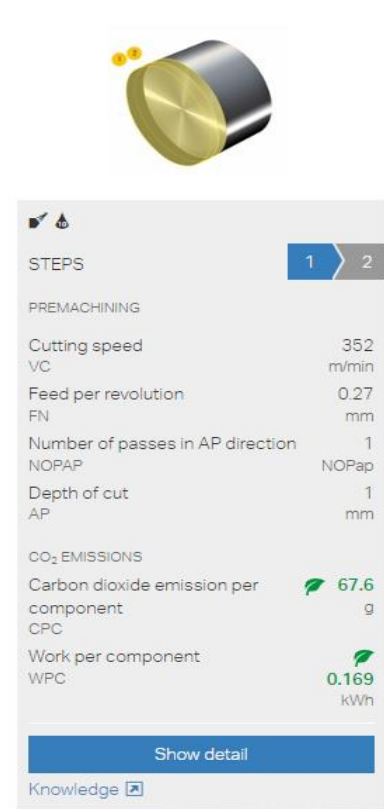
Tool life count TLIFEC: 60.1 Features

Machining time TMF: 00:20.280 mins

[Save for later](#)

[Build tool assembly](#)

CUTTING DATA



STEPS 1 2

PREMACHINING

Cutting speed VC: 352 m/min

Feed per revolution FN: 0.27 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 1

Depth of cut AP: 1 mm

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 67.6 g

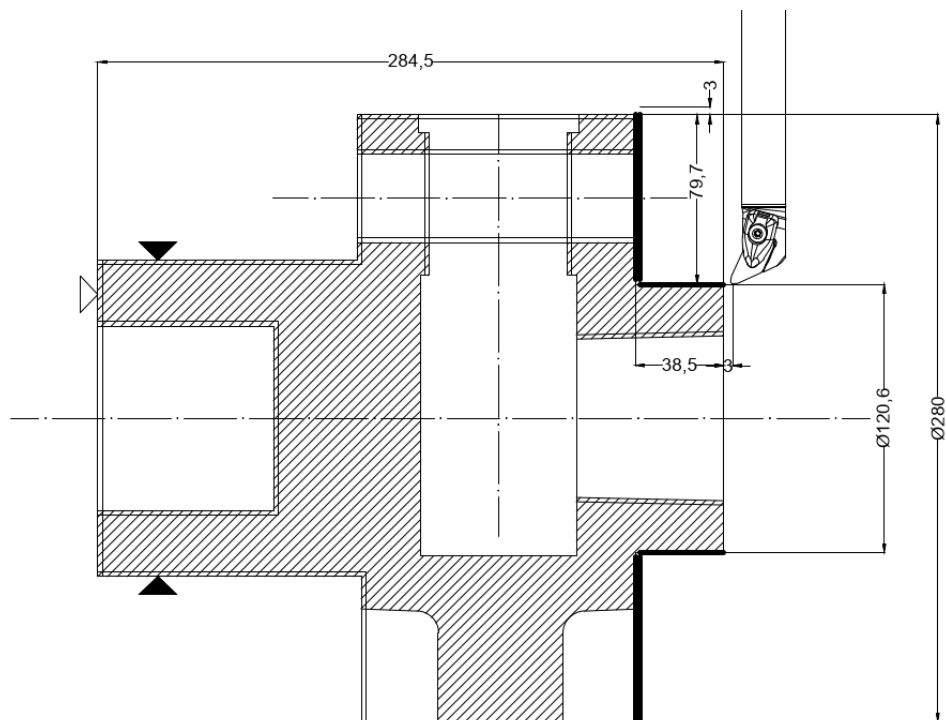
Work per component WPC: 0.169 kWh

[Show detail](#)

Knowledge

Slika 3 Prikaz izbora alata i režima rada

### Zahvat 3: Konturno tokariti (grubo)



Slika 4 Skica zahvata 3, operacija 10

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

#### REŽIMI RADA:

##### Gruba obrada:

- Za kut namještanja 95°

Posmak:  $s = 0,27$  mm/okr

Dubina rezanja:  $a = 2,7$  mm

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 352$  m/min

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja prilikom obrade uzdužnog dijela konture:

$$n_u = \frac{352 \cdot 1000}{120,6 \cdot \pi} = 930 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja prilikom obrade poprečnog dijela konture:

$$n_p = \frac{352 \cdot 1000}{280 \cdot \pi} = 400 \text{ min}^{-1}$$

Prosječan broj okretaja:

$$n = \frac{n_u + n_p}{2} = 665 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 38,5 + 79,7 + 3$$

$$l = 124,2 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 124,2}{0,27 \cdot 665} = 0,69 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



FACING OF BAR


**175 HB**  
**P2, 1, Z, AN**  
 Low-alloy steel

Universal high-performance machine  
 200 kW, 10000 1/min  
 200 kW, 500000 1/min

Machined diameter start  
 DMS: 126 mm

General width parameter  
 WIDTH: 2 mm


Ra roughness value  
 RRA: 0.4 μm


[More ...](#)

TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE



CoroTurn Prime

 CP-25BR-2020-12  
 Tool

 CP-B1216D-M7 4425  
 Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction  
 ADINTMS: Rectangular shank -metric: 20 x 20

Tool life count  
 TLIFEC: 60.1 Features

Machining time  
 TMF: 00:20.280 min.s

[Save for later](#)

[Build tool assembly](#)

CUTTING DATA



STEPS 1 > 2

PREMACHINING

Cutting speed VC: 352 m/min  
 Feed per revolution FN: 0.27 mm  
 Number of passes in AP direction NOPAP: 1  
 Depth of cut AP: 1 mm

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

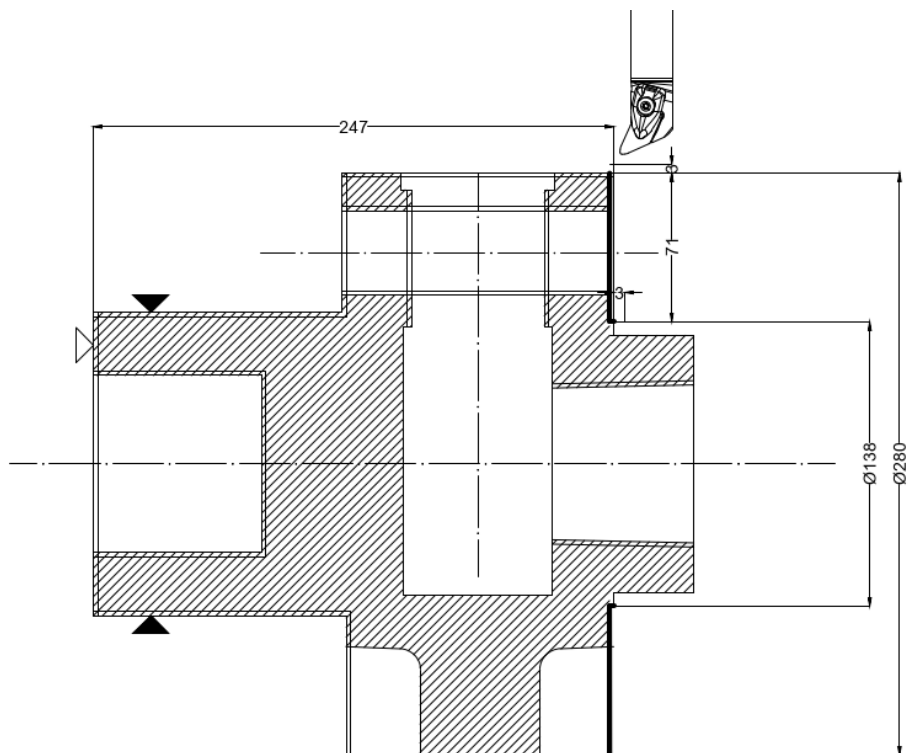
Carbon dioxide emission per component CPC: **67.6** g  
 Work per component WPC: **0.169** kWh

[Show detail](#)

[Knowledge](#)

Slika 5 Prikaz izbora alata i režima rada

#### Zahvat 4: Poprečno tokariti na 247 mm (grubo)



Slika 6 Skica zahvata 4, operacija 10

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

#### REŽIMI RADA:

##### Gruba obrada:

- Za kut namještanja 95°

Posmak:  $s = 0,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 2,2 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1 \text{ mm}$

Brzina rezanja:  $v = 352 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{352 \cdot 1000}{286 \cdot \pi} = 390 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{352 \cdot 1000}{135 \cdot \pi} = 830 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 610 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 71 + 3$$

$$l = 77 \text{ mm}$$


Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 77}{0,25 \cdot 610} = 0,5 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

CYLINDRICAL SURFACE



P

175 HB  
P2.1Z.AN  
Low-alloy steel

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min





Machined diameter start DMS	126 mm
Machined diameter end DME	120 mm
Machined length LM	40 mm
Ra roughness value longitudinal RRA	0.4 µm
Include PrimeTurning™ results	<input checked="" type="checkbox"/> ON

More ...

TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL / INDEXABLE



CoroTurn Prime

	CP-25BR-2020-12 Tool	
	CP-B1216D-M7 4425 Insert	

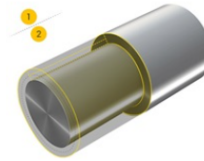
Rectangular shank - metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction ADINTMS	Rectangular shank - metric: 20 x 20
Tool life count TLIFEC	48 Features
Machining time TMF	00:25:380 mins

Save for later

Build tool assembly

CUTTING DATA



STEPS 1 2

PREMACHINING

Cutting speed VC	352 m/min
Feed per revolution FN	0.25 mm
Number of passes in AP direction NOPAP	1 NOPap
Depth of cut AP	1.8 mm

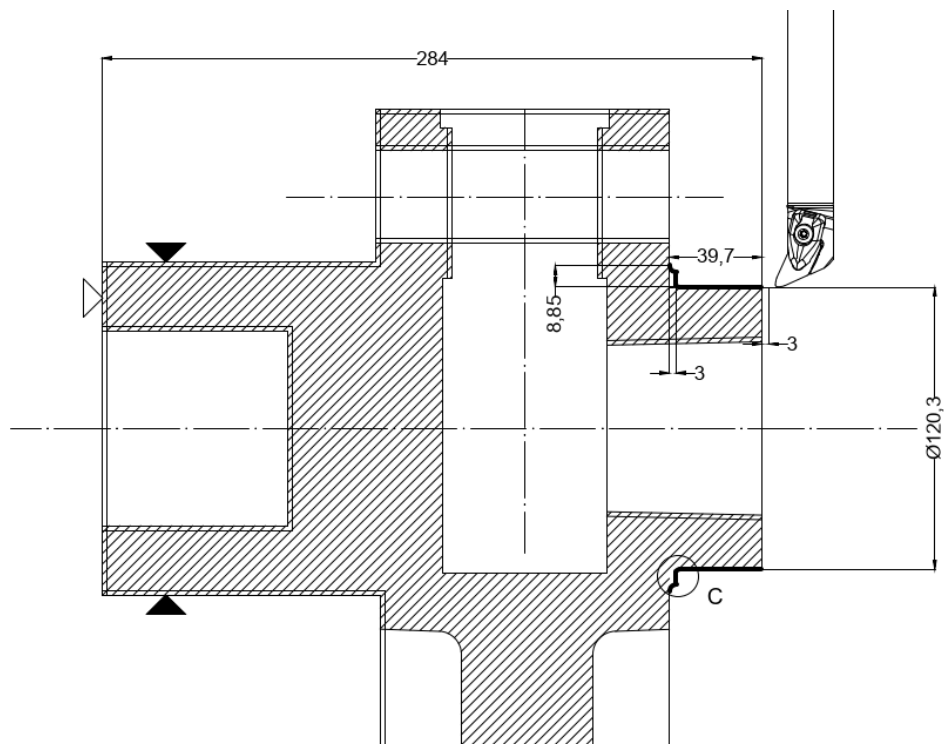
CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC	23.1 g
Work per component WPC	0.105 kWh

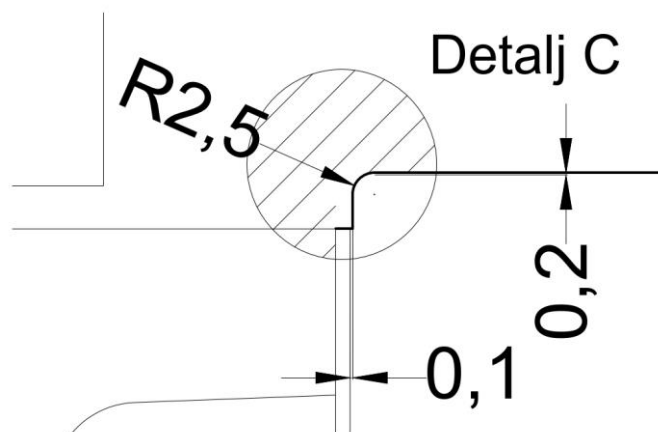
Show detail

*Slika 7 Prikaz izbora alata i režima rada*

## Zahvat 5: Konturno tokariti (fino)



Slika 8 Skica zahvata 5, operacija 10



Slika 9 Detalj C s dodacima za obradu brušenjem

### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

## REŽIMI RADA:

### Fina obrada:

- Za kut namještanja  $95^\circ$

Posmak:  $s = 0,156 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a_{p1} = 0,15 \text{ mm}$

Dubina rezanja:  $a_{p2} = 1,2 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1 \text{ mm}$

Brzina rezanja:  $v = 400 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja prilikom obrade uzdužnog dijela konture:

$$n_u = \frac{400 \cdot 1000}{120,3 \cdot \pi} = 1060 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja prilikom obrade poprečnog dijela konture:

$$n_p = \frac{400 \cdot 1000}{144 \cdot \pi} = 885 \text{ min}^{-1}$$

Prosječan broj prilikom poprečnog tokarenja:

$$n = \frac{n_u + n_p}{2} = 970 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 39,7 + 8,85 + 3$$

$$l = 54,55 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme uzdužnog tokarenja:

$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (3 + 39,7)}{0,156 \cdot 1060} = 0,26 \text{ min}$$

Strojno vrijeme poprečnog tokarenja:

$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (8,85 + 3)}{0,156 \cdot 970} = 0,08 \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme zahvata:

$$t_{sr} = t_{sr1} + t_{sr2} = 0,26 + 0,08 = 0,34 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

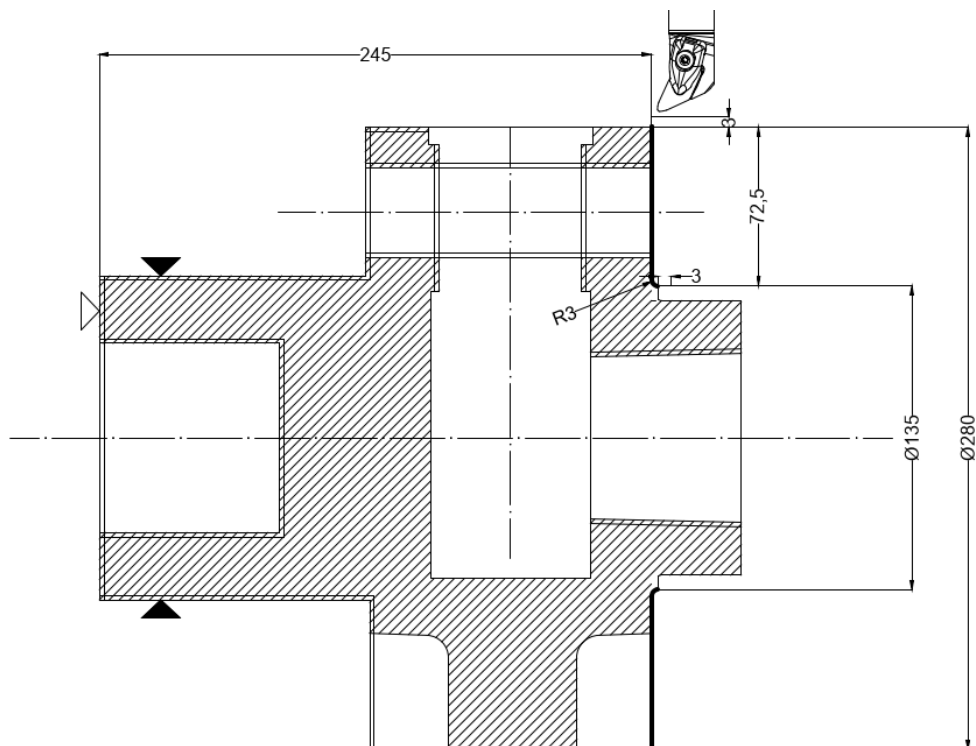
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

The screenshot displays three panels from a software interface:

- CYLINDRICAL SURFACE:** Shows a 3D model of a cylindrical part with a blue callout box containing 'P', '175 HB', 'P2.1.Z.AN', and 'Low-alloy steel'. Below it, machine parameters are listed: 'Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)', '25 kW, 4000 1/min'. Machining parameters are set to: Machined diameter start DMS: 126 mm, Machined diameter end DME: 120 mm, Machined length LM: 40 mm, Ra roughness value longitudinal: 0.4 μm, and 'Include PrimeTurning™ results' is turned ON.
- TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL / INDEXABLE:** Shows a 3D model of a turning tool. Below it, tool selection is shown: 'CoroTurn Prime' tool 'CP-25BR-2020-12' and insert 'CP-B1216D-M7 4425'. The shank is 'Rectangular shank -metric: 20 x 20'. Adaptive interface machine direction is 'ADINTMS'. Tool life count (TLIFEC) is 48 Features. Machining time (TMF) is 00:25.380 mins. Buttons for 'Save for later' and 'Build tool assembly' are visible.
- CUTTING DATA:** Shows a 3D model of the part with cutting parameters: Cutting speed VC: 400 m/min, Feed per revolution FN: 0.156 mm, Number of passes in AP direction: 1, Depth of cut AP: 1.2 mm. CO2 EMISSIONS: Carbon dioxide emission per component CPC: 23.1 g, Work per component WPC: 0.105 kWh. A 'Show detail' button is at the bottom.

Slika 10 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 6:** Konturno tokariti na 245mm s izradom radijusa R3



*Slika 11 Skica zahvata 6, operacija 10*

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

**REŽIMI RADA:**

Fina obrada

- Za kut namještanja  $95^\circ$

Posmak:  $s = 0,156 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 0,3 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1 \text{ mm}$

Brzina rezanja:  $v = 400 \text{ m/min}$



Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{403 \cdot 1000}{286 \cdot \pi} = 390 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{403 \cdot 1000}{135 \cdot \pi} = 830 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 610 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 72,5 + 3$$

$$l = 78,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

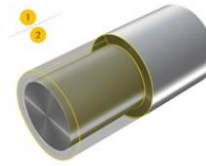
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 78,5}{0,156 \cdot 610} = 0,83 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):





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

TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL / INDEXABLE

CUTTING DATA





CoroTurn Prime


	CP-25BR-2020-12 Tool	
	CP-B1216D-M7 4425 Insert	

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction ADINTMS	Rectangular shank - metric: 20 x 20
Tool life count TLIFEC	48 Features
Machining time TMF	00:25:380 mins

 Save for later



 Build tool assembly


 STEPS 1 2

FINISHING

Cutting speed VC	400 m/min
Feed per revolution FN	0.156 mm
Number of passes in AP direction NOPAP	1
Depth of cut AP	1.2 mm

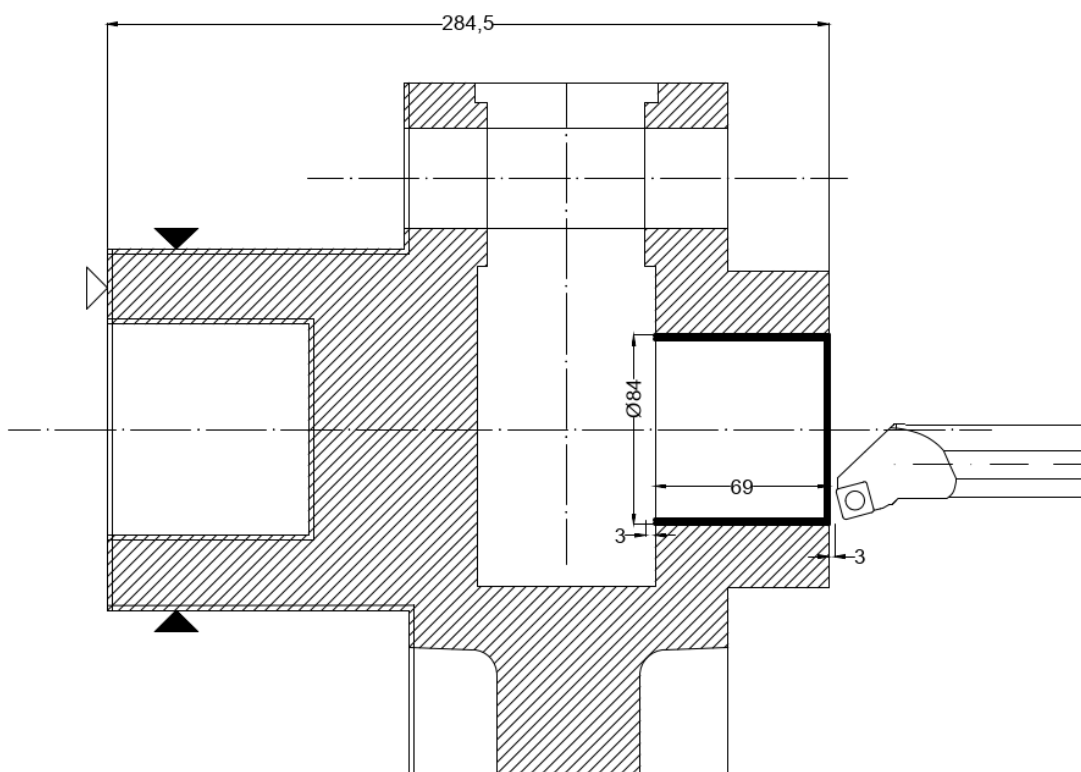
CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC	 23.1 g
Work per component WPC	 0.105 kWh

 Show detail

Slika 12 Prikaz izbora alata i režima rada

### Zahvat 7: Unutaranje tokariti $\varnothing 84$ mm



Slika 13 Skica zahvata 7, operacija 10

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn 107 A32T-SSKCR 12

Pločica: CoroTurn 107 SCMT 12 04 12-PR-4425

#### REŽIMI RADA:

##### Gruba obrada

- Za kut namještanja  $75^\circ$

Posmak:  $s = 0,373$  mm/okr

Dubina rezanja:  $a = 2$  mm

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 314$  m/min

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{314 \cdot 1000}{70 \cdot \pi} = 1430 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{314 \cdot 1000}{84 \cdot \pi} = 1190 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 1310 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 69 + 3$$

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

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 75}{0,373 \cdot 1310} = 0,15 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**P** 175 HB  
P2.1.Z.AN  
Low-alloy steel

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 78 mm

Machined diameter end DME: 84 mm

Work piece diameter DW: 120 mm

Machined length LM: 70 mm

Ra roughness value longitudinal RRA: 3.2  $\mu\text{m}$

More...

CoroTurn 107

A32T-SSKCR 12 Tool

SCMT 12 04 12-PR 4425 Insert

Cylindrical shank w/ 3 flats -metric: 32

Adaptive interface machine direction ADINTMS: Cylindrical shank w/ 3 flats -metric: 32

Tool life count TLIFEC: 63.4 Features

Machining time TMF: 00:19.500 min.s

Save for later

Build tool assembly

STEPS 1 2

PREMACHINING

Cutting speed VC: 314 m/min

Feed per revolution FN: 0.373 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 1

Depth of cut AP: 1.5 mm

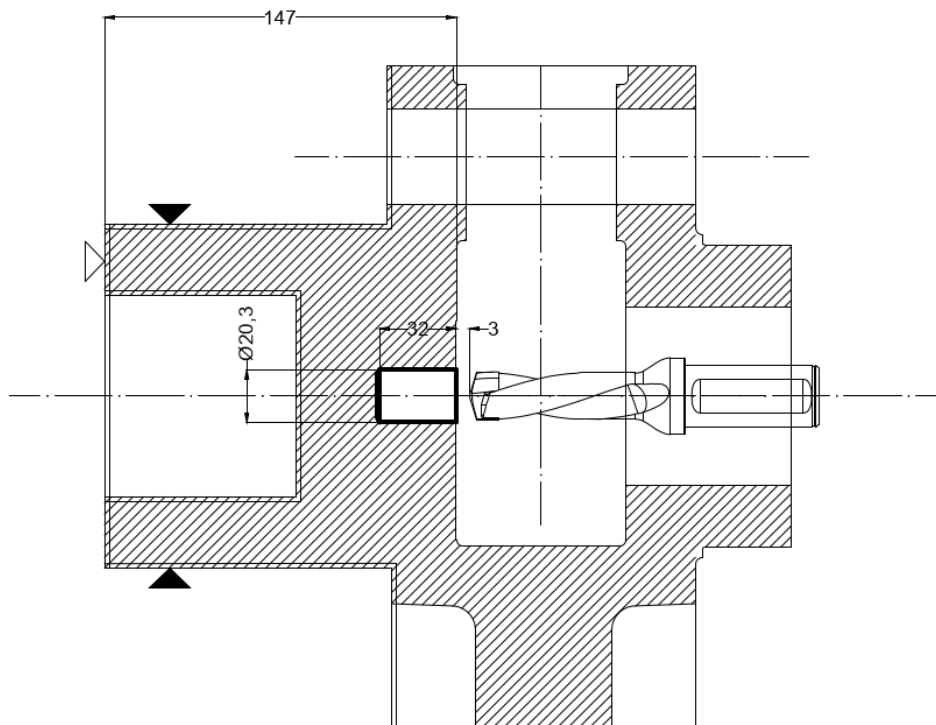
CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 33.3 g

Work per component WPC: 0.0778 kWh

Slika 14 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 8:** Bušiti provrt  $\text{Ø}20,3$  mm



Slika 15 Skica zahvata 8, operacija 10

## ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroDrill 870-2000-20LXI-3

Pločica: CoroDrill 870-2030-20-PM-4334

## REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,326 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 32 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1 \text{ mm}$

Brzina rezanja:  $v = 110 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$
$$n = \frac{110 \cdot 1000}{20,3 \cdot \pi} = 1700 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 32$$

$$l = 35 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 35}{0,326 \cdot 1700} = 0,06 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

Ručno vrijeme:

-uključivanje stroja i pokretanje programa  $t_r = 0,5 \text{ min}$

HOLE IN ROTATION COMPONENT



**P**  
175 HB  
P2.1.2.AN  
Low-alloy steel

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)  
25 kW, 4000 1/min

Good conditions

Machined diameter  
DM 20.3 mm

Depth of machining feature  
DEPTH:MF 32 mm

More ...

DRILLING WITH SYMMETRICAL POINT / EXCHANGEABLE



CoroDrill 870

870-2000-20LX1-3  
Tool

870-2030-20-PM 4334  
Insert

Cylindrical shank (ISO9766 drill shank with flange) - inch: 1

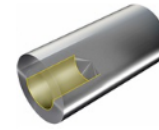
Tool life count  
TLIFEC 1930 Holes

Machining time  
TMF 00:03.846 min:s

Save for later

Build tool assembly

CUTTING DATA



STEPS 1

DRILLING WITH A SYMMETRICAL POINT

Cutting speed 110 m/min  
VC

Feed per revolution 0.326 mm  
FN

Feed speed at tool center 562 mm/min  
VF

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component 8.02 g  
CPC

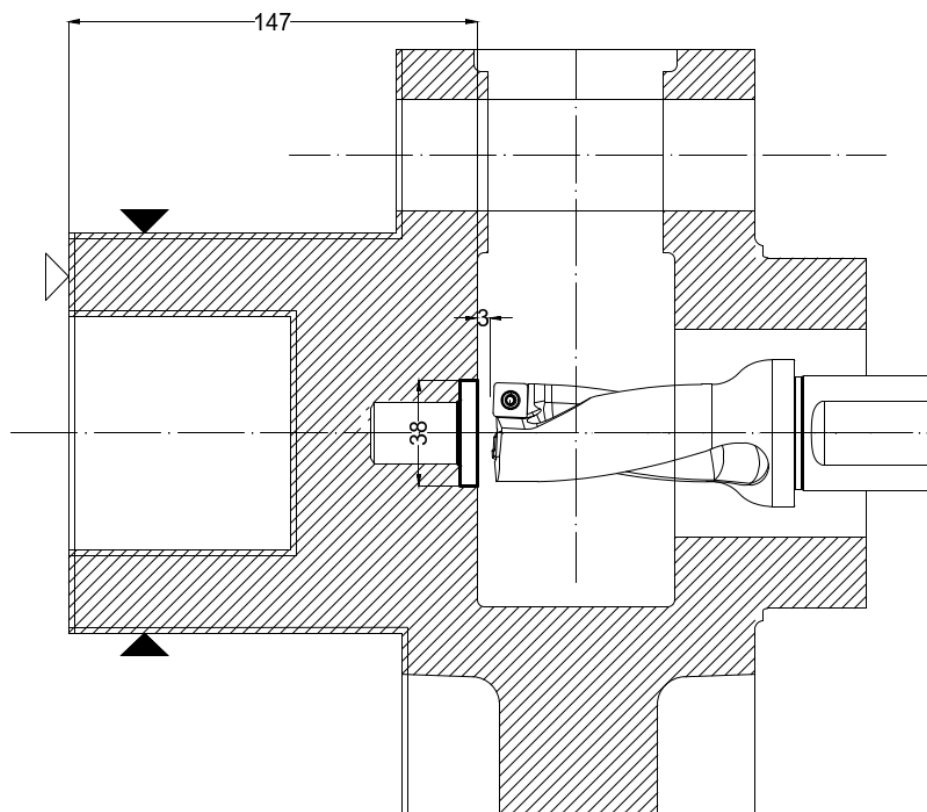
Work per component 0.02 kWh  
WPC

Show detail

Knowledge

Slika 16 Prikaz izbora alata i režima rada

### Zahvat 9: Bušiti provrt Ø38 mm



*Slika 17 Skica zahvata 10, operacija 10*

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držać alata: CoroDrill 880-D3800L40-02

Pločica: CoroDrill 880-07 04 W12H-P-GR 4334

#### REŽIMI RADA:

##### Gruba obrada

- Za kut namještanja 95°

Posmak:  $s = 0,24 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 6 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 201 \text{ m/min}$



Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{201 \cdot 1000}{38 \cdot \pi} = 1700 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 6$$

$$l = 9 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{9}{0,24 \cdot 1700} = 0,02 \text{ min}$$

HOLE IN ROTATION COMPONENT



175 HB  
P2.1 Z.AN  
Low-alloy steel

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min


Good conditions

Machined diameter  
DM 38 mm










Depth of machining feature  
DEPTH/IF 6 mm

More ...

DRILLING WITH ASYMMETRICAL POINT / INDEXABLE



CoroDrill 880

	880-D3800L40-02 Tool		
	880-07 04 W12H-P-GR 4334 Insert Peripheral		
	880-07 04 06H-C-GR 1044 Insert Central		

Cylindrical shank (ISO9766 drill shank with flange) - metric: 40

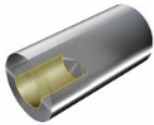
Tool life count  
TLIFEC 4440 Holes

Machining time  
TMF 00:01.013 mins

Save for later

Build tool assembly

CUTTING DATA



STEPS 1

DRILLING WITH AN ASYMMETRICAL POINT

Cutting speed VC	201 m/min
Feed per revolution FN	0.24 mm
Feed speed at tool center VF	404 mm/min

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

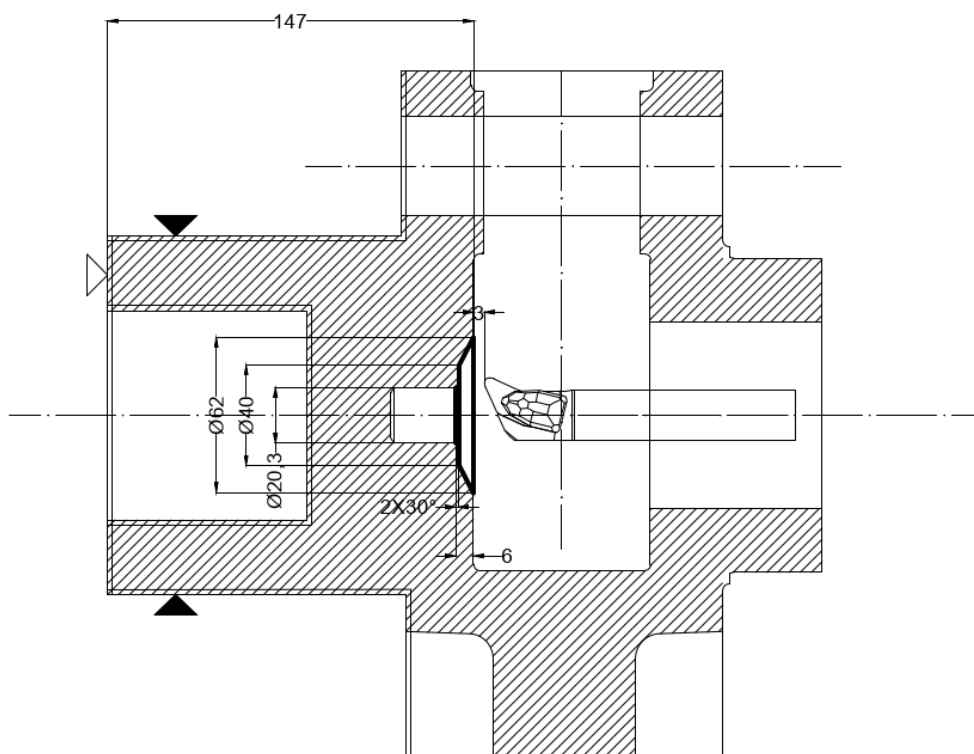
Carbon dioxide emission per component CPC	4.1 g
Work per component WPC	0.0102 kWh

Show detail

Knowledge

Slika 18 Prikaz izbora alata i režima rada

## Zahvat 10: Tokariti konturu sa skošenjem



Slika 19 Skica zahvata 10, operacija 10

### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime C-B1216D-M7 4425

### REŽIMI RADA:

- Za kut namještanja 95°

Posmak:  $s = 0,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 0,3 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 352 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{352 \cdot 1000}{62 \cdot \pi} = 1810 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{352 \cdot 1000}{20,3 \cdot \pi} = 5520 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 3665 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 6$$

$$l = 9 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{4 \cdot 9}{0,25 \cdot 3665} = 0,06 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



175 HB  
P2.1 Z AN  
Low-alloy steel

Lathe O2 - Small (≤6" chuck)

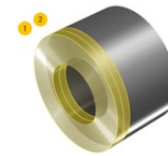
11 kW, 6000 1/min

Machined diameter start DMS: 200 mm

General width parameter WIDTH: 3 mm

Ra roughness value RRA: 0.4 μm

More ...



CoroTurn Prime

CP-25BR-2020-12  
Tool

CP-B1216D-M7 4425  
Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction ADINTMS: Rectangular shank - metric: 20 x 20

Tool life count TLIFEC: 23.1 Features

Machining time TMF: 00:52.620 min.s

Save for later

Build tool assembly

STEPS 1 2

PREMACHINING

Cutting speed VC: 352 m/min

Feed per revolution FN: 0.25 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 1

Depth of cut AP: 2 mm

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 77.7 g

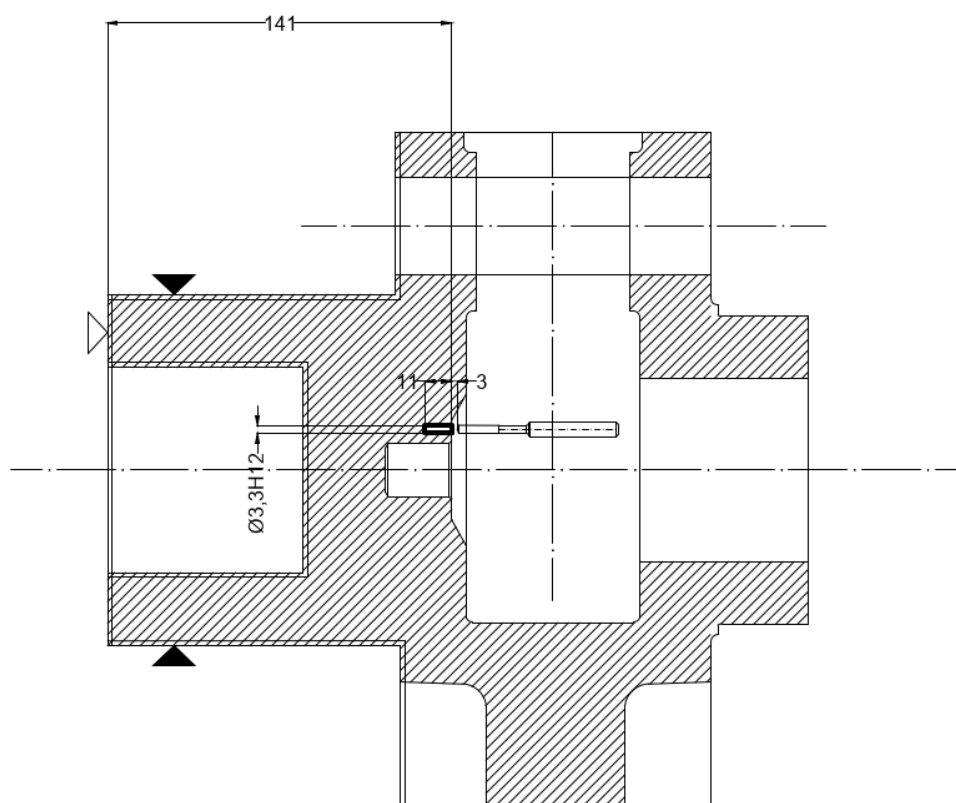
Work per component WPC: 0.186 kWh

Show detail

Knowledge

Slika 20 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 11:** Zabušiti provrt Ø3,3 H12 za izradu navoja M4



*Slika 21 Skica zahvata 11, operacija 10*

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Svrđlo: CoroDrill 860.1-0330-017A1-GMX1BM

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 0,1 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 11 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 104 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{104 \cdot 1000}{3,3 \cdot \pi} = 10000 \text{ min}^{-1}$$

Računski broj okretaja nije moguće postići gonjenim alatom s obzirom da je maksimalni broj okretaja gonjenih alata  $6000 \text{ min}^{-1}$ . Odabrani broj okretaja prilikom bušenja biti će  $6000 \text{ min}^{-1}$ .

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 11$$

$$l = 14 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 14}{0,1 \cdot 6000} = 0,02 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

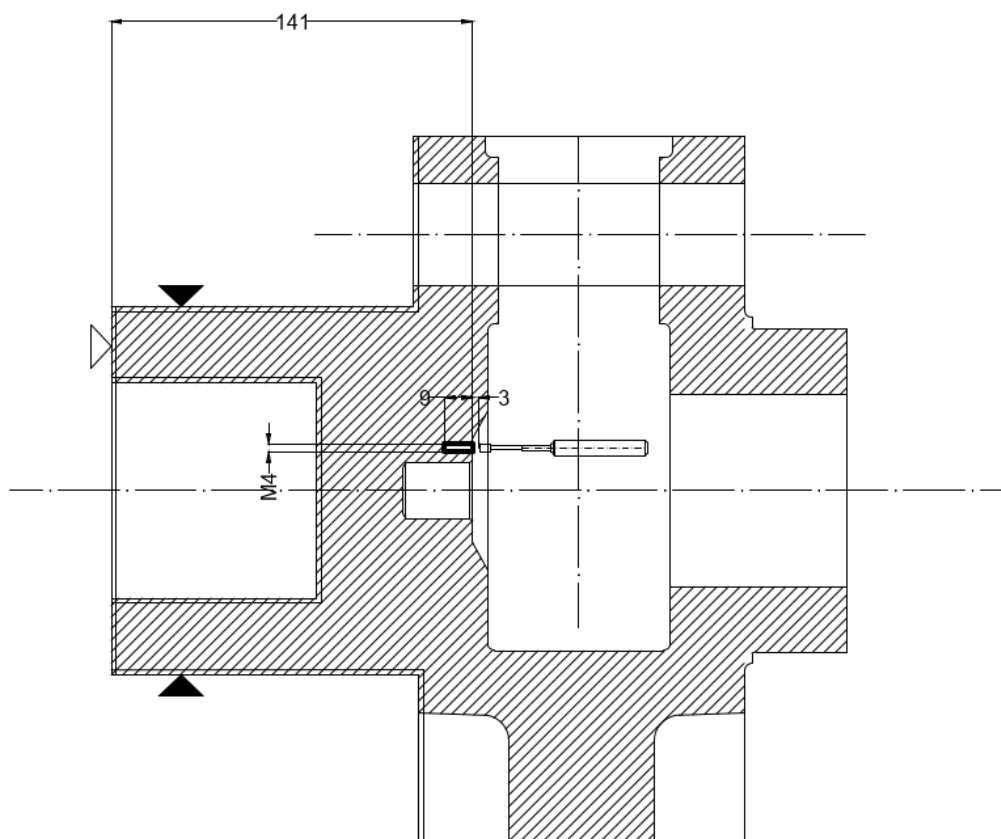
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

The screenshot displays a software interface for tool selection and cutting data. It is divided into three main sections:

- HOLE IN ROTATION COMPONENT:** Shows a hole in a component with a material label 'P' (178 HB, P2.12.AN, Low alloy steel). It lists machine specifications: 'Universal high-performance machine', '200 kW, 10000 1/min', and '200 kW, 500000 1/min'. It also shows 'Good conditions' and machining parameters: 'Machined diameter DM: 3.3 mm' and 'Depth of machining feature DEPTH/F: 11 mm'.
- DRILLING WITH SYMMETRICAL POINT / SOLID:** Shows a 'CoroDrill 860' tool with specifications: '860.1-0330-017A1-GM X1BM Tool', 'Cylindrical shank (DIN 1835-A / DIN 6535-HA) - metric: 6', 'Tool life count TLIFEC: 4200 Holes', and 'Machining time TMF: 00:00.714 mins'. It includes buttons for 'Save for later' and 'Build tool assembly'.
- CUTTING DATA:** Shows 'DRILLING WITH A SYMMETRICAL POINT' with cutting data: 'Cutting speed VC: 104 m/min', 'Feed per revolution FN: 0.1 mm', and 'Feed speed at tool center VF: 1000 mm/min'. It also shows 'CO<sub>2</sub> EMISSIONS: Carbon dioxide emission per component CPC: 2.04 g' and 'Work per component WPC: 0.0051 kWh'. A 'Show detail' button is at the bottom.

Slika 22 Prikaz izbora alata i režima rada

## Zahvat 12: Urezati navoj M4



Slika 23 Skica zahvata 12, operacija 10

### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Navojno svrdlo: Sandvik CoroTap T300-XM102AA-M4 C110

Adapter alata: Sandvik 570-3C 16 204 CR

### REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,7 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 9 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 12 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$



$$n = \frac{12 \cdot 1000}{4 \cdot \pi} = 950 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 9$$

$$l = 12 \text{ mm}$$

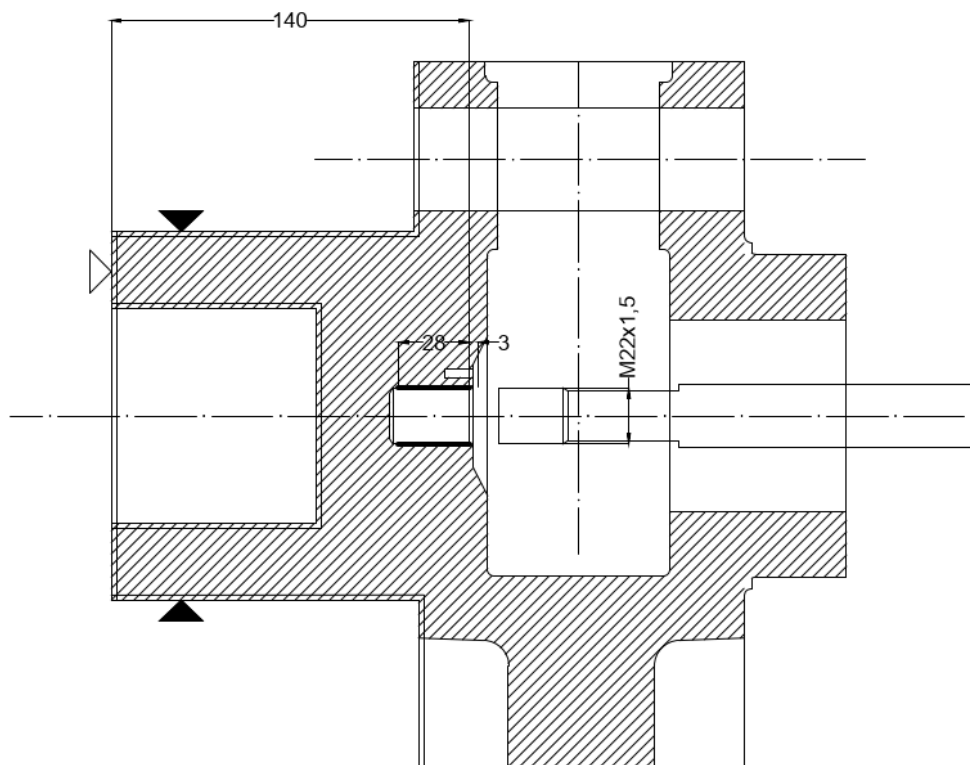
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 12}{0,7 \cdot 950} = 0,02 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 13:** Urezati navoj M22x1,5



Slika 24 Skica zahvata 13, operacija 10

ALAT:

Navojno svrdlo: „Iscar TPS MF-22X1.5-M“

REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 1,5 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 28 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 40 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{40 \cdot 1000}{22 \cdot \pi} = 580 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 28$$

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

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 31}{1,5 \cdot 580} = 0,04 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

Ukupno strojno vrijeme operacije 10:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp}$$

$$\begin{aligned}\sum t_{sr} &= 0,09 + 0,69 + 0,5 + 0,34 + 0,83 + 0,61 + 0,06 + 0,06 + 0,01 + 0,02 + 0,02 + 0,04 \\ &= 3,27 \text{ min}\end{aligned}$$

$$\sum t_{sp} = 0,1 \cdot 11 = 1,1 \text{ min}$$

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 3,27 + 1,1 = 4,38 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme operacije 10:

$$t_r = \sum t_r$$

$$t_r = 0,43 + 0,25 + 0,5 = 1,18 \text{ min}$$

Vrijeme izrade operacije 10:

$$t_i = t_s + t_r = 4,38 + 1,18 = 5,56 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme operacije 10:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot 0,2 = 1,11 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 10:

$$t_o = t_i + t_d = 5,56 + 1,11 = 6,67 \text{ min}$$

### 5.3. Operacija 20

- Tokarenje – grubo, čisto

Radno mjesto: Tokarski obradni centar HAAS-ST-10



*Slika 25 CNC tokarski obradni centar HAAS-ST-10*

#### Tehničke karakteristike:

Hod po x-osi	406	mm
Hod po z-osi	851	mm
Stezna glava	525	mm
Maksimalna promjer rezanja	406	mm
Provrst vretena	58	mm
Nosivost stola	1361	kg
Maksimalna snaga	15	KS
Broj okretaja	6000	o/min
Dimenzije stroja (d x š x v)	343 x 160 x 217	cm
Maksimalan broj alata na revolveru	12	kom

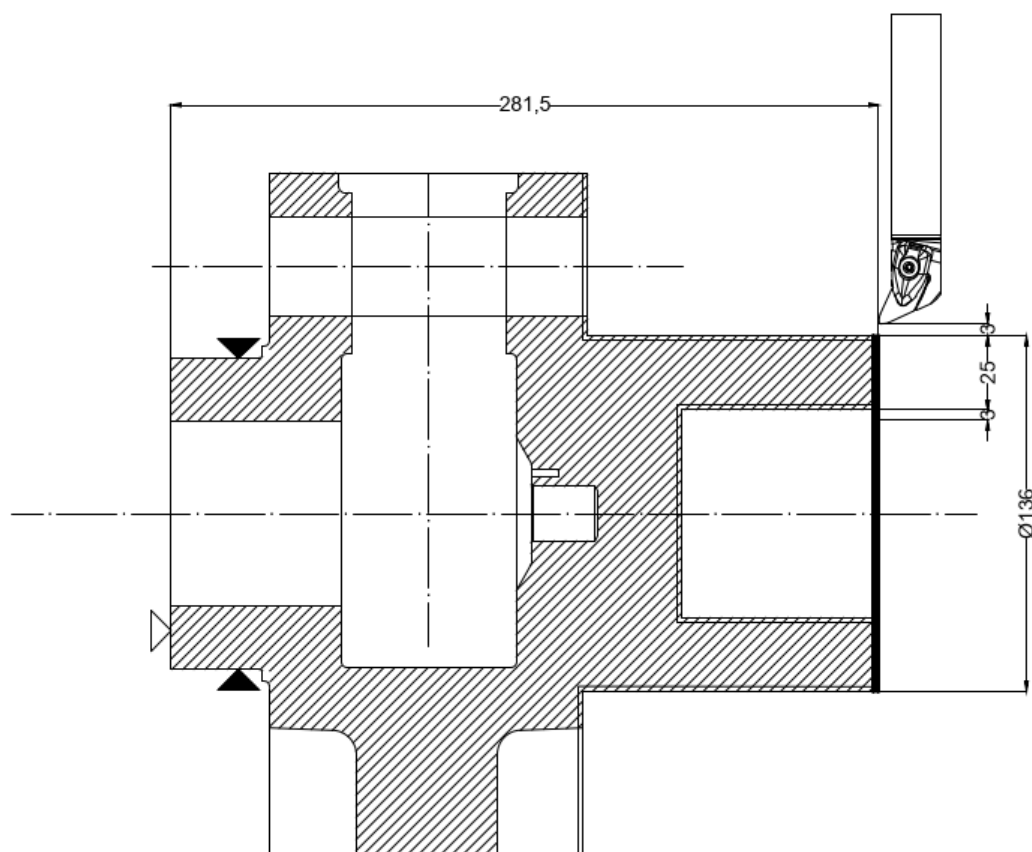
### Zahvat 1: Podići i stegnuti izradak

ALAT: stezna glava

Ručno vrijeme:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| • Uzimanje radnog komada težeg od 8 kg na udaljenosti do 2 m | $t = 0,18 \text{ min}$   |
| • Stezanje radnog komada u zahvatnu glavu                    | $t = 0,25 \text{ min}$   |
| <hr/>  |                          |
| • Ukupno ručno vrijeme                                       | $t_r = 0,43 \text{ min}$ |

### Zahvat 2: Poravnati čelo na 281,5 mm



*Slika 26 Skica zahvata 2, operacija 20*

ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

## REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 2,7 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 225 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{352 \cdot 1000}{142 \cdot \pi} = 790 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{352 \cdot 1000}{90 \cdot \pi} = 1250 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 1020 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 25 + 3$$

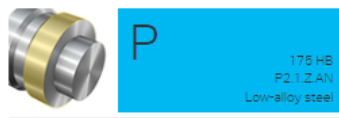
$$l = 31 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 31}{0,25 \cdot 1020} = 0,12 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



178 HB  
P2.1 Z AN  
Low-alloy steel

Lathe O2 - Small (≤6" chuck)

11 kW, 6000 1/min

Machined diameter start DMS: 136 mm


Machined diameter end DME: 84 mm

Machined length LM: 2.7 mm

Ra roughness value longitudinal: 0.4 μm

Include PrimeTurning™ results: ON

More ...



CoroTurn Prime

CP-25BR-2020-12  
Tool

CP-B1216D-M7 4425  
Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

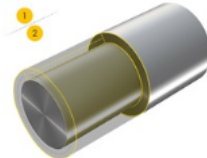
Adaptive interface machine direction ADINTMS: Rectangular shank -metric: 20 x 20

Tool life count TLIFEC: 135 Features

Machining time TMF: 00:09.360 min:s

Save for later

Build tool assembly



STEPS 1 2

PREMACHINING

Cutting speed VC: 352 m/min

Feed per revolution FN: 0.25 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 13

Depth of cut AP: 1.91 mm

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 12.9 g

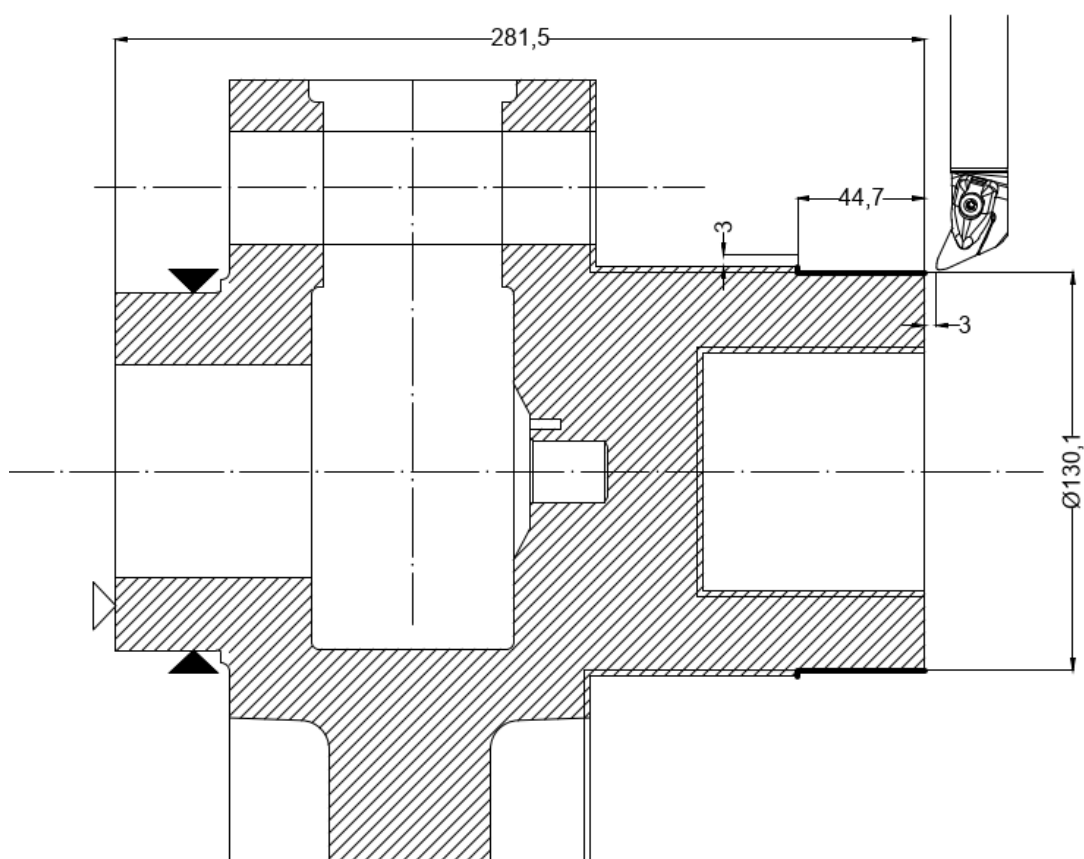
Work per component WPC: 0.0323 kWh

Show detail

Knowledge

Slika 27 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 3:** Uzdužno tokariti Ø130,1 mm (grubo)



*Slika 28 Skica zahvata 3, operacija 20*

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 0,25$  mm/okr

Dubina rezanja:  $a = 2,95$  mm

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 225$  m/min

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$



$$n = \frac{225 \cdot 1000}{130,1 \cdot \pi} = 550 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 44,7 + 3$$

$$l = 50,7 \text{ mm}$$

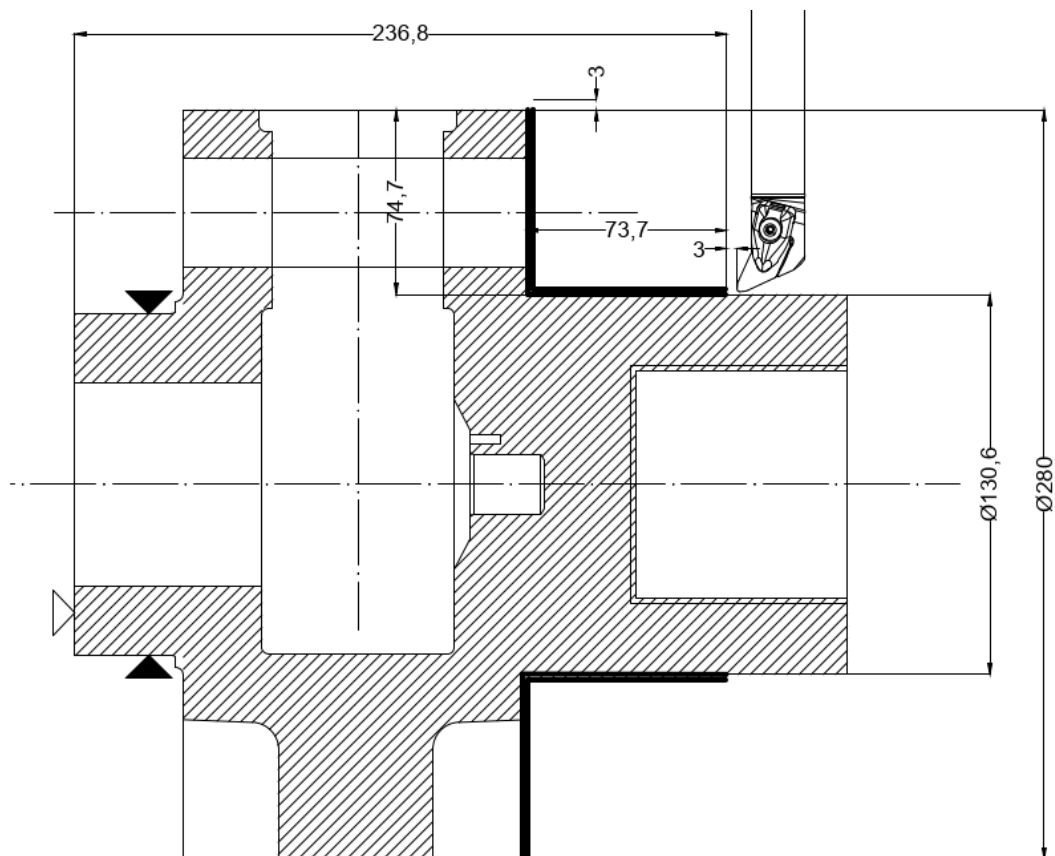
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 50,7}{0,25 \cdot 550} = 0,39 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 4:** Vanjsko konturno tokarenje (grubo)



Slika 29 Skica zahvata 4, operacija 20

## ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

## REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 2,7 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 352 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja prilikom obrade uzdužnog dijela konture:

$$n_u = \frac{352 \cdot 1000}{130,6 \cdot \pi} = 860 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja prilikom obrade poprečnog dijela konture:

$$n_p = \frac{352 \cdot 1000}{286 \cdot \pi} = 400 \text{ min}^{-1}$$

Prosječan broj prilikom poprečnog tokarenja:

$$n = \frac{n_u + n_p}{2} = 630 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 73,7 + 74,7 + 3$$

$$l = 154,4 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme uzdužnog tokarenja:

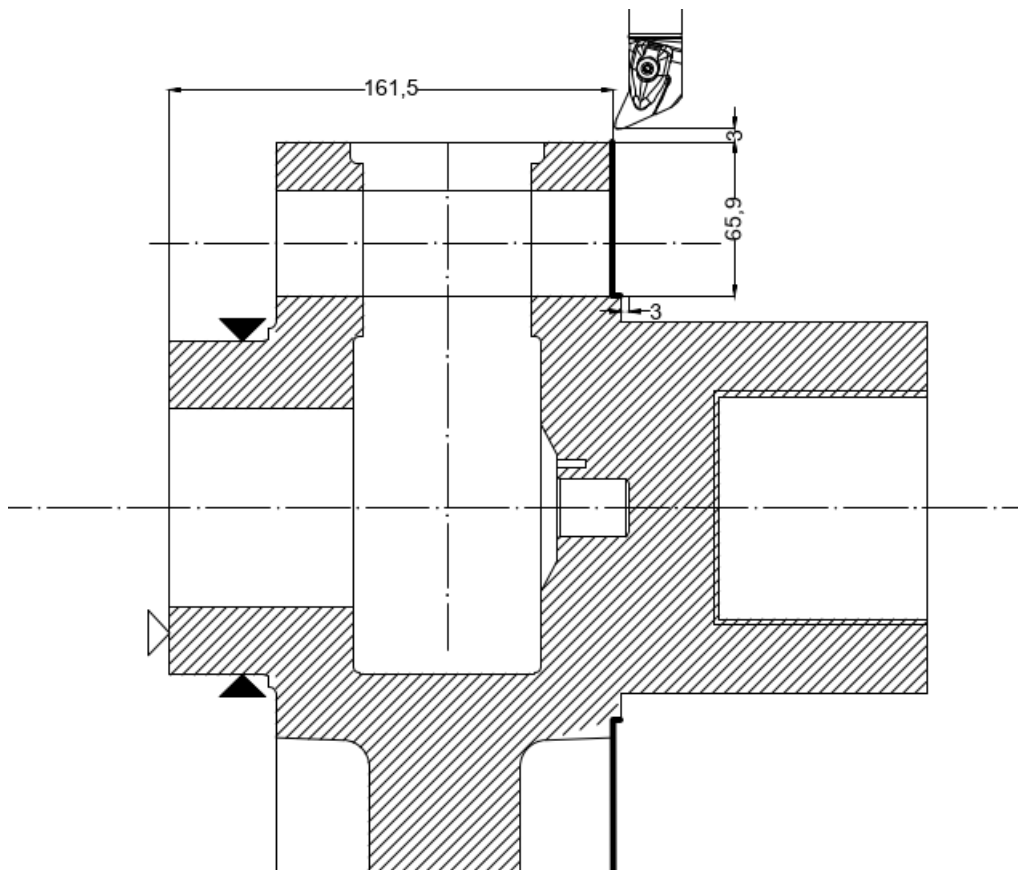
$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (3 + 73,7)}{0,25 \cdot 860} = 0,37 \text{ min}$$

Strojno vrijeme poprečnog tokarenja:

$$t_{sr2} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (74,7 + 3)}{0,25 \cdot 630} = 0,49 \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme zahvata:  $t_{sr,uk} = t_{sr1} + t_{sr2} = 0,86 \text{ min}$

**Zahvat 5:** Poprečno tokariti na 161,5 mm (grubo)



*Slika 30 Skica zahvata 5, operacija 20*

ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 2,3 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 352 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{352 \cdot 1000}{286 \cdot \pi} = 400 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{352 \cdot 1000}{148 \cdot \pi} = 760 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 580 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 65,9 + 3$$

$$l = 71,9 \text{ mm}$$

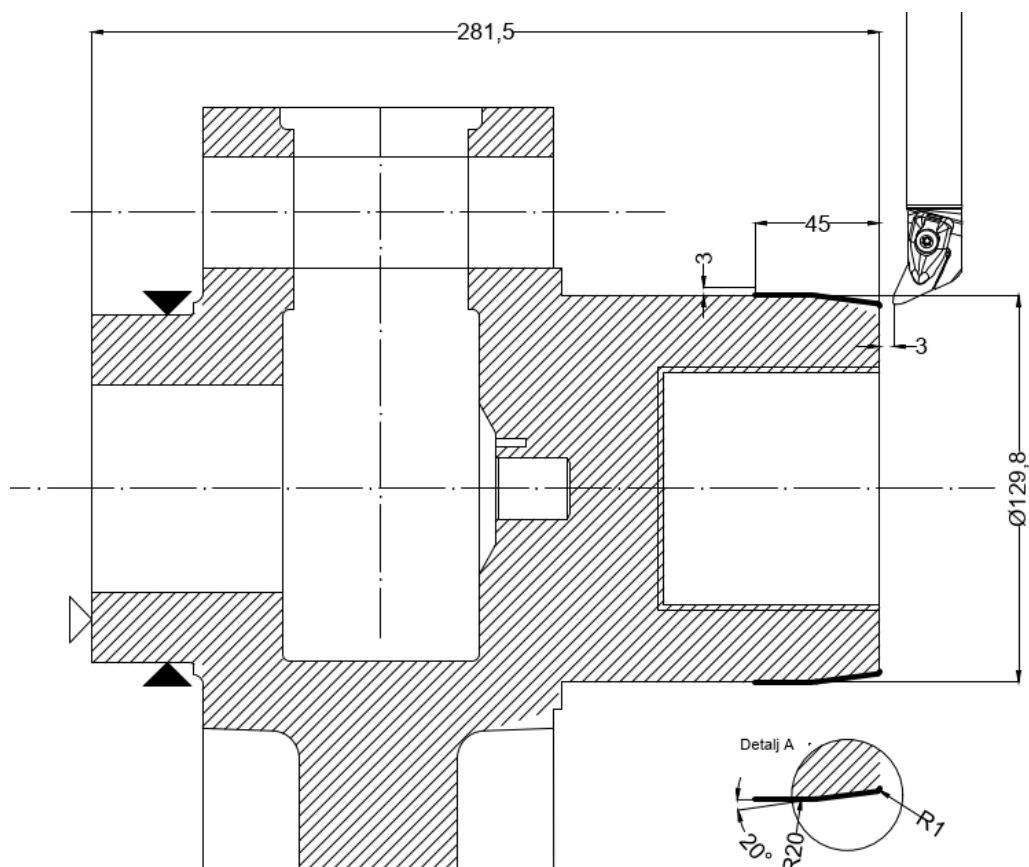
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 71,9}{0,25 \cdot 580} = 0,5 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

## Zahvat 6: Konturno tokariti I (fino)



Slika 31 Skica zahvata 6, operacija 20

### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

### REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,156 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 0,3 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 400 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{400 \cdot 1000}{129,8 \cdot \pi} = 980 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 45 + 3$$

$$l = 51 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

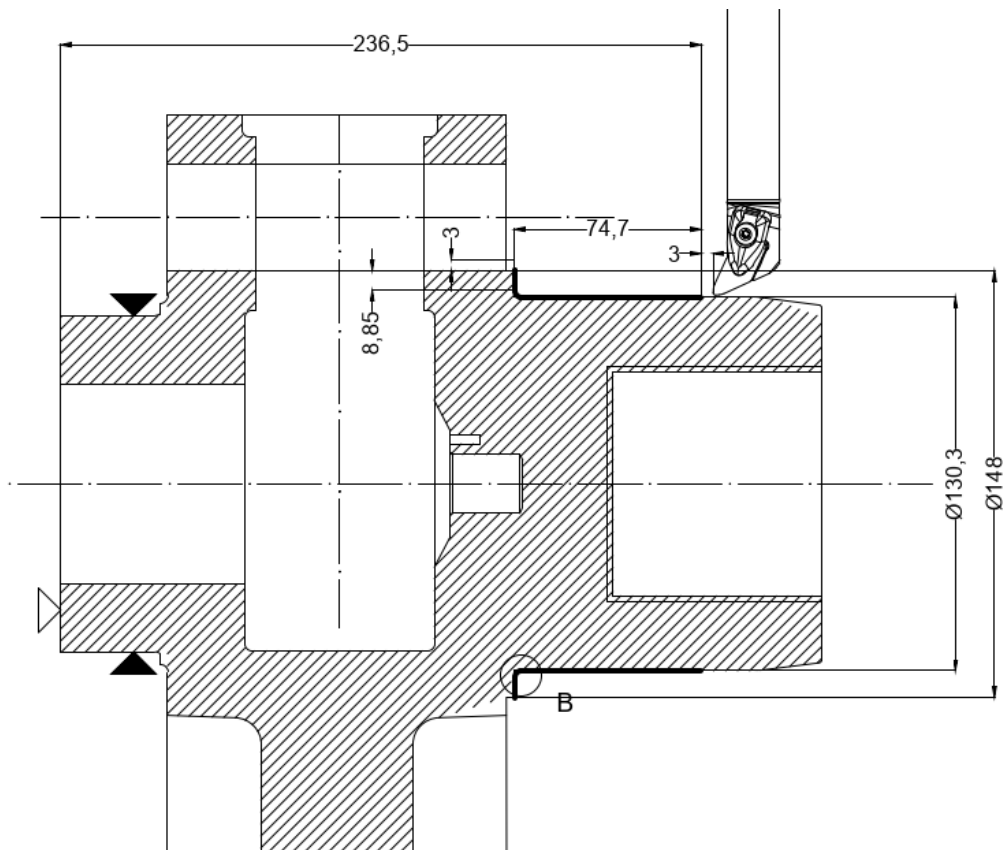
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 51}{0,156 \cdot 980} = 0,3 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

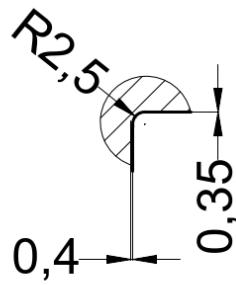
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

### Zahvat 7: Konturno tokariti II (fino)

U sklopu konturnog tokarenja u zahvatu 7 radi se uzdužno tokarenje, poprečno tokarenje i obrađuje se detalj B. Konstrukcijski gledano, detalj B je očigledno utor na koji će „sjesti“ ležaj. Kod izrade detalja B predviđen je tangenti nagib pri ulasku u izradu utora i izlasku iz konture. Taj nagib će se kasnije ukloniti obradom brušenja, ali će trenutno olakšati ulaz alata. Isto tako, možemo napomenuti da će dubina rezanja biti promjenjiva tijekom zahvata. Kod uzdužnog dijela konture radit će se dubinom rezanja  $a_p = 0,15$  mm dok će prilikom poprečnog tokarenja dubina rezanja biti  $a_p = 1,3$  mm.



Slika 32 Skica zahvata 7, operacija 20



## Detalj B

Slika 33 Operacija 20 - Detalj B s dodacima za obradu brušenjem

### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

### REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,156 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a_{p1} = 0,15 \text{ mm}$

Dubina rezanja:  $a_{p2} = 1,3 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 400 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja prilikom obrade uzdužnog dijela konture:

$$n_u = \frac{400 \cdot 1000}{130,3 \cdot \pi} = 980 \text{ min}^{-1}$$



Broj okretaja prilikom obrade poprečnog dijela konture:

$$n_p = \frac{400 \cdot 1000}{148 \cdot \pi} = 860 \text{ min}^{-1}$$

Prosječan broj prilikom poprečnog tokarenja:

$$n = \frac{n_u + n_p}{2} = 920 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 74,7 + 8,85 + 3$$

$$l = 89,55 \text{ mm}$$

Strojno vrijeme uzdužnog tokarenja:

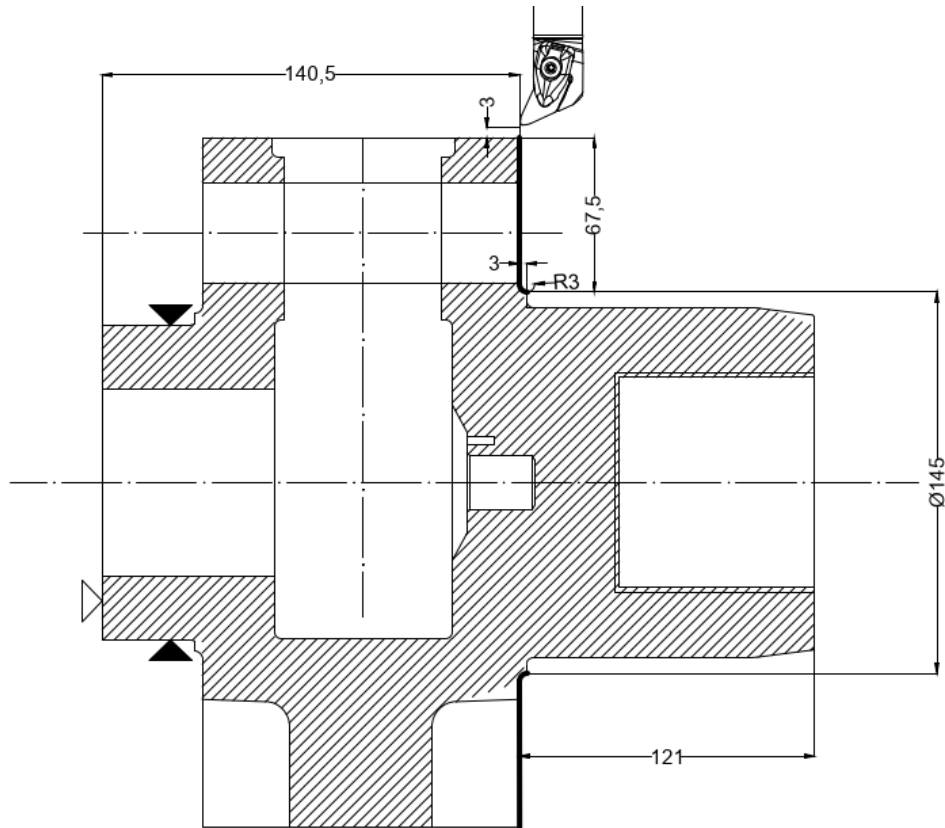
$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (3 + 74,7)}{0,156 \cdot 980} = 0,5 \text{ min}$$

Strojno vrijeme poprečnog tokarenja:

$$t_{sr2} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (8,85 + 3)}{0,156 \cdot 920} = 0,08 \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme zahvata:  $t_{sr,uk} = t_{sr1} + t_{sr2} = 0,58 \text{ min}$

**Zahvat 8:** Konturno tokariti na 140,5 mm, duljina 121 mm s izradom radijusa R3



*Slika 34 Skica zahvata 8, operacija 20*

ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroTurn Prime CP-25BR-2020-12

Pločica: CoroTurn Prime CP-B1216D-M7 4425

REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,156$  mm/okr

Dubina rezanja:  $a = 0,3$  mm

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 400$  m/min

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{400 \cdot 1000}{286 \cdot \pi} = 450 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{400 \cdot 1000}{145 \cdot \pi} = 880 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 665 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 67,5 + 3$$

$$l = 73,5 \text{ mm}$$

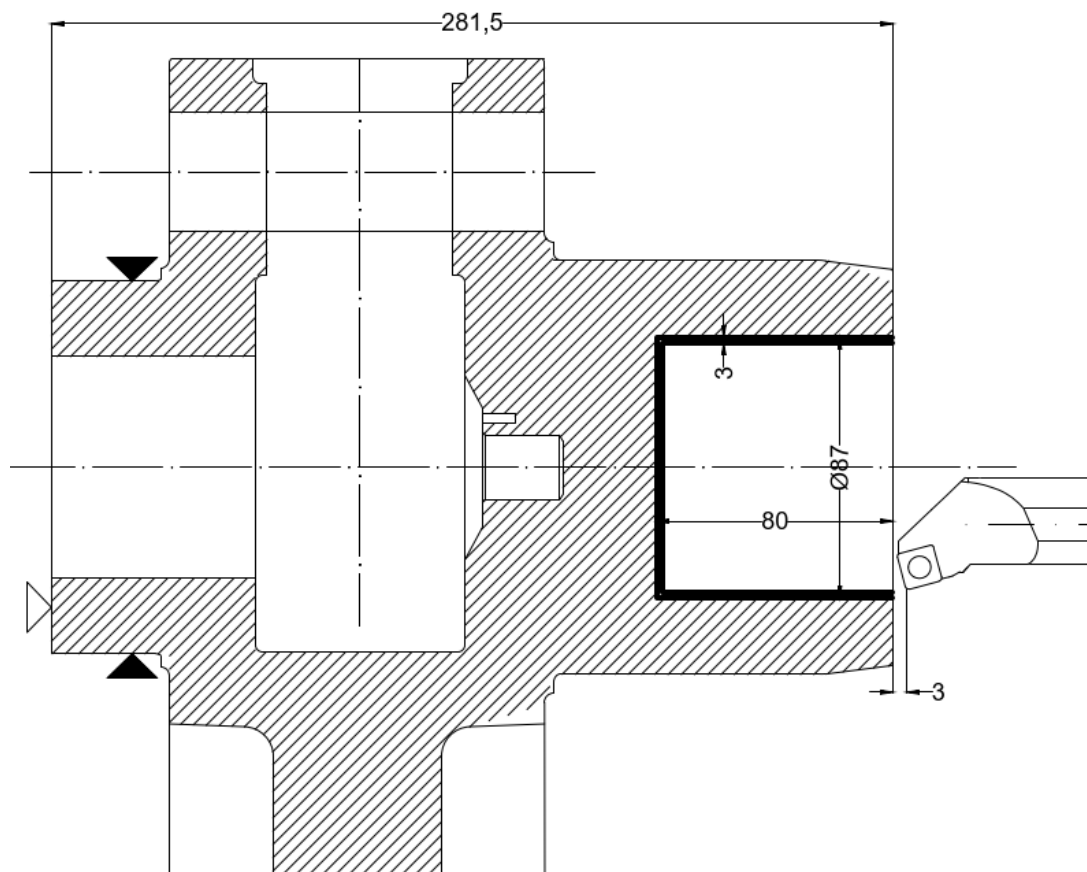
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 73,5}{0,156 \cdot 665} = 0,7 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

### Zahvat 9: Unutarnje tokariti Ø87 mm



Slika 35 Skica zahvata 9, operacija 20

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držać alata: CoroTurn 107 A32T-SSKCR 12

Pločica: CoroTurn 107 SCMT 12 04 12-PR-4425

#### REŽIMI RADA:

##### Gruba obrada

- Za kut namještanja 75°

Posmak:  $s = 0,373 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 2 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 2$

Brzina rezanja:  $v = 314 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Broj okretaja na početku prolaza:

$$n_1 = \frac{314 \cdot 1000}{84 \cdot \pi} = 1190 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja na kraju prolaza:

$$n_2 = \frac{314 \cdot 1000}{87 \cdot \pi} = 1150 \text{ min}^{-1}$$

Srednji broj okretaja:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 1175 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 80 + 3$$

$$l = 86 \text{ mm}$$

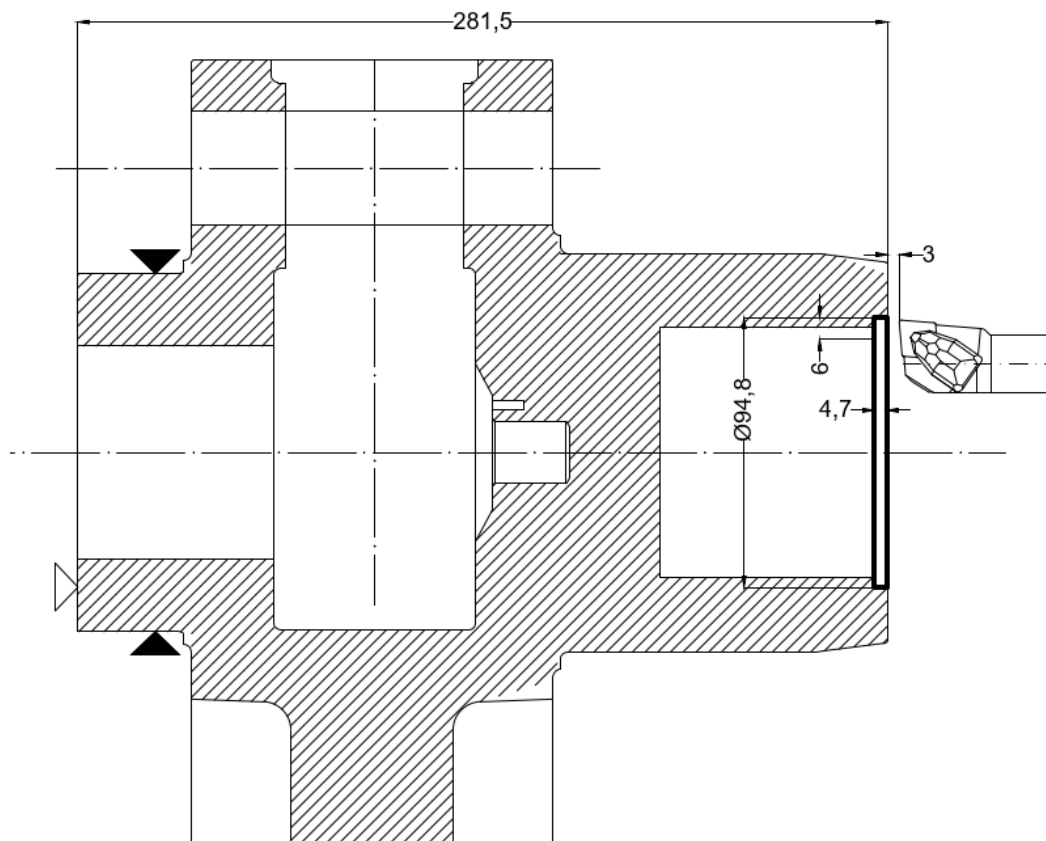
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{2 \cdot 86}{0,373 \cdot 1175} = 0,4 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

### Zahvat 10: Tokariti Ø94,8 mm (grubo)



Slika 36 Skica zahvata 10, operacija 20

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: T – Max P DCLNR 2020K 12

Pločica: CNMG 12 04 08-XM 4425

#### REŽIMI RADA:

##### Gruba obrada

- Za kut namještanja 95°

Posmak:  $s = 0,25$  mm/okr

Dubina rezanja:  $a = 2$  mm

Broj prolaza:  $i = 2$

Brzina rezanja:  $v = 352$  m/min

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Između dva prolaza postojat će mala razlika u duljini izlaska alata iz kontakta s obratkom. Izlaz alata iz zahvata nakon drugog prolaza iznosi 6 mm, dok je izlaz alata nakon prvog prolaska kraći za dubinu rezanja u drugom prolazu.

- put alata u prvom prolazu:  $L_1 = l_1 + l + l_2 = 3 + 4,7 + 4,35 = 12,05 \text{ mm}$
- put alata u drugom prolazu:  $L_2 = l_1 + l + l_2 = 3 + 4,7 + 6 = 13,7 \text{ mm}$

$$n_{1,SR} = \frac{\frac{352 \cdot 1000}{87 \cdot \pi} + \frac{352 \cdot 1000}{91 \cdot \pi}}{2} = 950 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{2,SR} = \frac{\frac{352 \cdot 1000}{91 \cdot \pi} + \frac{352 \cdot 1000}{94,8 \cdot \pi}}{2} = 900 \text{ min}^{-1}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr,uk} = \frac{i \cdot L_i}{s_i \cdot n_i} = \frac{1 \cdot 12,95}{0,156 \cdot 950} + \frac{1 \cdot 13,7}{0,156 \cdot 900} = 0,09 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

FACING OF BAR



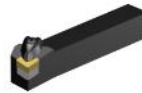
**P**  
175 HB  
P2, 1, Z, AN  
Low-alloy steel

Lathe 02 - Small (≤6" chuck)  
11 kW, 6000 1/min

Machined diameter start DMS: 94.8 mm  
General width parameter WIDTH: 4.7 mm  
Ra roughness value BBA: 0.4 μm

More...

TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE



T-Max P

DCLNR 2020K 12  
Tool

CNMG 12 04 08-XM 4425  
Insert

Rectangular shank - metric: 20 x 20

Adaptive interface Rectangular shank - machine direction metric: 20 x 20  
ADINTMS

Tool life count TLIFEC: 61.3 Features

Machining time TMF: 00:20.220 mins

Save for later

Build tool assembly

CUTTING DATA



STEPS 1 2

PREMACHINING

Cutting speed VC: 352 m/min  
Feed per revolution FN: 0.25 mm  
Number of passes in AP direction NOPAP: 2  
Depth of cut AP: 1.65 mm

CO<sub>2</sub> EMISSIONS  
Carbon dioxide emission per component CPC: 24.8 g  
Work per component WPC: 0.062 kWh

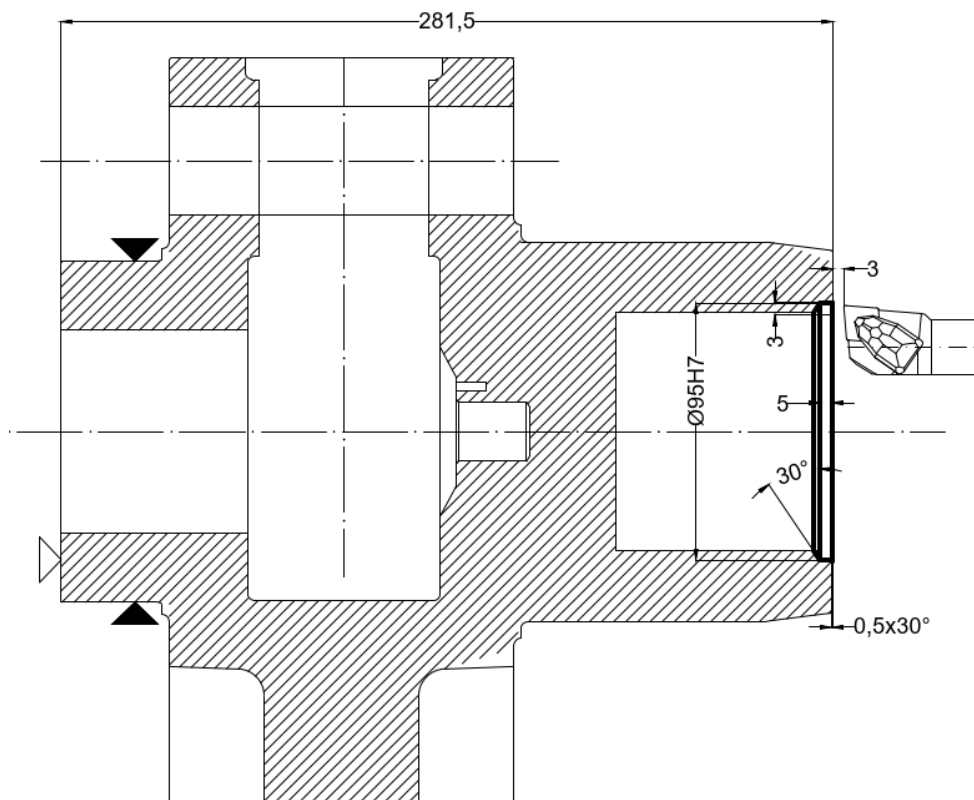
Show detail

Knowledge

Slika 37 Prikaz izbora alata i režima rada



### Zahvat 11: Završno tokariti Ø95 H7



Slika 38 Skica zahvata 11, operacija 20

#### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: T – Max P DCLNR 2020K 12

Pločica: CNMG 12 04 08-XM 4425

#### REŽIMI RADA:

##### Fina obrada:

- Za kut namještanja 95°

Posmak:  $s = 0,11 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 0,15 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 425 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n_1 = \frac{425 \cdot 1000}{95 \cdot \pi} = 1420 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 5 + 3$$

$$l = 11 \text{ mm}$$

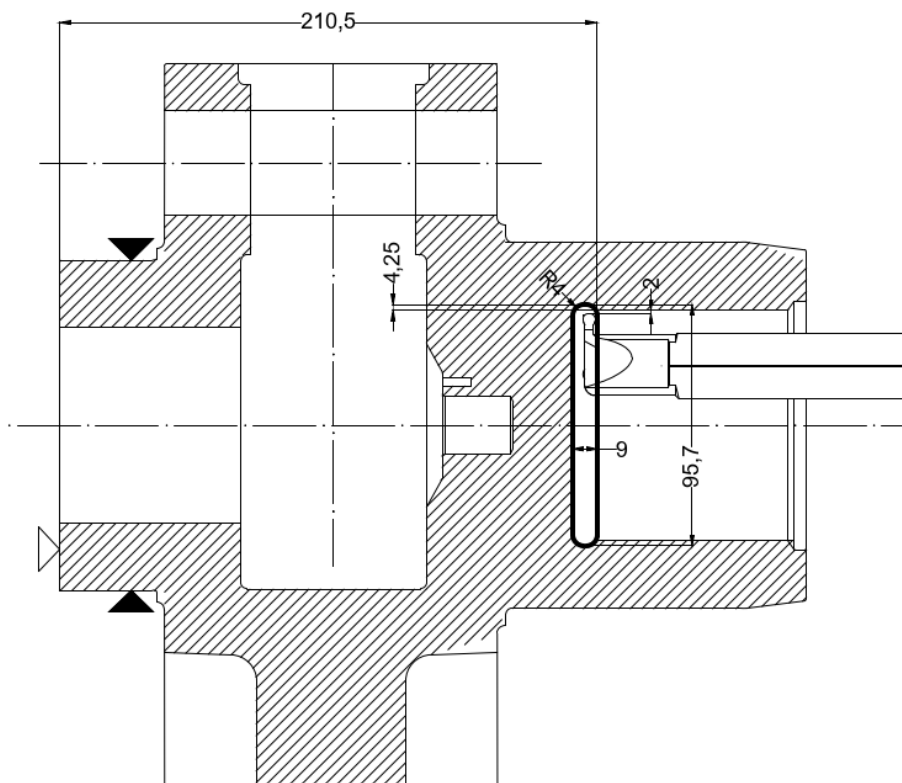
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 11}{0,11 \cdot 1420} = 0,07 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

## Zahvat 12: Urezati utor



Slika 39 Skica zahvata 12, operacija 20

### ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: CoroCut 1-2 RAG123H07-25B

Pločica: CoroCut 1-2 N123H2-Q475-R0 1125

### REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,403$  mm/okr

Dubina rezanja:  $a = 1,2$  mm

Broj prolaza:  $i = 4$

Brzina rezanja:  $v = 129$  m/min

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n_1 = \frac{125 \cdot 1000}{95,7 \cdot \pi} = 420 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 4,25$$

$$l = 7,25 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{4 \cdot 7,25}{0,403 \cdot 420} = 0,17 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

The image shows a software interface for tool selection and cutting data. It is divided into three main sections: INTERNAL GROOVE, TURNING INTERNAL NON-LINEAR / INDEXABLE, and CUTTING DATA.

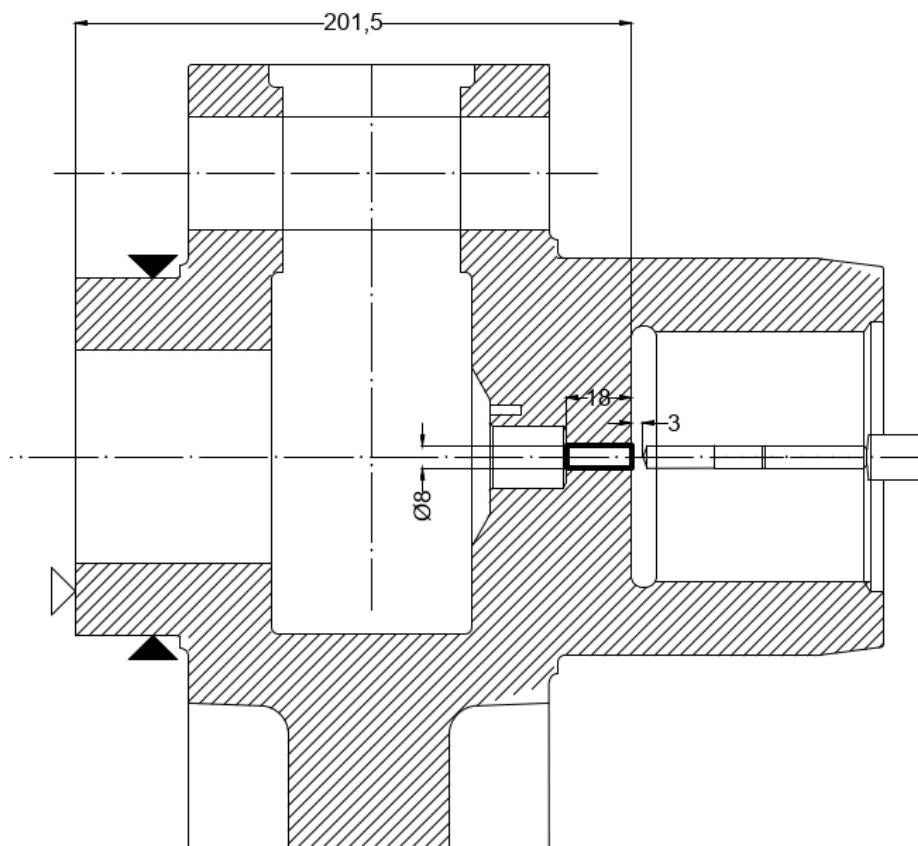
**INTERNAL GROOVE:** This section shows a 3D model of a lathe chuck and a tool. The tool is labeled 'P' and has properties: 175 HB, P2.1 Z.AN, Low-alloy steel. Below the model, it specifies 'Lathe 02 - Small (s6" chuck)' and '11 kW, 6000 1/min'. A list of parameters is shown with input fields: Machined diameter start (87 mm), Machined diameter end (95,5 mm), Machined width (9 mm), General depth parameter (80 mm), Cutting width, Minimum cutting width, and Maximum cutting width.

**TURNING INTERNAL NON-LINEAR / INDEXABLE:** This section shows a 3D model of a tool. The tool is labeled 'CoroCut 1-2' and has properties: RAG123H07-25B (Tool) and N123H2-0475-RO 1125 (Insert). Below the model, it specifies 'Cylindrical shank without clamping features (without flange) -metric: 25.0'. A table shows tool life and machining time: Tool life count (75.7 Grooves), Machining time (00:11.880 min:s). There are buttons for 'Save for later' and 'Build tool assembly'.

**CUTTING DATA:** This section shows a 3D model of a lathe chuck and a tool. It displays cutting data for a single step (STEP 1) under the heading 'PREMACHINING (NON-LINEAR)'. The data includes: Cutting speed (129 m/min), Maximum chip thickness (0.35 mm), Depth of cut (1.2 mm), Feed per revolution (0.403 mm). Below this, it shows CO<sub>2</sub> EMISSIONS: Carbon dioxide emission per component (9.07 g), Work per component (0.0227 kWh). There is a 'Show detail' button and a 'Knowledge' link.

Slika 40 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 13:** Bušiti provrt Ø8 mm



*Slika 41 Skica zahvata 13, operacija 20*

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Svrđlo: CoroDrill 860.1-0800-025A0-GM

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 0,22 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 18 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 101 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n_1 = \frac{101 \cdot 1000}{8 \cdot \pi} = 4020 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 18$$

$$l = 21 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 21}{0,22 \cdot 4020} = 0,02 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

HOLE IN ROTATION COMPONENT



178 HB  
P2 1.2AN  
Low-alloy steel

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)  
26 kW, 4000 1/min

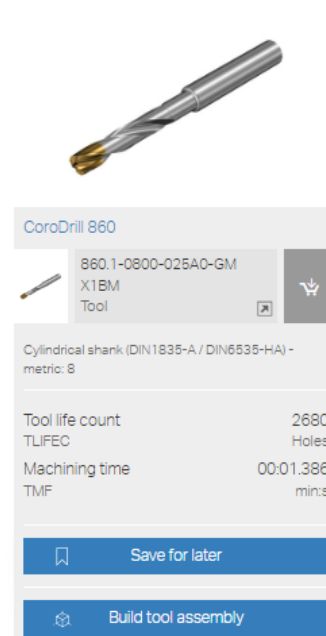
Good conditions

Machined diameter  
DM 8 mm

Depth of machining feature  
DEPTH/IF 18 mm

More ...

DRILLING WITH SYMMETRICAL POINT / SOLID



CoroDrill 860

860.1-0800-025A0-GM  
X1BM  
Tool

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) - metric: 8


Tool life count  
TLIFEC 2680 Holes

Machining time  
TMF 00:01.386 min:s

Save for later

Build tool assembly

CUTTING DATA



STEPS 1

DRILLING WITH A SYMMETRICAL POINT

Cutting speed  
VC 101 m/min

Feed per revolution  
FN 0.22 mm

Feed speed at tool center  
VF 880 mm/min

CO<sub>2</sub> EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component  
CPC 1.54 g

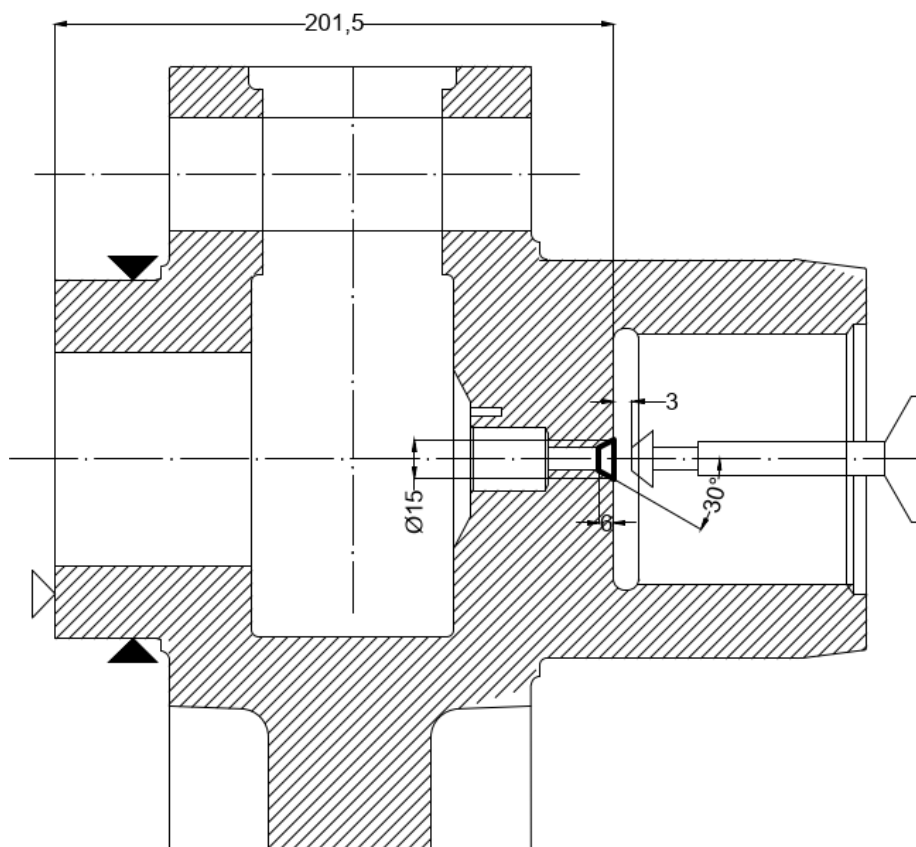
Work per component  
WPC 0.00384 kWh

Show detail

Knowledge

Slika 42 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 14:** Upustiti provrt Ø8 mm



*Slika 43 Skica zahvata 14, operacija 20*

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držać alata: Sandvik CoroChuck 930-I40-P-08-088

Upuštač: WNT SE.N.25,00.60°.C.WN

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 0,3 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 6 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 1$

Brzina rezanja:  $v = 80 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n_1 = \frac{80 \cdot 1000}{15 \cdot \pi} = 1700 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l = 3 + 6$$

$$l = 9 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

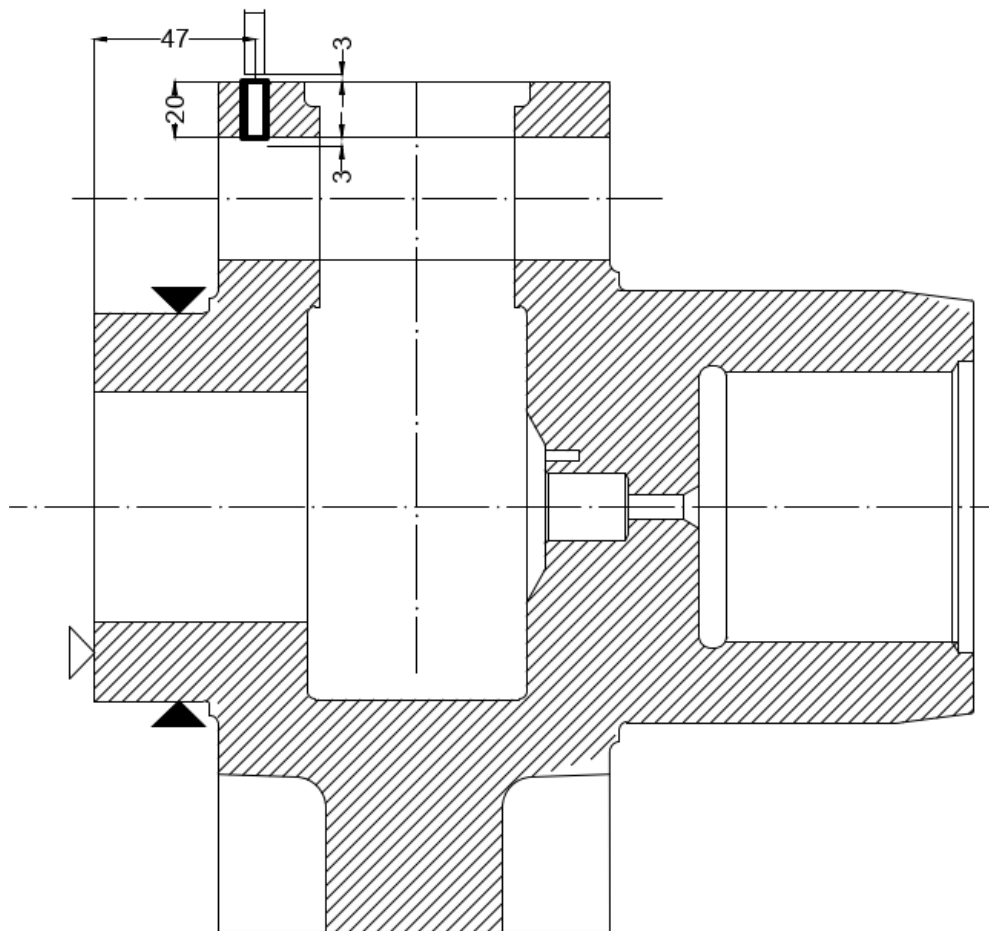
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 9}{0,3 \cdot 1700} = 0,02 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



**Zahvat 15:** Bušiti provrt 3 x Ø6,7 mm



*Slika 44 Skica zahvata 16, operacija 20*

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: Sandvik CoroChuck 930-140-P-08-088

Svrđlo: Sandvik Corodril 460.1-0670-034A0-XM GC34

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 0,2 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 20 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 3$

Brzina rezanja:  $v = 100 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{100 \cdot 1000}{6,7 \cdot \pi} = 4800 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 20 + 3$$

$$l = 26 \text{ mm}$$

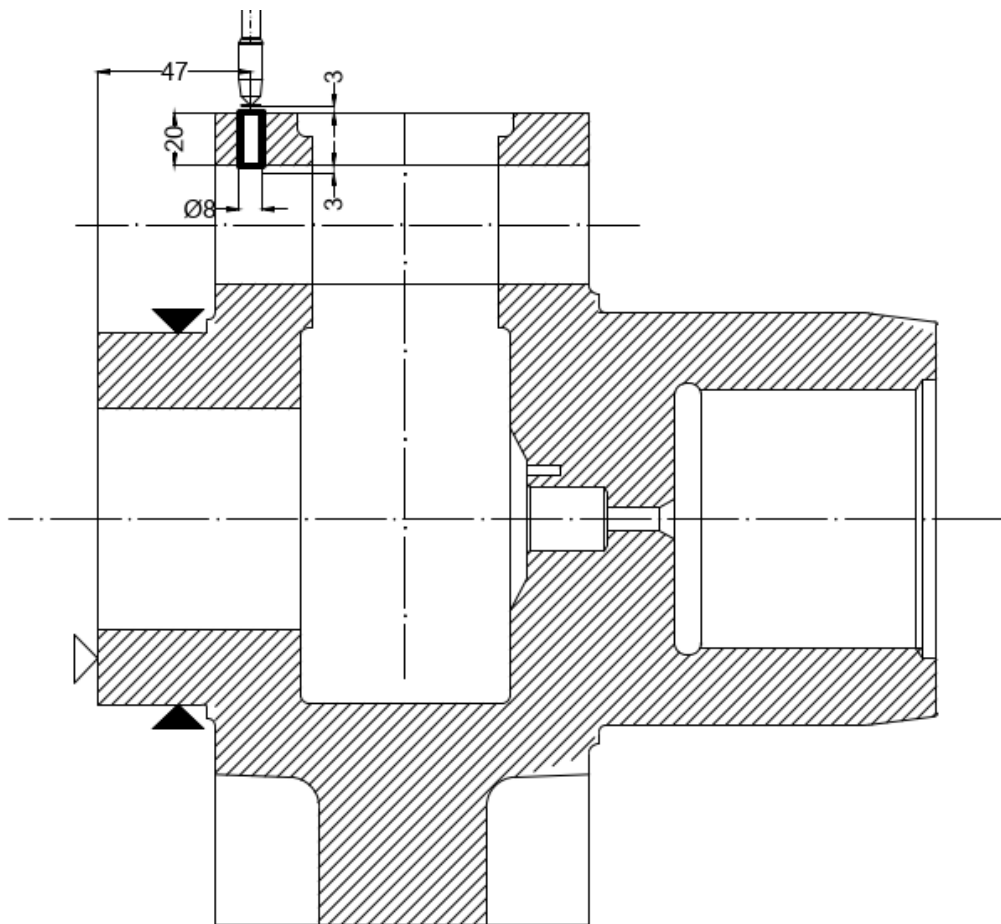
Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{3 \cdot 26}{0,2 \cdot 4800} = 0,08 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 16:** Urezati navoj 3 x M8



*Slika 45 Skica zahvata 16, operacija 20*

**ALAT:**

Navojno svrdlo: CoroTap200 T200-PM101JA-M8 P1PM

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 1,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 20 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 3$

Brzina rezanja:  $v = 35,9 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{35,9 \cdot 1000}{8 \cdot \pi} = 1430 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 20 + 3$$

$$l = 26 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{3 \cdot 26}{1,25 \cdot 1430} = 0,04 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

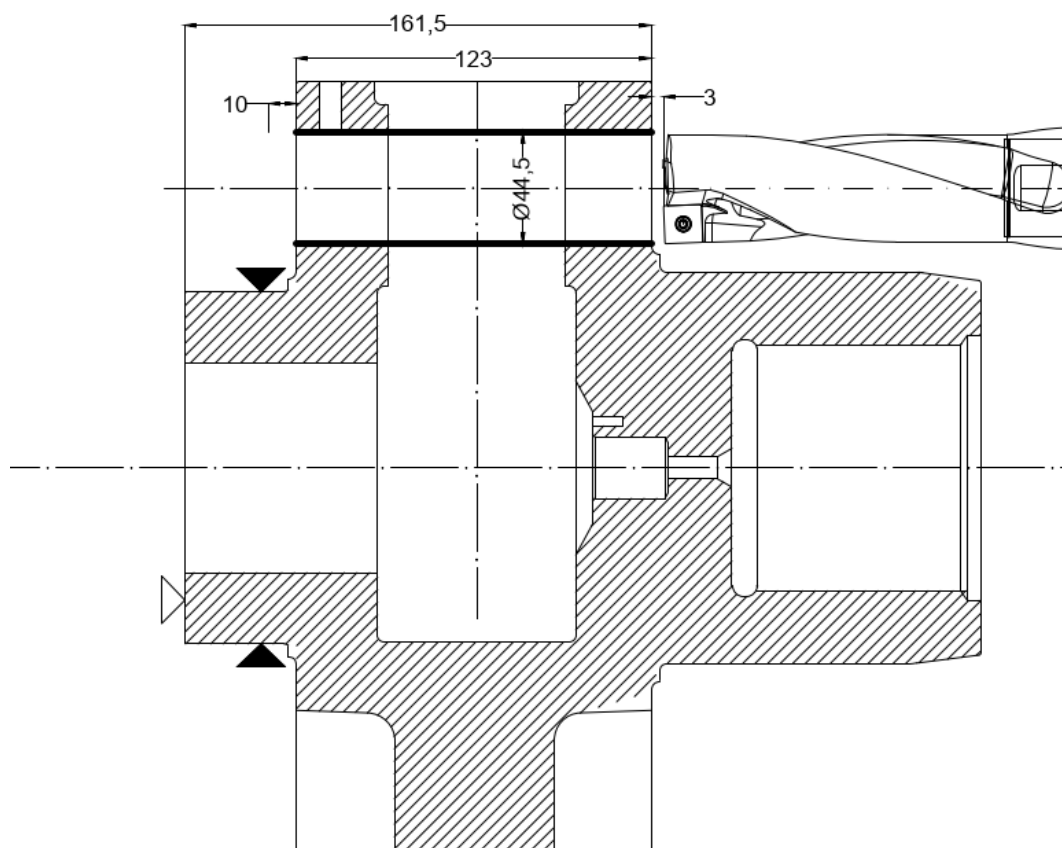
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

The screenshot displays three panels related to a thread-cutting operation:

- THREAD IN THROUGH HOLE:** Shows a 3D model of a threaded hole and material properties: 175 HB, P2.1.Z.AN, Low-alloy steel. Machine specifications include 200 kW power and 10000/500000 1/min speeds. Threading length (THL) is set to 20 mm, and thread hand (THDH) is Right.
- THREAD CUTTING WITH TAP / SOLID:** Shows a 3D model of a tap tool. Tool details include CoroTap 200, T200-PM101JA-M8 P1PM, and a shank size of 6.20 x 5.00. Performance metrics show a tool life of 6940 threads and a machining time of 00:02.844 min:s.
- CUTTING DATA:** Lists cutting parameters: Cutting speed (VC) at 35.9 m/min, Feed per revolution (FN) at 1.25 mm. It also shows CO<sub>2</sub> emissions: 8.46 g Carbon dioxide emission per component (CPC) and 0.0211 kWh Work per component (WPC).

Slika 46 Prikaz izbora alata i režima rada

**Zahvat 17:** Proširiti 6 provrta  $\text{Ø}40 \rightarrow \text{Ø}44,5 \text{ mm}$



*Slika 47 Skica zahvata 17, operacija 20*

Proširenjem provrta  $\text{Ø}40 \text{ mm}$  na  $\text{Ø}44,5 \text{ mm}$  priprema se za finu obradu na zadanu toleranciju  $\text{Ø}45 \text{ H7}$  u sljedećem zahvatu. U ovom zahvatu koristit će se dodatni nastavak (adapter) za alat kako bi se obrada oba koncentrična provrta mogla izvršiti u jednom prolazu.

**ALAT:**

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Držač alata: Corodrill 880-D4500L-40-03

Pločica: 880-08 05 W12H-P-GR 4334

**REŽIMI RADA:**

Posmak:  $s = 0,24 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 123 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 3$

Brzina rezanja:  $v = 201 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$
$$n = \frac{201 \cdot 1000}{44,4 \cdot \pi} = 1440 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 123 + 10$$

$$l = 136 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{3 \cdot 136}{0,24 \cdot 1440} = 1,2 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

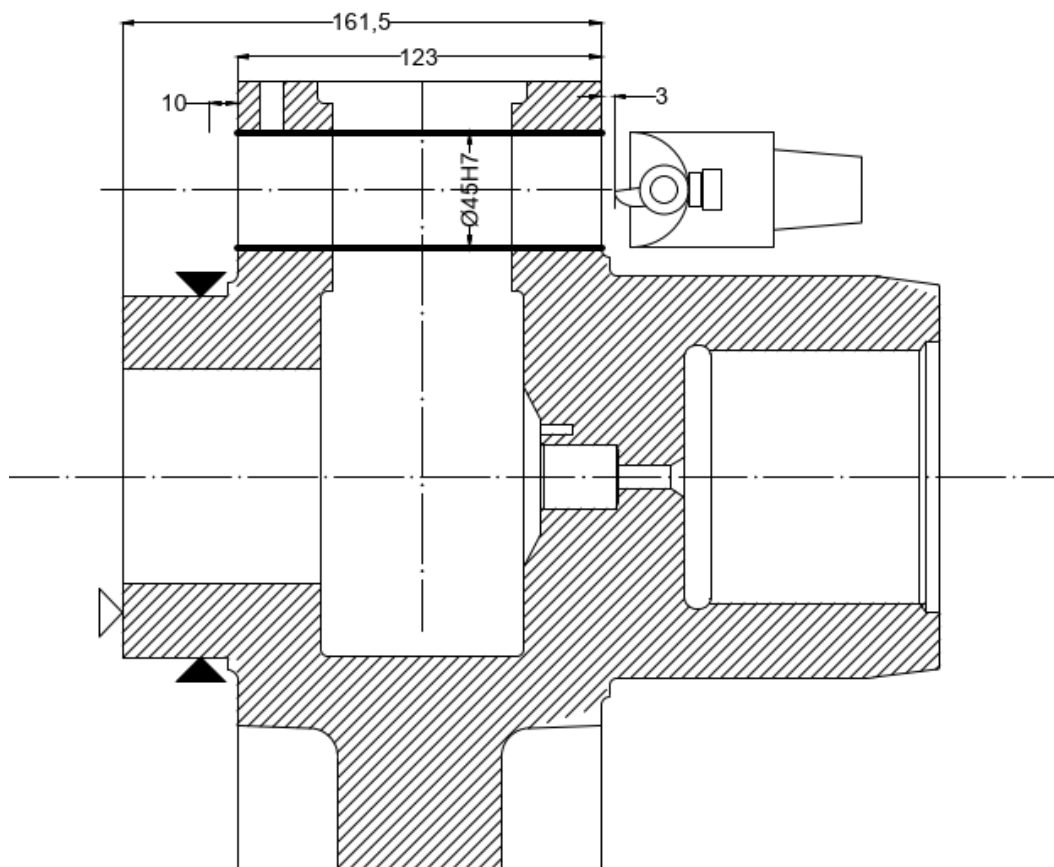
## Zahvat 18: Glodati 6 provrta Ø45H7 mm

Na slici 48 vidljivi su parametri koje unosimo poput vrste obrade, promjera i dubine provrta te tolerancije. Korišteno glodalo ima mogućnost podešavanja, ali je namijenjeno završnoj obradi.

Također će se pri obradi koristiti adapter kako bi se obrada mogla odviti u jednom zahvatu.

Working conditions	Workpiece surface condition code	Cutting condition code	Stability of fixturing
Machining process demand MACHPD	Pre-machined	Continuous cut	Good stability
Through hole function property HOLE FUNCTION PROPERTY	Finishing		
Allowance depth of cut ALLOW			
Machined diameter end DME	45 mm		
Depth of machining feature DEPTHMF	130 mm		
Depth of feature DEPTHF	135 mm		
Achievable hole tolerance TCHA	H7		
Upper diameter tolerance DTOLU	0.025 mm		
Lower diameter tolerance DTOLL	0 mm		

Slika 48 Parametri za postizanje mjere Ø45H7



Slika 49 Skica zahvata 18, operacija 20

## ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata

Glodalo: Sandvik Corobore 825-56TC09-C4

Pločica: Sandvik TCMT 09 02 04-KF 3210

Adapter: Sandvik C4-391.01-40-080A

## REŽIMI RADA:

Posmak:  $s = 0,0928 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja:  $a = 123 \text{ mm}$

Broj prolaza:  $i = 3$

Brzina rezanja:  $v = 245 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{245 \cdot 1000}{45 \cdot \pi} = 1750 \text{ min}^{-1}$$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 3 + 123 + 10$$

$$l = 136 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{3 \cdot 136}{0,0928 \cdot 1750} = 2,51 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 19:** Otpustiti i odložiti izradak

Ručno vrijeme  $t_r$ : 0,5 min



**Zahvat 20:** Odraditi kontrolu dimenzija

Kontrolirati svaki deseti izradak.

Alat: pomično mjerilo „Mahr Marcal 16 ER (0-150 mm)“

- Duljina  $121,5 \pm 0,1$  mm
- Promjer  $\varnothing 120,3$  mm
- Promjer  $\varnothing 130,3$  mm
- Promjer  $\varnothing 129,8$  mm

Alat: granični kontrolni trn „Hoffmann Group Gutchrom H7 95“

- Promjer  $\varnothing 95$  H7 mm

Alat: granični kontrolni trn „Hoffmann Group Gutchrom H7 45“

- Promjer  $\varnothing 45$  H7 mm

Alat: standardni vijak M4

- Navoj M4

Alat: standardni vijak M8

- Navoj M8

Alat: navojni čep „M22x1,5-6H, Go/NoGo KINEX“

- Navoj M22x1,5

Ukupno strojno vrijeme operacije 20:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp}$$

$$\begin{aligned} \sum t_{sr} &= 0,11 + 0,39 + 0,8 + 0,5 + 0,3 + 0,58 + 0,7 + 0,2 + 0,09 + 0,07 + 0,17 + 0,02 \\ &+ 0,02 + 0,08 + 0,04 + 1,2 + 2,51 = 7,78 \text{ min} \end{aligned}$$

$$\sum t_{sp} = 0,1 \cdot 13 = 1,3 \text{ min}$$

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 7,78 + 1,3 = 9,08 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme operacije 20:

$$t_r = \sum t_r$$

$$t_r = 0,43 + 0,5 = 0,93 \text{ min}$$

Vrijeme izrade operacije 20:

$$t_i = t_s + t_r = 9,08 + 0,93 \approx 10 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme operacije 20:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot 0,2 = 2 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 20:

$$t_o = t_i + t_d = 10 + 2 = 12 \text{ min}$$

#### 5.4. Operacija 30 – izrada unutarnjeg ozubljenja

Stroj: CNC odvalna dubilica „Bourn & Koch 1000 VBG“

Pripremno završno vrijeme  $t_{pz} = 30$  min



*Slika 50 CNC odvalna dubilica „Bourn & Koch 1000 VBG“ [3]*

Tehničke karakteristike stroja [3]:

- maksimalna posmična brzina: 1250 mm/min
- raspon broja prolaza: 10 – 200 prolaza/min
- maksimalni promjer obratka: 1000 mm
- maksimalna visina obratka: 450 mm
- modul: do 8,5 mm
- hod Z – osi: 700 mm
- maksimalna masa obratka: 1995 kg
- masa stroja: 16400 kg

Izrada unutarnjeg ozubljenja u današnjoj industriji se uglavnom bazira na *Fellows* postupku. Alat (nož) ima oblik protuzupčanika, odnosno, uzubine koju treba izraditi. Bokovi protuzupčanika su podsječeni na način da predstavljaju oštrice noža. Alat se kreće stalno vertikalno gore i dolje i istodobno se postepeno okreće, dubeci uzubine punog tijela zupčanikakoji se također postepeno okreće (kao da je zupčanik već izrađen i spregnut s nožem u obliku zupčanika). Nož skida strugotinu samo pri gibanju prema dolje.

**Zahvat 1:** Podignuti i stegnuti izradak

Alat: stezna glava „Hainbuch B – Top“ s mekim čeljustima Ručno vrijeme:

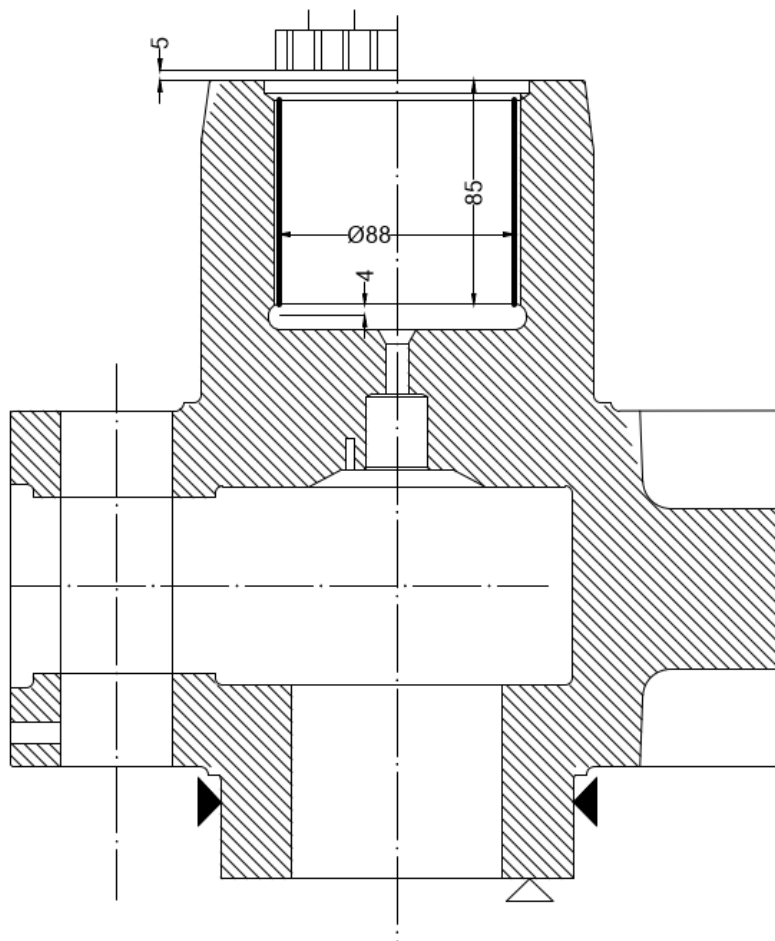
- uzimanje (podizanje) komada: 0,3 min
  - stezanje u steznu glavu: 0,3 min
- 

Ukupno ručno vrijeme:

$$t_r = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ min}$$

**Zahvat 2:** Izraditi unutarnje ozubljenje

ALAT: Nož za dubljenje u obliku protuzupčanika



*Slika 51 Skica zahvata 2, operacija 30*

REŽIMI RADA:

brzina rezanja:	$v_c = 20 \text{ m/min}$
posmak odvaljivanja po dvostrukom hodu:	$s_o = 0.15 \text{ mm}$
širina obrađivanog zupčanika:	$B_o = 75 \text{ mm}$
modul ozubljenja:	$m = 4 \text{ mm}$
broj zubi ozubljenja obratka:	$z = 22$ , visina zuba: $h = 8.5 \text{ mm}$
broj prolaza:	$i = 4$

Duljina obrade :

$$L = l_u + l + l_i = 5 + 85 + 4$$

$$l = 94 \text{ mm}$$

Broj dvostrukih hodova alata  $n_{dh}$ :

$$n_{dh} = \frac{1000 \cdot v_c}{2 \cdot L} = \frac{1000 \cdot 20}{2 \cdot 94} = 107 \text{ min}^{-1}$$

Radijalni posmak po dvostrukom hodu  $s_r$ :

$$s_r = (0,15 \dots 0,20) \cdot s_0 = 0,2 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{1}{n_{dh}} \cdot \left( \frac{h}{s_r} + \frac{\pi \cdot m \cdot z}{s_0} \right) = \frac{1}{107} \cdot \left( \frac{8,5}{0,03} + \frac{\pi \cdot 4 \cdot 22}{0,15} \right) = 19,87 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 3:** Otpustiti i odložiti izradak

Ručno vrijeme  $t_r$ : 0,3 min

**Zahvat 4:** Odraditi kontrolu ozubljenja

Kontrolirati svaki 10. izradak

Alat: mikrometar za mjerenje unutarnjeg ozubljenja: „Diatest MK – ZM7“

Ručno vrijeme:

$$t_r = \frac{1}{10} \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme operacije 30:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp}$$

$$t_{sr} = 19,87 \text{ min}$$

$$t_s = 0,1 \text{ min}$$

$$t_s = 19,87 + 0,1 = 19,97 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme operacije 30:

$$t_r = \sum t_r$$

$$t_r = 0,6 + 0,3 + 1 = 1,9 \text{ min}$$

Vrijeme izrade operacije 30:

$$t_i = t_s + t_r = 19,97 + 1,9 = 21,87 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme operacije 30:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot 0,2 = 4,4 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 30:

$$t_o = t_i + t_d = 21,87 + 4,4 = 26,27 \text{ min}$$

## 5.5. Operacija 40 – indukcijsko kaljenje zadane površine

Stroj: Stroj za indukcijsko kaljenje: „ELDEC MIND XL 1500“



*Slika 52 Stroj za indukcijsko kaljenje: „ELDEC MIND XL 1500“ [4]*

Tehničke karakteristike stroja [4]:

Maksimalni promjer obratka:	600 mm
Maksimalna duljina obratka:	1300 mm
Maksimalna masa obratka:	200 kg
Posmična brzina X/Y/Z:	100/300/1500 mm/min
Generator:	225 kW
Frekvencija:	30-200 kHz



**Zahvat 1:** Podići i staviti izradak u stroj

Ručno vrijeme:

- uzimanje (podizanje) komada: 0,3 min
- namještanje komada u peći: 0,3 min

Ukupno ručno vrijeme:

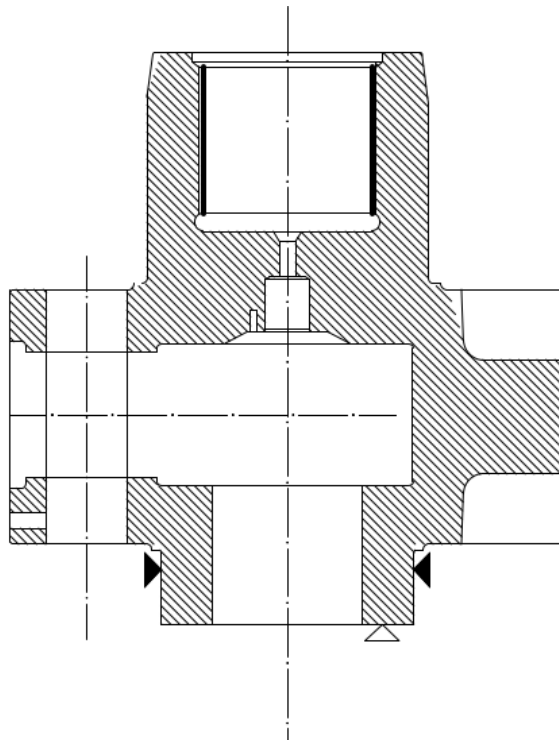
$$t_r = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ min}$$

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

**Zahvat 2:** Kaliti unutarnje ozubljenje

Alat: induktor

Vrijeme kaljenja ozubljenja  $t_k$ : 1 min

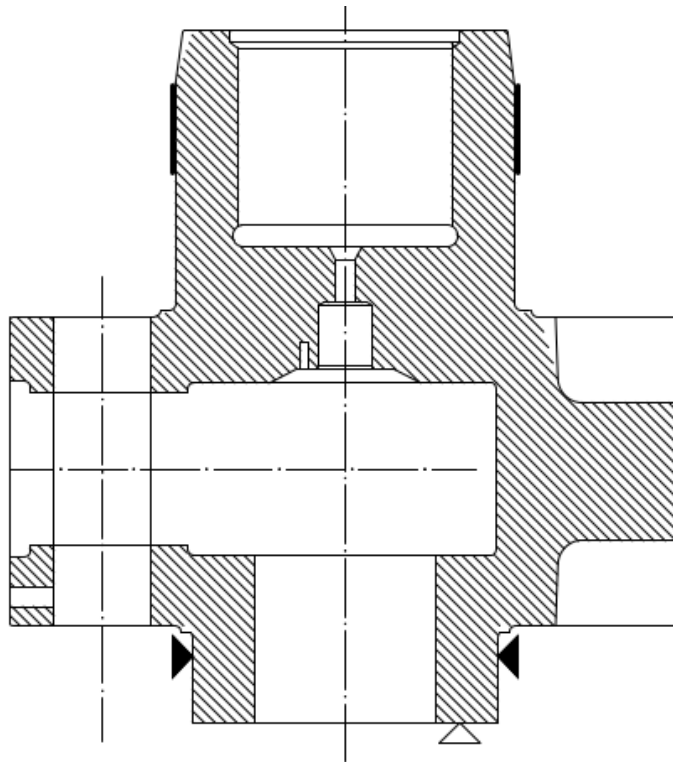


*Slika 53 Skica zahvata 2, operacija 40*

**Zahvat 3:** Kaliti zadane površine

Alat: induktor

Vrijeme kaljenja zadane površine  $t_k$ : 1 min



*Slika 54 Skica zahvata 3, operacija 40*

**Zahvat 4:** Izvaditi izradak i odložiti

Ručno vrijeme  $t_r$ : 0,5 min

**Zahvat 5:** Odraditi kontrolu tvrdoće

Kontrolirati svaki 10. izradak

Alat: uređaj za mjerenje tvrdoće po Rockwellu

Ručno vrijeme:

$$t_r = \frac{1}{10} \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme operacije 40:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp}$$

$$t_{sr} = 1 + 1 = 2 \text{ min}$$

$$t_s = 0,1 \text{ min}$$

$$t_s = 2 + 0,1 = 2,1 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme operacije 40:

$$t_r = \sum t_r$$

$$t_r = 0,6 + 0,5 + 1 = 2,1 \text{ min}$$

Vrijeme izrade operacije 40:

$$t_i = t_s + t_r = 2,1 + 2,1 = 4,2 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme operacije 40:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot 0,2 = 0,84 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 40:

$$t_o = t_i + t_d = 4,2 + 0,84 = 5,04 \text{ min}$$

## 5.6. Operacija 50 – brušenje (strana B)

Stroj: brusilica „Studer S30“

Pripremno završno vrijeme  $t_{pz} = 30 \text{ min}$



*Slika 55 Brusilica „Studer S30“ [5]*

Tehničke karakteristike stroja [5]:

snaga glavnog vretena:	6 kW
maksimalan broj okretaja:	2110 min <sup>-1</sup>
maksimalan promjer brusnog kola:	500 mm
maksimalna širina brusnog kola:	80 mm
maksimalni promjer obratka:	Ø449 mm
maksimalna duljina obratka:	650 mm
maksimalna masa obratka:	130 kg
brzina hoda X/Z:	6/5000 mm/min

**Zahvat 1:** Podići i stegnuti izradak

Alat: stezna glava „Hainbuch B – Top“ s mekim čeljustima

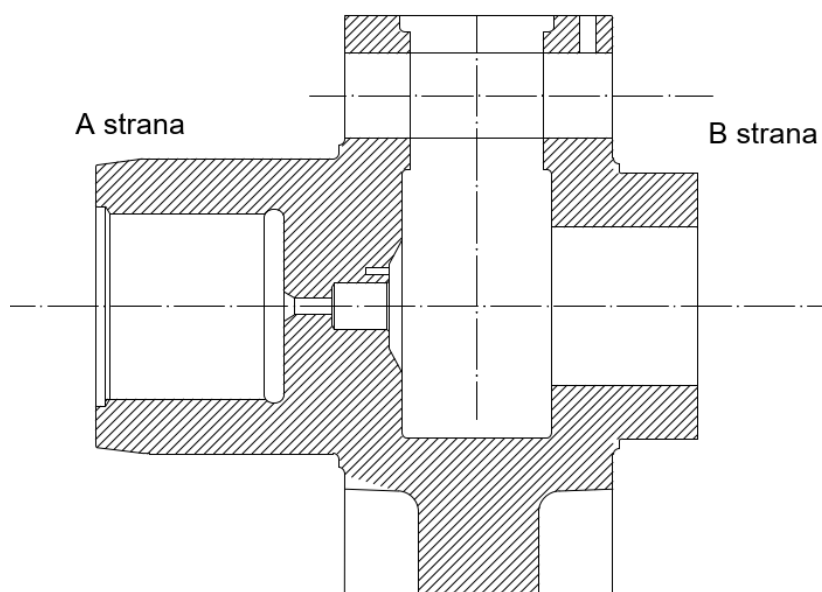
Ručno vrijeme:

- uzimanje (podizanje) komada: 0,3 min
- stezanje u steznu glavu: 0,3 min

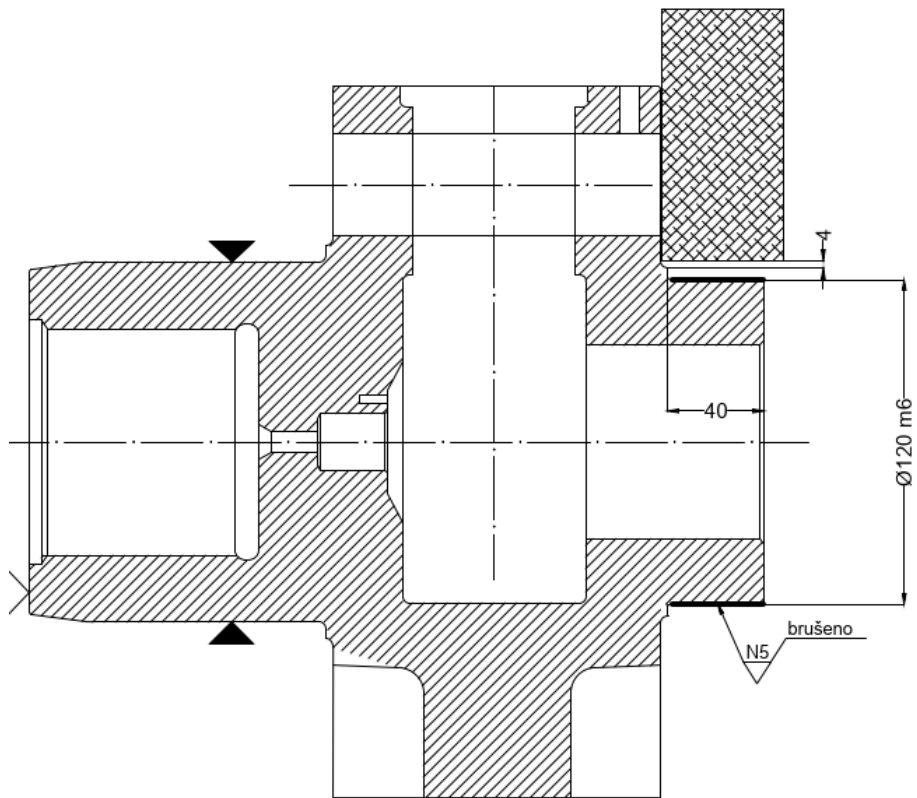
Ukupno ručno vrijeme: 0,6 min

**Zahvat 2:** Brusiti konstrukcijske baze B i oslonac za ležaj na konačne dimenzije

Alat: brusno kolo 200x20x50,8 „Winterthur 3M 95A 180L6V601W“



*Slika 56 Skica presjeka vratila reduktora sa označenim stranama*



Slika 57 Skica zahvata 2, operacija 50

Pretpostavlja se da se radi o vanjskom okruglom poprečnom brušenju prilikom kojeg brusno kolo nema aksijalnog pomaka.

#### REŽIMI OBRADE:

obodna brzina brusnog kola $v_b$ :	20 m/s = 1200 m/min
obodna brzina obratka $v_o$ :	15 m/min
dubina rezanja $a_p$ :	0,15 mm
posmak $s_r$ :	0,005 mm/okr
broj prolaza $i$ :	1

Broj okretaja brusnog kola  $n_b$ :

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n_b = \frac{1200 \cdot 1000}{200 \cdot \pi} = 1910 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja izratka  $n_o$ :

$$n_o = \frac{15 \cdot 1000}{120 \cdot \pi} = 40 \text{ min}^{-1}$$

Strojno radno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{a_p}{s \cdot n_o} = \frac{0,15}{0,005 \cdot 40} = 0,75 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 3:** Otpustiti i odložiti izradak

Ručno vrijeme  $t_r$ : 0,5 min

**Zahvat 4:** Odraditi kontrolu dimenzija

Kontrolirati svaki 10. izradak

Alat: mikrometar „Mahr MICROMAR 40 W (100-200mm)“

- Promjer  $\varnothing 120 \text{ m6 mm}$

Ručno vrijeme  $t_r$ :

$$t_r = \frac{0,5}{10} \text{ min}$$



Ukupno strojno vrijeme operacije 50:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp}$$

$$t_{sr} = 0,75 \text{ min}$$

$$t_s = 0,1 \text{ min}$$

$$t_s = 0,75 + 0,1 = 0,85 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme operacije 50:

$$t_r = \sum t_r$$

$$t_r = 0,6 + 0,5 + 0,5 = 1,6 \text{ min}$$

Vrijeme izrade operacije 50:

$$t_i = t_s + t_r = 0,85 + 1,6 = 2,45 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme operacije 50:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot 0,2 = 0,49 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 50:

$$t_o = t_i + t_d = 2,45 + 0,49 = 2,94 \text{ min}$$

## 5.7. Operacija 60 – brušenje (strana A)

Stroj: brusilica „Studer S30“

Pripremno završno vrijeme  $t_{pz} = 30$  min

**Zahvat 1:** Podići i stegnuti izradak

Alat: stezna glava „Hainbuch B – Top“ s mekim čeljustima

Ručno vrijeme:

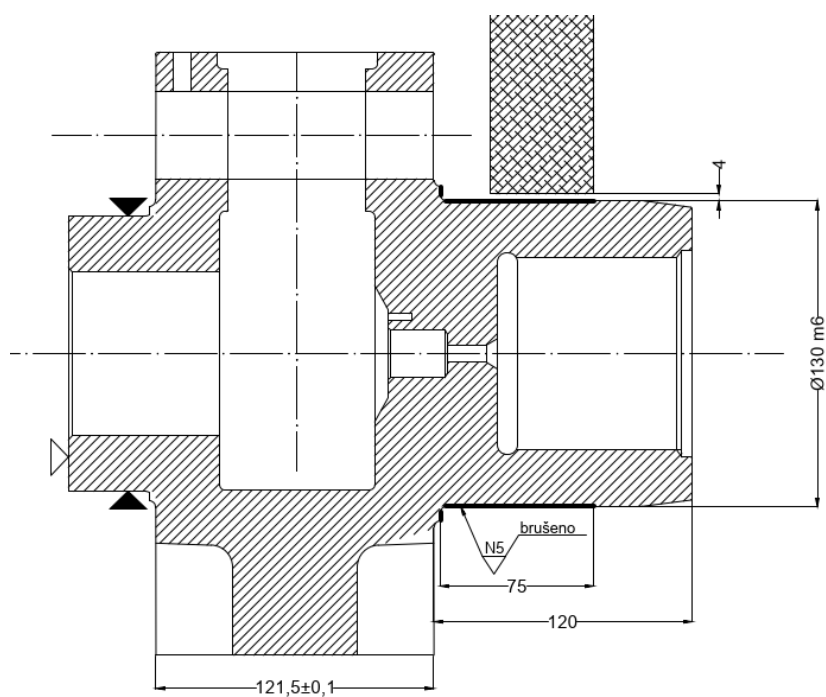
- uzimanje (podizanje) komada: 0,3 min
- stezanje u steznu glavu: 0,3 min

---

Ukupno ručno vrijeme: 0,6 min

**Zahvat 2:** Brusiti konstrukcijske baze A i oslonac za ležaj na konačne dimenzije

Alat: brusno kolo 200x20x50,8 „Winterthur 3M 95A 180L6V601W“



Slika 58 Skica zahvata 2, operacija 60

## REŽIMI OBRADE:

obodna brzina brusnog kola $v_b$ :	20 m/s = 1200 m/min
obodna brzina obratka $v_o$ :	15 m/min
dubina rezanja $a_p$ :	0,15 mm
posmak $s_r$ :	0,005 mm/okr
Širina brusnog kola $B$ :	50,8 mm
Broj prolaza $i$ :	2

Uzdužni posmak  $s_u$ :

$$s_u = \frac{1}{8} \cdot B = 6,35 \text{ mm/okr}$$

Broj okretaja brusnog kola  $n_b$ :

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$
$$n_b = \frac{1200 \cdot 1000}{200 \cdot \pi} = 1910 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja izratka  $n_o$ :

$$n_o = \frac{15 \cdot 1000}{130 \cdot \pi} = 37 \text{ min}^{-1}$$

Strojno radno vrijeme:

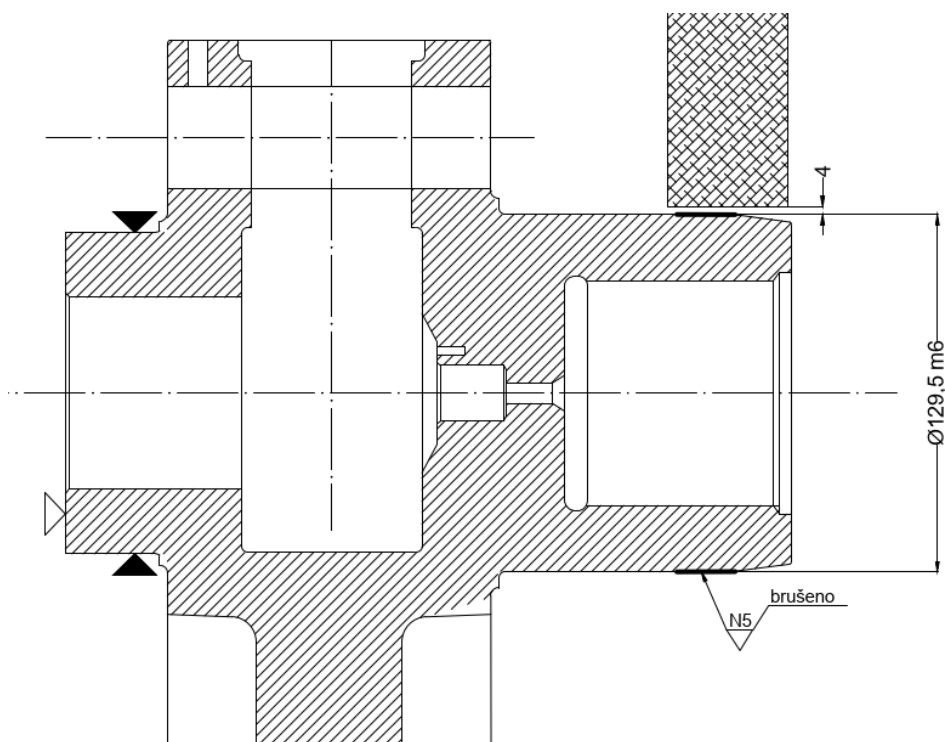
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s_u \cdot n_o} = \frac{2 \cdot 75}{6,35 \cdot 37} = 0,63 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 3:** Brusiti zadane površine bez uzdužnog posmaka

Alat: brusno kolo 200x20x50.8 „Winterthur 3M 95A 180L6V601W“



*Slika 59 Skica zahvata 3, operacija 60*

**REŽIMI OBRADE:**

obodna brzina brusnog kola $v_b$ :	20 m/s = 1200 m/min
obodna brzina obratka $v_o$ :	15 m/min
dubina rezanja $a_p$ :	0,15 mm
posmak $s_r$ :	0,005 mm/okr
broj prolaza $i$ :	2

Broj okretaja brusnog kola  $n_b$ :

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

$$n_b = \frac{1200 \cdot 1000}{200 \cdot \pi} = 1910 \text{ min}^{-1}$$

Broj okretaja izratka  $n_o$ :

$$n_o = \frac{15 \cdot 1000}{129,5 \cdot \pi} = 37 \text{ min}^{-1}$$

Strojno radno vrijeme:

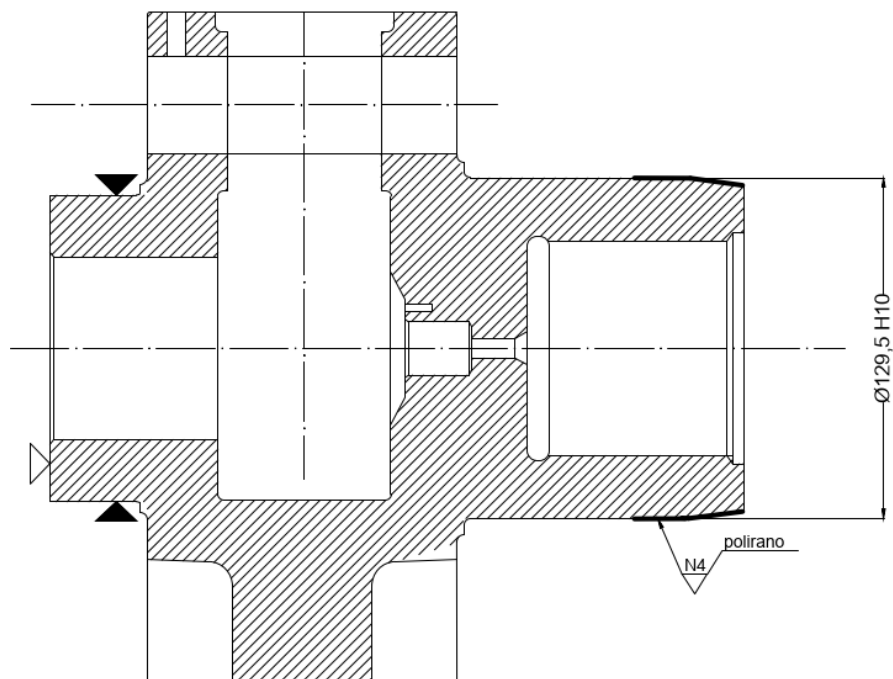
$$t_{sr} = 2 \cdot \frac{a_p}{s_r \cdot n_o} = \frac{2 \cdot 0,15}{0,005 \cdot 37} = 1,62 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

**Zahvat 4:** Ručno ispolirati

Alat: mikrofiber krpa i pasta za poliranje



*Slika 60 Skica zahvata 4, operacija 60*

Procijenjeno ručno vrijeme  $t_r$ : 1 min

**Zahvat 5:** Otpustiti i odložiti izradak

Ručno vrijeme  $t_r$ : 0,5 min

**Zahvat 6:** Odraditi kontrolu dimenzija

Kontrolirati svaki 10. izradak

Alat: mikrometar „Mahr MICROMAR 40 W (100-200mm)“

- Promjer  $\varnothing 130$  m6 mm
- Promjer  $\varnothing 129,5$  h10 mm

Ukupno ručno vrijeme kontrole dimenzija  $t_r$ :

$$t_r = \frac{1}{10} \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme operacije 60:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp}$$

$$t_{sr} = 0,63 + 1,62 = 2,25 \text{ min}$$

$$t_s = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ min}$$

$$t_s = 2,25 + 0,2 = 2,45 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme operacije 60:

$$t_r = \sum t_r$$

$$t_r = 0,6 + 1 + 0,5 + 1 = 3,1 \text{ min}$$

Vrijeme izrade operacije 60:

$$t_i = t_s + t_r = 2,45 + 3,1 = 5,66 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme operacije 60:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot 0,2 = 1,1 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 60:

$$t_o = t_i + t_d = 5,66 + 1,1 = 6,76 \text{ min}$$

## 6. TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA

Popis alata

Popis strojeva

Popis operacija

Operacijski listovi



TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacрта:	
						List: 1	
						Listova: 4	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat		
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	
10	stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP - B1216D -M7-4425			
			Rezna pločica	Coroturn Prime 107 SCMT 12 04 12-PR-4425			
			Svrđlo	Sandvik CoroDrill 870-2030-20-PM-4334			
			Svrđlo	Sandvik CoroDrill 860.1-0330-017A1-GMX1BM			
			Navojno svrdlo	Sandvik CoroTap T300 - XM102AA-M4-C110			
			Navojno svrdlo	Iscar TPS MF-22X1.5-M			

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA	Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacrt:	List: 2
						Listova: 4
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat	
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka
20	stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP -B1216D -M7-4425		
			Rezna pločica	Coroturn Prime 107 SCMT 12 04 12-PR-4425		
			Rezna pločica	CNMG 12 04 08-XM 4425		
			Rezna pločica	CoroCut 1-2 N123H2- Q475-R0 1125		
			Svrdlo	Sandvik CoroDrill 860.1- 0800-025A0-GM		
			Upuštač	WNT SE.N,00.60° .C.WN		
			Svrdlo	Sandvik CoroChuck 930 -140-P-08-088		

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA			POPIS ALATA	Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA	Broj nacрта:	List: 3
						Listova: 4
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat	
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka
20			Navojno svrdlo	Sandvik CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM		
			Glodalo	Sandvik CoroDrill 880- D4500L-40-03		
			Glodalo	Sandvik CoroBore BR20- 56CC09F-C4		
					Pomično mjerilo	Mahr Marcal 16 ER (0-150 mm)
					Granični kontrolni trn	Hoffman Group Gutchrom H7 45
					Granični kontrolni trn	Hoffman Group Gutchrom H7 95
					Standardni vijak	M8
					Standardni vijak	M8
					Navojni čep	M22x1,5-6H, Go/NoGo KINEX

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS ALATA		Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA		Broj nacрта:	
						List: 4	
						Listova: 4	
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat		
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	
30	stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top					
			Protuzupčanik				
					Mikrometar	Diatest MK - ZM7	
50	stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top					
			Brusno kolo 200x20x50,8	Winterthur 3M 95A 180L6V601W			
					Mikrometar	Mahr MICROMAR 40 W (100-200 mm)	
60	stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top					
			Brusno kolo 200x20x50,8	Winterthur 3M 95A 180L6V601W			
					Mikrometar	Mahr MICROMAR 40 W (100-200mm)	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA	POPIS STROJEVA
Naziv stroja:	Tehničke karakteristike:
CNC tokarski obradni centar HAAS-ST-10	<p>Hod po X-osi: 406 mm  Hod po Z-osi: 851 mm  Stezna glava: 525 mm  Maksimalni promjer rezanja: 406 mm  Provrt vretena: 58 mm  Nosivost stola: 1361 kg  Maksimalna snaga: 15 KS  Broj okretaja: 6000 o/min  Dimenzije stroja: 343x160x217 cm  Maks. broj alata na revolveru: 12 kom</p>
CNC odvalna dubilica „Bourn & Koch 1000 VBG"	<p>Maks. posmična brzina: 1250 okr/min  Raspon broja prolaza: 10 - 200 prolaza7min  Maks. promjer obratka: 1000 mm  Maks. visina obratka: 450 mm  Modul: do 8,5 mm  Hod Z-osi: 700 mm  Maks. masa obratka: 1995 kg  Masa stroja: 16400 kg</p>
Stroj za indukcijsko kaljenje: ELDEC MIND XL 1500	<p>Maks. promjer obratka: 600 mm  Maks. duljina obratka: 1300 mm  Maks. masa obratka: 200 kg  Posmična brzina X/Y/Z: 100/300/1500 mm/min  Generator:225 kW</p>
Brusilica „Studer S30"	<p>Snaga glavnog vretena: 6 kW  Maks. broj okretaja: 2110 min<sup>-1</sup>  Maks. promjer brusnog kola: 500 mm  Maks. širina brusnog kola: 80 mm  Maks. promjer obratka: 449 mm</p>

Ulazni materijal			POPIS OPERACIJA	TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		
Oznaka: Č. 4732				Komada: 5000/god	List: 1	
	Površinska:		Listova: 1			
	Termička:					
	Oblik: ODLJEVAK		Naziv dijela: Vratilo reduktora			
	Dimenzije: Ø280x287,5 mm		Broj nacрта:			
Operacija	t <sub>pz</sub> [min]	t <sub>1</sub> [min/kom]	OPIS OPERACIJE			
Radionica						
Stroj						
10	45	7,36	Obraditi prema operacijskom listu broj 10			
Strojna obrada						
Tokarski obradni centar HAAS-ST-10						
20	45	12	Obraditi prema operacijskom listu broj 20			
Strojna obrada						
Tokarski obradni centar HAAS-ST-10						
30	30	22,85	Obraditi prema operacijskom listu broj 30			
Strojna obrada						
CNC odvalna dubilica „Bourn & Koch 1000 VBG“						
40	0	3,68	Obraditi prema operacijskom listu broj 40			
Strojna obrada						
Stroj za indukcijsko kaljenje: ELDEC MIND XL 1500						
50	30	2,82	Obraditi prema operacijskom listu broj 50			
Strojna obrada						
Brusilica „Studer S30“						
50	30	6,76	Obraditi prema operacijskom listu broj 60			
Strojna obrada						
Brusilica „Studer S30“						

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1							
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan	Naziv: CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10		Listova:	2								
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik: Odljevak	Oznaka: TOC 1	OPERACIJA:		10								
		Dimenzija: Ø 280x287,5 mm		Radiona: Strojna obrada												
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije				
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka					
1							0,43		Podignuti i stegnuti izradak	Stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top					
2	3	0,27	1	352	1190	30	0,09 0,1		Poravnati čelo na 287,5 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
3	2,7	0,27	1	352	930 400	124,2	0,69 0,1		Konturno tokariti (grubo)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
4	2,2	0,25	1	352	610	77	0,5		Poprečno tokariti na 247 mm (grubo)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
5	0,15 1,2	0,156	1	400	1060 885	54,6	0,34		Konturno tokariti (fino)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
6	0,3	0,156	1	400	390 830	78,5	0,83 0,1		Konturno tokariti na 245 mm s izradom radijusa R3	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
7	2	0,373	4	314	1430 1350 1220 1190	75	0,61 0,1		Tokariti Ø84 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime 107 SCMT 12 04 12-PR-4425					
8	32	0,326	1	110	1700	35	0,06 0,1		Bušiti provrt Ø20,3 mm	Svrđlo	Sandvik CoroDrill 870- 2030-20-PM-4334					
9	1,67	0,25	4	352	2305	8,7	0,06 0,1		Tokariti proširenje sa skošenjem 6x60° (grubo)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
10	0,3	0,25	4	352	1810 5520	9	0,06		Tokariti konturu sa skošenjem 6x60°	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425					
11	11	0,1	1	104	6000	14	0,02 0,1		Bušiti provrt Ø3,3 H12 mm	Svrđlo	Sandvik CoroDrill 860.1- 0330-017A1-GMX1BM					
12	9	0,7	1	12	950	12	0,02		Urezati navoj M4	Navojno svrđlo	Sandvik CoroTap T300 -XM102AA-M4-C110					
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:		Ovjerio:	
							4,95	1,18	6,13	1,23	7,36	45	Ime:	Boris Vukelić		Ime:
							Datum:		09.09.2023.		Datum:					

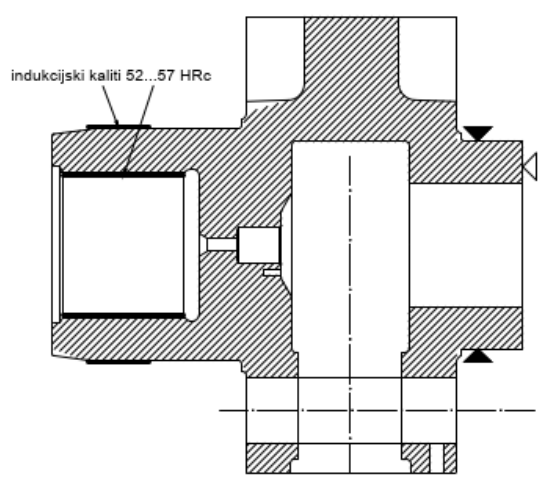
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	2					
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan		Naziv: CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10		Listova:	2					
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik: Odjevak Dimenzija: Ø280x287,5 mm		Oznaka: TOC 1 Radiona: Strojna obrada		OPERACIJA:	10					
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije		
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka			
13	28	1,5	1	40	580	31	0,04 0,1		Urezati navoj M22x1,5	Navojno svrdlo	Iscar TPS MF-22X1.5-M			
14							0,5	Otpustiti i odložiti izradak						
<b>UKUPNO:</b>							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:	Ovjerio:
							4,95	1,18	6,13	1,23	7,36	45	Ime: Boris Vukelić	Ime:
													Datum: 09.09.2023.	Datum:



TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1											
		Naziv:	VRATILO REDUKTORA	Kvaliteta:	ČL.4732 poboljšan	Naziv:	CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10	Listova:	2											
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik:	Odljevak	Oznaka:	TOC 1	OPERACIJA:		20										
				Dimenzija:	Ø280x287,5 mm	Radiona:	Strojna obrada													
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije								
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka									
1							0,43		Podignuti i stegnuti izradak	Stezna glava s 3 čeljusti (tvrde)	Hainbuch B – Top	<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <td>Ø45 H7</td> <td>+0,027</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Ø95 H7</td> <td>+0,037</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> </table>	Ø45 H7	+0,027		0	Ø95 H7	+0,037		0
Ø45 H7	+0,027																			
	0																			
Ø95 H7	+0,037																			
	0																			
2	2,5	0,27	1	225	1020	31	0,12 0,1		Poravnati čelo na 284 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
3	2,95	0,25	1	225	550	50,7	0,39		Uzdužno tokariti Ø130,1 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
4	2,7	0,25	1	352	630	154,4	0,86 0,1		Konturno tokariti (grubo)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
5	2,3	0,25	1	352	580	71,9	0,5		Poprečno tokariti na 161,5 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
6	0,3	0,156	1	400	980	51	0,3		Konturno tokariti - I (fino)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
7	0,15 1,3	0,156	1	400	980 920	77,7 11,9	0,58		Konturno tokariti - II (fino)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
8	0,3	0,156	1	400	665	73,5	0,7 0,1		Konturno tokariti na 140,5 mm, duljina 121 mm s izradom radijusa R3	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425									
9	2	0,373	2	314	1175	86	0,4 0,1		Unutarnje tokariti Ø 87 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime 107 SCMT 12 04 12-PR-4425									
10	2	0,25	2	352	950 900	12,95 13,7	0,09		Tokariti Ø 94,8 mm (grubo)	Rezna pločica	CNMG 12 04 08-XM 4425									
11	0,15	0,11	1	425	1420	11	0,07 0,1		Završno tokariti Ø 95 H7	Rezna pločica	CNMG 12 04 08-XM 4425									
12	1,25	0,403	4	129	420	7,25	0,17 0,1		Urezati utor	Rezna pločica	CoroCut 1-2 N123H2- Q475-R0 1125									
13	18	0,22	1	101	4020	21	0,02		Bušiti provrt Ø 8 mm	Svrđlo	Sandvik CoroDrill 860.1- 0800-025A0-GM									
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:		Ovjerio:					
							9,08	0,93	10	2	12	45	Ime:	Boris Vukelić		Ime:				
							Datum:		09.09.2023.		Datum:									

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	2								
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan	Naziv: CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10		Listova:	2									
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik: Odljevak	Oznaka: TOC 1	OPERACIJA:		20									
				Dimenzija: Ø280x287,5 mm	Radiona: Strojna obrada												
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije					
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka						
14	6	0,3	1	80	1700	9	0,02 0,1		Upustiti provrt Ø 8 mm	Upuštač	WNT SE.N.25,00.60° .C.WN						
15	20	0,2	3	100	4800	26	0,08 0,1		Bušiti provrt 3 x Ø 6,7 mm	Svrđlo	Sandvik CoroChuck 930- 140-P-08-088						
16	20	1,25	3	35,9	1430	26	0,04 0,1		Urezati navoj 3 x M8	Navojno svrdlo	Sandvik CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM						
17	123	0,24	3	201	1440	136	1,2 0,1		Proširiti 6 provrta Ø 40 mm --> Ø 44,5 mm	Glodalo	Sandvik CoroDrill 880- D4500L-40-03						
18	123	0,09	3	245	1750	136	2,51 0,1		Glodati 6 provrta Ø 45 H7 mm	Glodalo	Sandvik CoroBore BR20- 56CC09F-C4						
19								0,5	Otpustiti i odložiti izradak								
20							1/ 10		Kontrola dimenzija: Duljina 121,5 ±0,1 Promjer Ø120,3 Promjer Ø130,3 Promjer Ø129,8	Pomično mjerilo	Mahr Marcal 16 ER (0-150 mm)						
									Promjer Ø45 H7	Granični kontrolni tm	Hoffmann Group Gutchrom H7 45						
									Promjer Ø95 H7	Granični kontrolni tm	Hoffmann Group Gutchrom H7 95						
									Navoj M8	Standardni vijak	M8						
									Navoj M4	Standardni vijak	M4						
									Navoj M22x1,5	Navojni čep	M22x1,5-6H, Go/NoGo KINEX						
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0		tpz	Izradio:		Ovjerio:	
							9,08	0,93	10	2	12		45	Ime: Boris Vukelić		Ime:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1							
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan		Naziv: CNC Odvalna dubilica Bourn & Koch 1000 VBG		Listova:	1							
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik: Odjevak Dimenzija: Ø280x287,5 mm		Oznaka: DUB 1 Radiona: Strojna obrada		OPERACIJA:	30							
		Režimi rada		Vrijeme		Opis zahvata		Alat		Skica operacije						
Zahvat	a	s	i	v	n	l	ts	tr	Naziv		Oznaka					
1							0,6		Stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B - Top						
2	75	0,15	4	20	119	84	17,9 0,1		Protuzupčanik							
3							0,3		Otpustiti i odložiti izradak							
4							1/10		Kontrola dimenzija	Mikrometar Diatest MK - ZM7						
<b>UKUPNO:</b>							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:		Ovjerio:	
							18	1,9	19,87	2,98	22,85	30	Ime: Bons Vukelic		Ime:	
													Datum: 09.09.2023.		Datum:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1					
OPERACIJSKI LIST		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan		Naziv: Peć za indukcijsko kaljenje ELDEC MIND XL 1500		Listova:	1					
		Oznaka:		Oblik: Odjevak Dimenzija: Ø280x287,5 mm		Oznaka: STROJ 1 Radiona: Strojna obrada		OPERACIJA:	40					
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije		
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka			
1							0,6		Podignuti i staviti izradak u peć					
2						1 0,1		Kaliti unutarnje ozubljenje	Induktor					
3						1		Kaliti zadane površine	Induktor					
4						0,5		Izvaditi i odložiti izradak						
5						1/10		Odraditi kontrolu tvrdoće	Uređaj za mjerenje tvrdoće po Rockwellu					
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:	Ovjerio:
							2,1	2,1	3,20	0,48	3,68	0	Ime: Boris Vukelić	Ime:
													Datum: 09.09.2023.	Datum:

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1							
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan		Naziv: Brusilica Studer S30		Listova:	1							
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik: Odljevak		Oznaka: BRUS 1		OPERACIJA:		50						
				Dimenzija: Ø280x287,5 mm		Radiona: Strojna obrada										
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije				
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka					
1							0,6		Podignuti i stegnuti izradak	Stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B - Top	<table border="1" data-bbox="1892 1141 2056 1177"> <tr> <td>Ø120 m6</td> <td>+0.035</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+0.013</td> </tr> </table>	Ø120 m6	+0.035		+0.013
Ø120 m6	+0.035															
	+0.013															
2	0,15	0,005	1	20	1900	0,15	0,75 0,1		Brusiti konstrukcijske baze B i oslon za ležaj na konačne dimenzije	Brusno kolo 200x20x50,8	Winterthur 3M 95A 180L6V601W					
3							0,5		Otpustiti i odložiti izradak							
4							0,5/ 10kom		Odraditi kontrolu dimenzija Promjer Ø120 m6 mm	Mikrometar	Mahr MICROMAR 40 W (100-200mm)''					
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:		Ovjerio:	
							0,85	1,6	2,45	0,37	2,82	30	Ime: Boris Vukelić		Ime:	

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1								
		Naziv: VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan		Naziv: Brusilica Studer S30		Listova:	1								
OPERACIJSKI LIST		Oznaka:		Oblik: Odjevak Dimenzija: Ø280x287,5 mm		Oznaka: BRUS 1 Radiona: Strojna obrada		OPERACIJA:	60								
		Zahvat		Režimi rada		Vrijeme		Opis zahvata		Alat		Skica operacije					
		a	s	i	v	n	l	ts	tr	Naziv		Oznaka					
1								0,6		Podignuti i stegnuti izradak		Stezna glava s 3 čeljusti (meke)		Hainbuch B - Top		N5/ N4	
2		0,15	0,005	1	20	1900	0,15	0,63 0,1		Brusiti konstrukcijske baze B i oslon za ležaj na konačne dimenzije		Brusno kolo 200x20x50,8		Winterthur 3M 95A 180L6V601W			
3		0,15	0,005	1	20	1900	0,15	1,62 0,1		Brusiti zadane površine bez uzdužnog posmaka		Brusno kolo 200x20x50,8		Winterthur 3M 95A 180L6V601W			
4								1		Ručno ispolirati		Mikrofiber krpica i pasta za poliranje					
5								0,5		Otpustiti i odložiti izradak							
6								1/ 10kom		Odraditi kontrolu dimenzija Promjer Ø130 m6 mm Promjer Ø129,5 h10 mm		Mikrometar		Mahr MICROMAR 40 W (100-200mm)''			
UKUPNO:								ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:			
								2,45	3,1	5,66	1,1	6,76	30	Ime: Boris Vukelić		Ime:	
														Datum: 09.09.2023.		Datum:	

Ø130 m6	+0,040
	+0,016
	0
Ø129,5 h10	-0,160

## 7. SIMULACIJA OBRADU U PROGRAMU MASTERCAM

Mastercam je jedan od najpoznatijih softverskih paketa za računalno projektiranje i upravljanje proizvodnjom (CAD/CAM) na svjetskoj razini. Glavna svrha ovog softvera je podržati različite strojne obrtničke procese, kao što su tokarenje, glodanje i elektroerozija žicom. Unutar Mastercama, korisnik ima mogućnost definirati različite parametre, uključujući materijal sirovine, način pričvršćivanja, alate, načine obrade i druge detalje, kako bi se stvorila precizna simulacija cijelog procesa obrade.

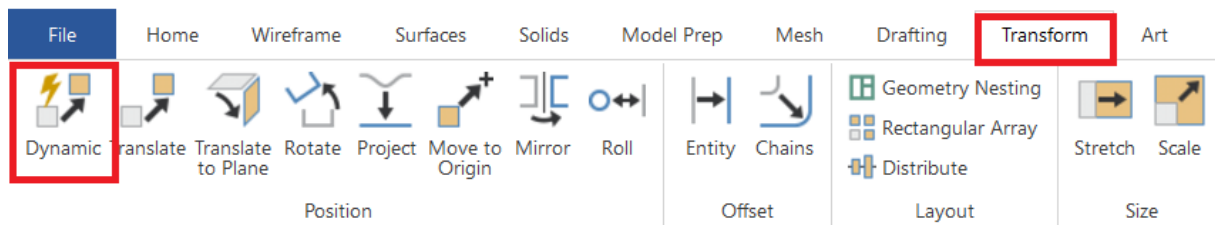
Iako smo već spomenuli opće prednosti CAD/CAM sustava, ključna prednost korištenja simulacija obrade je sposobnost predviđanja potencijalnih sudara između alata i obratka. Ovo je iznimno važno jer su posljedice takvih sudara često vrlo skupe i vremenski zahtjevne. Zahvaljujući razvoju računalne tehnologije, danas je moguće znatno olakšati sprečavanje takvih pogrešaka korištenjem simulacija.

Konačni cilj simulacije obrade je postizanje optimalnog rješenja za obrtnički proces te generiranje podataka koji se mogu koristiti za upravljanje strojem putem postprocesora. Postprocesor je poseban programski alat koji prenosi podatke iz simulacije u oblik razumljiv upravljačkoj jedinici stroja, poznat kao G-kod. Važno je napomenuti da postprocesori moraju biti prilagođeni za svaki pojedini stroj i upravljačku jedinicu, što znači da nema univerzalnog rješenja za sve.

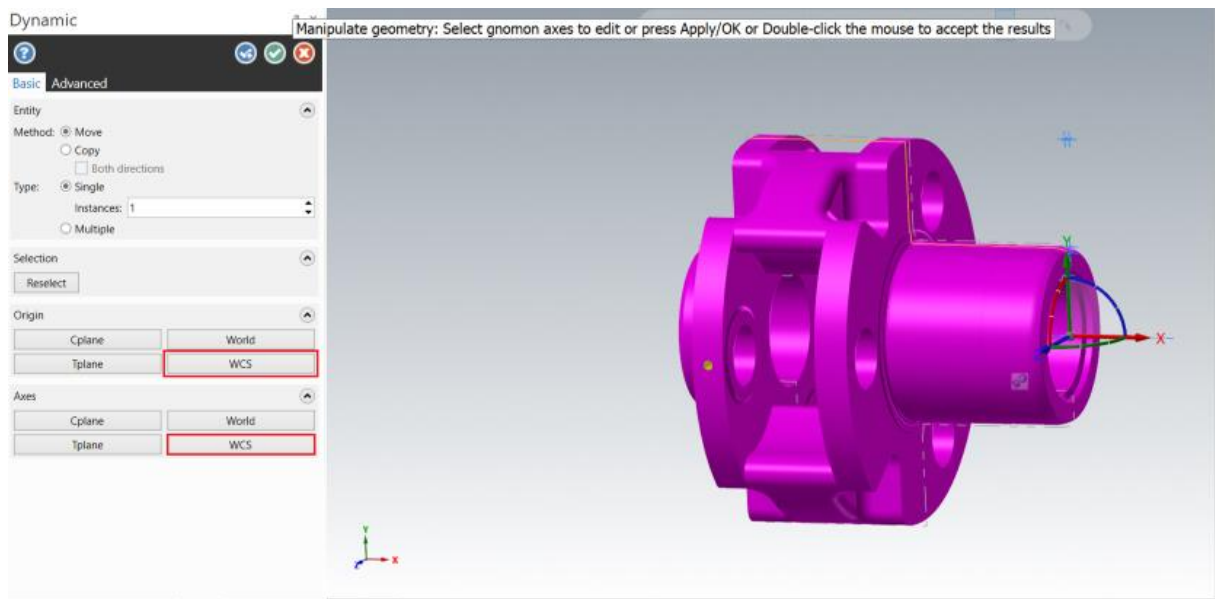
U kontekstu ovog rada, fokus je na stvaranje simulacije obrade bez potrebe za stvarnom proizvodnjom. Neće se detaljno ulaziti u problematiku generiranja G-koda za CNC strojeve, budući da je to specifičan proces koji zahtijeva posebno prilagođene postprocesore za svaki pojedini slučaj.

### 7.1. Priprema 3D modela za obradu u Mastercamu

Prvi korak prilikom izrade simulacije najčešće je učitavanje 3D modela gotovog izratka unutar Mastercam sučelja na kojem se određuju dodaci za obradu. Nakon učitavanja izratka, pomoću naredbe *Transform* → *Dynamic* se namješta koordinatni sustav u odnosu na izradak. Slike 61 i 62 prikazuju način odabira nul – točke koordinatnog sustava na način da nam je (0,0,0) KS-a jednaka (0,0,0) učitano izratka. Zato odabiremo opciju „WCS“.



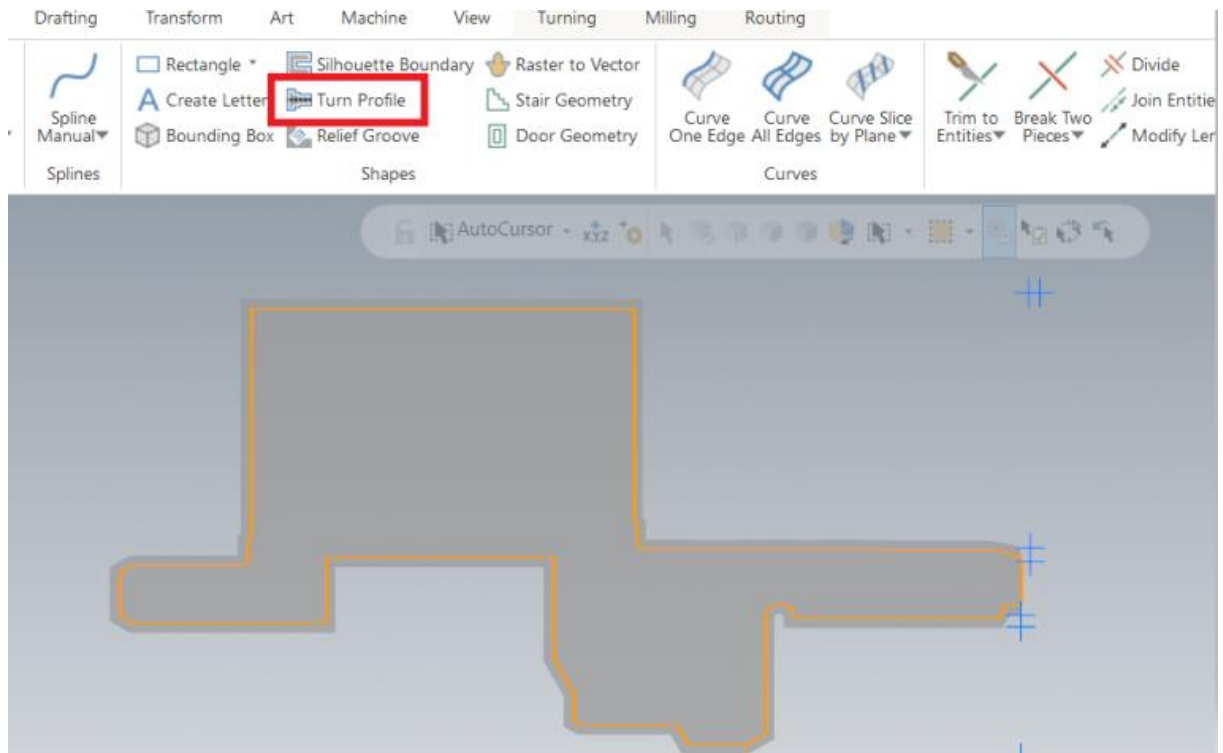
Slika 61 Kartica Transform --> Dynamic



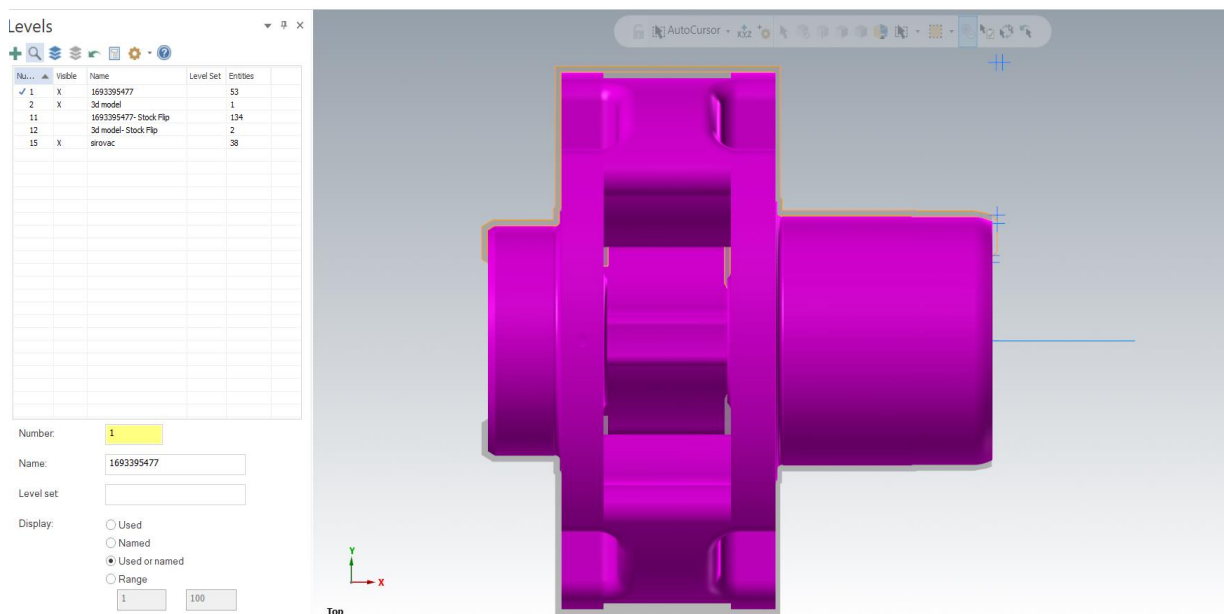
Slika 62 Odabir nul - točke koordinatnog sustava

Prije početka obrade pomoću funkcije *Turn profile* dobiva se kontura izratka rotirane oko svoje osi te se na tu konturu dodaje dodatak za obradu koji je u ovom slučaju 3 mm. Narančastom bojom je označen profil izratka, a sivo osjenčanom bojom s vanjske strane se vidi dodatak za obradu.



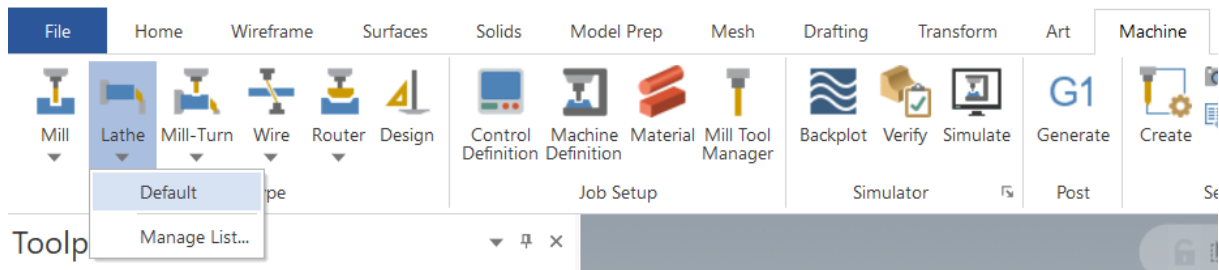


Slika 63 Prikaz izvlačenja presjeka naredbom "Turn profile"



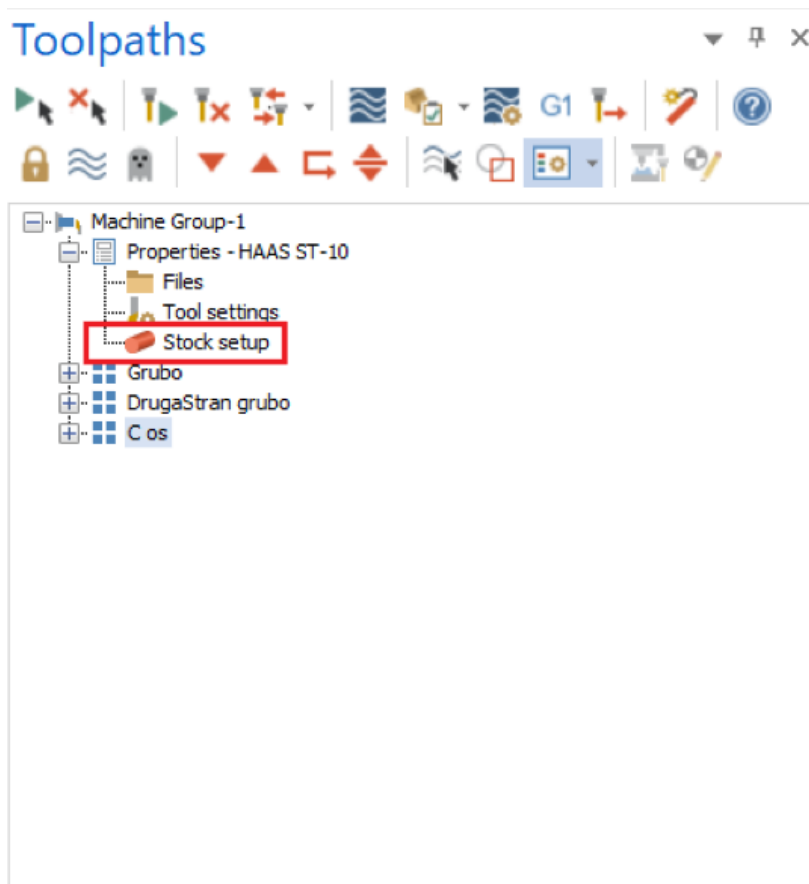
Slika 64 Sirovac označen sivom bojom

Nakon toga bira se stroj na kojem će se vršiti obrada. To se odabire pod karticom *Machine*, zatim se odabire *Lathe* te pošto nije odabran niti jedan stroj s definiranim postprocesorom odabire se opcija *Default*.

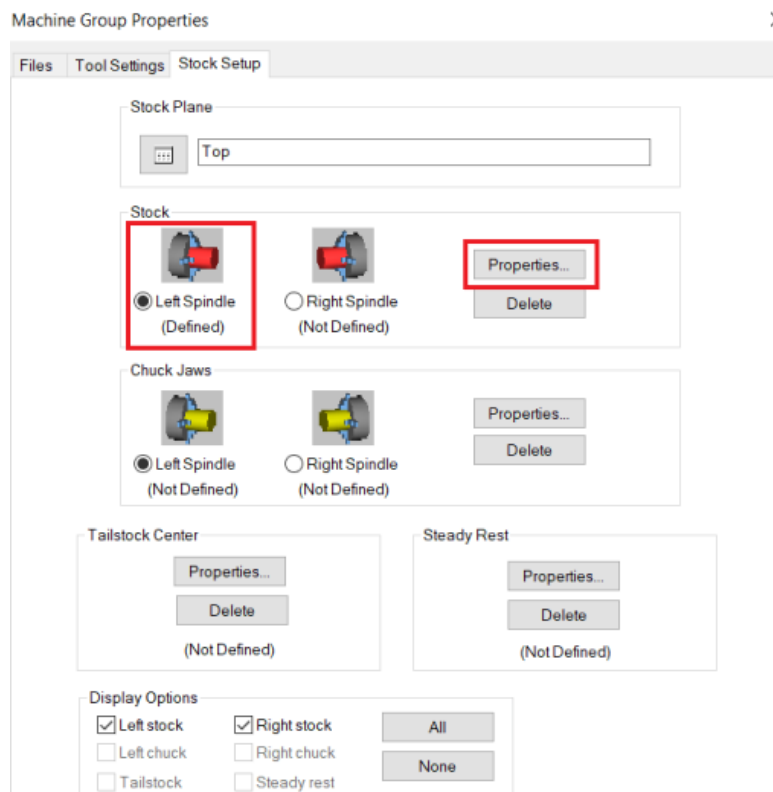


*Slika 65 Odabir stroja za obradu*

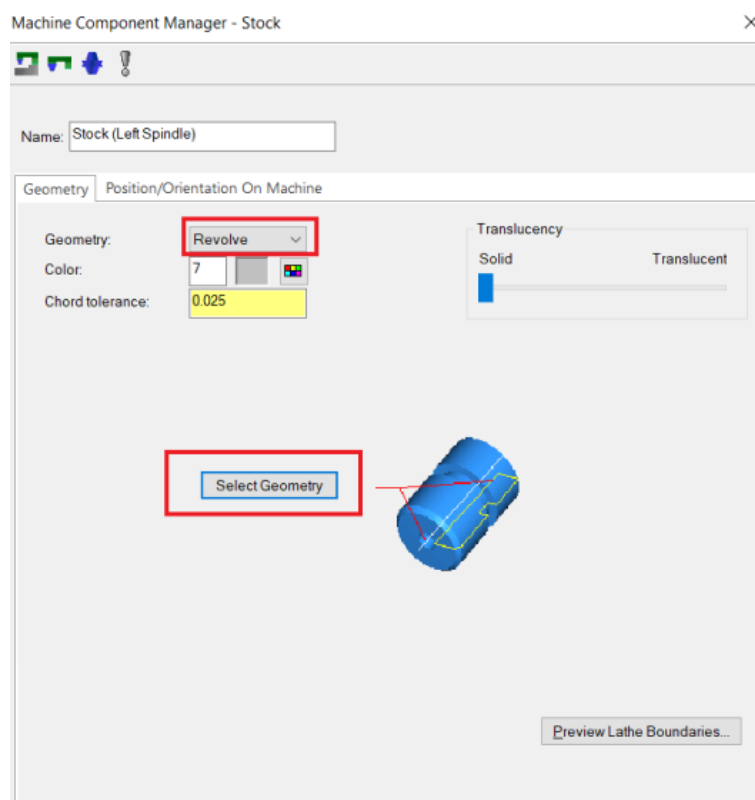
Idući korak je odabir sirovca pod opcijom *Stock Setup* te se kreće s odabirom lijevog vretena i odabire se *Properties*.



*Slika 66 Stock Setup*

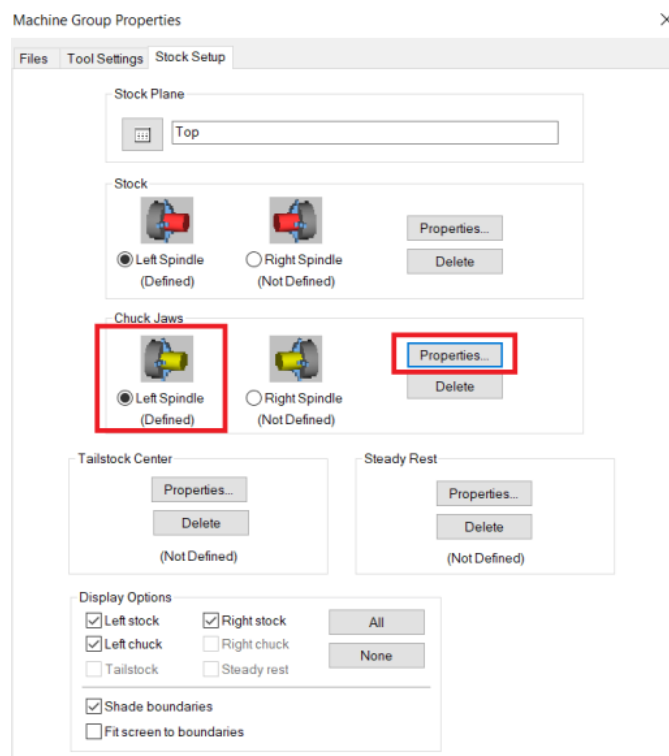


Pod opcijom *Properties*, odabire se opcija *Revolve* te je odabrana geometrija prethodno napravljeni *Turn profile* izratka.

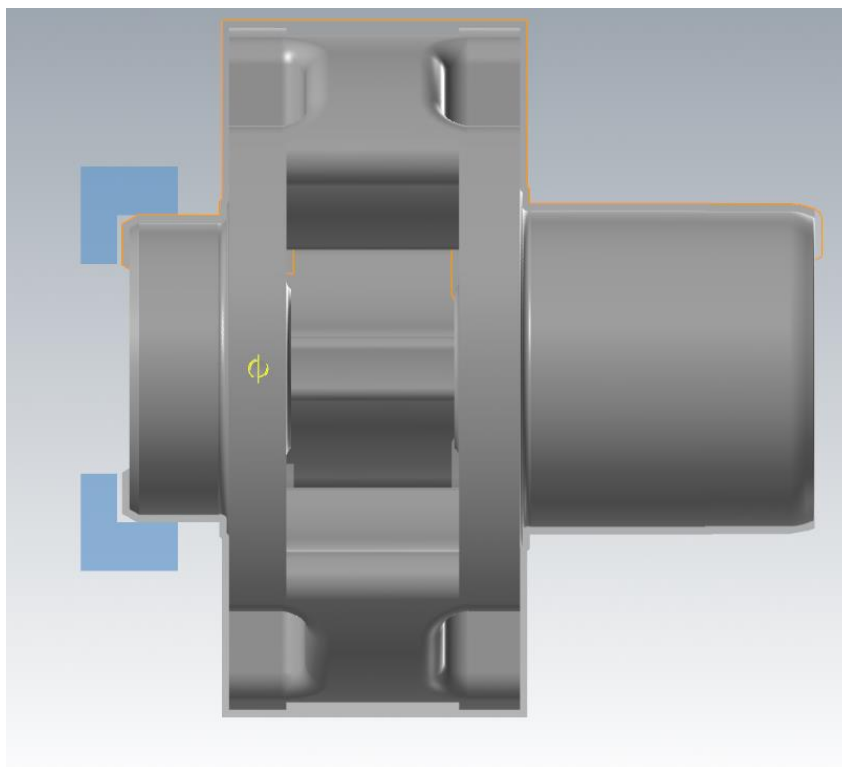


Slika 67 Odabir geometrije za Stock Setup

Nakon toga se podešava mjesto i način stezanja izratka, odnosno izgled čeljusti. To se također radi izborniku Stock Setup, te se zatim bira *Chuck Jaws* → *Properties*.



Slika 68 Odabiranje postavki načina stezanja izratka



Slika 69 Konačni izgled stegnutog izratka

## 7.2. Izrada simulacije

Izrada simulacije bit će provoditi prema prethodno razrađenom tehnološkom procesu. Fokus simulacije bit će na prva dva stezanja na CNC tokarskom obradnom centru. Važno je napomenuti da određeni postupci strojne obrade, poput dubljenja unutarnjeg ozubljenja i brušenja, nisu dostupni unutar programskog paketa Mastercam.

U opisu izrade simulacije, zahvati u operacijama bit će numerirani na isti način kao i u analitičkom razrađivanju operacija. Posebna pažnja bit će usmjerena na prvo stezanje, gdje ćemo detaljnije analizirati strojno vrijeme zahvata i specifičnosti koje su povezane s njim. Što se tiče drugog stezanja, princip rada i postupci koji se primjenjuju bit će slični kao u prvom stezanju, pa će se ti detalji kratko izložiti.

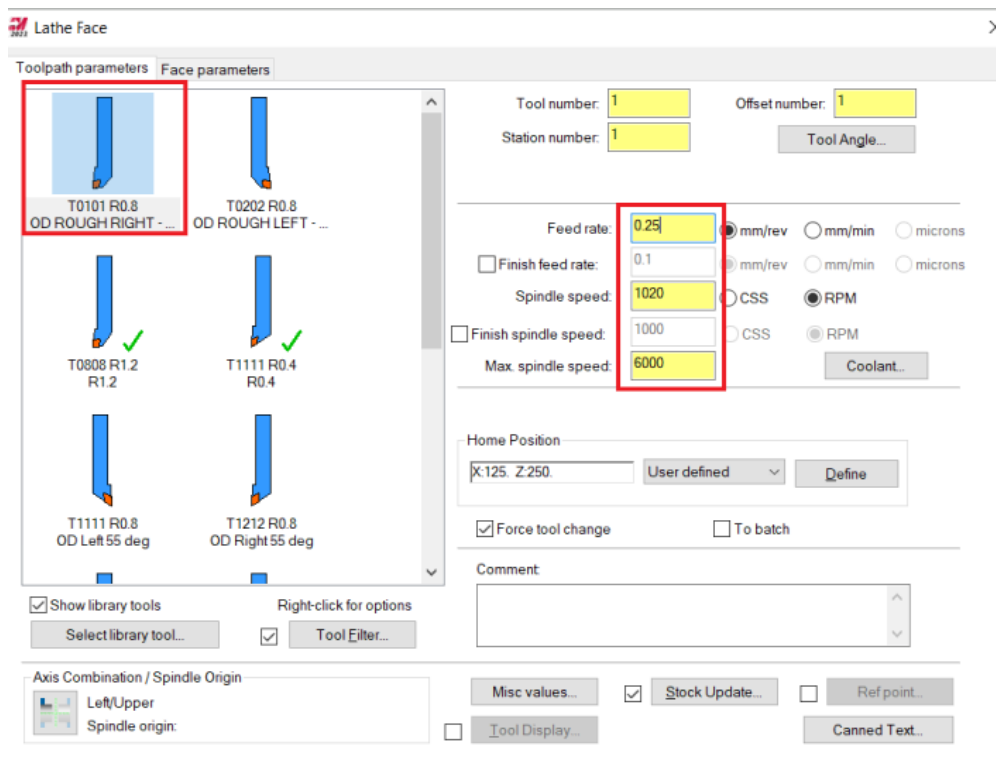
## 7.3. Operacija 10 – prvo stezanje

### Zahvat 2: Poravnati čelo na 287,5 mm

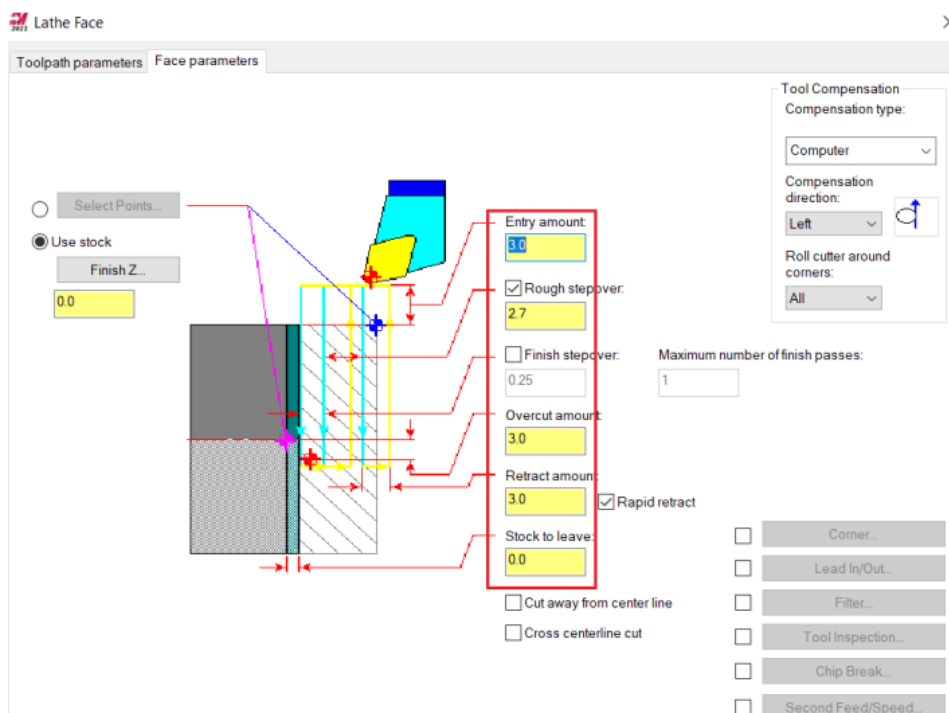
U prvom stezanju, proces obrade započinje zahvatom poravnanja čela izratka. Poravnanje čela provodi se odmah na konačnu dimenziju u jednom prolazu, budući da nema posebnih tolerancija koje treba zadovoljiti. Za čeonu tokarenje koristi se funkcija „Face“ unutar kartice „Turning“.

Pod karticom "Toolpath parameters" određuju se parametri alata za obradu, uključujući vrstu alata, posmak, brzinu rezanja i maksimalnu brzinu vrtnje glavnog vretena. Svi ovi parametri detaljno su navedeni u razradi operacija i jednostavno se unose u odgovarajuća polja, kako je prikazano na slici 70.

Pod karticom „Face parameters“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično. Važno je napomenuti da se obrada za ovaj zahvat provodi u jednom prolazu, postićući konačnu dimenziju s dubinom rezanja od 2,7 mm. Kao što je opisano u analitičkom razrađivanju, određuje se i put ulaska i izlaska alata s vrijednosti od 3 mm, kako bi se osigurala preciznost i kvaliteta obrade.

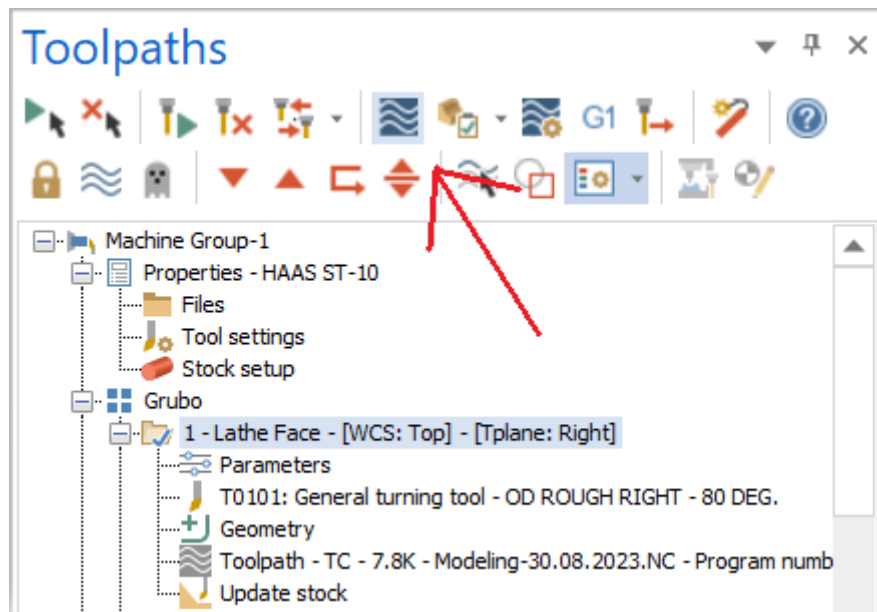


Slika 70 Odabir alata i režima obrade za zahvat 2, operacija 10



Slika 71 Odabir parametara obrade kod zahvata 2, operacija 10

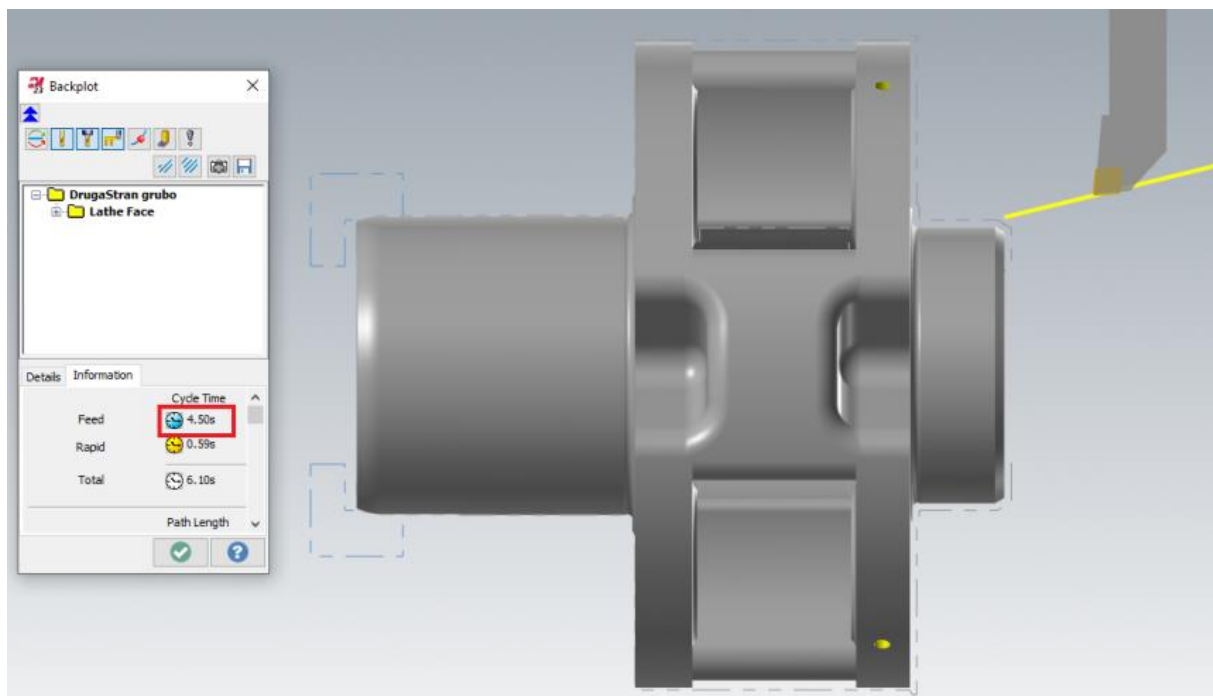
Provjera zahvata u Mastercamu se može napraviti pomoću funkcije „Backplot“ koja se nalazi u Toolpathsu.



Slika 72 Funkcija "Backplot"

Također se može iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

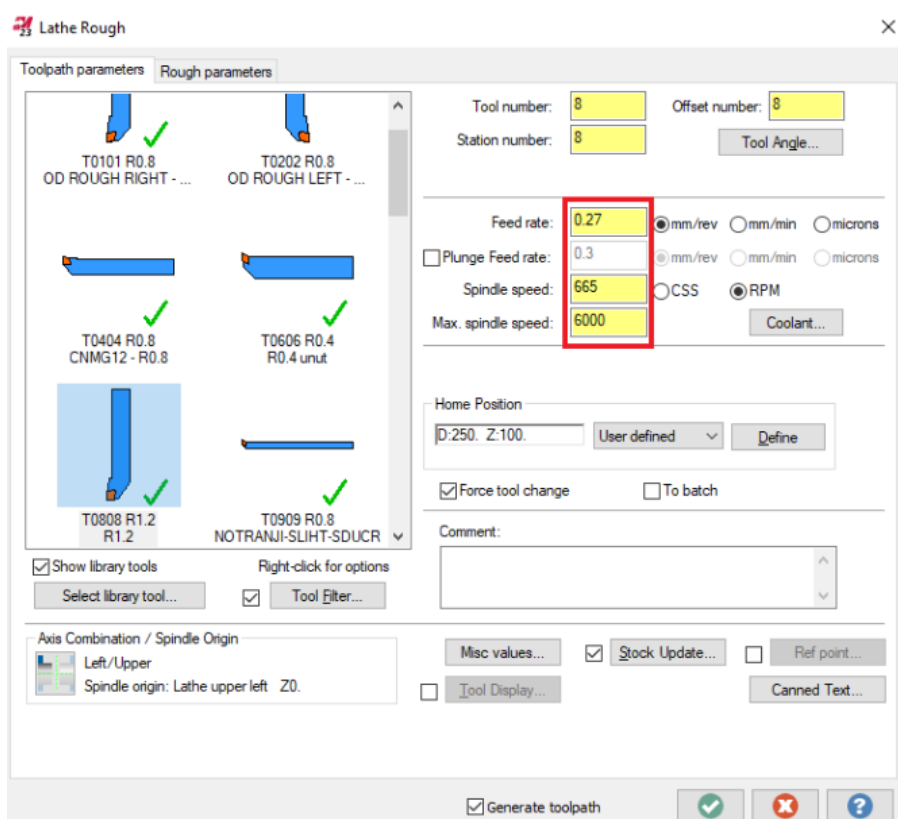
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 4,5$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 5,4$  s



Slika 73 Operacija 10 – simulacija zahvata 2 uz strojno vrijeme

### Zahvat 3: Konturno tokariti (grubo)

Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Rough* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.

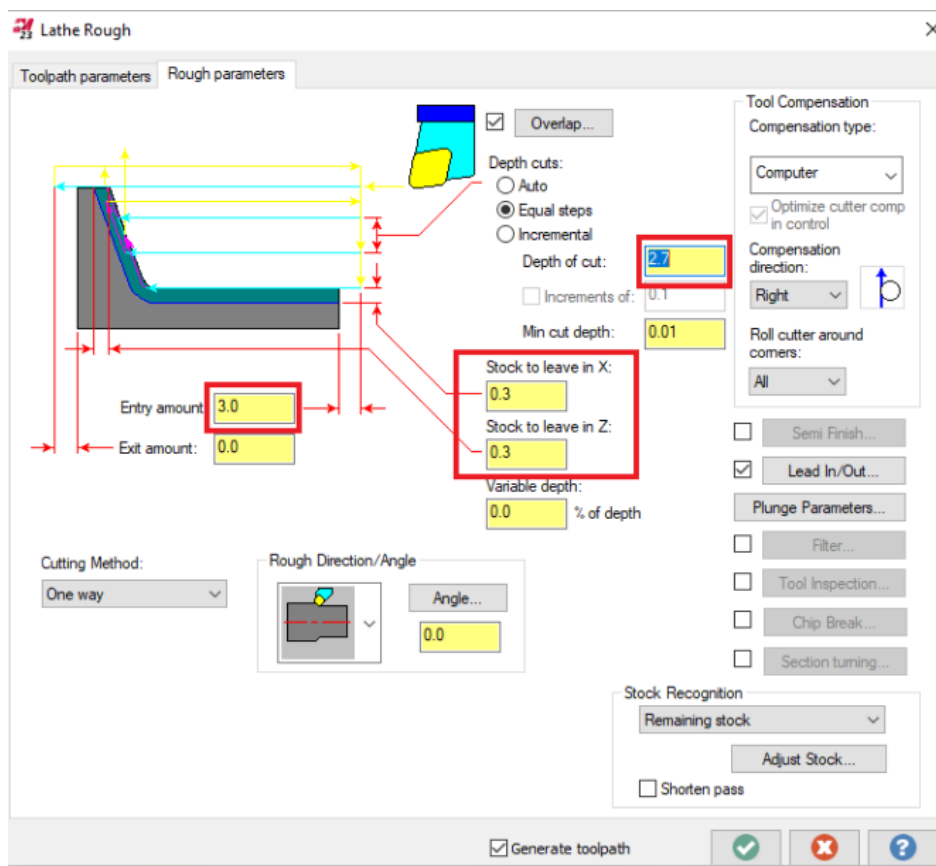


Slika 74 Odabir alata i režima obrade za zahvat 3 - operacija 10

Pod karticom "Toolpath parameters" određuju se parametri alata za obradu, uključujući vrstu alata, posmak, brzinu rezanja i maksimalnu brzinu vrtnje glavnog vretena.



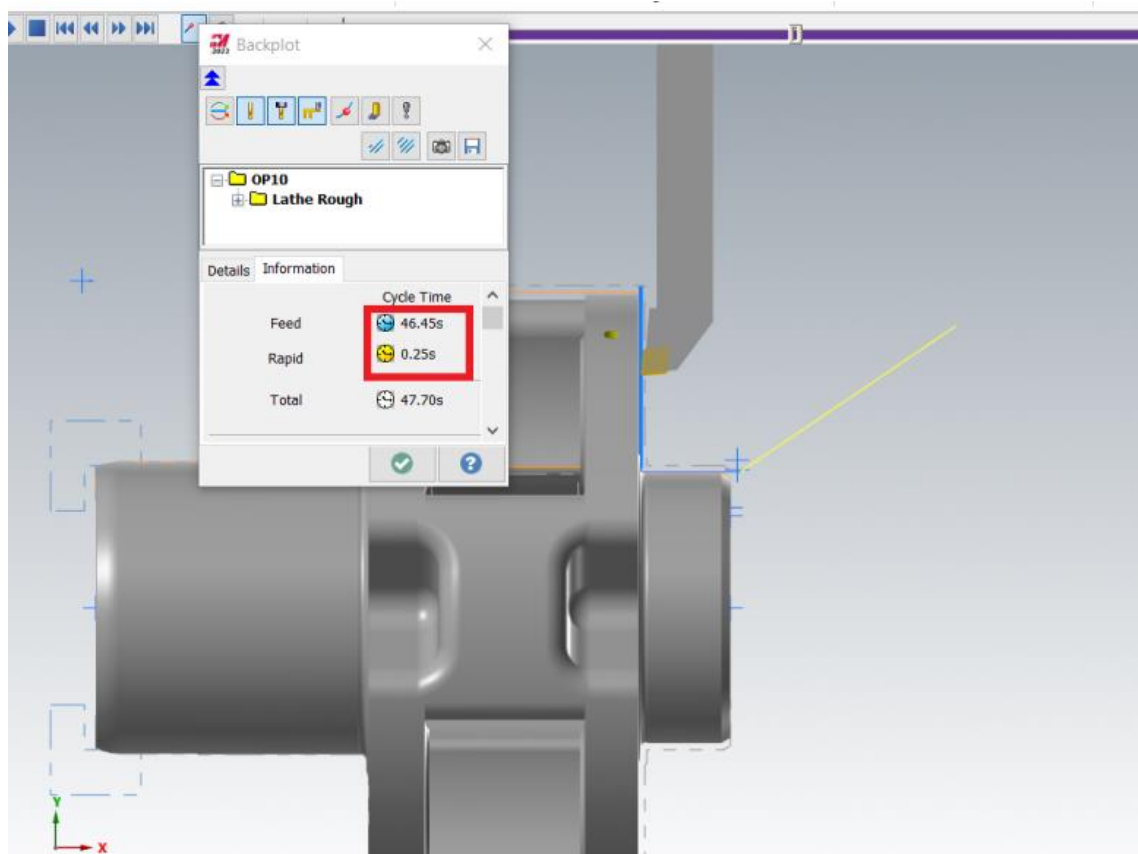
Pod karticom „*Rough parameters*“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično



Slika 75 Odabir parametara obrade kod zahvata 3 - operacija 10

Iščitava se strojno vrijeme zahvata dobiveno tom funkcijom te se dobiva:

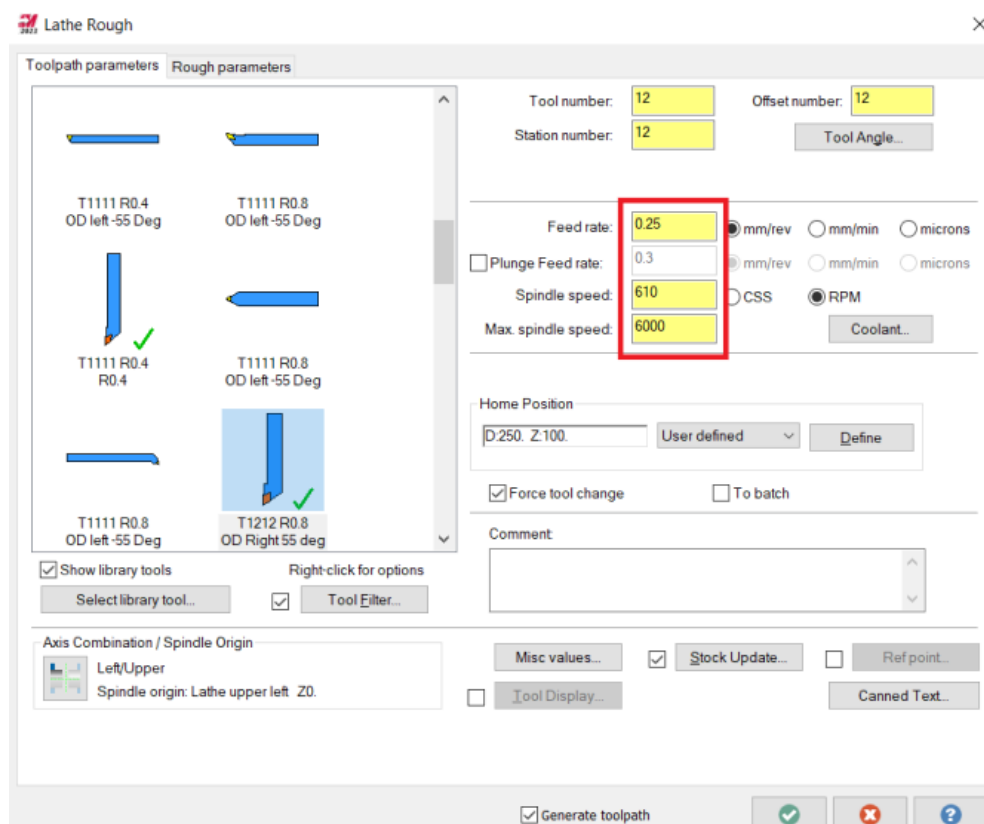
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 46,45$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 41,4$  s



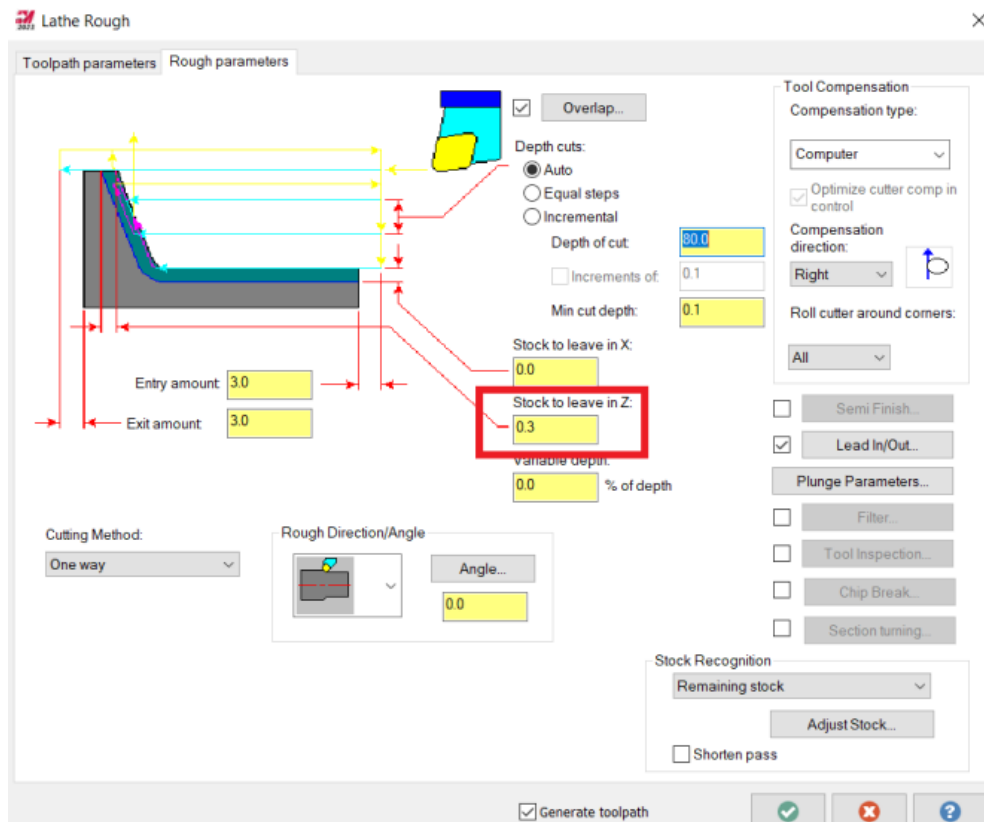
*Slika 76 Operacija 10 – simulacija zahvata 3 uz strojno vrijeme*

#### Zahvat 4: Konturno tokariti (grubo)

Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Rough* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.



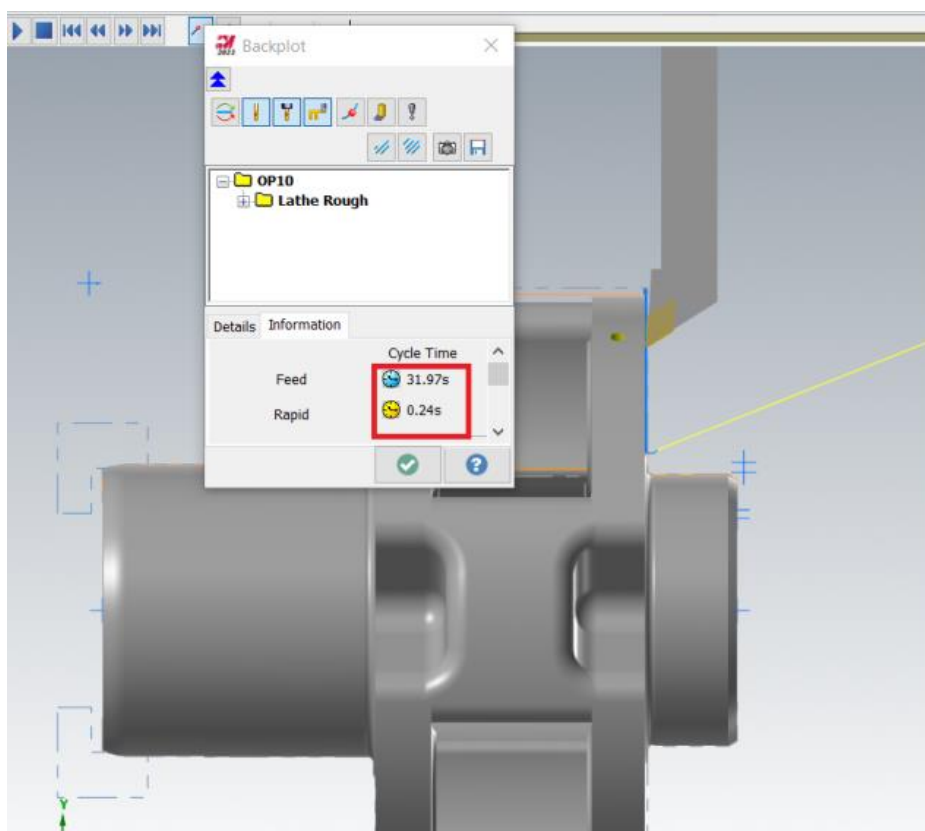
Slika 77 Odabir alata i režima obrade za zahvat 4 - operacija 10



Slika 78 Odabir parametara obrade kod zahvata 4 - operacija 10

Iščitava se strojno vrijeme zahvata dobiveno tom funkcijom te se dobiva:

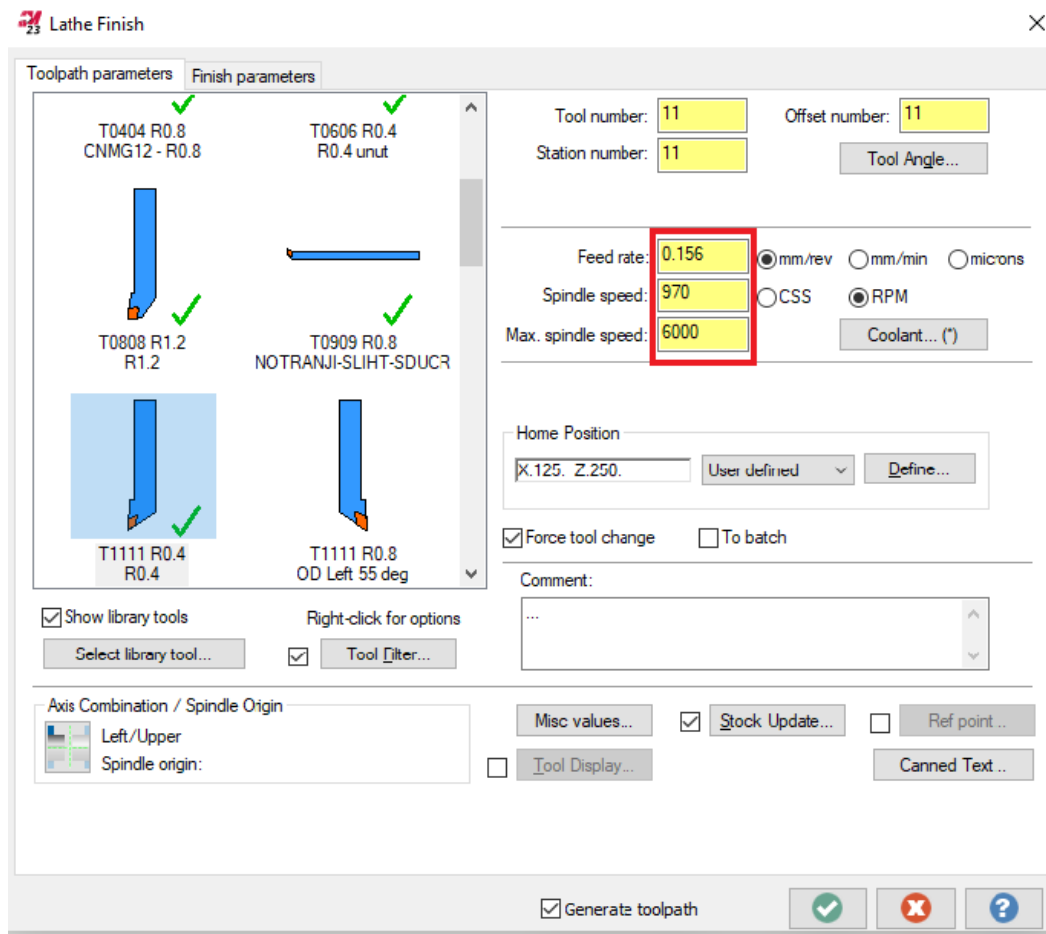
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 31,97$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 30$  s



*Slika 79 Operacija 10 – simulacija zahvata 4 uz strojno vrijeme*

## Zahvat 5: Konturno tokariti (fino)

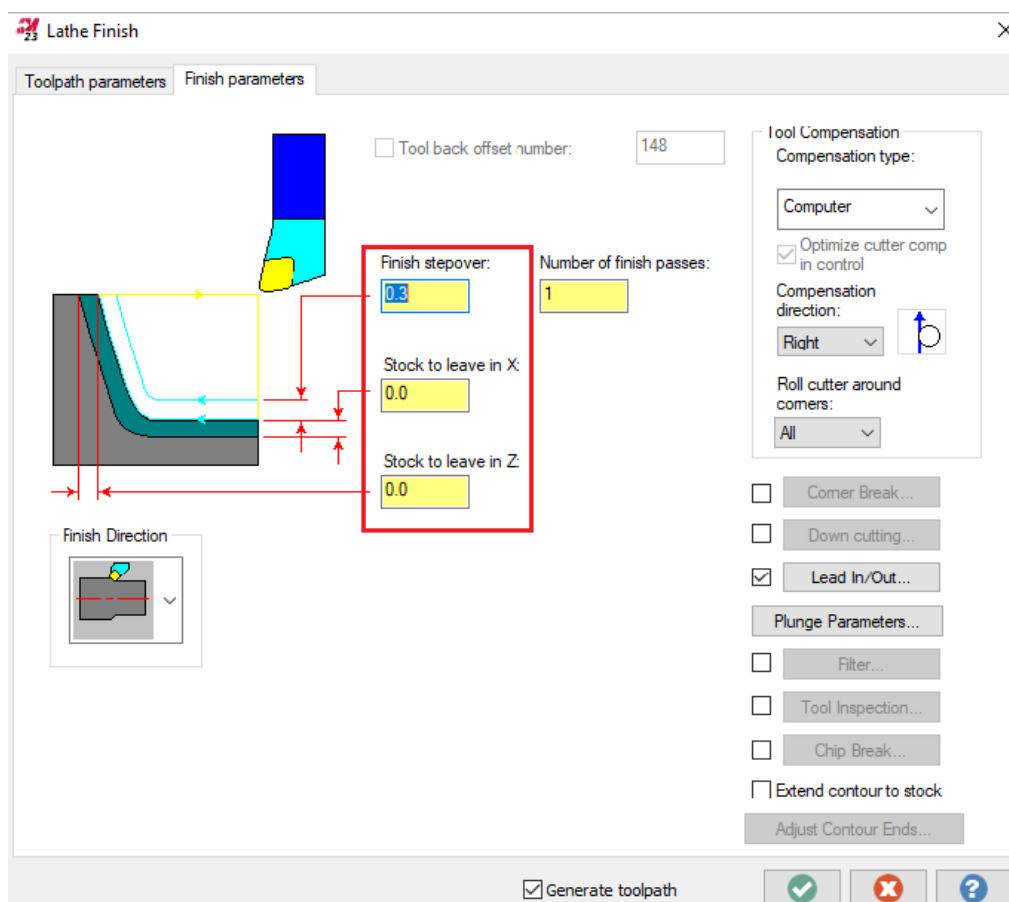
Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Finish* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.



Slika 80 Odabir alata i režima obrade za zahvat 5 - operacija 10

Pod karticom "Toolpath parameters" određuju se parametri alata za obradu, uključujući vrstu alata, posmak, brzinu rezanja i maksimalnu brzinu vrtnje glavnog vretena.

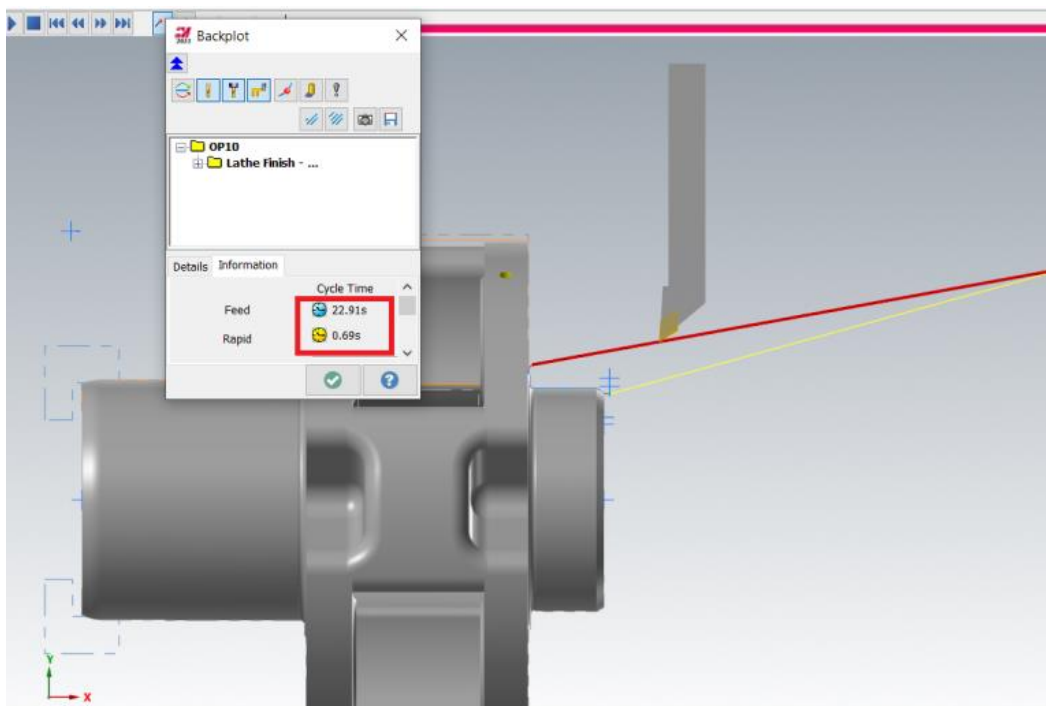
Pod karticom „*Finish parameters*“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu, put ulaska i izlaska alata, i slično.



Slika 81 Odabir parametara obrade kod zahvata 5 operacija 10

Može se iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 22,91$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 15,6$  s

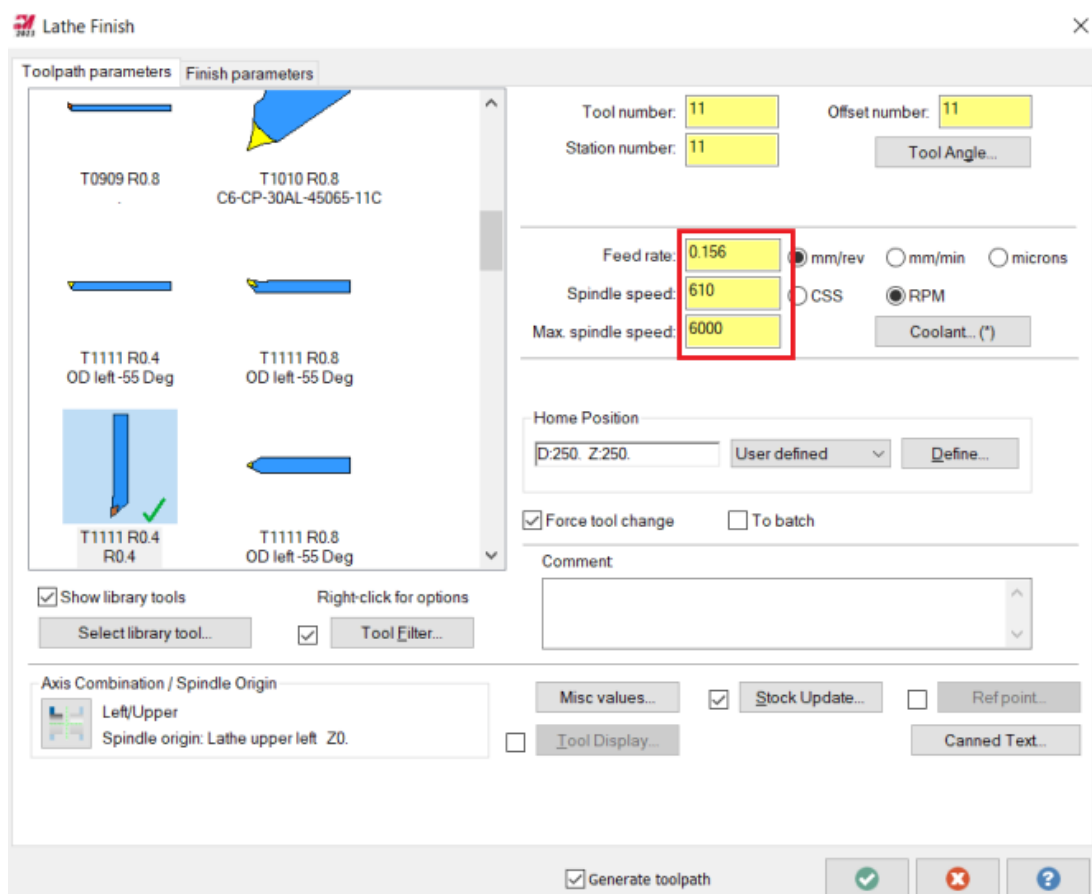


*Slika 82 Operacija 10 – simulacija zahvata 5 uz strojno vrijeme*



## Zahvat 6: Konturno tokariti (fino)

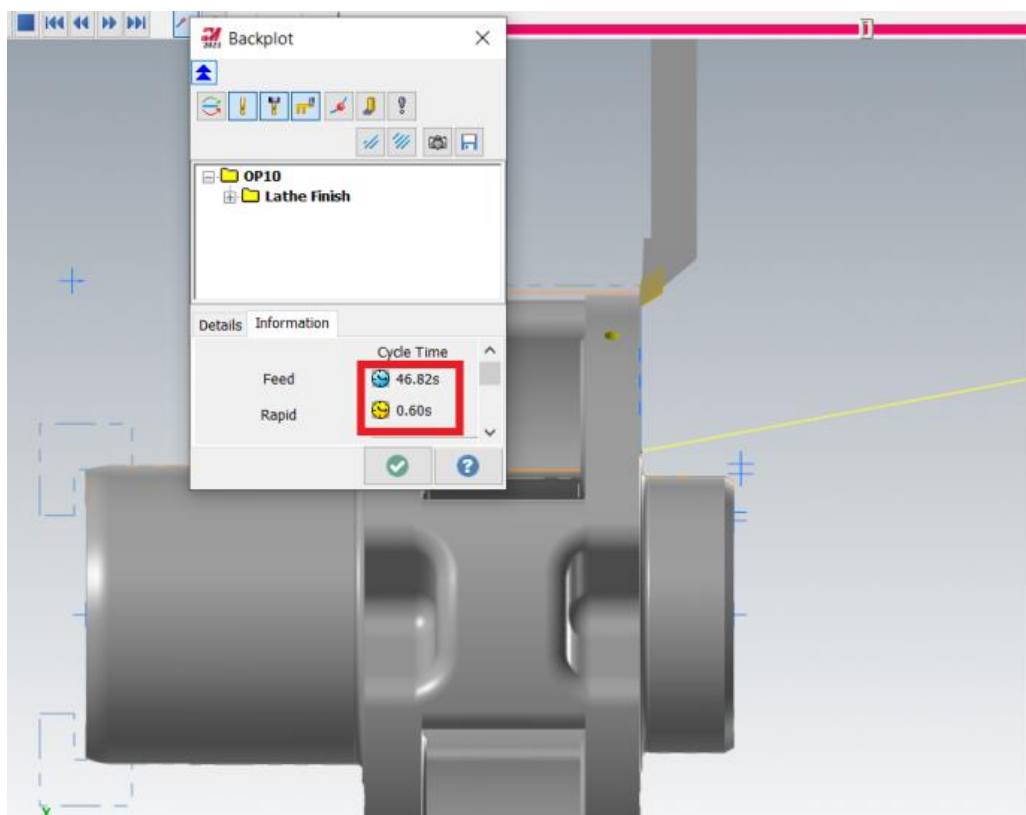
Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Finish* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.



Slika 83 Odabir alata i režima obrade za zahvat 6 - operacija 10

Može se iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

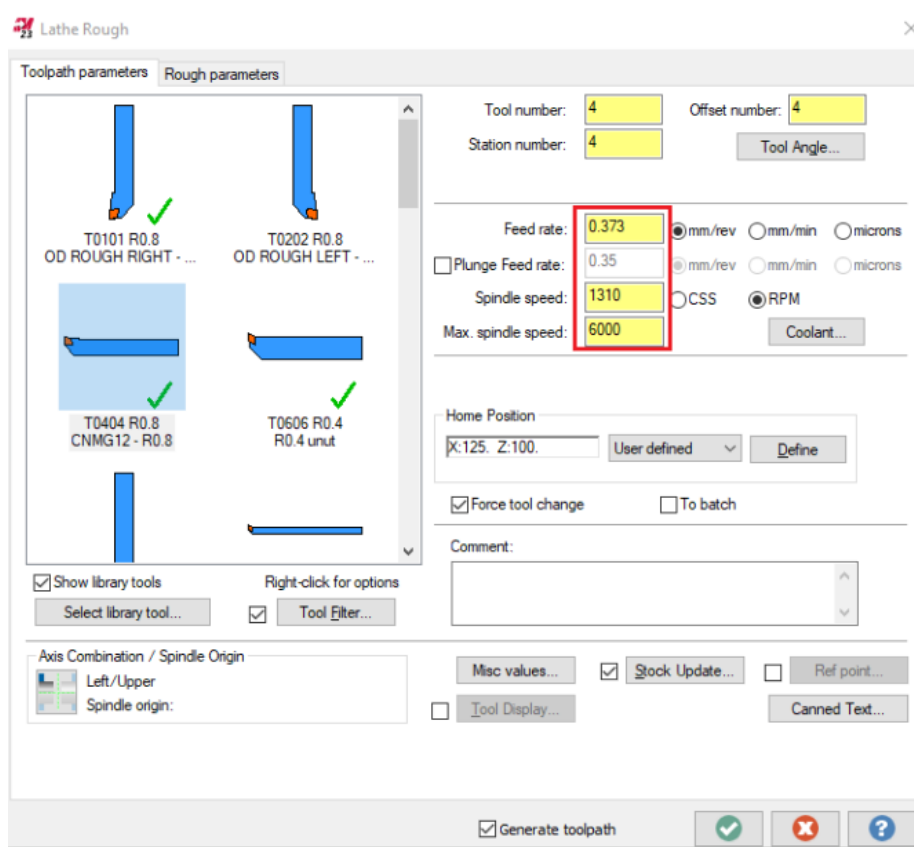
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 46,82$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 49,8$  s



*Slika 84 Operacija 10 – simulacija zahvata 6 uz strojno vrijeme*

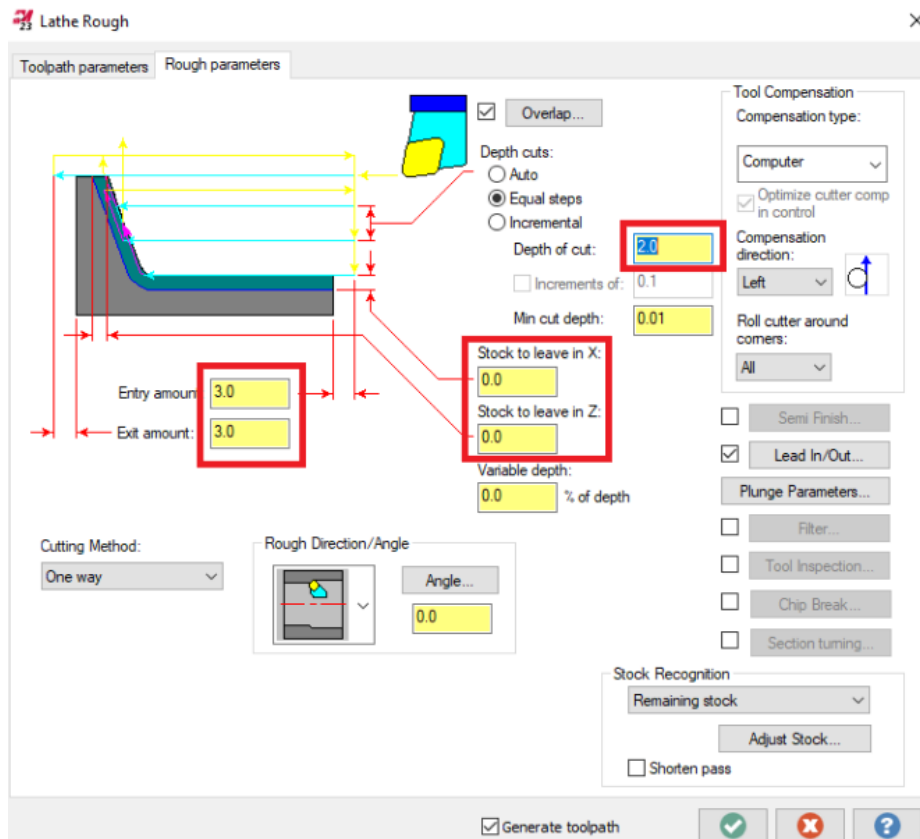
## Zahvat 7: Tokariti Ø84 mm

Za unutarnje uzdužno tokarenje koristi se drugi alat te se opet koristi opcija *Rough* i unose se sljedeći parametri.



Slika 85 Odabir alata i režima obrade za zahvat 7, operacija 10

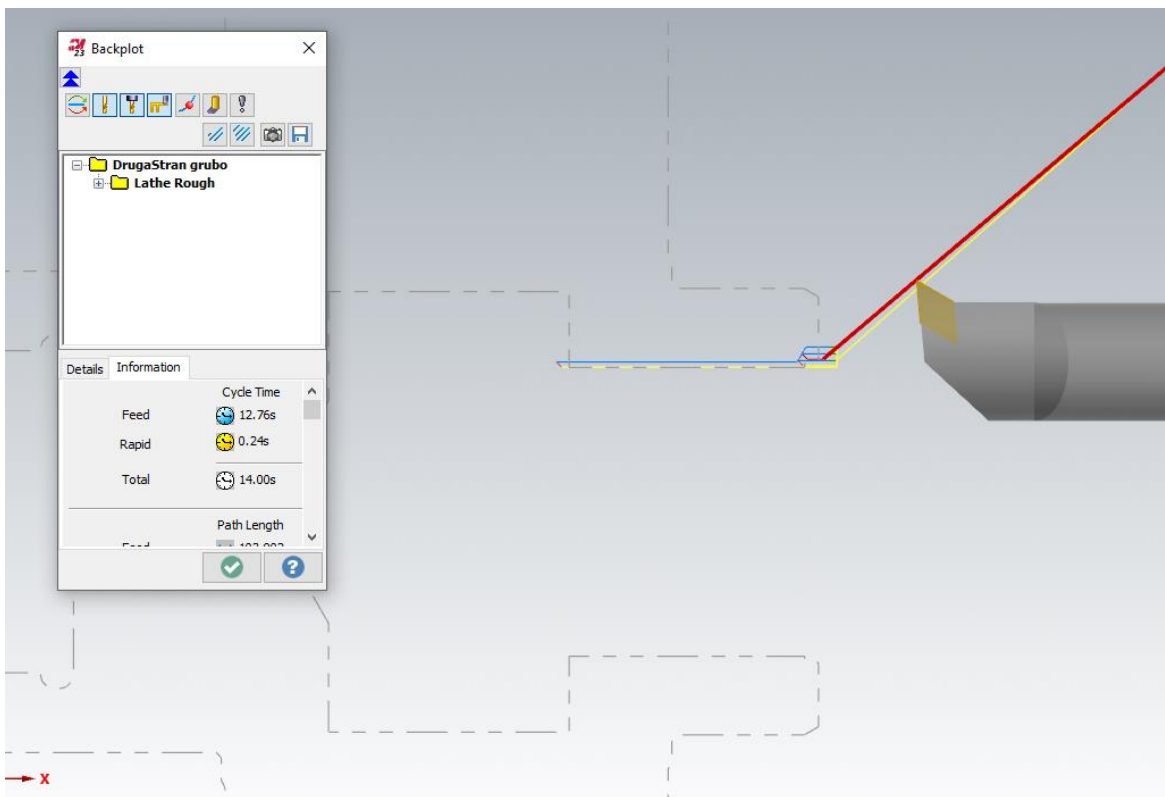
Pod karticom „*Rough parameters*“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično.



Slika 86 Odabir parametara obrade kod zahvata 7, operacija 10

Također se može iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

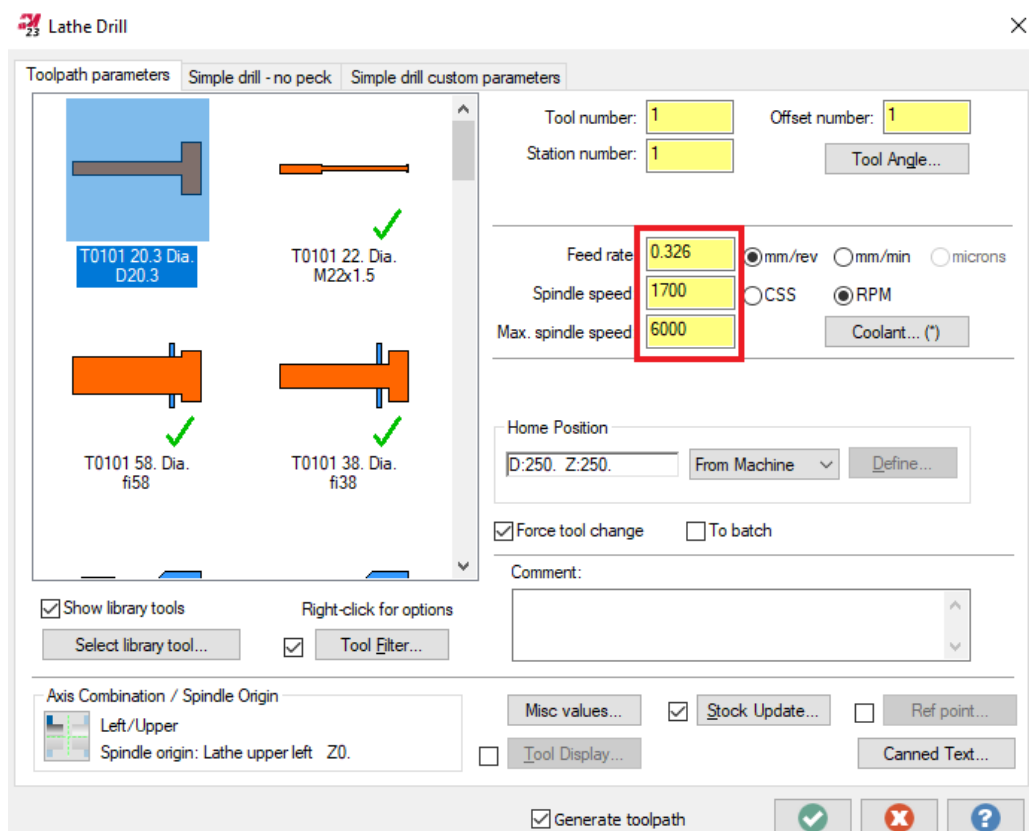
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 12,76$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 9$  s



*Slika 87 Operacija 10 – simulacija zahvata 7 uz strojno vrijeme*

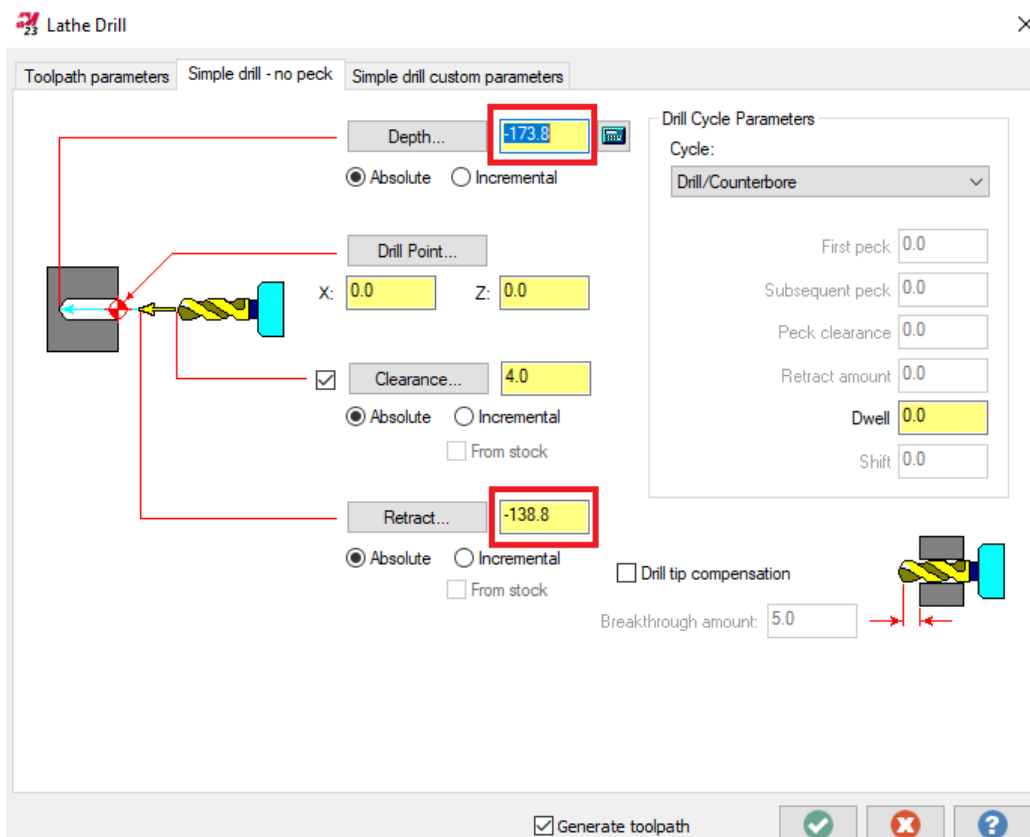
## Zahvat 8: Bušiti provrt Ø20,3 mm

Bušenje provrta se odrađuje pomoću naredbe *Drill* te se u kartici *Toolpath parameters* unose sljedeći parametri:



Slika 88 Odabir alata i režima obrade za zahvat 8, operacija 10

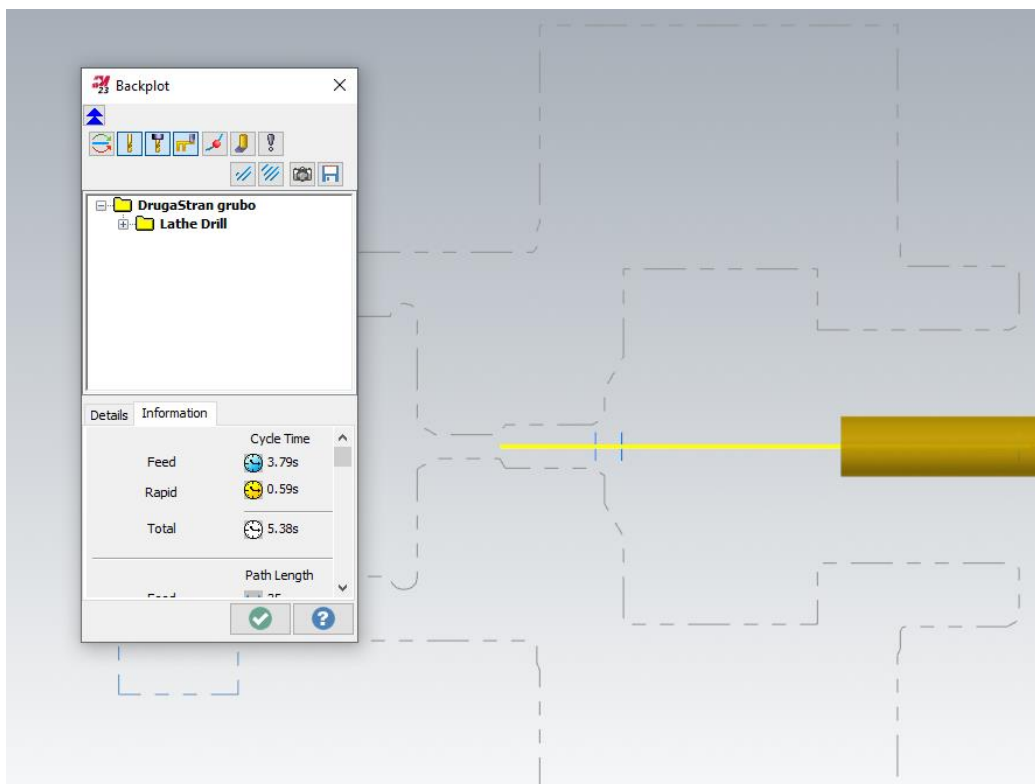
Pod karticom *Simple drill – no peck* odabire se dubina bušenja provrta i duljina gdje postoji brzi hod alata.



Slika 89 Odabir parametara bušenja kod zahvata 8, operacija 10

Također se može iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 3,79$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 3,6$  s

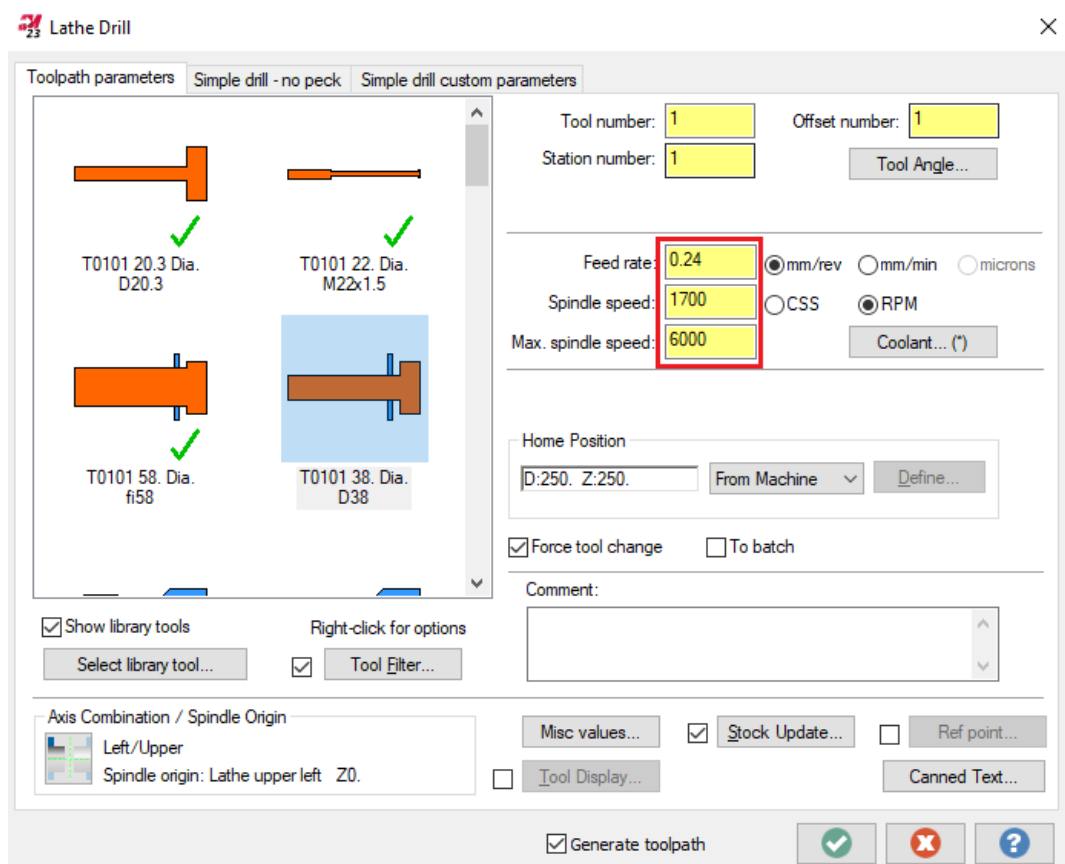


*Slika 90 Vrijeme dobiveno simulacijom – zahvat 8, operacija 10*



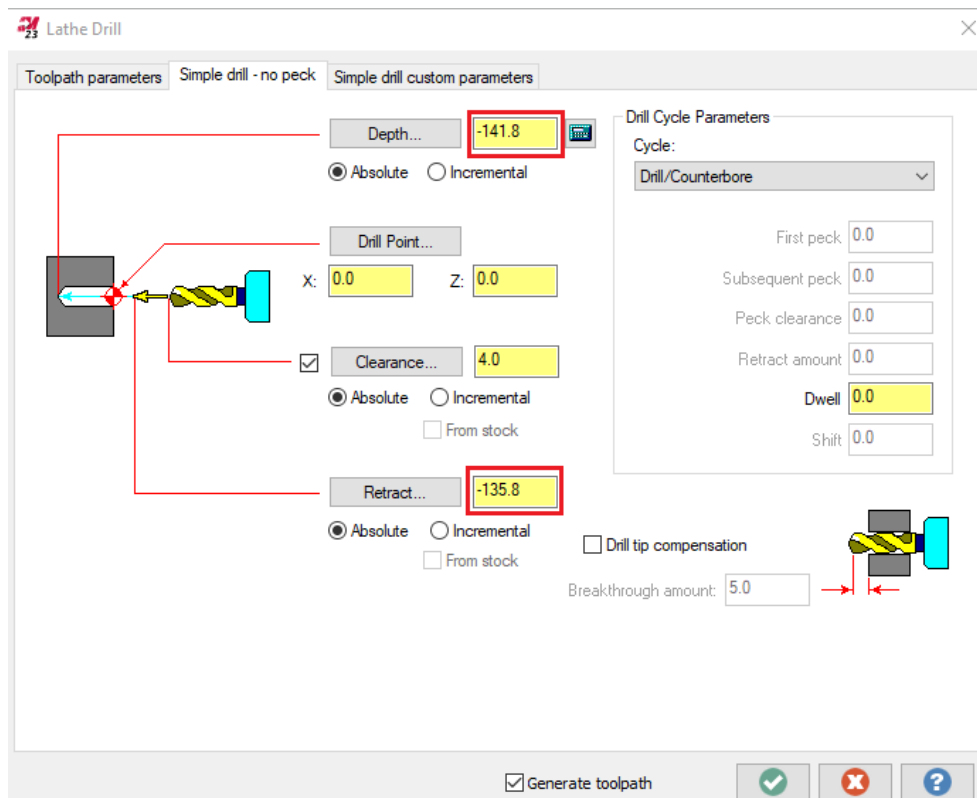
## Zahvat 9: Bušiti provrt Ø38 mm

Bušenje provrta se odrađuje pomoću naredbe *Drill* te se u kartici *Toolpath parameters* unose sljedeći parametri:



Slika 91 Odabir alata i režima obrade za zahvat 9, operacija 10

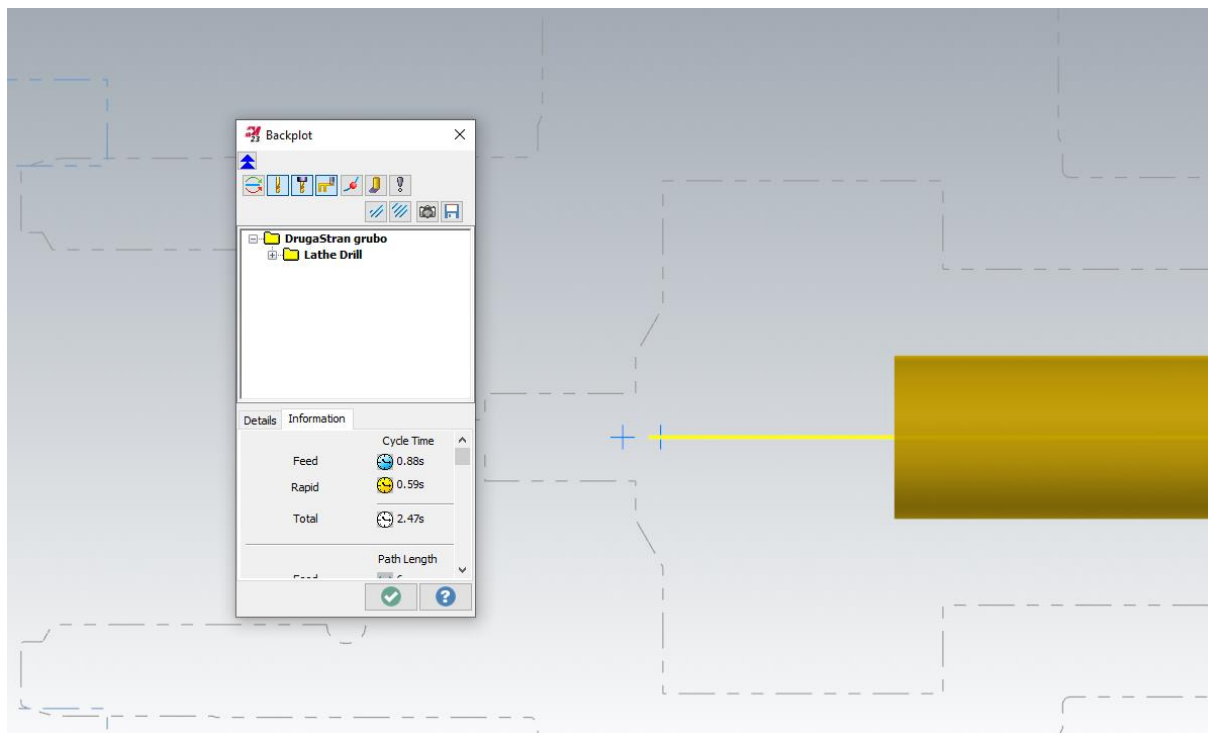
Pod karticom *Simple drill – no peck* odabire se dubina bušenja provrta i duljina gdje postoji brzi hod alata.



Slika 92 Odabir parametara bušenja kod zahvata 9, operacija 10

Također se može iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

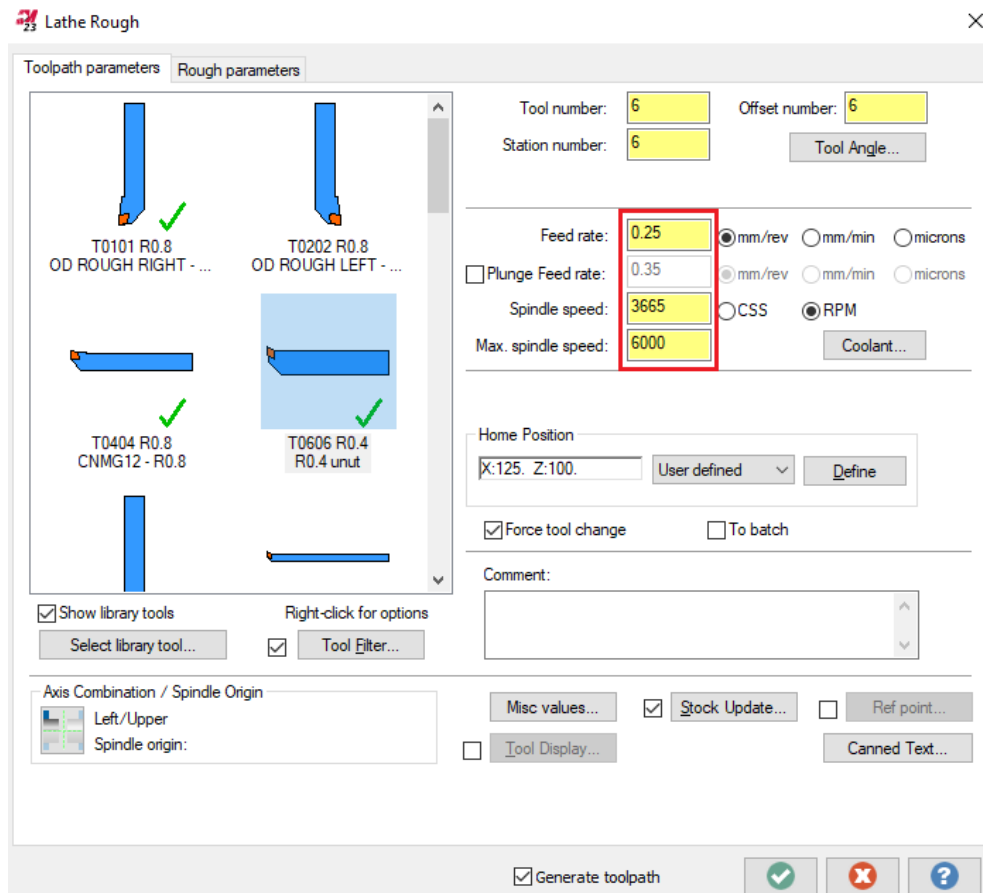
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 0,88$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 1,2$  s



*Slika 93 Vrijeme dobiveno simulacijom – zahvat 9, operacija 10*

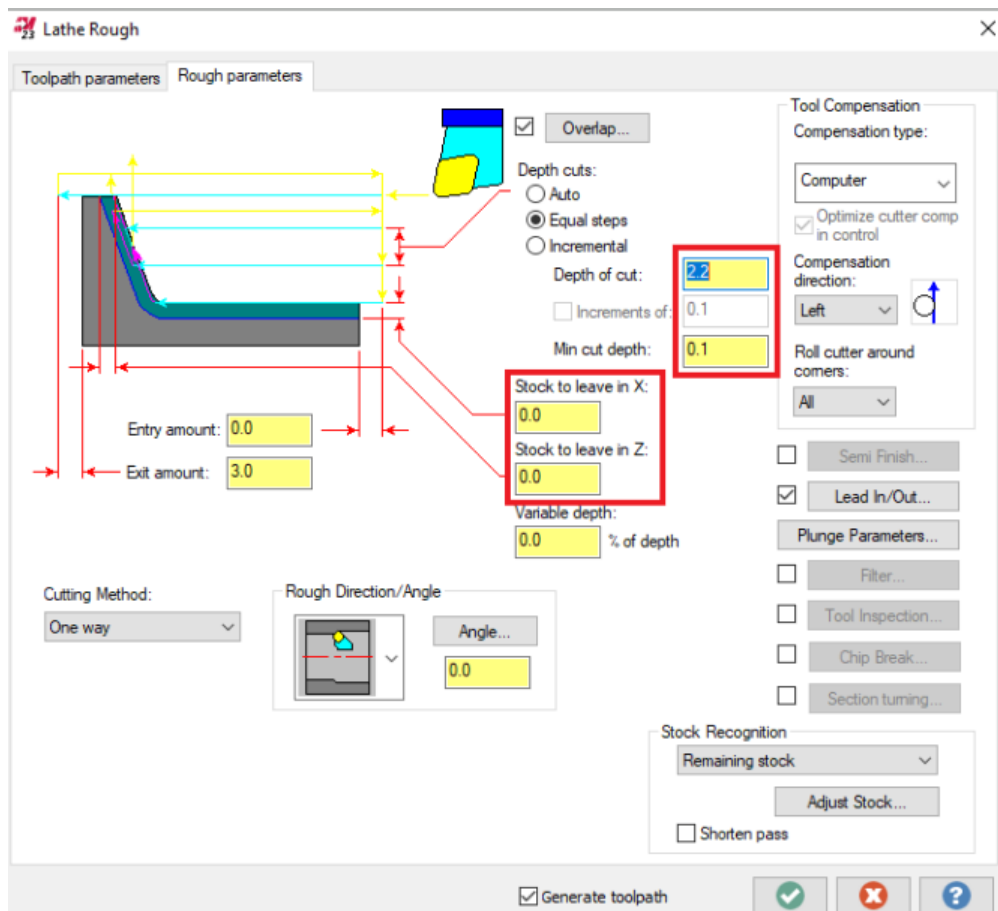
## Zahvat 10: Tokariti konturu sa skošenjem

Za unutarnje tokarenje konture sa skošenjem koristi se drugi alat te se opet koristi opcija *Rough* i unose se sljedeći parametri.



Slika 94 Odabir alata i režima obrade za zahvat 10, operacija 10

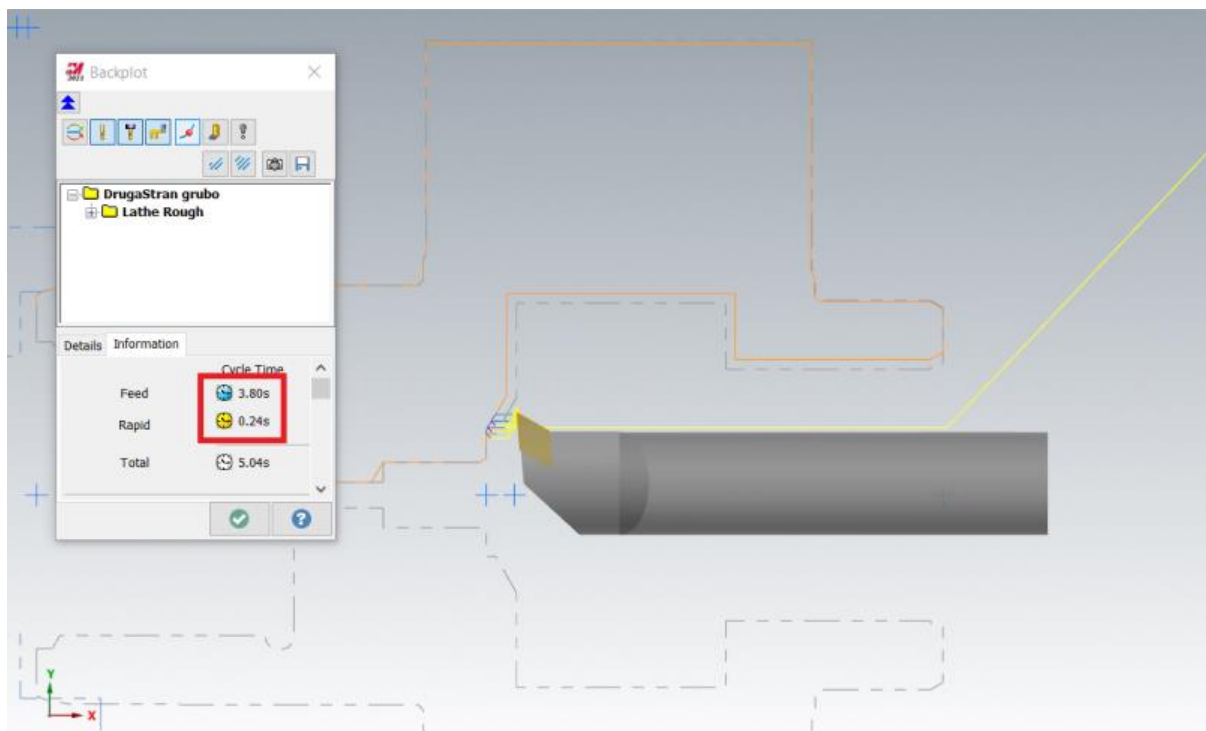
Pod karticom „*Rough parameters*“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično.



Slika 95 Odabir parametara bušenja kod zahvata 10, operacija 10

Također se može iščitati i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

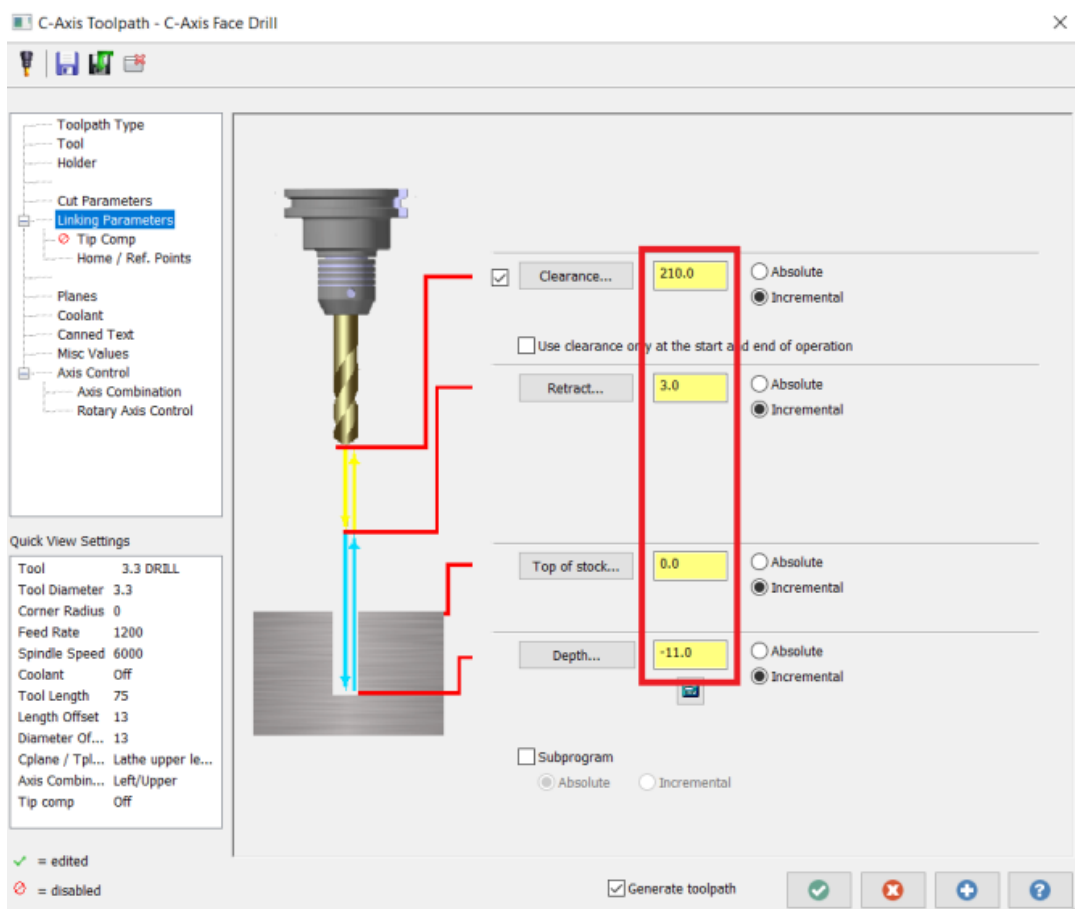
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 3,8$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 3,6$  s



Slika 96 Putanja obrade zahvata 10 - operacija 10

## Zahvat 11: Zabušiti provrt Ø3,3 H12 za izradu navoja M4

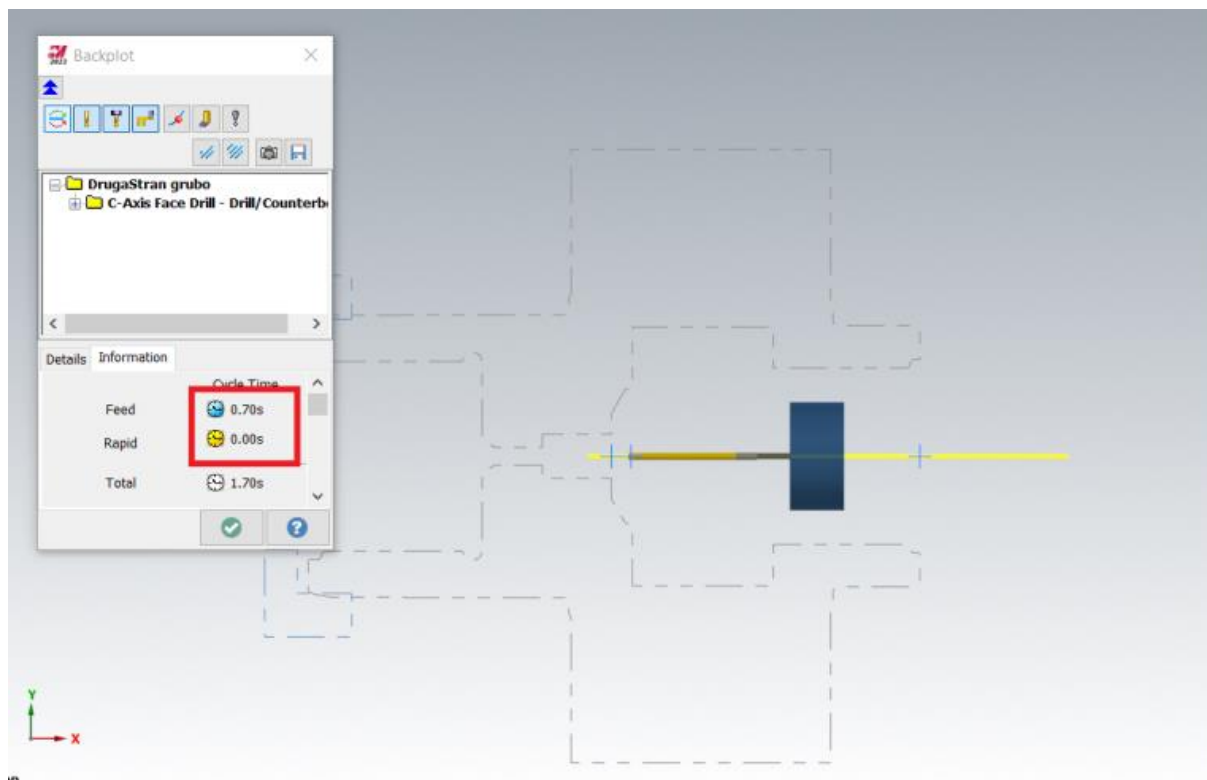
Provrti koji nisu koncentrični se izrađuju pomoću naredbe C-Axis Drill gdje se bira alat, držač alata, parametri obrade.



Slika 97 Parametri za izradu provrta pomoću C-osi – zahvat 11, operacija 10

Iščitava se i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 0,7$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 1,2$  s

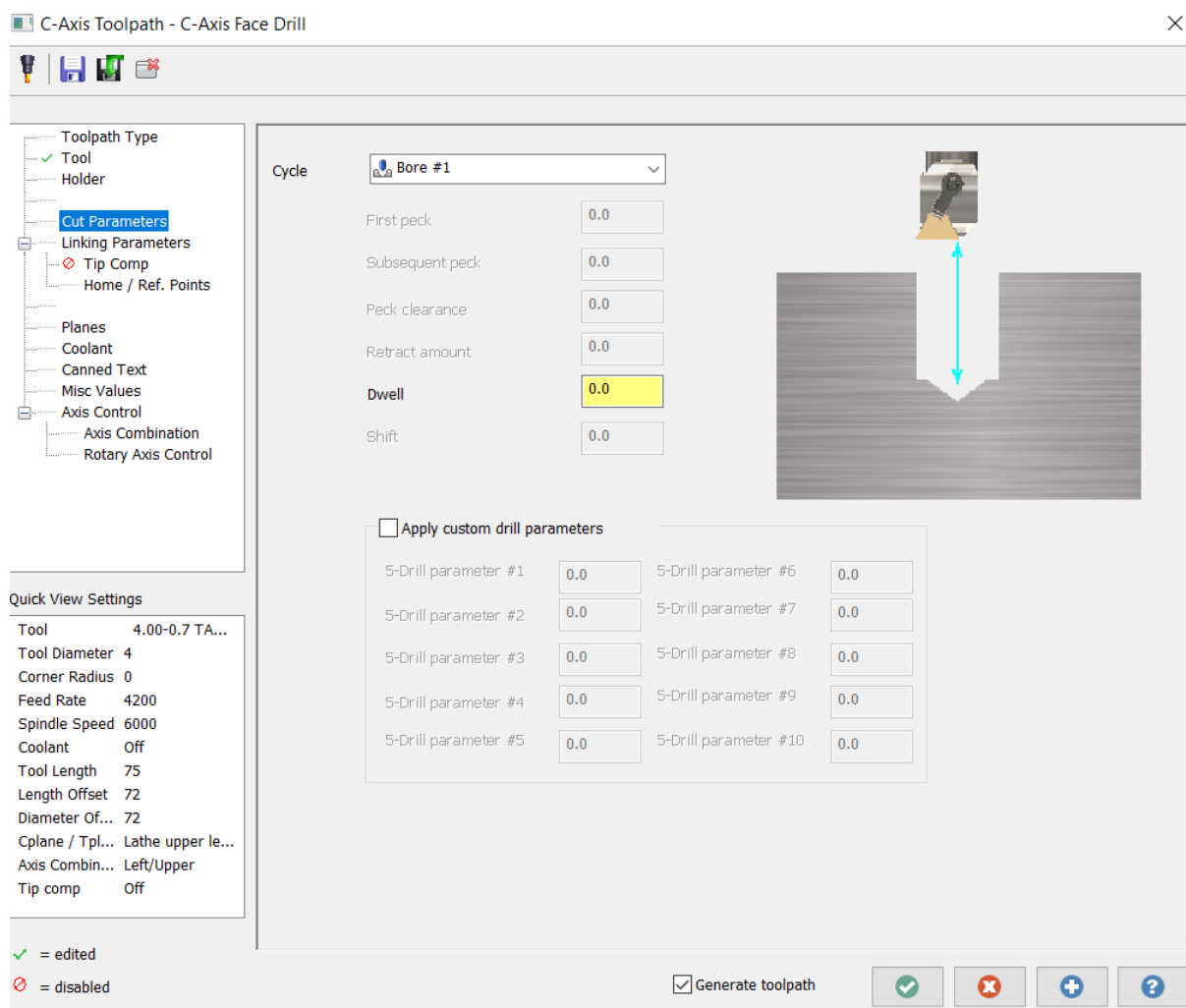


*Slika 98 Simulacijski prikaz vremena i putanje obrade - zahvat 11, operacija 10*

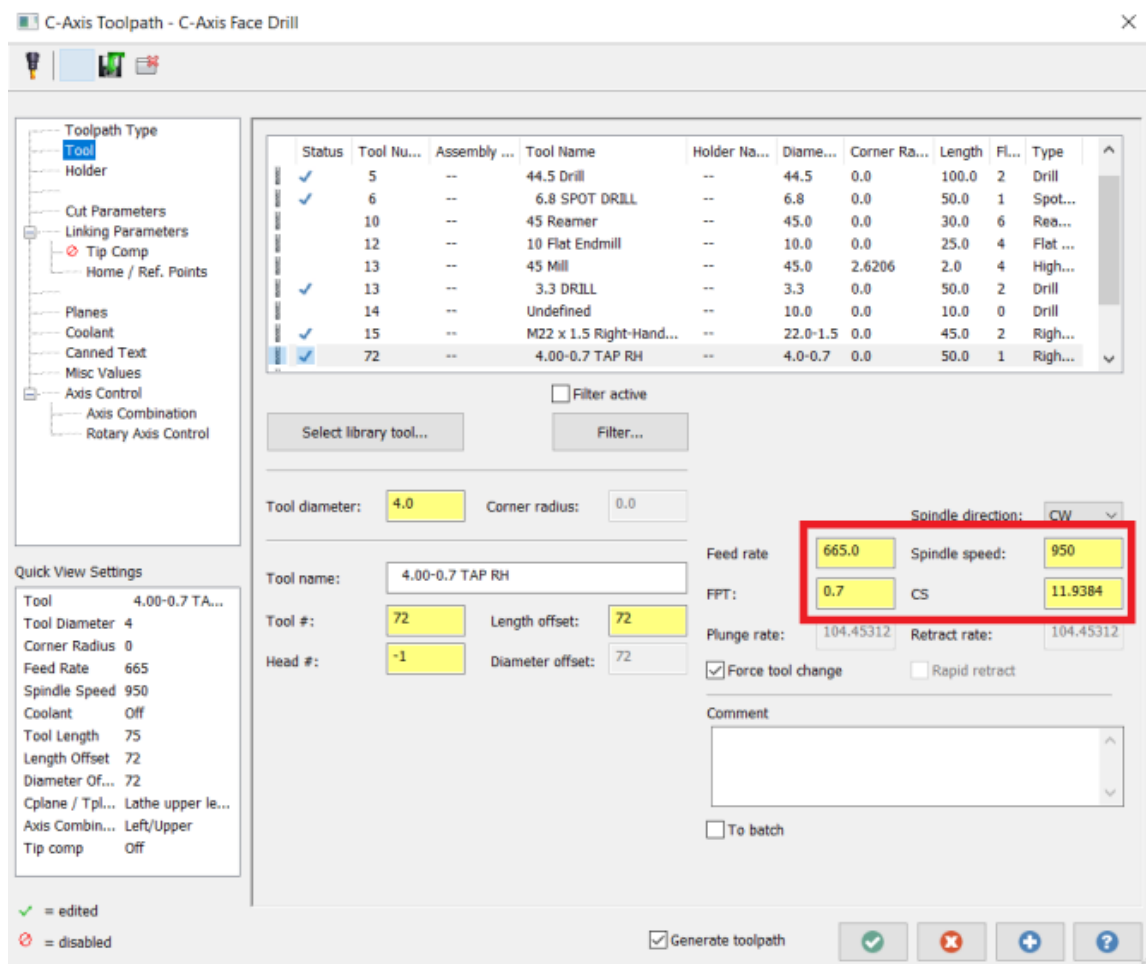


## Zahvat 12: Urezati navoj M4

Urezivanje navoja se također izvodi pomoću iste naredbe no pod karticom „Cut Parameters“ odabire se Cycle „Bore“.



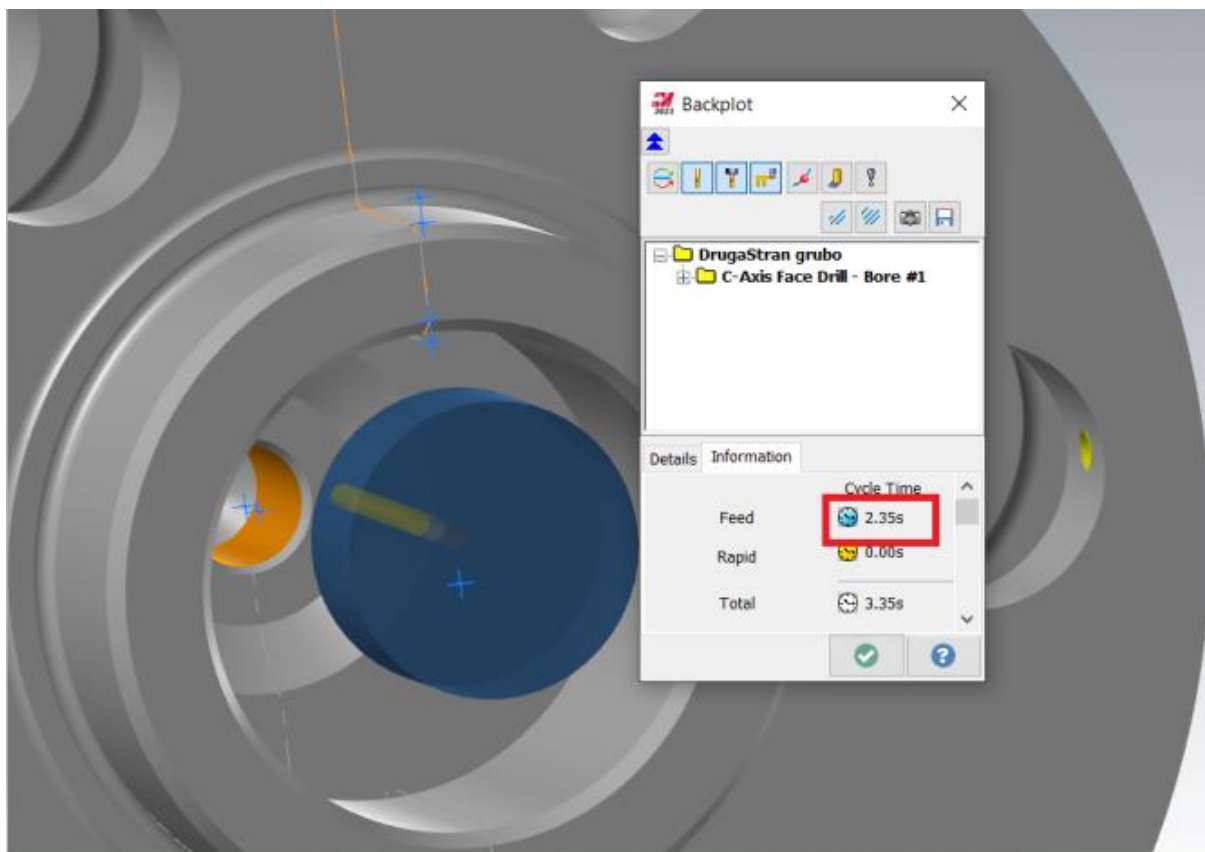
Slika 99 Postavke za urezivanje navoja - zahvat 12, operacija 10



Slika 100 Postavke obrade urezivanja navoja M4 - zahvat 12, operacija 10

Iščitava se i strojno vrijeme zahvata tom istom funkcijom te se dobiva:

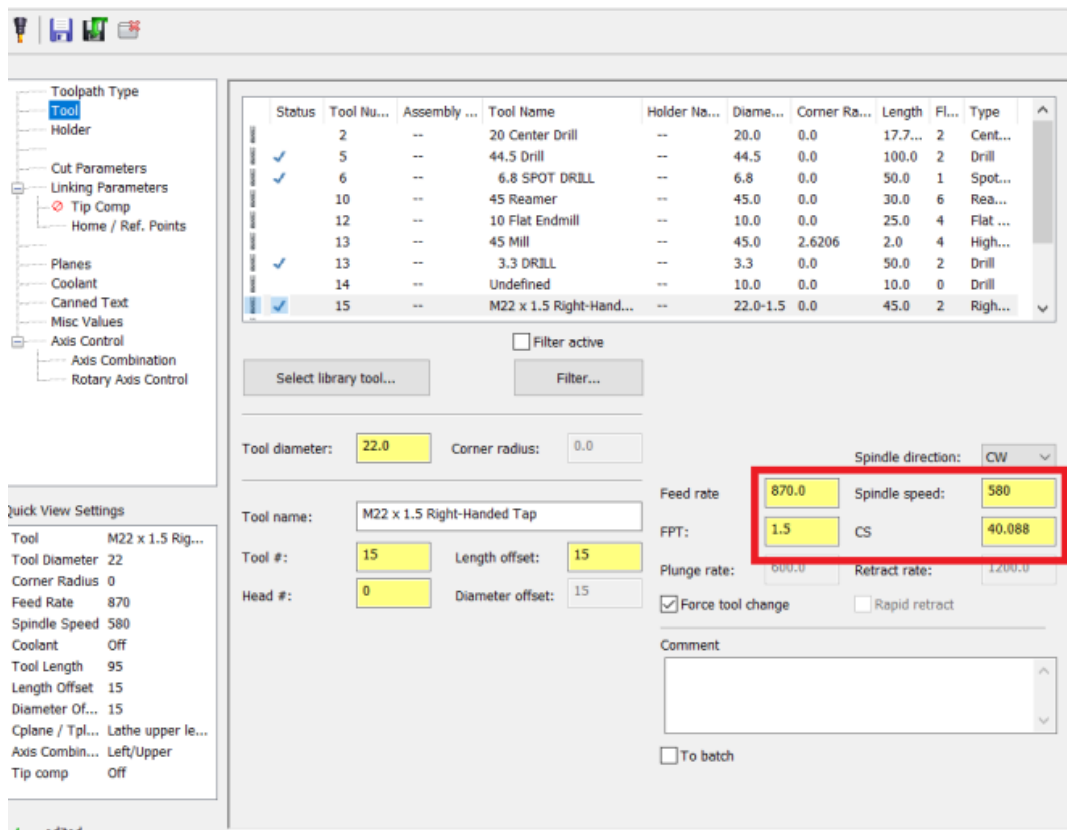
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 2,35$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 1,2$  s



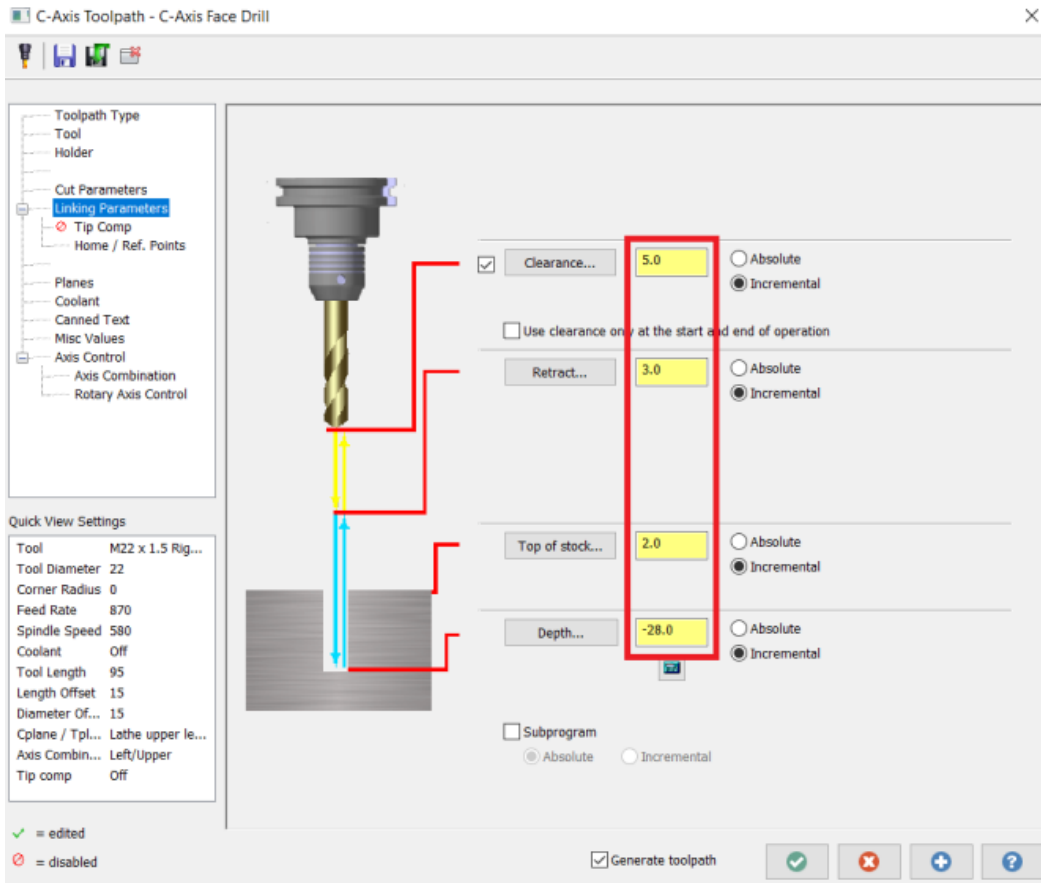
*Slika 101 Simulacijsko vrijeme i put obrade - zahvat 12, operacija 10*

### Zahvat 13: Urezivati navoj M22x1,5

Naredbom „C-axis Drill“ radi se urezivanje navoja M22 sa korakom 1,5 te se koriste sljedeći parametri.



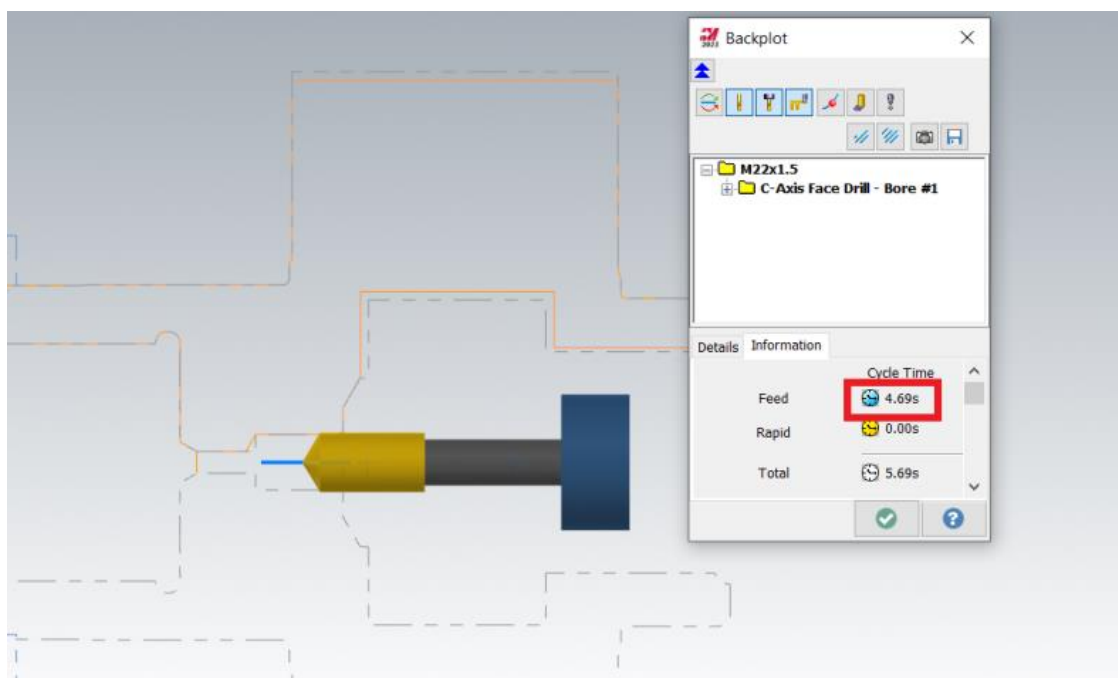
Slika 102 Parametri alata - zahvat 13, operacija 10



Slika 103 Parametri dubine urezivanja navoja, ulaza i izlaza alata - zahvat 13, operacija 10

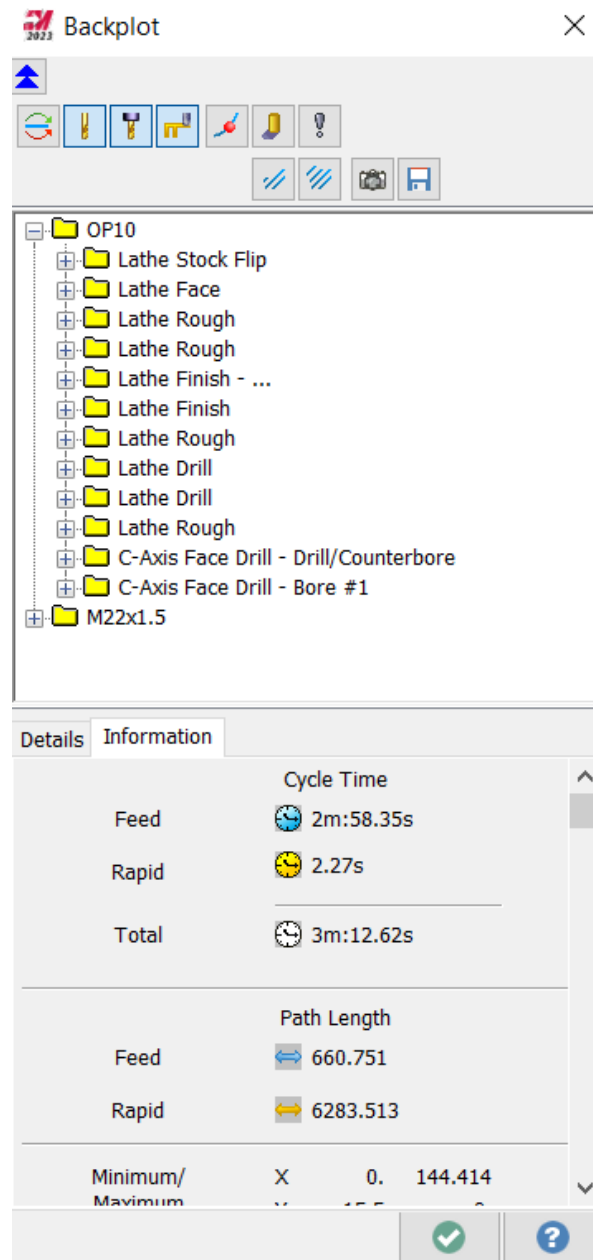
Nadalje, uspoređuje se vrijeme dobiveno simulacijom i dobiveno analitički:

- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom  $t_{st} = 4,69$  s
- Analitički izračunato strojno vrijeme  $t_{st} = 2,4$  s



*Slika 104 Putanja alata - zahvat 13, operacija 10*

Zahvat 13 je zadnji zahvat operacije 10. Na kraju se očitava sveukupno vrijeme strojnih zahvata operacije 10.



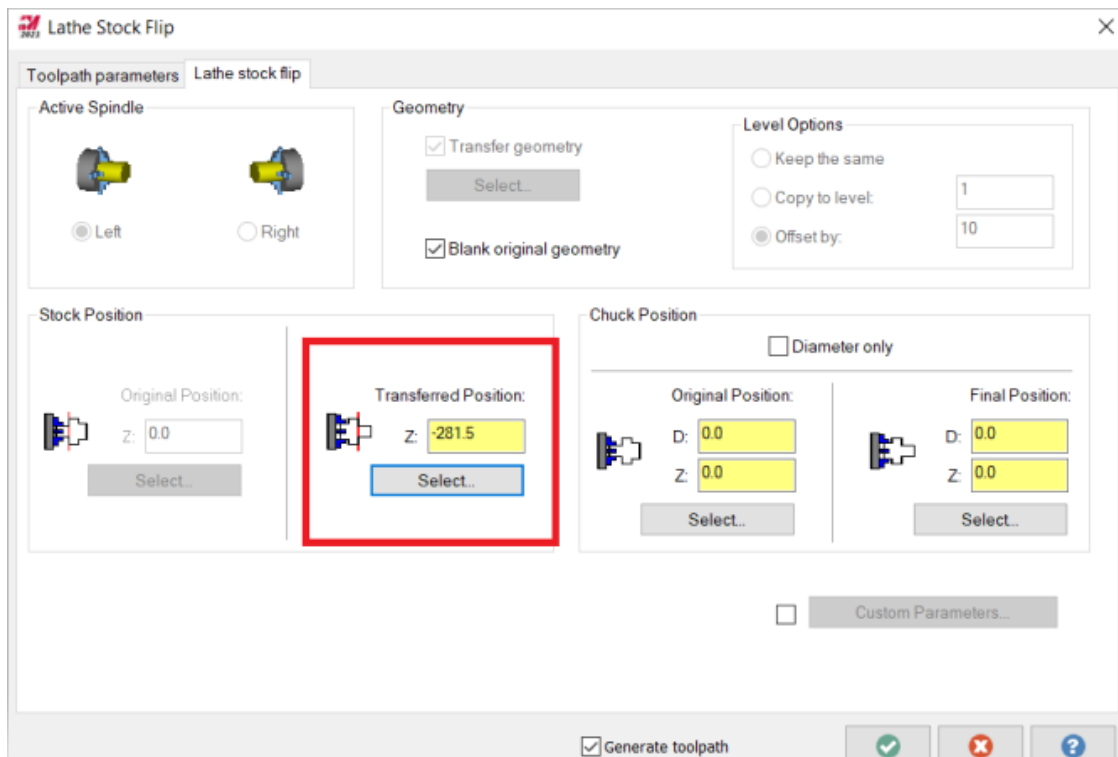
Slika 105 Strojno vrijeme svih zahvata operacije 10

Strojno vrijeme svih zahvata operacije 10 dobiveno simulacijom  $t_{st}$ : 2,97 min

Analitički izračunato ukupno strojno vrijeme operacije 10  $t_{st}$ : 3,27 min

## 7.4. Operacija 20 – drugo stezanje

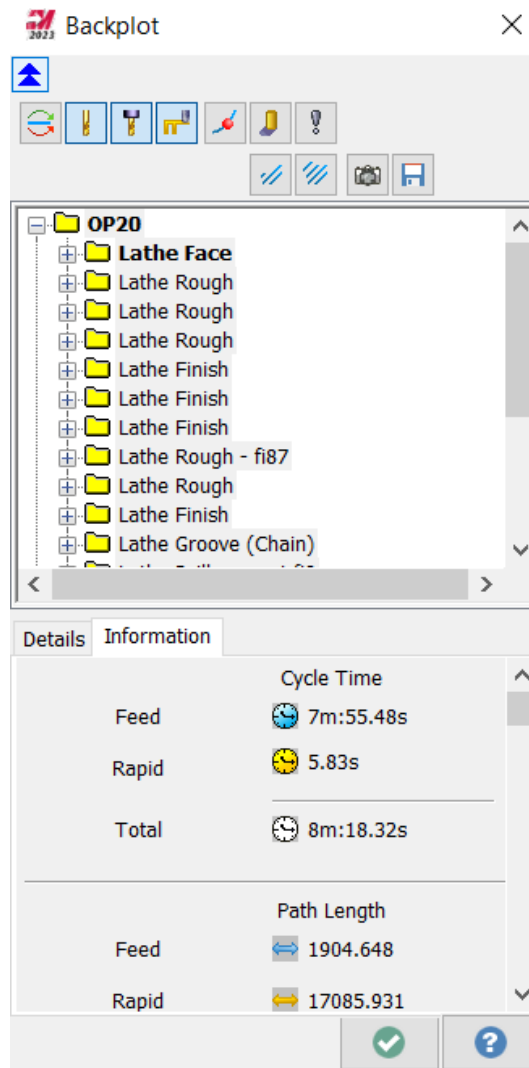
Operacija 20 bazira se na sličnim zahvatima kao operacija 10. Geometrija koju je potrebno obraditi je vrlo slična te se na istom principu izrađuje simulacije obrade. Iz tog razloga neće sedodatno objašnjavati svi zahvati operacije 20. Jedini dodatni zahvat koji se koristi je opcija „Lathe Stock Flip“ kojom se obradak rotira za 180° te se steže na suprotnu stranu.



Slika 106 „Lathe stock flip“

Nakon izrade svih zahvata jednako kao u prethodnoj operaciji možemo očitati ukupno strojno vrijeme svih zahvata.





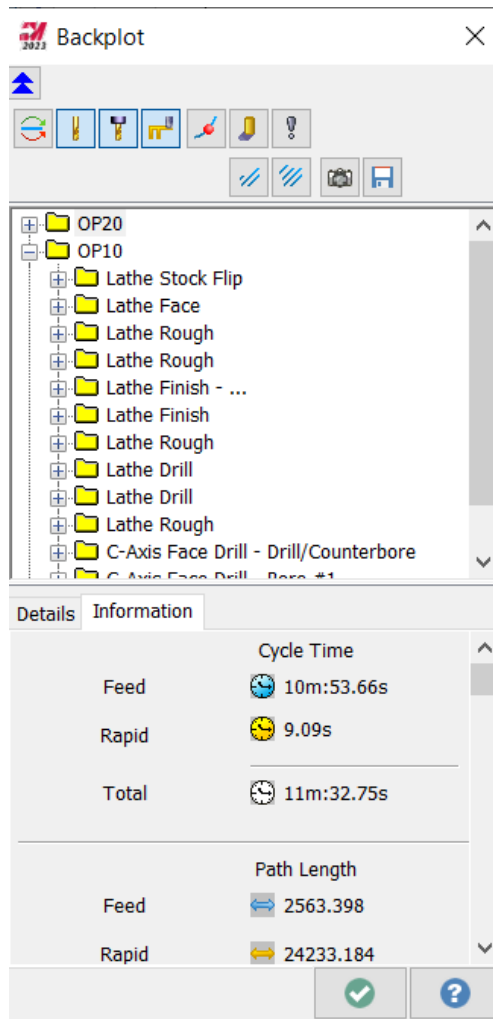
Slika 107 Strojno vrijeme svih zahvata operacije 20

Strojno vrijeme svih zahvata operacije 20 dobiveno simulacijom  $t_{st}$ : 7,92 min

Analitički izračunato ukupno strojno vrijeme operacije 10  $t_{st}$ : 7,78 min

## 7.5. Usporedba ukupnog vremena operacija dobivenim simulacijom i dobivenim analitičkim formulama

Ukupno vrijeme dobiveno simulacijom iznosi 10,88 min, dok analitički dobiveno vrijeme iznosi 11,05 min. Mala odstupanja se mogu pripisati razlici kod poprečnog tokarenja pošto je korišten prosječan broj okretaja.



The screenshot shows a software window titled "Backplot" with a close button (X). Below the title bar is a toolbar with various icons. The main area is a tree view showing a hierarchy of operations:

- OP20
  - OP10
    - Lathe Stock Flip
    - Lathe Face
    - Lathe Rough
    - Lathe Rough
    - Lathe Finish - ...
    - Lathe Finish
    - Lathe Rough
    - Lathe Drill
    - Lathe Drill
    - Lathe Rough
    - C-Axis Face Drill - Drill/Counterbore
    - C-Axis Face Drill - Bore #1

Below the tree view is a "Details" panel with an "Information" tab. It displays the following data:

Cycle Time	
Feed	10m:53.66s
Rapid	9.09s
Total	11m:32.75s

Path Length	
Feed	2563.398
Rapid	24233.184

At the bottom of the "Details" panel are two buttons: a green checkmark and a blue question mark.

## 8. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad prikazuje kako se izrađuje vratilo reduktora prema tehničkim crtežima proizvoda i odljevka. Provedena je analiza troškova i operacija izrade, s fokusom na dva tipa početnih dijelova: otkivak i odljevak. U ovom slučaju, odljevak je zadan kao ulazni materijal te je isplativiji za zadanu proizvodnu količinu, što je bilo očekivano s obzirom na tehnički crtež.

Tehnološki proces je detaljno razrađen, prikazujući ukupna vremena trajanja operacija. Razradom tehnološkog procesa dobivena su ukupna vremena trajanja operacija. Ukupno vrijeme svih operacija iznosi 58,75 min što je manje od teoretski proračunatog raspoloživog vremena za izradu jednog komada od 59,68 min. Simulacija obrade provedena je u CAD/CAM programskom paketu Mastercam za prva dva stezanja na CNC tokarskom obradnom centru. Usporedba analitički dobivenog vremena izrade s ukupnim strojnim vremenom simulacije pokazuje vrlo male razlike. Najveća odstupanja su uočena kod obrade poprečnog tokarenja, gdje se u analizi koristio prosječan broj okretaja, dok bi u stvarnosti taj program vjerojatno zahtijevao prilagodbe na stroju.

Bez obzira na suvremene CAD/CAM sustave, naglašava se važnost temeljnog razumijevanja tehnoloških procesa i tehnologije obrade. Mastercam može olakšati proces, ali trenutno ne postoji softver koji bi samostalno mogao razviti tehnologiju obrade ili nadomjestiti nedostatke u znanju. Summa summarum, ovaj rad pruža zadovoljavajući temelj za rješavanje stvarnih problema unutar CAD/CAM programa.

## SAŽETAK

Zadatak ovog diplomskog rada je projektiranje tehnološkog procesa vratila reduktora u određenoj godišnjoj količini prema zadanim tehničkim nacrtima gotovog proizvoda i ulaznog poluproizvoda (otkivka) koji su dani u prilogu. U prvom dijelu rada provodi se klasičan analitički postupak projektiranja tehnološkog procesa koji uključuje: konstrukcijsku i tehnološku analizu izratka, analizu materijala izrade, tehno – ekonomsku analizu, strukturiranje operacija i detaljnu razradu operacija. Kao ulazni poluproizvod zadan je odljevak na kojem se temelji daljnji proces strukturiranja i razrade operacija. U skladu s tim definira se potrebna strojna oprema i alati. Režimi rada su određeni su prema preporukama proizvođača alata Sandvik. Na temelju preporučenih režima obrade izračunata su vremena trajanja pojedinih zahvata i operacija te je izrađena tehnološka dokumentacija (popis operacija, popis alata, popis strojeva i operacijski listovi). U konačnici provedena je i simulacija procesa obrade u CAD/CAM programskom paketu Mastercam. Simulacijom je omogućen bolji vizualni prikaz procesa izrade i utvrđivanje potencijalnih grešaka nastalih prilikom klasičnog projektiranja. Na kraju rada provedena je kratka usporedba rezultata dobivenih analitičkom razradom i rezultata dobivenih simulacijom.

Ključne riječi: projektiranje tehnološkog procesa, operacije, vratilo reduktora, CAD/CAM, Mastercam, simulacija

## SUMMARY

The goal of this master thesis is planning a manufacturing process of gear reducer shaft with certain annual requirements according to provided technical drawings of a finished product and forged workpiece ready for CNC machining. First part of this thesis is based on analytical manufacturing process planning which includes: construction and technological analysis of the workpiece, production material analysis, techno – economical analysis and detailed elaboration and structuring of all operations. As an entry workpiece, casted piece was obtained as an input material on which all manufacturing operations are based. According to that, required machines are chosen, as well as tooling. Machining parameters are based on tool manufacturer's (Sandvik) recommendations. Duration of all operations was calculated and documented (list of operations, tooling list, machine list, operation sheets). Second part of this thesis includes a simulation of machining process in CAD/CAM software Mastercam. The simulation is done because it enables a better visual presentation of the manufacturing process and the identification of potential errors that can occur during analytical design. At the end, a short comparison of operation times of analytical process planning and Mastercam simulation was performed.

Key words: process planning, operations, gearbox shaft, CAD/CAM, Mastercam, simulation

## LITERATURA

- [1] prof. dr. sc. Perinić, M: „podloge za predavanja iz kolegija Osnove tehnoloških procesa“, Tehnički fakultet Rijeka, 2018.
- [2] S interneta, <https://www.haascnc.com/it/machines/lathes/st/models/standard/st-10.html>, pristupio 20. studenog 2023
- [3] S interneta, <https://www.bourn-koch.com/machine/bourn-koch-1000-vbg/>, pristupio 20. studenog 2023
- [4] S interneta,  
<https://www.eldec.net/produkte/induktionshaertemaschinen/induktionshaertemaschinen-mind-xl-750-/-1500>, pristupio 20. studenog 2023
- [5] S interneta,  
<https://www.studer.com/en/cylindrical-grinding-machines/grinding/product/s30/>, pristupio 21. studenog 2023
- [6] S interneta, <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb>, pristupio 20. listopada 2023
- [7] Đogaš, M.; „Projekt tehnološkog procesa vratila reduktora“, diplomski rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2020

## POPIS SLIKA

Slika 1 CNC tokarski obradni centar HAAS-ST-10.....	12
Slika 2 Skica zahvata 2, operacija 10 .....	13
Slika 3 Prikaz izbora alata i režima rada .....	15
Slika 4 Skica zahvata 3, operacija 10 .....	16
Slika 5 Prikaz izbora alata i režima rada .....	18
Slika 6 Skica zahvata 4, operacija 10 .....	19
Slika 7 Prikaz izbora alata i režima rada .....	21
Slika 8 Skica zahvata 5, operacija 10 .....	22
Slika 9 Detalj C s dodacima za obradu brušenjem.....	22
Slika 10 Prikaz izbora alata i režima rada.....	24
Slika 11 Skica zahvata 6, operacija 10 .....	25
Slika 12 Prikaz izbora alata i režima rada.....	27
Slika 13 Skica zahvata 7, operacija 10 .....	28
Slika 14 Prikaz izbora alata i režima rada.....	30
Slika 15 Skica zahvata 8, operacija 10 .....	30
Slika 16 Prikaz izbora alata i režima rada.....	32
Slika 17 Skica zahvata 10, operacija 10 .....	33
Slika 18 Prikaz izbora alata i režima rada.....	35
Slika 19 Skica zahvata 10, operacija 10 .....	36
Slika 20 Prikaz izbora alata i režima rada.....	38
Slika 21 Skica zahvata 11, operacija 10 .....	39
Slika 22 Prikaz izbora alata i režima rada.....	40
Slika 23 Skica zahvata 12, operacija 10 .....	41
Slika 24 Skica zahvata 13, operacija 10 .....	42
Slika 25 CNC tokarski obradni centar HAAS-ST-10.....	45
Slika 26 Skica zahvata 2, operacija 20 .....	46
Slika 27 Prikaz izbora alata i režima rada.....	48
Slika 28 Skica zahvata 3, operacija 20 .....	49
Slika 29 Skica zahvata 4, operacija 20 .....	50
Slika 30 Skica zahvata 5, operacija 20 .....	52
Slika 31 Skica zahvata 6, operacija 20 .....	54
Slika 32 Skica zahvata 7, operacija 20 .....	56

Slika 33 Operacija 20 - Detalj B s dodacima za obradu brušenjem .....	57
Slika 34 Skica zahvata 8, operacija 20 .....	59
Slika 35 Skica zahvata 9, operacija 20 .....	61
Slika 36 Skica zahvata 10, operacija 20 .....	63
Slika 37 Prikaz izbora alata i režima rada.....	65
Slika 38 Skica zahvata 11, operacija 20 .....	66
Slika 39 Skica zahvata 12, operacija 20 .....	68
Slika 40 Prikaz izbora alata i režima rada.....	69
Slika 41 Skica zahvata 13, operacija 20 .....	70
Slika 42 Prikaz izbora alata i režima rada.....	71
Slika 43 Skica zahvata 14, operacija 20 .....	72
Slika 44 Skica zahvata 16, operacija 20 .....	74
Slika 45 Skica zahvata 16, operacija 20 .....	76
Slika 46 Prikaz izbora alata i režima rada.....	77
Slika 47 Skica zahvata 17, operacija 20 .....	78
Slika 48 Paramteri za postizanje mjere Ø45H7 .....	80
Slika 49 Skica zahvata 18, operacija 20 .....	80
Slika 50 CNC odvalna dubilica „Bourn & Koch 1000 VBS“ .....	84
Slika 51 Skica zahvata 2, operacija 30 .....	86
Slika 52 Peć za indukcijsko kaljenje: „EMAG MIND 1500“ .....	89
Slika 53 Skica zahvata 2, operacija 40 .....	91
Slika 54 Skica zahvata 3, operacija 40 .....	92
Slika 55 Brusilica „Studer S30“ .....	94
Slika 56 Skica presjeka vratila reduktora sa označenim stranama.....	95
Slika 57 Skica zahvata 2, operacija 50 .....	96
Slika 58 Skica zahvata 2, operacija 60 .....	99
Slika 59 Skica zahvata 3, operacija 60 .....	101
Slika 60 Skica zahvata 4, operacija 60 .....	103
Slika 61 Kartica Transform --> Dynamic .....	121
Slika 62 Odabir nul - točke koordinatnog sustava .....	121
Slika 63 Prikaz izvlačenja presjeka naredbom "Turn profile" .....	122
Slika 64 Sirovac označen sivom bojom.....	122
Slika 65 Odabir stroja za obradu .....	123
Slika 66 Stock Setup.....	123
Slika 67 Odabir geometrije za Stock Setup .....	124



Slika 68 Odabiranje postavki načina stezanja izratka .....	125
Slika 69 Konačni izgled stegnutog izratka .....	125
Slika 70 Odabir alata i režima obrade za zahvat 2, operacija 10 .....	127
Slika 71 Odabir parametara obrade kod zahvata 2, operacija 10 .....	127
Slika 72 Funkcija "Backplot" .....	128
Slika 73 Operacija 10 – simulacija zahvata 2 uz strojno vrijeme .....	128
Slika 74 Odabir alata i režima obrade za zahvat 3,4 operacija 10 .....	129
Slika 75 Odabir parametara obrade kod zahvata 3,4 operacija 10 .....	130
Slika 76 Operacija 10 – simulacija zahvata 3,4 uz strojno vrijeme .....	131
Slika 77 Odabir alata i režima obrade za zahvat 5,6 operacija 10 .....	135
Slika 78 Odabir parametara obrade kod zahvata 5,6 operacija 10 .....	136
Slika 79 Operacija 10 – simulacija zahvata 5,6 uz strojno vrijeme .....	137
Slika 80 Odabir alata i režima obrade za zahvat 7, operacija 10 .....	140
Slika 81 Odabir parametara obrade kod zahvata 7, operacija 10 .....	141
Slika 82 Operacija 10 – simulacija zahvata 7 uz strojno vrijeme .....	142
Slika 83 Odabir alata i režima obrade za zahvat 8, operacija 10 .....	143
Slika 84 Odabir parametara bušenja kod zahvata 8, operacija 10 .....	144
Slika 85 Vrijeme dobiveno simulacijom – zahvat 8, operacija 10 .....	145
Slika 86 Odabir alata i režima obrade za zahvat 9, operacija 10 .....	146
Slika 87 Odabir parametara bušenja kod zahvata 9, operacija 10 .....	147
Slika 88 Vrijeme dobiveno simulacijom – zahvat 9, operacija 10 .....	148
Slika 89 Odabir alata i režima obrade za zahvat 10, operacija 10 .....	149
Slika 90 Odabir parametara bušenja kod zahvata 10, operacija 10 .....	150
Slika 91 Parametri za izradu provrta pomoću C-osi – zahvat 11, operacija 10 .....	152
Slika 92 Simulacijski prikaz vremena i putanje obrade - zahvat 11, operacija 10 .....	153
Slika 93 Postavke za urezivanje navoja - zahvat 12, operacija 10 .....	154
Slika 94 Postavke obrade urezivanja navoja M4 - zahvat 12, operacija 10 .....	155
Slika 95 Simulacijsko vrijeme i put obrade - zahvat 12, operacija 10 .....	156
Slika 96 Parametri alata - zahvat 13, operacija 10 .....	157
Slika 97 Parametri dubine urezivanja navoja, ulaza i izlaza alata - zahvat 13, operacija 10 .....	158
Slika 98 Putanja alata - zahvat 13, operacija 10 .....	159
Slika 99 Strojno vrijeme svih zahvata operacije 10 .....	160
Slika 100 „Lathe stock flip“ .....	161
Slika 101 Strojno vrijeme svih zahvata operacije 20 .....	162

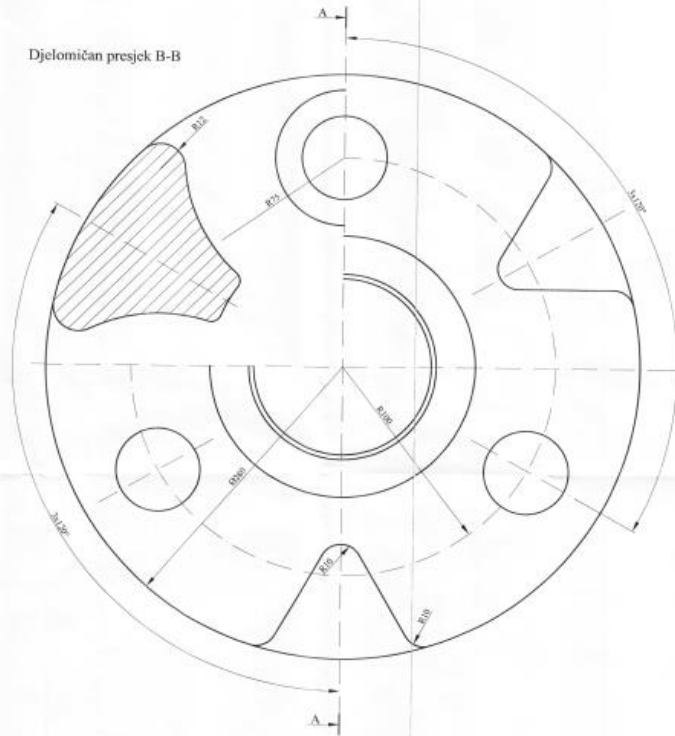
## PRILOG

Tehnički nacrt gotovog proizvoda vratila reduktora

Tehnički nacrt ulaznog poluproizvoda – odljevka

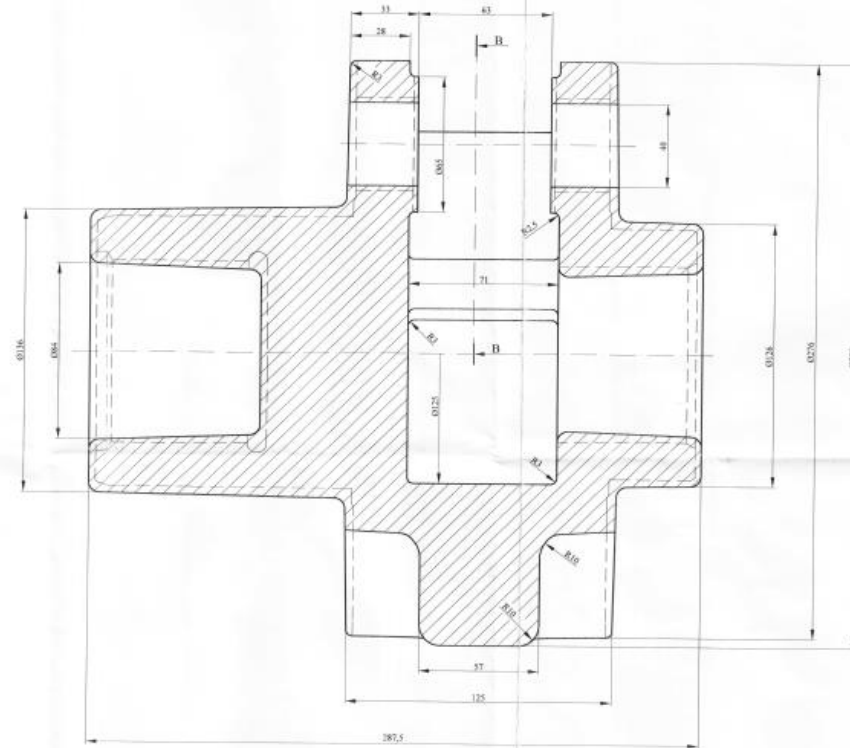


Djelomičan presjek B-B



Napomena:  
 Nekotirana zaobljenja izvesti sa R5.  
 Odljevak očičen, pjeskaren i temeljno obojan.  
 Vanjska skošenja izvesti sa 1°.  
 Unutarnja skošenja izvesti sa 2°.

Presjek A-A



Dozvoljena odstupanja - HRN, MA1.410	
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	Mjesto	Datum	TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA
Član		30.07.2012	
Prehobit			Nastavnik: BP0134D Materijal: ČI. 4732 - 40x40x60mm List: 1 Listova: 1
Prispos			
Mjerilo			ODLJEVAK VRATILA REDUKTORA
1:1			