

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://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:190:873568>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-17**



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 ispitу i završetku diplomskih sveučilišnih studija izjavljujem da sam samostalno izradio diplomički rad pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Mladena Perinića i komentatora doc. dr. sc. Davida Ištakovića 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 Ištakoviću 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 OBRADE	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 – induksijsko 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 OBRADE 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 boljakonkurentnost 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 kvaliteti površine tiče, naznačene su one površine koje su obrađene do stupnja površinske hrapavosti N4, N5 i N7, a sve ostalo je odraćeno sa stupnjem površinske hrapavosti N8. Također, postoji nekoliko toleriranih površina. Dozvoljena odstupanja toleriranih površina podaci o ozubljenjima dani su u nastavku (Tablica 1 i 2):

Tablica 1 Podaci o dosjedima

ø33 H12	+0,020
	0
ø45 H7	+0,027
	0
ø120 m6	+0,035
	+0,013
ø129,5 h10	0
	-0,160
ø130 m6	+0,040
	+0,015
ø95 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
Premak profila	x _e m	+1,3
Zahvatni kut	α	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 dobole 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 ($> 500 ^\circ\text{C}$) 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 tehnico – ekonomskog stajališta. Previše je materijala koji treba skinuti što bi značilo duže vrijeme izrade, a to znači veći finansijski 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	$\pm 1,9$
od 30-50	$\pm 2,0$
od 50-80	$\pm 2,1$
od 80-120	$\pm 2,3$
od 120-180	$\pm 2,5$
od 180-250	$\pm 2,7$
od 250-315	$\pm 2,9$

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 vrijeme izrade po komadu.

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

Teoretski takt izračinava se prema izrazu:

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

gdje je: K – raspoloživi godišnji kapacitet proizvodne opreme

q_i – godišnja količina gotovih proizvoda koje treba proizvesti

Raspoloživi godišnji kapacitet opreme:

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

gdje je:

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

Pretpostavljamo:

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

Uvrštavajući vrijednosti dobivamo raspoloživi godišnji kapacitet proizvodne opreme:

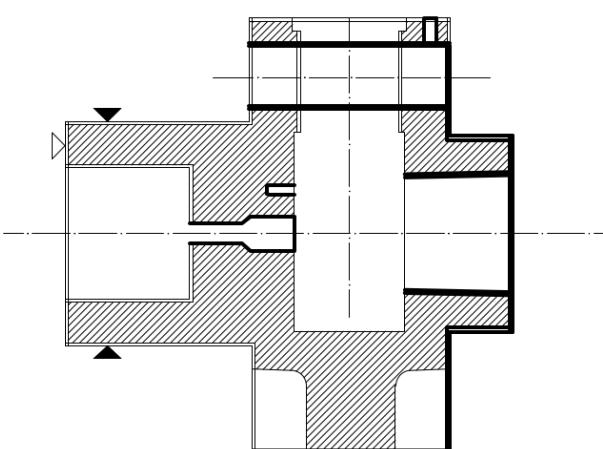
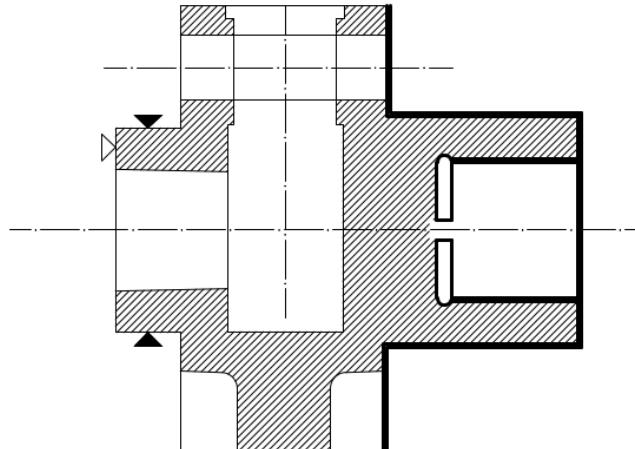
$$K = d \cdot s \cdot h \cdot \eta = 265 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,858 \approx 3637 \frac{\text{sati}}{\text{god}}$$

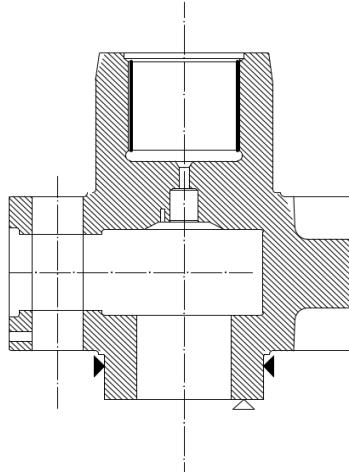
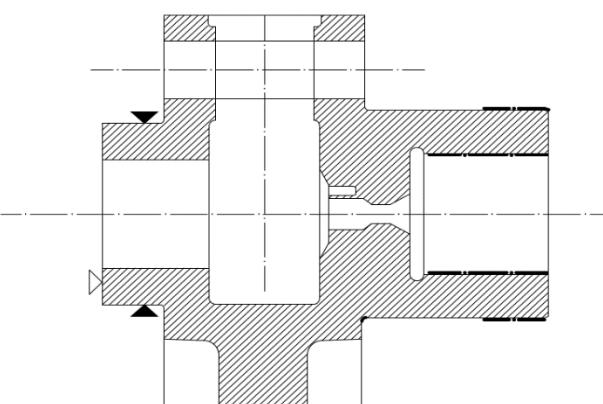
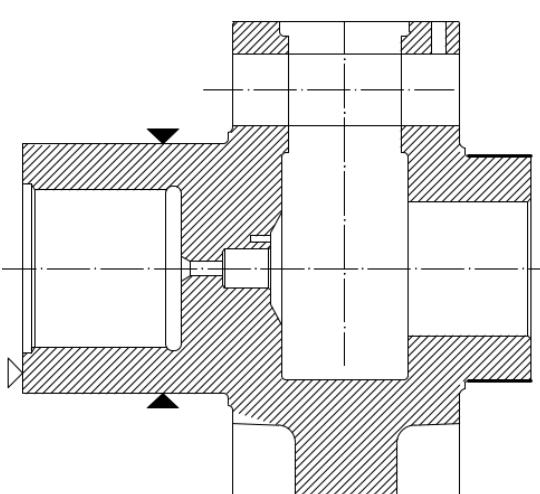
Godišnja količina vratila reduktora iznosi 5000 kom/god.

Sada možemo izračunati i teoretski takt proizvodnje:

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

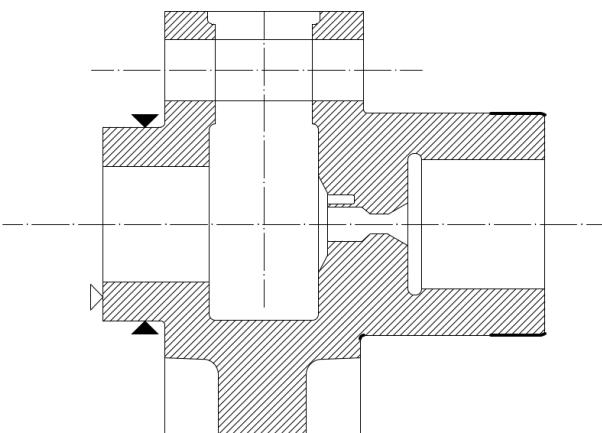
4. STRUKTURIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE VRATILA REDUKTORA

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

30	Izrada unutarnjeg ozubljenja		CNC odvalna dubilica
40	Kaljenje		Stroj za induksijsko kaljenje
50	Brušenje		Univerzalna brusilica

60

Brušenje,
Poliranje



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 [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

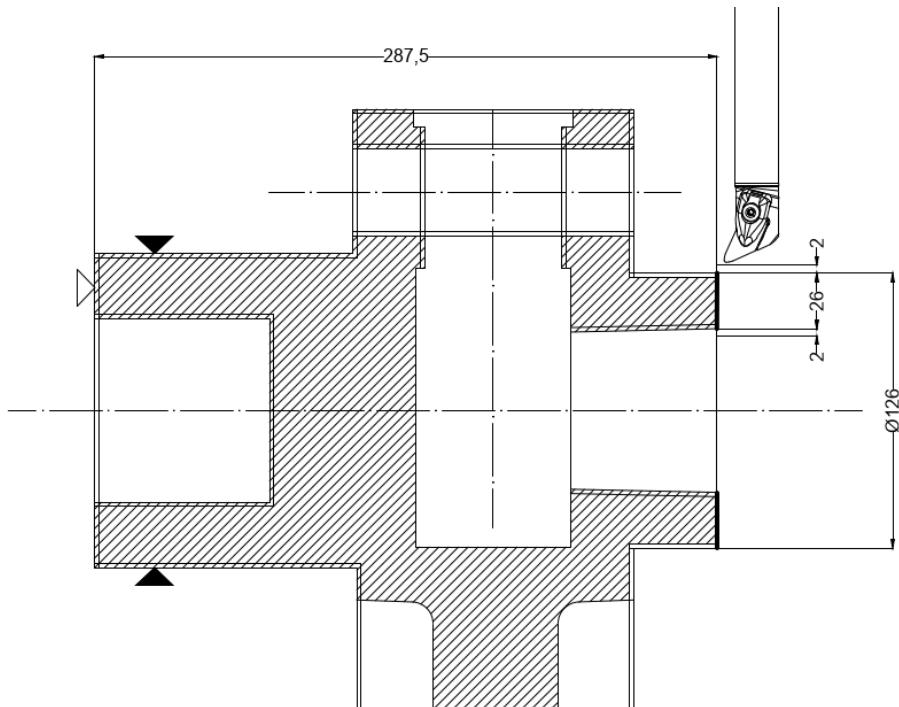
Zahvat 1: Podići i stegnuti izradak

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 $t = 0,25 \text{ min}$
-
- 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°

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):

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

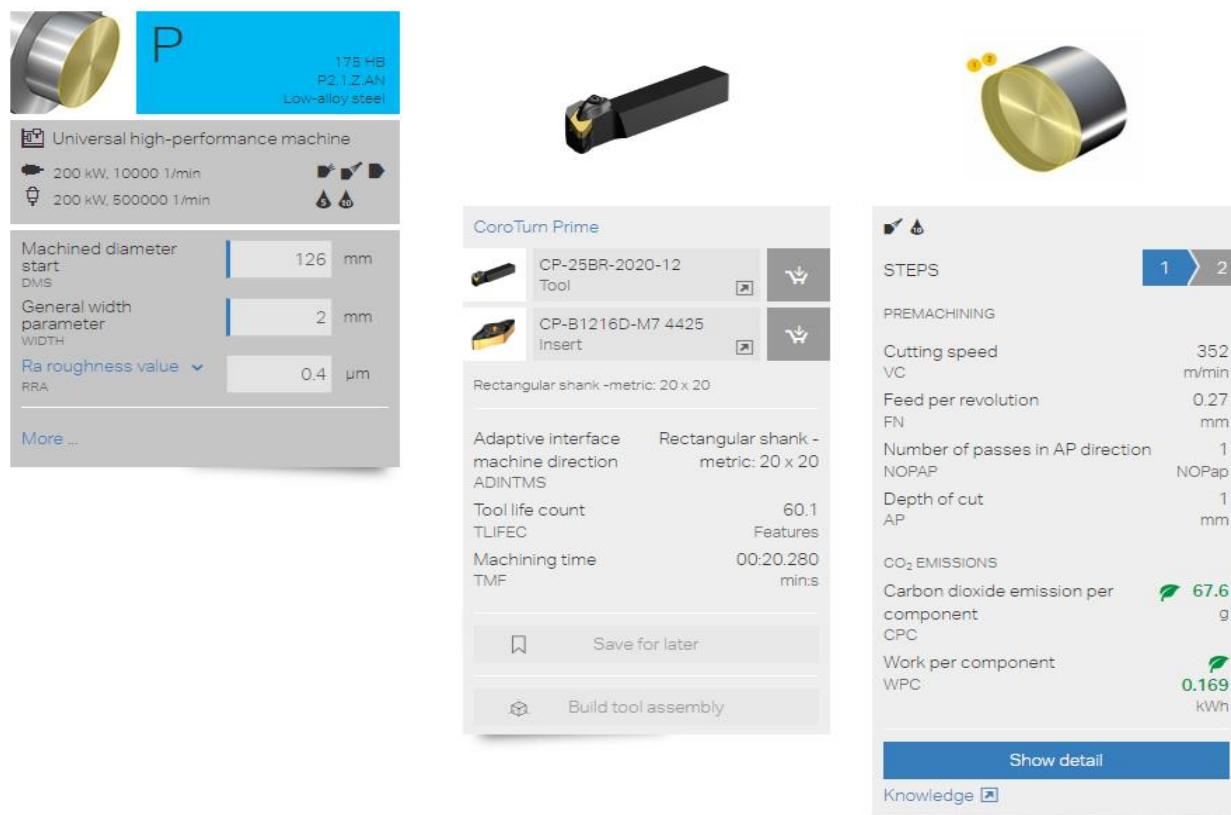
Ručno vrijeme:

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

FACING OF BAR

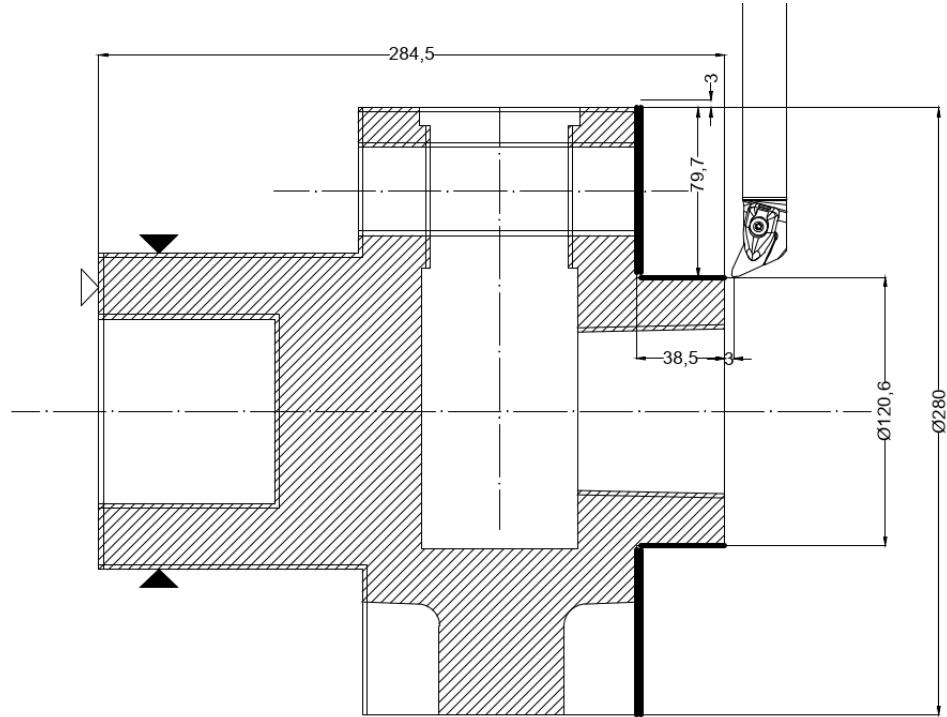
TURNING EXTERNAL ONLY FACING /
INDEXABLE

CUTTING DATA



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

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:

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

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

TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE

CUTTING DATA

The screenshot displays three main sections: 'FACING OF BAR', 'TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE', and 'CUTTING DATA'.

FACING OF BAR: Shows a 3D model of a cylindrical part with a machined face. The material is listed as 175 HB P2,1Z,AN Low-alloy steel. A tool icon indicates a Universal high-performance machine. Cutting parameters shown are 200 kW, 10000 1/min and 200 kW, 500000 1/min. Machined diameter start DMS is 126 mm, general width parameter WIDTH is 2 mm, and Ra roughness value RRA is 0.4 μm.

TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE: Shows a 3D model of a turning tool (CoroTurn Prime) with a rectangular shank. It lists the tool as CP-25BR-2020-12 Tool and the insert as CP-B1216D-M7 4425 Insert. The shank has a size of 20 x 20 mm.

CUTTING DATA: Shows a 3D model of the machined part with two yellow dots indicating machining points. It details the cutting process: PREMACHINING with a cutting speed of 352 m/min, feed per revolution of 0.27 mm, and depth of cut of 1 mm. It also shows CO₂ EMISSIONS (67.6 g) and work per component (0.169 kWh).

Tool Selection Summary:

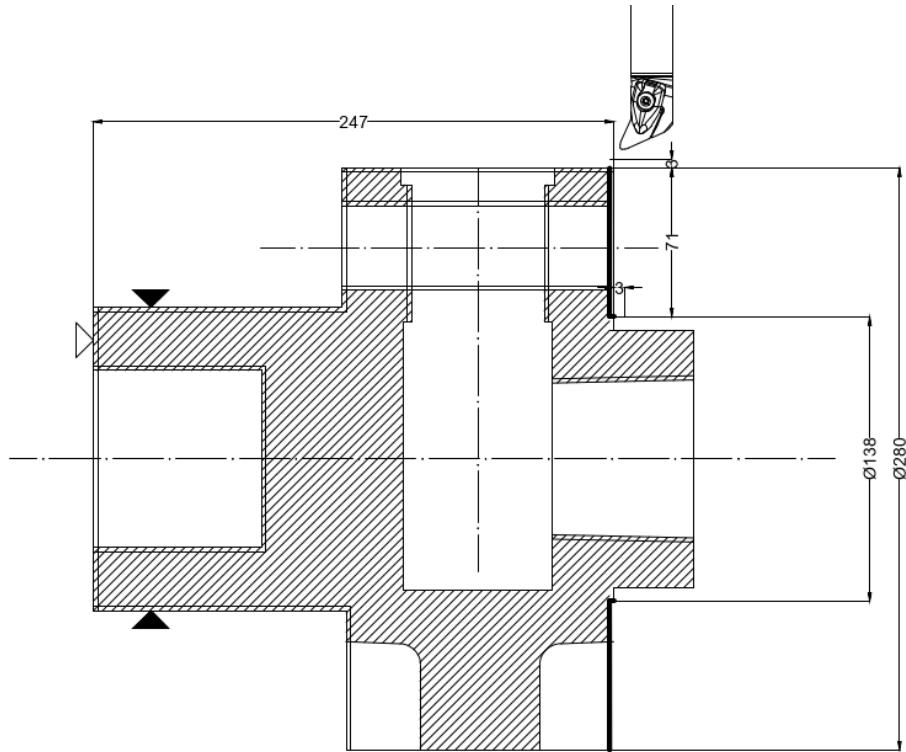
Tool Type	Tool ID	Insert ID
Tool	CP-25BR-2020-12	CP-B1216D-M7 4425
Insert	CP-B1216D-M7 4425	CP-B1216D-M7 4425

Process Details:

- STEPS:** 1 → 2
- PREMACHINING:**
 - Cutting speed: 352 m/min
 - Feed per revolution: 0.27 mm
 - Number of passes in AP direction: 1 NOPAP
 - Depth of cut: 1 mm
- CO₂ EMISSIONS:** 67.6 g
- Work per component:** 0.169 kWh

Slika 5 Prikaz izbora alata i rezima 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

TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL /
INDEXABLE

CUTTING DATA

The screenshot displays a software interface for tool selection and cutting parameters. At the top left, there is a preview of a cylindrical part with a yellow machined area. To its right, a large blue button labeled 'P' indicates the selected tool type: '175 HB P2.1.Z.AN Low-alloy steel'. Below this, a section titled 'Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)' shows tooling details: '25 kW, 4000 1/min'. The main configuration area includes the following settings:

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	ON

Below these settings are two buttons: 'Save for later' and 'Build tool assembly'.

In the center, a 'CoroTurn Prime' panel lists the selected 'Tool' (CP-25BR-2020-12) and 'Insert' (CP-B1216D-M7 4425). It also specifies 'Rectangular shank -metric: 20 x 20 ADINTMS'.

To the right, a 'PREMACHINING' panel provides detailed machining parameters:

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

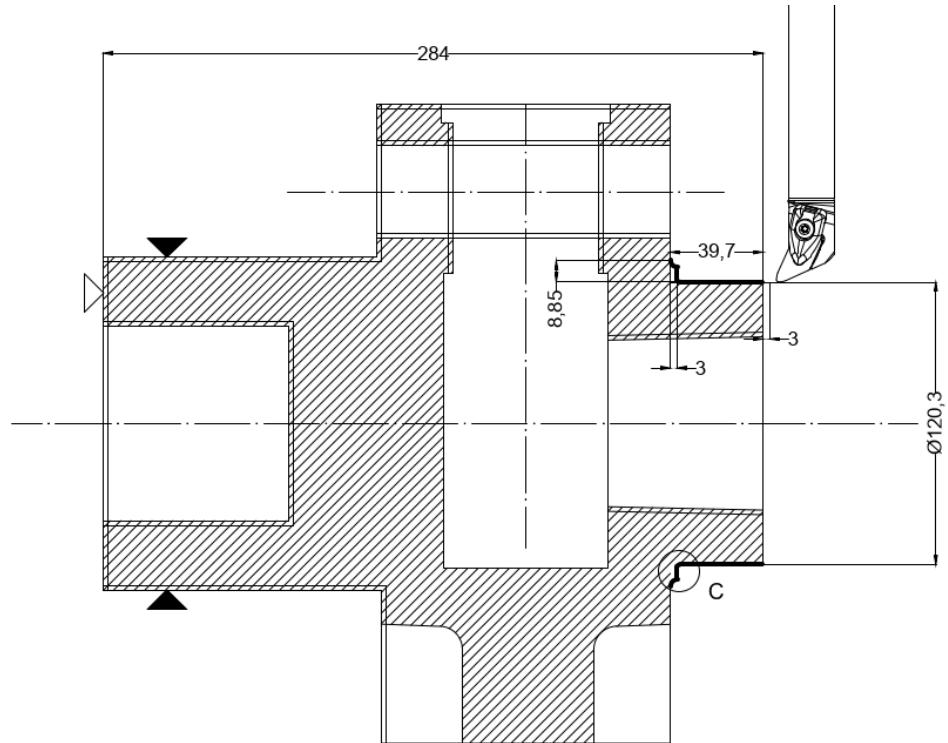
At the bottom right, environmental data is shown:

CO ₂ EMISSIONS	Carbon dioxide emission per component CPC	23.1 g
Work per component WPC	0.105 kWh	

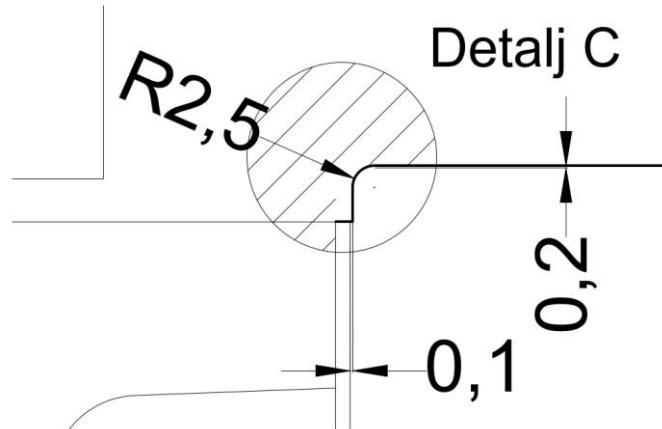
A 'Show detail' button is located at the bottom right of the panel.

Slika 7 Prikaz izbora alata i rezima 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°

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:

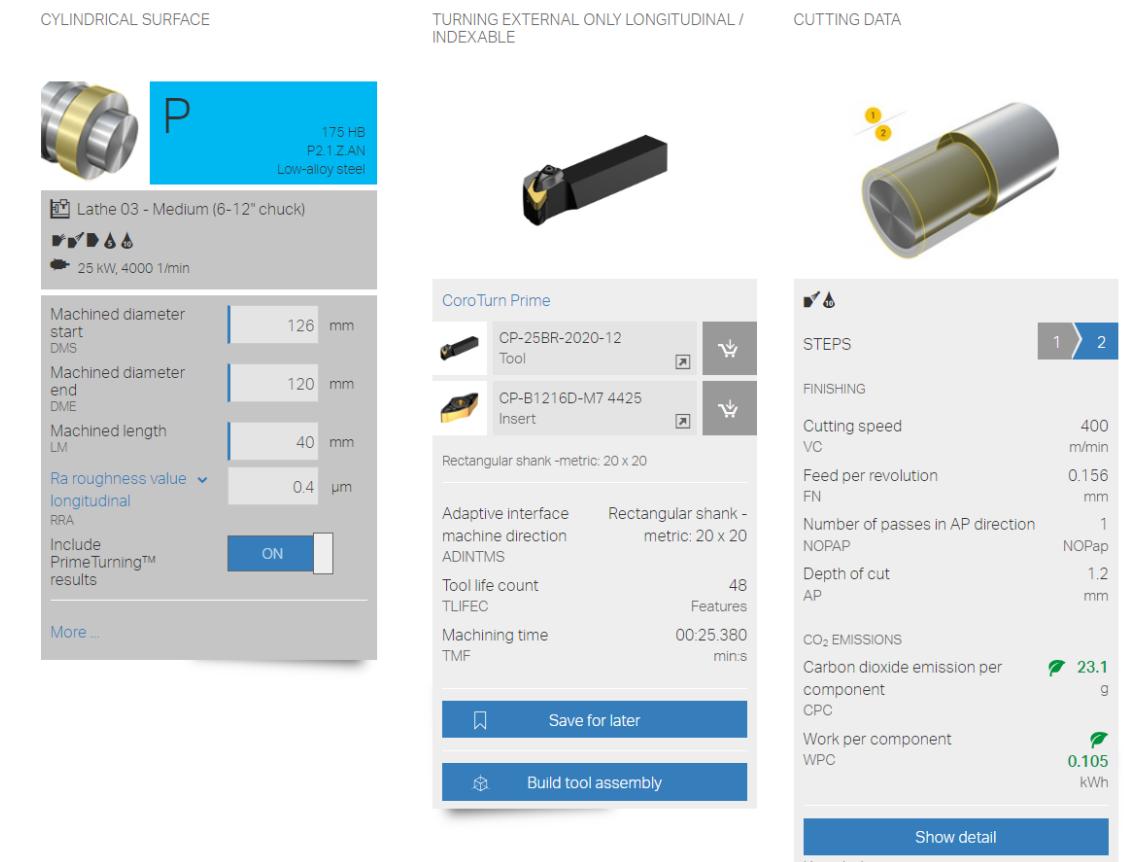
$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (8,85 + 3)}{0,156 \cdot 970} = 0,08 \text{ min}$$

Ukupno strojno vrijeme zahvata:

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

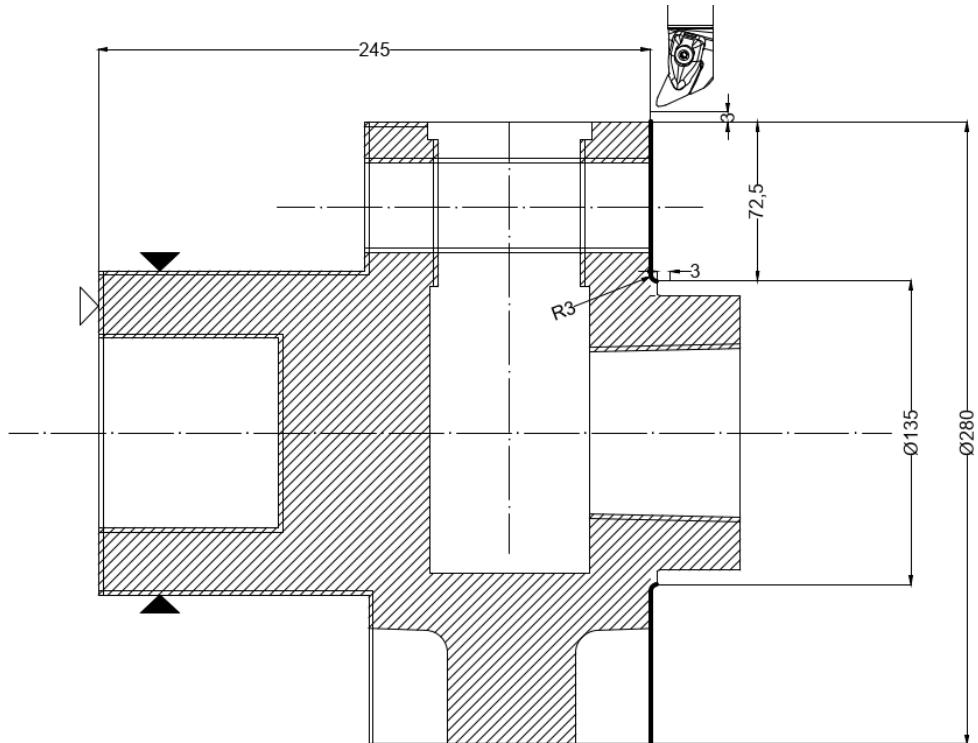
Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



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°

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

The screenshot displays a CAD software interface for tool selection and cutting parameters. At the top, there are two images: a black rectangular tool on the left and a cylindrical part with a yellow machining path on the right. Below these are two tabs: 'CoroTurn Prime' and 'CUTTING DATA'. The 'CoroTurn Prime' tab is active, showing the following details:

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

Below the tool information, there is a section for 'Rectangular shank -metric: 20 x 20' and a 'Tool life count' section. The 'Tool life count' section includes 'TLIFEC' and 'Machining time TMF'.

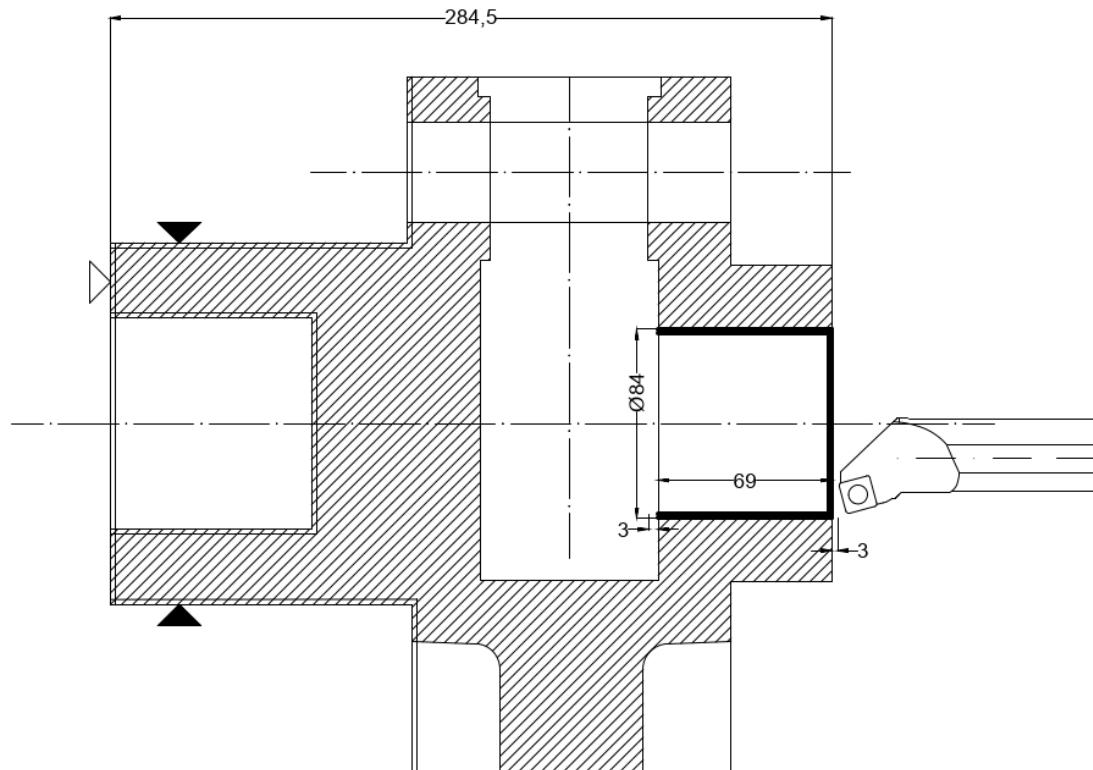
On the right side, under 'CUTTING DATA', there is a 'STEPS' section with a progress bar from step 1 to 2. Below it is a 'FINISHING' section with various parameters:

Parameter	Value	Unit
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

Under 'CO₂ EMISSIONS', there is a section for 'Carbon dioxide emission per component CPC' with a value of 23.1 g. Below that is a 'Work per component WPC' section with a value of 0.105 kWh. At the bottom of the interface is a 'Show detail' button.

Slika 12 Prikaz izbora alata i rezima rada

Zahvat 7: Unutarnje tokariti Ø84 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°

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

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

Broj prolaza: $i = 1$

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:

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

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 :

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

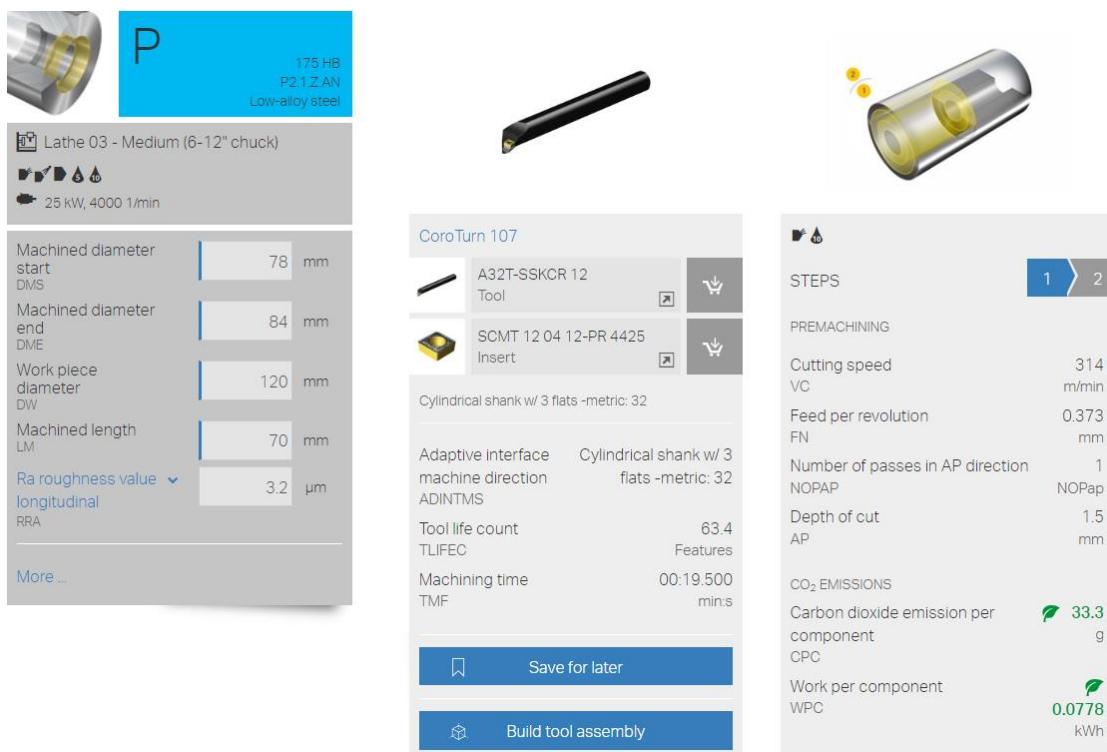
$$l = 75 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

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

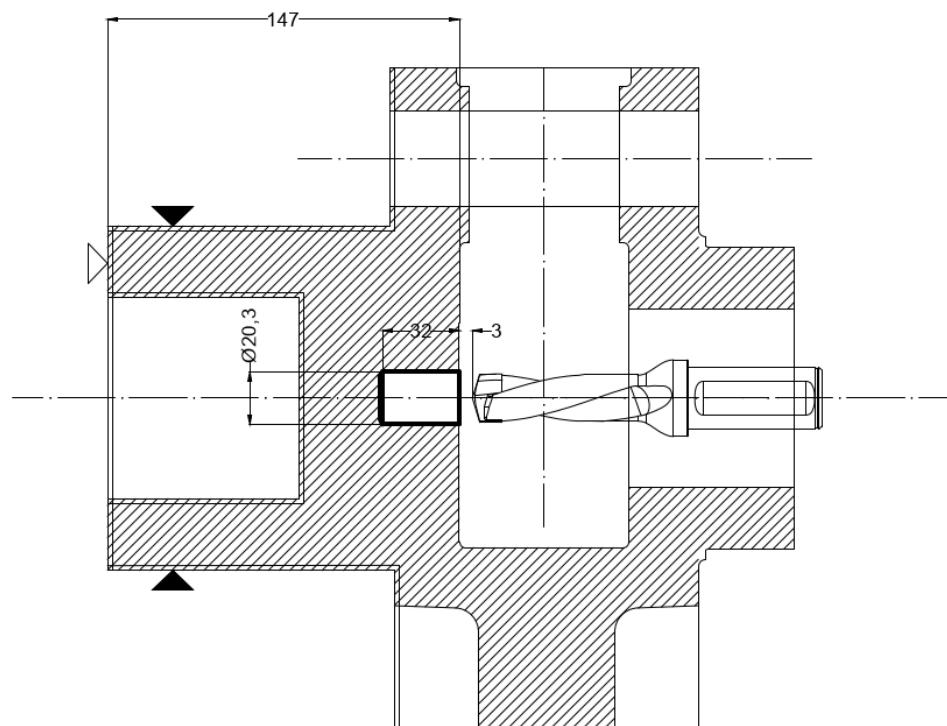
Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



Slika 14 Prikaz izbora alata i režima rada

Zahvat 8: Bušiti provrt Ø20,3 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

DRILLING WITH SYMMETRICAL POINT / EXCHANGEABLE

CUTTING DATA



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 mins	
Save for later		
Build tool assembly		

1

DRILLING WITH A SYMMETRICAL POINT

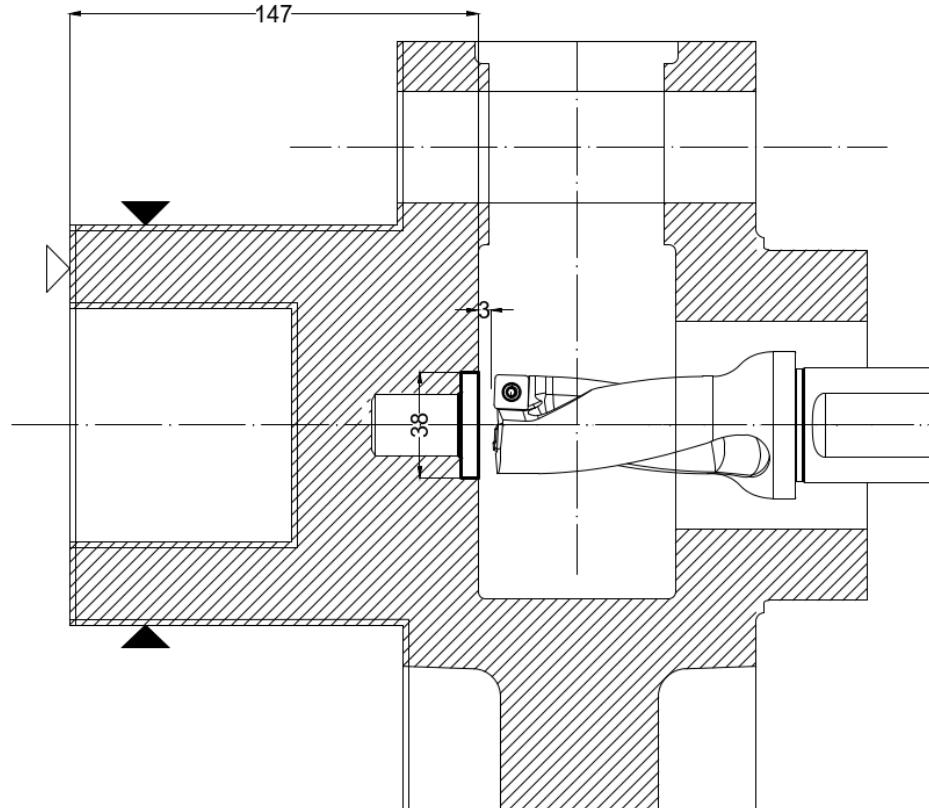
Cutting speed VC	110 m/min
Feed per revolution FN	0.326 mm
Feed speed at tool center VF	562 mm/min
CO₂ EMISSIONS	
Carbon dioxide emission per component CPC	8.02 g
Work per component WPC	0.02 kWh

[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

Držač 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

DRILLING WITH ASYMMETRICAL POINT / INDEXABLE

CUTTING DATA

P

175 HB
P2.1Z 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 DEPTHMF: 6 mm

More ...

CoroDrill 880

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

Cylindrical shank (ISO9756 drill shank with flange) - metric: 40

Tool life count TLIFEC: 4440 Holes
Machining time TMF: 00:01.013 min:s

Save for later

Build tool assembly

1

STEPS

DRILLING WITH AN ASYMMETRICAL POINT

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

CO₂ EMISSIONS

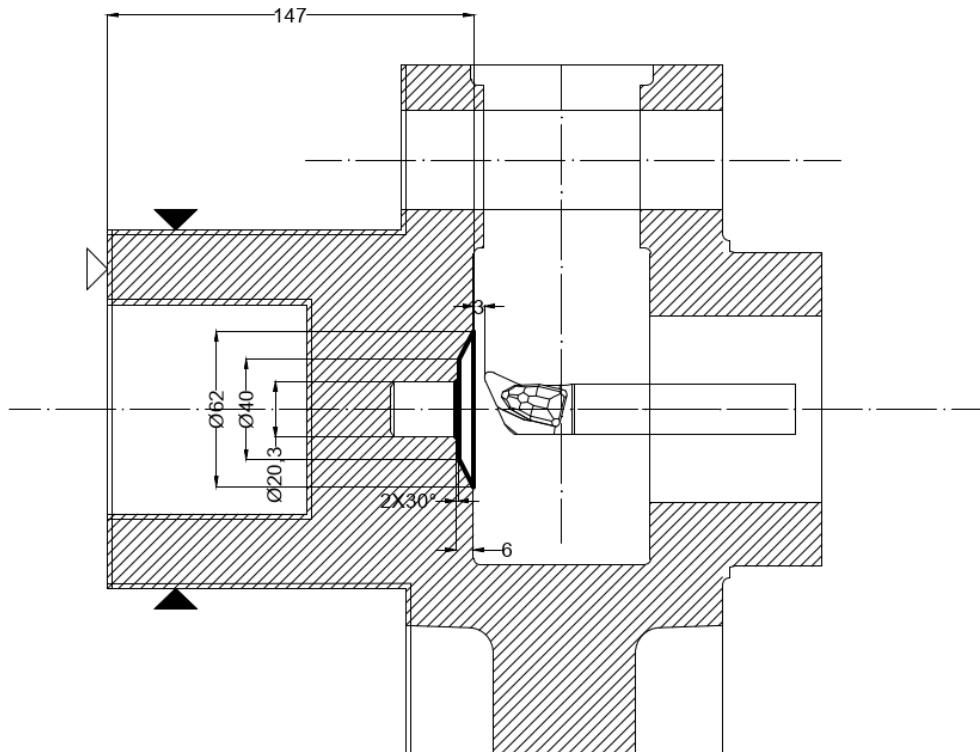
Carbon dioxide emission per component CPC: 4.1 g
Work per component WPC: 0.0102 kWh

Show detail

Knowledge

Slika 18 Prikaz izbora alata i rezima 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 :

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

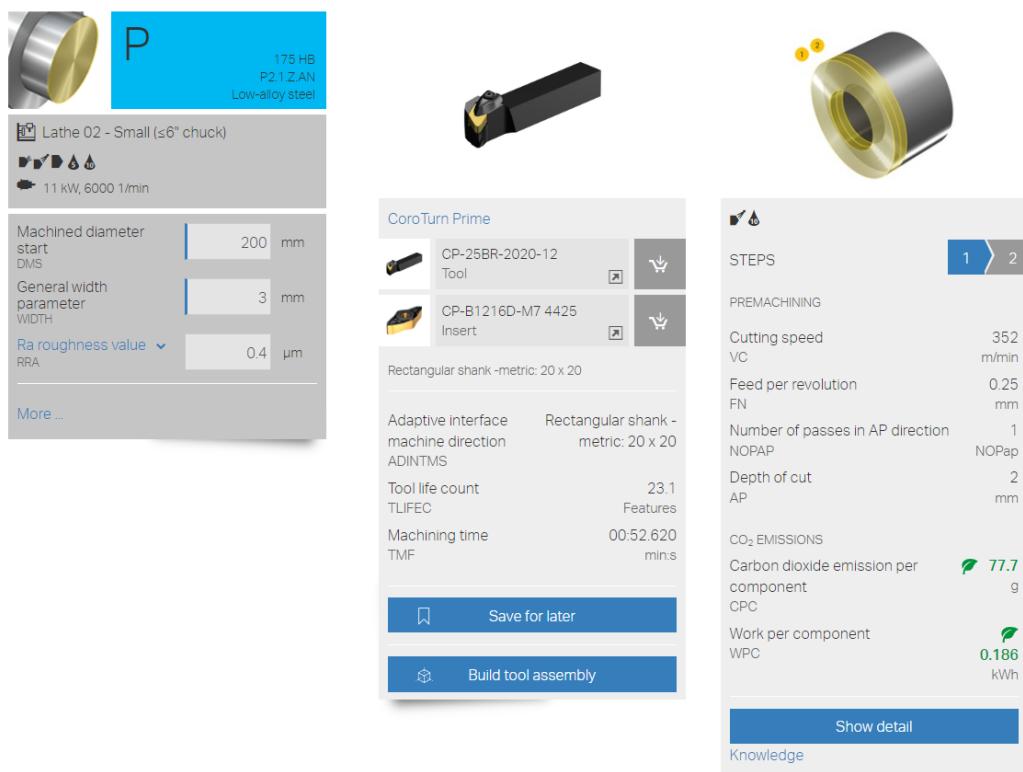
$$l = 9 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

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

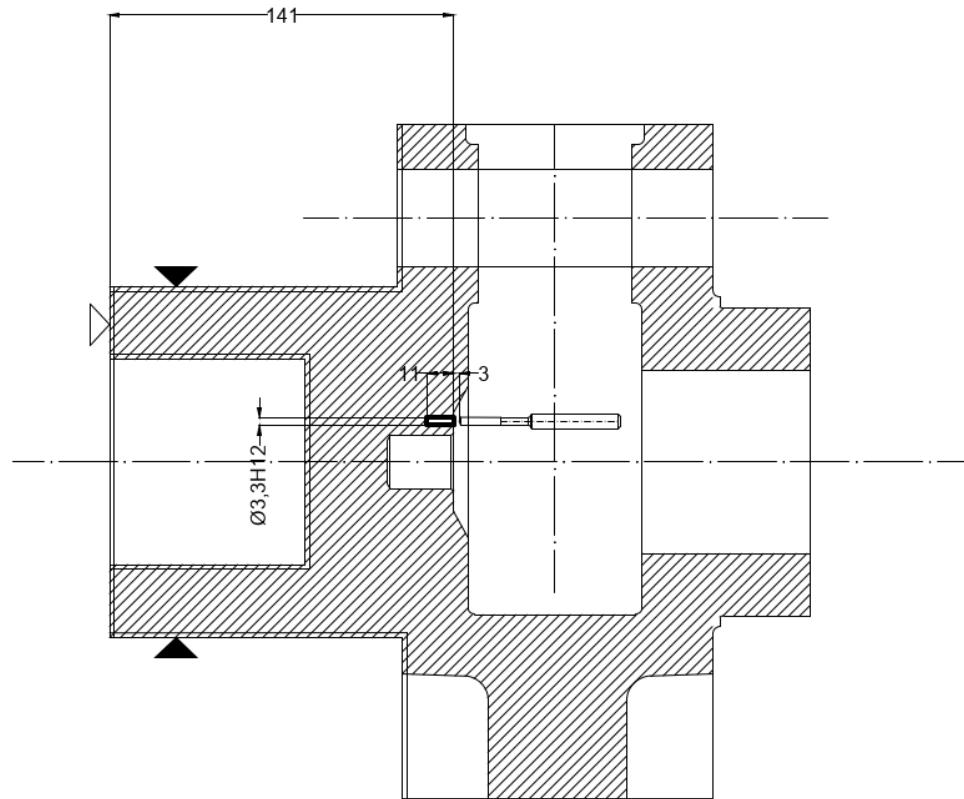
Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



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

Svrdlo: 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 min^{-1} . Odabrani broj okretaja prilikom bušenja biti će 6000 min^{-1} .

Duljina obrade :

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

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

Strojno radno vrijeme:

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

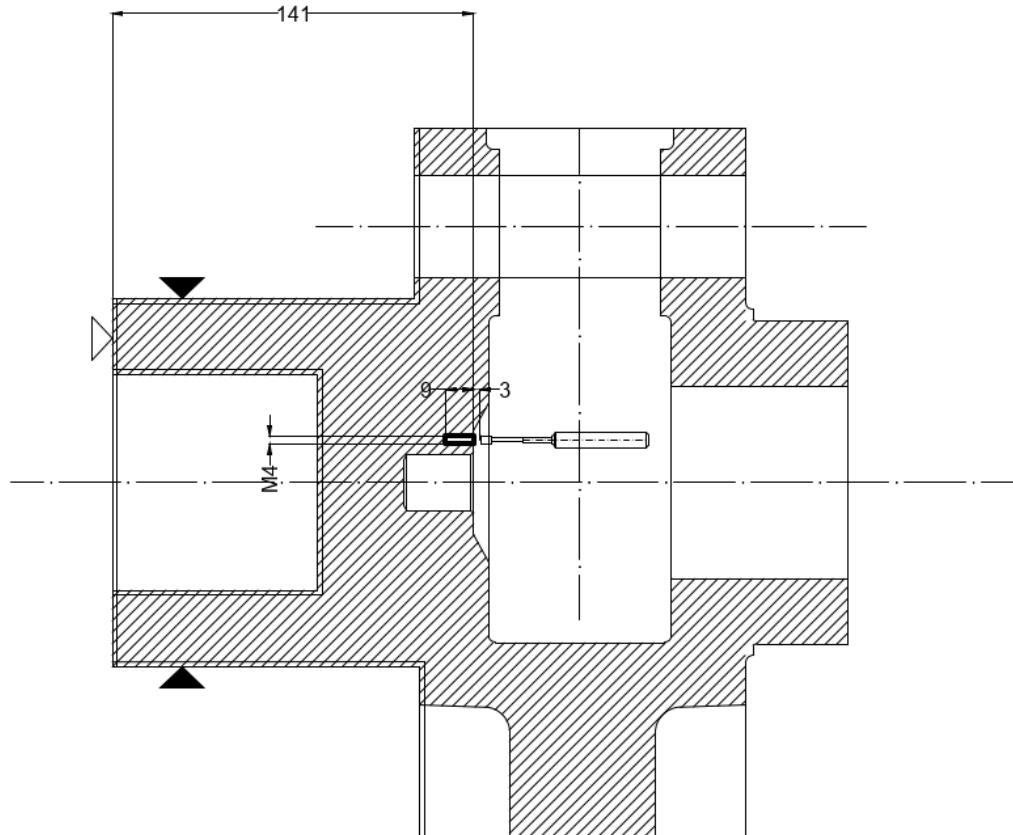
Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

The screenshot displays a CAD/CAM software interface for tool selection. On the left, the 'HOLE IN ROTATION COMPONENT' panel shows a 3D model of a part with a yellow feature highlighted. It includes material information (I75 HB, P21Z4N, Low-alloy steel) and processing conditions (Universal high-performance machine, 200 kW, 10000 1/min, 200 kW, 500000 1/min). In the center, the 'DRILLING WITH SYMMETRICAL POINT / SOLID' panel shows a 3D model of a CoroDrill 860 tool. It lists the tool's name (B60.1-0330-017A1-GM), X1BM, Tool, and cylindrical shank details (DIN1835-A / DIN6535-HA - metric: 6). It also shows tool life count (4200 TLFEC), machining time (00:00:714 TMF), and buttons for 'Save for later' and 'Build tool assembly'. On the right, the 'CUTTING DATA' panel provides a summary of the process: 1 step, drilling with a symmetrical point, cutting speed (VC) of 104 m/min, feed per revolution (FN) of 0.1 mm, feed speed at tool center (VF) of 1000 mm/min, CO₂ emissions of 2.04 g, and work per component (WPC) of 0.0051 kWh. A 'Show detail' button is also present.

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 :

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

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

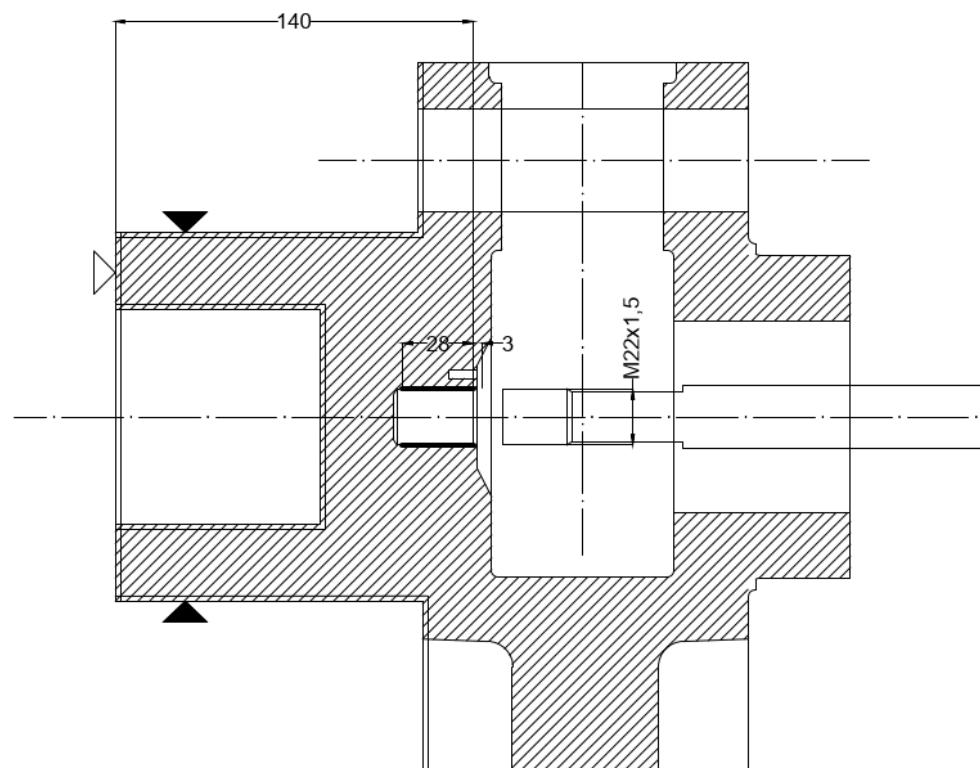
Strojno radno vrijeme:

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

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
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

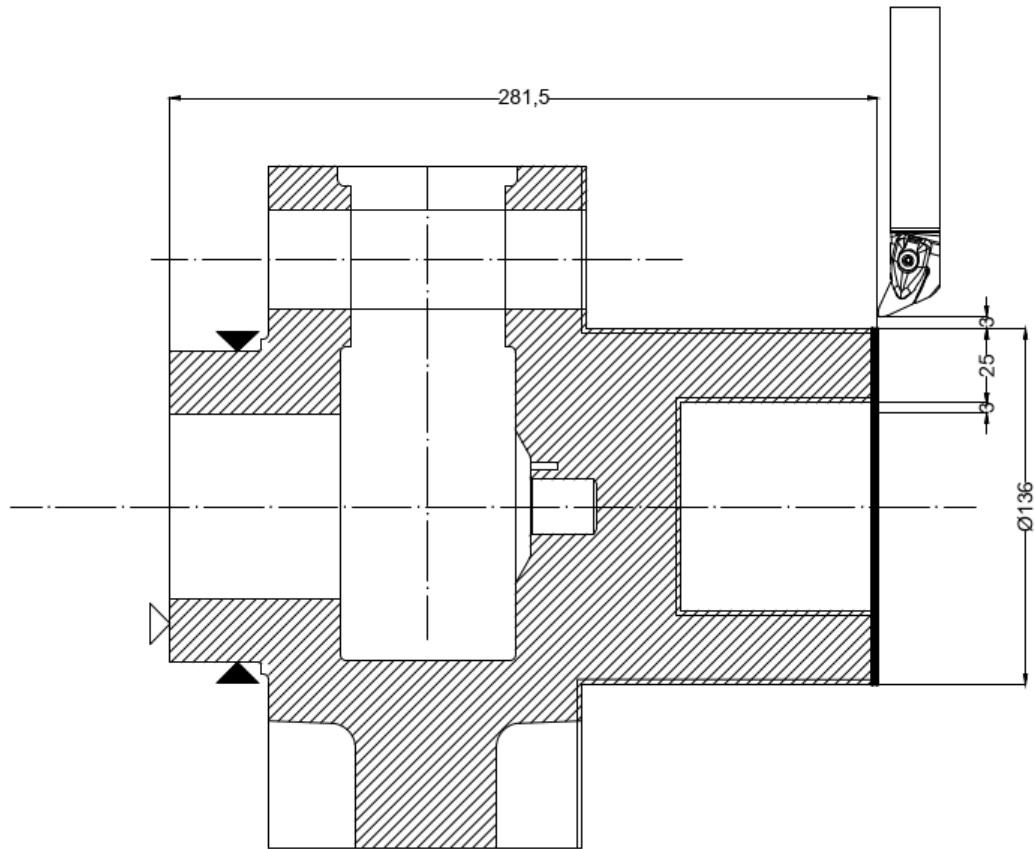
Zahvat 1: Podići i stegnuti izradak

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 $t = 0,25 \text{ min}$
-
- 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 :

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

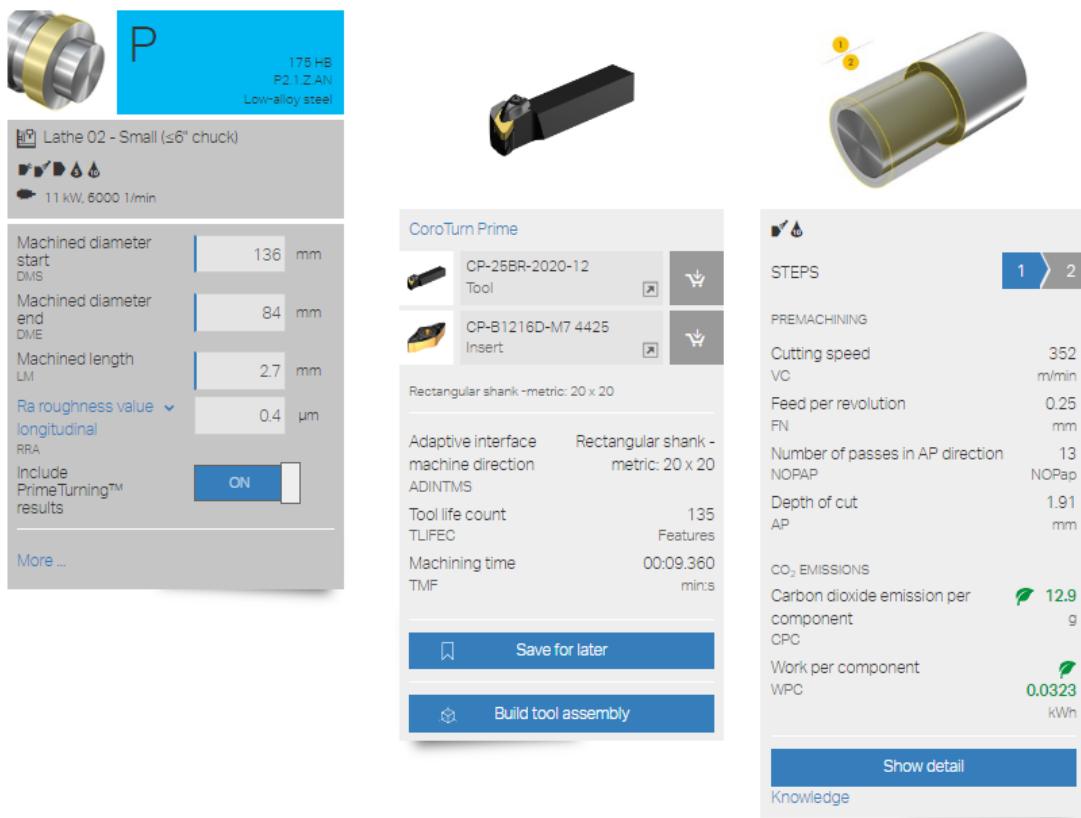
$$l = 31 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme:

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

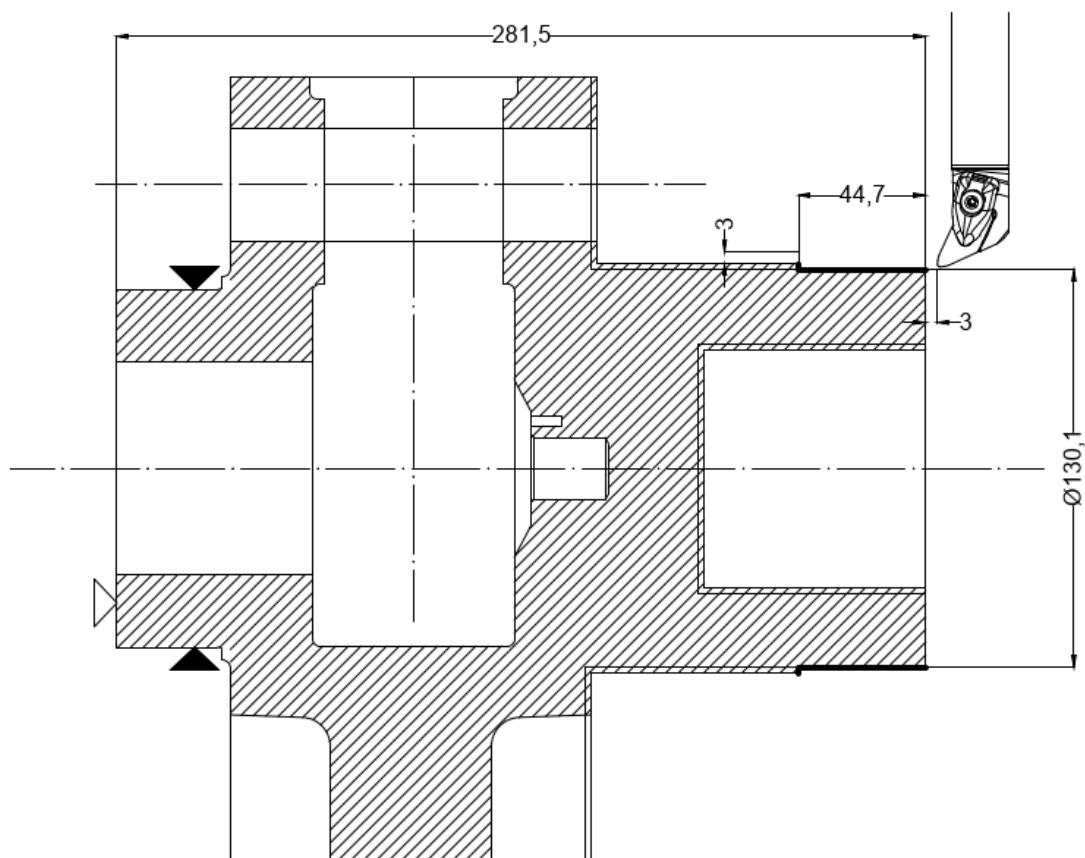
Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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



Slika 27 Prikaz izbora alata i rezima 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: $s = 0,25 \text{ mm/okr}$

Dubina rezanja: $a = 2,95 \text{ mm}$

Broj prolaza: $i = 1$

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

Broj okretaja:

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

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

Duljina obrade :

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

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

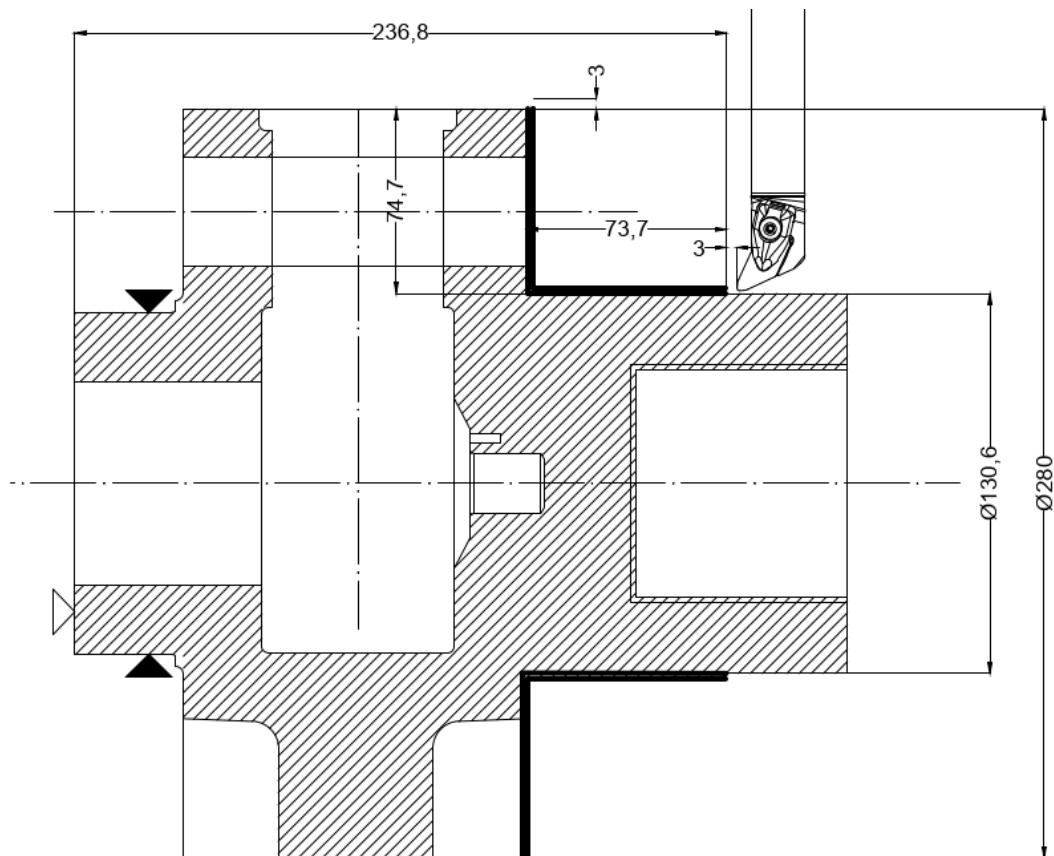
Strojno radno vrijeme:

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

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:

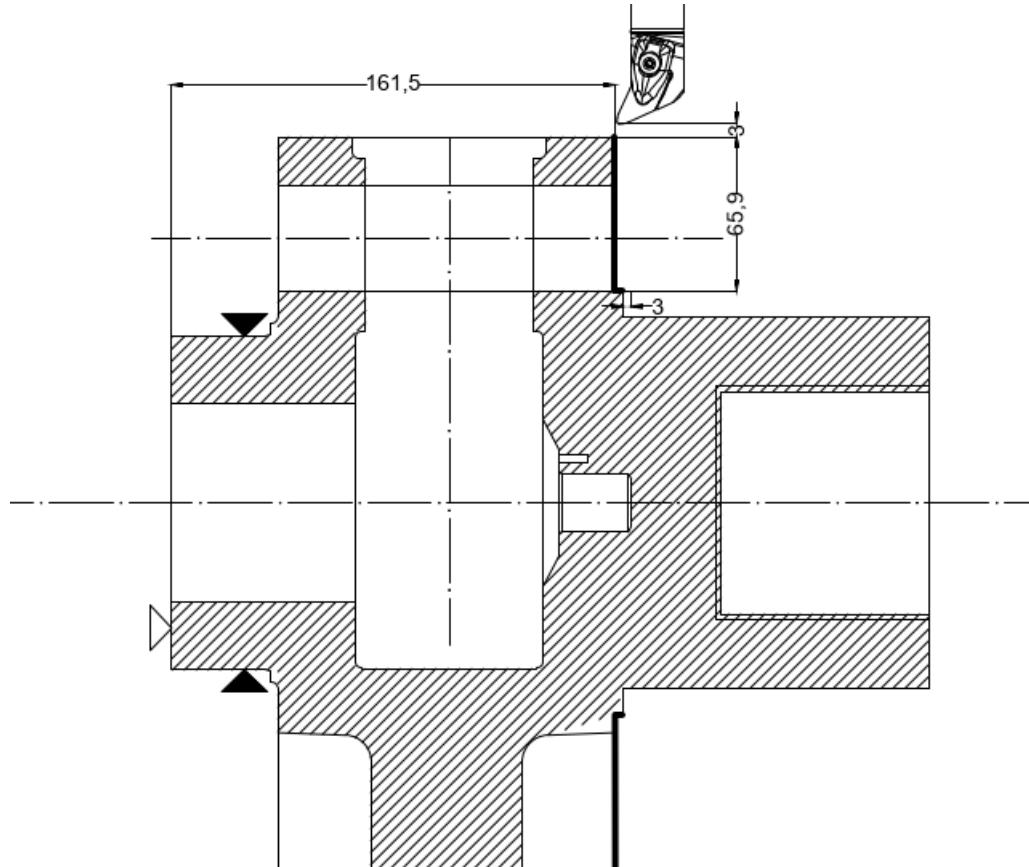
$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (3 + 73,7)}{0,25 \cdot 860} = 0,37 \text{ min}$$

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 :

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

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

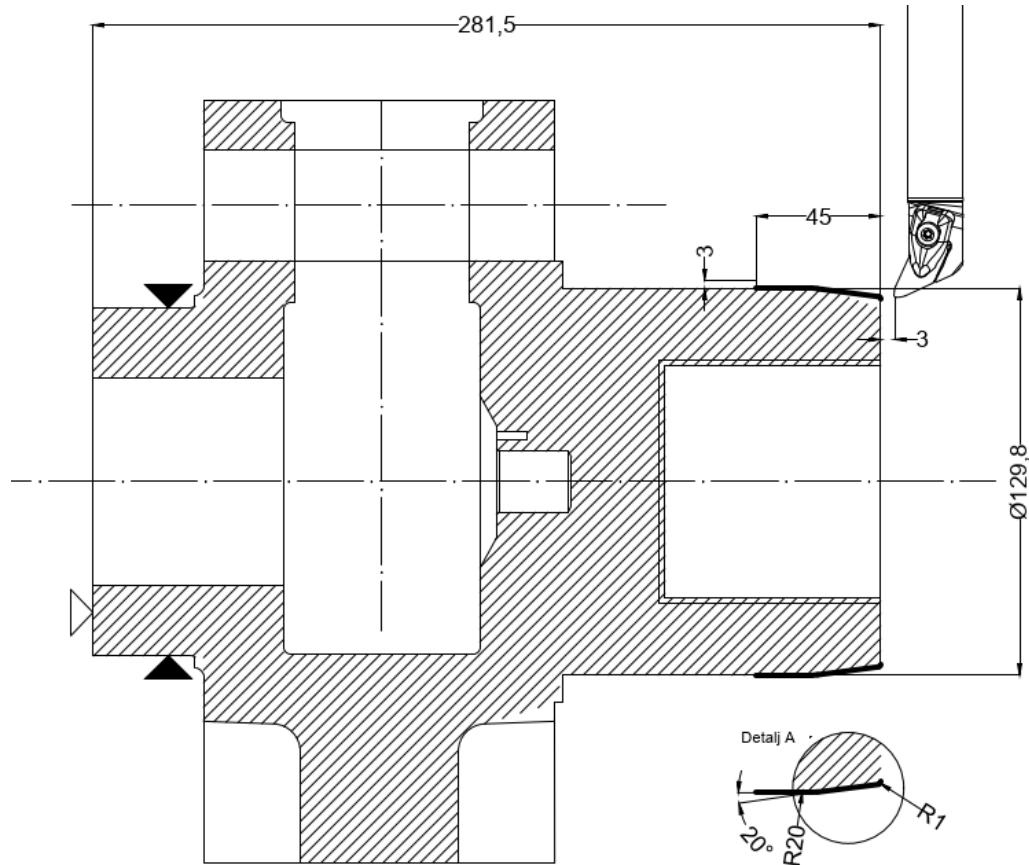
Strojno radno vrijeme:

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

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:

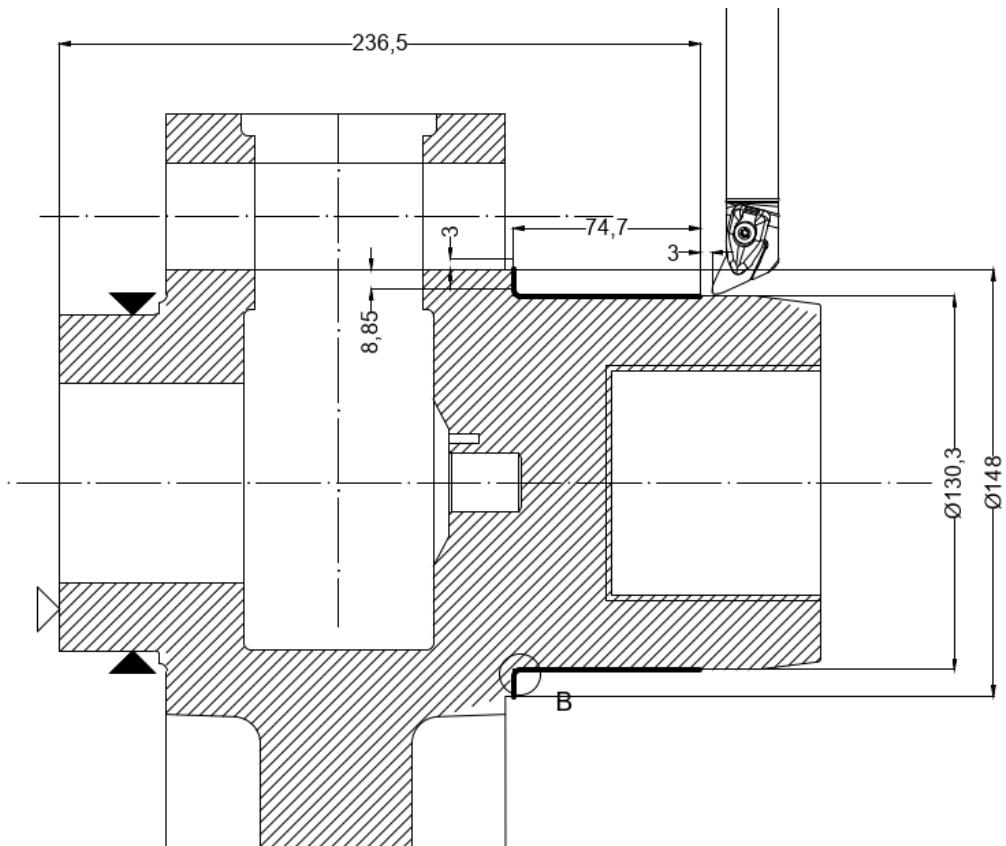
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot 51}{0,156 \cdot 980} = 0,3 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

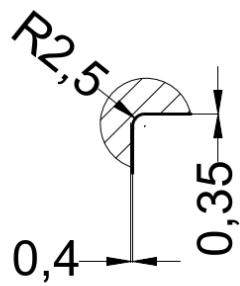
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

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 tangentni 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:

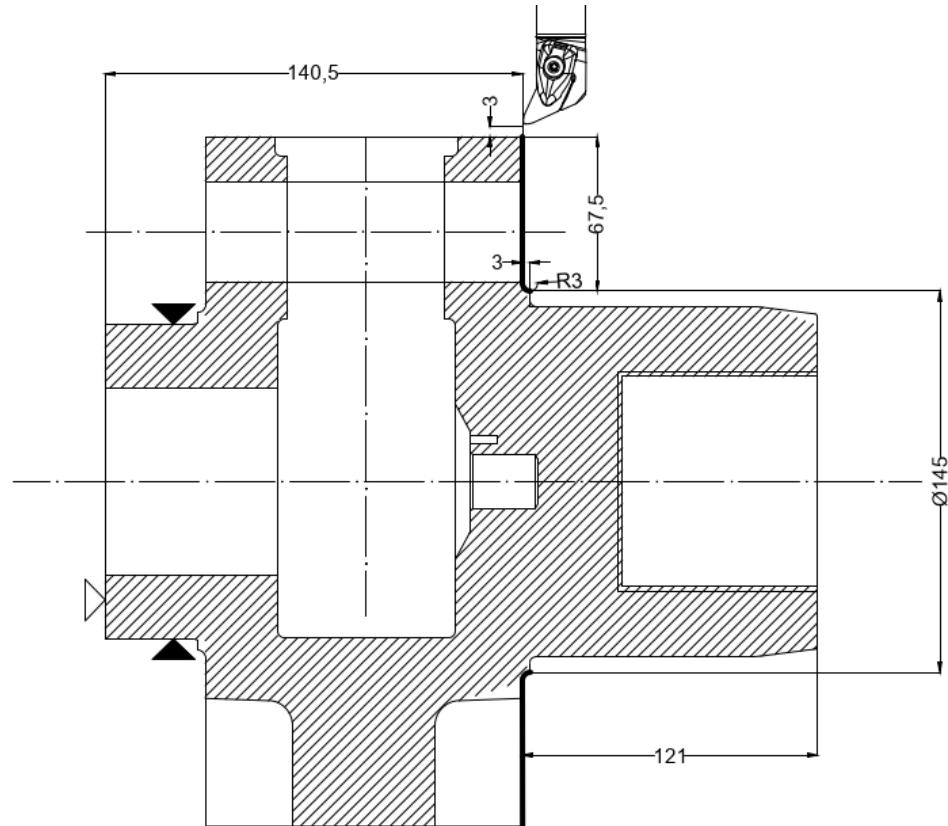
$$t_{sr1} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{1 \cdot (3 + 74,7)}{0,156 \cdot 980} = 0,5 \text{ min}$$

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

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

Broj prolaza: $i = 1$

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

Broj okretaja:

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

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 :

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

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

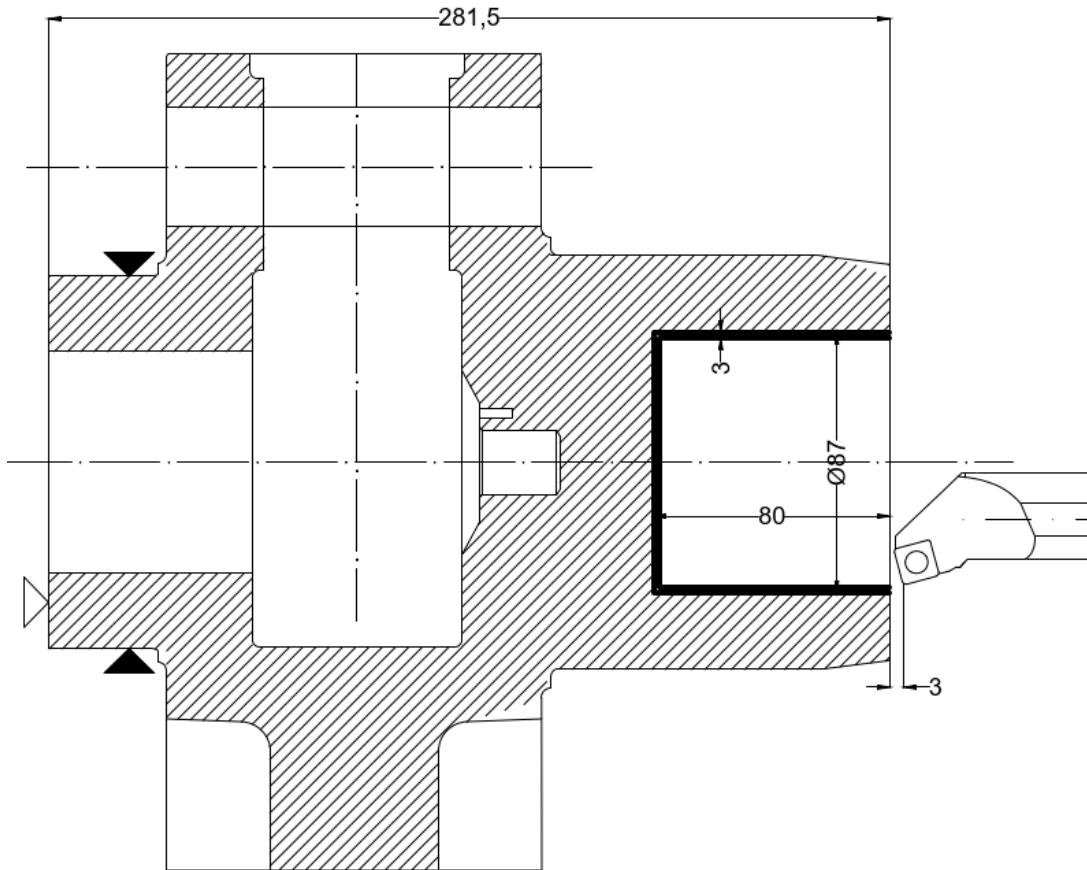
Strojno radno vrijeme:

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

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

Držač 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 :

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

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

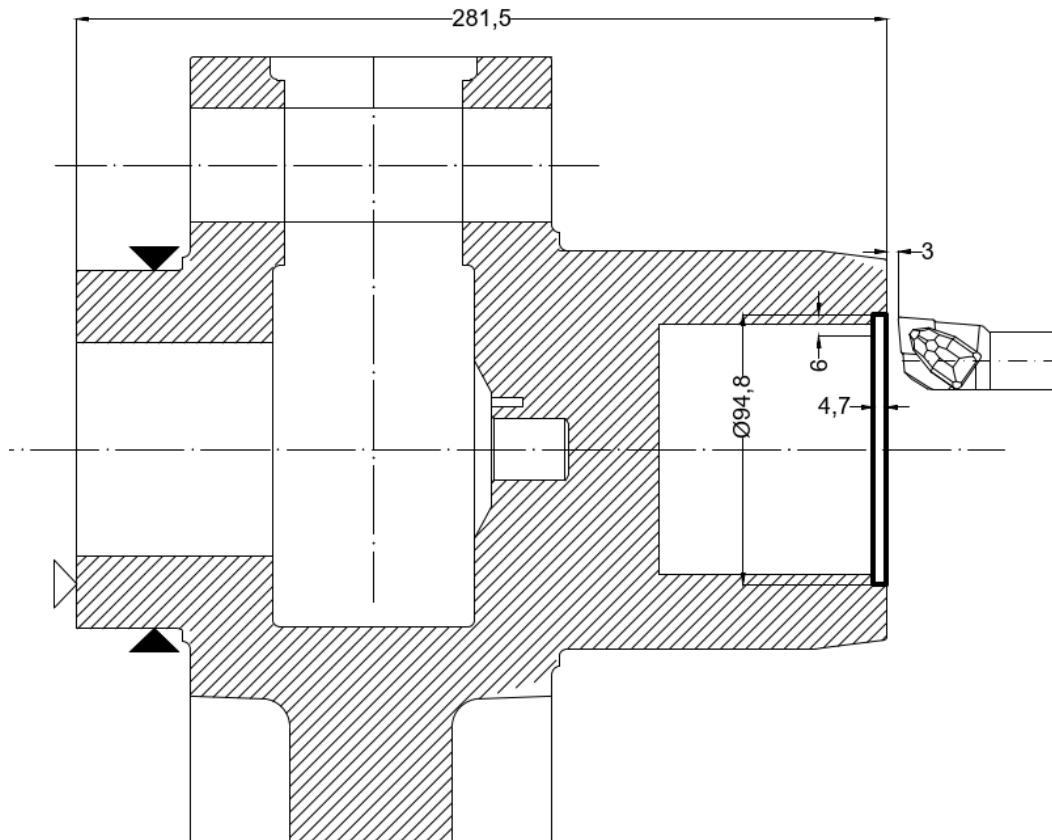
Strojno radno vrijeme:

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

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

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

Broj prolaza: $i = 2$

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

Broj okretaja:

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

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:

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

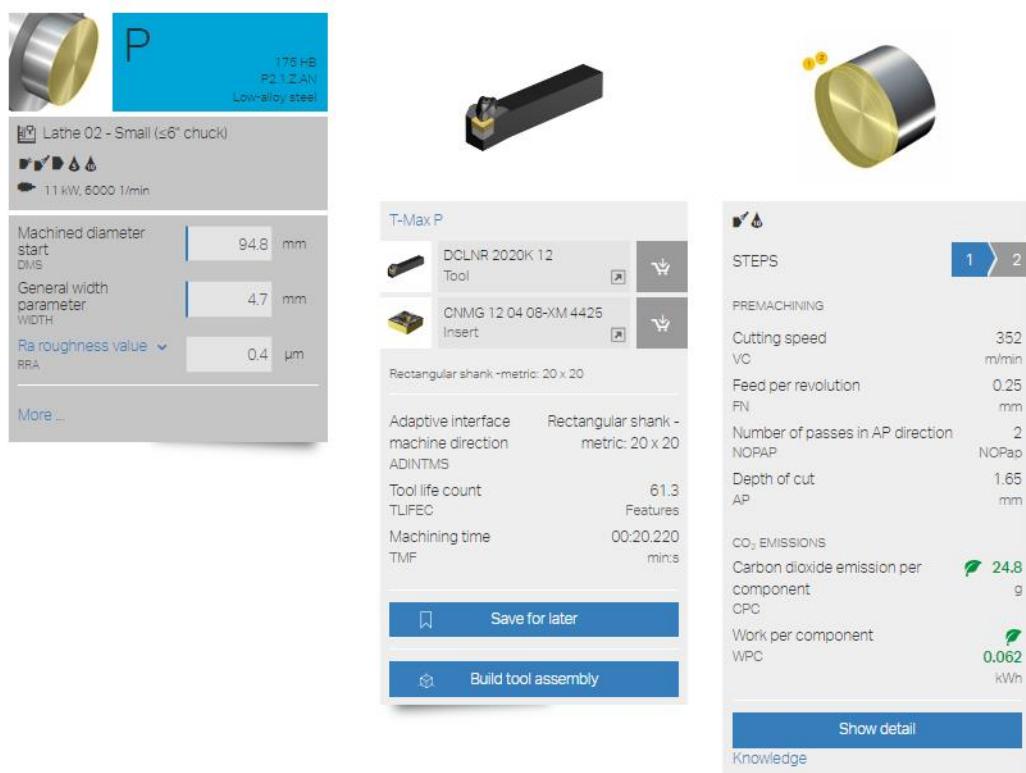
Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

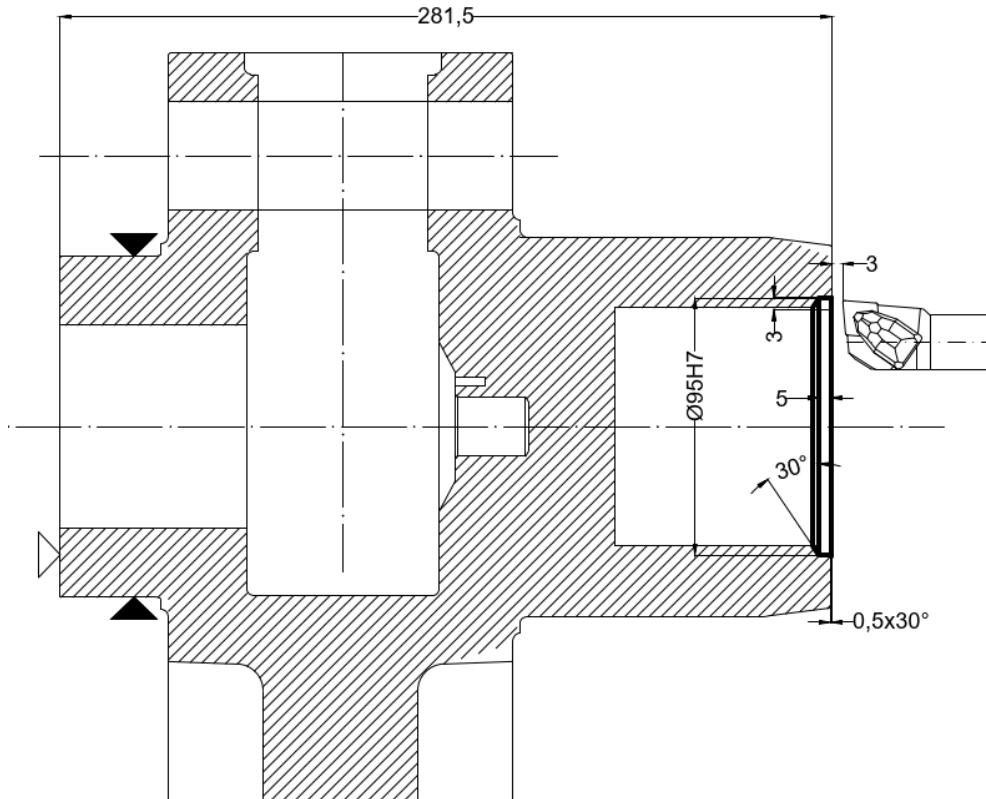
FACING OF BAR

TURNING EXTERNAL ONLY FACING / INDEXABLE

CUTTING DATA

*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 :

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

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

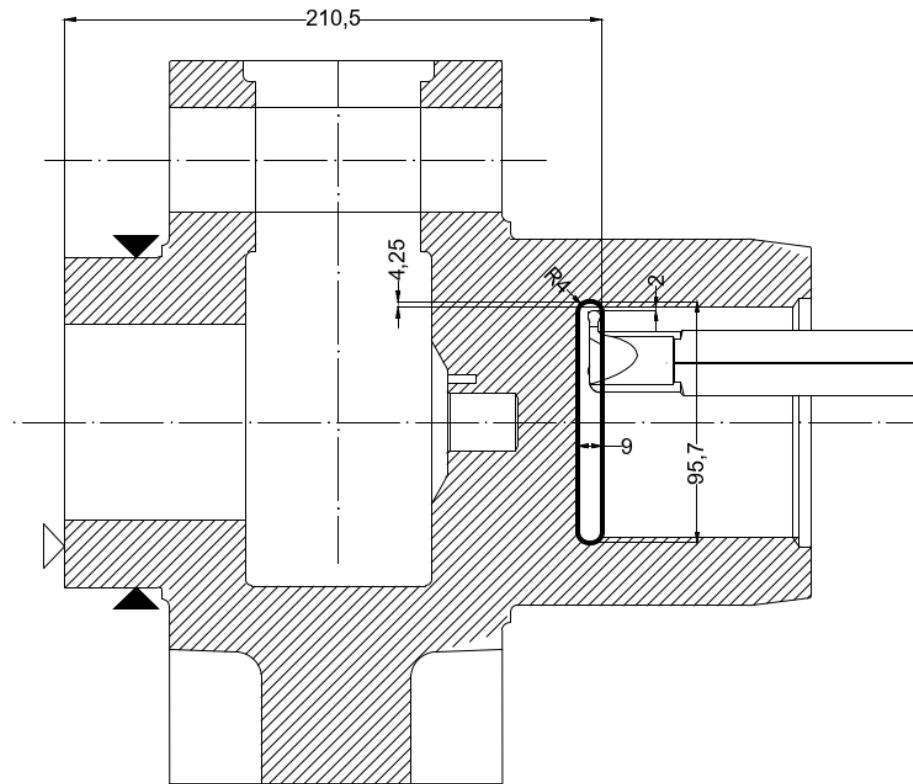
Strojno radno vrijeme:

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

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: $s = 0,403 \text{ mm/okr}$

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

Broj prolaza: $i = 4$

Brzina rezanja: $v = 129 \text{ m/min}$

Broj okretaja:

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

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

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):

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

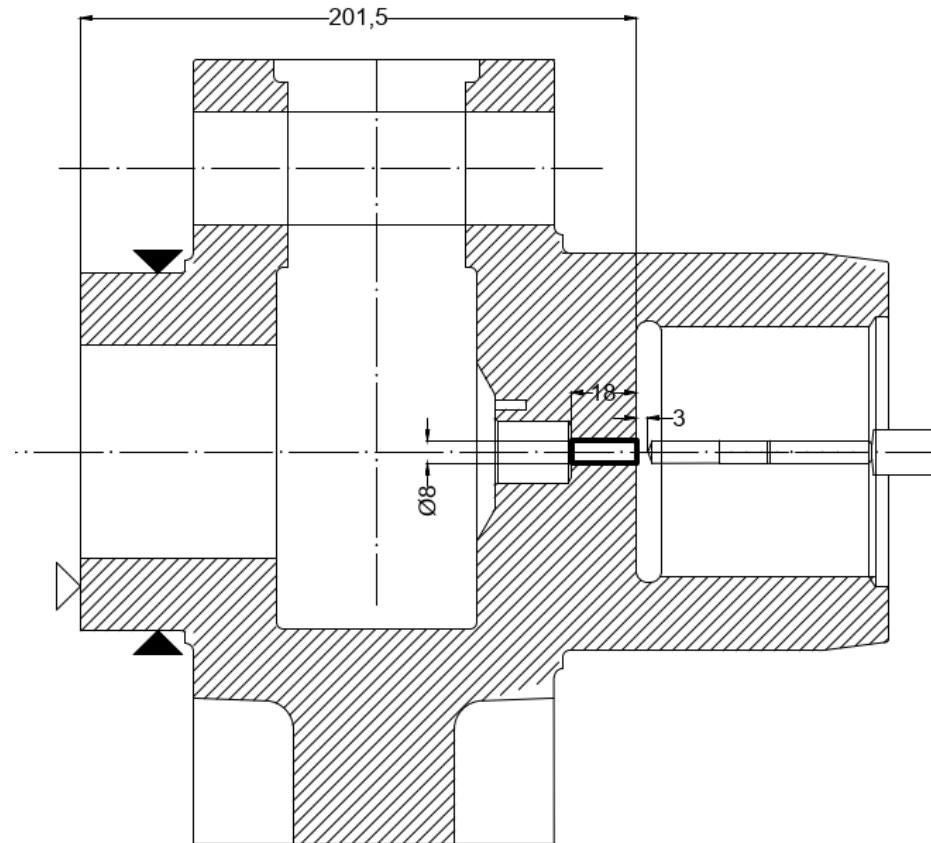
The screenshot displays three main panels related to tool selection and machining parameters:

- INTERNAL GROOVE**: Shows a preview of the machined part with a yellow highlight on the internal groove. It includes a legend for tool types (P, D, B, A, K) and a note: "Lathe 02 - Small (≤6" chuck)". Parameters listed include:
 - Machined diameter start DMS: 87 mm
 - Machined diameter end DME: 95.5 mm
 - Machined width WIDTH/W: 9 mm
 - General depth parameter DEPTH: 80 mm
 - Cutting width CW: mm
 - Minimum cutting width CWN: mm
 - Maximum cutting width CWX: mm
- TURNING INTERNAL NON-LINEAR / INDEXABLE**: Shows a 3D model of a turning tool (RAG123H07-25B) with an indexable insert (N123H2-0475-RO 1125). It also shows a preview of the machined part.
- CUTTING DATA**: Shows the selected tool and insert, along with machining parameters:

STEP	1
PREMACHINING (NON-LINEAR)	
Cutting speed VC	129 m/min
Maximum chip thickness HEX	0.35 mm
Depth of cut AP	1.2 mm
Feed per revolution FN	0.403 mm
CO ₂ EMISSIONS	
Carbon dioxide emission per component CPC	9.07 g
Work per component WPC	0.0227 kWh

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

Svrdlo: 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):

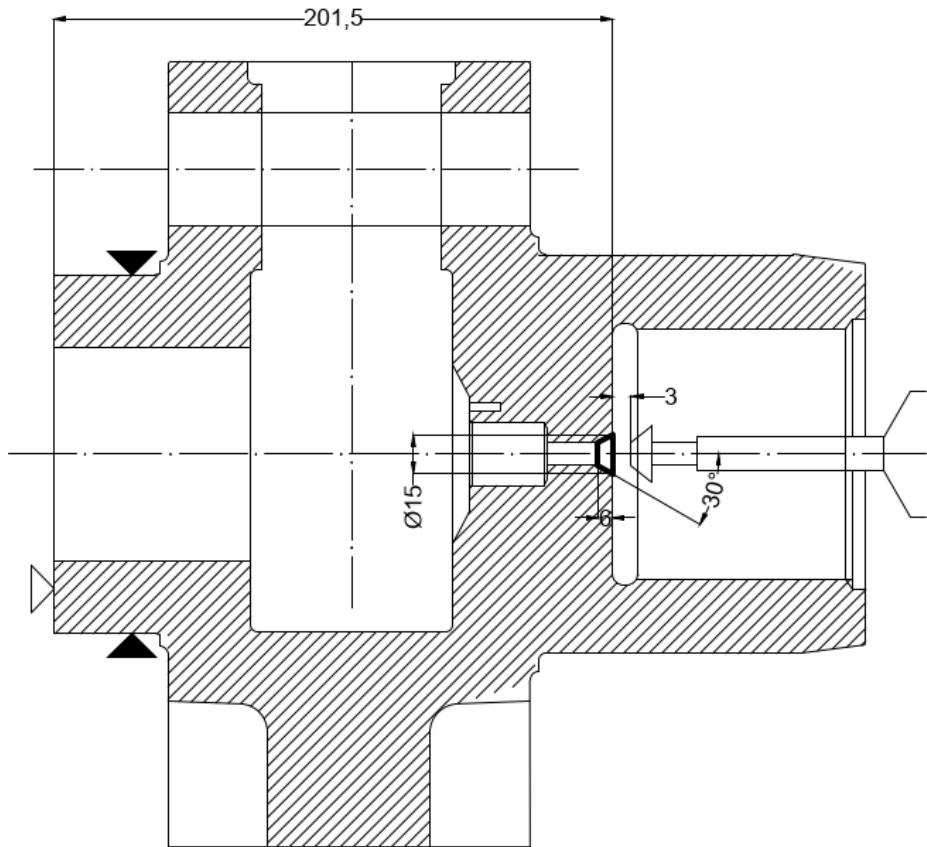
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

The screenshot displays three main sections of a software interface:

- HOLE IN ROTATION COMPONENT**: Shows a 3D model of a cylindrical part with a yellow feature highlighted. Below it, a table specifies material as 178 HB P21 ZAN Low-alloy steel, and machining conditions: Lathe 03 - Medium (6-12" chuck), 25 kW, 4000 1/min.
- DRILLING WITH SYMMETRICAL POINT / SOLID**: Shows a 3D model of a CoroDrill 860 solid carbide end mill. Below it, a table provides tool details: 860.1-0800-025A0-GM X1BM Tool, Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) - metric: 8, Tool life count: 2680, TLIPEC: Holes, Machining time: 00:01.386 min:s.
- CUTTING DATA**: Shows a 3D model of the machined hole. Below it, a table lists cutting parameters for Step 1: DRILLING WITH A SYMMETRICAL POINT. It includes: Cutting speed (VC) 101 m/min, Feed per revolution (FN) 0.22 mm, Feed speed at tool center (VF) 880 mm/min. It also shows CO₂ EMISSIONS: Carbon dioxide emission per component (CPC) 1.54 g, Work per component (WPC) 0.00384 kWh, and a "Show detail" button.

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

Držač 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 :

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

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

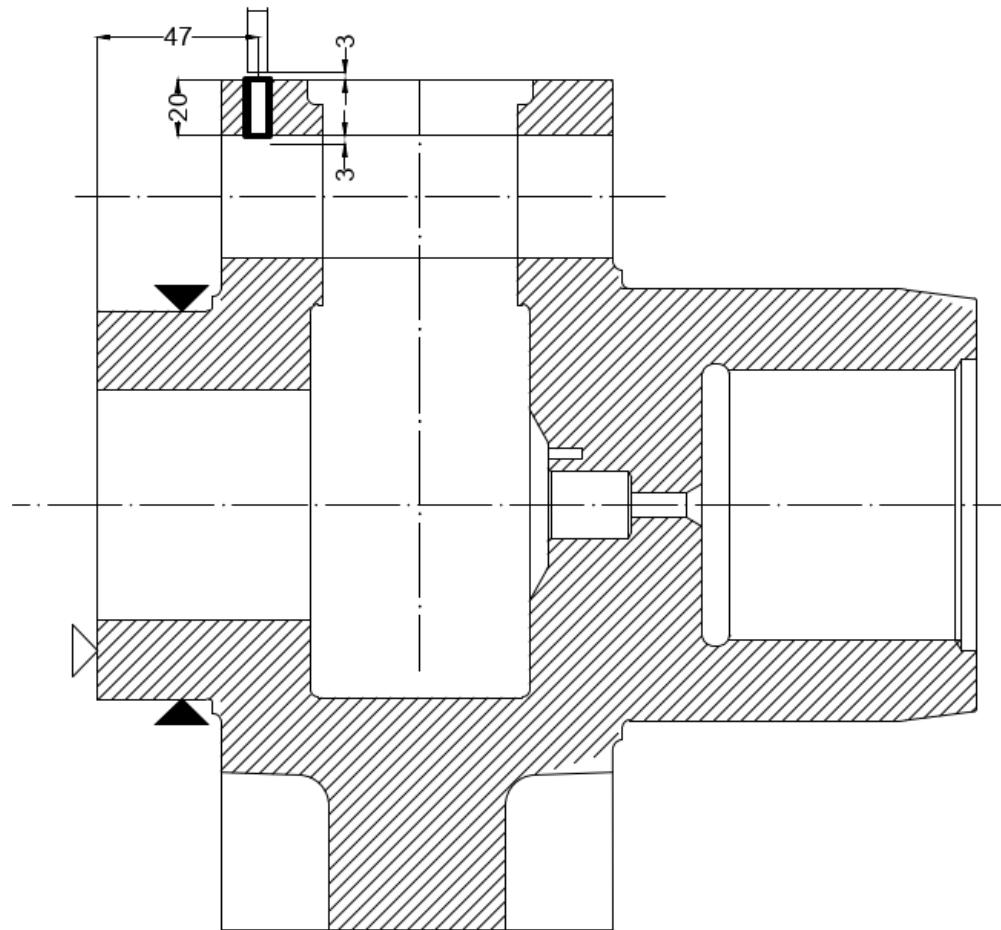
Strojno radno vrijeme:

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

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

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

Zahvat 15: Bušiti provrt $3 \times \varnothing 6,7$ 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 Corodrill 460.1-0670-034A0-XM GC34

REŽIMI RADA:

Posmak: $s = 0,2$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 20$ mm

Broj prolaza: $i = 3$

Brzina rezanja: $v = 100$ 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 :

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

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

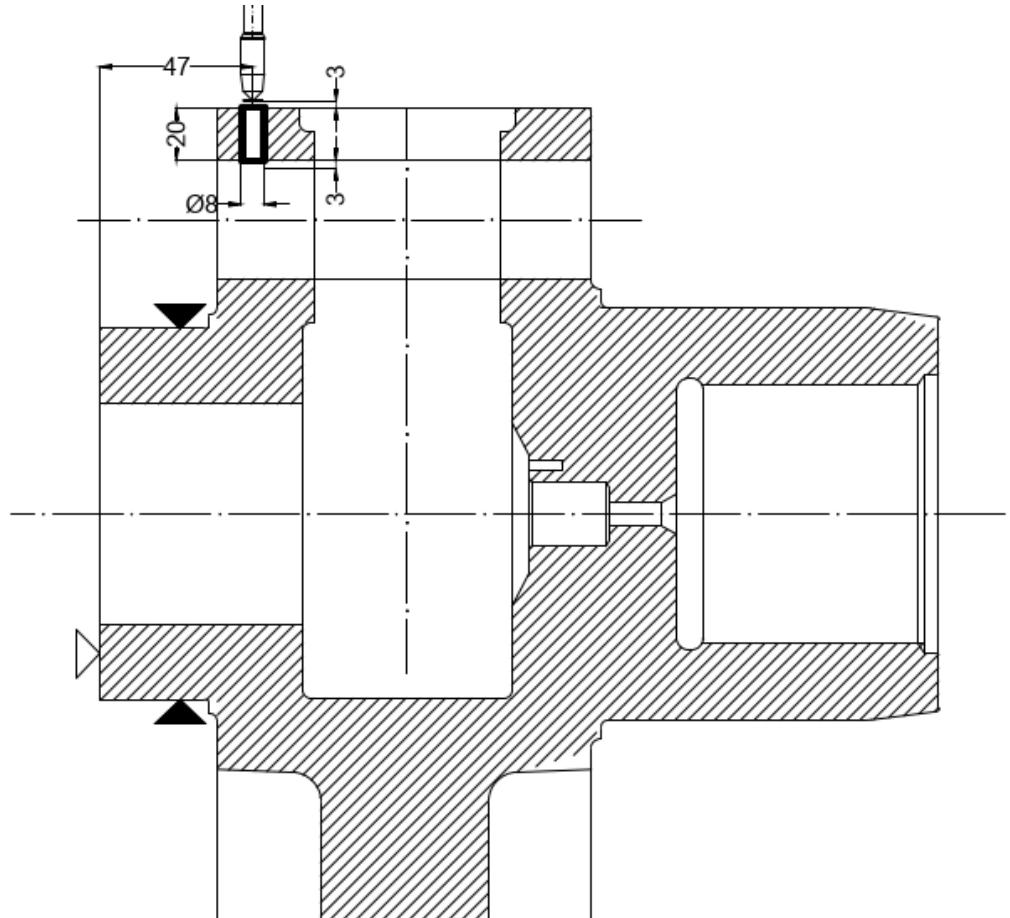
Strojno radno vrijeme:

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

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):

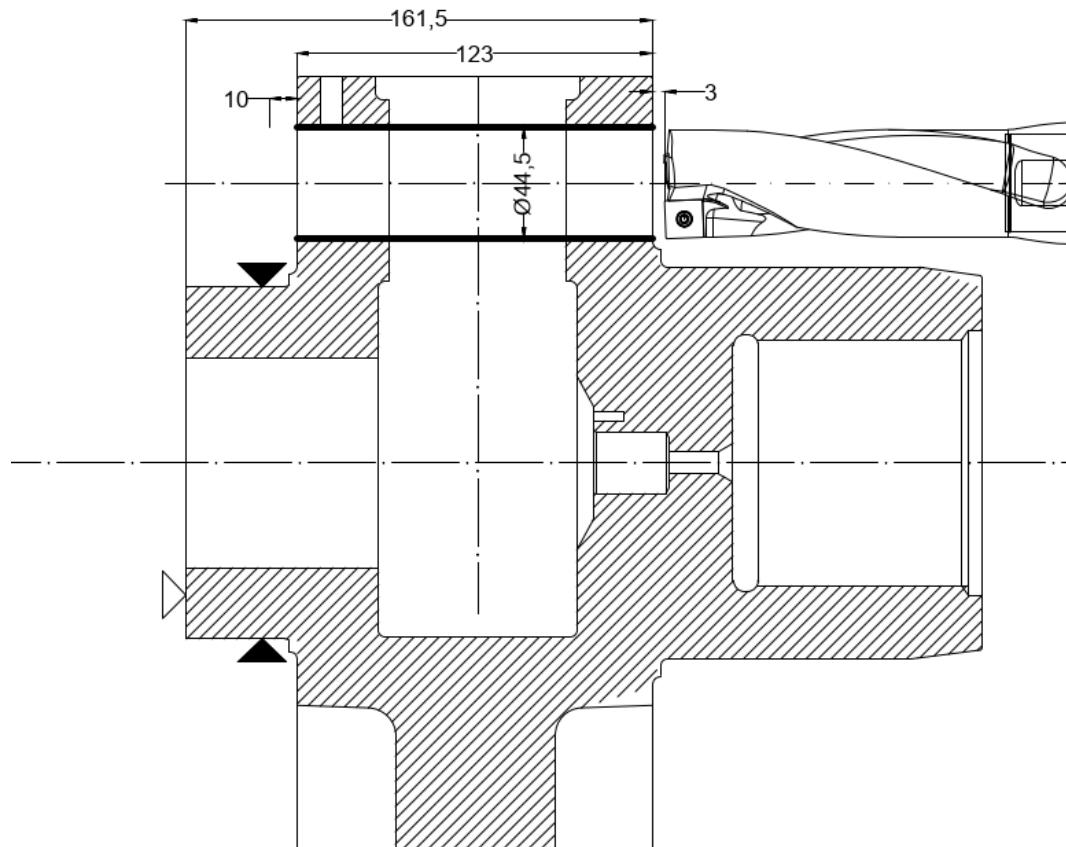
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

The screenshot displays three panels from a CAD software interface:

- THREAD IN THROUGH HOLE:** Shows a 3D model of a threaded hole and a tool path. It includes a table with machine settings: Universal high-performance machine, 200 kW, 10000 1/min, 200 kW, 500000 1/min.
- THREAD CUTTING WITH TAP / SOLID:** Shows a 3D model of a tap being used to cut a thread. It includes a table for the CoroTap 200 tool: T200-PM101JA-M8 P1PM Tool, Tap shank JIS -metric: 6.20 x 5.00, Tool life count: 6940, TLFEC: Threads, Machining time: 00:02.844 min:s.
- CUTTING DATA:** A summary panel showing the number of steps (1), cutting speed (35.9 m/min), feed per revolution (1.25 mm), CO₂ emissions (8.46 g), work per component (0.0211 kWh), and options like "Save for later" and "Build tool assembly".

Slika 46 Prikaz izbora alata i režima rada

Zahvat 17: Proširiti 6 provrta Ø40 → Ø44,5 mm



Slika 47 Skica zahvata 17, operacija 20

Proširenjem provrta Ø40 mm na Ø44,5 mm priprema se za finu obradu na zadatu toleranciju Ø45 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:

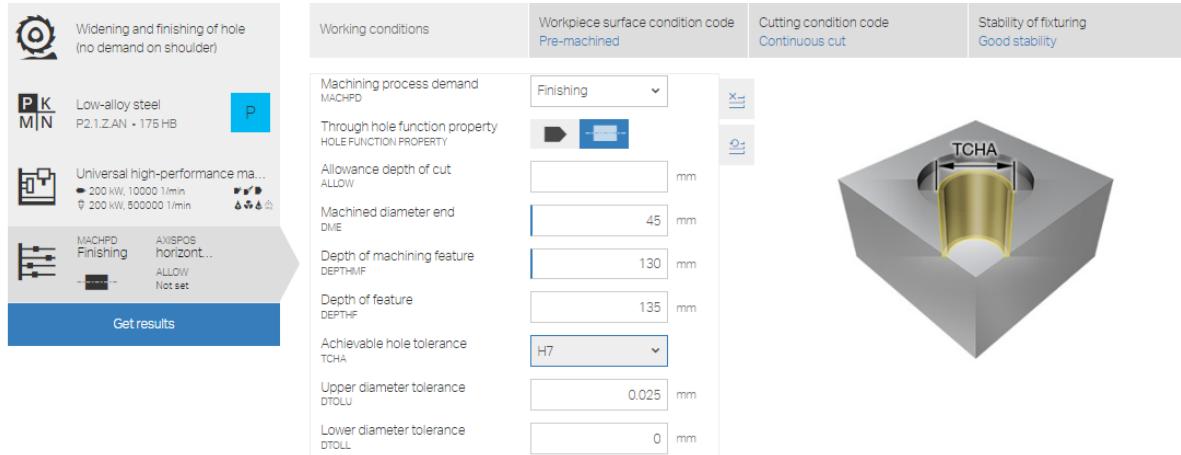
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s \cdot n} = \frac{3 \cdot 136}{0,24 \cdot 1440} = 1,2 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme (Čišćenje stroja ili alata):

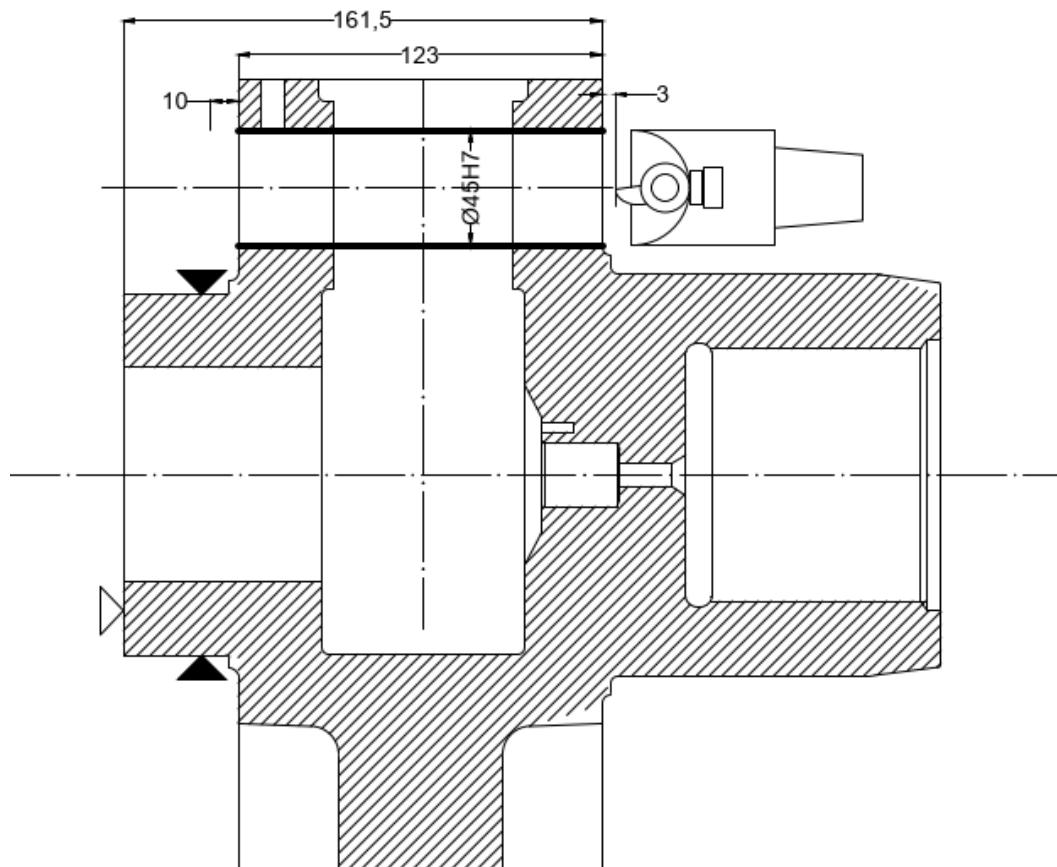
$$t_{sp} = 0,1 \text{ min}$$

Zahvat 18: Glodati 6 prvrta Ø45H7 mm

Na slici 48 vidljivi su parametri koje unosimo poput vrste obrade, promjera i dubine prvrta 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.



Slika 48 Parametri za postizanje mjere Ø45H7



Slika 49 Skica zahvata 18, operacija 20

ALAT:

Nosač alata: Revolverski nosač alata
Glodalno: 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 $t_r: 0,5 \text{ min}$

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:

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

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

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

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

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 $t_{pz} = 30 \text{ min}$



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 podsjećeni na način da predstavljaju oštice noža. Alat se kreće stalno vertikalno gore i dolje i istodobno se postepeno okreće, dubeći 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:

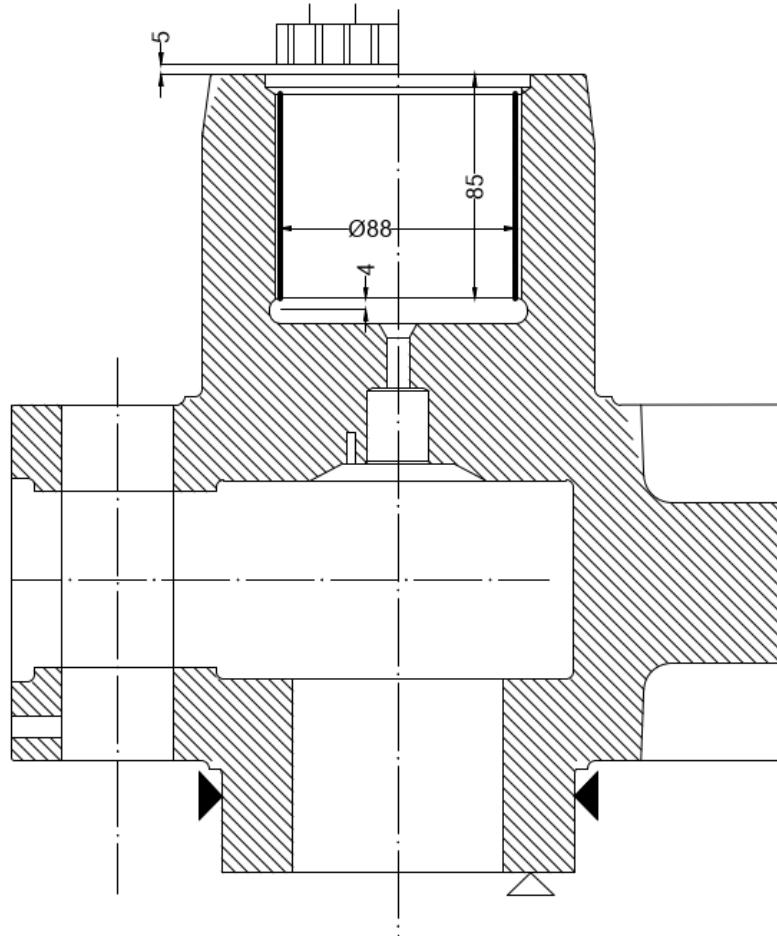
- uzimanje (podizanje) komada: 0,3 min
 - stezanje u steznu glavu: 0,3 min
-

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:

$$z = 22, \text{ visina zuba: } h = 8.5 \text{ mm}$$

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 mjerjenje 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 – induksijsko kaljenje zadane površine

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



Slika 52 Stroj za induksijsko 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:

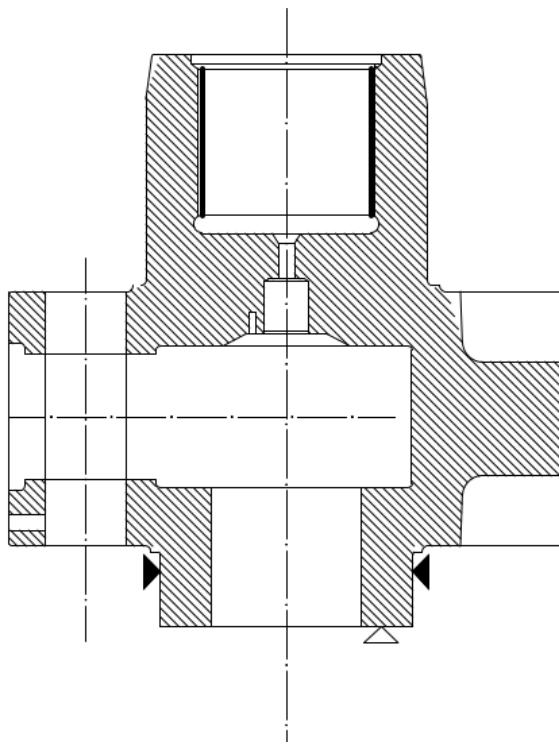
$$t_r = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ min}$$

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

Zahvat 2: Kaliti unutarnje ozubljenje

Alat: induktor

Vrijeme kaljenja ozubljenja t_k : 1 min

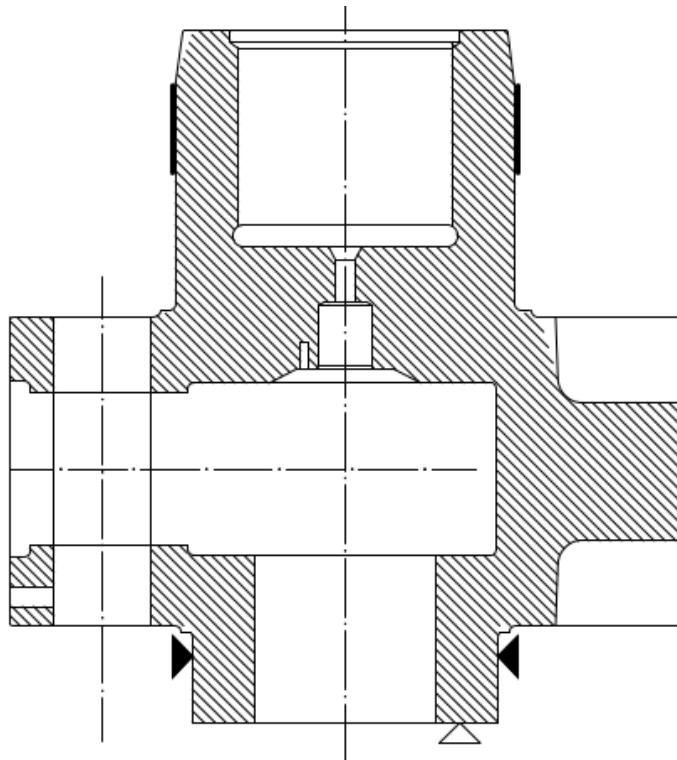


Slika 53 Skica zahvata 2, operacija 40

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 mjerjenje 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^{-1}
maksimalan promjer brusnog kola:	500 mm
maksimalna širina brusnog kola:	80 mm
maksimalni promjer obratka:	$\varnothing 449 \text{ mm}$
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

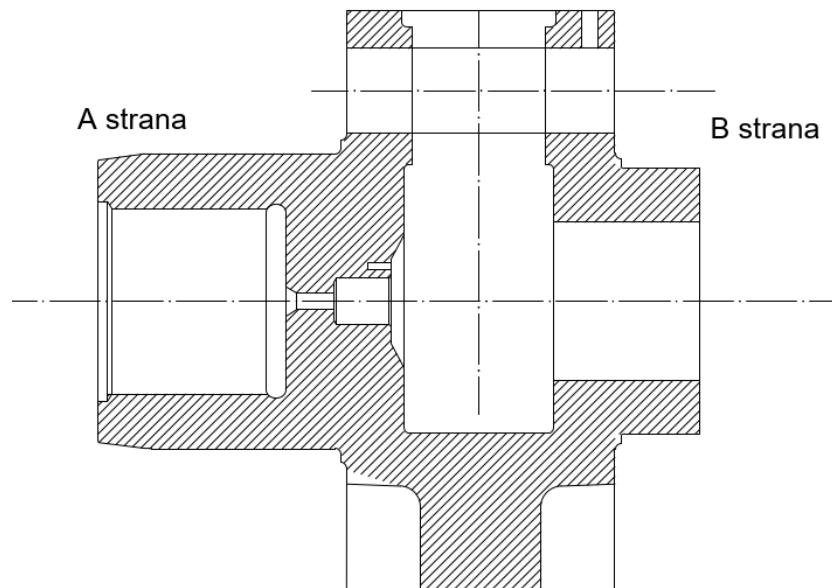
Ručno vrijeme:

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

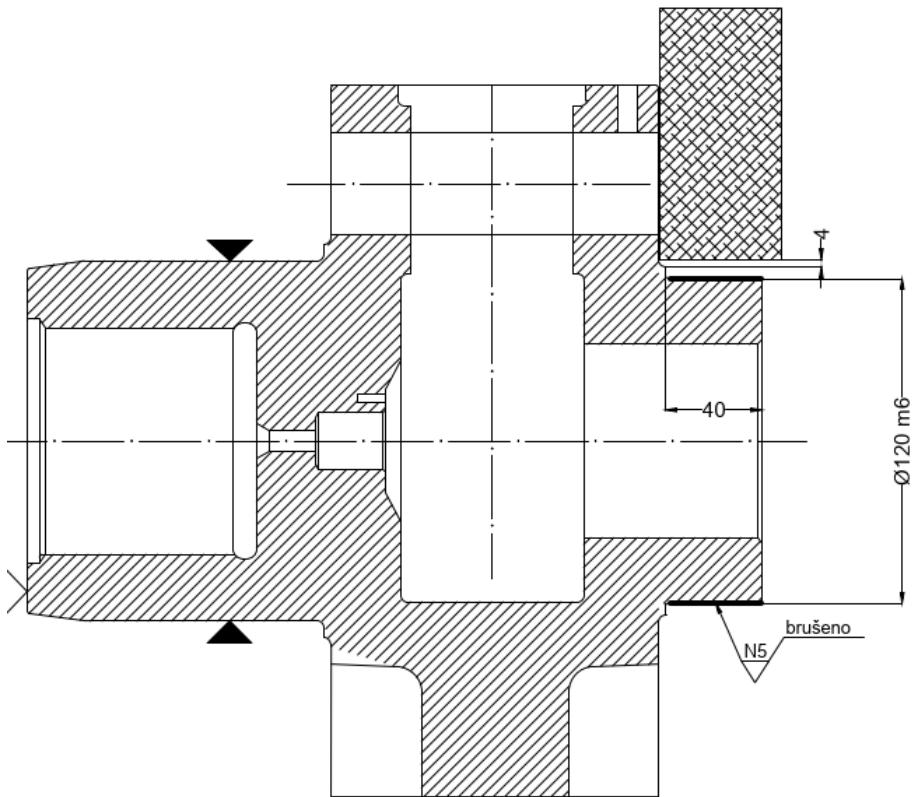
Ukupno ručno vrijeme: 0,6 min

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

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

REŽIMI OBRADE:

obodna brzina brusnog kola v_b : $20 \text{ m/s} = 1200 \text{ m/min}$

obodna brzina obratka v_o : 15 m/min

dubina rezanja a_p : $0,15 \text{ mm}$

posmak s_r : $0,005 \text{ mm/okr}$

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 $\varnothing 120$ 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 $t_{pz} = 30 \text{ min}$

Zahvat 1: Podići i stegnuti izradak

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

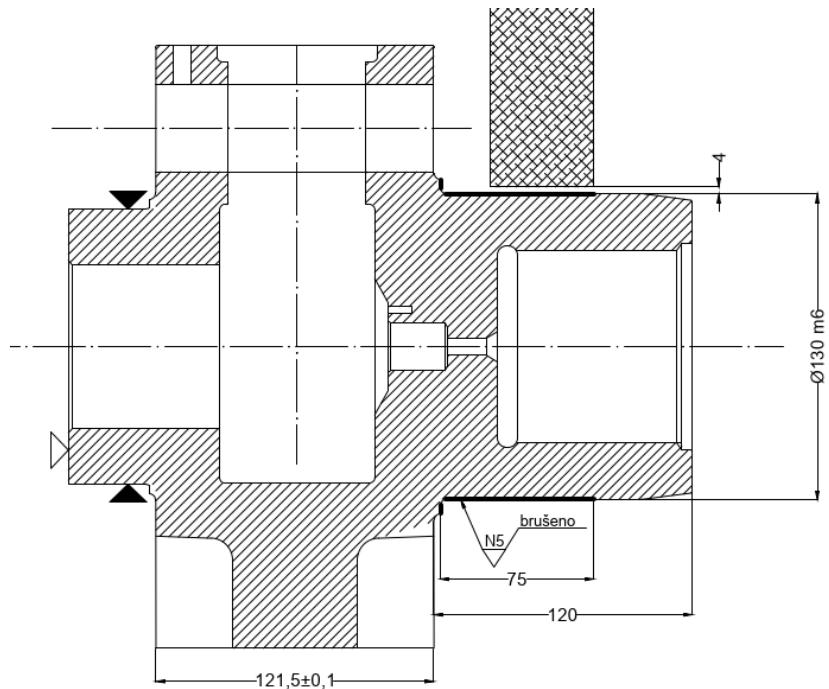
Ručno vrijeme:

- 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 :

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

Broj okretaja izratka n_o :

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

Strojno radno vrijeme:

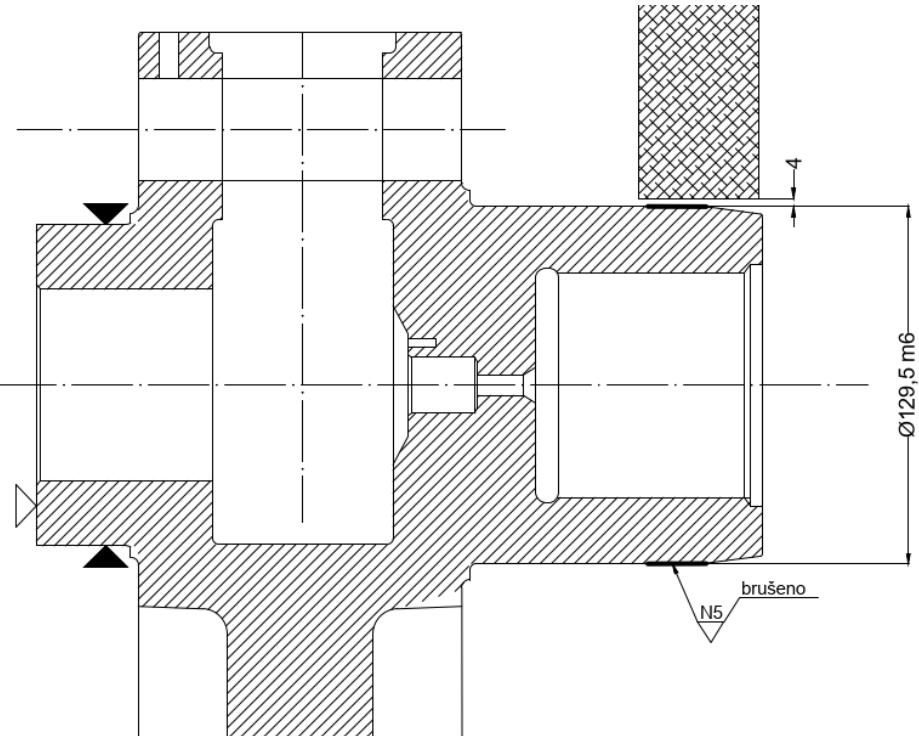
$$t_{sr} = \frac{i \cdot L}{s_u \cdot n_o} = \frac{2 \cdot 75}{6,35 \cdot 37} = 0,63 \text{ min}$$

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:

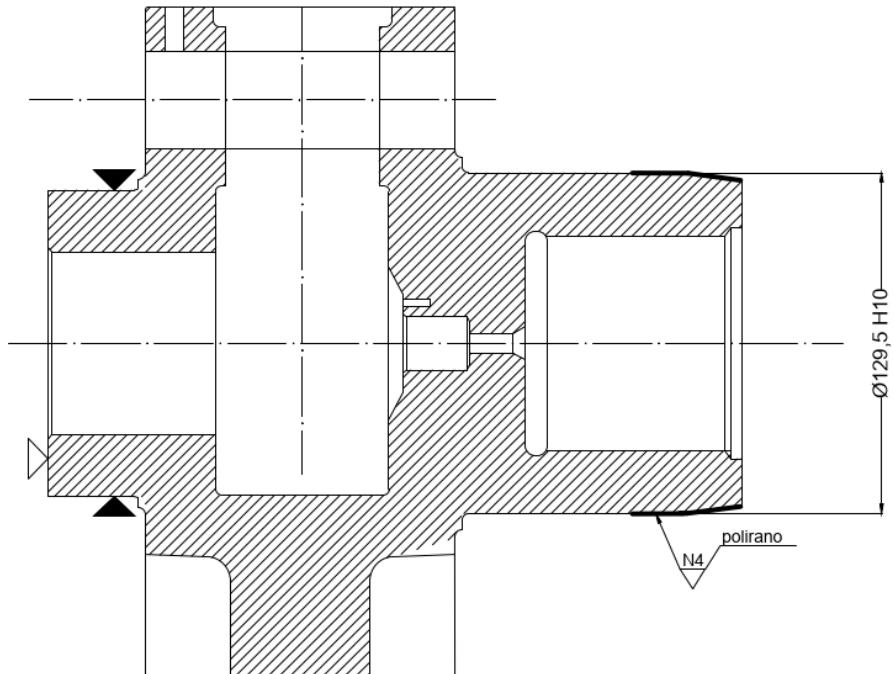
$$t_{sr} = 2 \cdot \frac{a_p}{s_r \cdot n_o} = \frac{2 \cdot 0,15}{0,005 \cdot 37} = 1,62 \text{ min}$$

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 izradakRučno vrijeme t_r : 0,5 min**Zahvat 6:** Odraditi kontrolu dimenzija

Kontrolirati svaki 10. izradak

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

- Promjer Ø130 m6 mm
- Promjer Ø129,5 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 nacrta:	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		
			Svrdlo	Sandvik CoroDrill 870-2030-20-PM-4334		
			Svrdlo	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 nacrta:	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 nacrt:	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		
			Glodalno	Sandvik CoroDrill 880- D4500L-40-03		
			Glodalno	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

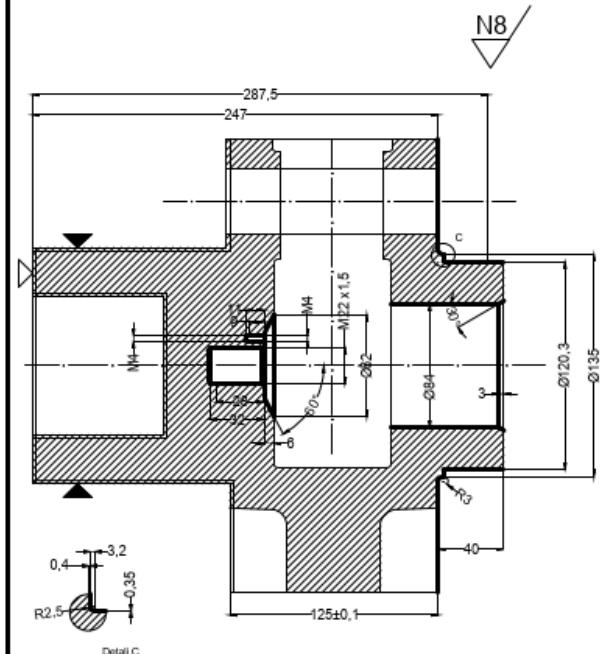
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA			POPIS ALATA	Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA	Broj nacrta:	List: 4
						Listova: 4
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat	
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka
30	stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B – Top				
			Protuzupčanik			
					Mikrometar	Diatest MK - 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)

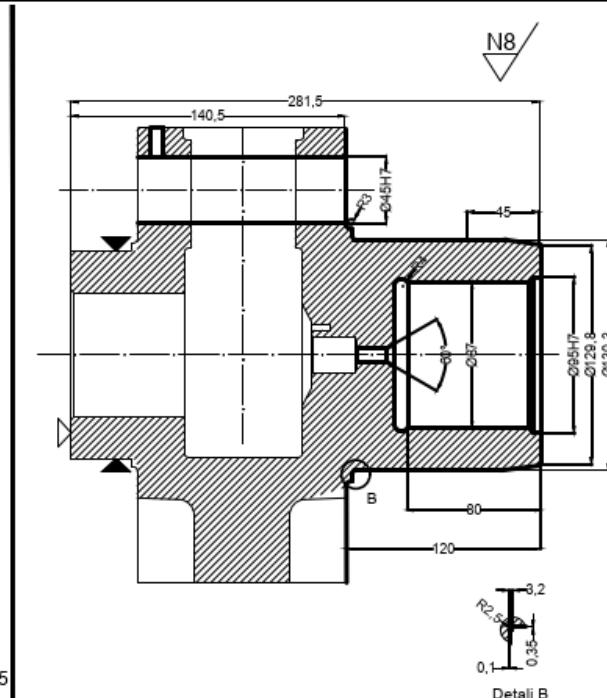
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA		POPIS STROJEVA
Naziv stroja:	Tehničke karakteristike:	
CNC tokarski obradni centar HAAS-ST-10	Hod po X-osi: 406 mm Hod po Z-osi: 851 mm Stezna glava: 525 mm Maksimalni promjer rezanja: 406 mm Provrt vretena: 58 mm Nosivost stola: 1361 kg Maksimalna snaga: 15 KS Broj okretaja: 6000 o/min Dimenzije stroja: 343x160x217 cm Maks. broj alata na revolveru: 12 kom	
CNC odvalna dubilica „Bourn & Koch 1000 VBG“	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	
Stroj za induktijsko kaljenje: ELDEC MIND XL 1500	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	
Brusilica „Studer S30“	Snaga glavnog vretena: 6 kW Maks. broj okretaja: 2110 min ⁻¹ Maks. promjer brusnog kola: 500 mm Maks. širina brusnog kola: 80 mm Maks. promjer obratka: 449 mm	

Ulazni materijal			POPIS OPERACIJA	TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA	
	Površinska:			Komada: 5000/god	List: 1
	Termička:				Listova: 1
Oblik: ODLJEVAK			Naziv dijela: Vratilo reduktora		
Dimenzije: Ø280x287,5 mm			Broj nacrta:		
Operacija	t_{pz} [min]	t_1 [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		
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“					

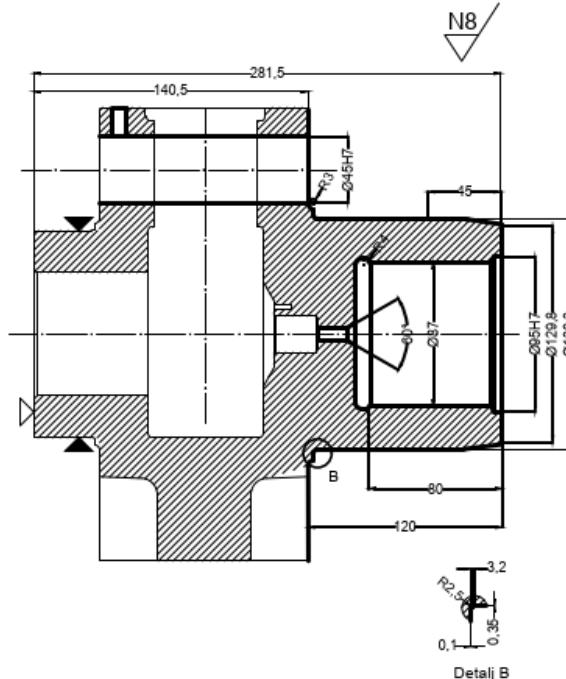
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA							PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1
OPERACIJSKI LIST							Naziv: VRATILO REDUKTORA	Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan	Naziv: CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10		Listova:	2		
Zahvat	a	s	i	v	n	l	ts	tr	Oznaka: Oblik: Odjevak Dimenzija: Ø 280x287,5 mm	Oznaka: TOC 1 Radiona: Strojna obrada	OPERACIJA:	10		
Režimi rada							Vrijeme		Opis zahvata		Alat	Skica operacije		
											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	124,2	0,69 0,1	400	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	54,6	0,34	885	Konturno tokariti (fino)	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425			
6	0,3	0,156	1	400	390	78,5	0,83 0,1	830	Konturno tokariti na 245 mm s izradom radijusa R3	Rezna pločica	CoroTurn Prime CP-B1216D-M7-4425			
7	2	0,373	4	314	1430	75	0,61 0,1	1350	Tokariti Ø84 mm	Rezna pločica	CoroTurn Prime 107 SCMT 12 04 12-PR-4425			
	1				1220			1190						
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	9	0,06	5520	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 Datum: 09.09.2023.	Ime: Datum:

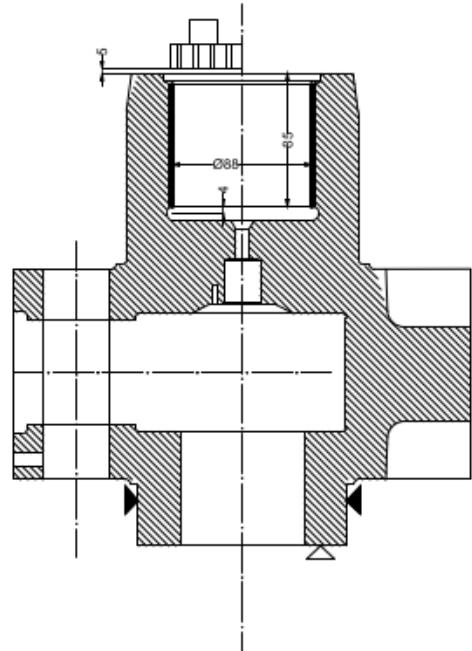
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA								PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	2
								VRATILO REDUKTORA		Kvaliteta:	ČL.4732 poboljšan	Naziv:	CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10	Listova:	2
OPERACIJSKI LIST								Oznaka:	Oblik:	Odjek	Oznaka:	TOC 1	OPERACIJA:	10	
Zahvat	Režimi rada								Opis zahvata		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						
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:	



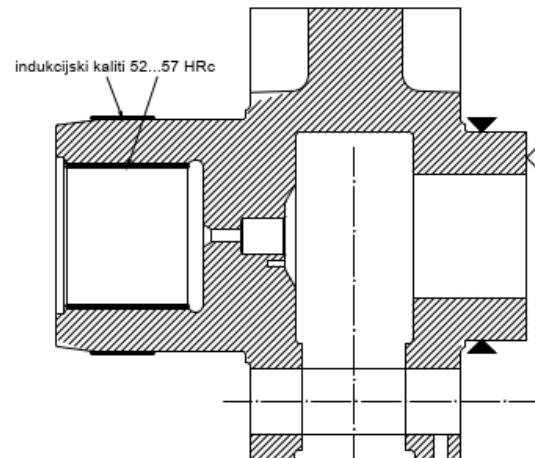
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA							PROIZVOD		MATERIJAL		RADNO MJESTO		List:	1
							Naziv: VRATILO REDUKTORA	Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan	Naziv: CNC Tokarski obradni centar HAAS-ST-10			Listova:	2	
OPERACIJSKI LIST							Oznaka: TOC 1	Oblik: Odljevak	Oznaka: Radiona: Strojna obrada			OPERACIJA:	20	
Zahvat	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 (tvrdi)	Hainbuch B – Top		N8	
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 Ø 130,1 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	77,7	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	12,95	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	Svrdlo	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 Datum: 09.09.2023.	Ime: 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: TOC 1	Oblik: Odljevak	Oznaka: TOC 1	Radiona: Strojna obrada	OPERACIJA: 20			
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			Upustiti provrt Ø 8 mm		Upuštač	WNT SE.N.25,00.60°.C.WN		
15	20	0,2	3	100	4800	26	0,08			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			Urezati navoj 3 x M8		Navojno svrđlo	Sandvik CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM		
17	123	0,24	3	201	1440	136	1,2			Proširiti 6 provrta Ø 40 mm --> Ø 44,5 mm		Glodalno	Sandvik CoroDrill 880-D4500L-40-03		
18	123	0,09	3	245	1750	136	2,51			Glodati 6 provrta Ø 45 H7 mm		Glodalno	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			Hoffmann Group Gutchrom H7 45		
										Promjer Ø95 H7			Hoffmann Group Gutchrom H7 95		
										Navoj M8			Standardni vijak	M8	
										Navoj M4			Standardni vijak	M4	
										Navojni čep			M22x1,5-8H, Go/NoGo KINEX		
UKUPNO:								ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:	Ovjerio:
								9,08	0,93	10	2	12	45	Ime: Boris Vukelić	Ime:
										Datum:				Datum: 09.09.2023.	

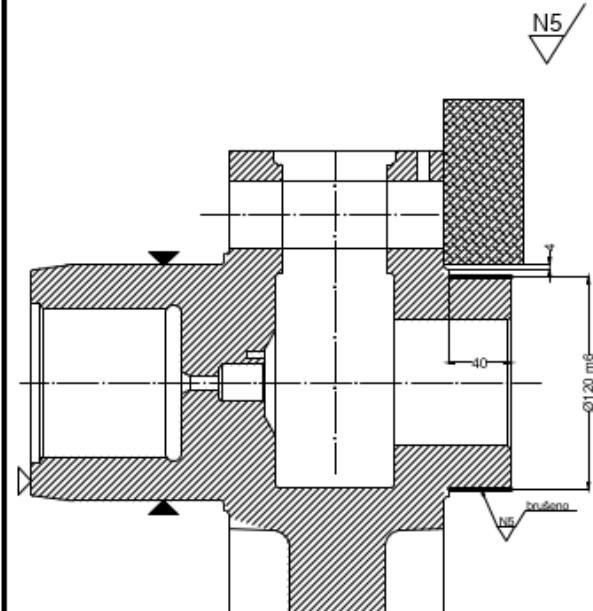


TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA			PROIZVOD			MATERIJAL			RADNO MJESTO			List:	1
OPERACIJSKI LIST			Naziv: VRATILO REDUKTORA			Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan			Naziv: CNC Odvalna dubilica Boum & Koch 1000 VBG			Listova:	1
			Oznaka:			Oblik: Odljevak Dimenzija: Ø280x287,5 mm			Oznaka: DUB 1 Radiona: Strojna obrada			OPERACIJA:	30
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		
2	75	0,15	4	20	119	84	17,9 0,1		Izraditi unutarnje ozubljenje	Protuzupčanik			
3							0,3		otpustiti i odložiti izradak	Mikrometar	Diatest MK – ZM7		
4							1/10		Kontrola dimenzija				
UKUPNO:			ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio:	Ovjerio:			
			18	1,9	19,87	2,98	22,85	30	Ime: Boris Vukelic	Ime: Datum:			
									Datum: 09.09.2023.	Datum:			

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA			PROIZVOD			MATERIJAL			RADNO MJESTO			List:	1
			VRATILO REDUKTORA			Kvaliteta: ČL.4732 poboljšan			Naziv: Peć za indukcijsko kaljenje ELDEC MIND XL 1500			Listova:	1
OPERACIJSKI LIST			Oznaka:			Oblik: Odljevak 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 mjerjenje tvrdoće po Rockwellu			
UKUPNO:			ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio: Ime: Boris Vukelić Datum: 09.09.2023.		Ovjerio: Ime: Datum:		
			2,1	2,1	3,20	0,48	3,68	0					



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: Odlijevak	Oznaka: BRUS 1			OPERACIJA:	50	
Zahvat	Režimi rada								Vrijeme	Opis zahvata		Alat	Skica operacije		
	a	s	i	v	n	l	ts	tr		Naziv	Oznaka				
1							0,6			Stezna glava s 3 čeljusti (meke)	Hainbuch B - Top				
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 Datum: 09.09.2023.	Ime: Datum:



Ø120 m6 +0,035
+0,013

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	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		
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) ^a		
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio: Boris Vukelić Datum: 09.09.2023.	Ovjerio: Ime: Datum:
							2,45	3,1	5,66	1,1	6,76	30		

7. SIMULACIJA OBRADE 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.

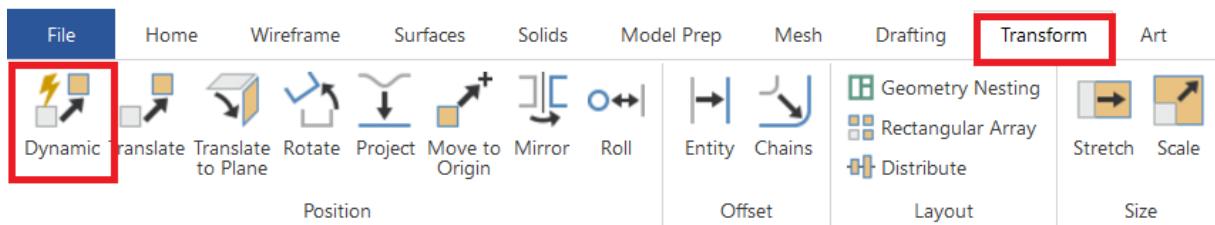
Iako smo već spomenuli opće prednosti CAD/CAM sustava, ključna prednost korištenja simulacija obrade je sposobnost predviđanja potencijalnih sudara između alata i obratka. Ovo je iznimno važno jer su posljedice takvih sudara često vrlo skupe i vremenski zahtjevne. Zahvaljujući razvoju računalne tehnologije,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

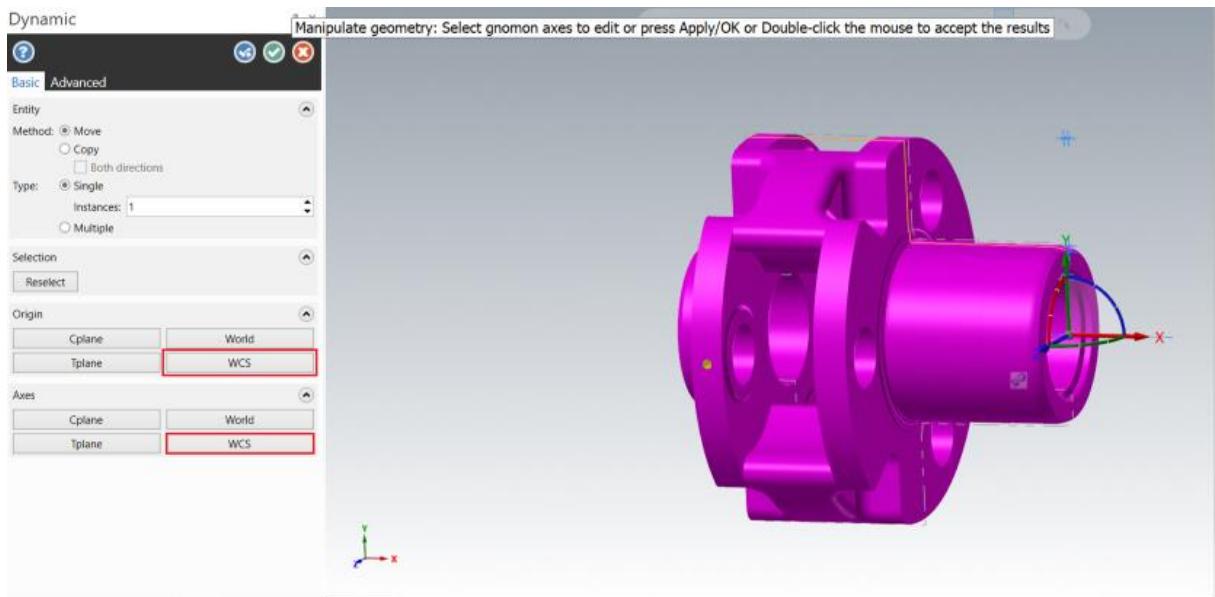
U kontekstu ovog rada, fokus je na stvaranje simulacije obrade bez potrebe za stvarnom proizvodnjom. Neće se detaljno ulaziti u problematiku generiranja G-koda za CNC strojeve, budući da je to specifičan proces koji zahtijeva posebno prilagođene postprocesore za svaki pojedini slučaj.

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) učitanog izratka. Zato odabiremo opciju „WCS“.

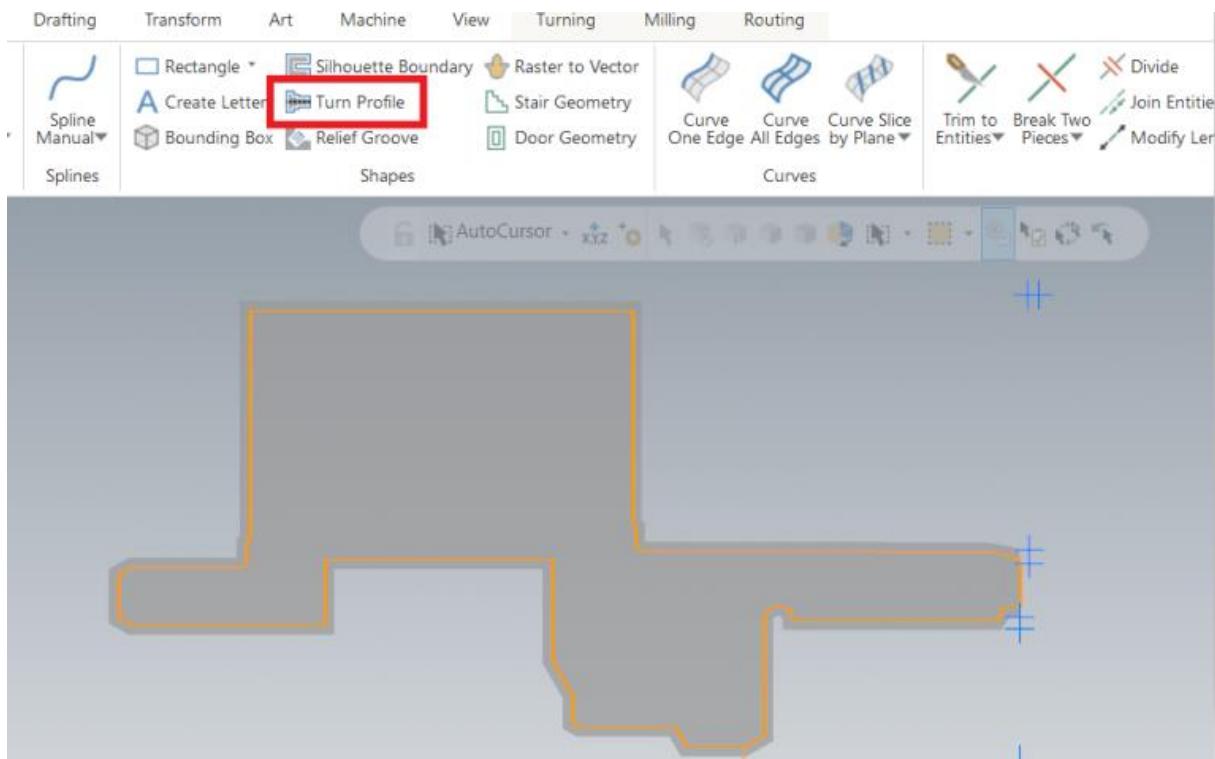


Slika 61 Kartica Transform --> Dynamic

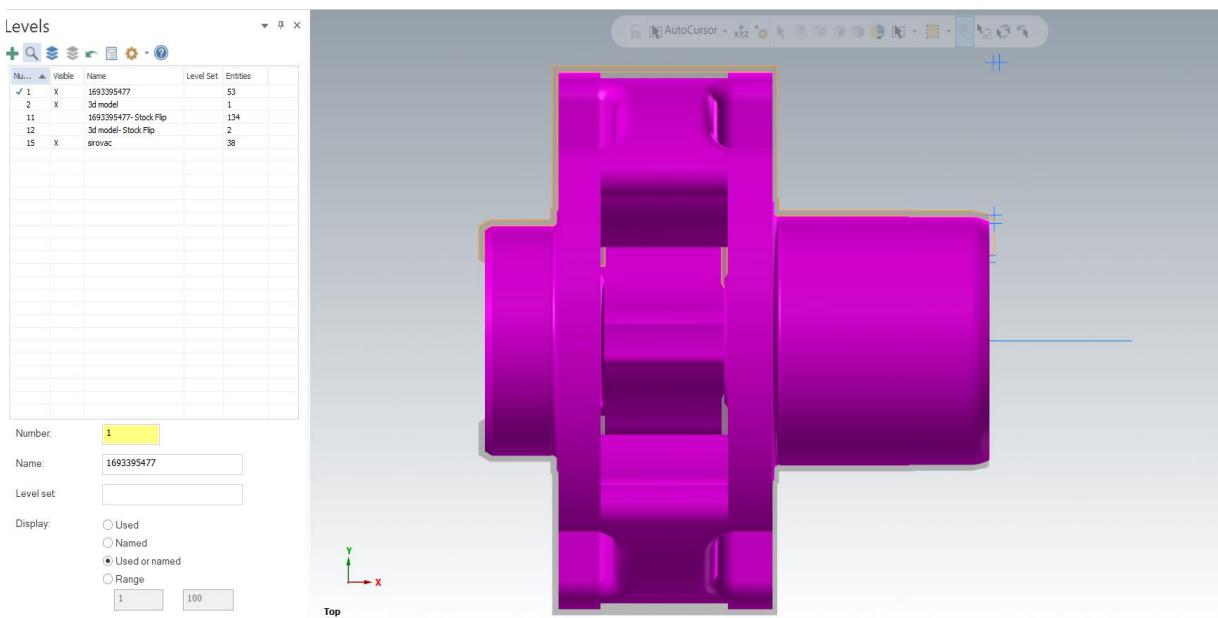


Slika 62 Odabir nul - točke koordinatnog sustava

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.

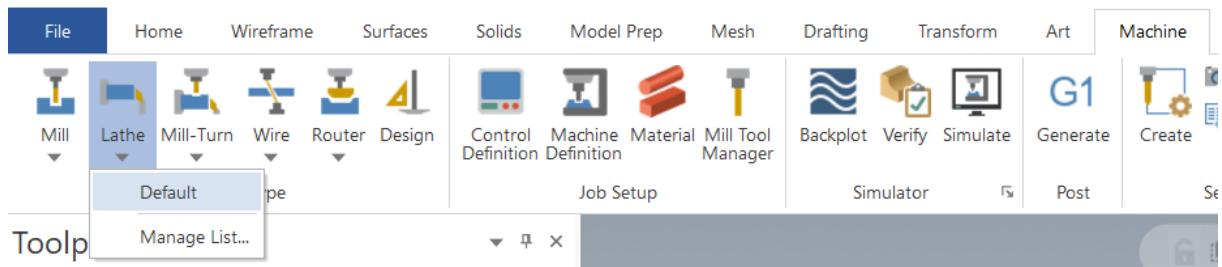


Slika 63 Prikaz izvlačenja presjeka naredbom "Turn profile"



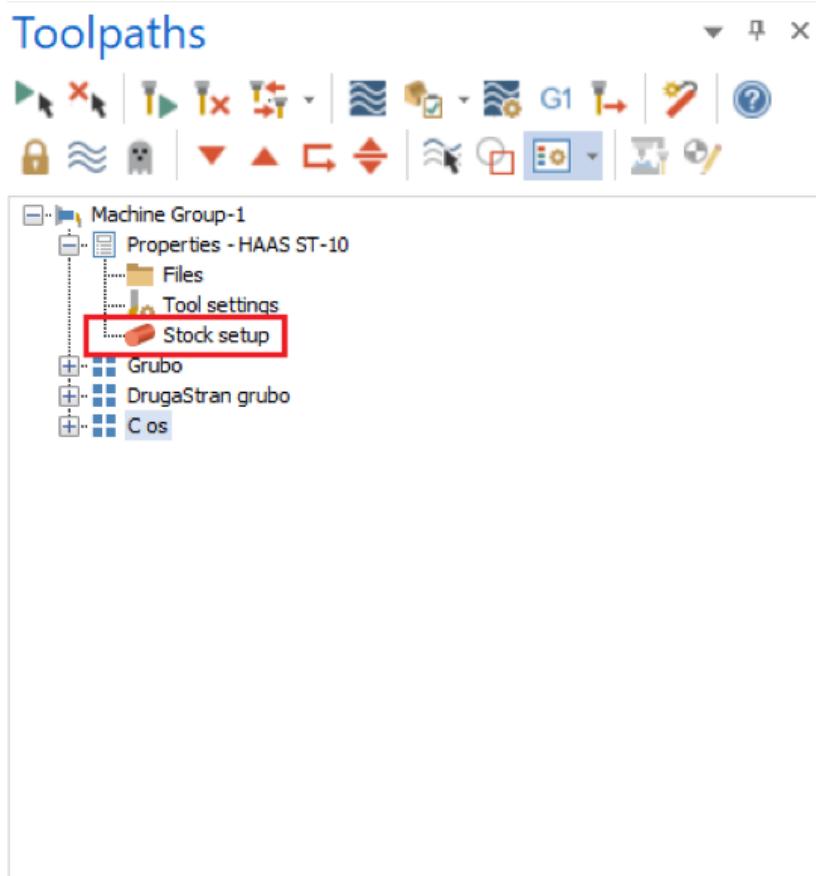
Slika 64 Sirovac označen sivom bojom

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*.

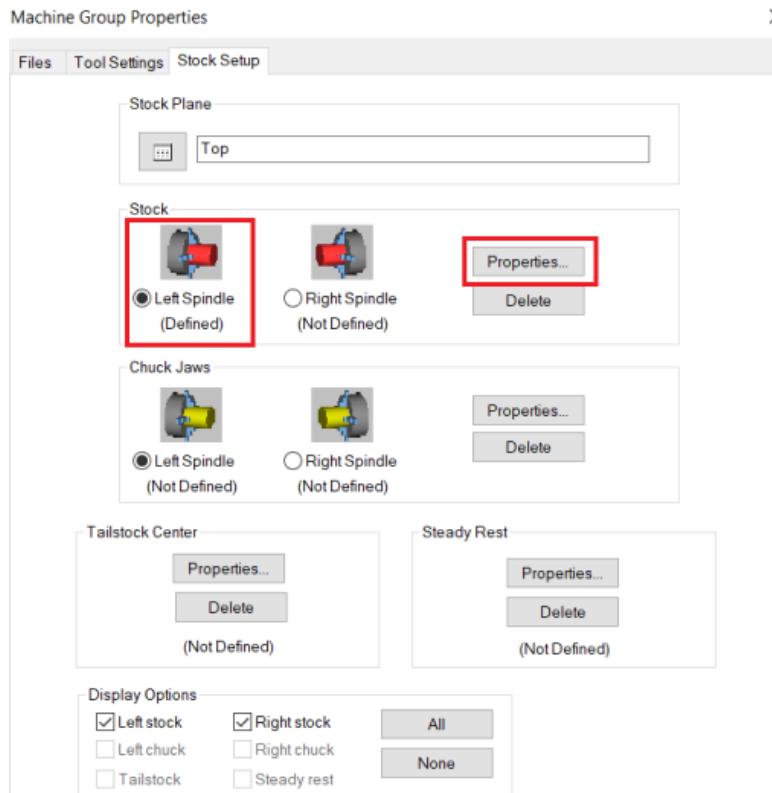


Slika 65 Odabir stroja za obradu

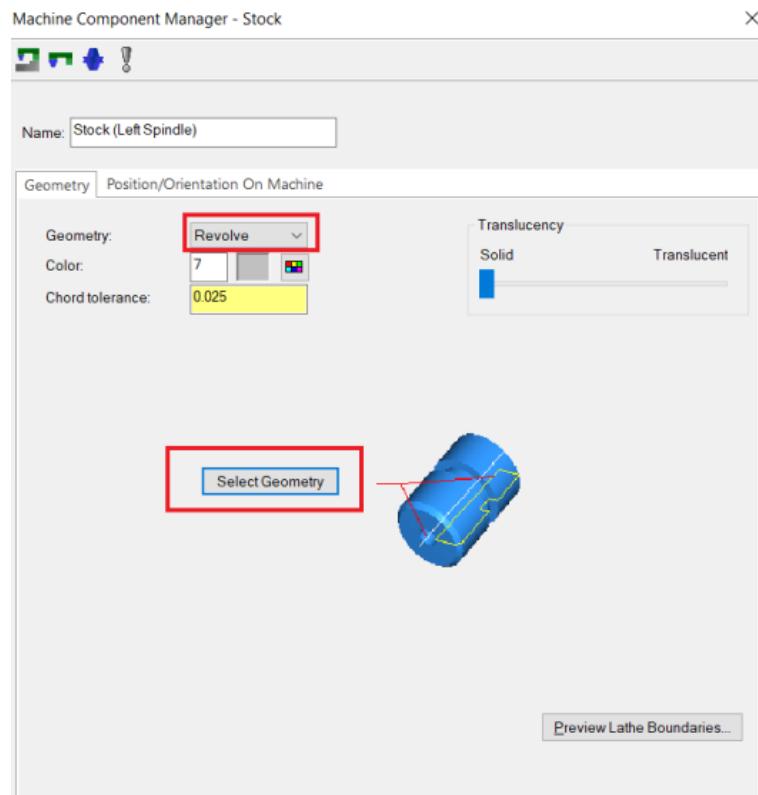
Idući korak je odabir sirovca pod opcijom *Stock Setup* te se kreće s odabirom lijevog vretena i odabire se *Properties*.



Slika 66 Stock Setup

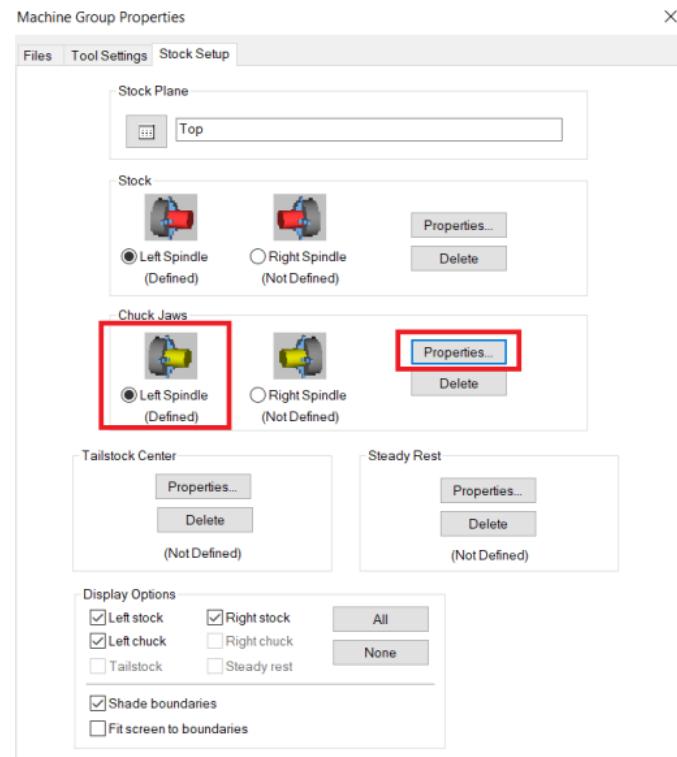


Pod opcijom *Properties*, odabire se opcija *Revolve* te je odabrana geometrija prethodno napravljeni *Turn profile* izratka.

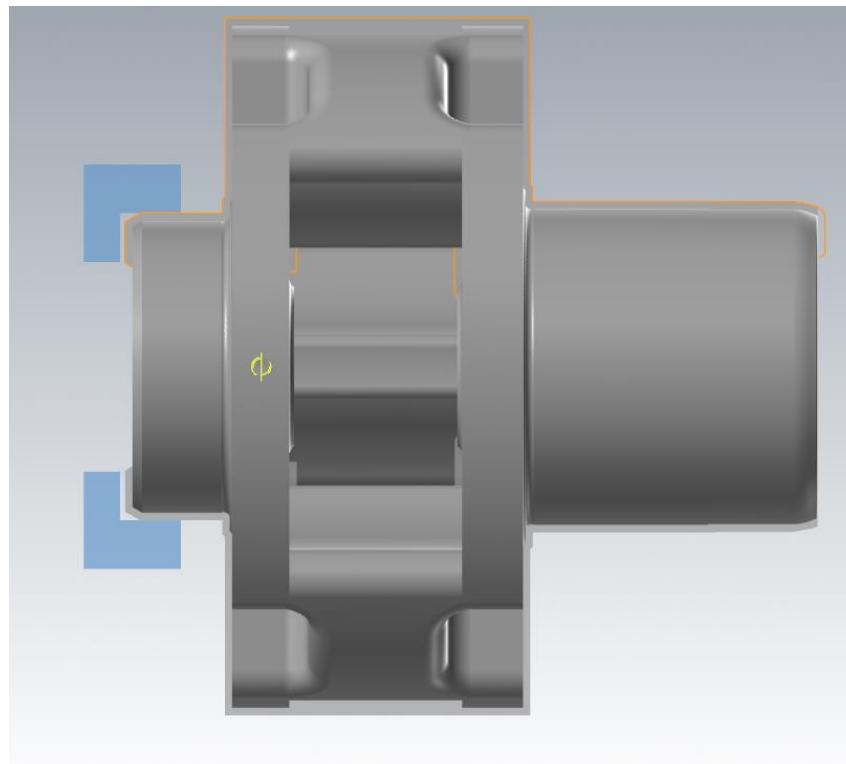


Slika 67 Odabir geometrije za Stock Setup

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.

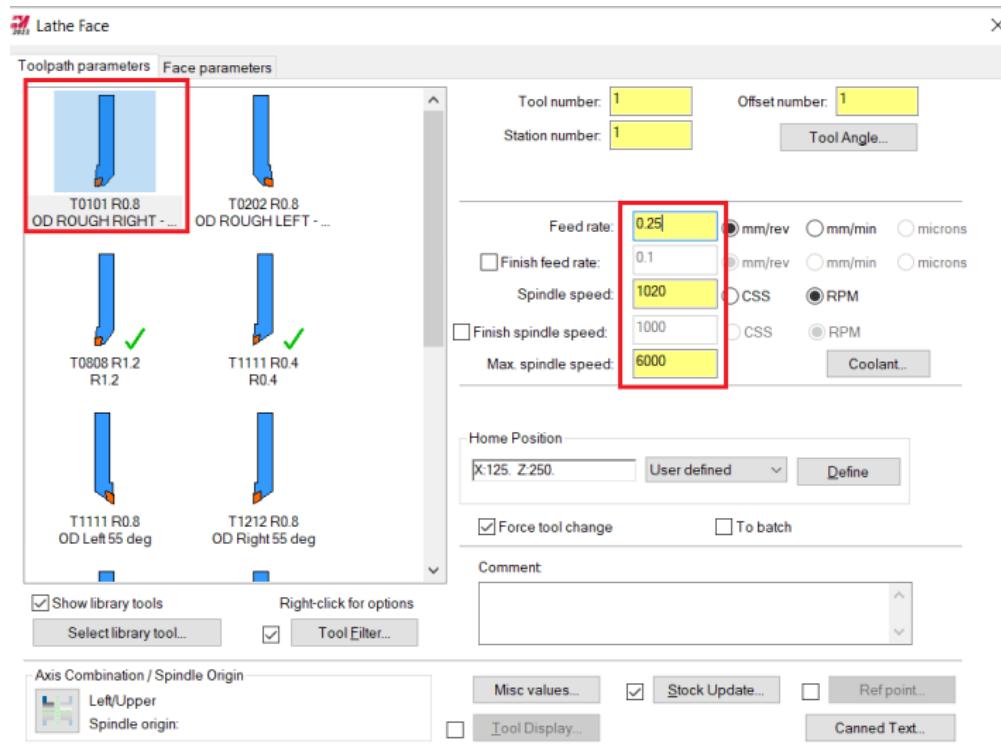
7.3. Operacija 10 – prvo stezanje

Zahvat 2: Poravnati čelo na 287,5 mm

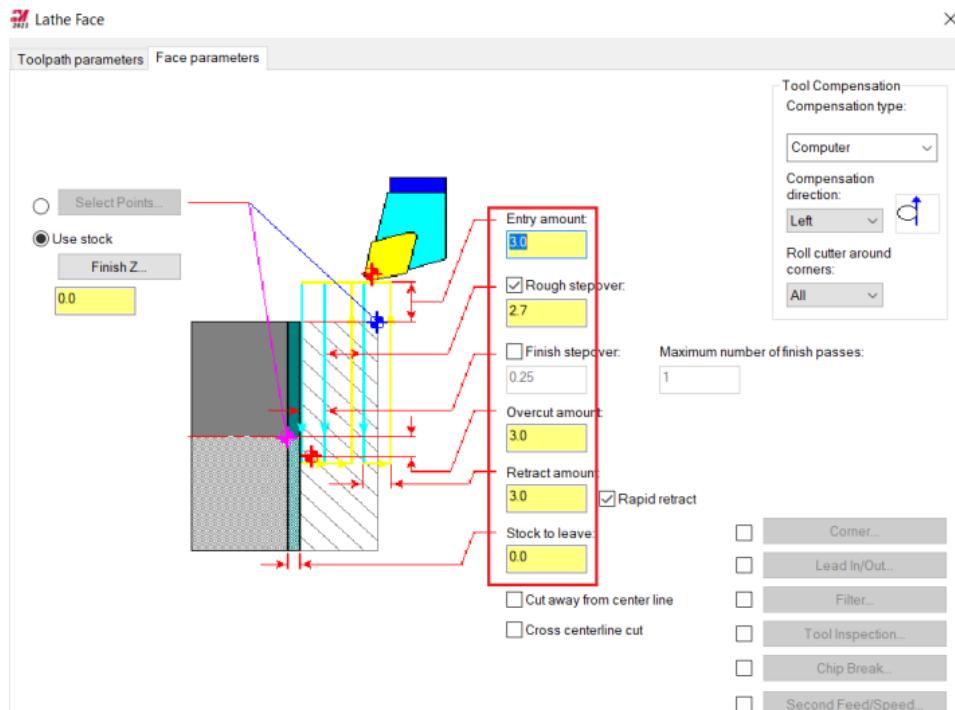
U prvom stezanju, proces obrade započinje zahvatom poravnjanja čela izratka. Poravnanje čela provodi se odmah na konačnu dimenziju u jednom prolazu, budući da nema posebnih tolerancija koje treba zadovoljiti. Za čeonu tokarenje koristi se funkcija „*Face*“ unutar kartice „*Turning*“.

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, postižući 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.

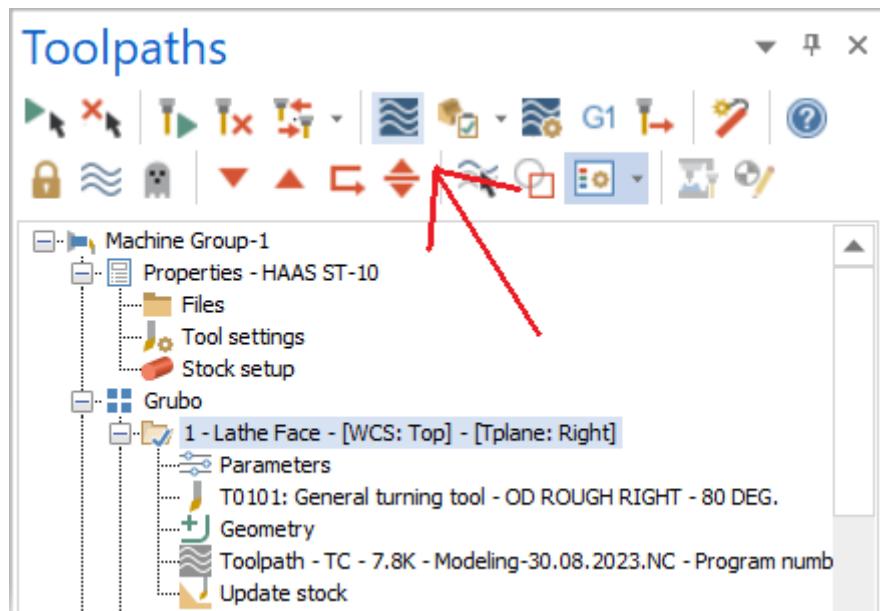


Slika 70 Odabir alata i režima obrade za zahvat 2, operacija 10



Slika 71 Odabir parametara obrade kod zahvata 2, operacija 10

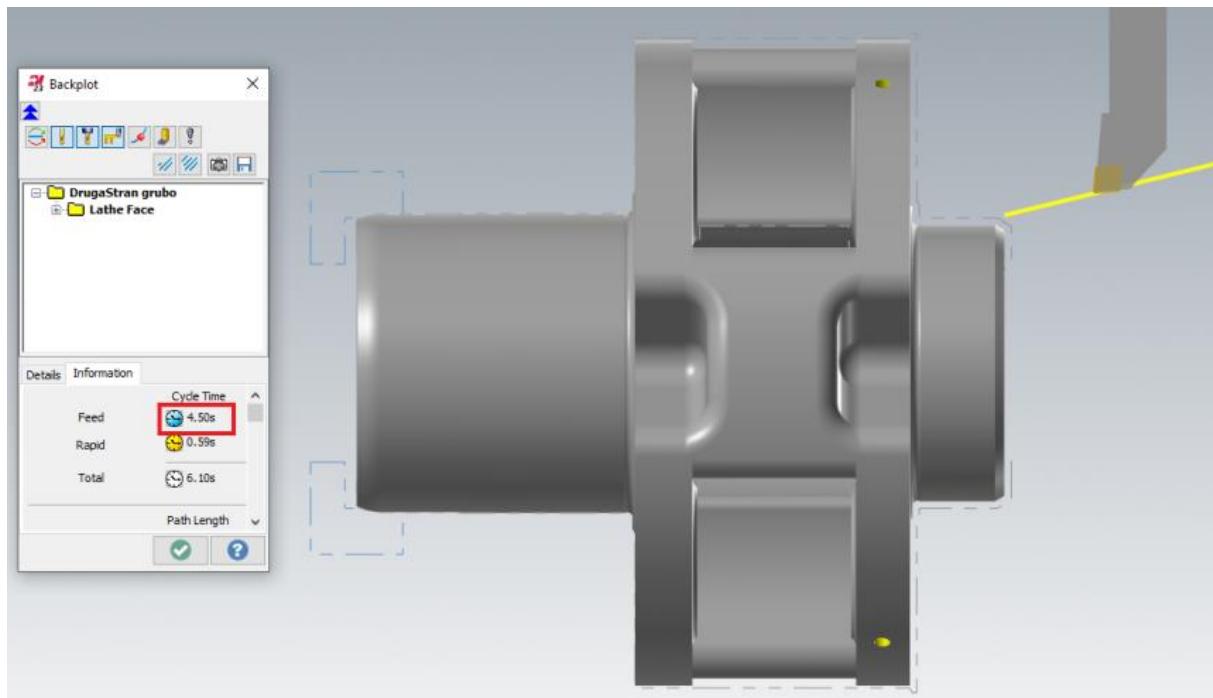
Provjera zahvata u Mastercamu se može napraviti pomoću funkcije „Backplot“ koja se nalazi u *Toolpathsu*.



Slika 72 Funkcija "Backplot"

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

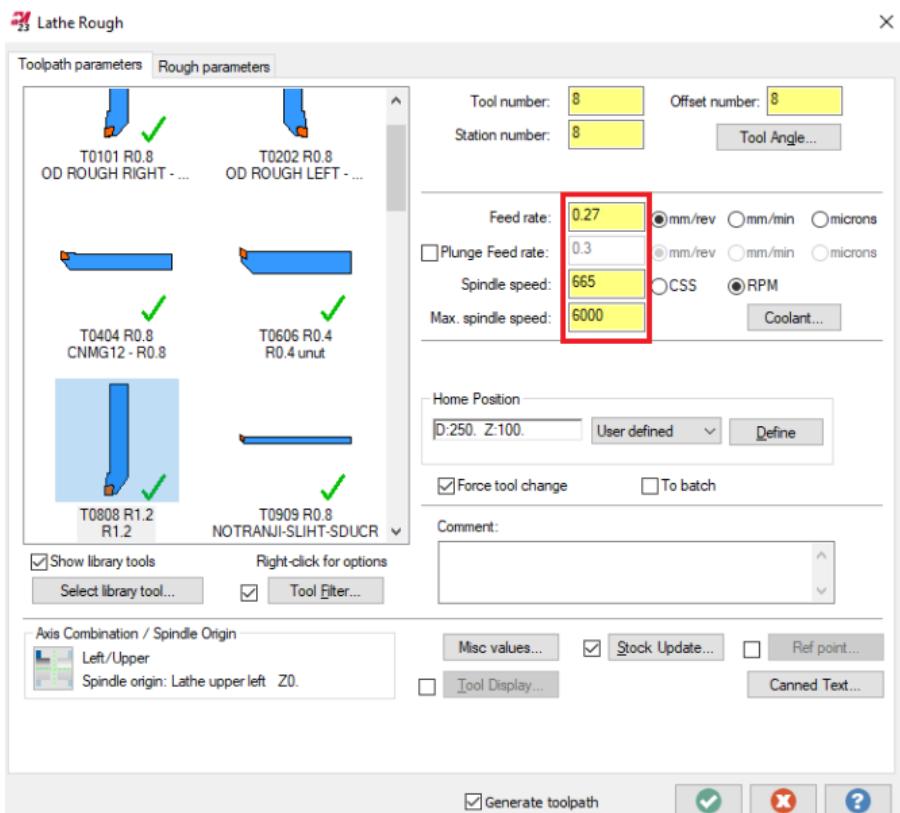
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 4,5$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 5,4$ s



Slika 73 Operacija 10 – simulacija zahvata 2 uz strojno vrijeme

Zahvat 3: Konturno tokariti (grubo)

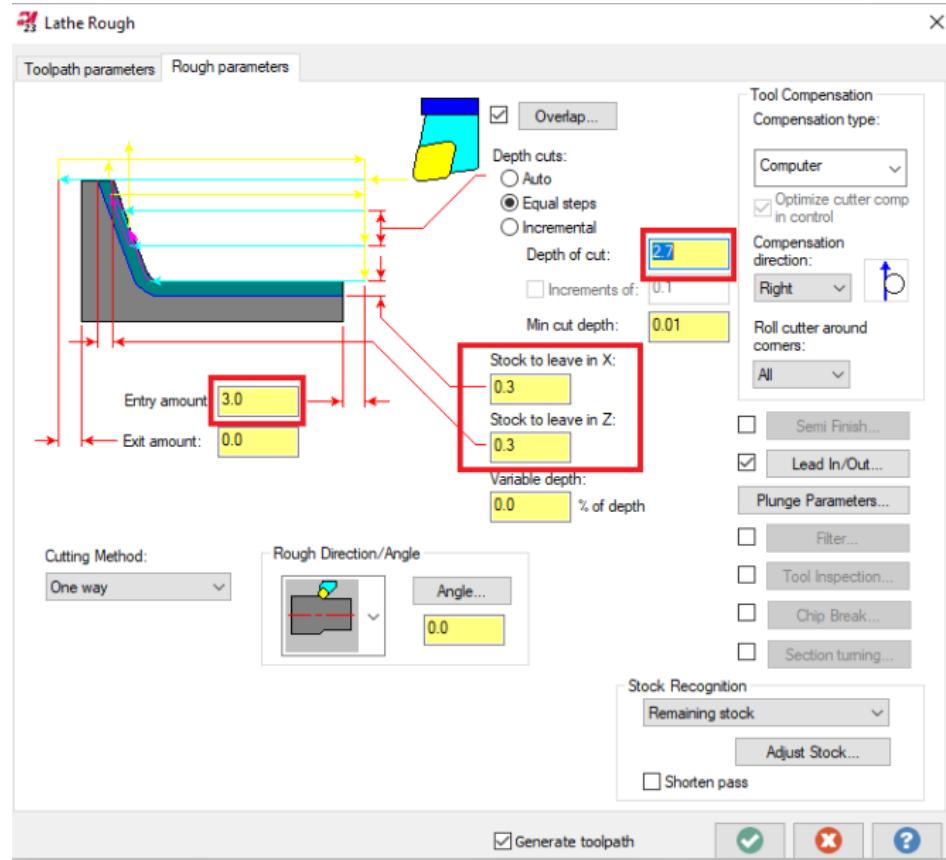
Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Rough* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.



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.

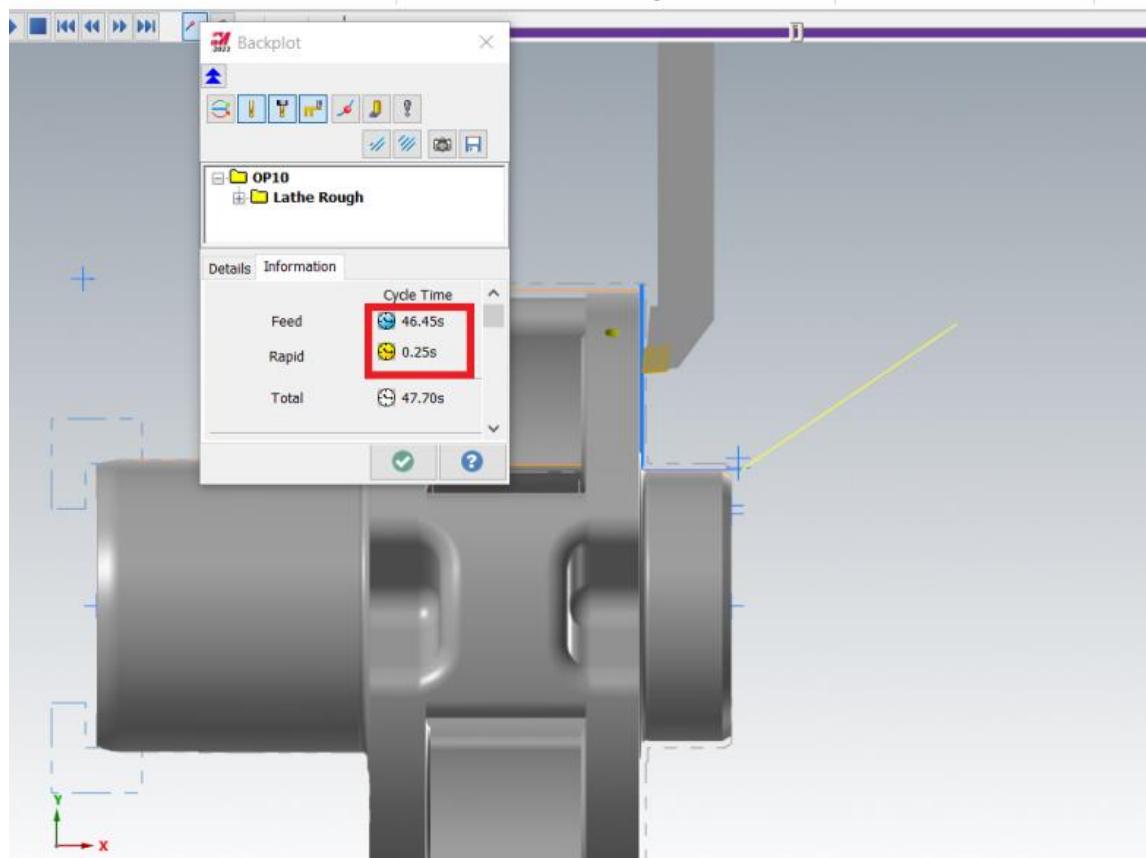
Pod karticom „Rough parameters“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično



Slika 75 Odabir parametara obrade kod zahvata 3 - operacija 10

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

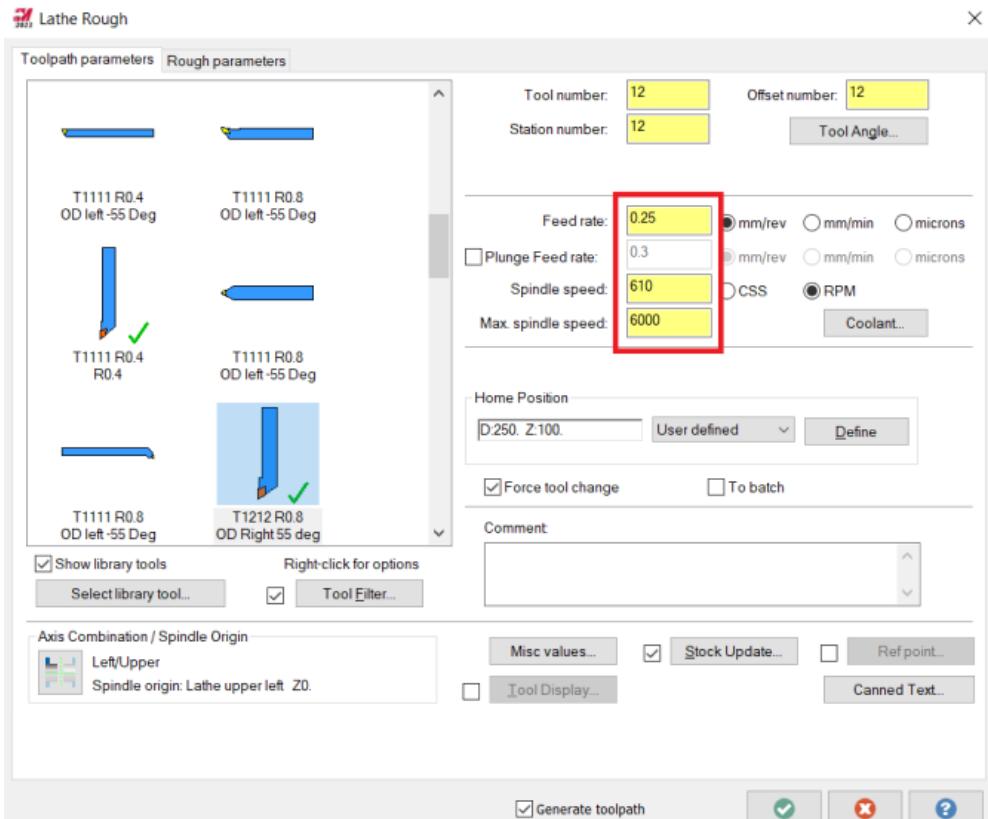
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 46,45$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 41,4$ s



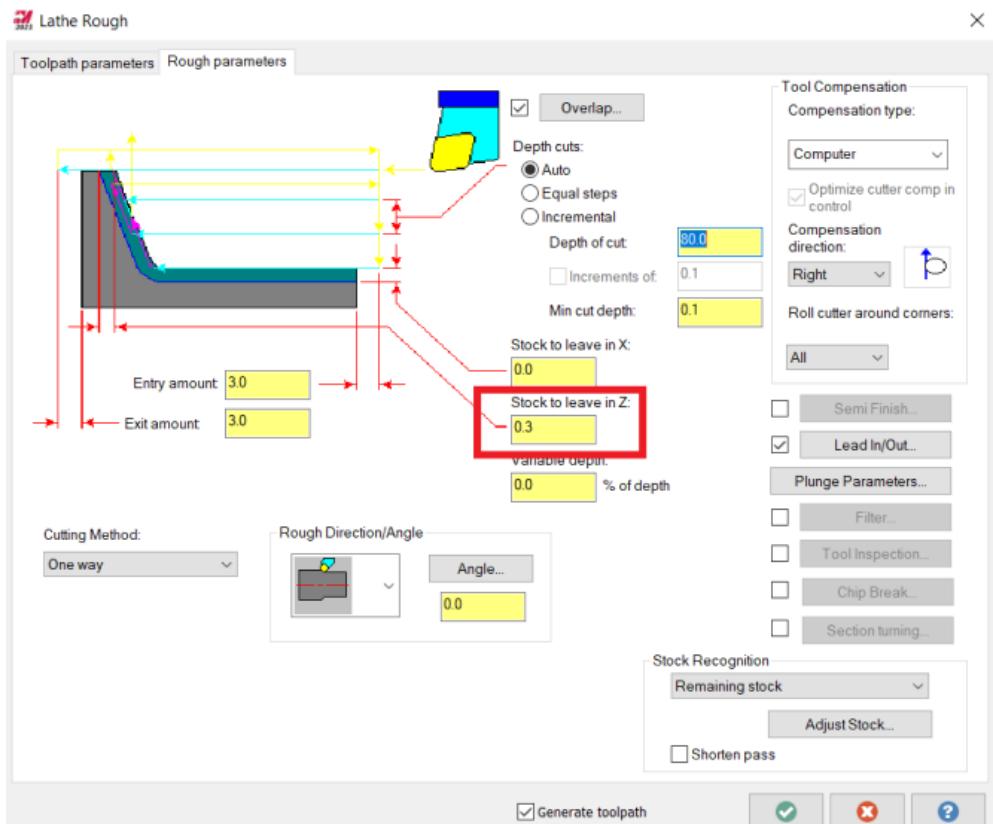
Slika 76 Operacija 10 – simulacija zahvata 3 uz strojno vrijeme

Zahvat 4: Konturno tokariti (grubo)

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



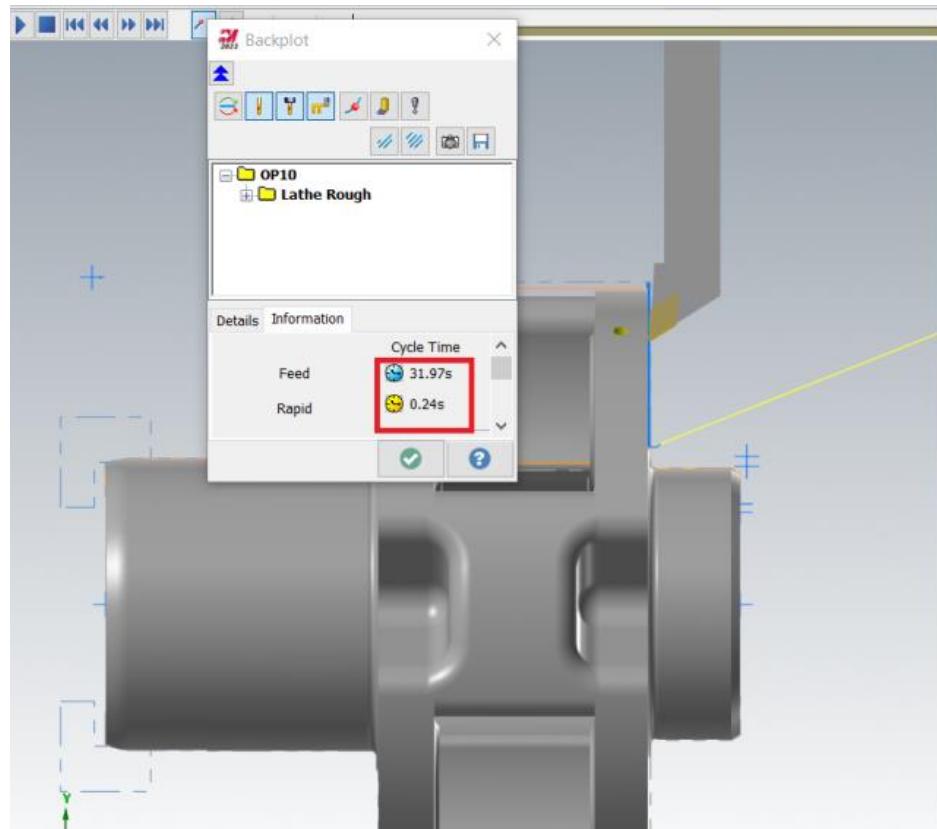
Slika 77 Odabir alata i režima obrade za zahvat 4 - operacija 10



Slika 78 Odabir parametara obrade kod zahvata 4 - operacija 10

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

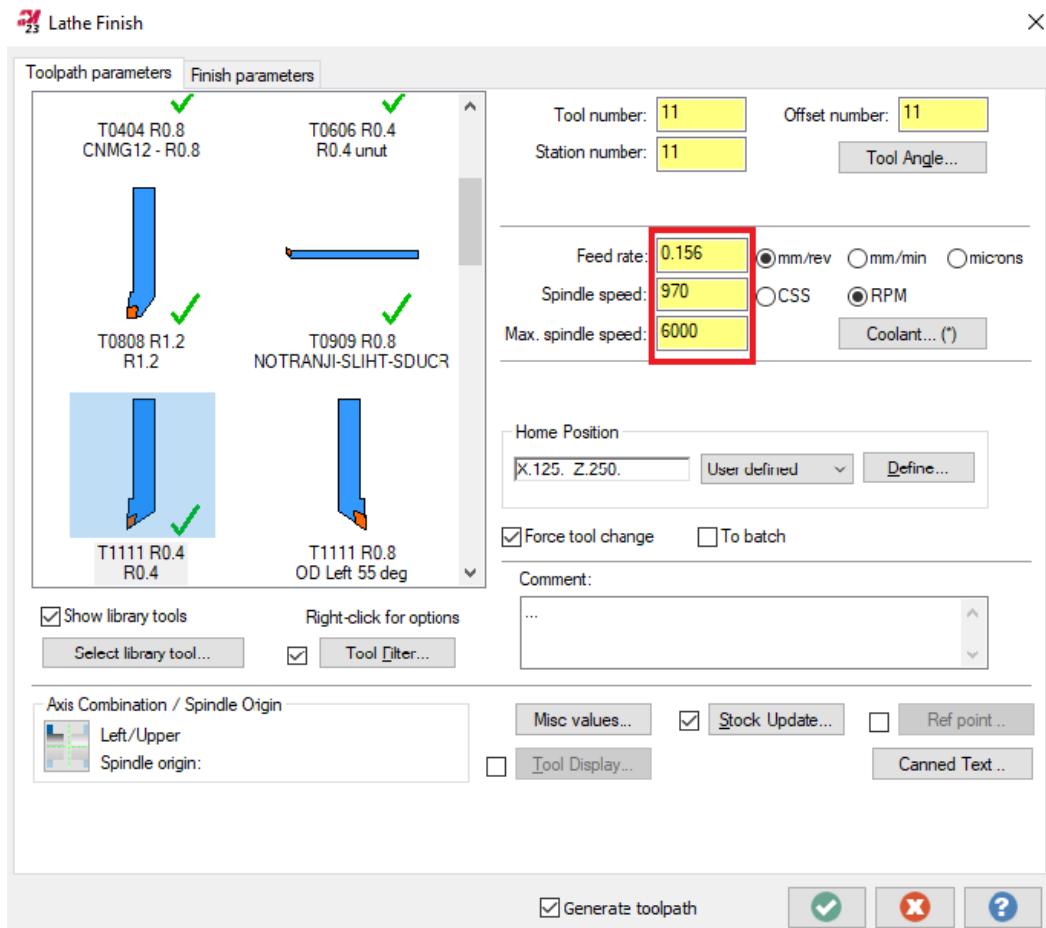
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 31,97 \text{ s}$
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 30 \text{ s}$



Slika 79 Operacija 10 – simulacija zahvata 4 uz strojno vrijeme

Zahvat 5: Konturno tokariti (fino)

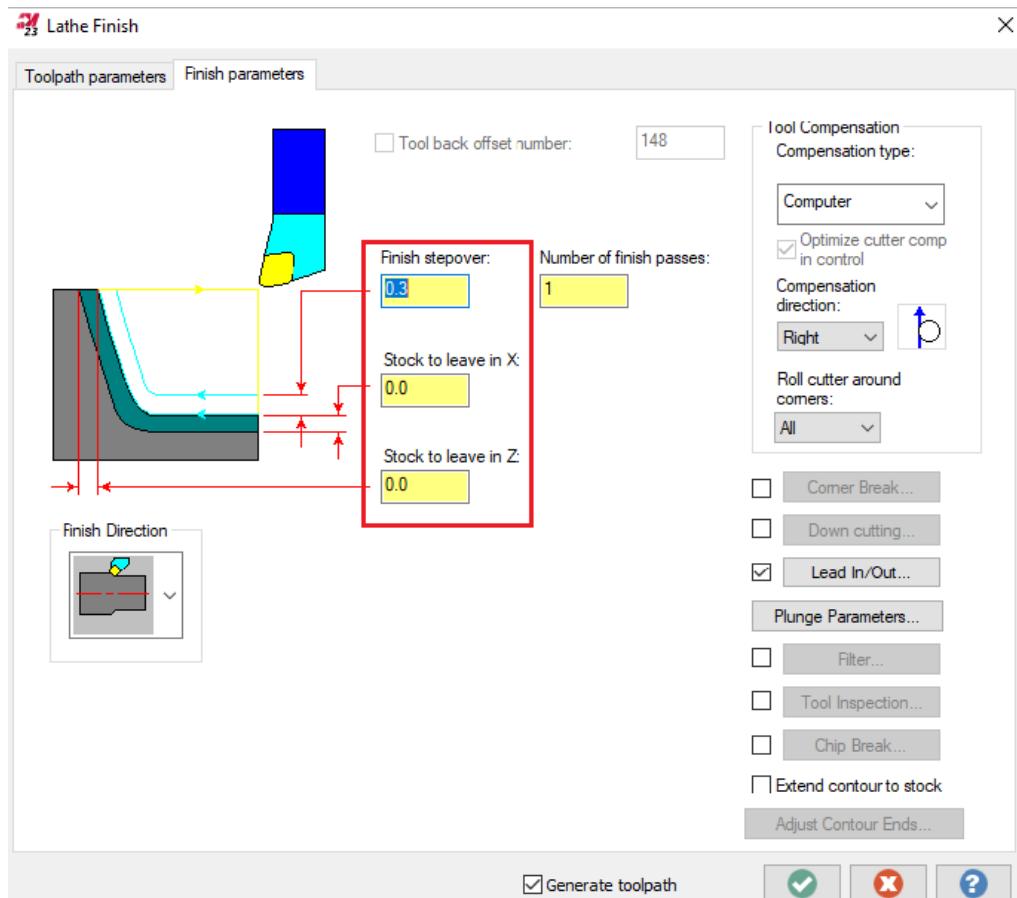
Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Finish* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.



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.

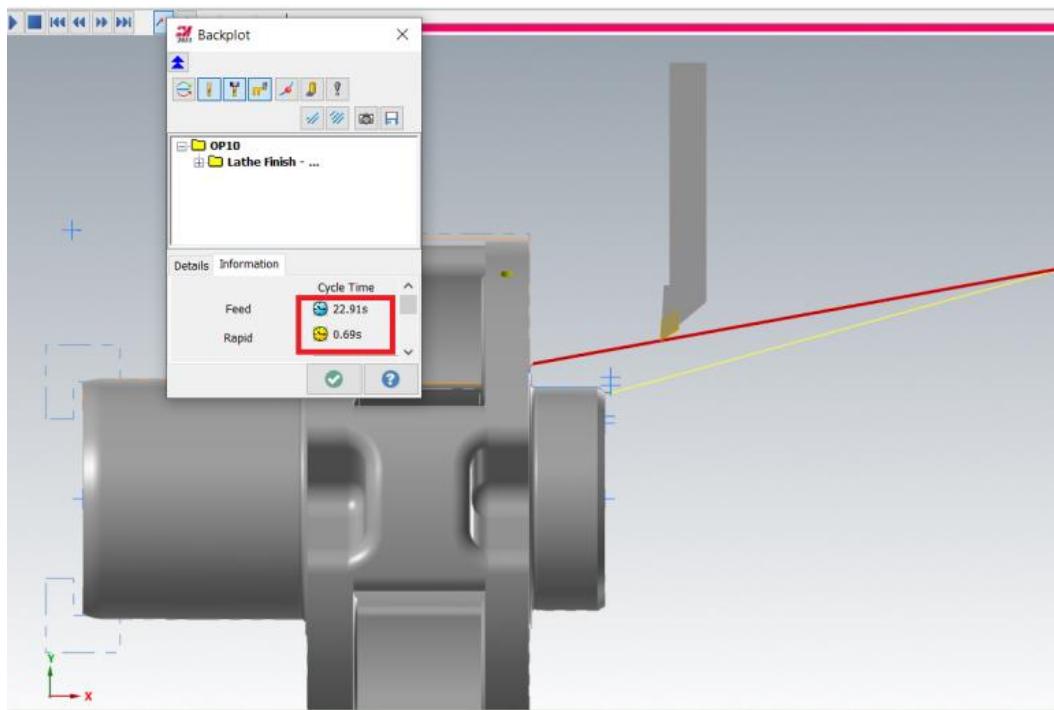
Pod karticom „*Finish parameters*“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu, put ulaska i izlaska alata, i slično.



Slika 81 Odabir parametara obrade kod zahvata 5 operacija 10

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

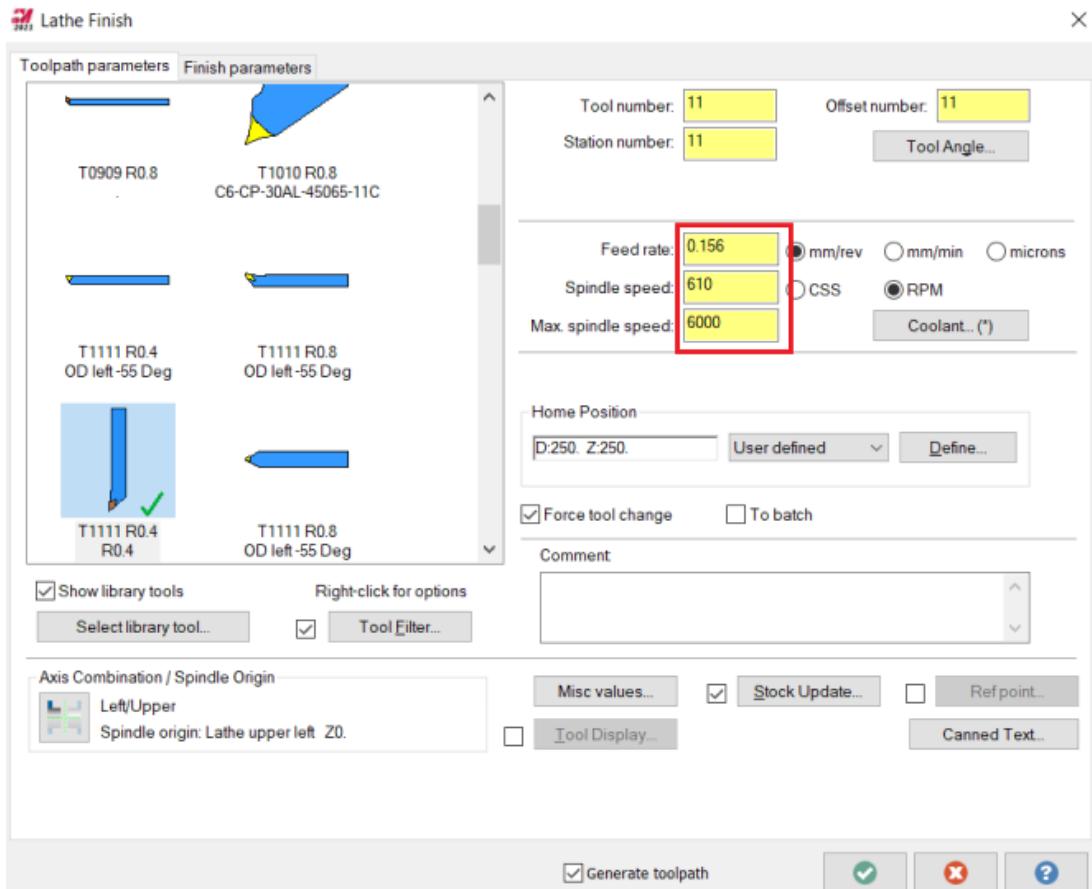
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 22,91$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 15,6$ s



Slika 82 Operacija 10 – simulacija zahvata 5 uz strojno vrijeme

Zahvat 6: Konturno tokariti (fino)

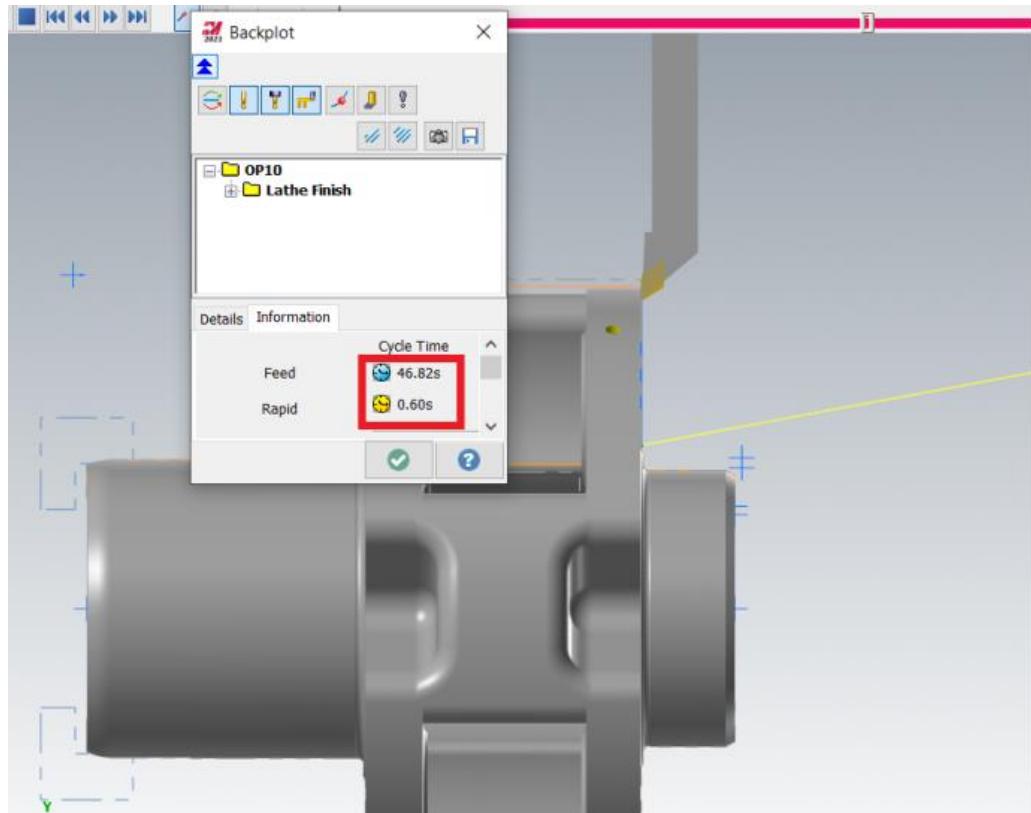
Vanjsko konturno tokarenje izvodi se pomoću naredbe *Finish* istim alatom kao u prethodnom zahvatu.



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:

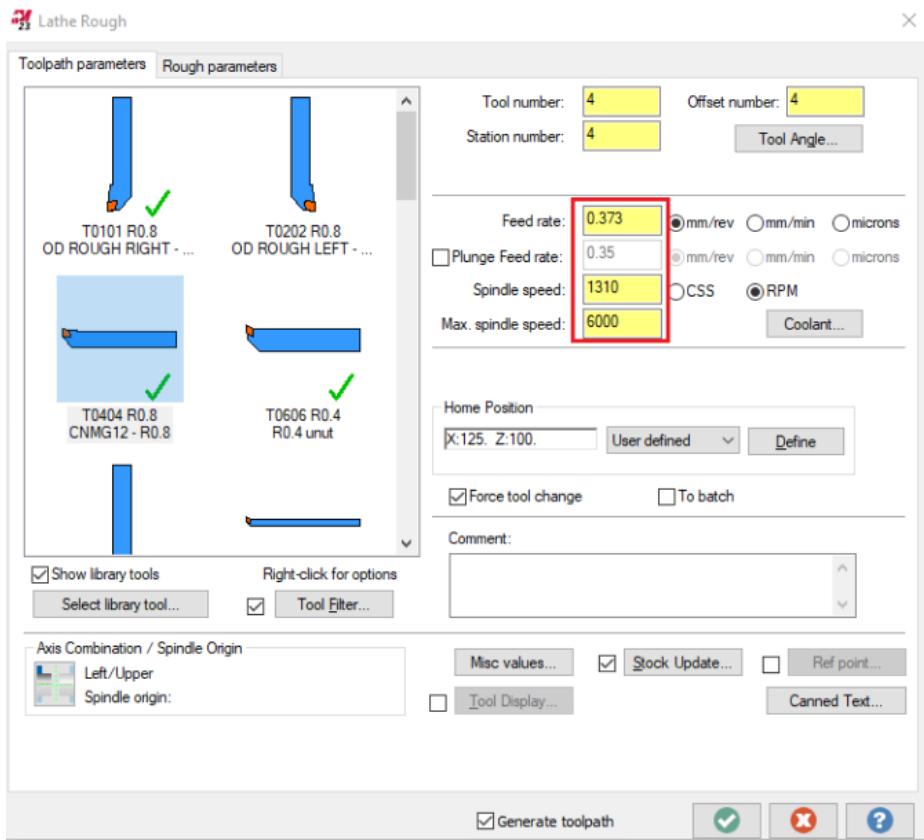
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 46,82$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 49,8$ s



Slika 84 Operacija 10 – simulacija zahvata 6 uz strojno vrijeme

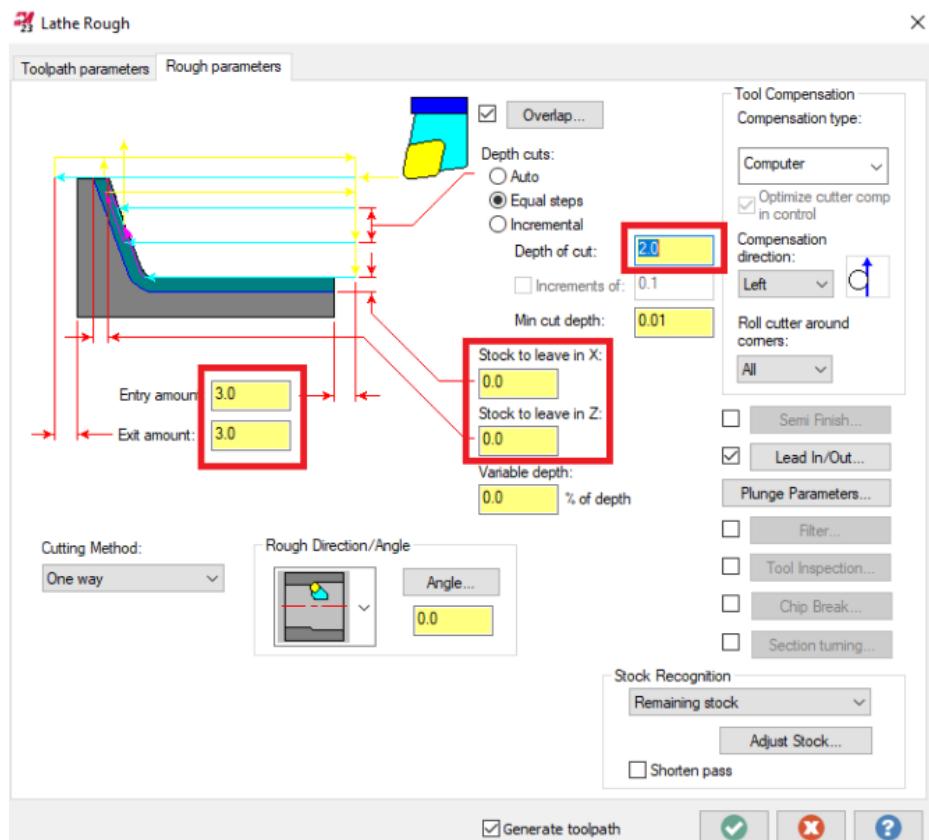
Zahvat 7: Tokariti Ø84 mm

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

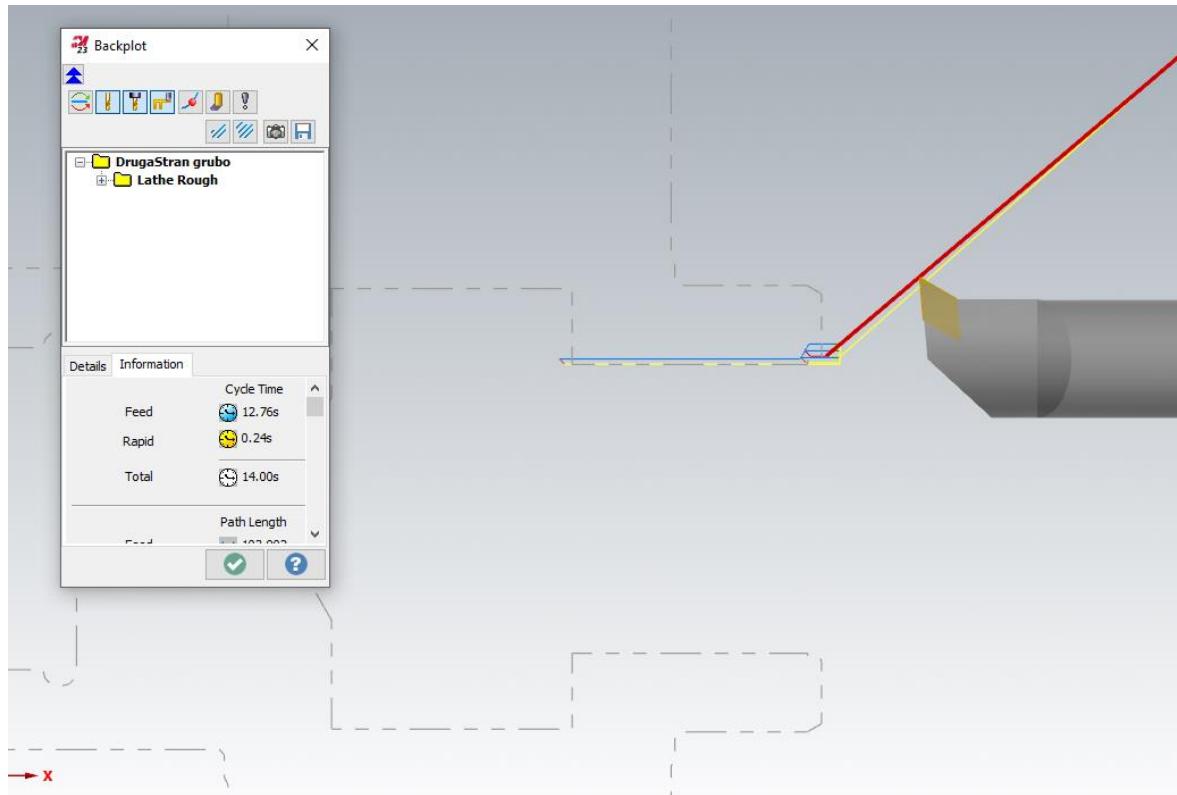
Pod karticom „Rough parameters“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično.



Slika 86 Odabir parametara obrade kod zahvata 7, operacija 10

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

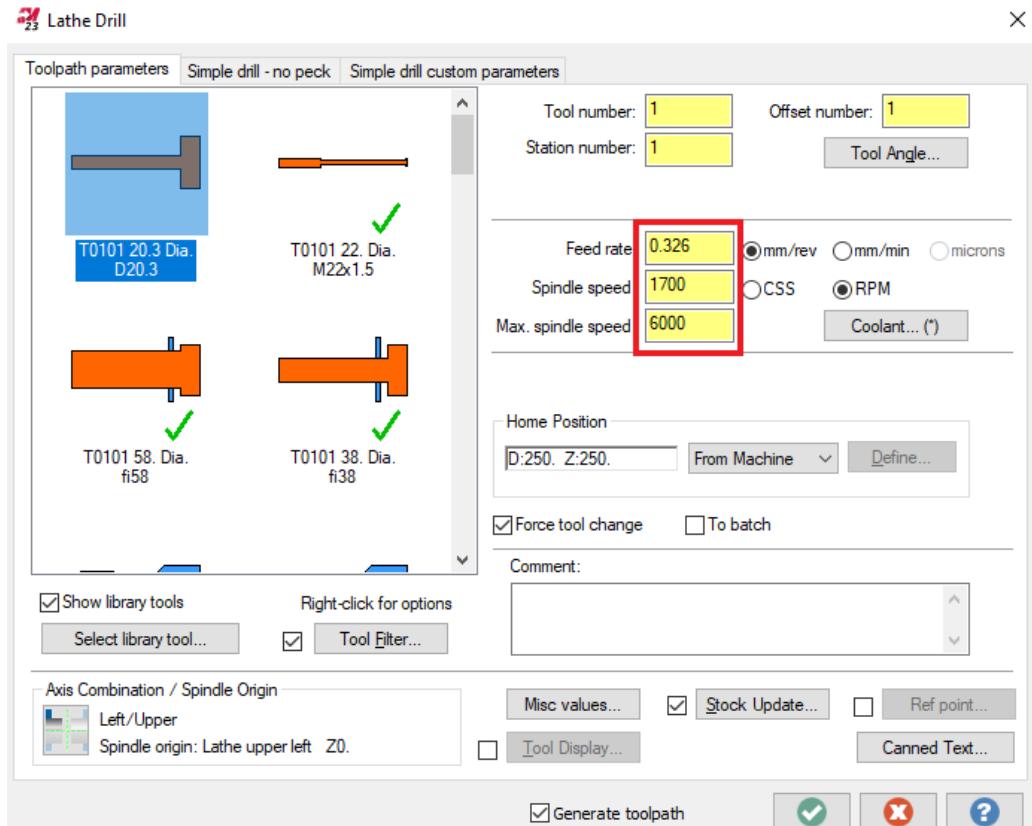
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 12,76$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 9$ s



Slika 87 Operacija 10 – simulacija zahvata 7 uz strojno vrijeme

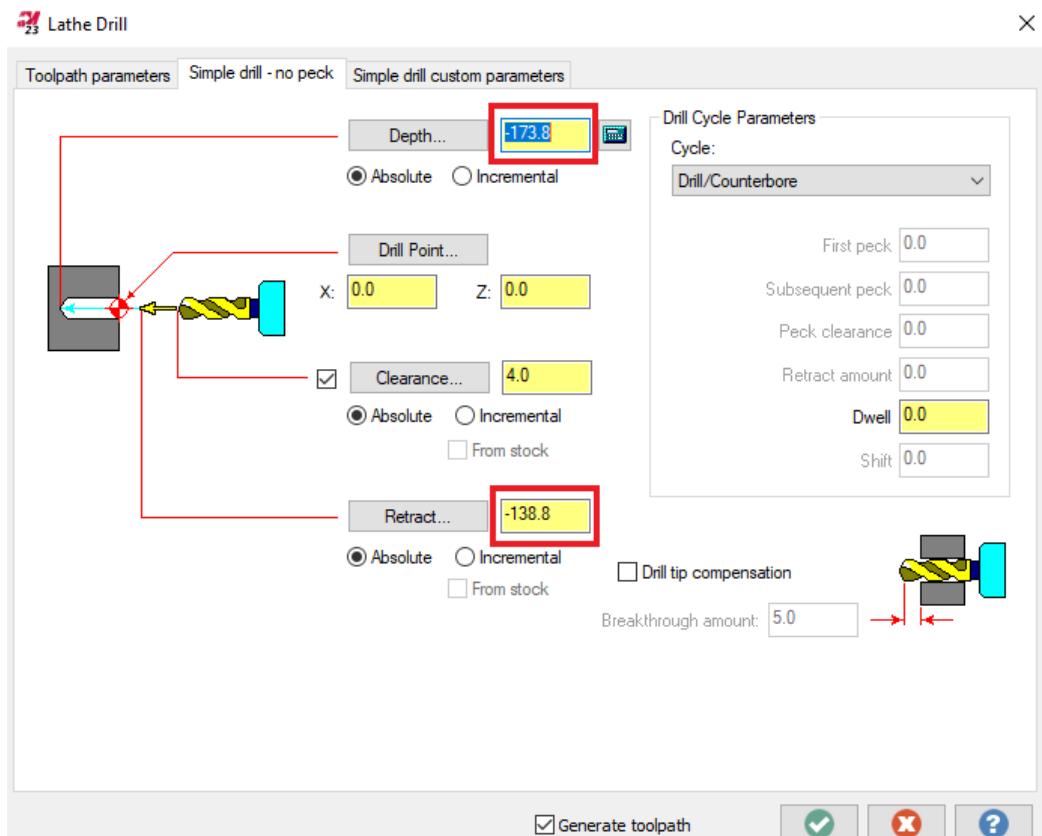
Zahvat 8: Bušiti provrt Ø20,3 mm

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

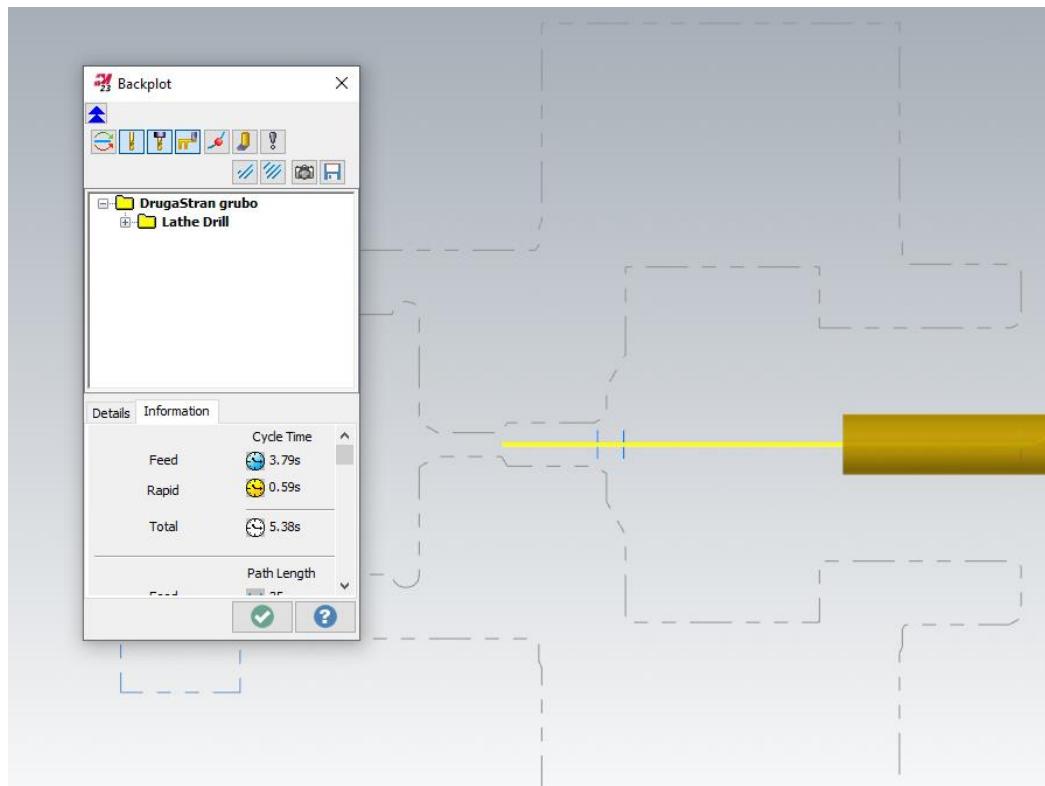
Pod karticom *Simple drill – no peck* odabire se dubina bušenja prvrta i duljina gdje postoji brzi hod alata.



Slika 89 Odabir parametara bušenja kod zahvata 8, operacija 10

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

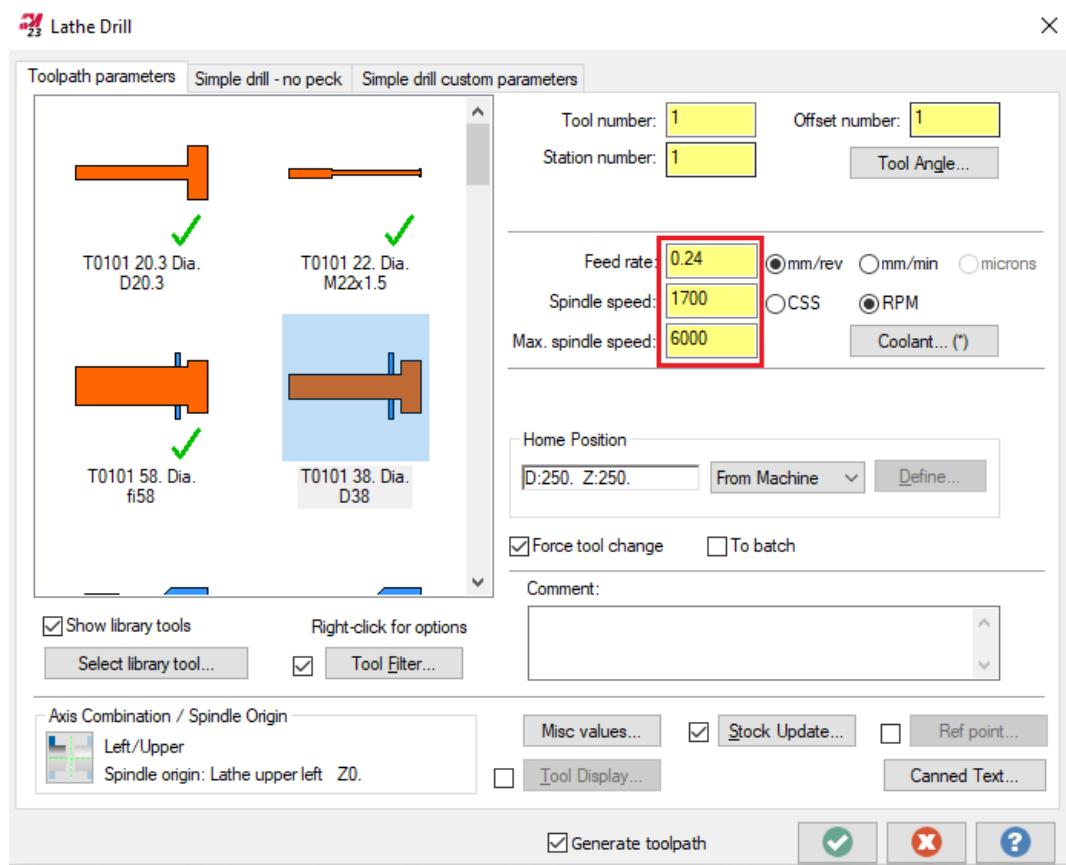
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 3,79$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 3,6$ s



Slika 90 Vrijeme dobiveno simulacijom – zahvat 8, operacija 10

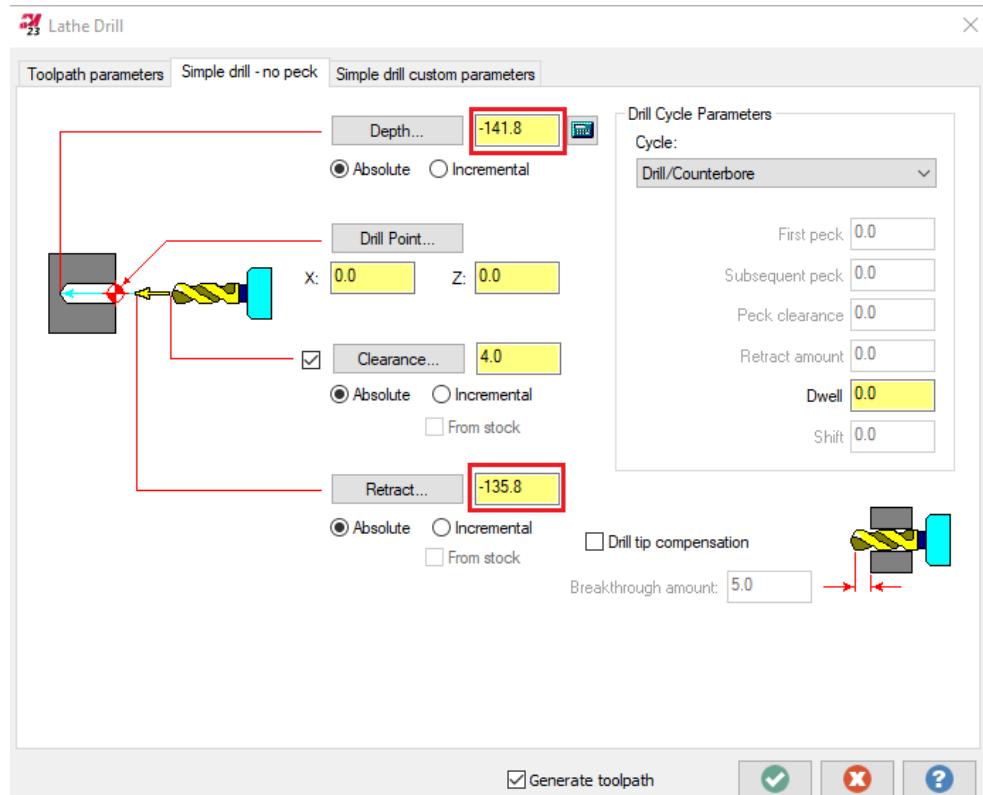
Zahvat 9: Bušiti provrt Ø38 mm

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

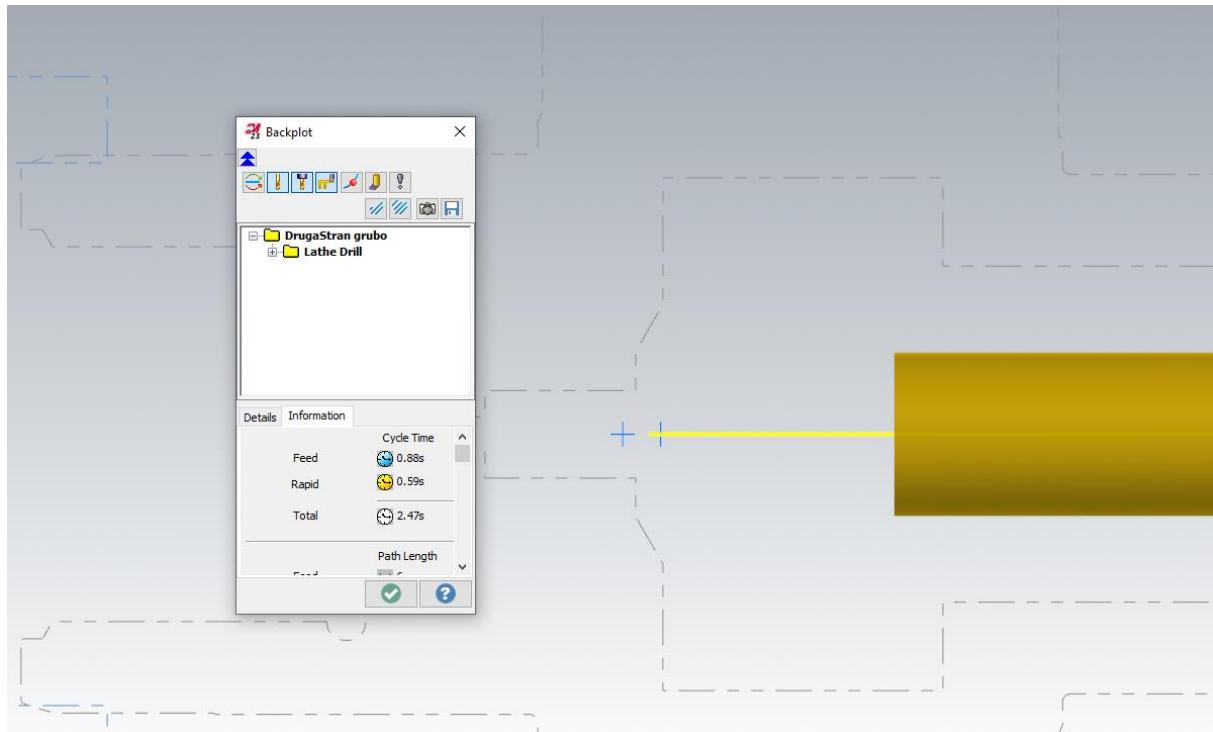
Pod karticom *Simple drill – no peck* odabire se dubina bušenja prvrta i duljina gdje postoji brzi hod alata.



Slika 92 Odabir parametara bušenja kod zahvata 9, operacija 10

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

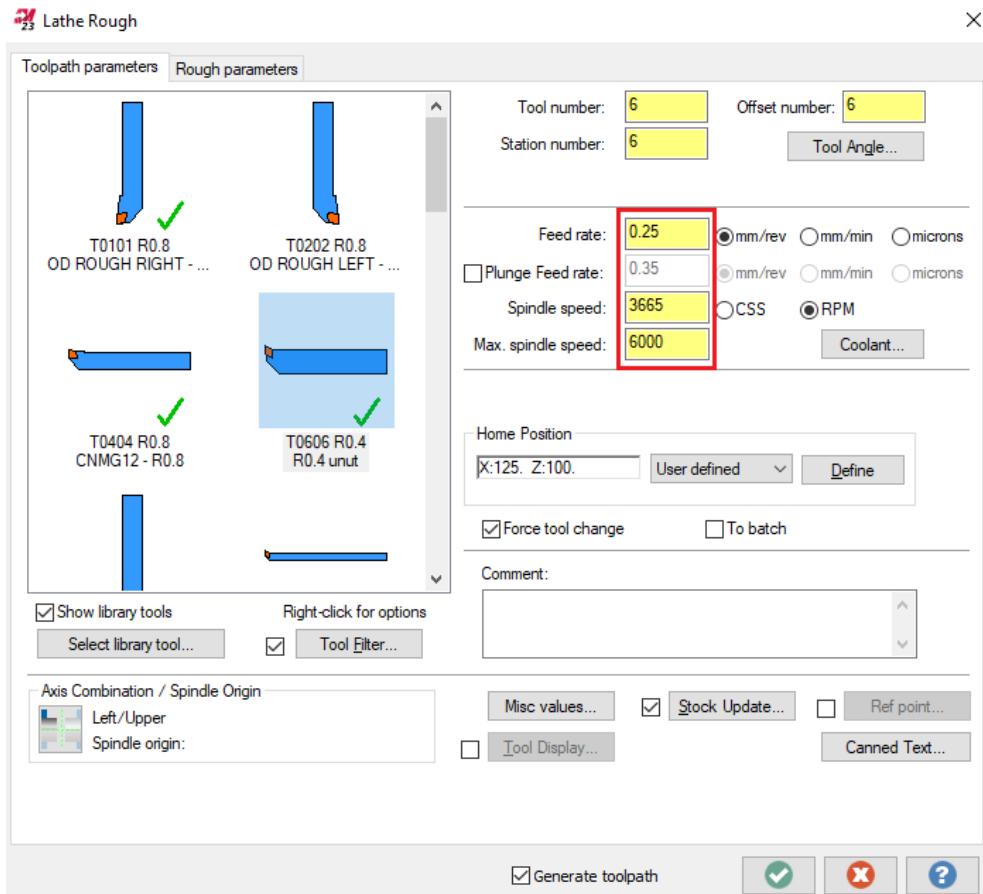
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 0,88$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 1,2$ s



Slika 93 Vrijeme dobiveno simulacijom – zahvat 9, operacija 10

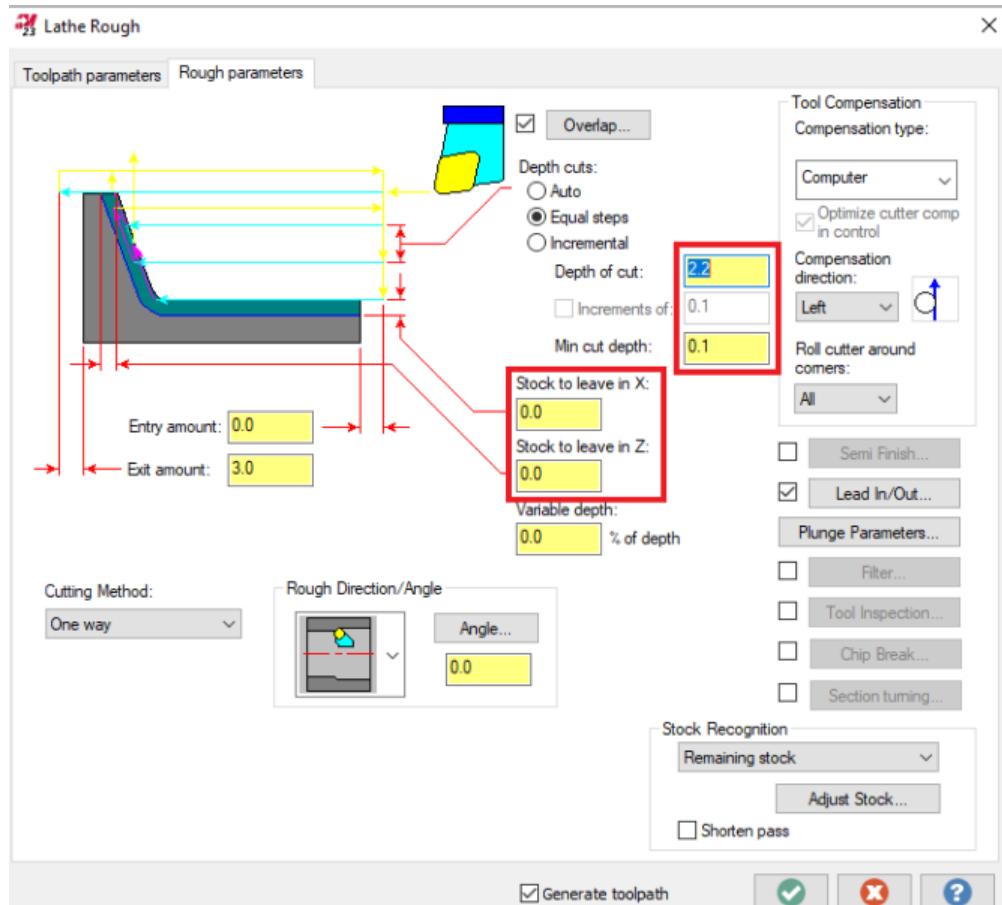
Zahvat 10: Tokariti konturu sa skošenjem

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

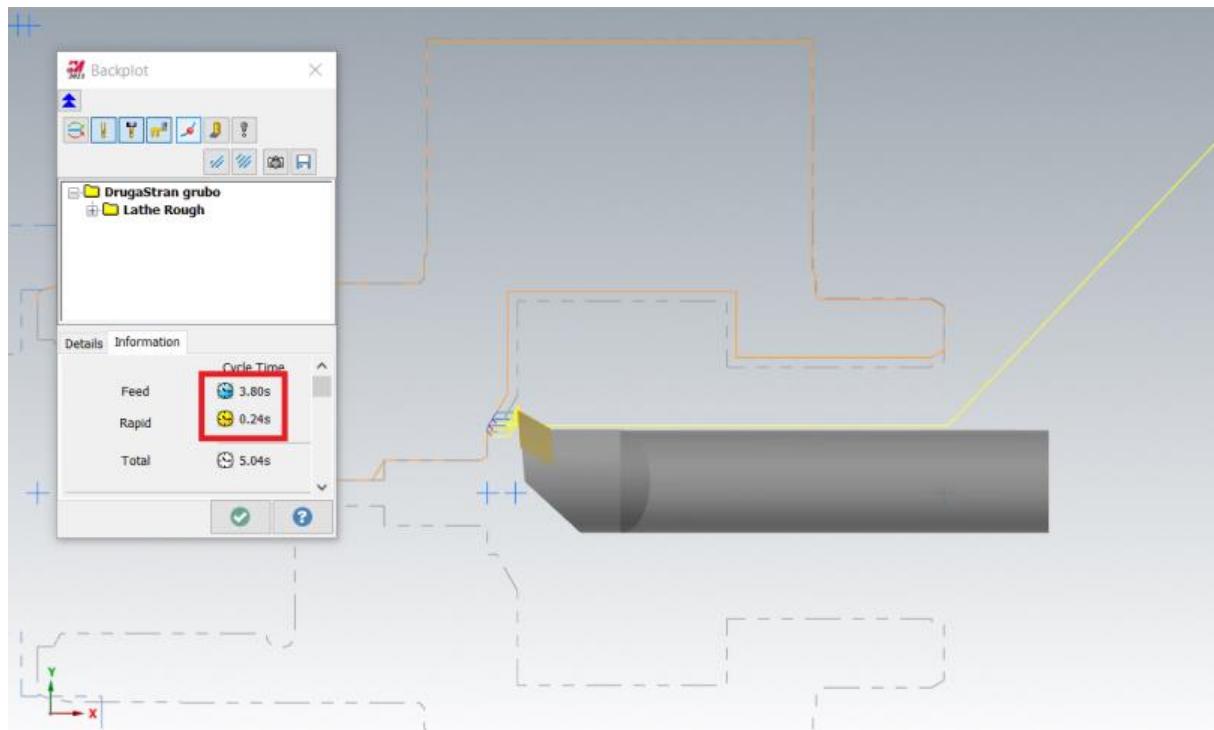
Pod karticom „Rough parameters“, možemo precizirati dubinu rezanja, dodatak za finu obradu, broj prolaza za finu i grubu obradu, put ulaska i izlaska alata, i slično.



Slika 95 Odabir parametara bušenja kod zahvata 10, operacija 10

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

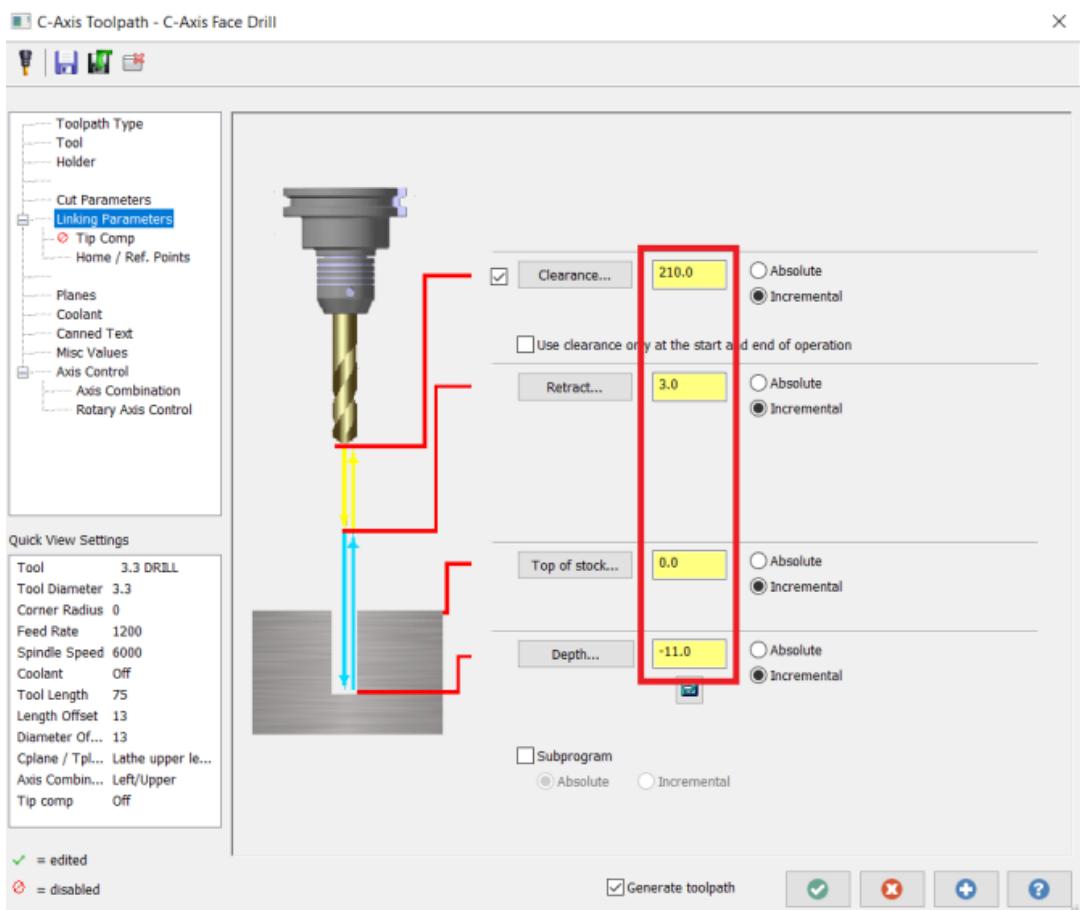
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 3,8$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 3,6$ s



Slika 96 Putanja obrade zahvata 10 - operacija 10

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

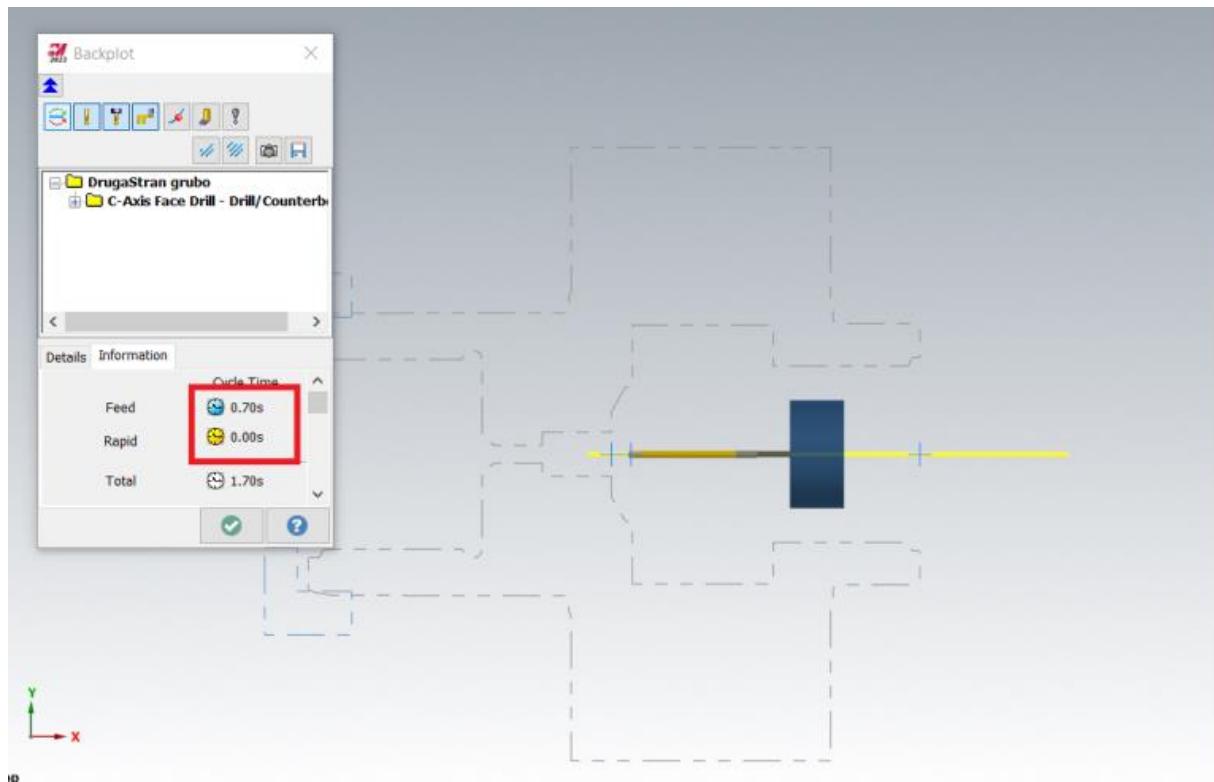
Provrti koji nisu koncentrični se izrađuju pomoću naredbe C-Axis Drill gdje se bira alat, držač alata, parametri obrade.



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:

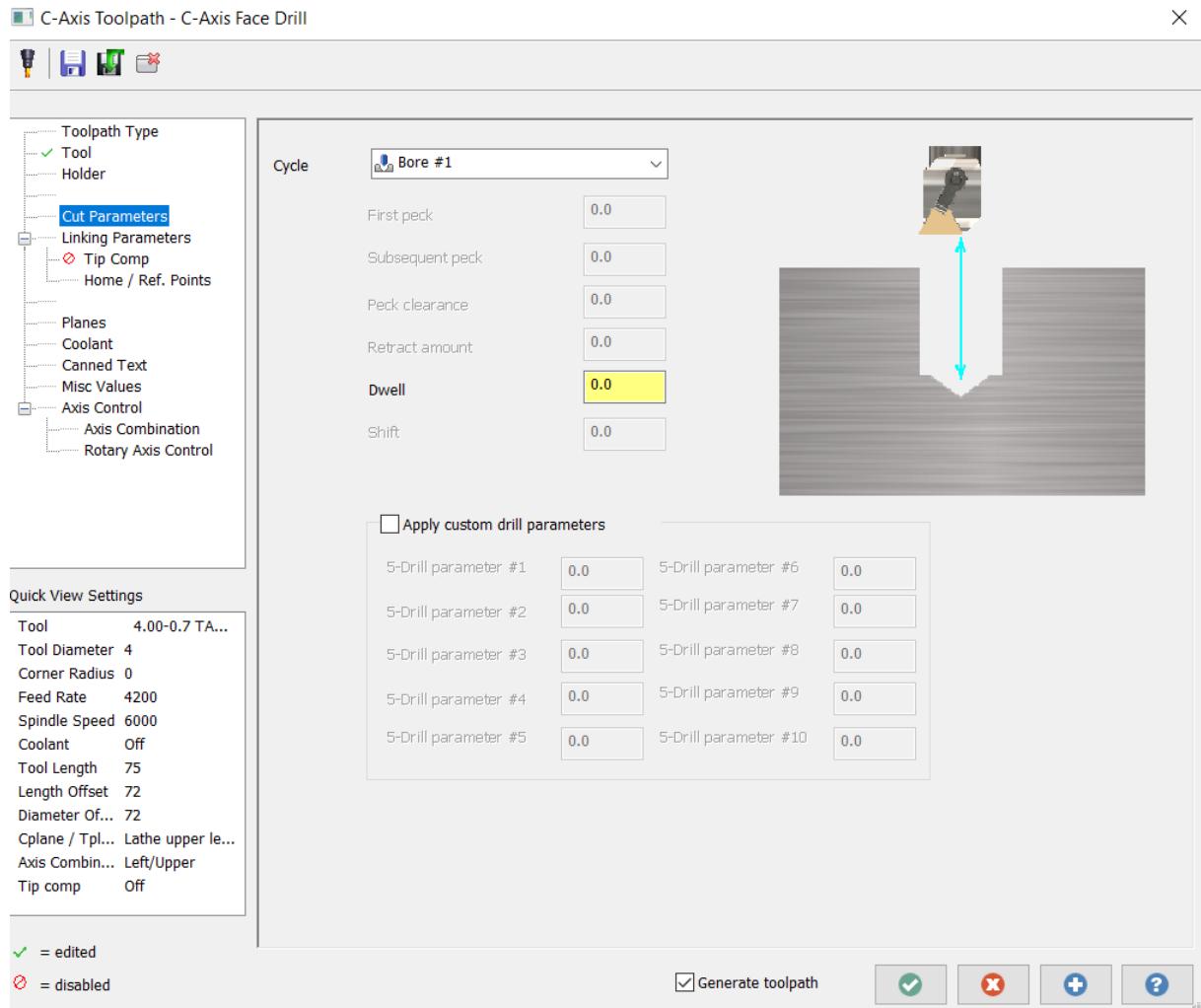
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 0,7 \text{ s}$
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 1,2 \text{ s}$



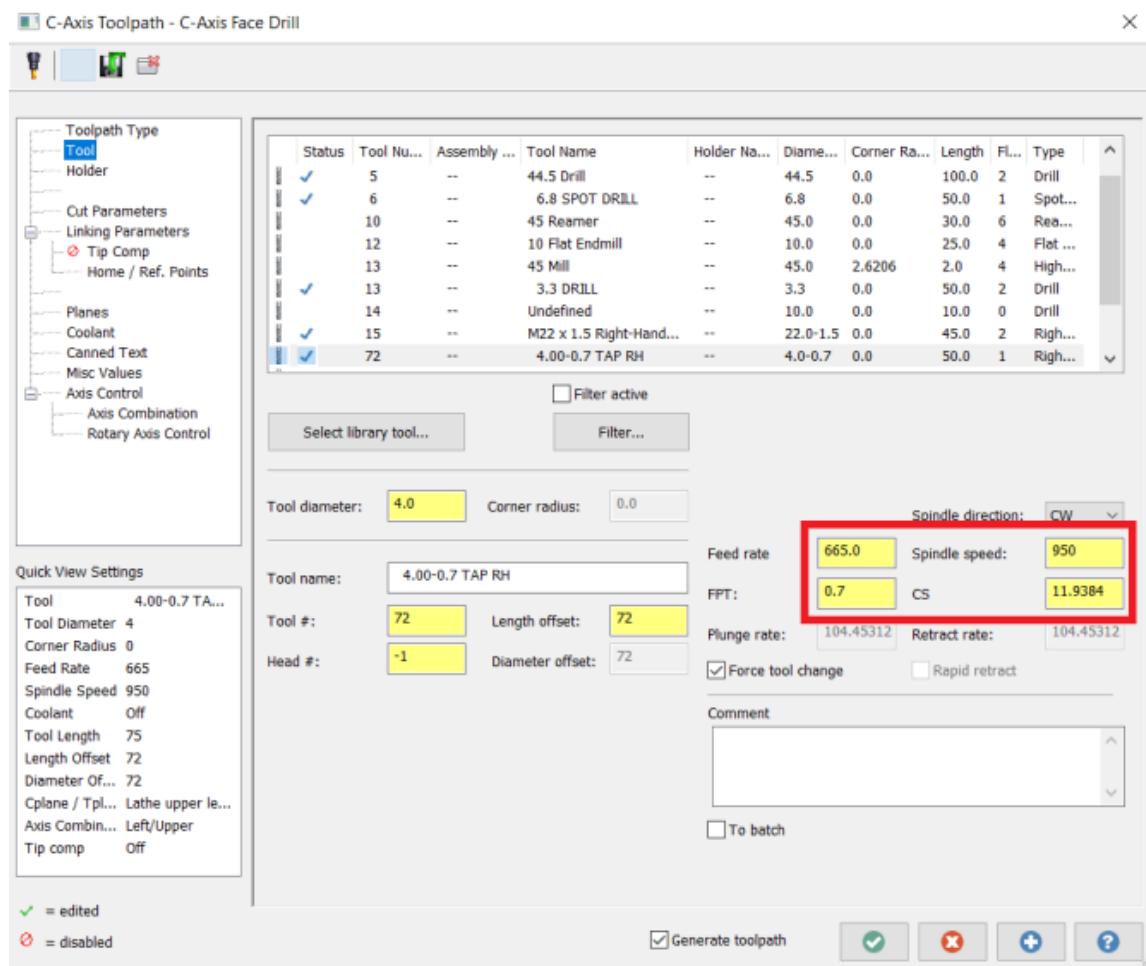
Slika 98 Simulacijski prikaz vremena i putanje obrade - zahvat 11, operacija 10

Zahvat 12: Urezati navoj M4

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



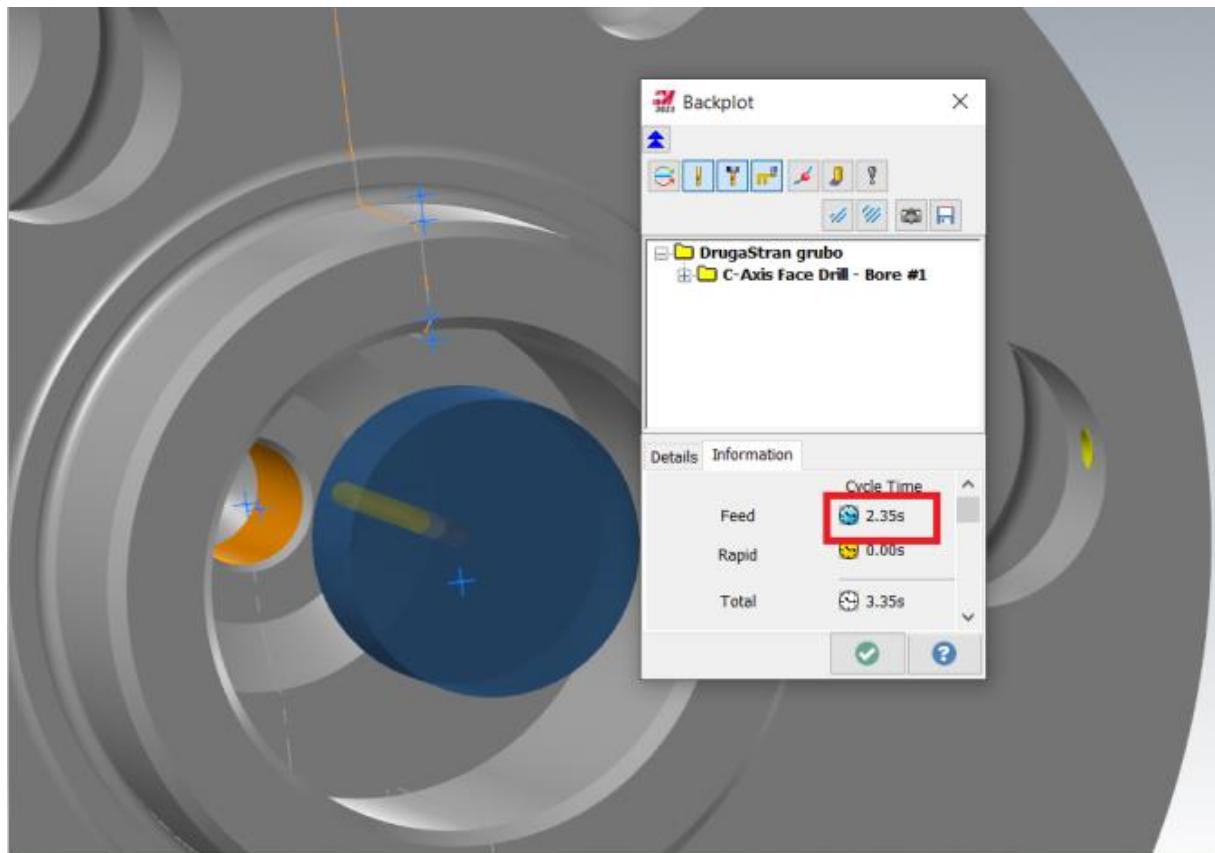
Slika 99 Postavke za urezivanje navoja - zahvat 12, operacija 10



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

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

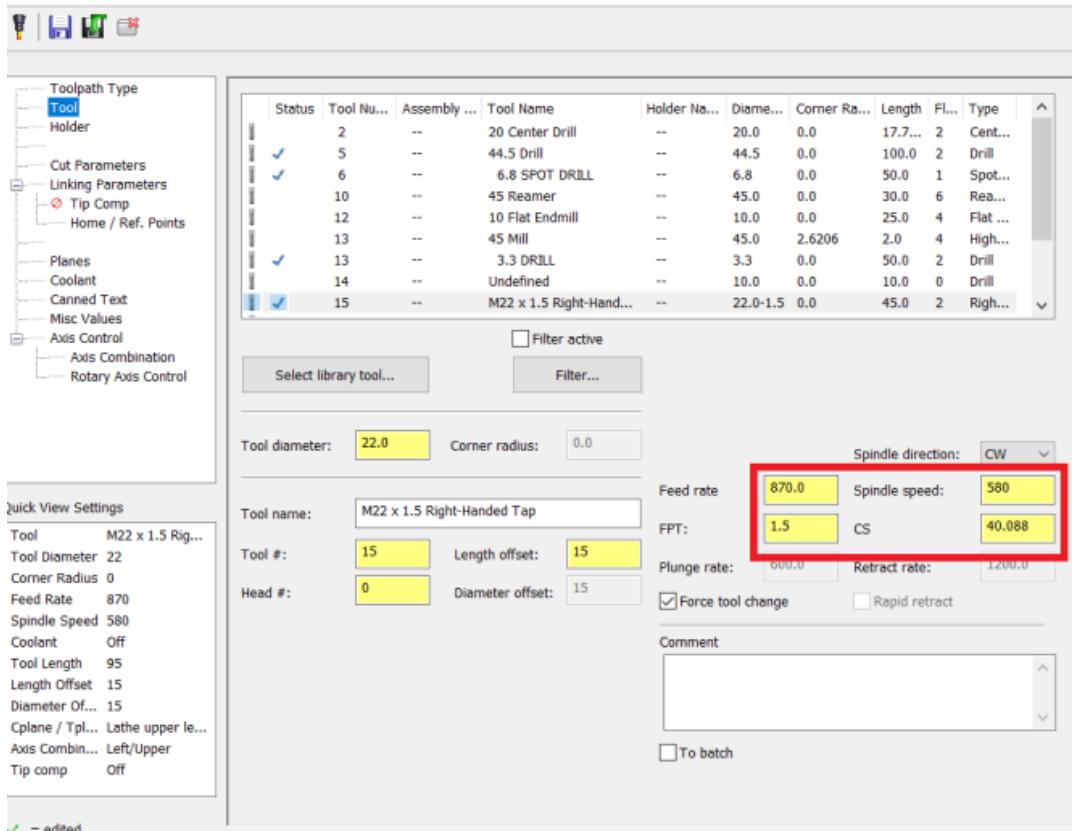
- Strojno vrijeme zahvata dobiveno simulacijom $t_{st} = 2,35$ s
- Analitički izračunato strojno vrijeme $t_{st} = 1,2$ s



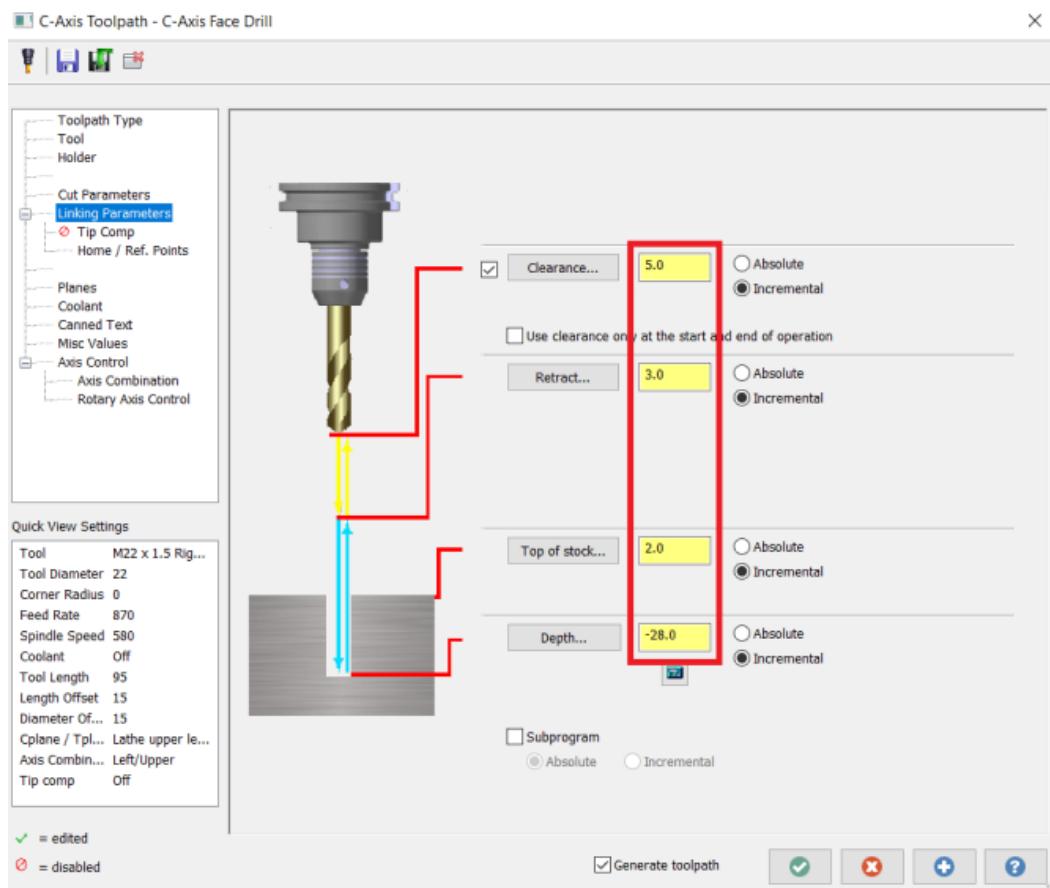
Slika 101 Simulacijsko vrijeme i put obrade - zahvat 12, operacija 10

Zahvat 13: Urezivati navoj M22x1,5

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



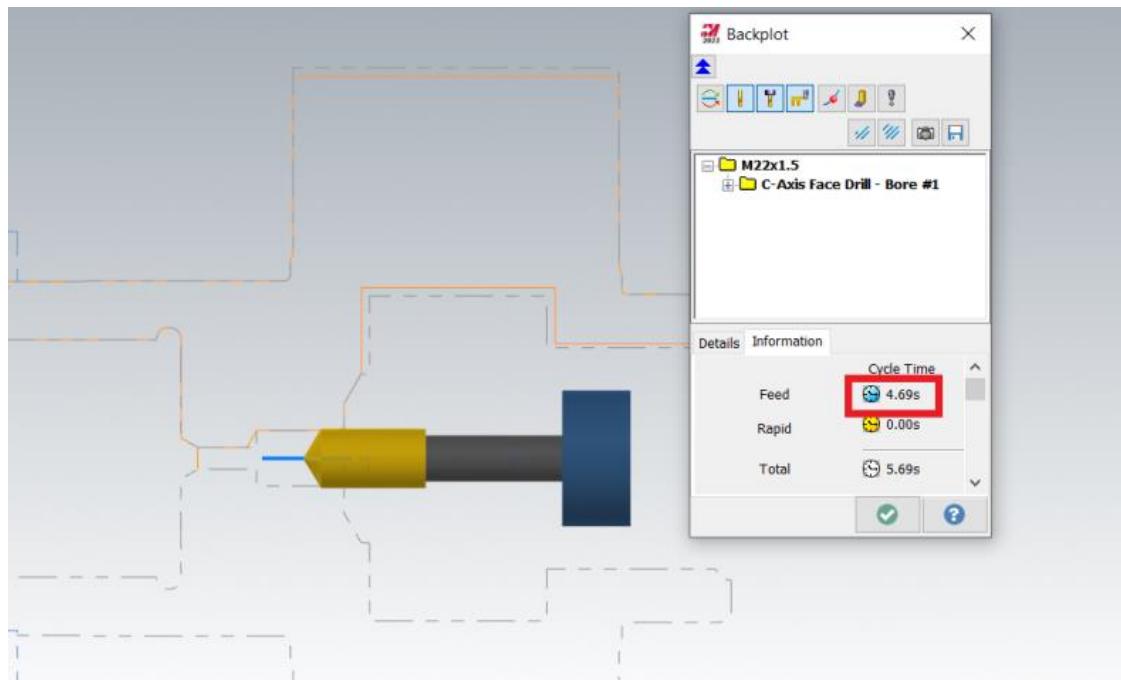
Slika 102 Parametri alata - zahvat 13, operacija 10



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

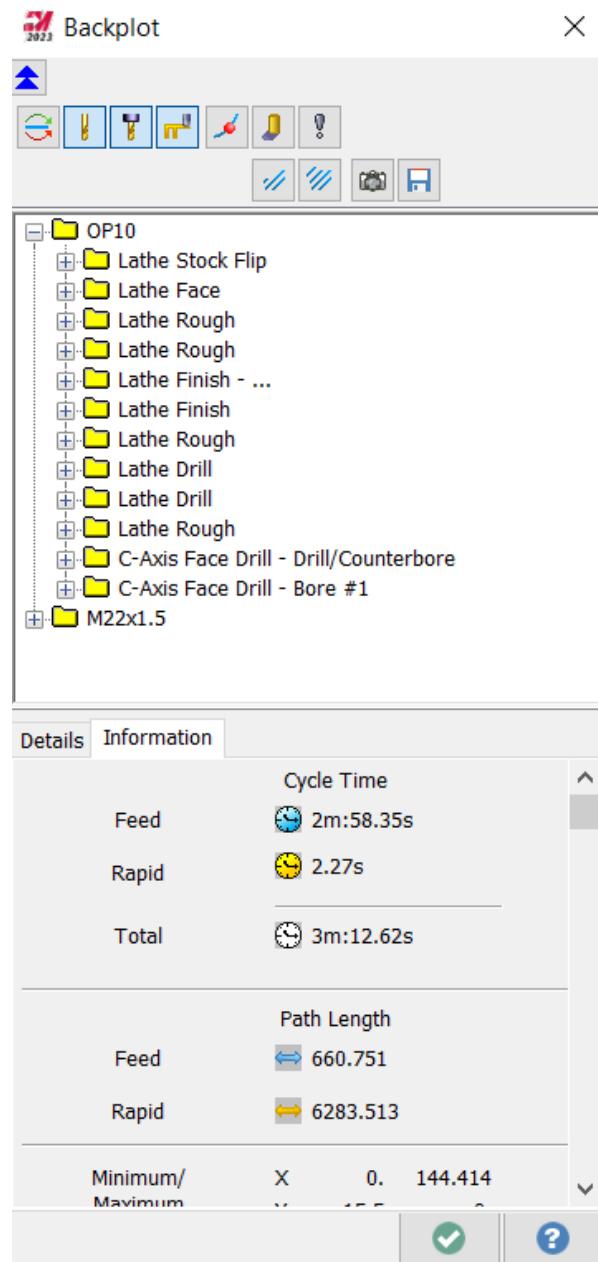
Nadalje, uspoređuje se vrijeme zahvata dobiveno simulacijom i dobiveno analitički:

- 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.



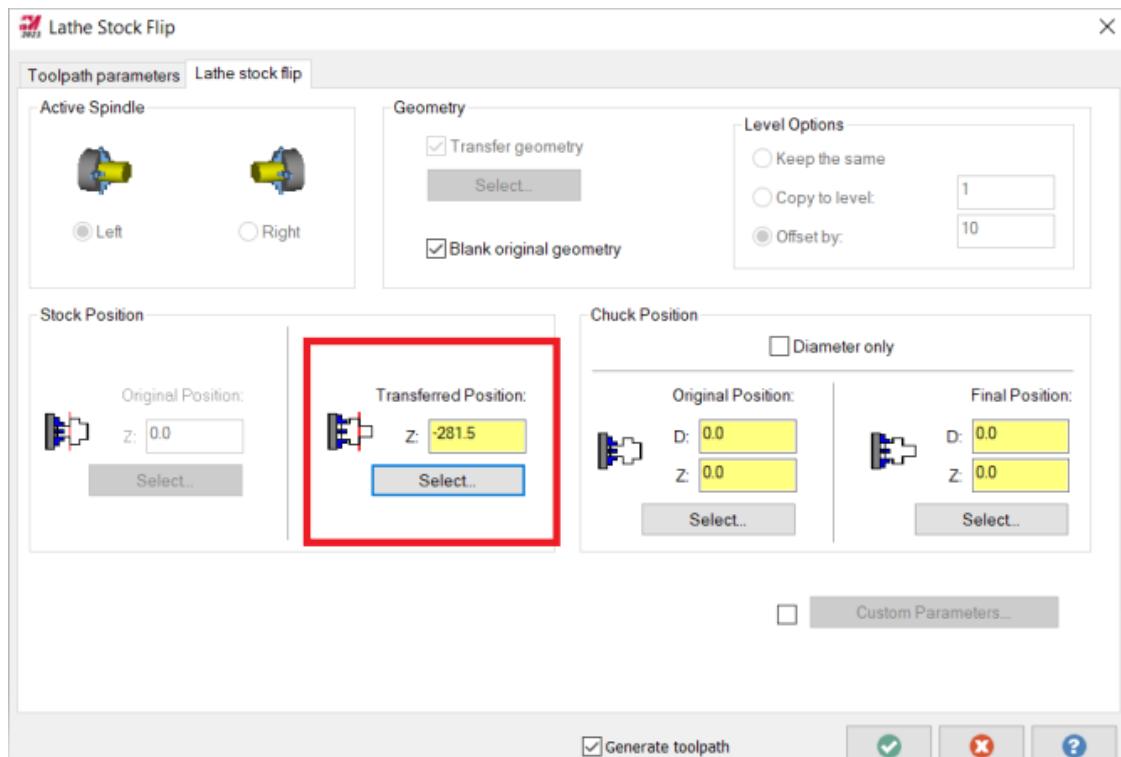
Slika 105 Strojno vrijeme svih zahvata operacije 10

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

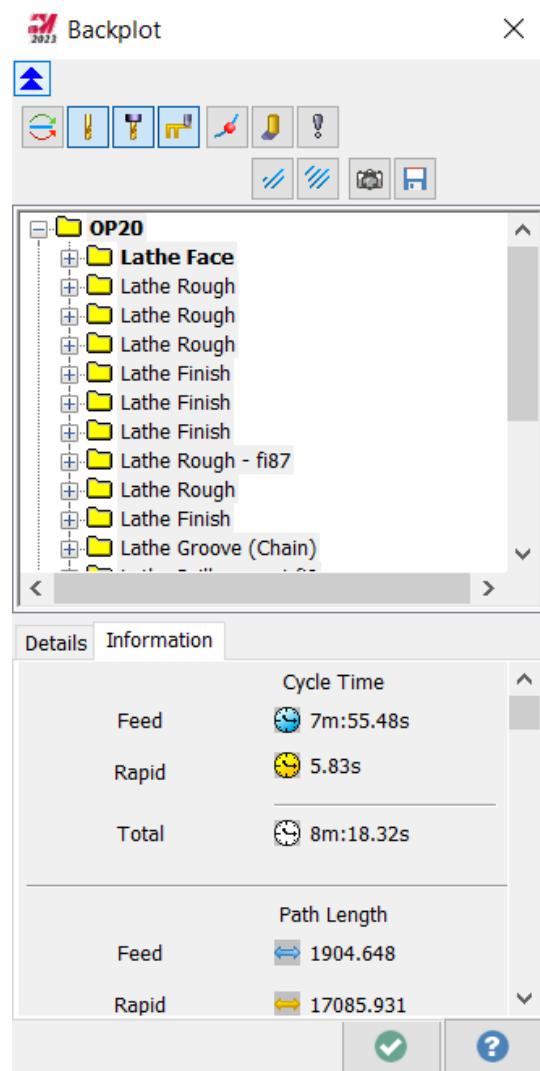
7.4. Operacija 20 – drugo stezanje

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.



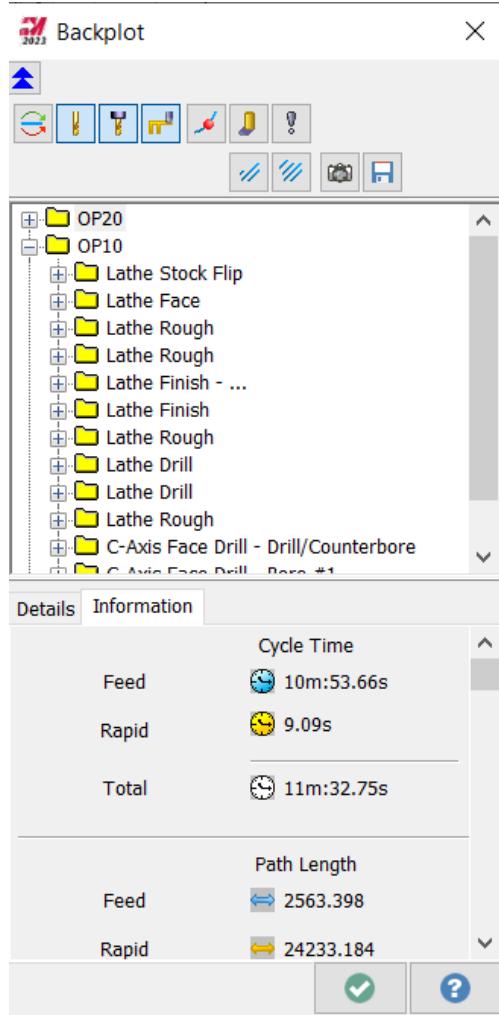
Slika 107 Strojno vrijeme svih zahvata operacije 20

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.



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 structurisation 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

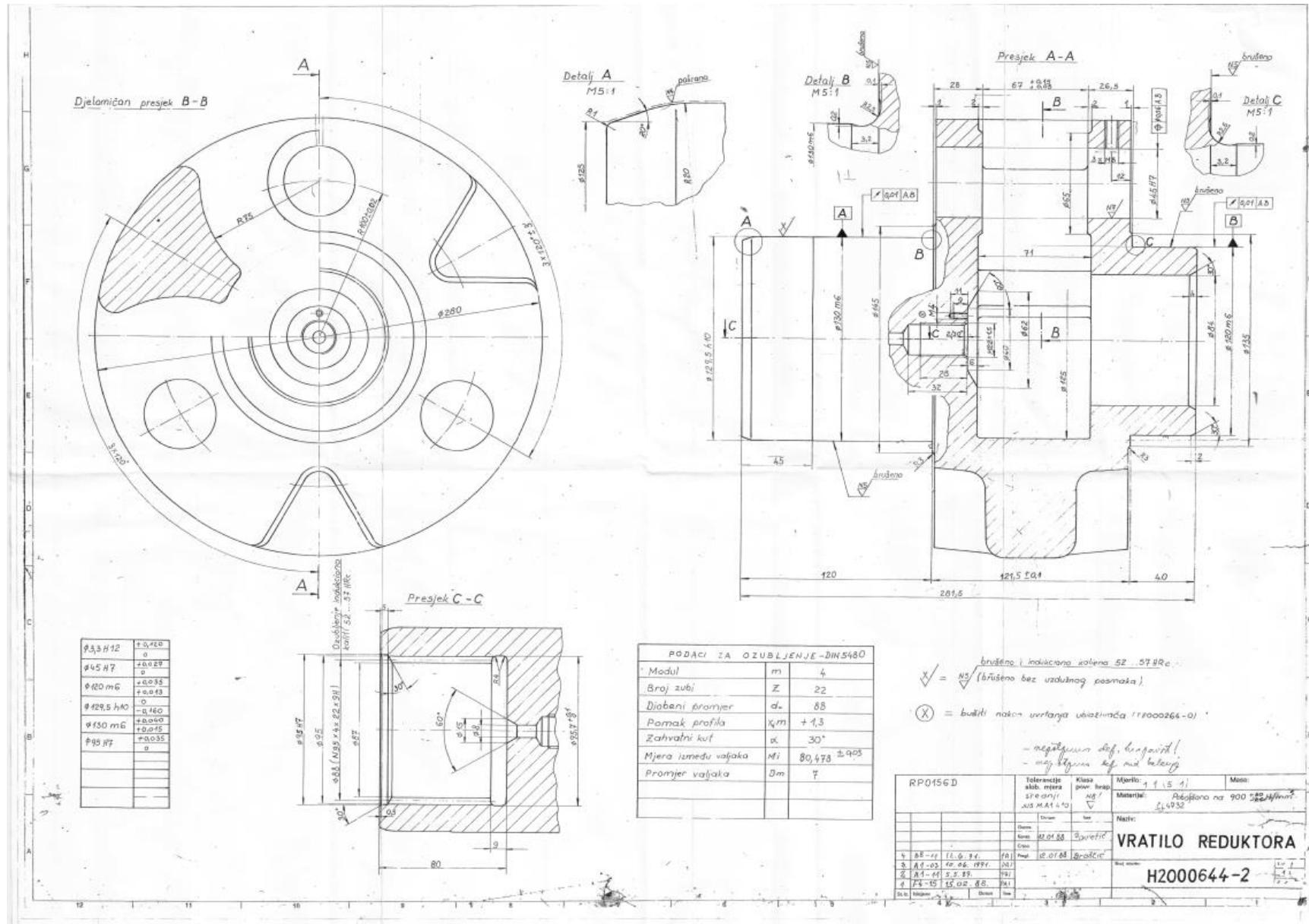
Slika 33 Operacija 20 - Detalj B s dodacima za obradu brušenjem	57
Slika 34 Skica zahvata 8, operacija 20	59
Slika 35 Skica zahvata 9, operacija 20	61
Slika 36 Skica zahvata 10, operacija 20	63
Slika 37 Prikaz izbora alata i režima rada.....	65
Slika 38 Skica zahvata 11, operacija 20	66
Slika 39 Skica 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 induksijsko 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 prvrta 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

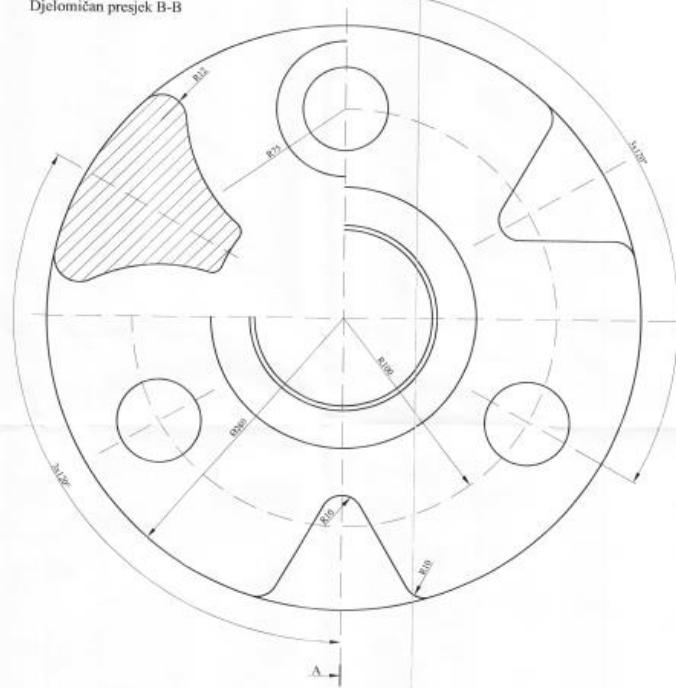
PRILOG

Tehnički nacrt gotovog proizvoda vratila reduktora

Tehnički nacrt ulaznog poluproizvoda – odljevka



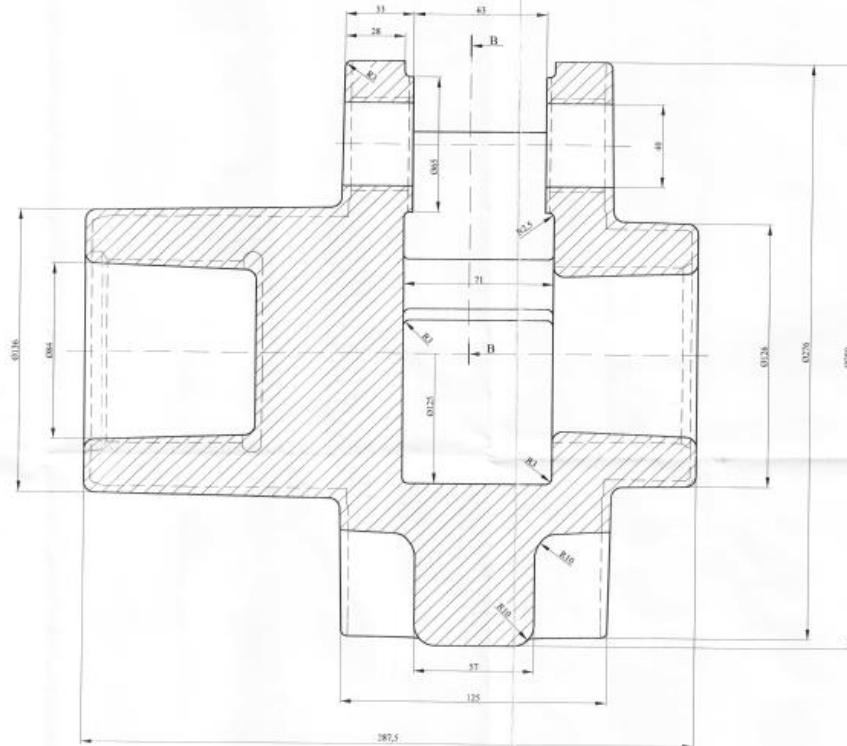
Djelomičan presjek B-B



Napomena:

Nekolirana zaobljenja izvesti sa R5.
Odljevak oštećen, pjeskaren i temeljno obojan.
Vanjska skočnja izvesti sa 1°.
Unutarnja skočnja izvesti sa 2°.

Presjek A-A



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

Crtac	Prema	Mjesečni	Danim	TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA	
				Pregrada	Priprem
			30/07/2012		
Pregledao					
Priprem					
Mjeric					
I:1				ODLJEVAK VRATILA REDUKTORA	
					Narud. br. RP00150D
					Materijal: Cr. 432 - Gv 420/460
					List 1
					Listovi: 1