

Projekt tehnološkog procesa vratila reduktora

Toth, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

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

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij strojarstva

Diplomski rad

**PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA
REDUKTORA**

Rijeka, srpanj 2022.

Matija Toth

0069078440

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij strojarstva

Diplomski rad

**PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA VRATILA
REDUKTORA**

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Perinić

Rijeka, srpanj 2022.

Matija Toth

0069078440

Rijeka, 12. ožujka 2021.

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

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

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

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

Opis zadatka:

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

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

Matija Toth

Zadatak uručen pristupniku: 15. ožujka 2021.

Mentor:

Mladen Perinić

Prof. dr. sc. Mladen Perinić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Kristian Lenić

Prof. dr. sc. Kristian Lenić

IZJAVA

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

Student:

Vlastoručni potpis studenta:

ZAHVALE

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

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

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

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

Sadržaj

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

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

1. UVOD

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



Slika 1.1 Shema tehnološkog procesa

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

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

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

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

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

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

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

2. ANALIZA IZRATKA

2.1 Analiza s konstrukcijskog stajališta

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

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

Tablica 2.1 Tablica tolerancija

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

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

Tablica 2.2 Podaci za ozubljenje - DIN5480

| PODACI ZA OZUBLJENJE – DIN5480 | | |
|--------------------------------|-----------|-------------------------|
| Modul | m | 4 |
| Broj zubi | z | 22 |
| Diobeni promjer | d_o | 88 |
| Pomak profila | $x_1 * m$ | +1,3 |
| Zahvatni kut | α | 30 [°] |
| Mjera između valjaka | M_i | 80,748 ^{±0,03} |
| Promjer valjaka | D_m | 7 |

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

Tablica 2.3 Stupnjevi hrapavosti površina

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

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

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

Tablica 2.4 Dozvoljena odstupanja

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

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

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

2.2 Analiza s tehnološkog stajališta

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

3. ANALIZA ULAZNOG MATERIJALA

3.1 Općenito o materijalu

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

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

Tablica 3.1 Kemijski sastav čelika ČL 4732 - GS CrMo4

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

Označavanje čelika sastoji se od tri dijela:

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

Tablica 3.2 Namjena čelika koja se očitava iz zadnja dva simbola

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

4 – označava krom

7 – označava molibden

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

3. Dopunska oznaka → uključuje jedno ili dva brojevana simbola

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

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

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

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

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

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

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

3.2 Tehno – ekonomska analiza

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

Ukupni trošak (E) računa se prema formuli:

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

Gdje je:

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

Proporcionalni trošak (m) računa se prema formuli:

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

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

3.2.1 Analiza odljevka jednostavne geometrije

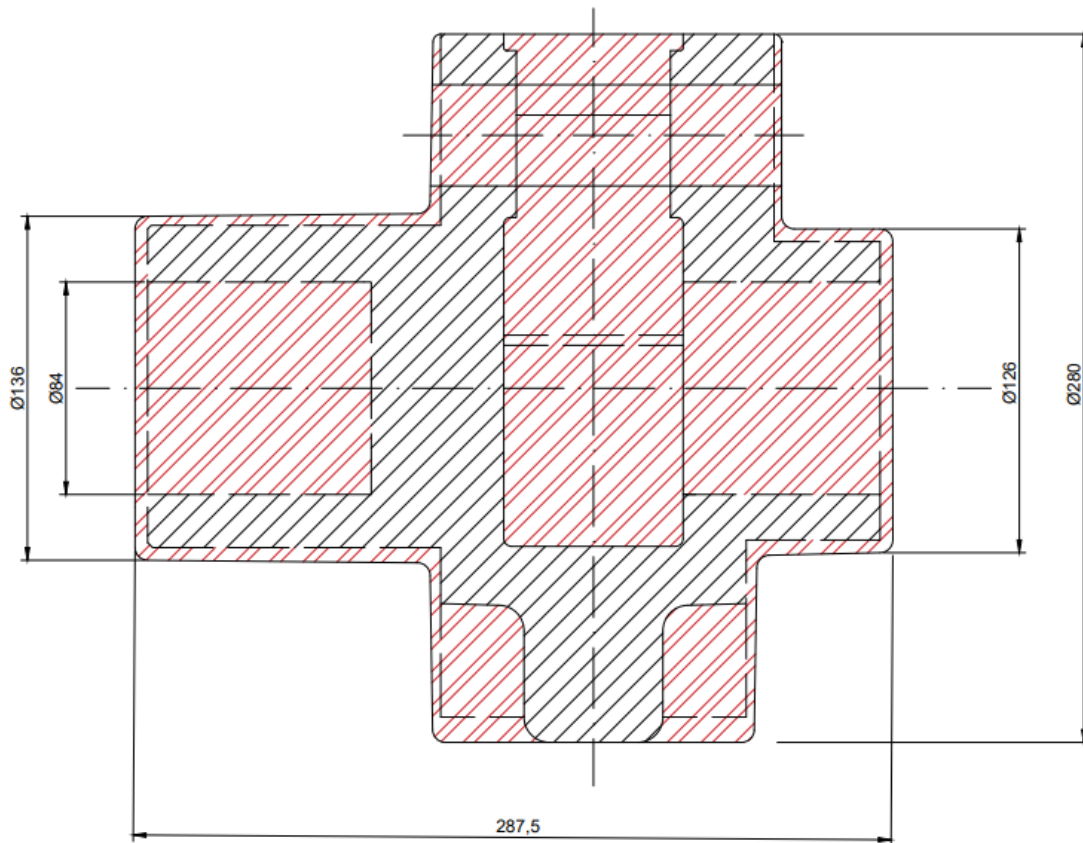
Dodaci za obradu prikazani su u tablici 3.3.

Tablica 3.3 Dodaci za obradu

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

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

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



Slika 3.1 Skica odljevka jednostavne geometrije

Crvenom šrafurom definiran je dio materijala koji je potrebno odstraniti.

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

Procijenjena vremena obrade iznose:

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

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

Procijenjene cijene operacija po satu iznose:

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

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

Formula za volumen valjka:

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

Volumen odljevka jednostavne geometrije računa se prema formuli:

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

Veličina dimenzija:

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

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

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

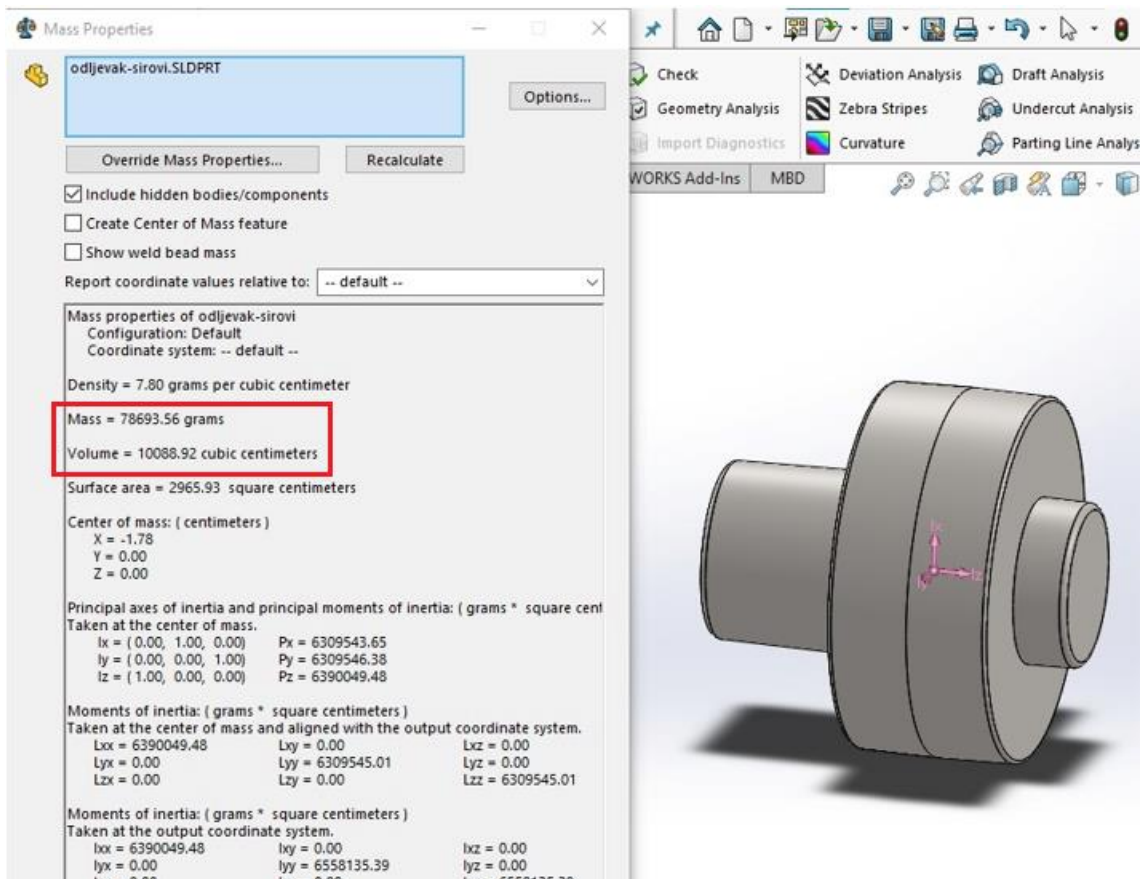
$$l_1 = 120 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 3.2 Masa i volumen odljevka jednostavne geometrije

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

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

Proporcionalni trošak za odljevak jednostavne geometrije računa se prema formuli:

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

I iznosi:

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

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

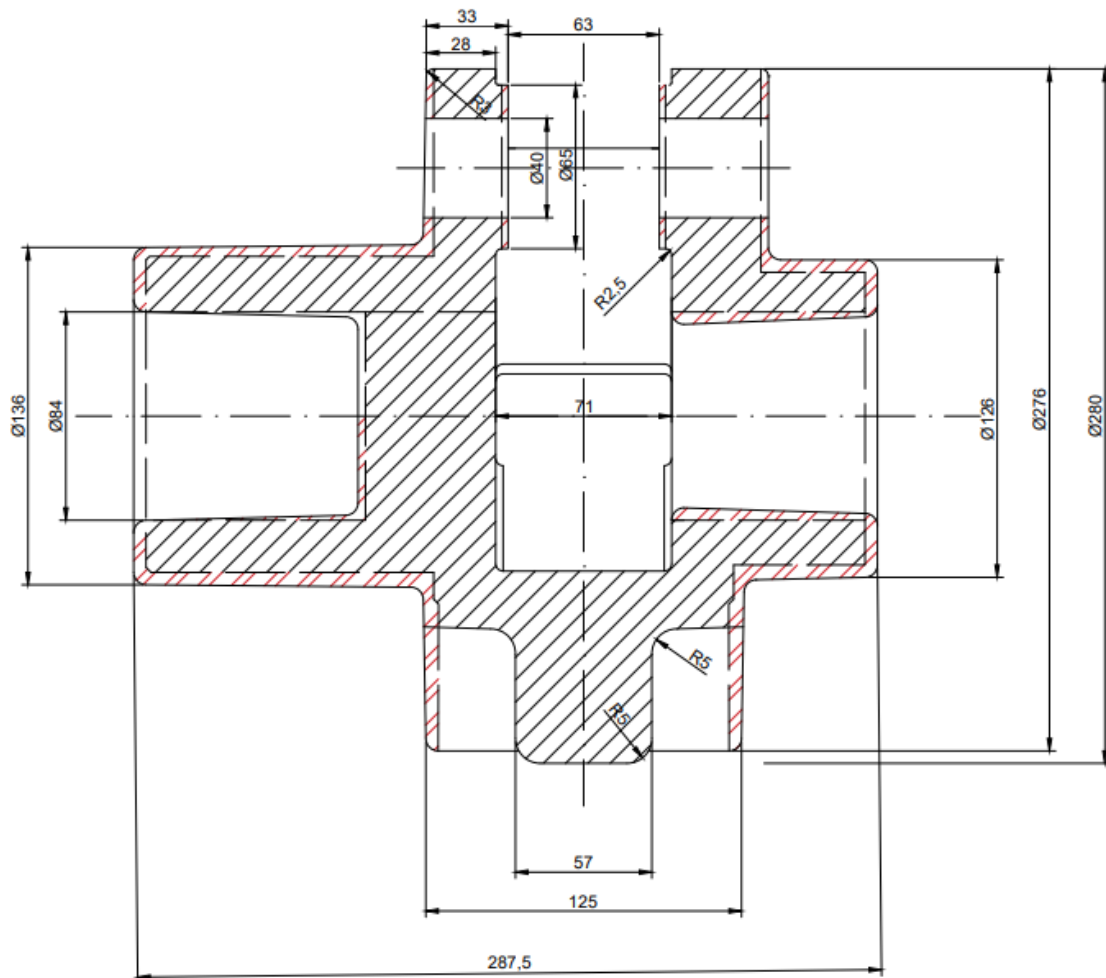
- Za jednostavnu geometriju: $c_1 = 2000$ kn
- Za složenu geometriju: $c_2 = 60000$ kn

Ukupni trošak:

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

3.2.2 Analiza odljevka složene geometrije

Na slici 3.3 prikazana je skica odljevka složene geometrije.



Slika 3.3 Skica odljevka složene geometrije

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

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

Veličina dimenzija:

$$d_{sr1} = 137 \text{ mm} \quad l = 125 \text{ mm}$$

$$d_{sr2} = 127 \text{ mm} \quad l_1 = 120 \text{ mm}$$

$$d_{sr3} = 82 \text{ mm} \quad l_2 = 42,5 \text{ mm}$$

$$d_{sr4} = 77 \text{ mm} \quad l_3 = 80 \text{ mm}$$

$$d_1 = 280 \text{ mm} \quad l_4 = 67 \text{ mm}$$

$$d_2 = 280 \text{ mm} \quad l_5 = 71 \text{ mm}$$

$$d_3 = 44 \text{ mm} \quad l_6 = 31 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm} \quad l_7 = 34 \text{ mm}$$

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

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

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

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

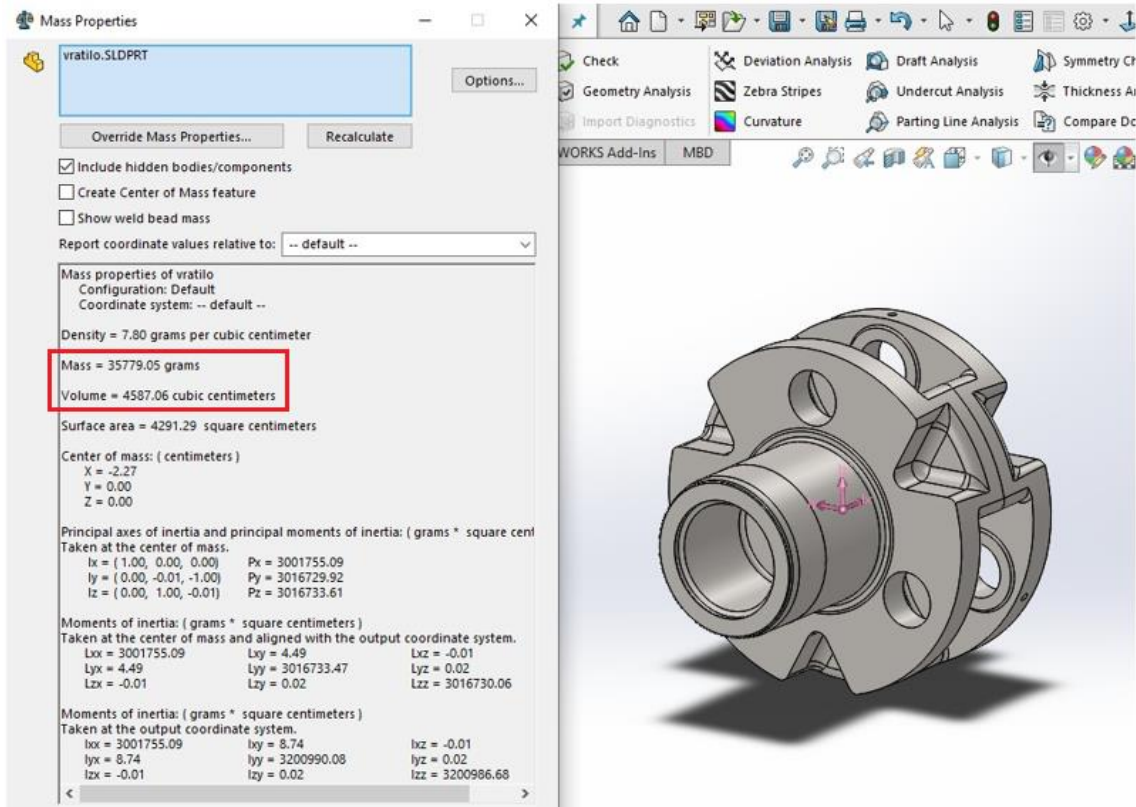
$$d_{sr4} = \frac{76 + 80}{2} = 78 \text{ mm}$$

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

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

Strojno

vrijeme



Slika 3.4 Masa i volumen odljevka složene geometrije

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

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

Proporcionalni trošak za odljevak složene geometrije računa se prema formuli:

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

I iznosi:

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

Ukupni trošak:

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

3.3 Kritični broj izradaka

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

$$E_1 = E_2$$

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

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

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

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

Gdje je:

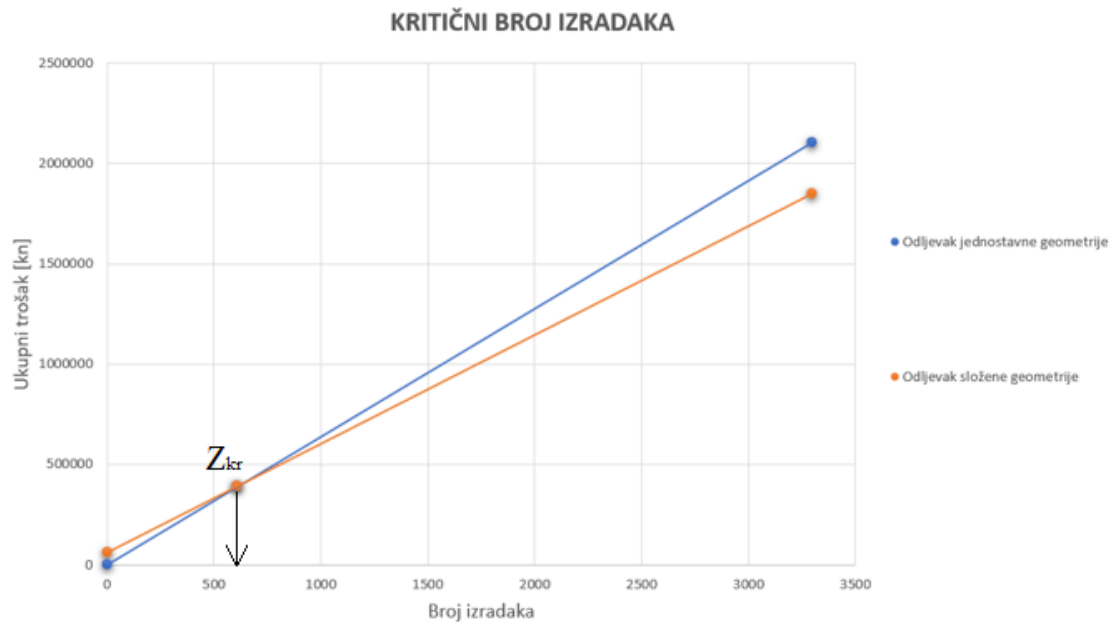
- c_1 – fiksna ulaganja za izradu kalupa (jednostavna geometrija), (kn)
- c_2 – fiksna ulaganja za izradu kalupa (složena geometrija), (kn)
- m_1 – proporcionalni trošak za odljevak (jednostavna geometrija), (kn)
- m_2 – proporcionalni trošak za odljevak (složena geometrija), (kn)

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

Trošak za kritični broj izradaka od 611 komada iznosi:

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

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



Slika 3.5 Kritični broj izradaka

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

4. DEFINIRANJE KONCEPTA TEHNOLOŠKOG PROCESA

4.1 Takt proizvodnje

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

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

Maksimalno teoretsko vrijeme izrade jednog komada računa se prema formuli:

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

Gdje je:

Q_g – godišnji fond sati

K – godišnja količina proizvodnje

Godišnji fond sati računa se prema formuli:

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

Gdje je:

d – broj radnih dana tijekom godine

s – broj radnih smjena u jednom danu

h – broj radnih sati u jednoj smjeni

η – stupanj iskorištenja vremena (odmor tijekom radnog vremena, zastoji, gubici)

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

$d = 250$ dana

$$s = 2$$

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

$$\eta = 0,8$$

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

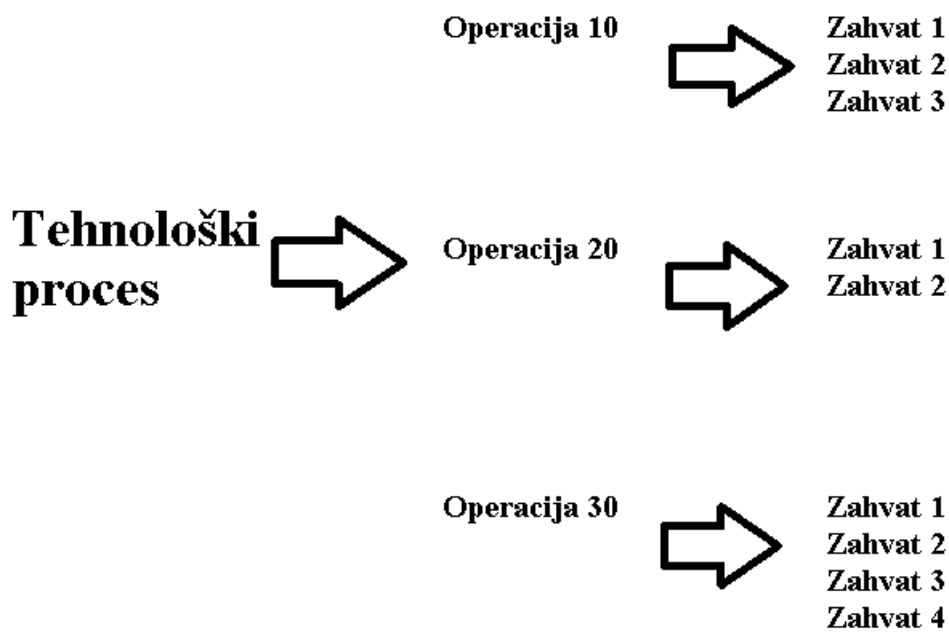
$$Q_g = 250 * 2 * 8 * 0,8 = 3200 \text{ h/god}$$

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

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

4.2 Strukturiranje tehnološkog procesa izrade vratila reduktora

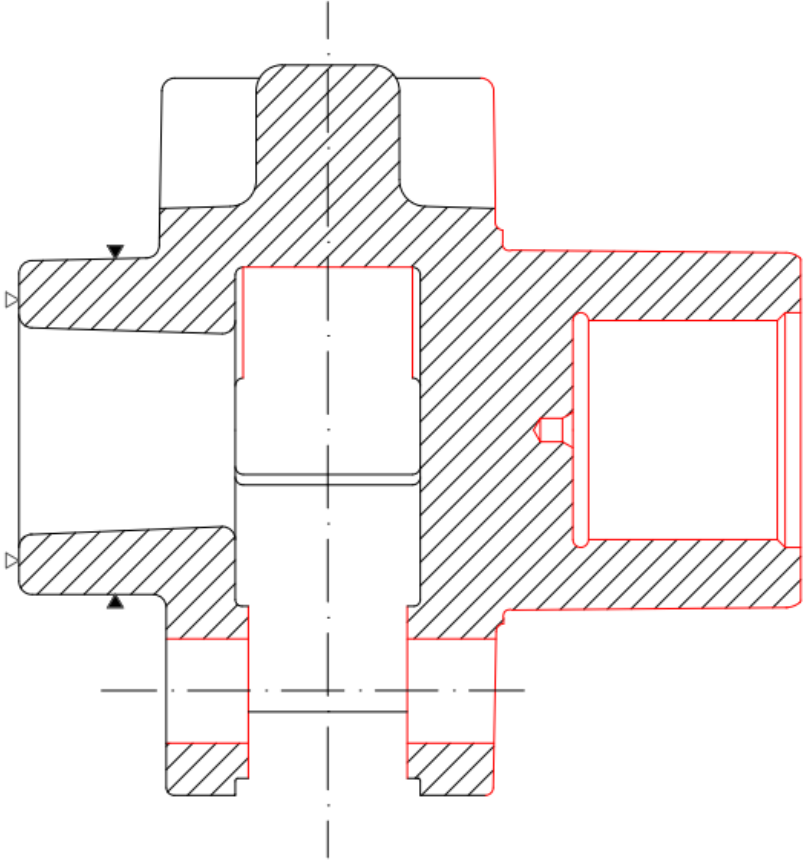
Temeljni element tehnološkog procesa je operacija. Tehnološki proces sastoji se od operacija, a operacije od zahvata. Primjer podjele je na sljedećoj slici (Slika 4.1).



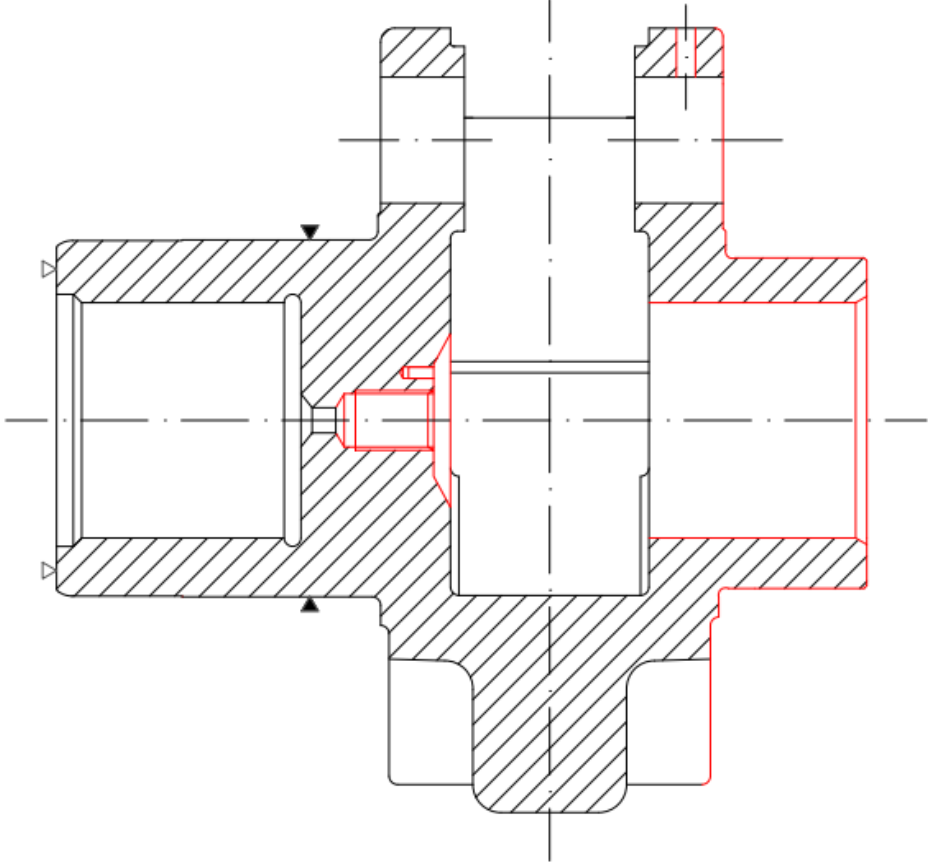
Slika 4.1 Primjer podjele tehnološkog procesa na operacije i zahvate

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

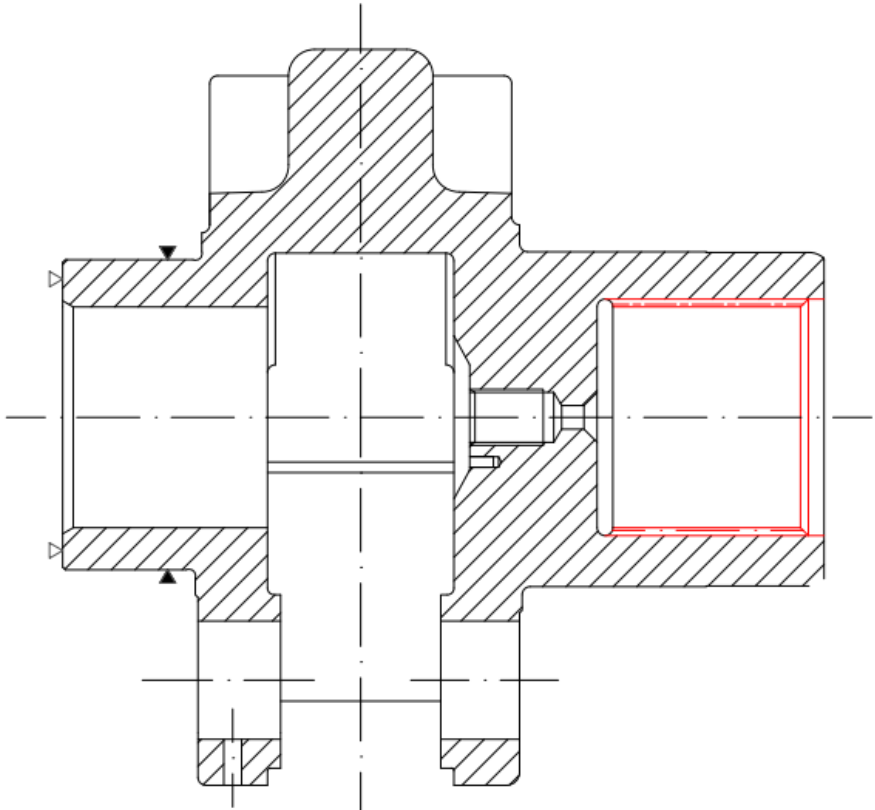
Tablica 4.2 Strukturiranje operacije 10

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

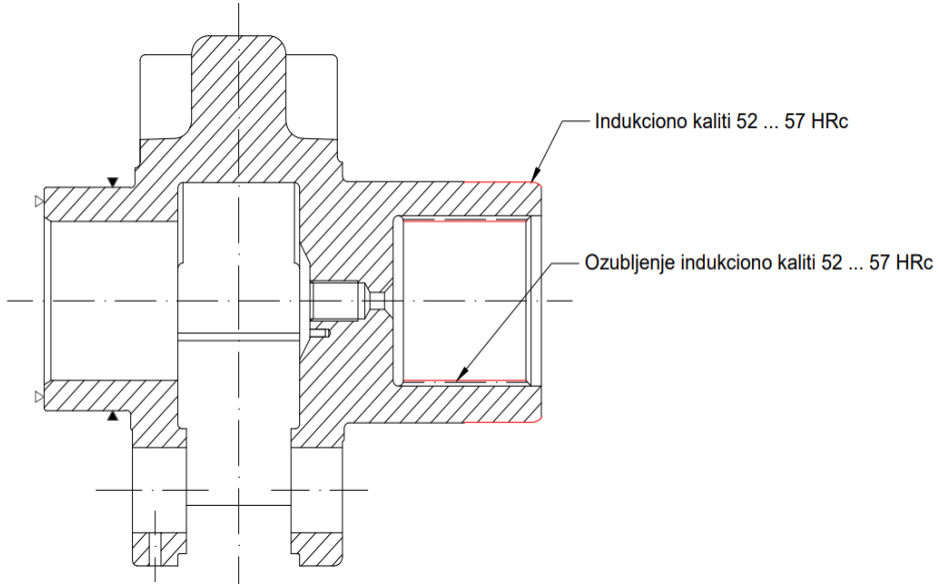
Tablica 4.1 broj operacij operacije 20

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

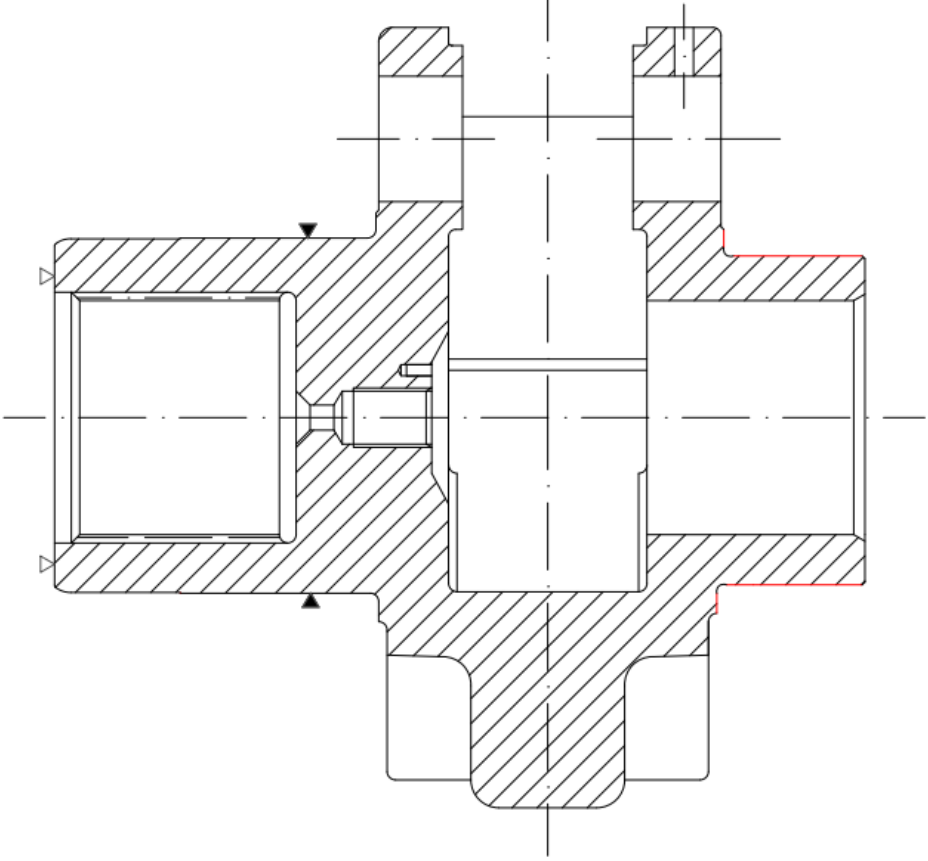
Tablica 4.2 Strukturiranje operacije 30

| | |
|-----------------|---|
| Operacija | 30 |
| Vrsta operacije | Izrada unutarnjeg ozubljenja |
| Skica |  |
| Stroj | Odvalna dubilica |

Tablica 4.3 Strukturiranje operacije 40

| | |
|-----------------|--|
| Operacija | 40 |
| Vrsta operacije | Indukciono kaljenje – vanjskih označenih površina i unutarnjeg ozubljenja |
| Skica |  <p>Indukciono kaliti 52 ... 57 HRc</p> <p>Ozubljenje indukciono kaliti 52 ... 57 HRc</p> |
| Stroj | Indukciona peć za kaljenje |

Tablica 4.4 Strukturiranje operacije 50

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

Tablica 4.5 Strukturiranje operacije 60

| | |
|-----------------|---|
| Operacija | 60 |
| Vrsta operacije | Brušenje – vanjskih označenih površina Poliranje – vanjskih označenih površina |
| Skica | <p>The drawing is a technical cross-section of a complex mechanical part. It features a central vertical shaft with various diameters and features. The part is hatched to indicate its solid nature. Red outlines highlight specific surfaces, likely the ones mentioned in the table as being ground or polished. There are also some small triangles and arrows pointing to specific features on the part.</p> |
| Stroj | CNC brusilica |

4.3 Izbor tehnološke baze

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

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

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

4.4 Izbor proizvodne opreme

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

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

4.5 Izbor alata

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

5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA

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

5.1 Tehnološki parametri

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

Ukupno strojno vrijeme računa se prema formuli:

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

Gdje je:

t_s – ukupno strojno vrijeme (min)

t_{sr} – ukupno radno vrijeme (min)

t_{sp} – ukupno pomoćno vrijeme (min)

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

To je:

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

Strojno radno vrijeme računa se prema formuli:

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

Gdje je:

i – potreban broj prolaza

L_{uk} – ukupni hod alata (mm)

n – broj okretaja (min^{-1})

s – posmak (mm/okr)

Ukupno vrijeme izrade računa se prema formuli:

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

Gdje je:

t_i – ukupno vrijeme izrade (min)

t_r – ručno vrijeme (min)

Dodatno vrijeme izrade računa se prema formuli:

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

Gdje je:

t_d – dodatno vrijeme izrade (min)

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

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

Ukupno vrijeme operacije računa se prema formuli:

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

Pripremno – završno vrijeme računa se prema formuli:

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

Gdje je:

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

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

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

Ukupni hod alata računa se prema formuli:

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

Gdje je:

l – hod alata u zahvatu s izratkom (mm)

l_1 – hod alata na ulazu u zahvat (mm)

l_2 – hod alata na izlazu iz zahvata (mm)

Brzina rezanja računa se prema formuli:

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

Iz toga slijedi broj okretaja koji se računa prema formuli:

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

Gdje je:

v_c – brzina rezanja (mm/min)

D – promjer obratka (mm)

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

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

Gdje je:

D_{sr} – srednji promjer (mm)

D_v – vanjski promjer (mm)

D_u – unutarnji promjer (mm)

5.2 Razrada operacija

5.2.1 Operacija 10

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

Pripremno – završno vrijeme je 60 minuta.



Slika 5.1 CNC obradni centar VMC400E Siemens 808D

Karakteristike i dimenzije stroja:

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

ZAHVAT 1: Podizanje i stezanje obratka

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

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



Slika 5.2 PROXXON 4 - čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima

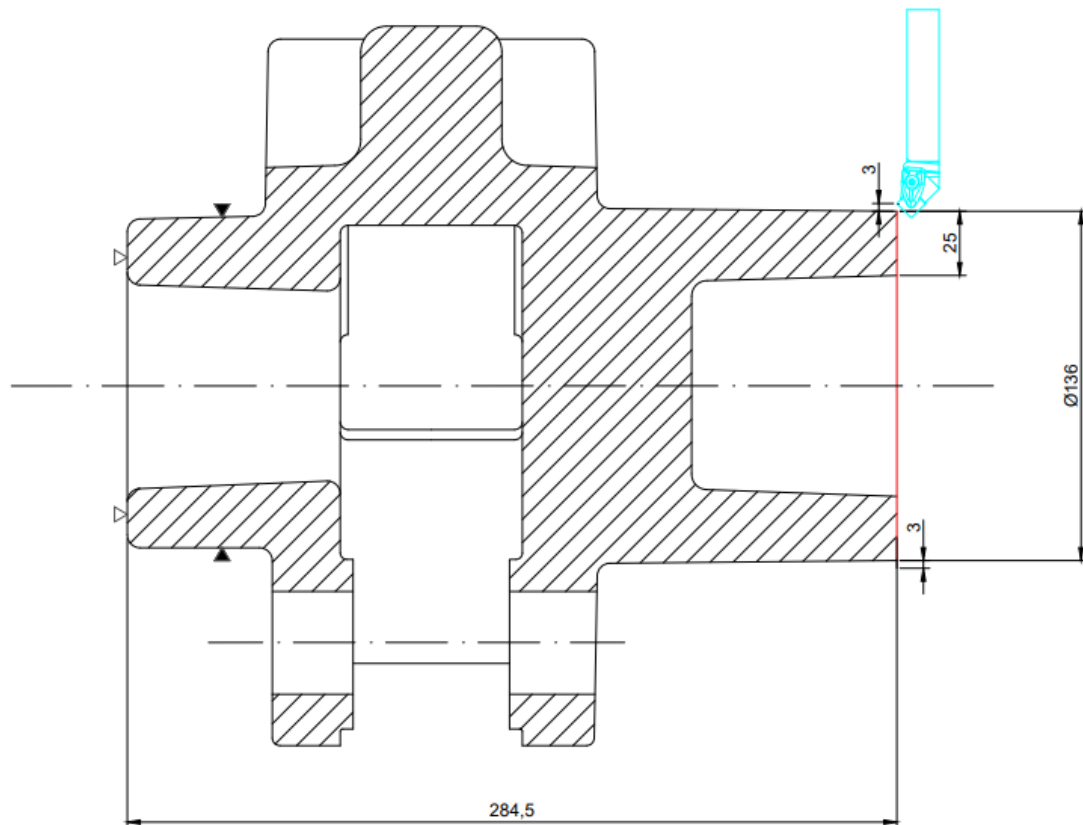
Ručno vrijeme:

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

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja izratka.

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

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



Slika 5.3 Operacija 10 - zahvat 2

Režimi rada:

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

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

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

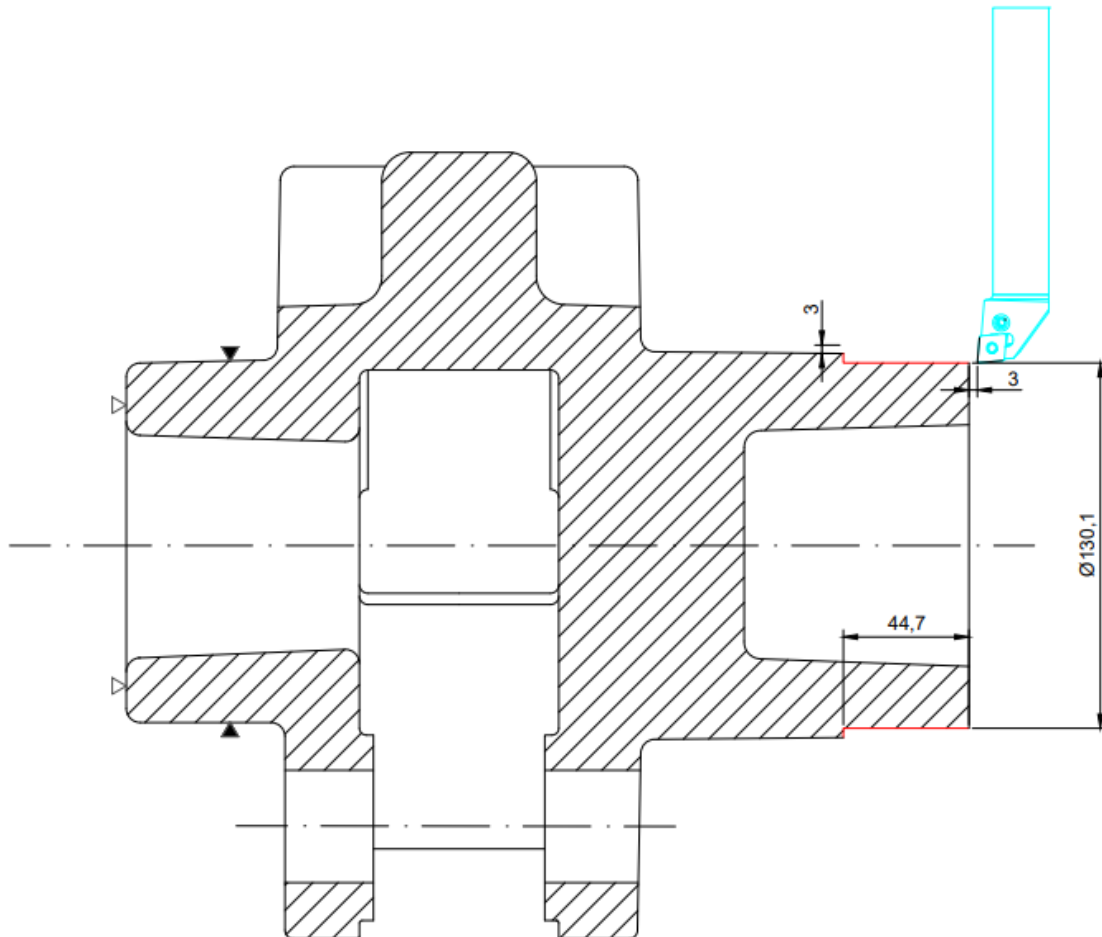
$$\text{Strojno vrijeme: } t_{st} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot 31}{639 \cdot 0,707} = 0,07 \text{ min}$$

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

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

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

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



Slika 5.4 Operacija 10 - zahvat 3

Režimi rada:

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

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

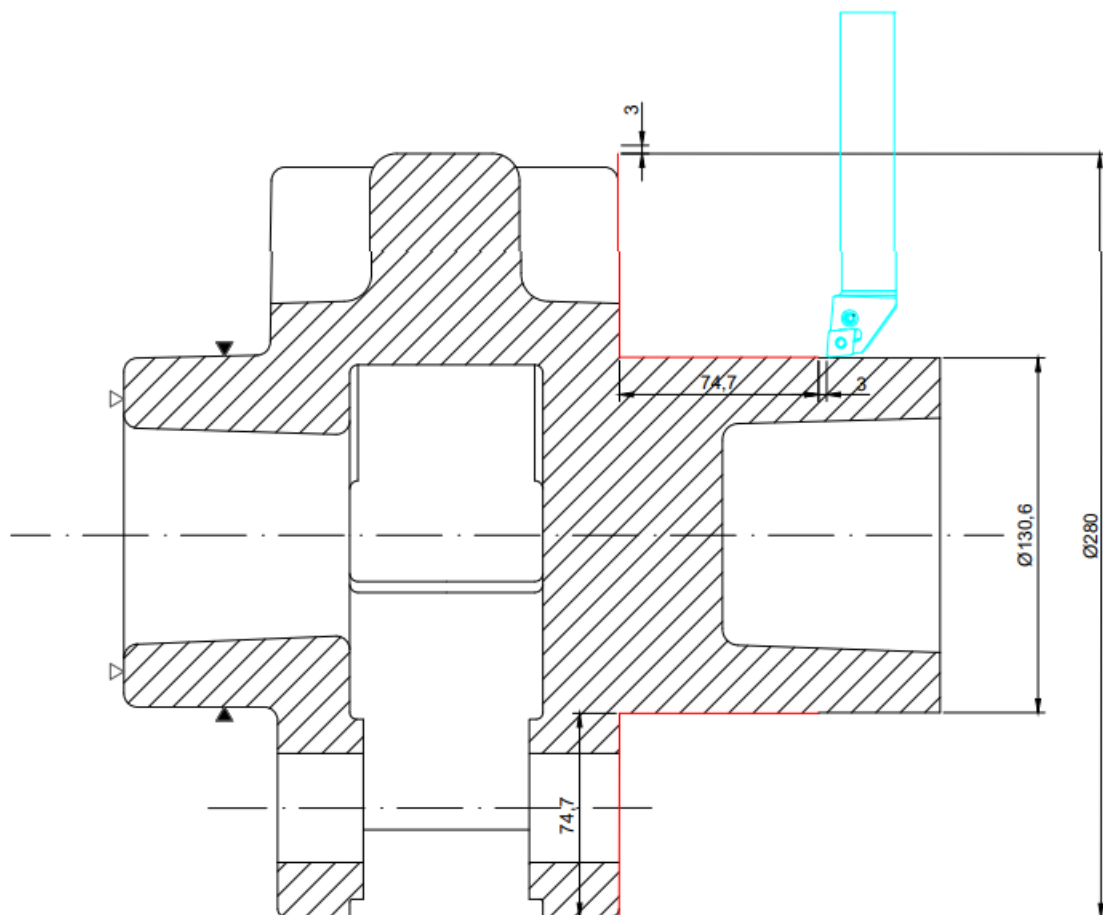
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 44,7 + 3 + 3 = 50,7 \text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 4: Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

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



Slika 5.5 Operacija 10 - zahvat 4

Režimi rada:

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

- Broj prolaza: $i = 1$

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

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

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

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

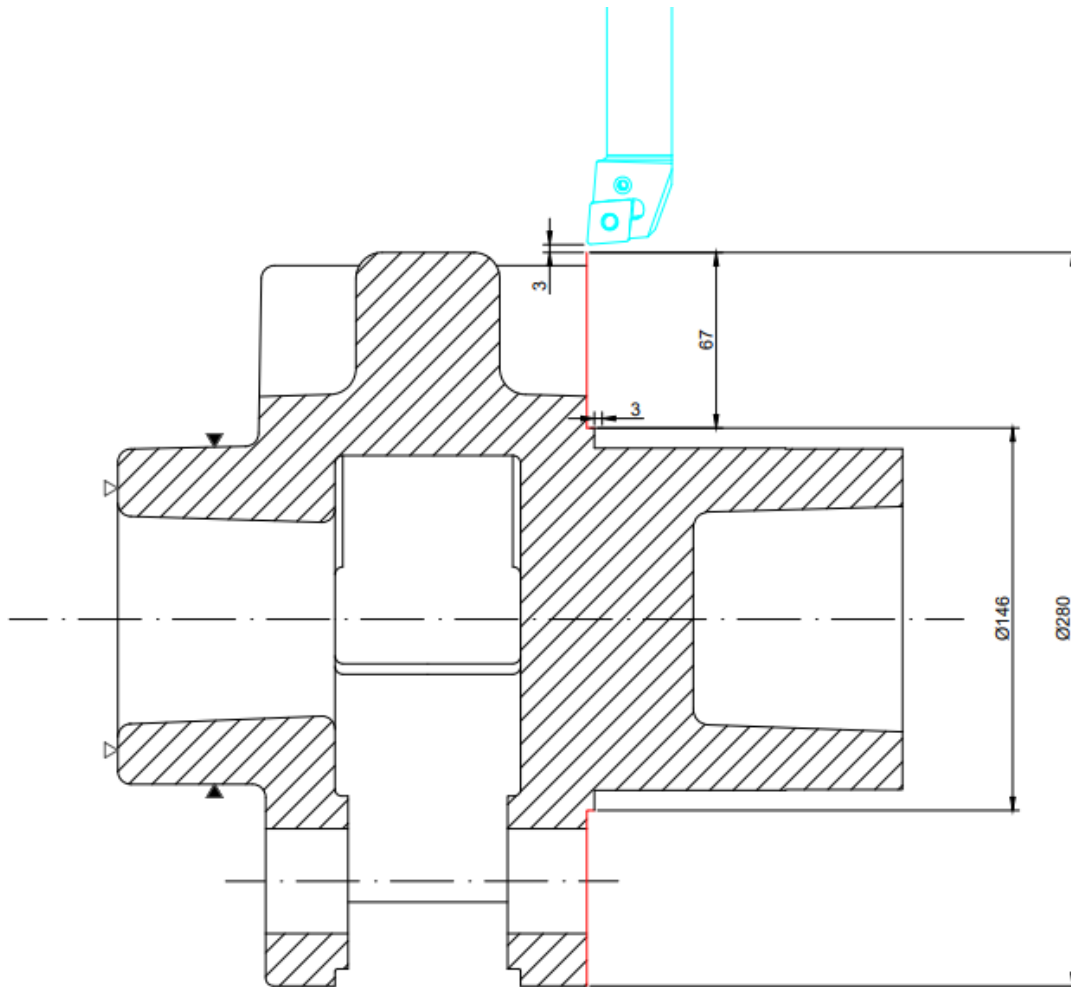
$$\text{Strojno vrijeme (uzdužni dio): } t_{stu} = \frac{i \cdot L_u}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (74,7 + 3)}{719 \cdot 0,2} = 0,54 \text{ min}$$

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

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

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

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



Slika 5.6 Operacija 10 - zahvat 5

Režimi rada:

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

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

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

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

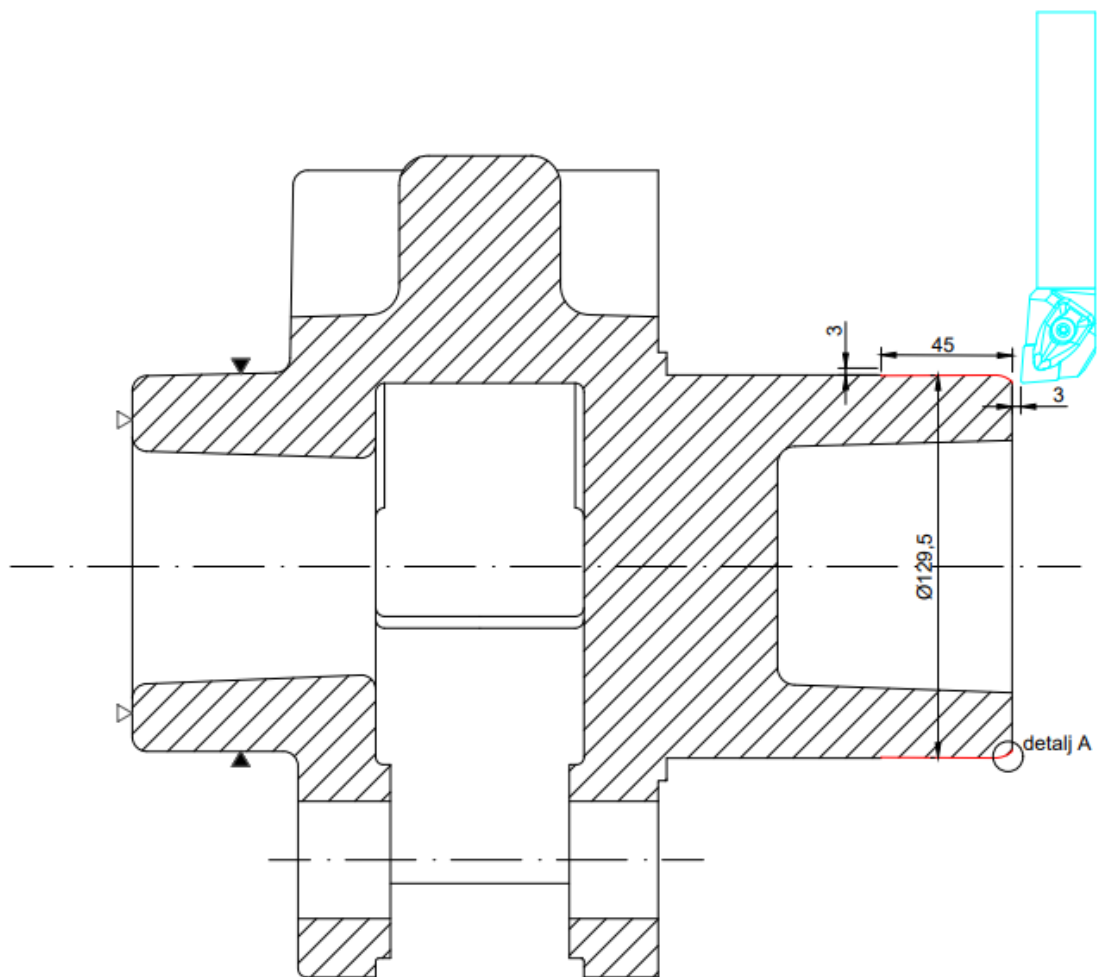
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 67 + 3 + 3 = 73 \text{ mm}$$

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

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

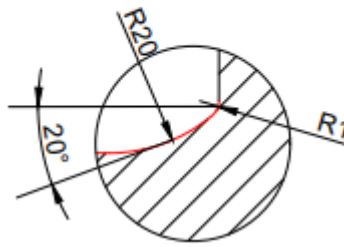
ZAHVAT 6: Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 1. dio

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



Slika 5.7 Operacija 10 - zahvat 6

Detalj A



Slika 5.8 Uvećani prikaz detalja A

Režimi rada:

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

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

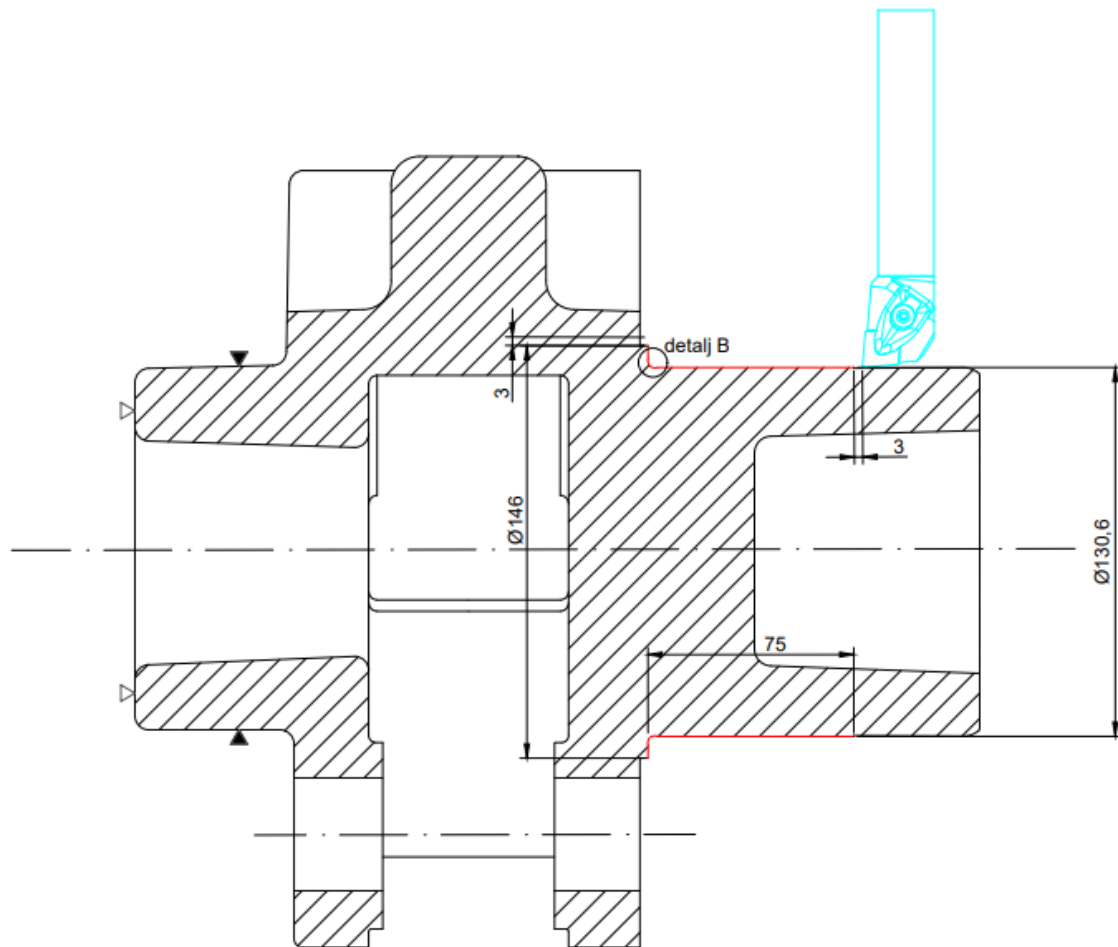
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 45 + 3 + 3 = 51 \text{ mm}$$

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

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

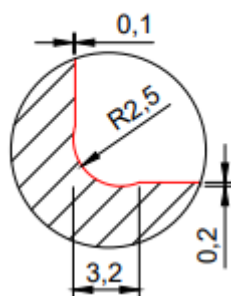
ZAHVAT 7: Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 2. dio

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



Slika 5.9 Operacija 10 - zahvat 7

Detalj B



Slika 5.10 Uvećani prikaz detalja B

Režimi rada:

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

- Broj prolaza: $i = 1$

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

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

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

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

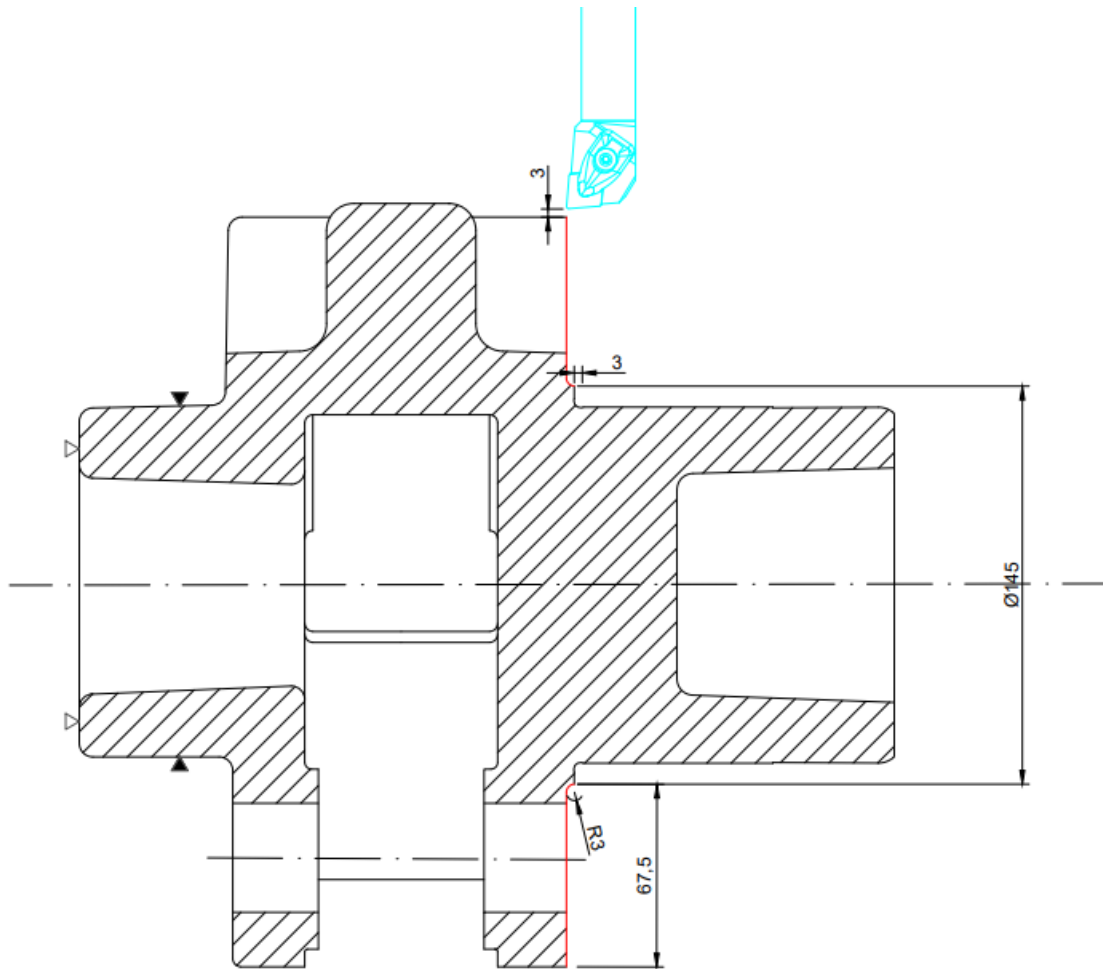
$$\text{Strojno vrijeme (uzdužni dio): } t_{stu} = \frac{i \cdot L_1}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (74,7 + 3)}{1077 \cdot 0,11} = 0,65 \text{ min}$$

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

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

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

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



Slika 5.11 Operacija 10 - zahvat 8

Režimi rada:

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

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

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

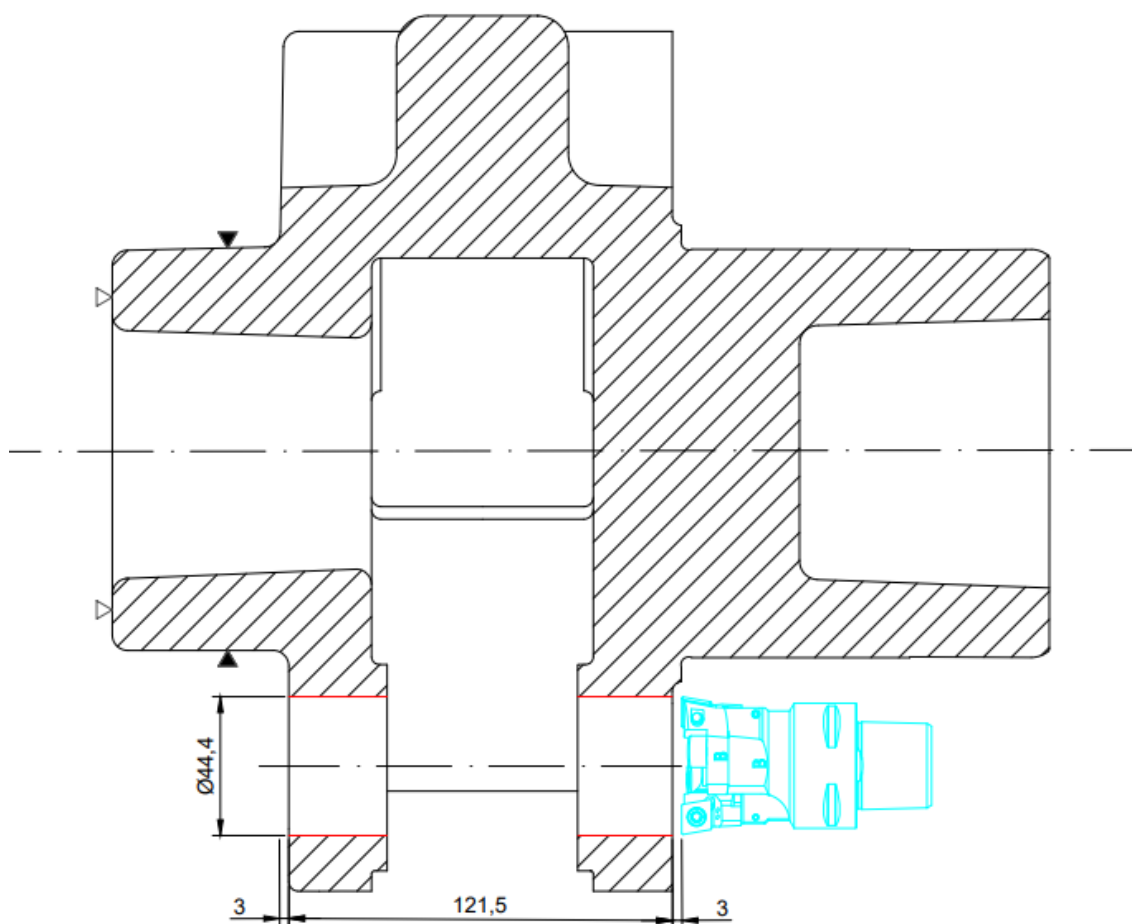
$$\text{Broj okretaja (prosječno): } n = \frac{n_{\text{poč}} + n_{\text{kraj}}}{2} = \frac{490 + 968}{2} = 729 \text{ okr/min}$$

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

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

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

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



Slika 5.12 Operacija 10 - zahvat 9

Režimi rada:

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

- Broj prolaza: $i = 3$

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

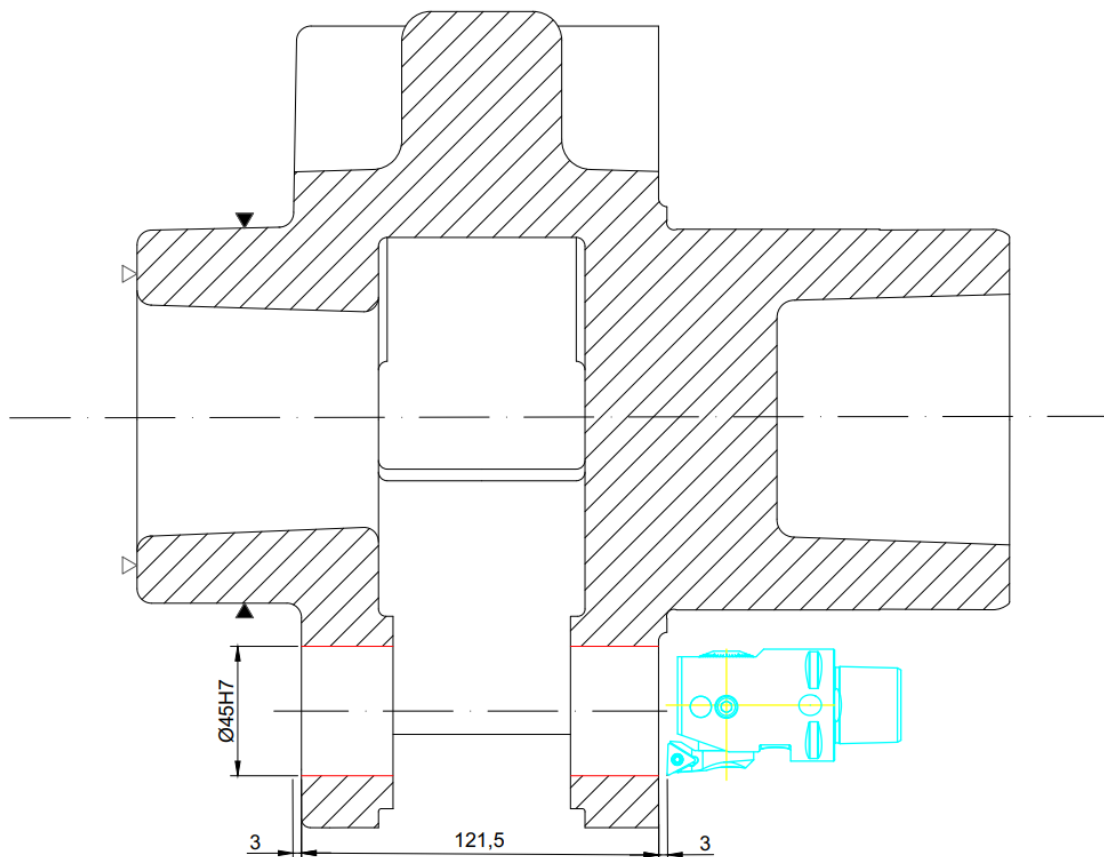
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 121,5 + 3 + 3 = 127,5 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.13 Operacija 10 - zahvat 10

Režimi rada:

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

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

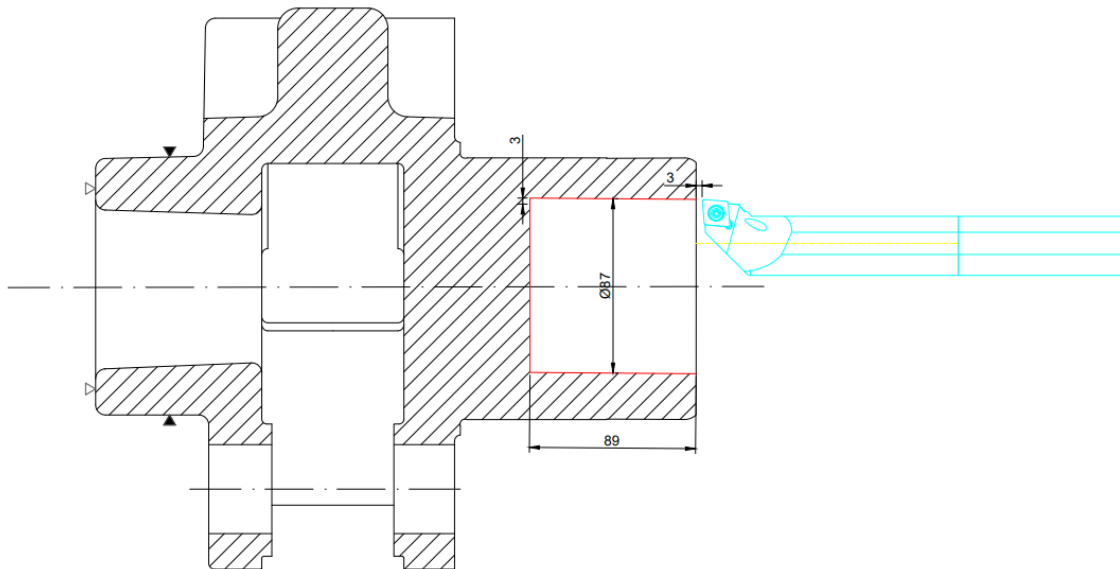
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 121,5 + 3 + 3 = 127,5 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.14 Operacija 10 - zahvat 11

Režimi rada:

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

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

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

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

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

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

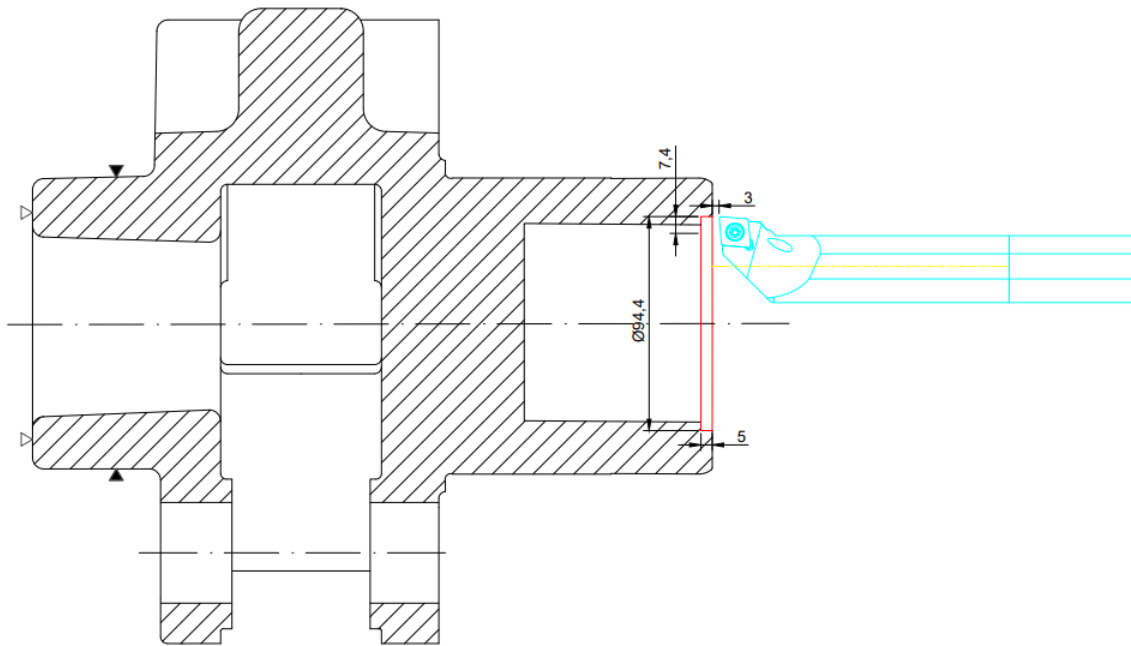
$$\text{Strojno vrijeme (drugi prolaz): } t_{st2} = \frac{i \cdot L}{n_2 \cdot s} = \frac{1 \cdot 95}{1185 \cdot 0,36} = 0,22 \text{ min}$$

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

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

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

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



Slika 5.15 Operacija 10 - zahvat 12

Režimi rada:

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

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

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

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

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

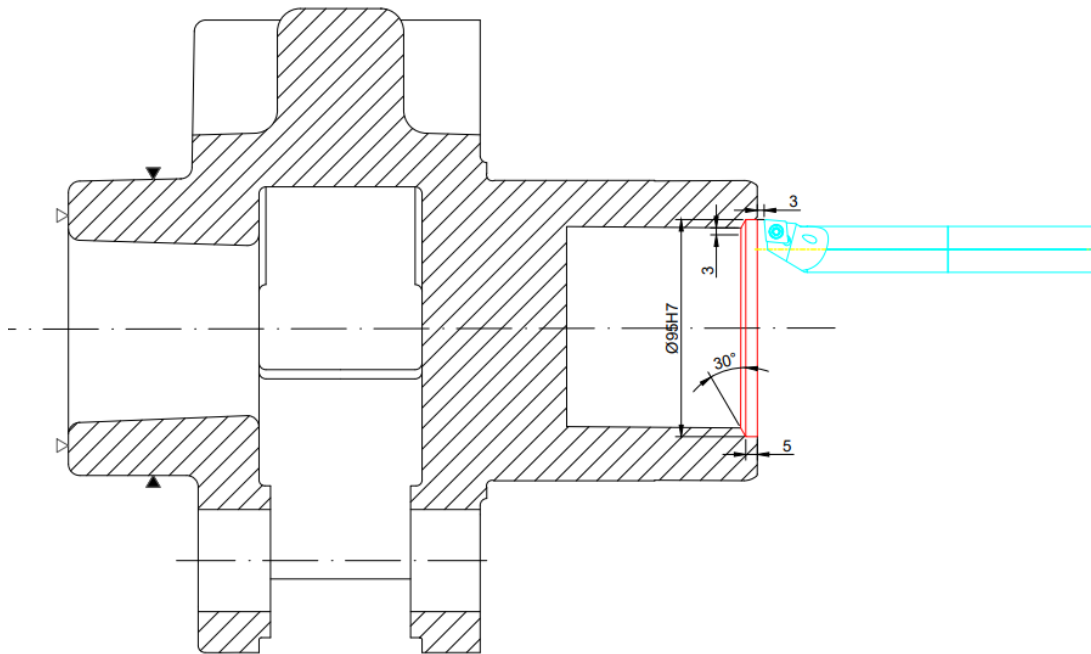
$$\text{Strojno vrijeme (prvi prolaz): } t_{st1} = \frac{i \cdot L}{n_1 \cdot s} = \frac{1 \cdot 15,4}{1108 \cdot 0,36} = 0,04 \text{ min}$$

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

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

ZAHVAT 13: Završno tokarenje na konačnu mjeru $\phi 45\text{ H7}$

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



Slika 5.16 Operacija 10 - zahvat 13

Režimi rada:

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

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

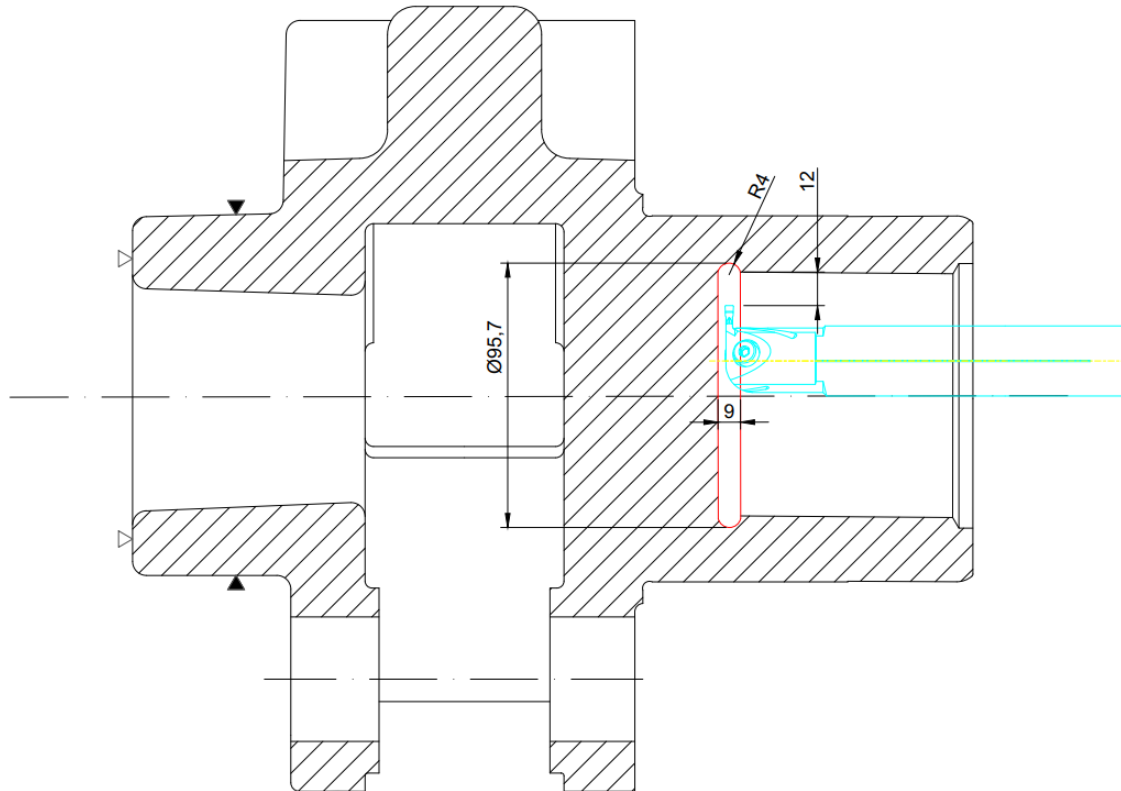
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = (5 + 4,2) + 3 + 3 = 15,2\text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 14: Pravljenje utora

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



Slika 5.17 Operacija 10 - zahvat 14

Režimi rada:

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

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

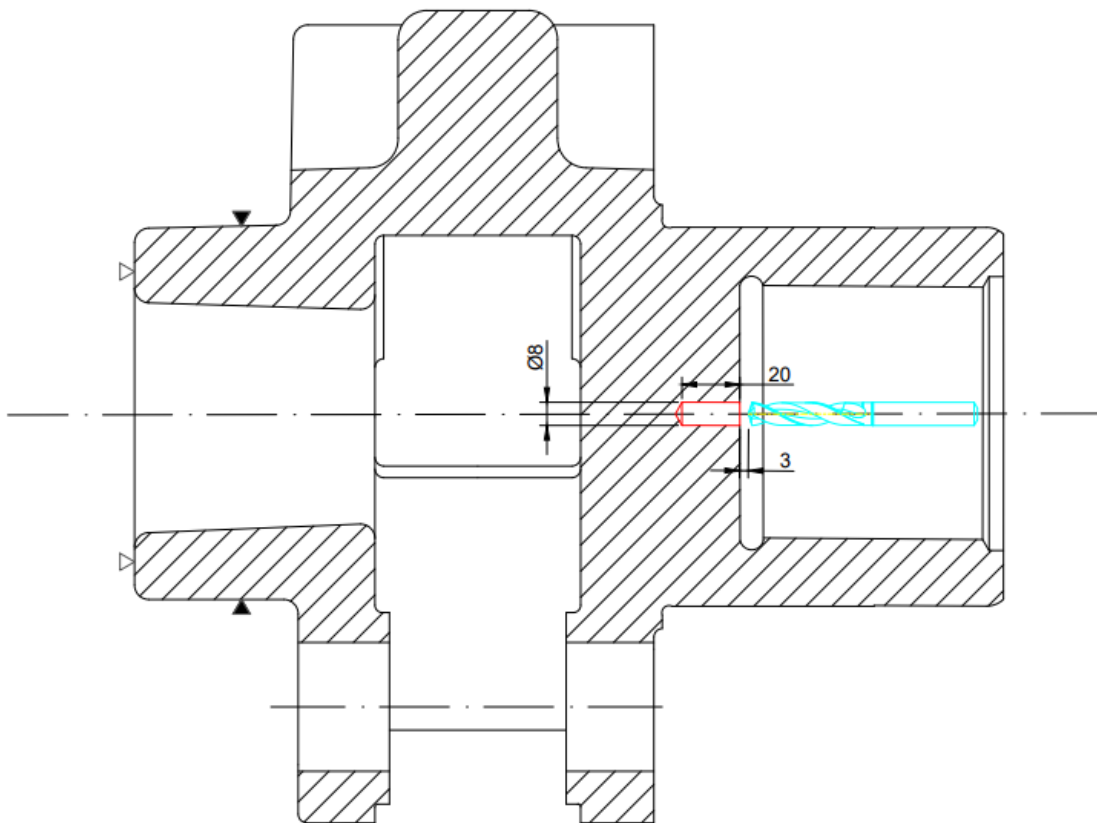
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 12 + 4 + 0 = 16 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.18 Operacija 10 - zahvat 15

Režimi rada:

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

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

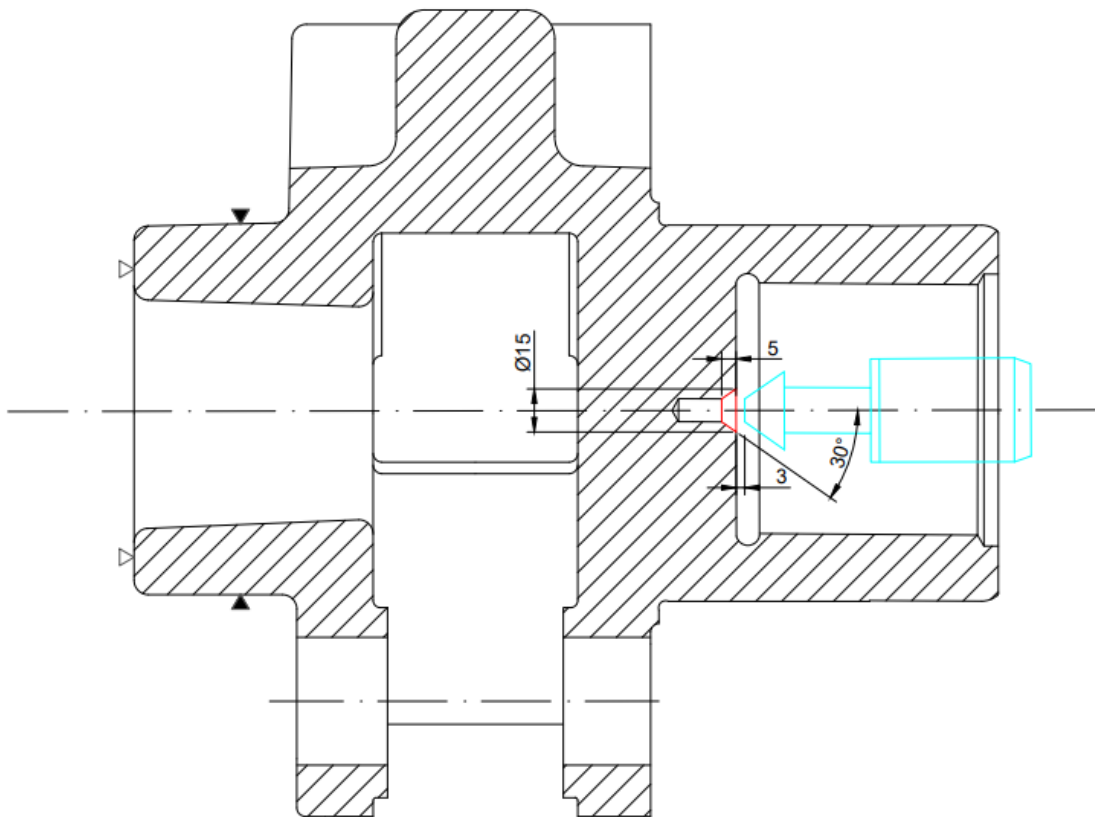
Put kretanja alata: $L = l + l_1 + l_2 = 20 + 3 + 0 = 23 \text{ mm}$

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

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

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

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



Slika 5.19 Operacija 10 - zahvat 16

Režimi rada:

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

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

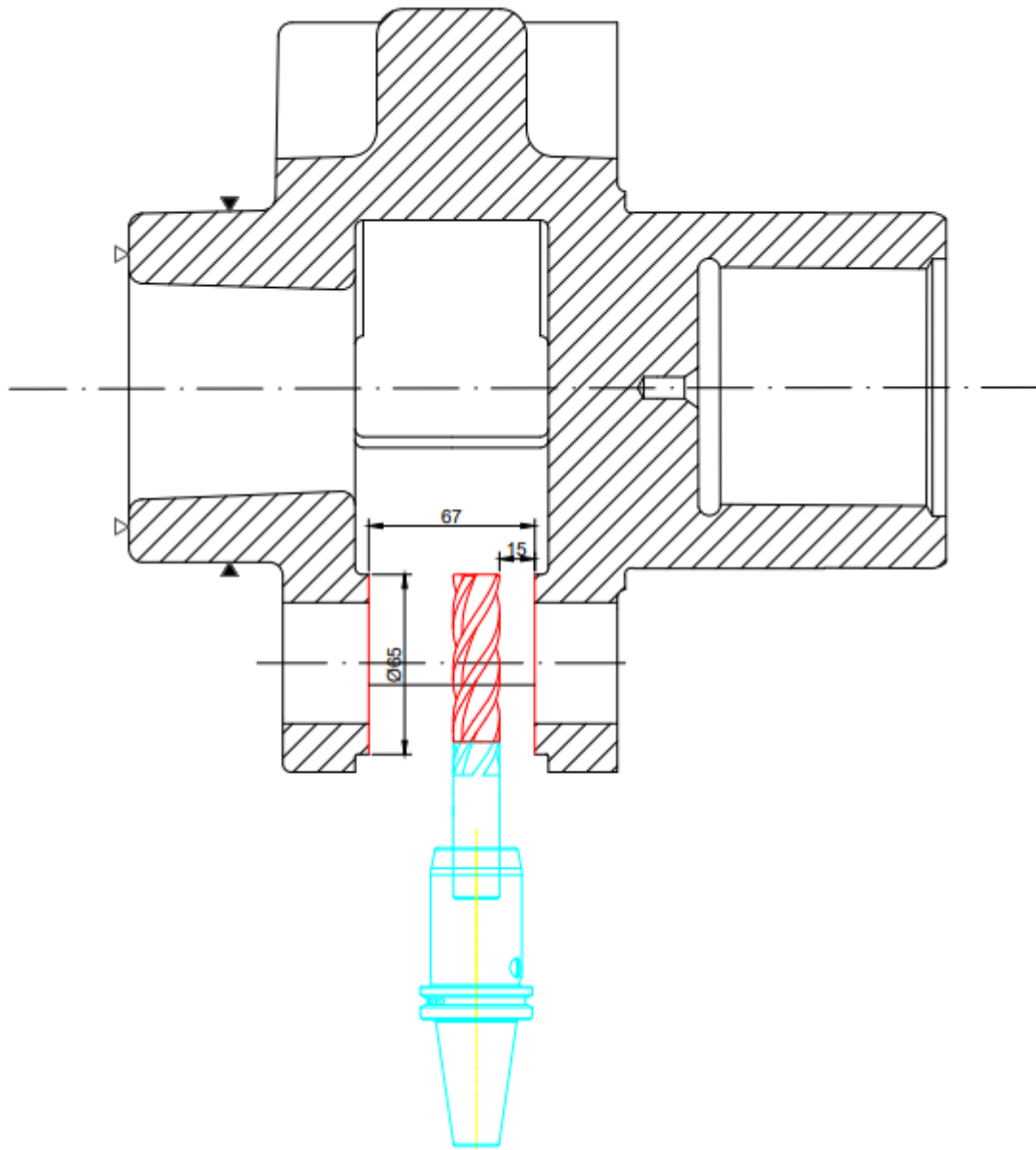
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 5 + 3 + 0 = 8 \text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 17: Poravnanje unutarnjih površina na mjeru od 67 mm

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



Slika 5.20 Operacija 10 - zahvat 17

Režimi rada:

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

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

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

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

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

ZAHVAT 18: Otpuštanje izratka

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

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

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

$$\phi 84$$

$$\phi 120m6$$

$$\phi 135$$

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

- Alat: Granični kontrolni trn za kontrolu dimenzije:

$$\phi 45H7$$

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

5.2.1.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 10

Sva vremena:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.2 Operacija 20

Pripremno – završno vrijeme je 60 minuta.

ZAHVAT 1: Rotiranje i stezanje obratka

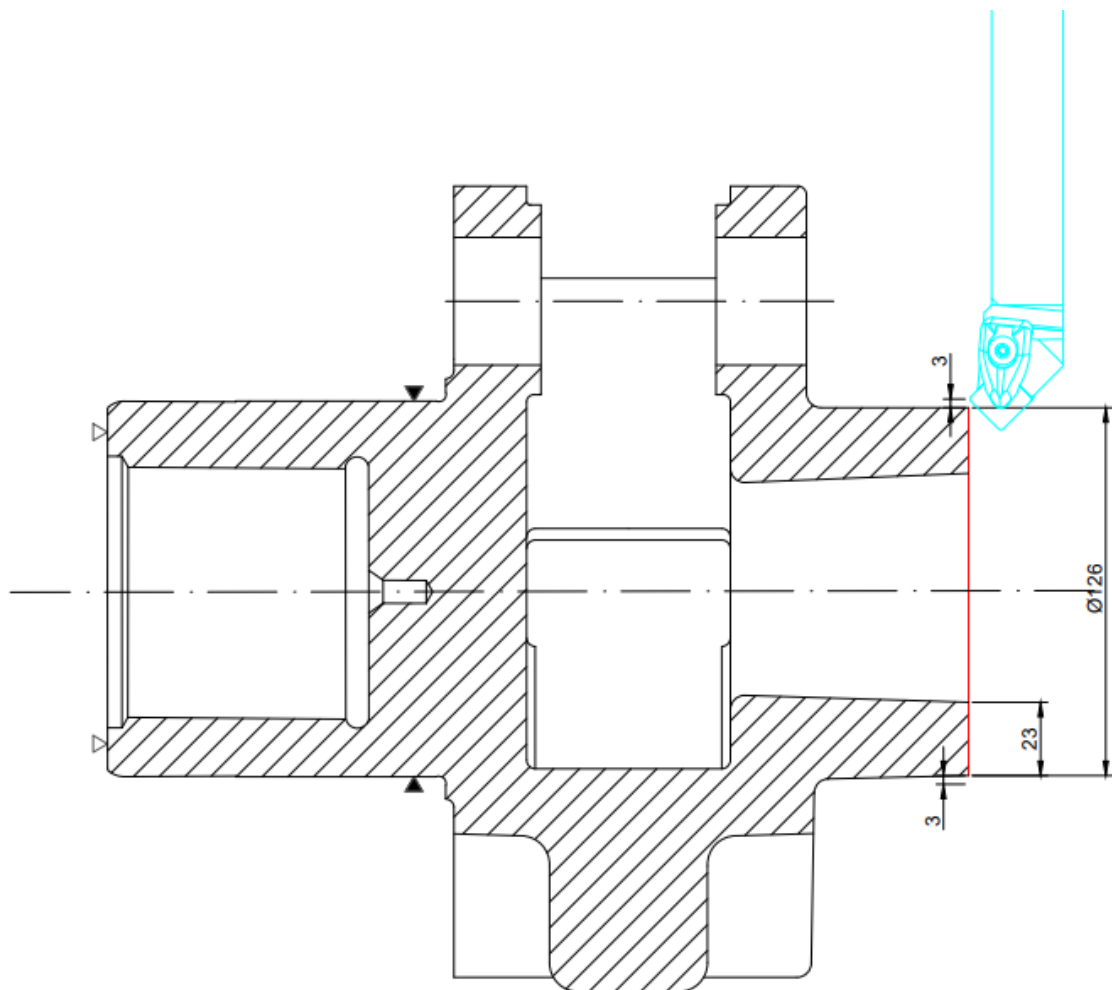
- Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“

Ručno vrijeme:

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

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

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



Slika 5.21 Operacija 10 - zahvat 2

Režimi rada:

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

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

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

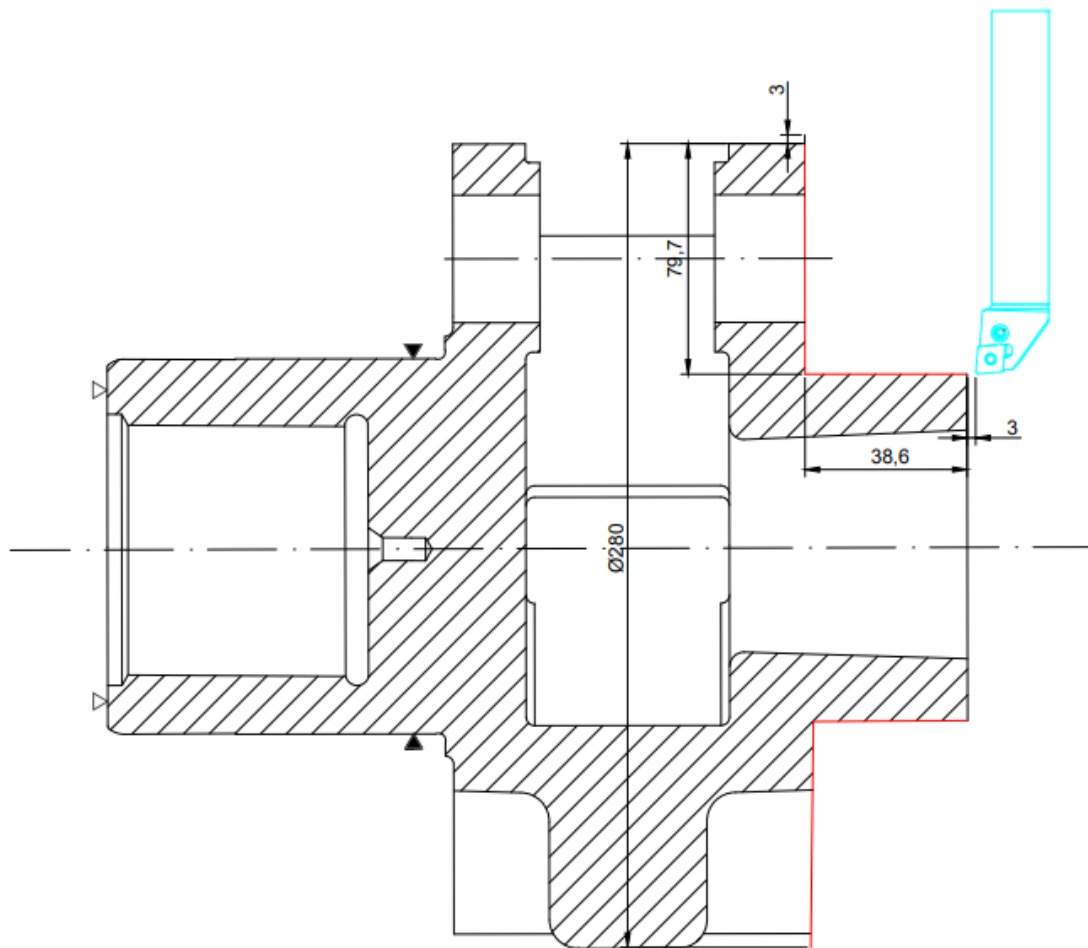
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 23 + 3 + 3 = 29 \text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 3: Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

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



Slika 5.22 Operacija 20 - zahvat 3

Režimi rada:

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

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

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

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

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

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

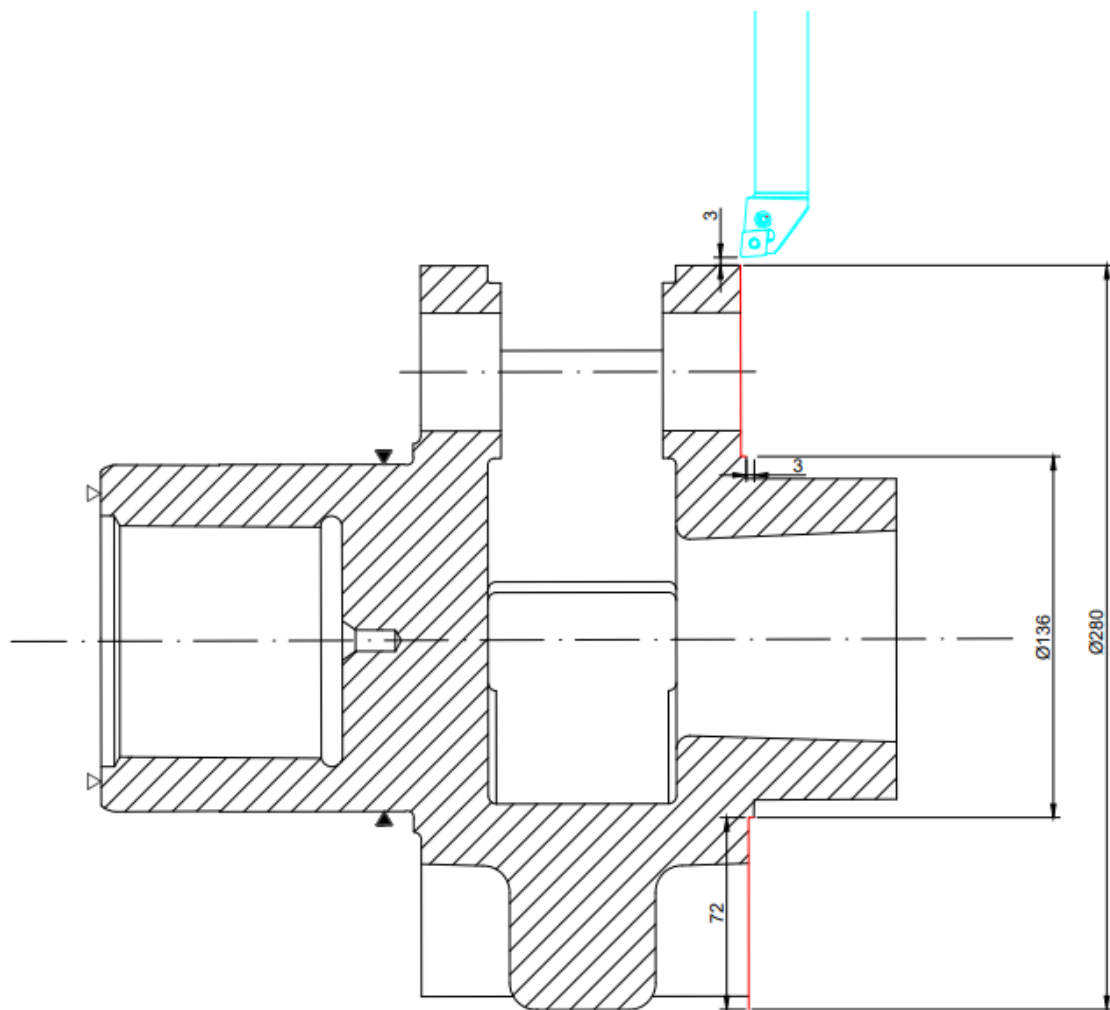
Strojno vrijeme (poprečni dio): $t_{stp} = \frac{i \cdot L_p}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (79,7 + 3)}{778 \cdot 0,2} = 1,26 \text{ min}$

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

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

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

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



Slika 5.23 Operacija 20 - zahvat 4

Režimi rada:

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

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

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

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

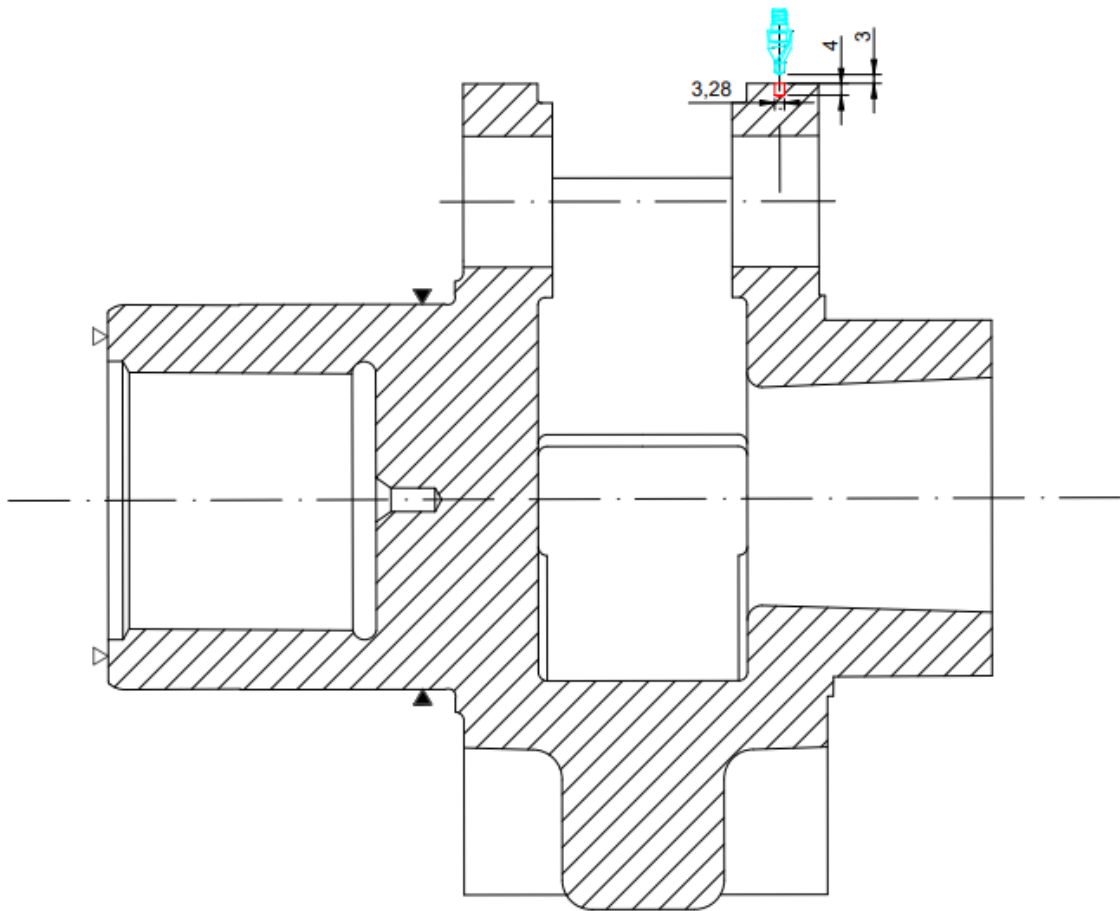
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 72 + 3 + 3 = 78 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.24 Operacija 20 - zahvat 5

Režimi rada:

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

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

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

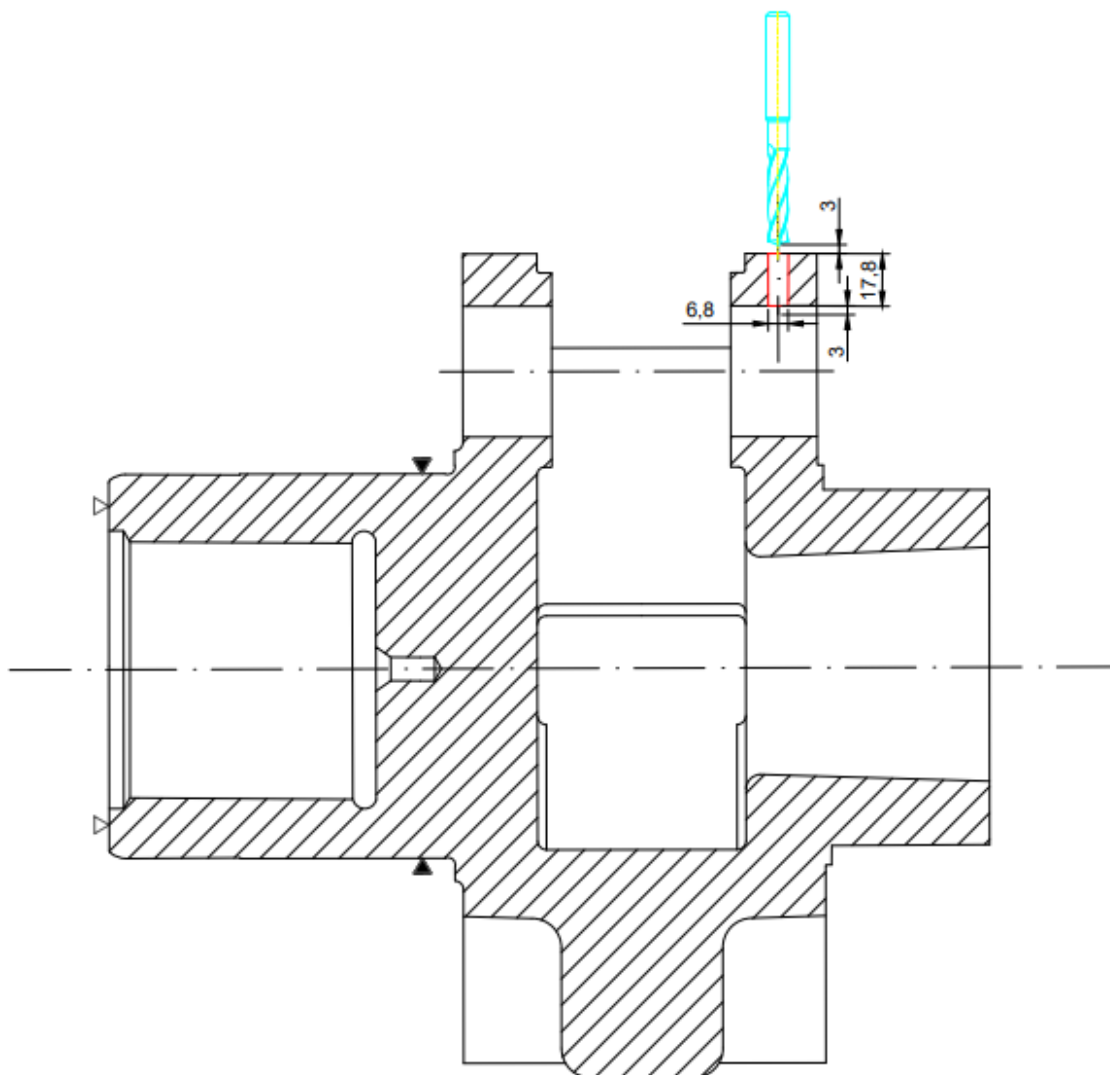
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 4 + 3 + 0 = 7 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.25 Operacija 20 - zahvat 6

Režimi rada:

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

- Broj prolaza: $i = 3$

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

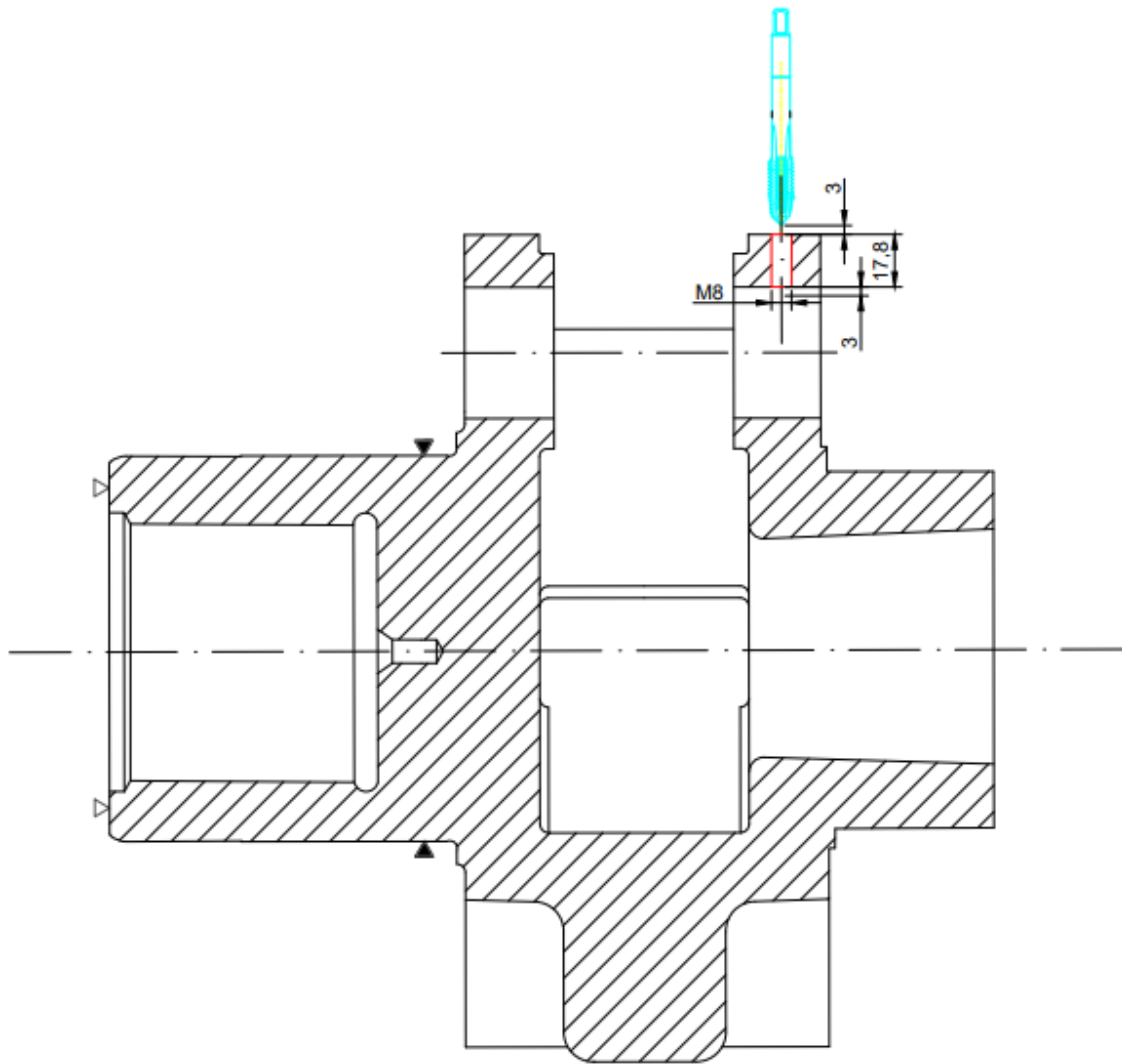
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 17,8 + 3 + 3 = 23,8 \text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 7: Urezivanje 3 navoja M8

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



Slika 5.26 Operacija 20 - zahvat 7

Režimi rada:

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

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

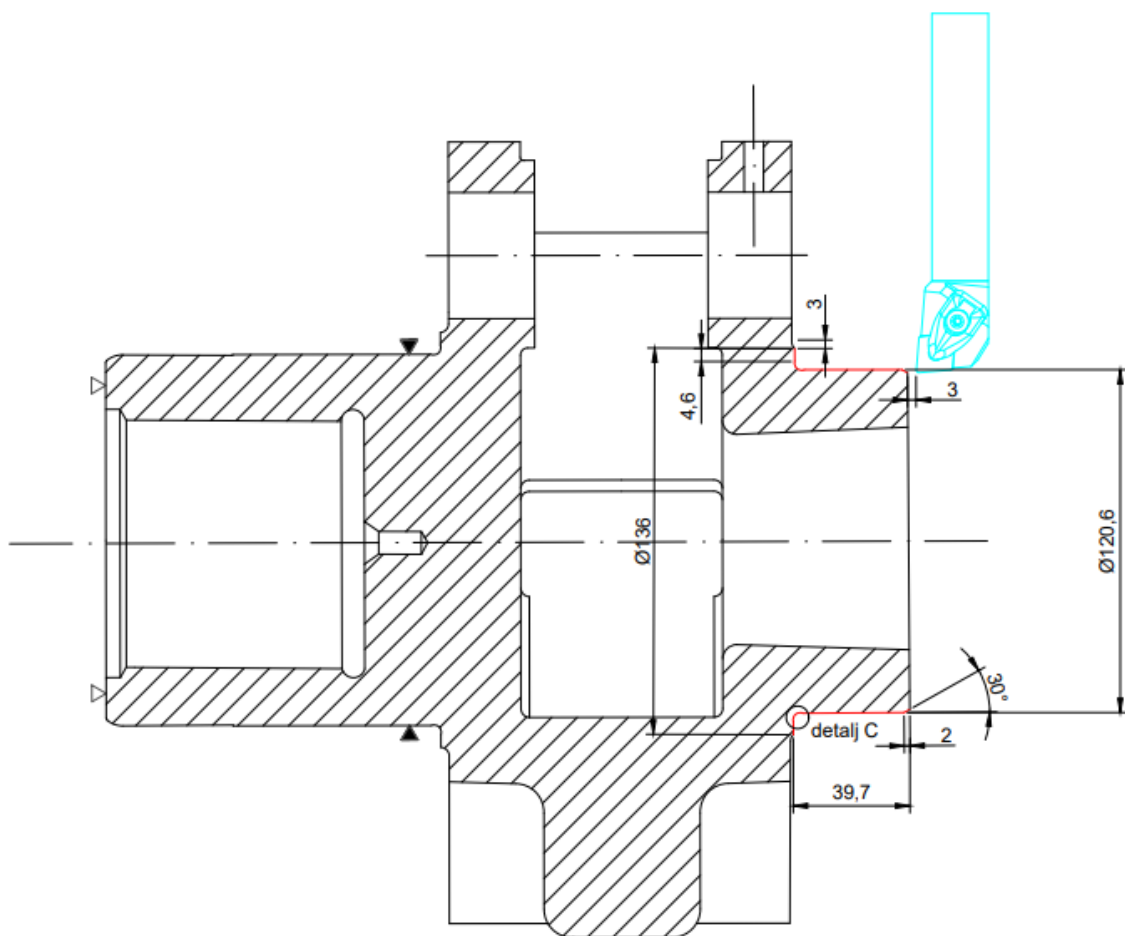
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 17,8 + 3 + 3 = 23,8 \text{ mm}$$

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

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

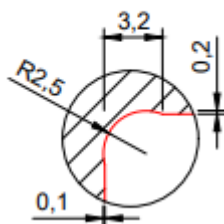
ZAHVAT 8: Fino konturno tokarenje (vanjsko)

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



Slika 5.27 Operacija 20 - zahvat 8

Detalj C



Slika 5.28 Uvećani prikaz detalja C

Režimi rada:

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

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

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

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

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

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

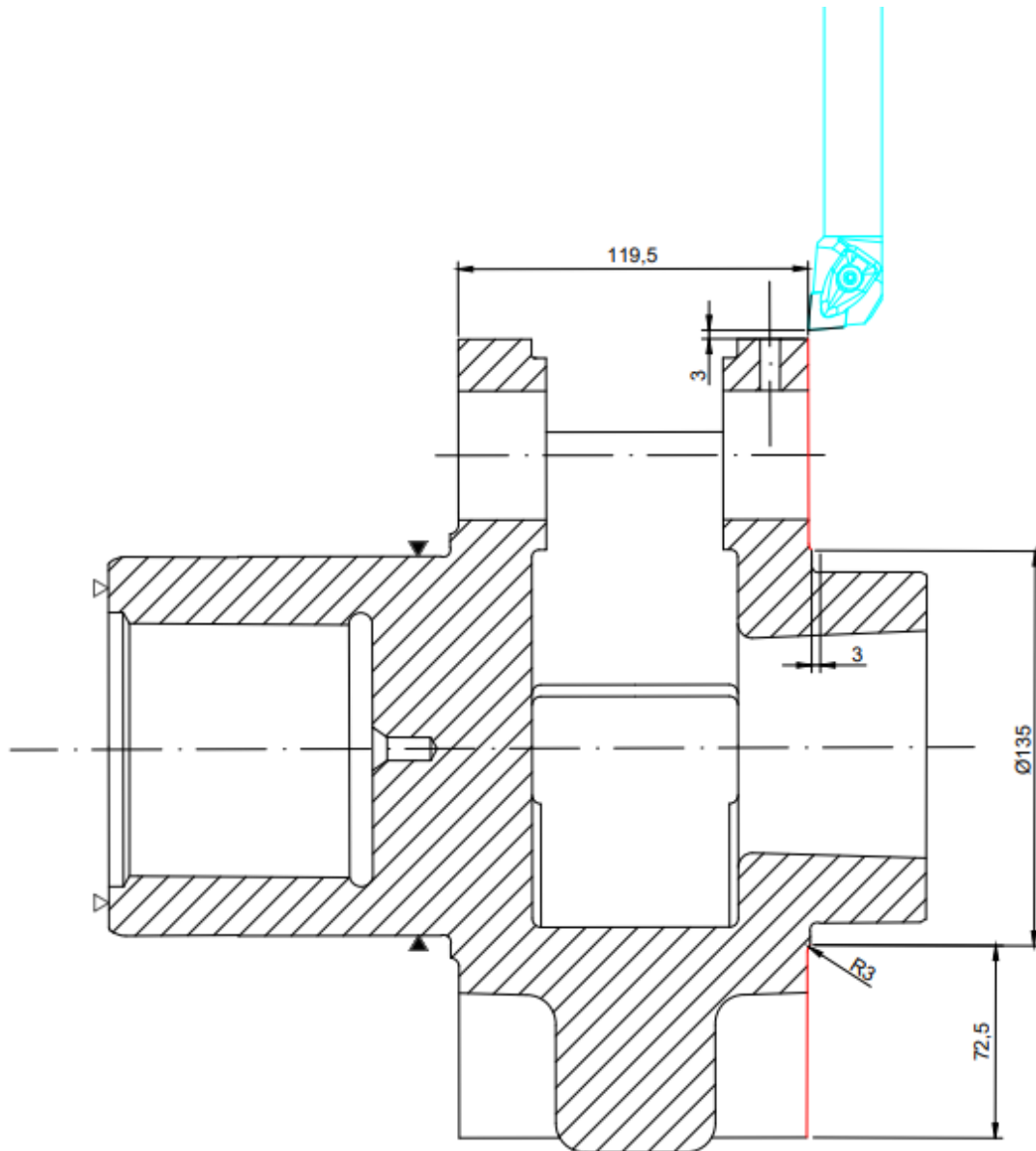
$$\text{Strojno vrijeme (poprečni dio): } t_{stp} = \frac{i \cdot L_2}{n \cdot s} = \frac{1 \cdot (4,6 + 3)}{1032 \cdot 0,11} = 0,07 \text{ min}$$

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

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

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

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



Slika 5.29 Operacija 20 - zahvat 9

Režimi rada:

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

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

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

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

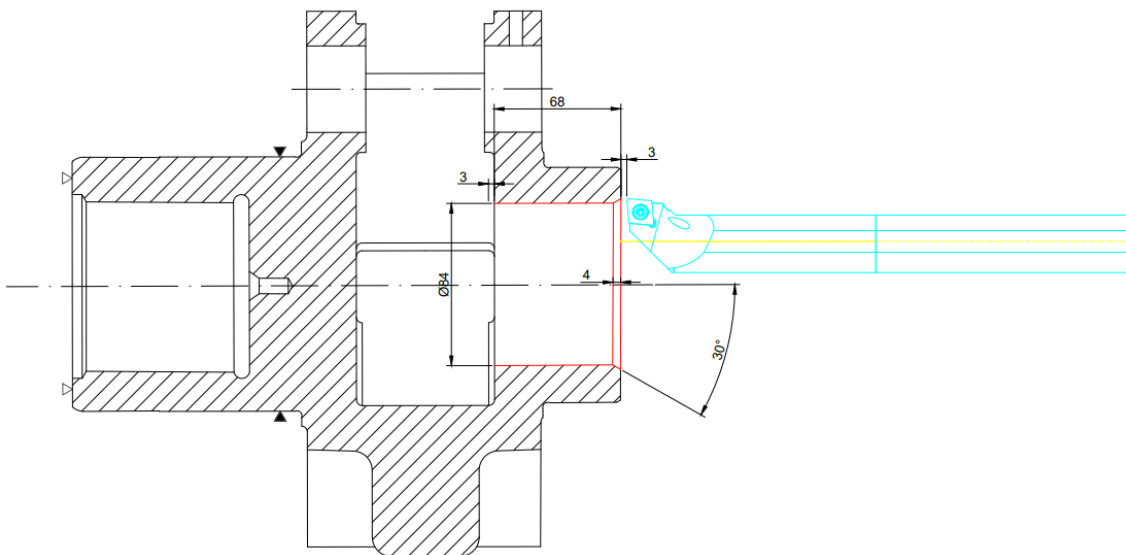
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 72,5 + 3 + 3 = 78,5 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.30 Operacija 20 - zahvat 10

Režimi rada:

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

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

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

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

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

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

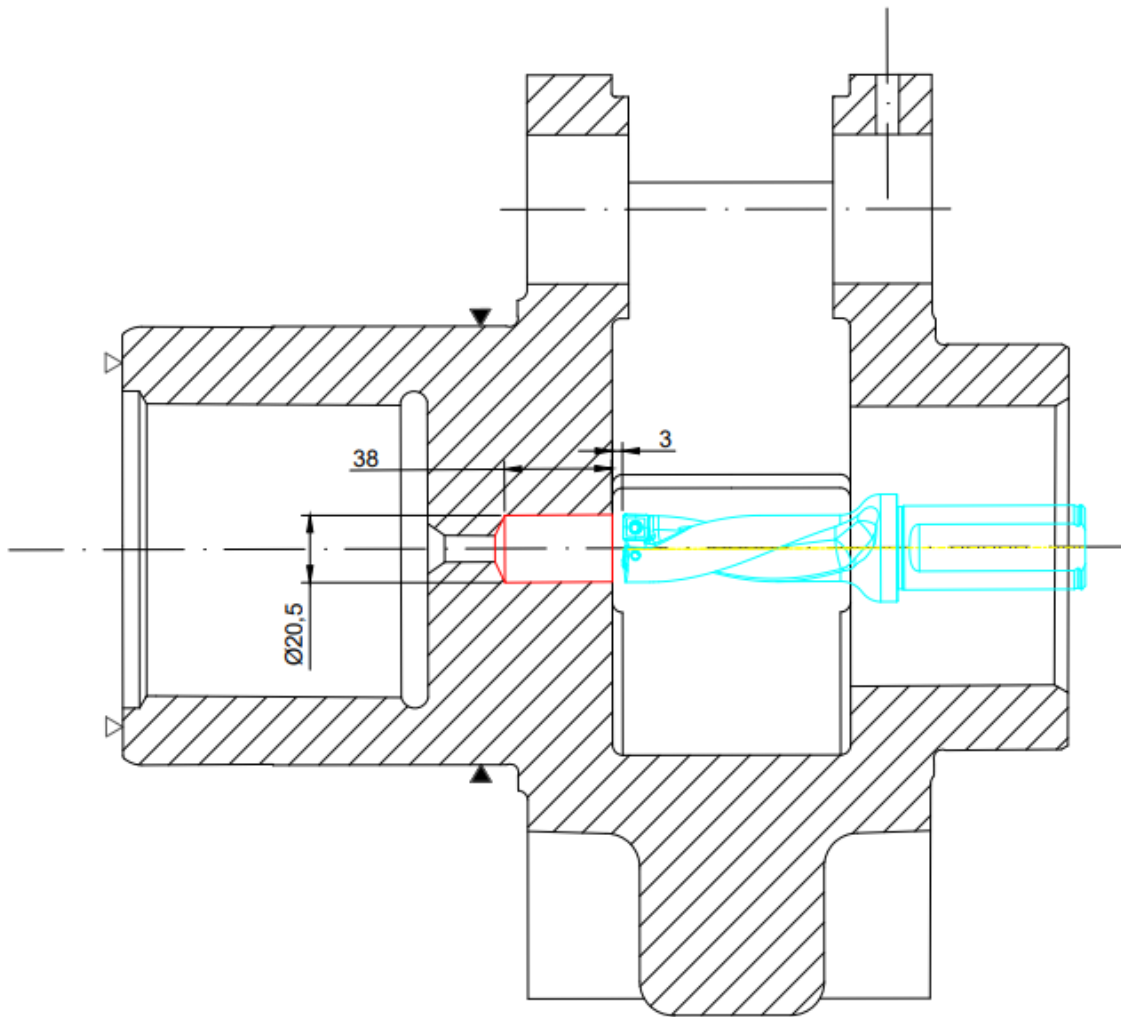
$$\text{Strojno vrijeme (drugi prolaz): } t_{st2} = \frac{i \cdot L}{n_2 \cdot s} = \frac{1 \cdot 89}{1185 \cdot 0,36} = 0,17 \text{ min}$$

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

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

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

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



Slika 5.31 Operacija 20 - zahvat 11

Režimi rada:

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

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

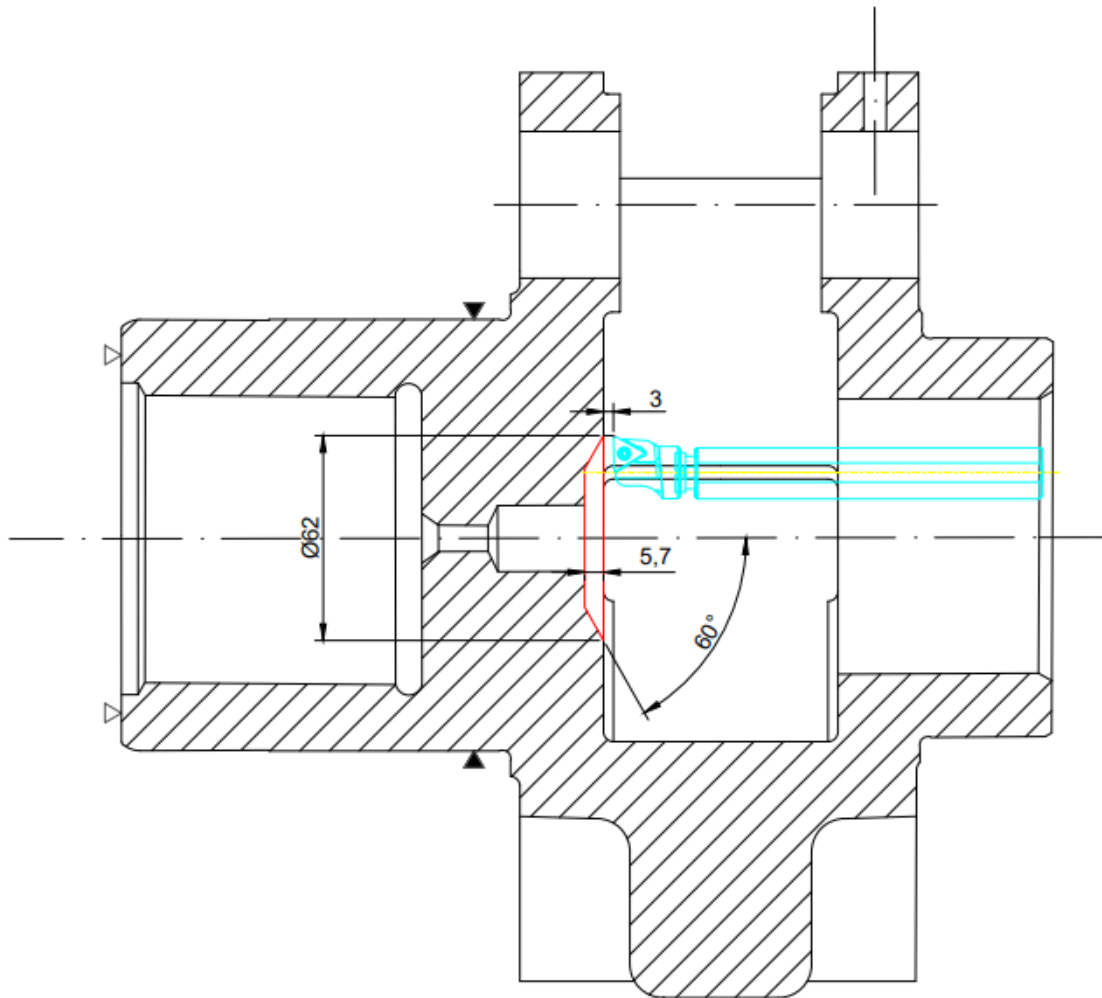
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 38 + 3 + 0 = 41 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.32 Operacija 20 - zahvat 12

Režimi rada:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

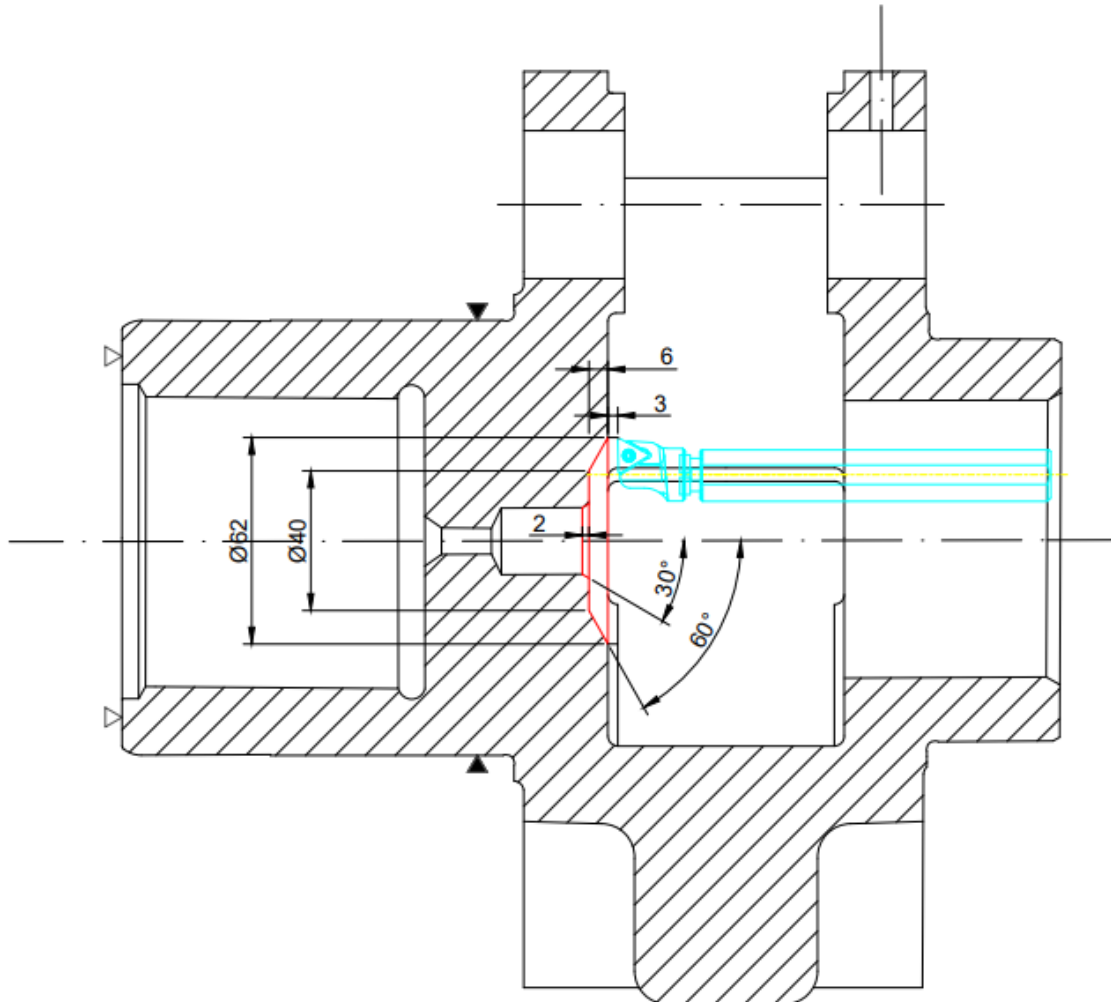
$$\begin{aligned} \text{Strojno vrijeme (ukupno): } t_{st} &= t_{st1} + t_{st2} + t_{st3} + t_{st4} + t_{st5} + t_{st6} + t_{st7} + t_{st8} + \\ &t_{st9} + t_{st10} + t_{st11} + t_{st12} + t_{st13} + t_{st14} = 0,007 + 0,008 + 0,009 + 0,01 + 0,01 + \\ &0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,02 +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

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

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

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

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



Slika 5.33 Operacija 20 - zahvat 13

Režimi rada:

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

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

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

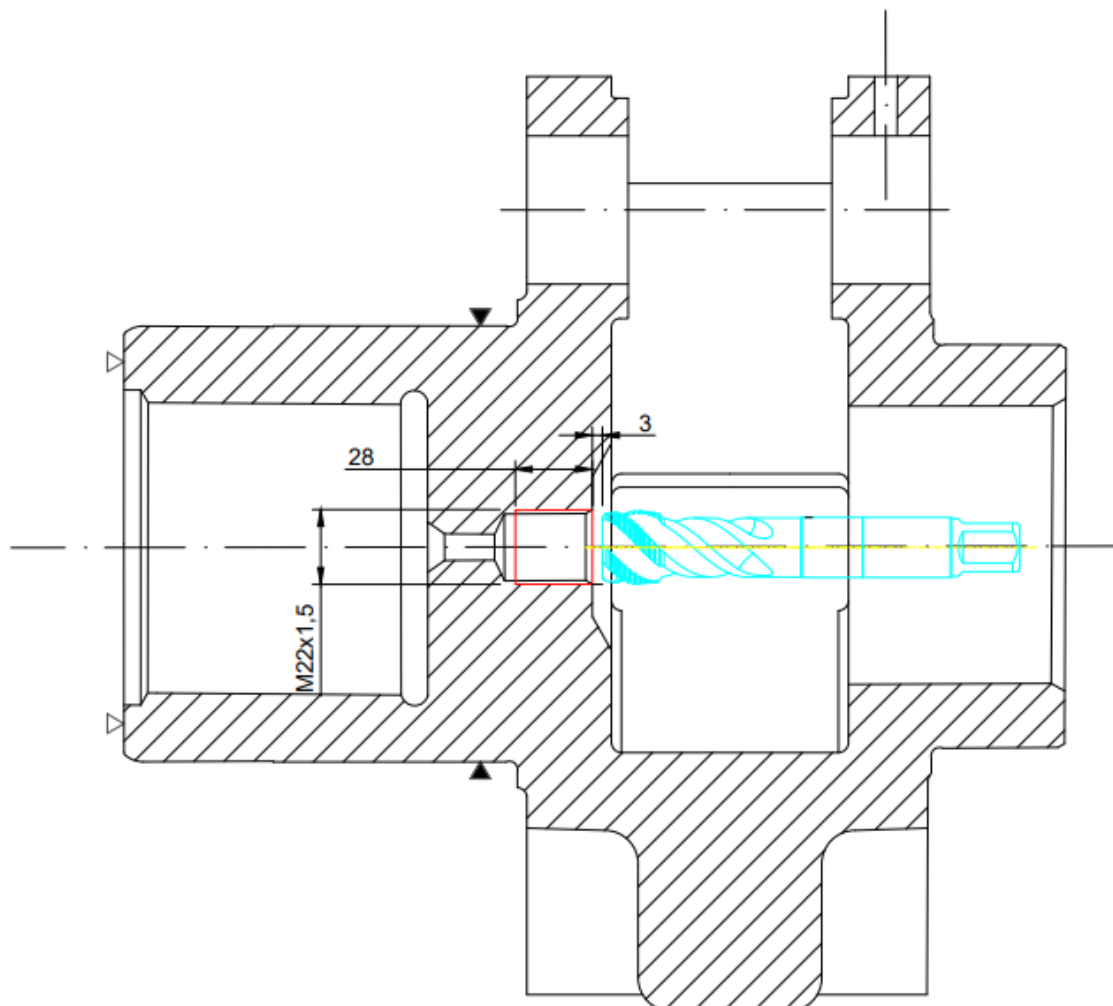
Broj okretaja (prosječno): $n = \frac{n_1+n_2}{2} = \frac{1766+5494}{2} = 3630 \text{ okr/min}$

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

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

ZAHVAT 14: Urezivanje navoja M22 x 1,5

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



Slika 5.34 Operacija 20 - zahvat 14

Režimi rada:

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

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

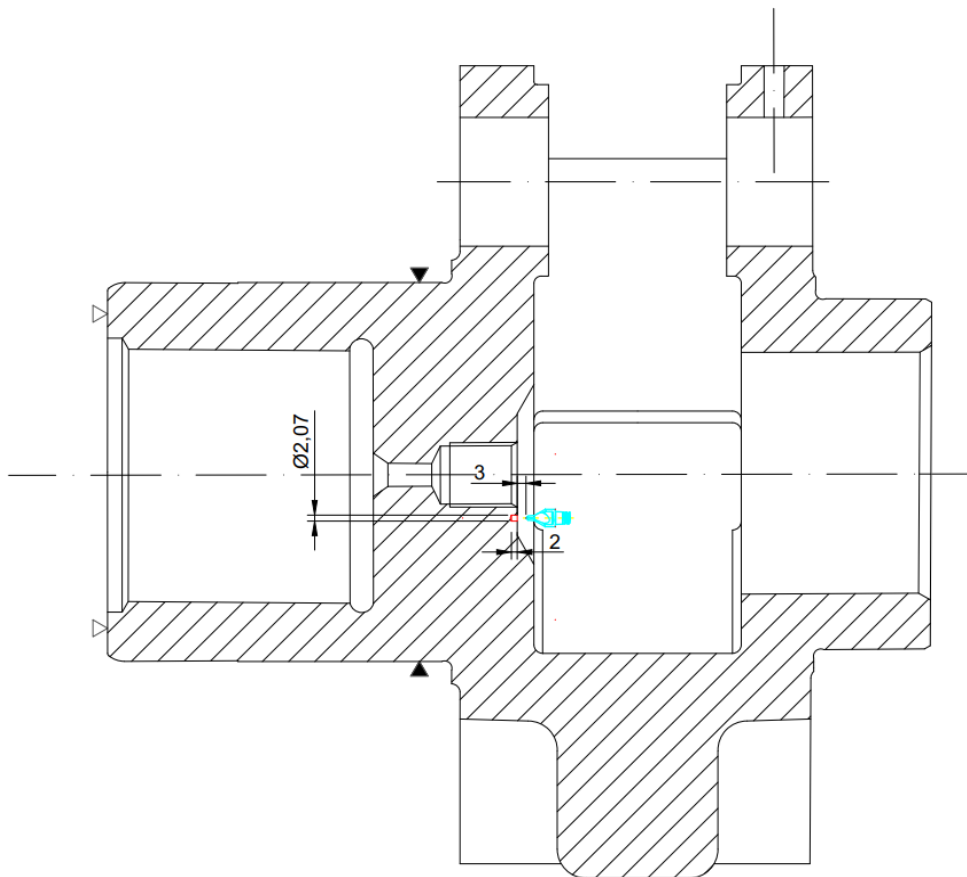
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 28 + 3 + 0 = 31 \text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 15: Zabušivanje provrta za izradu navoja M4

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



Slika 5.35 Operacija 20 - zahvat 15

Režimi rada:

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

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

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

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

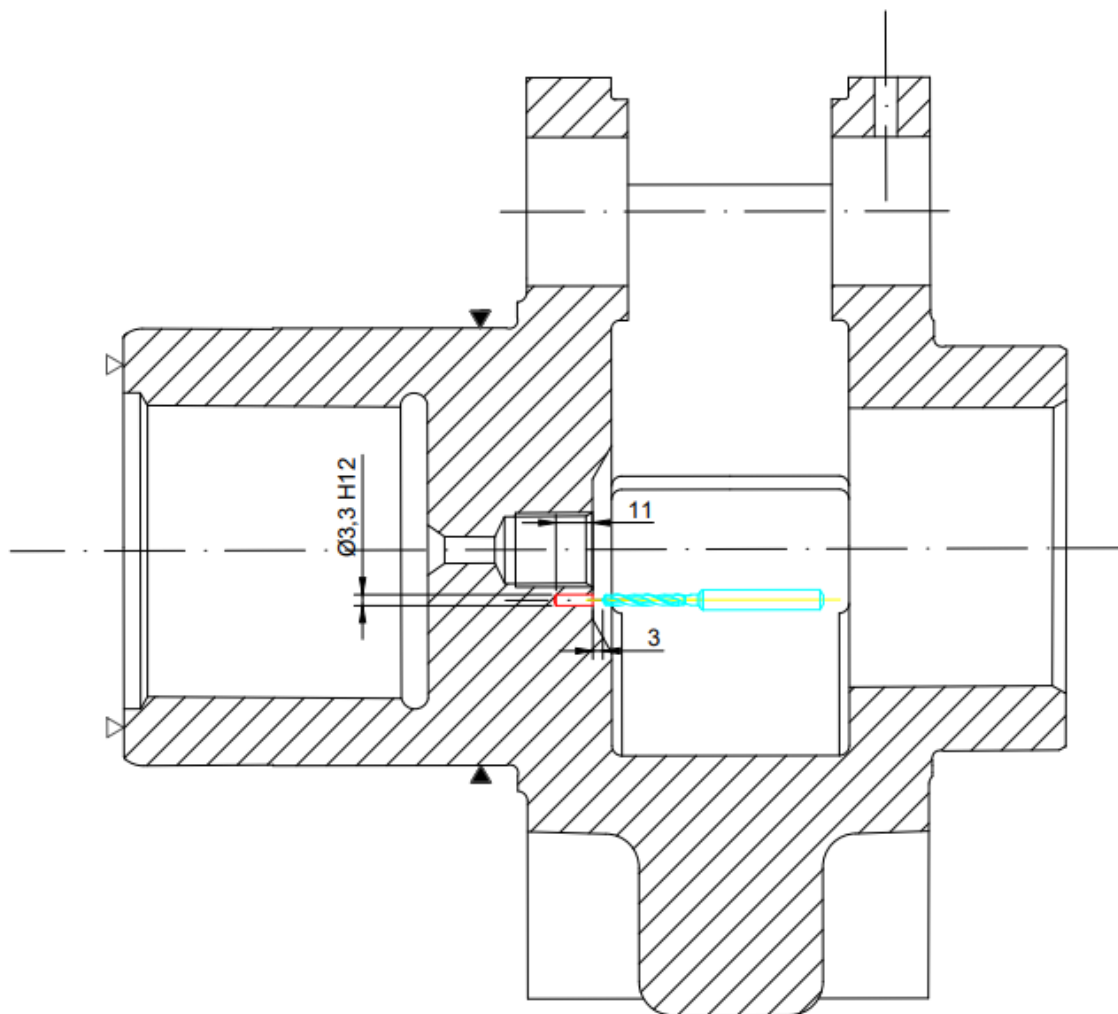
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 3 + 2 + 0 = 5 \text{ mm}$$

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

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

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

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



Slika 5.36 Operacija 20 - zahvat 16

Režimi rada:

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

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

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

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

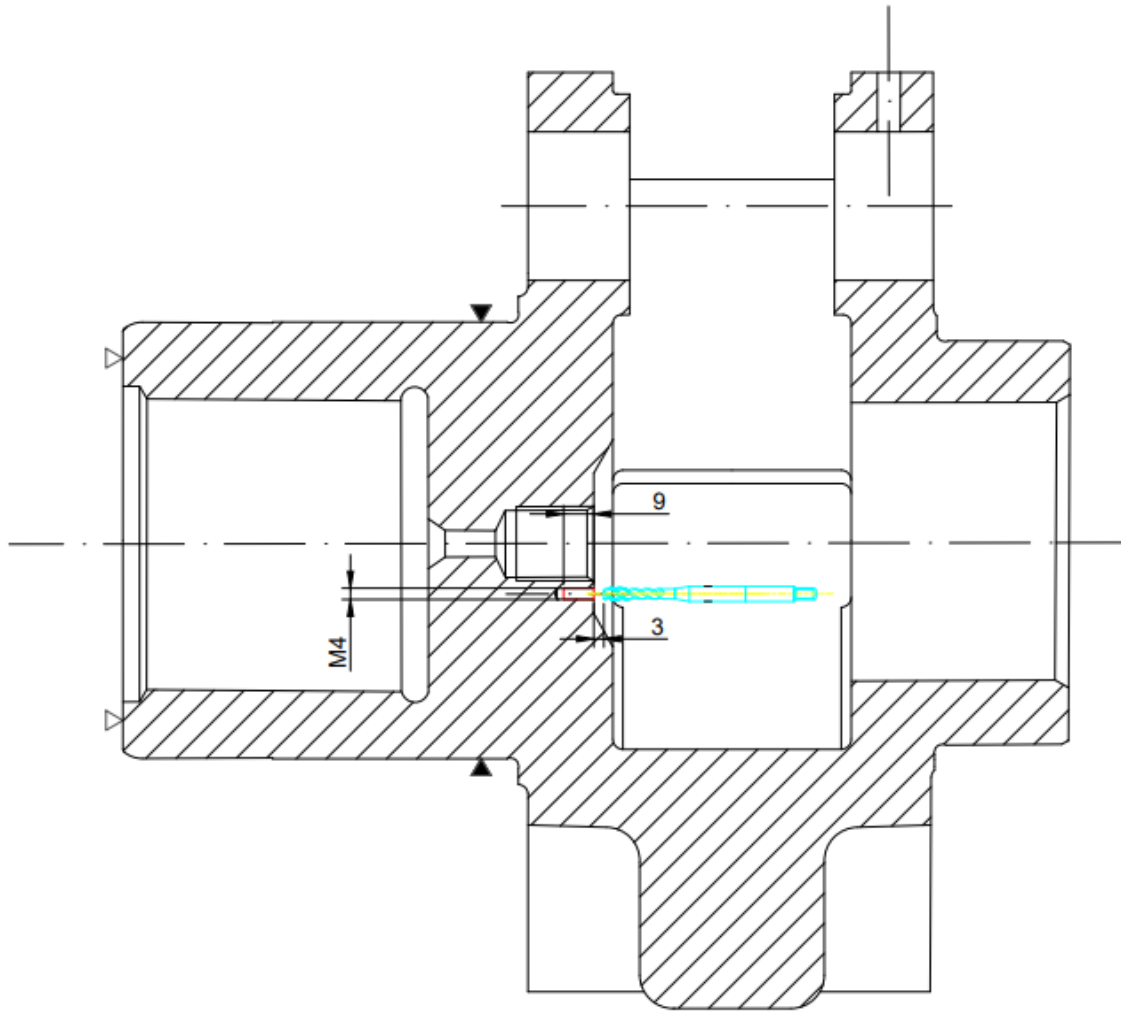
$$\text{Put kretanja alata: } L = l + l_1 + l_2 = 11 + 3 + 0 = 14 \text{ mm}$$

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

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

ZAHVAT 17: Urezivanje navoja M4

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



Slika 5.37 Operacija 20 - zahvat 17

Režimi rada:

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

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

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

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

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

ZAHVAT 18: Otpuštanje i odlaganje izratka

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

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

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

$\phi 129,5h10$

$\phi 130m6$

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

M4

M8

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

M22x1,5

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

5.2.2.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 20

Sva vremena:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.3 Operacija 30: Izraditi unutarnje ozubljenje

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

Pripremno – završno vrijeme je 30 minuta.



Slika 5.38 LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear odvalna dubilica

Tehničke pojedinosti i dimenzije stroja:

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

ZAHVAT 1: Podizanje i stezanje obratka

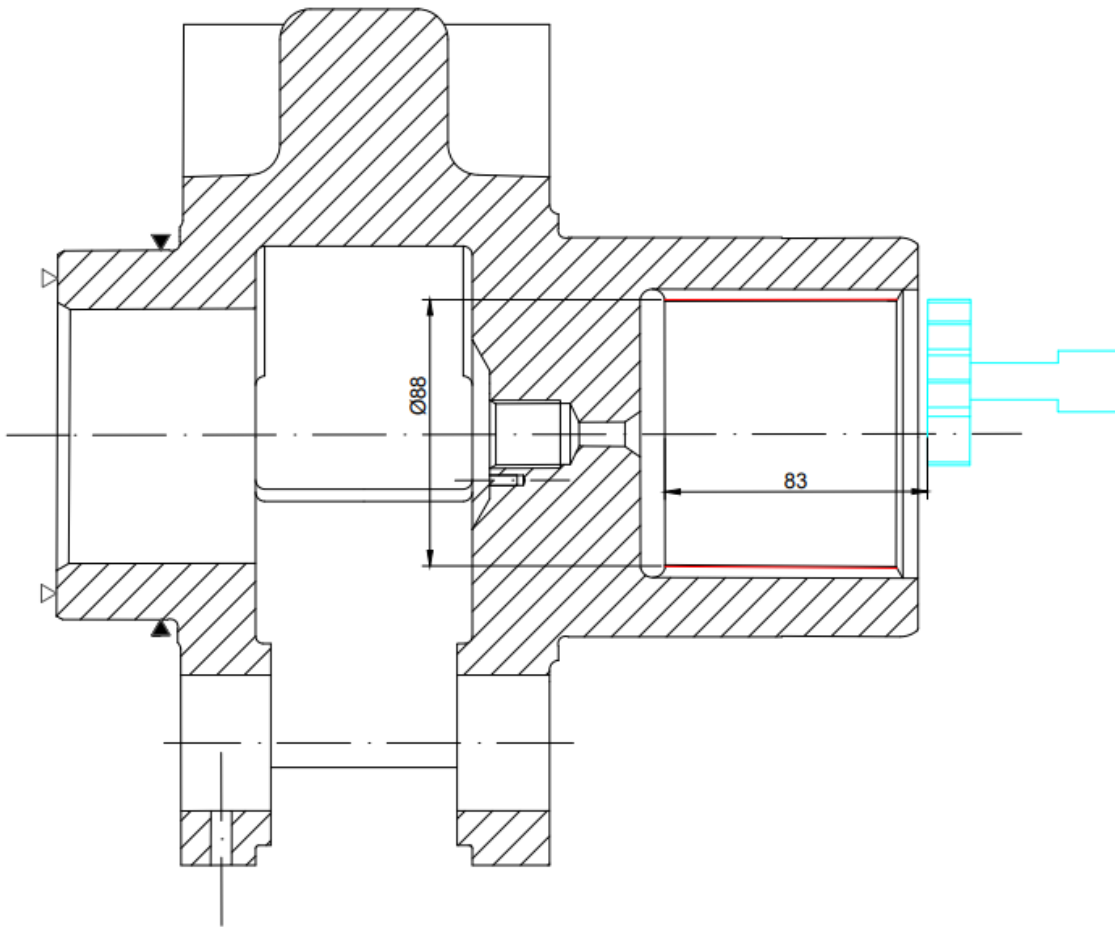
Ručno vrijeme:

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

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja izratka.

ZAHVAT 2: Izrada unutarnjeg ozubljenja

- Alat: odvalno glodalo za izradu zupčanika



Slika 5.39 Operacija 30 - zahvat 2

Režimi obrade:

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

Put alata:

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

Broj dvostrukih hodova alata:

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

Radijalni posmak:

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

Strojno vrijeme:

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

Strojno pomoćno vrijeme:

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

ZAHVAT 3: Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:

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

ZAHVAT 4: Kontroliranje dimenzija ozubljenja

- Alat: Mikrometar za unutarnje mjerenje „Insize“

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

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

5.2.3.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 30

Sva vremena:

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.4 Operacija 40: Indukciono kaliti označene dijelove obratka

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

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



Slika 5.40 AICHELIN CETUS peć za indukcijsko kaljenje

Osnovna oprema stroja uključuje:

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

ZAHVAT 1: Podizanje i ubacivanje izratka u peć

Ručno vrijeme:

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

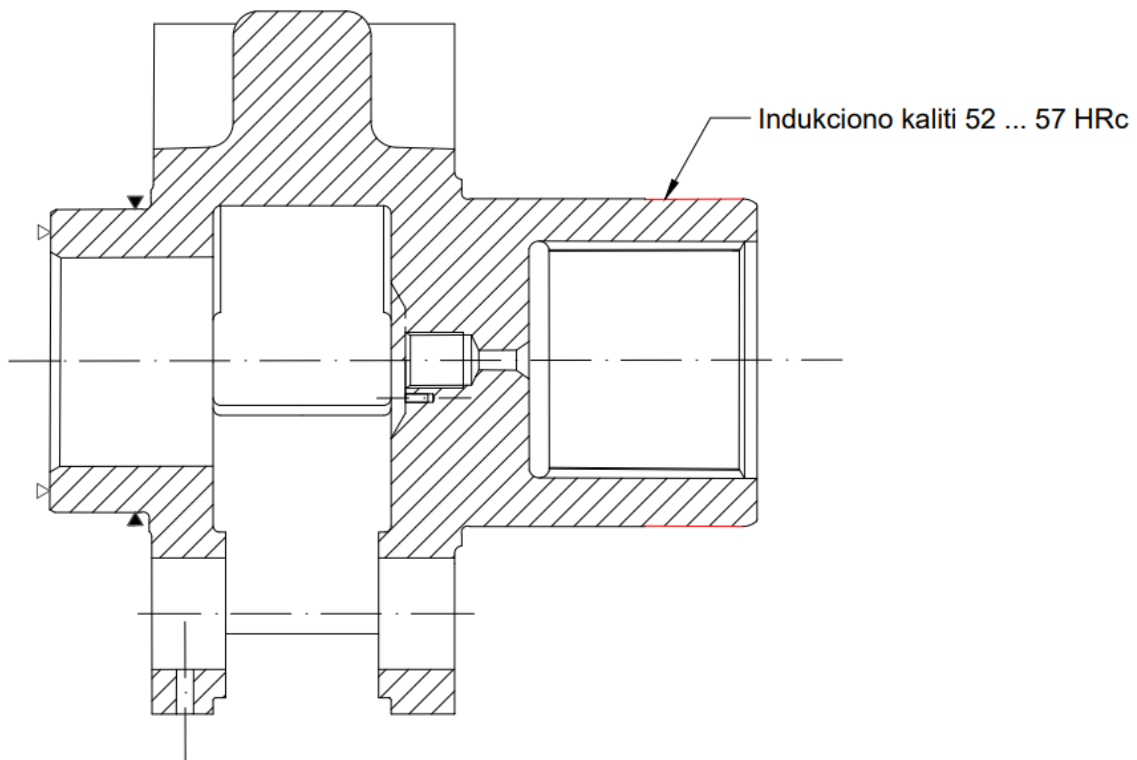
Ručno vrijeme sastoji se od podizanja te namještanja u peć.

Strojno pomoćno vrijeme:

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

ZAHVAT 2: Indukciono kaljenje zadane površine

- Alat: induktor



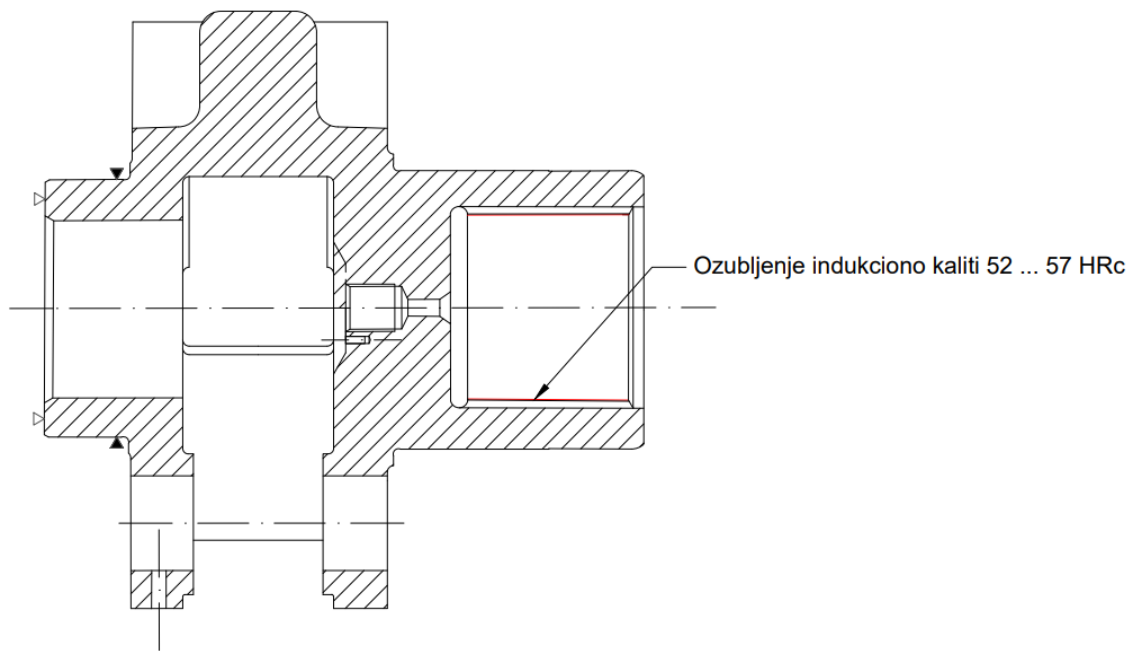
Slika 5.41 Operacija 40 - zahvat 2

Vrijeme kaljenja:

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

ZAHVAT 3: Indukciono kaljenje unutarnjeg ozubljenja

- Alat: induktor



Slika 5.42 Operacija 40 - zahvat 3

Vrijeme kaljenja:

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

ZAHVAT 4: Uzimanje izratka iz peći i njegovo odlaganje

Ručno vrijeme:

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

ZAHVAT 5: Kontroliranje tvrdoće izratka

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



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

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

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

5.2.4.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 40

Sva vremena:

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

- zahvat 5 → 1 min (ručno)

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

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

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

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

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

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

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

5.2.5 Operacija 50: Brusiti (prvu stranu)

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

Pripremno – završno vrijeme je 40 minuta.



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

Radni raspon brusilice:

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

Brusno vreteno:

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

ZAHVAT 1: Podizanje i stezanje obratka

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

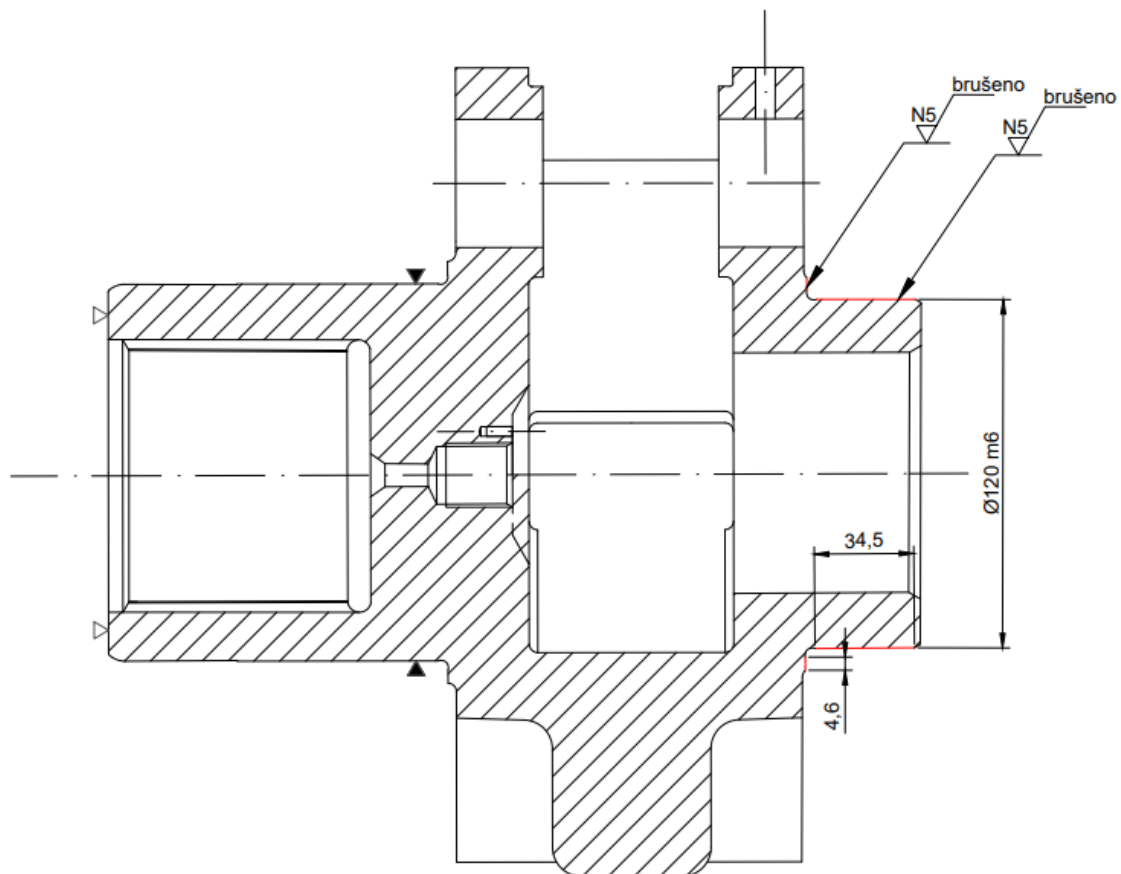
Ručno vrijeme:

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

Ručno vrijeme sastoji se od podizanja i stezanja obratka.

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

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



Slika 5.45 Operacija 50 - zahvat 2

Režimi obrade:

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

Broj okretaja izratka:

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

Broj okretaja brusnog kola:

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

Strojno vrijeme:

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

Strojno pomoćno vrijeme:

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

ZAHVAT 3: Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:

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

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

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

(Slika 5.46)



Slika 5.46 Mikrometar - vanjski, s izmjenjivim ticalom

Provjera dimenzije: $\phi 120m6$

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

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

5.2.5.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 50

Sva vremena:

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.6 Operacija 60: Brusiti i polirati (drugu stranu)

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

Pripremno – završno vrijeme je 40 minuta.

ZAHVAT 1: Podizanje i stezanje obratka

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

Ručno vrijeme:

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

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

Broj okretaja brusnog kola:

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

Strojno vrijeme:

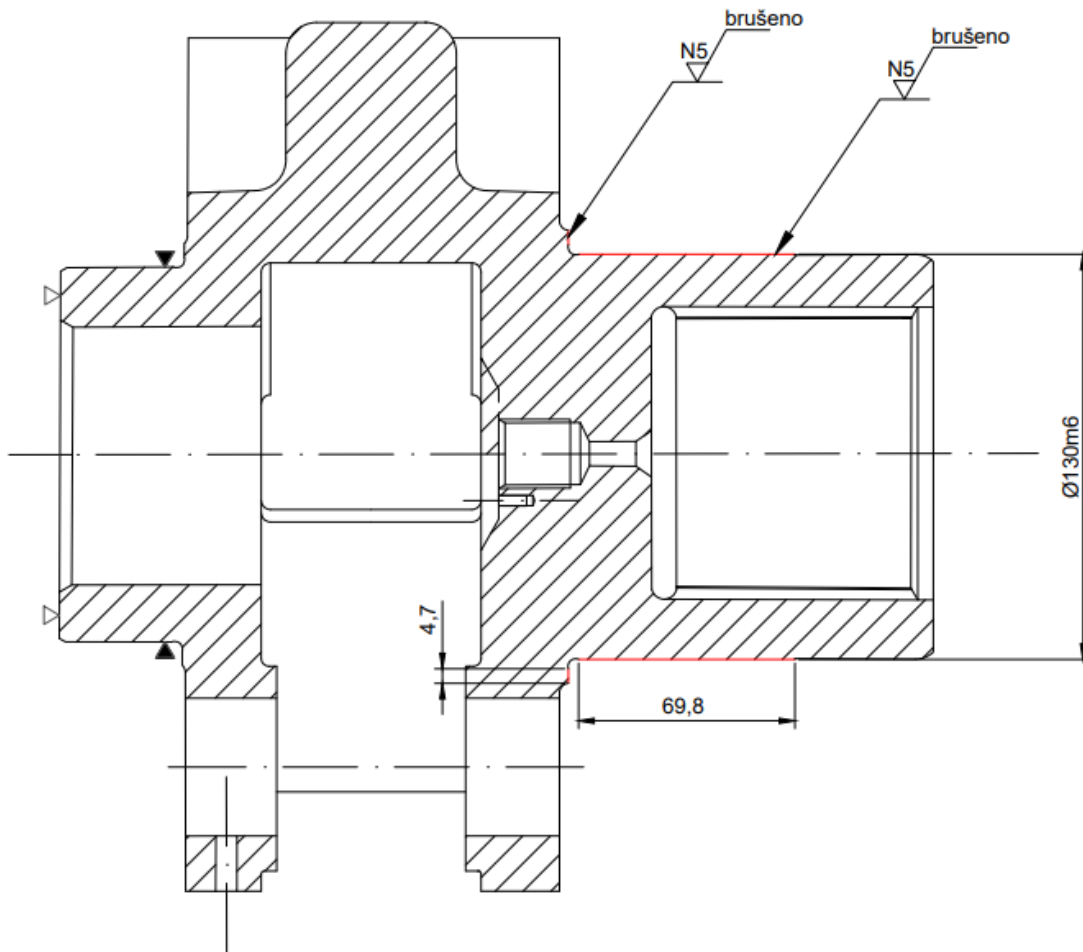
$$t_{st} = \frac{a_p}{n_0 * s_r} = \frac{0,2}{24 * 0,01} = 0,8 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:

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

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

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



Slika 5.48 Operacija 60 - zahvat 3

Režimi obrade:

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

Broj okretaja izratka:

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

Broj okretaja brusnog kola:

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

Aksijalni posmak:

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

Broj prolaza:

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

Strojno vrijeme:

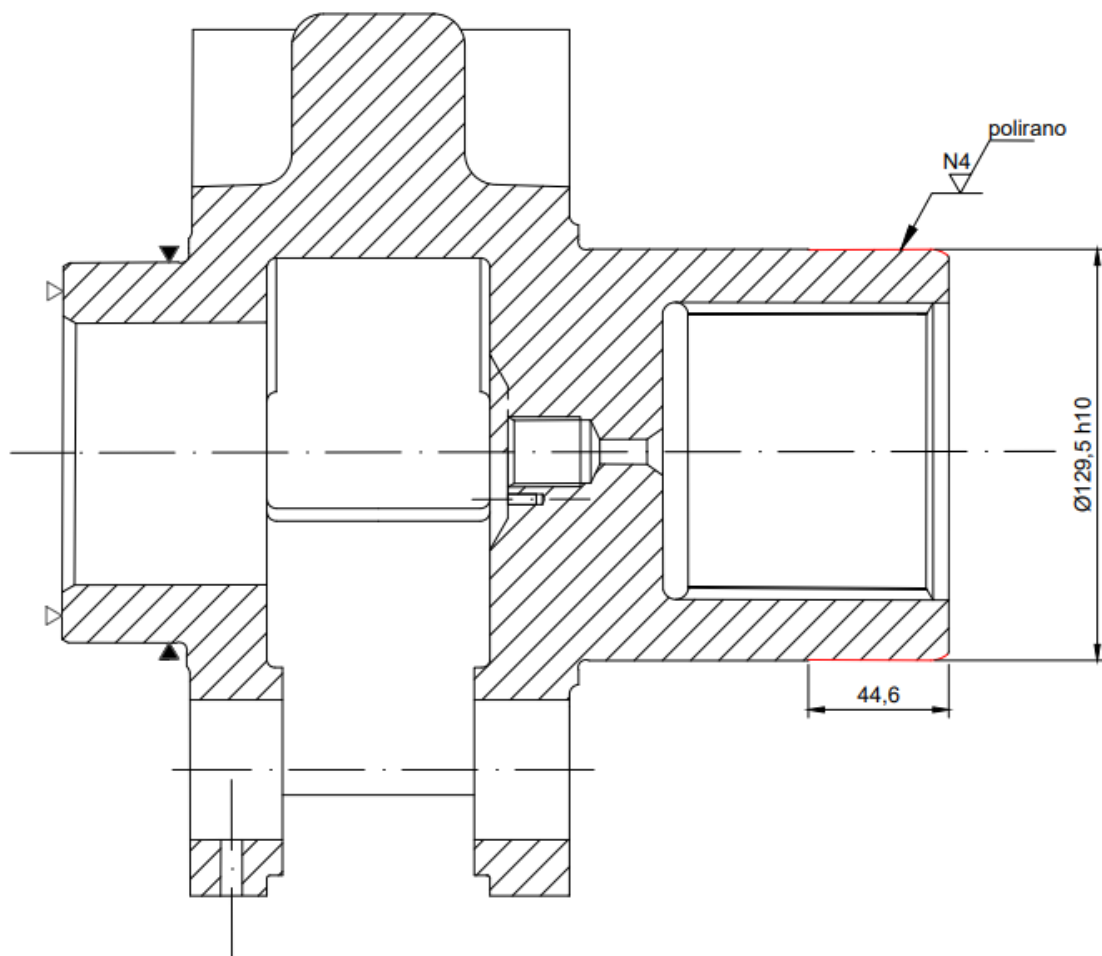
$$t_{st} = \frac{i * L_{uk}}{n_0 * s_a} = \frac{10 * 75}{37 * 16} = 1,27 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme:

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

ZAHVAT 4: Poliranje označenih površina

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



Slika 5.49 Operacija 60 - zahvat 4

Vrijeme poliranja:

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

ZAHVAT 5: Otpuštanje i odlaganje izratka

Ručno vrijeme:

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

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

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

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

Kontrolira se svaki 5. izradak

Ručno vrijeme:

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

5.2.6.1 Ukupno vrijeme trajanja operacije 60

Sva vremena:

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

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

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

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

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

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

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

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

5.3 Ukupno vrijeme trajanja tehnološkog procesa

Ukupno strojno vrijeme:

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

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

Ukupno ručno vrijeme:

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

Ukupno vrijeme izrade:

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

Ukupno dodatno vrijeme:

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

Ukupno vrijeme svih operacija:

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

6. SIMULACIJA PROCESA OBRADE U PROGRAMU MASTERCAM

6.1 Općenito o Mastercamu

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

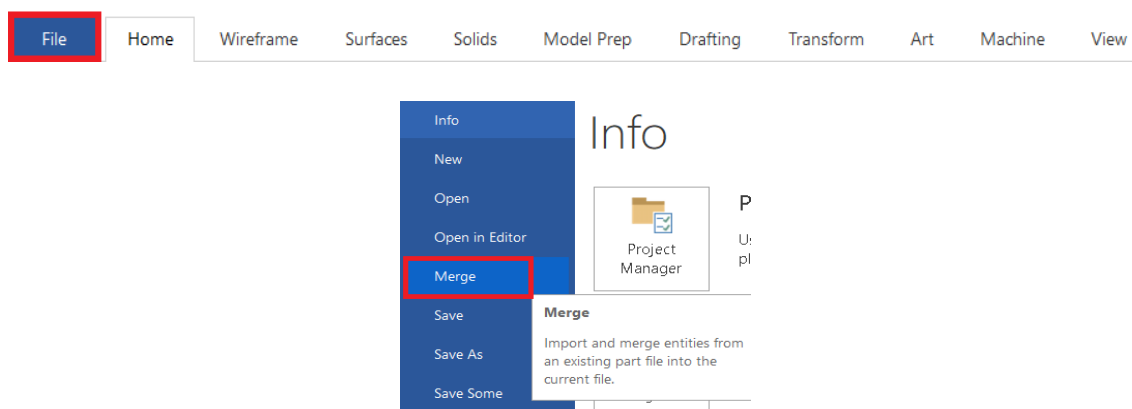
U području strojarstva omogućuje dizajniranje i proizvodnju dijelova uz korištenje sofisticirane tehnologije upravljanja alatom. *Mastercam* je započeo kao 2D CAM sustav s CAD alatima koji strojarima omogućuju dizajniranje virtualnih dijelova na ekranu računala, a također su vođeni računalno numerički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

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

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

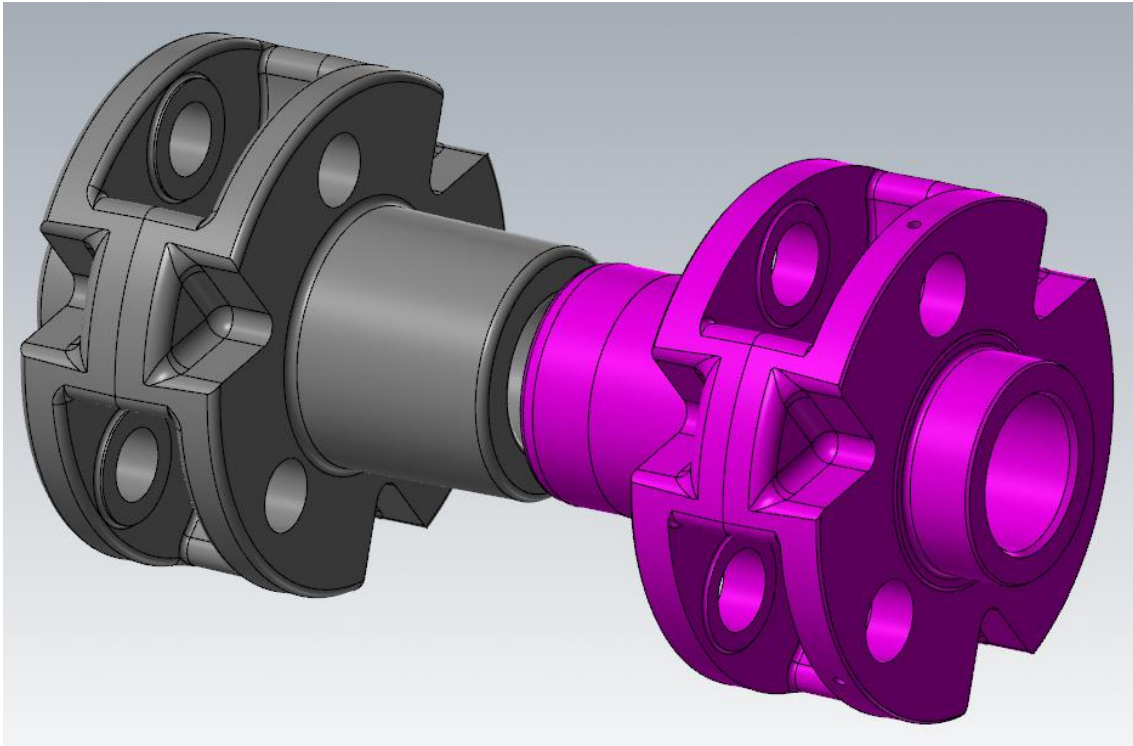
6.2 Učitavanje modela u Mastercam

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



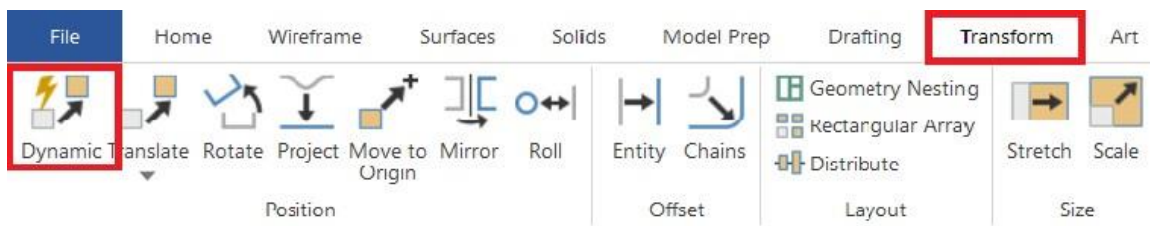
Slika 6.1 Naredba za učitavanje 3D modela poluproizvoda zajedno sa modelom gotovog proizvoda

Modeli su prethodno izrađeni u programskom paketu *Solidworks*.



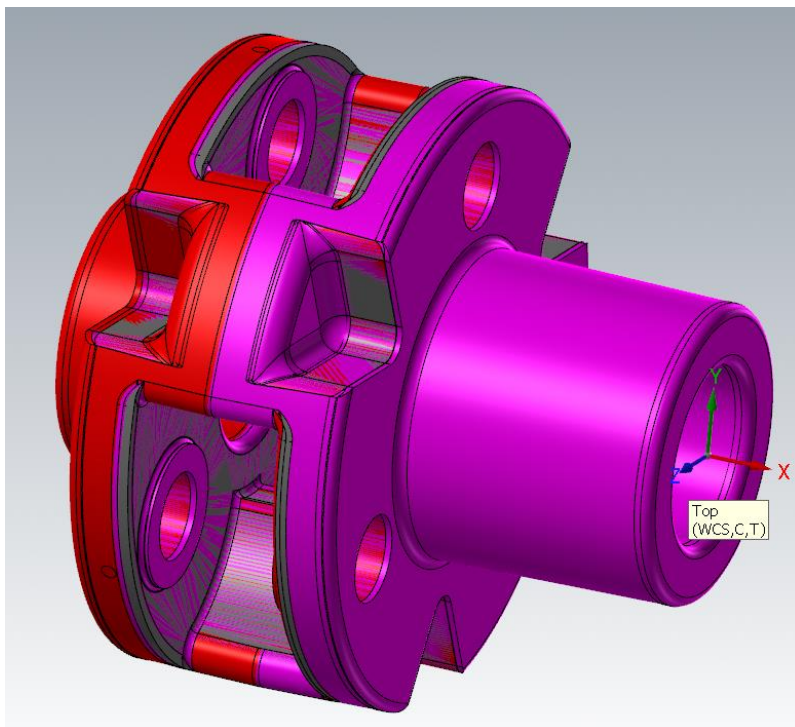
Slika 6.2 3D model poluproizvoda (sirovca) i gotovog proizvoda u Mastercamu

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



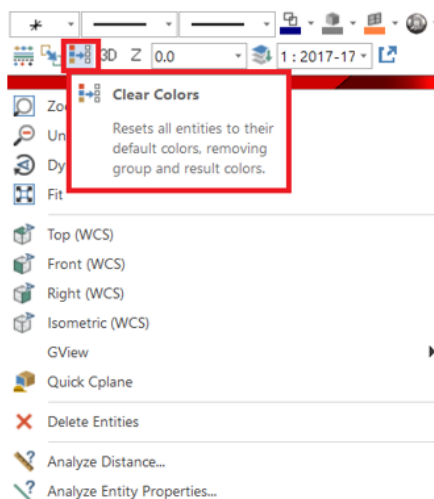
Slika 6.3 Naredba za definiranje nul-točke

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



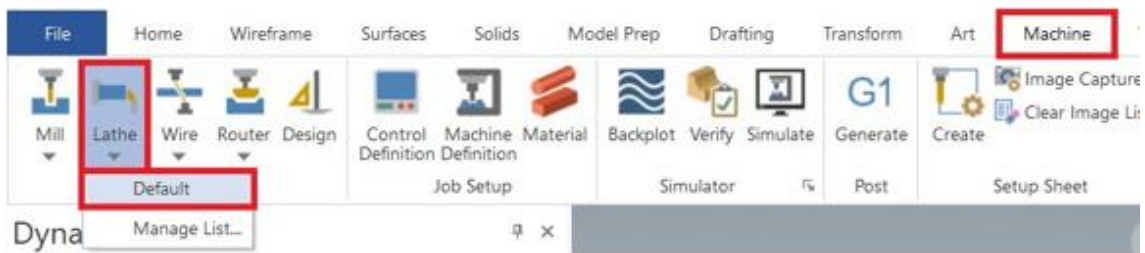
Slika 6.4 Preklapanje modela i postavljanje koordinatnog sustava

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



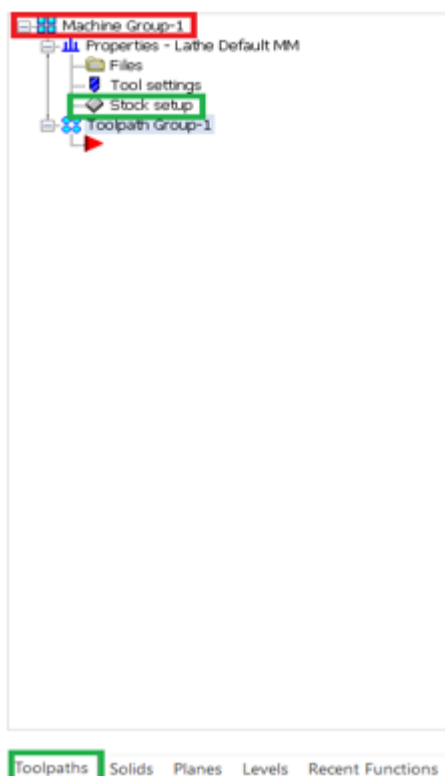
Slika 6.5 Mijenjanje boje modela

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



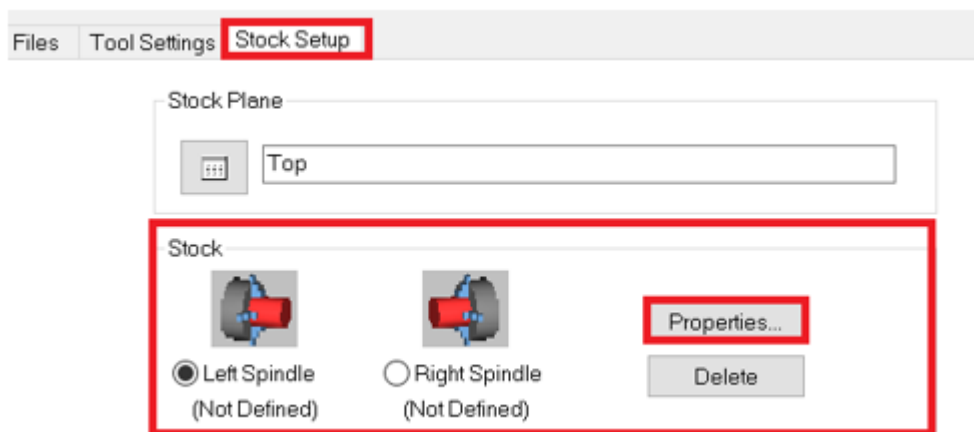
Slika 6.6 Prikaz naredbe potrebne za definiranje materijala izratka

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



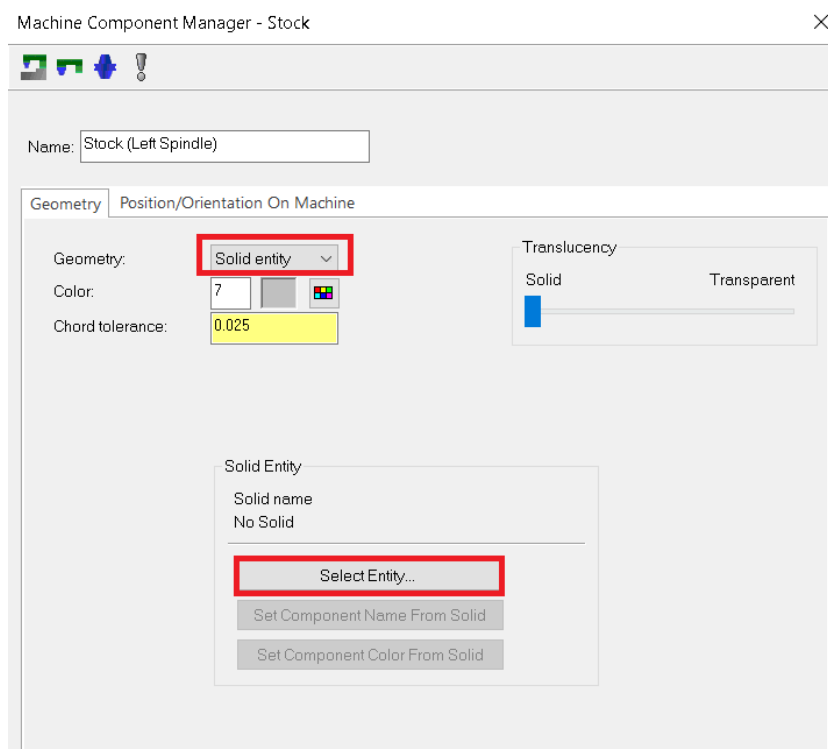
Slika 6.7 Otvaranje naredbe za odabir sirovca

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



Slika 6.8 Postavke za odabir sirovca

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



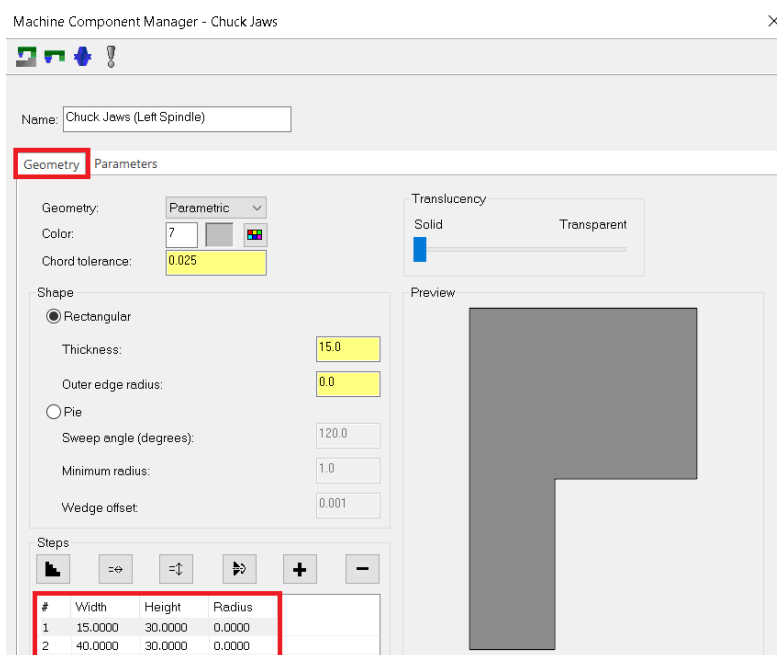
Slika 6.9 Odabir odljevka za sirovac

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

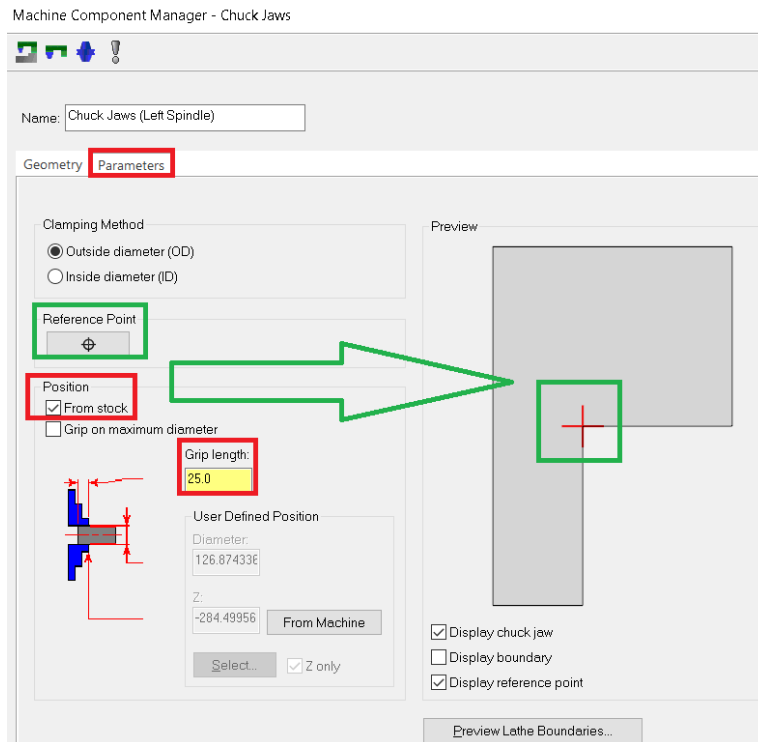


Slika 6.10 Naredba za definiranje čeljusti

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



Slika 6.11 Odabir načina stezanja



Slika 6.12 Odabir referentne točke i određivanje dužine zahvata

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



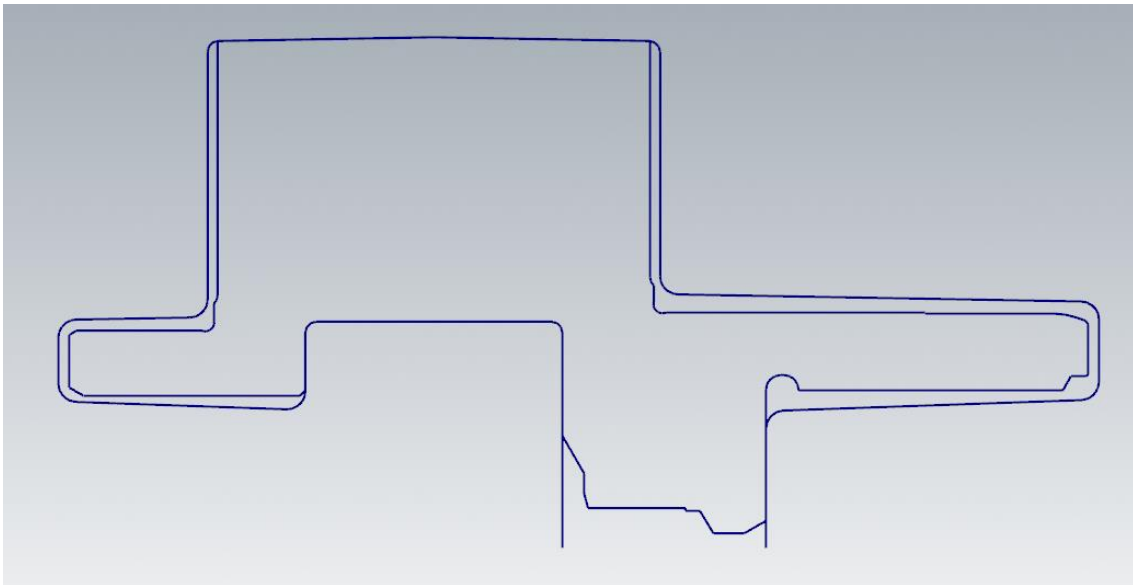
Slika 6.13 Uključivanje *Shade boundaries*

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



Slika 6.14 Naredba za prikaz konture

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



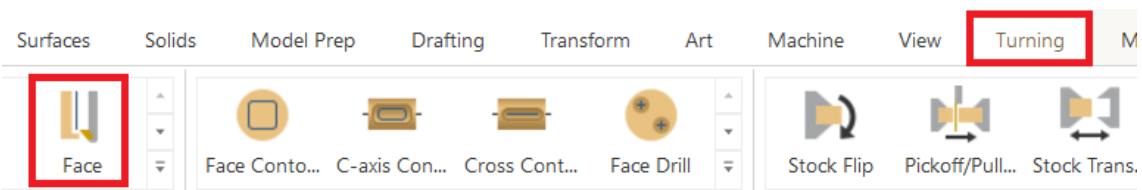
Slika 6.15 Prikaz dobivene konture

6.3 Razrada operacija

6.3.1 Operacija 10

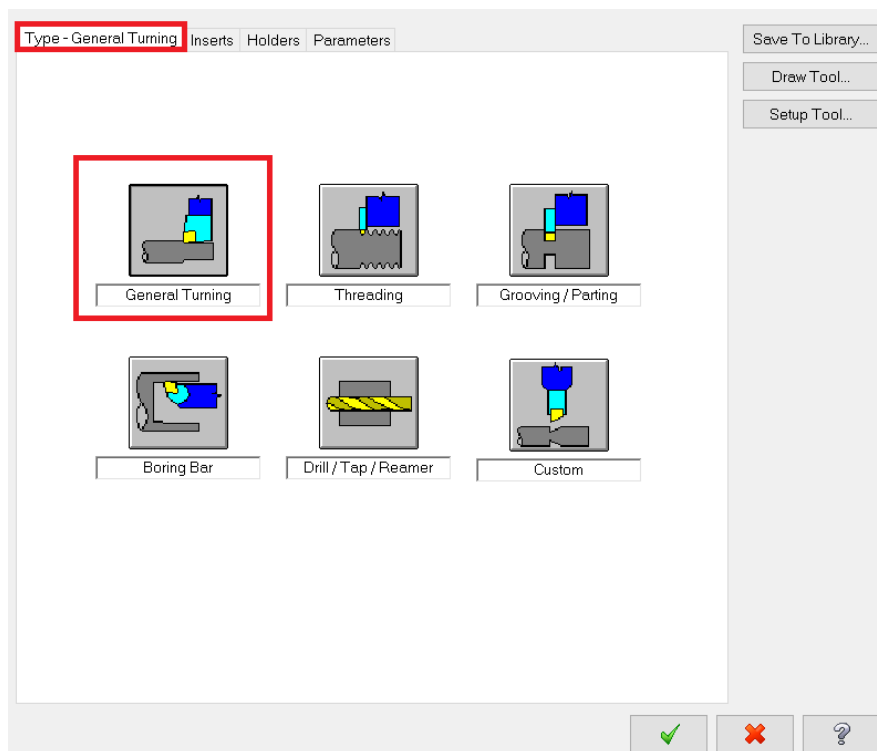
ZAHVAT 2: Poravnanje čela (čeono tokarenje) na mjeru $\phi 136$ mm

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



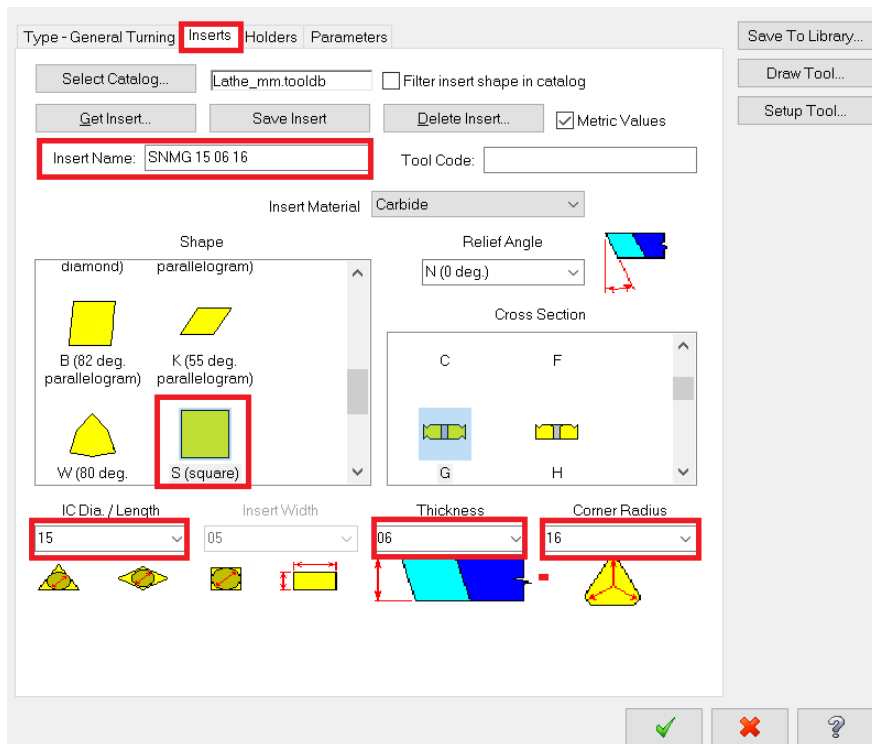
Slika 6.16 Odabir naredbe za poravnanje čela

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

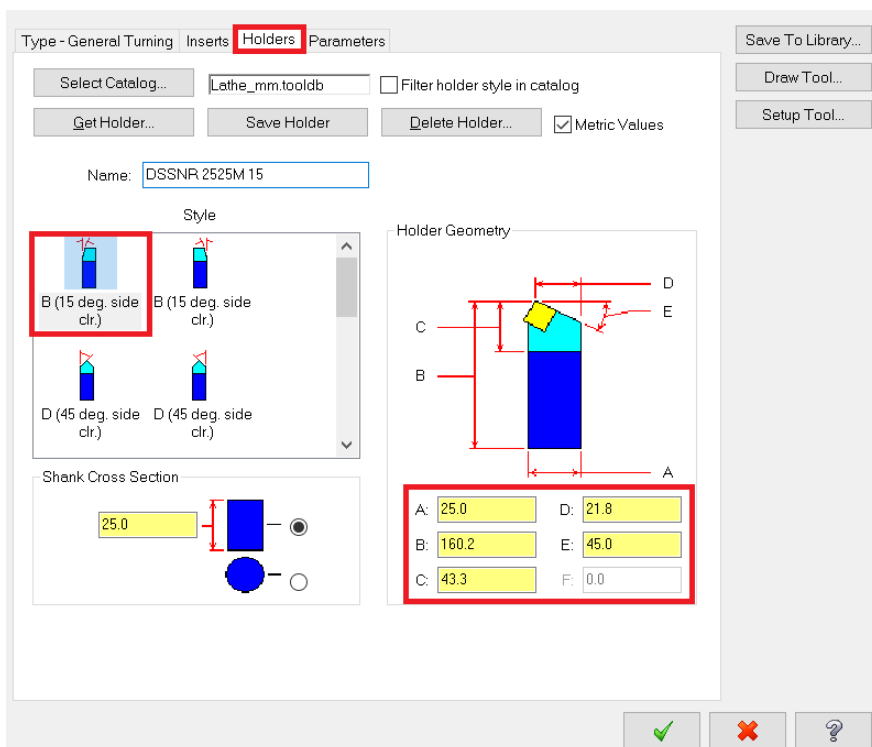


Slika 6.17 Odabir tipa tokarenja

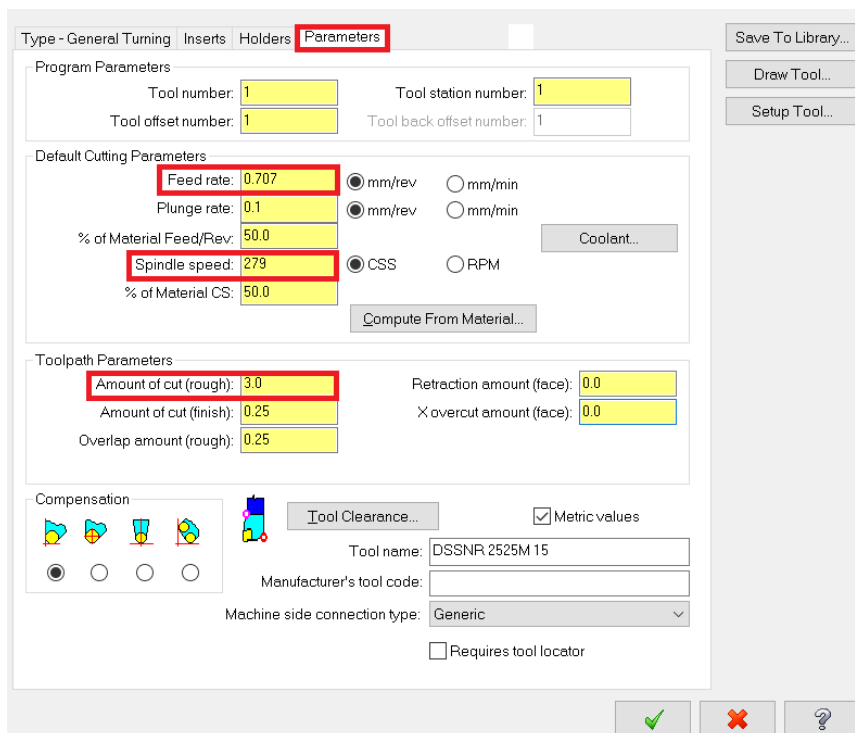
Pod *Inserts* (Slika 6.18) određujemo oblik i veličinu rezne pločice, pod *Holders* (Slika 6.19) postavljamo geometriju alata, a pod *parameters* (Slika 6.20) zadajemo režime obrade koje smo očitali iz *Sandvika*, *Iscara* ili nekog drugog kataloga.



Slika 6.18 Određivanje oblika i veličine rezne pločice

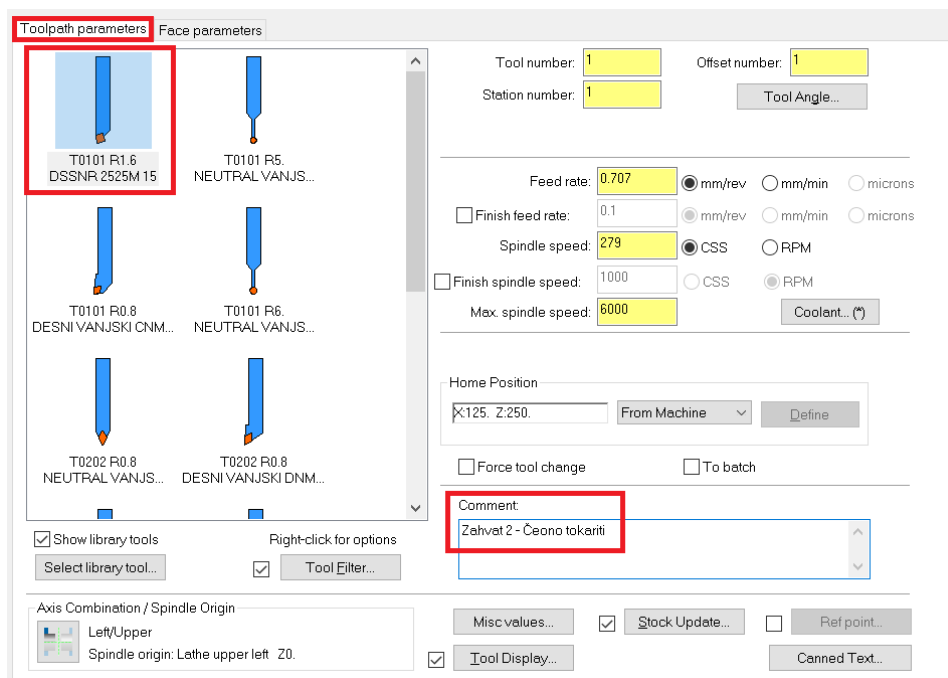


Slika 6.19 Određivanje geometrije alata



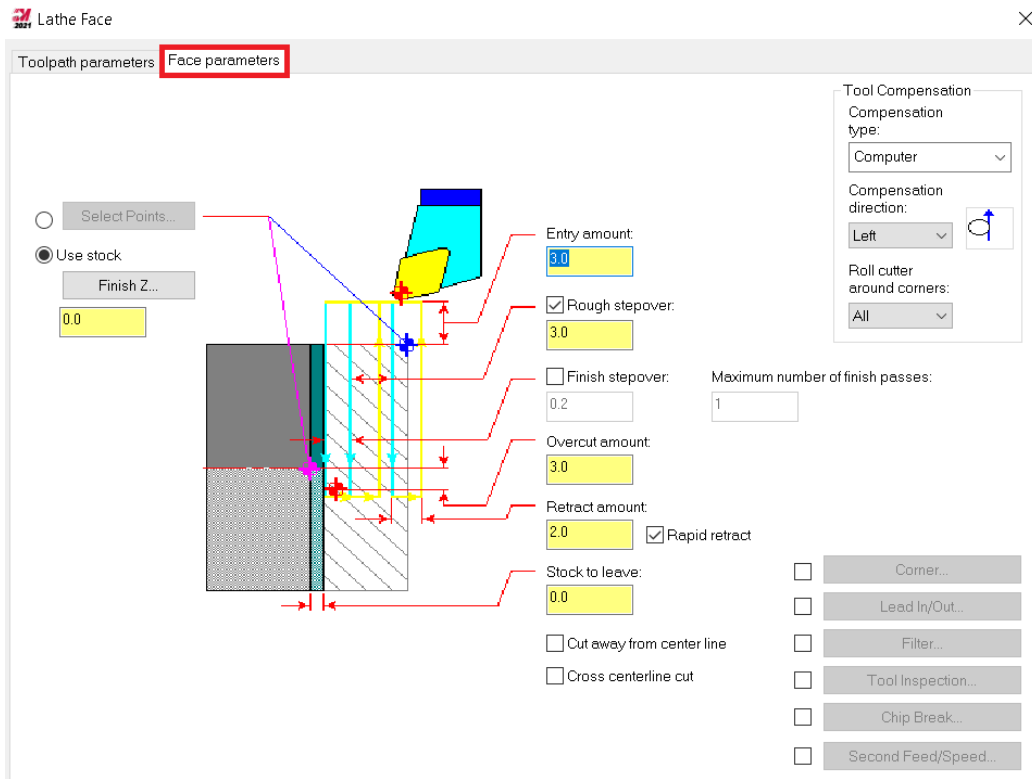
Slika 6.20 Upisivanje režima obrade za odabrani alat

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



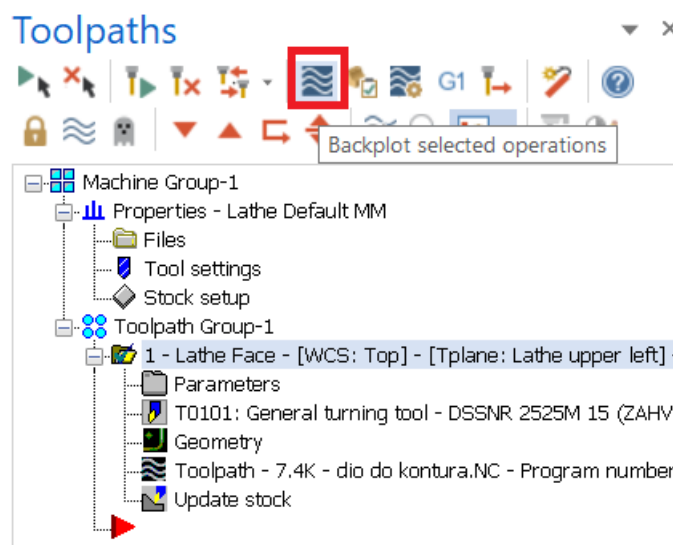
Slika 6.21 Odabrani alat i naziv zahvata

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



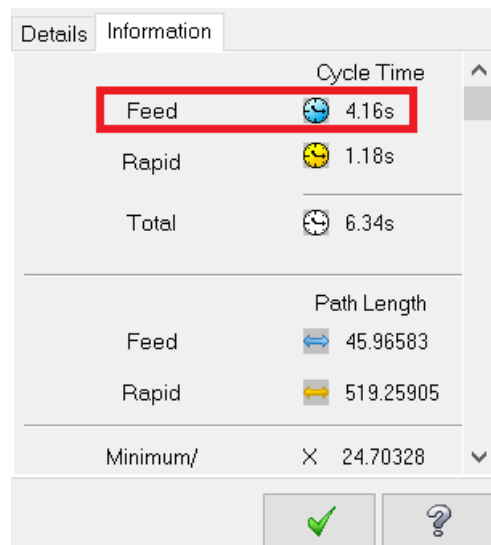
Slika 6.22 Određivanje parametara obrade za drugi zahvat

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



Slika 6.23 Odabir naredbe za određivanje trajanja zahvata

Na slici 6.24 prikazano je vrijeme trajanja drugog zahvata.



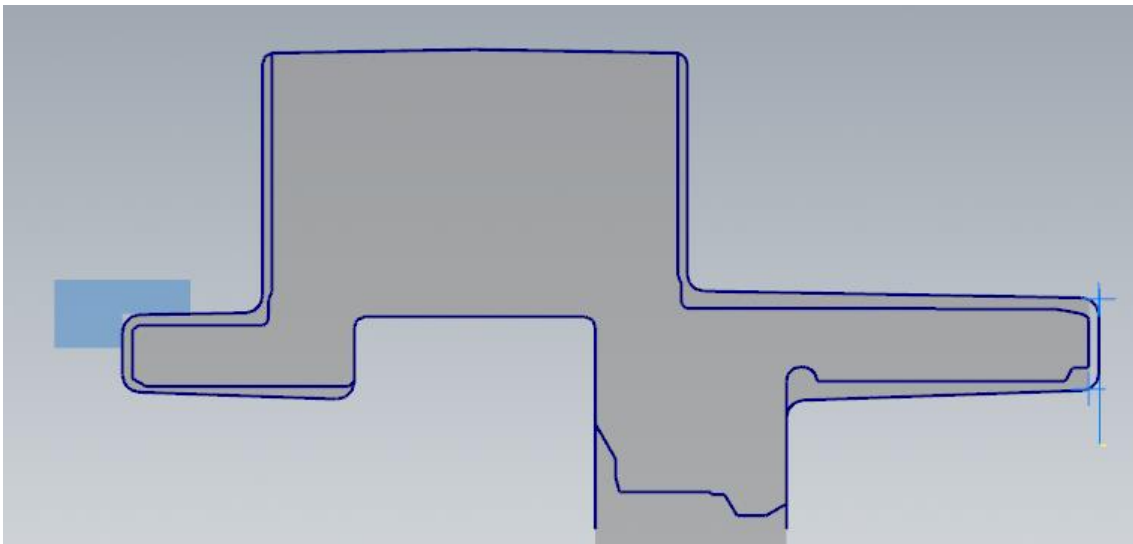
| Cycle Time | |
|------------|-------|
| Feed | 4.16s |
| Rapid | 1.18s |
| Total | 6.34s |

| Path Length | |
|-------------|-----------|
| Feed | 45.96583 |
| Rapid | 519.25905 |
| Minimum/ | 24.70328 |

Slika 6.24 Vrijeme trajanja drugog zahvata

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

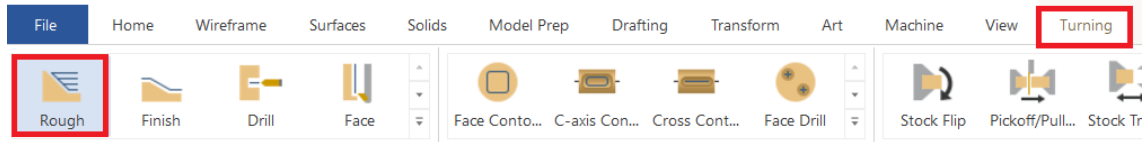
Na sljedećoj slici (Slika 6.25) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon drugog zahvata.



Slika 6.25 Izgled obratka nakon drugog zahvata

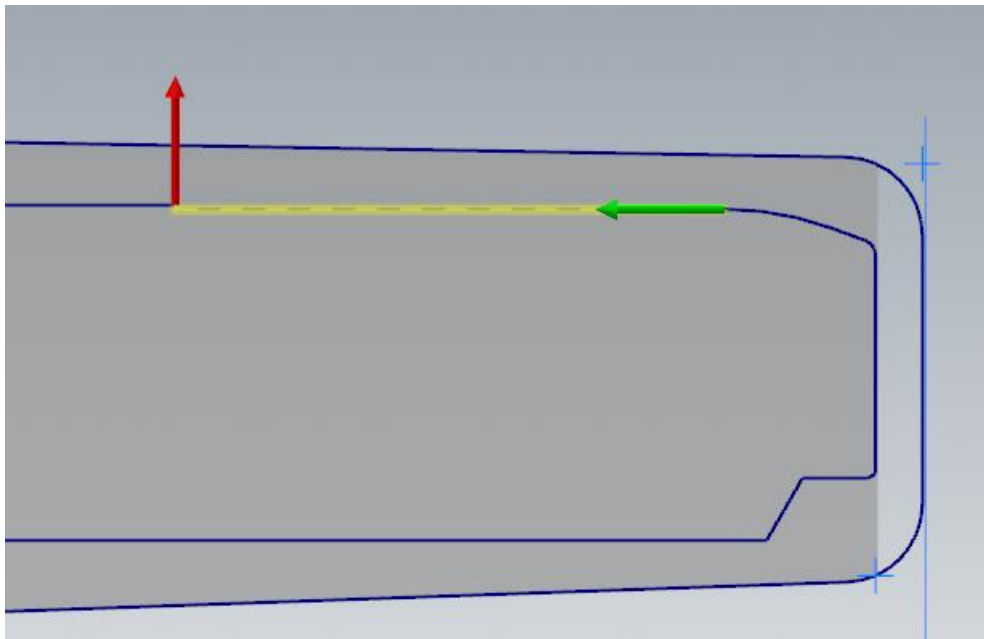
ZAHVAT 3: Uzdužno tokarenje na mjeru $\phi 130,1$ mm

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



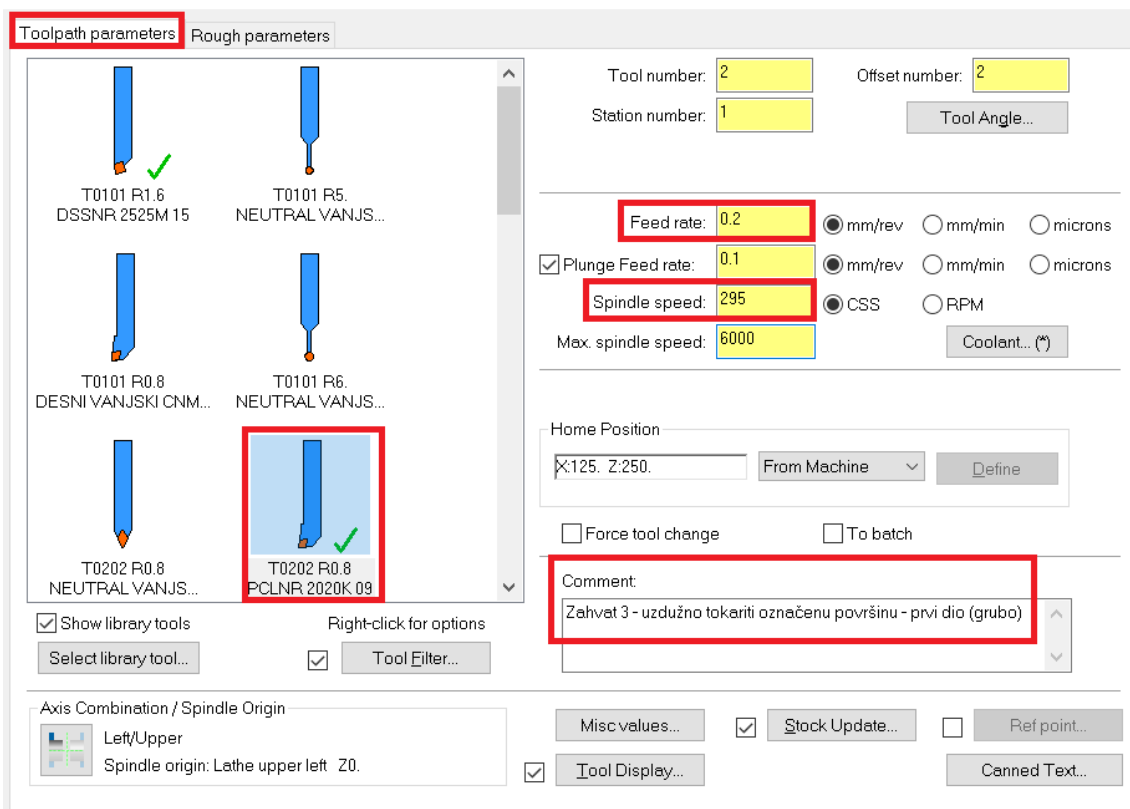
Slika 6.26 Odabir naredbe za uzdužno tokarenje (grubo)

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



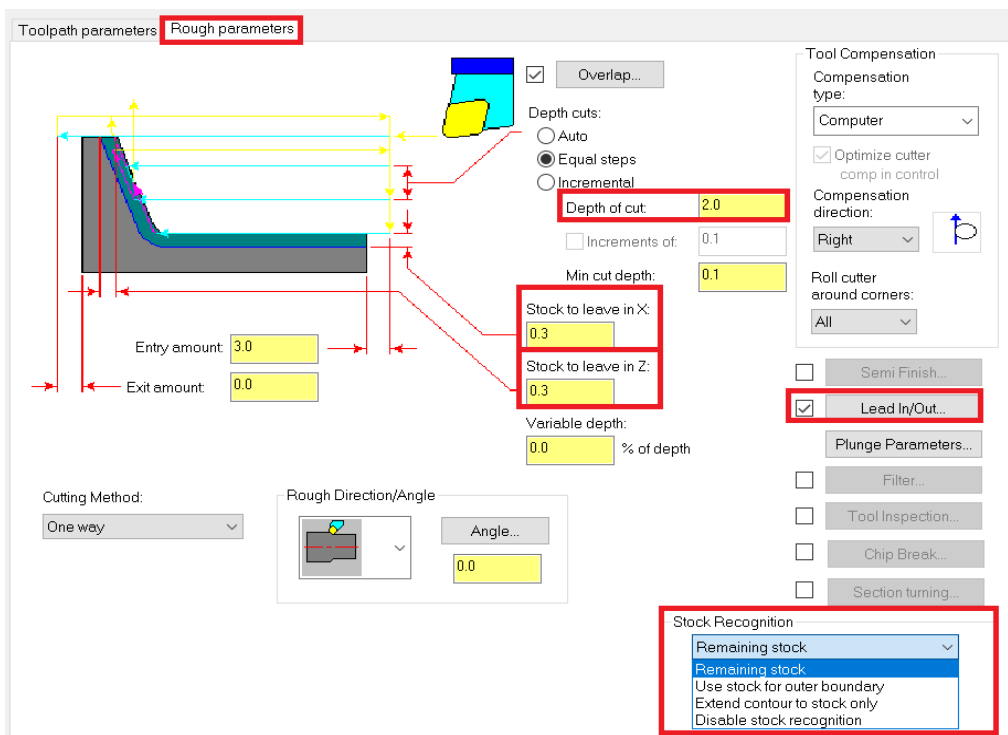
Slika 6.27 Smjer kretanja alata za treći zahvat

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



Slika 6.28 Odabir alata i režimi rada za treći zahvat

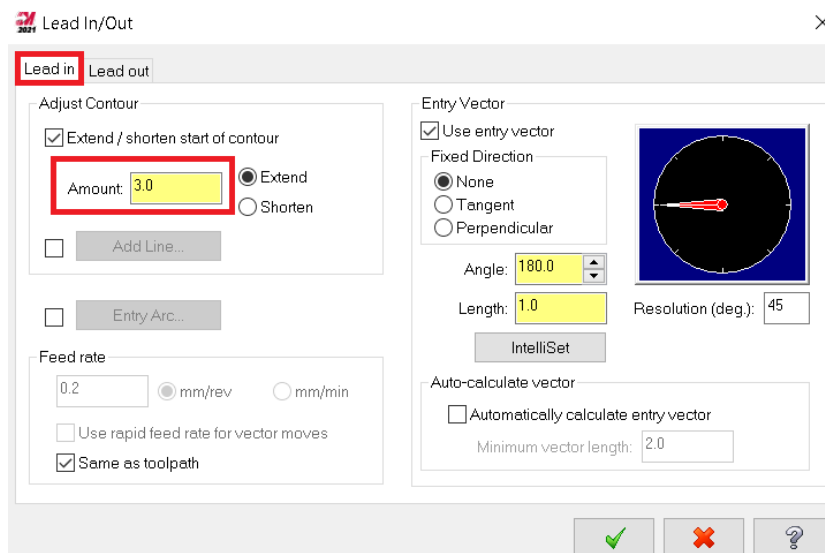
U kartici *Rough parameters* potrebno je postaviti *Stock to leave in X* i *Stock to leave in Z* na 0.3 jer se radi o gruboj obradi. Za dubinu rezanja obabiremo 2 kako je zadano u režimima obrade (Slika 6.29).



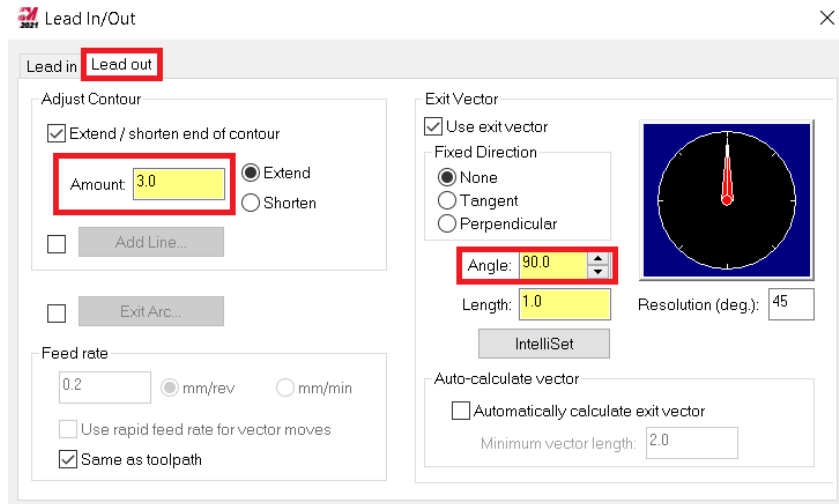
Slika 6.29 Određivanje parametara obrade za treći zahvat

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

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



Slika 6.30 Uključivanje ulaza alata



Slika 6.31 Uključivanje izlaza alata

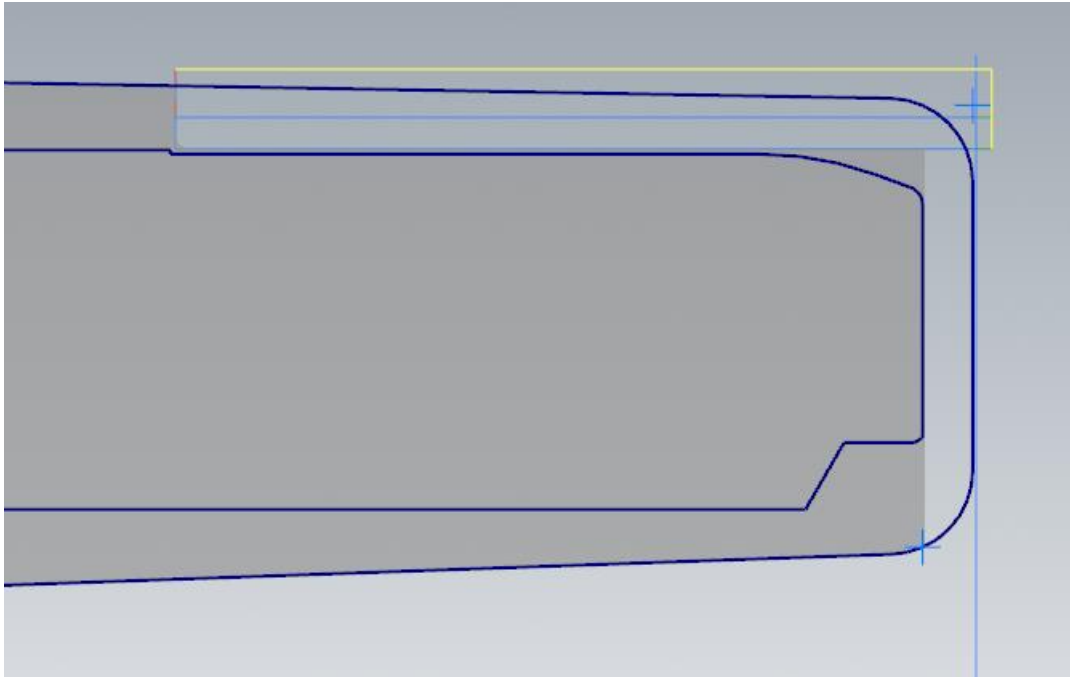
Na slici 6.32 prikazano je vrijeme trajanja trećeg zahvata.

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

Slika 6.32 Vrijeme trajanja trećeg zahvata

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

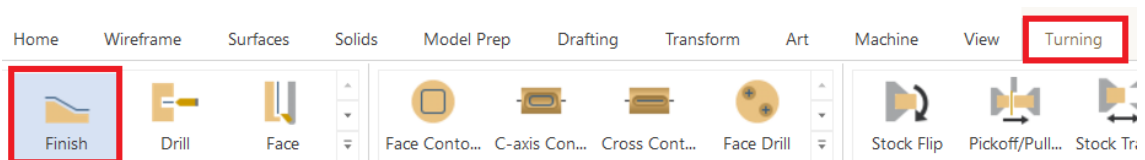
Na sljedećoj slici (Slika 6.33) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon trećeg zahvata.



Slika 6.33 Izgled obratka nakon trećeg zahvata

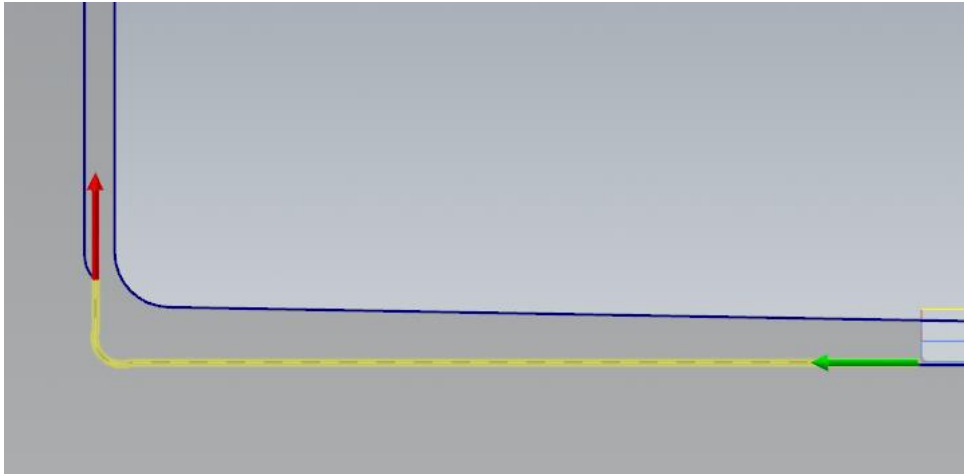
ZAHVAT 4: Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

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



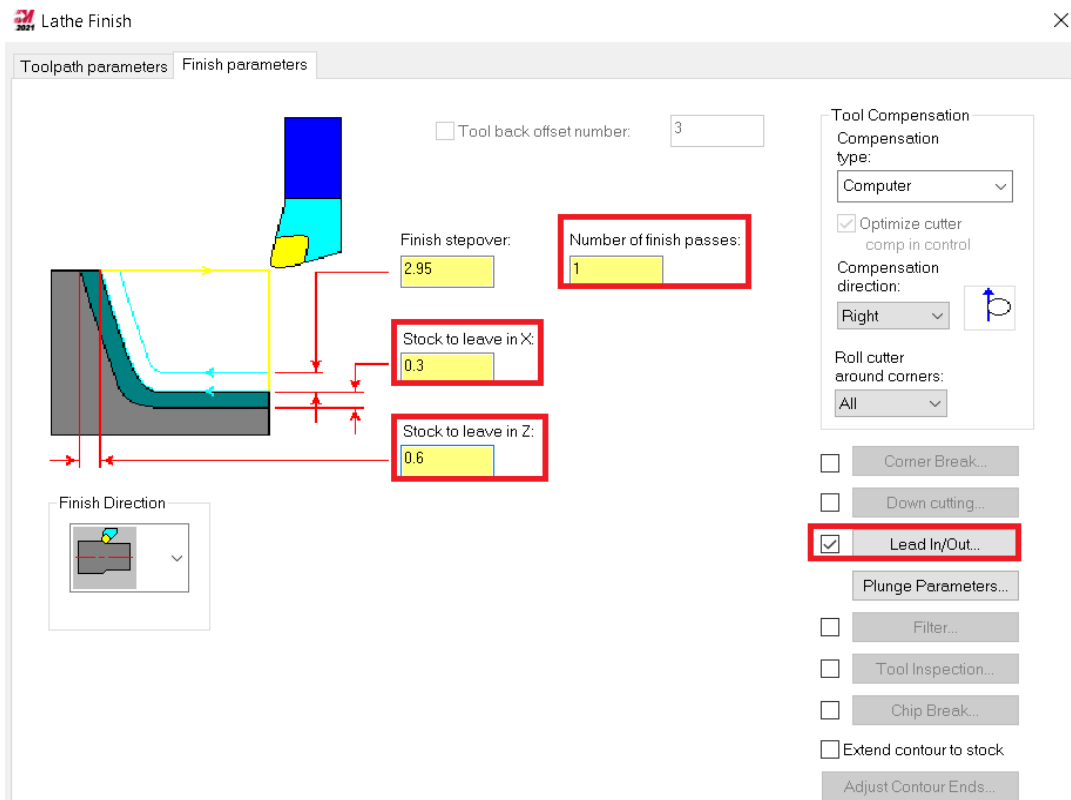
Slika 6.34 Odabir naredbe za konturno tokarenje

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



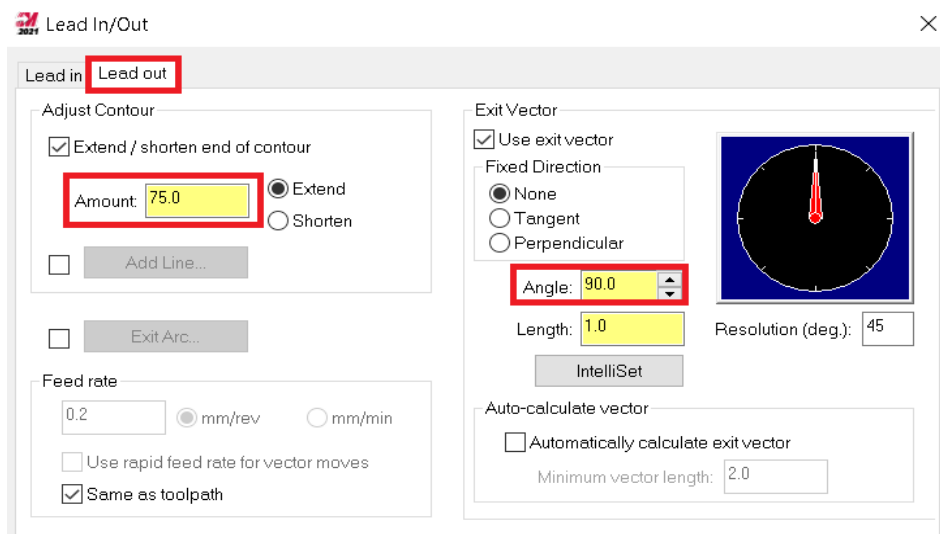
Slika 6.35 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat

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



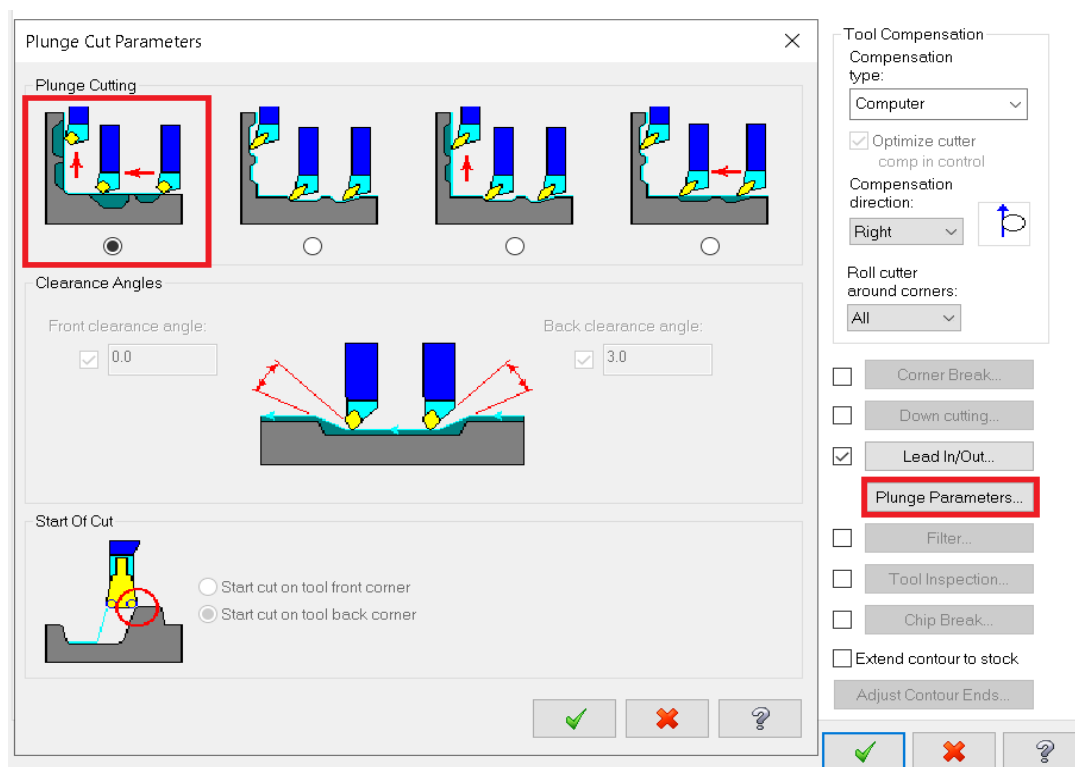
Slika 6.36 Parametri obrade za četvrti zahvat

Potrebno je uključiti izlaz alata (Slika 6.37).



Slika 6.37 Uključivanje izlaza alata

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



Slika 6.38 Nema poniranja alata prilikom tokarenja

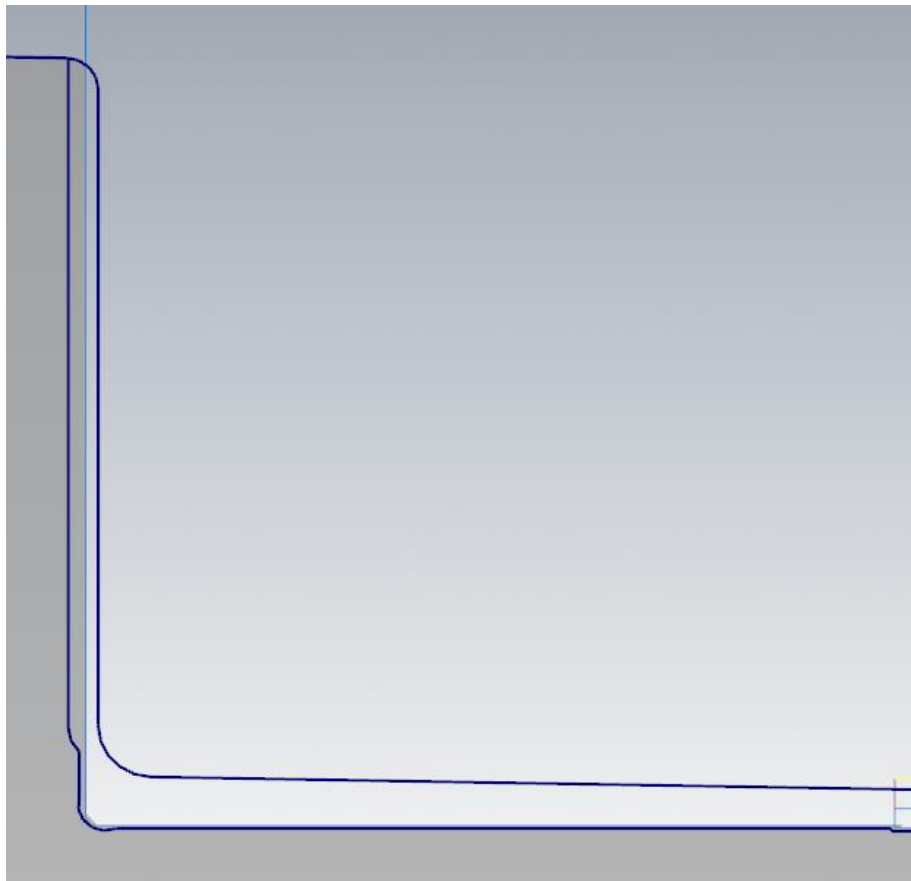
Na slici 6.39 prikazano je vrijeme trajanja četvrtog zahvata.

| Details | | Information | |
|---------|--|-------------|--|
| | | Cycle Time | |
| Feed | | 1m:28.21s | |
| Rapid | | 1.59s | |
| Total | | 1m:30.80s | |

Slika 6.39 Vrijeme trajanja četvrtoq zahvata

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

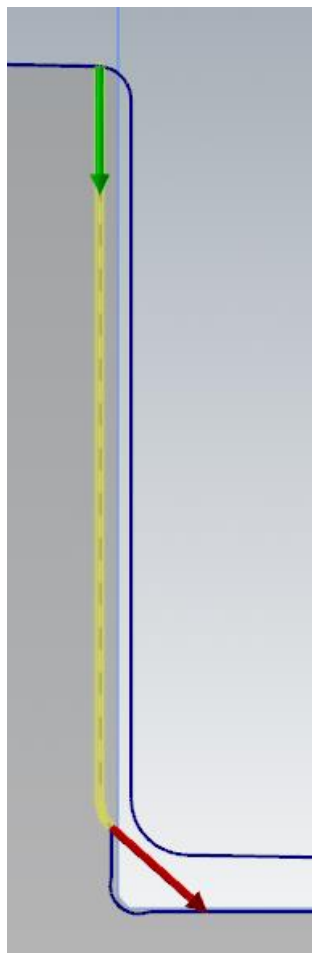
Na sljedećoj slici (Slika 6.40) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon četvrtoq zahvata.



Slika 6.40 Izgled obratka nakon četvrtoq zahvata

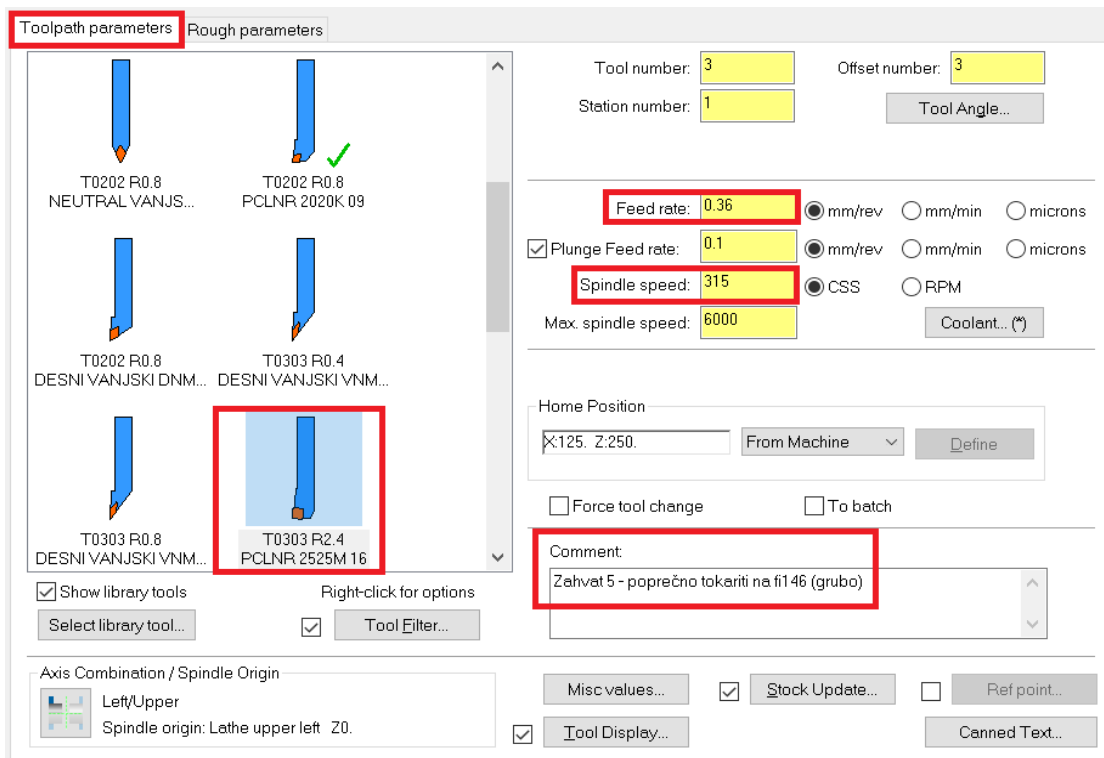
ZAHVAT 5: Grubo poprečno tokarenje na mjeru $\phi 146$ mm

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



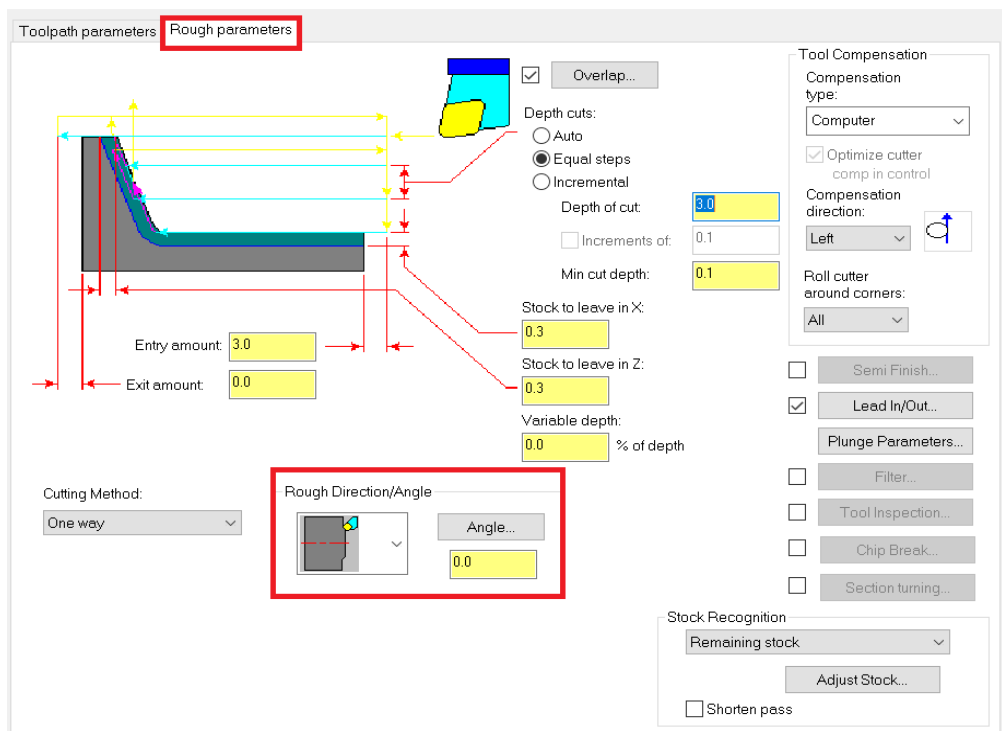
Slika 6.41 Smjer kretanja alata za peti zahvat

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









Slika 6.42 Odabir alata i režimi rada za peti zahvat

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



Slika 6.43 Parametri obrade i smjer kretanja alata za peti zahvat

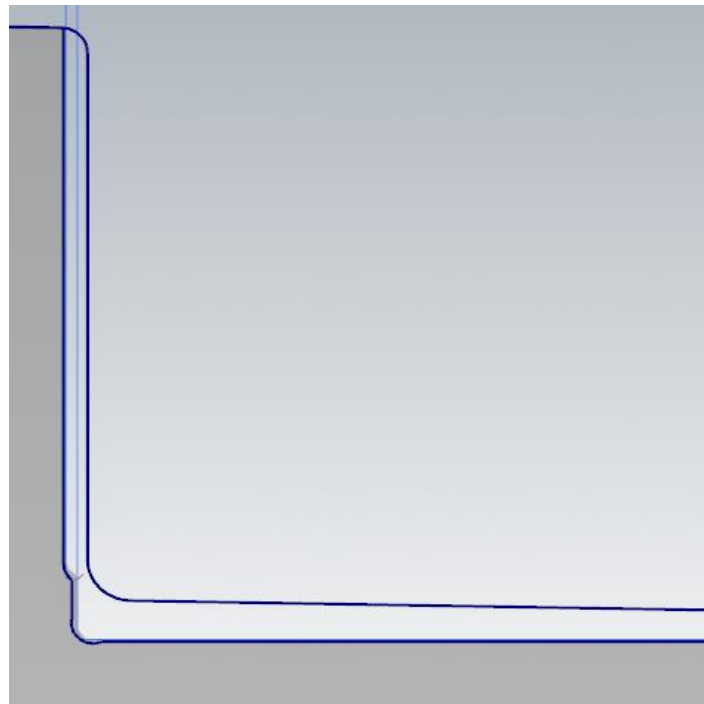
Na slici 6.44 prikazano je vrijeme trajanja petog zahvata.

| Details | | Information | |
|----------|---|---|----------|
| | | Cycle Time | |
| Feed |  | 26.66s | |
| Rapid |  | 1.77s | |
| Total | |  | 29.43s |
| | | Path Length | |
| Feed |  | 74.56809 | |
| Rapid |  | 742.72229 | |
| Minimum/ | |  | 72.60034 |

Slika 6.44 Vrijeme trajanja petog zahvata

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

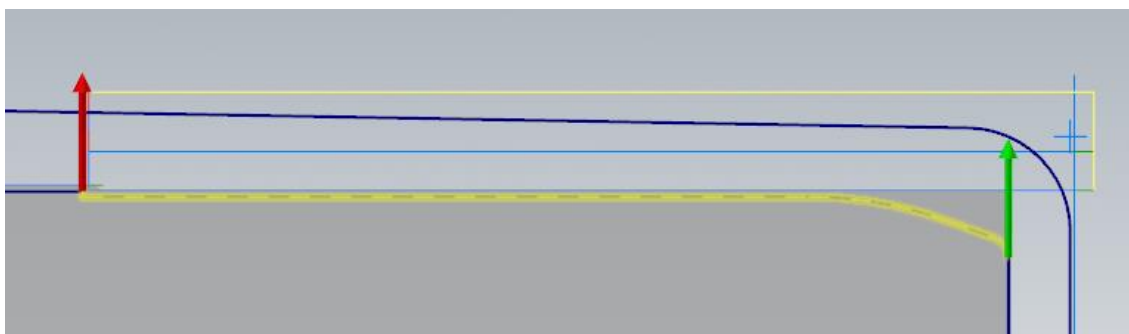
Na sljedećoj slici (Slika 6.45) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon petog zahvata.



Slika 6.45 Izgled obratka nakon petog zahvata

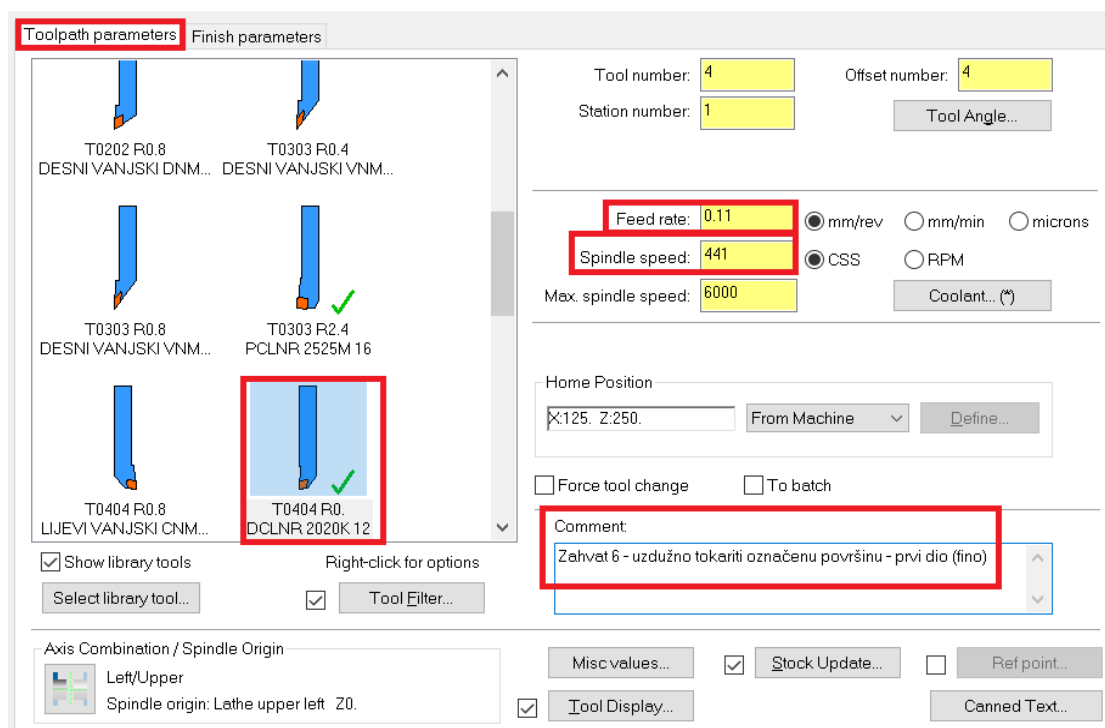
ZAHVAT 6: Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 1. dio

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



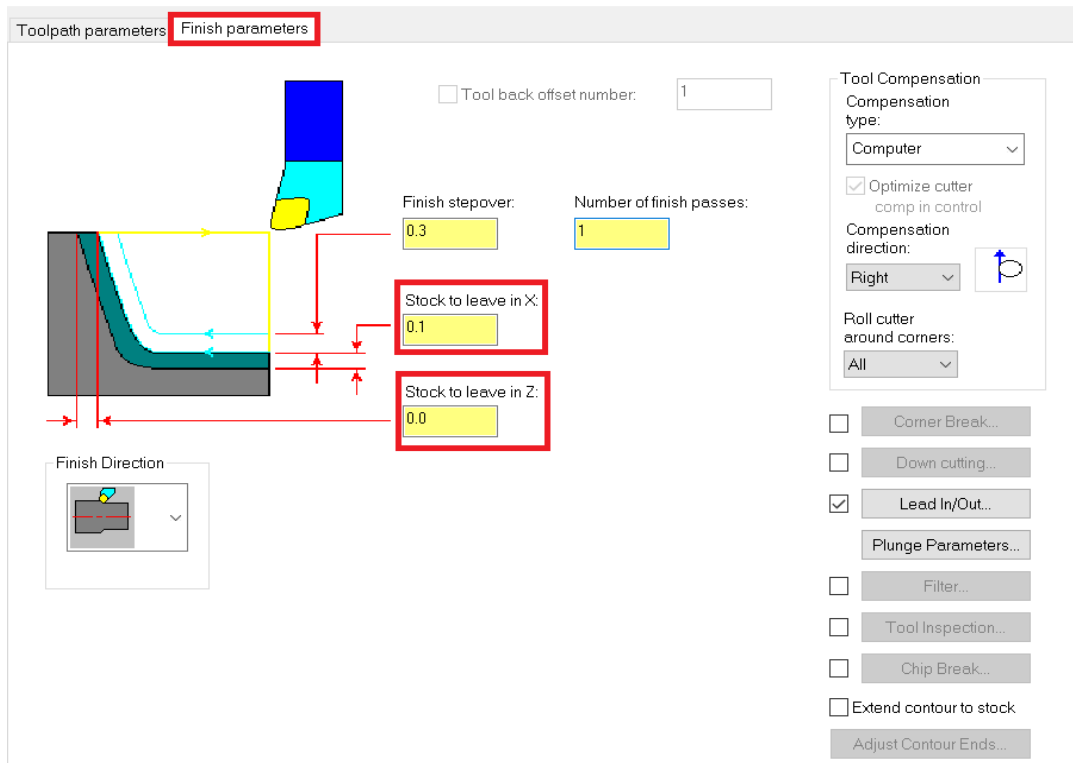
Slika 6.46 Smjer kretanja alata za šesti zahvat

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



Slika 6.47 Odabrani alat i parametri obrade za šesti zahvat

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



Slika 6.48 Parametri obrade za šesti zahvat

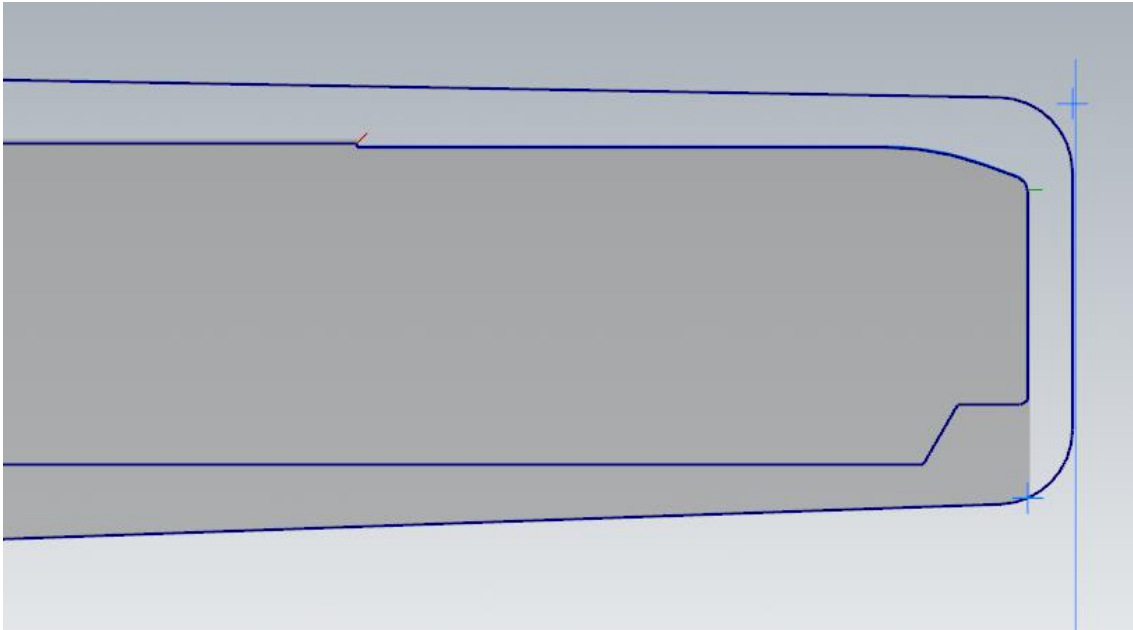
Na slici 6.49 prikazano je vrijeme trajanja šestog zahvata.

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

Slika 6.49 Vrijeme trajanja šestog zahvata

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

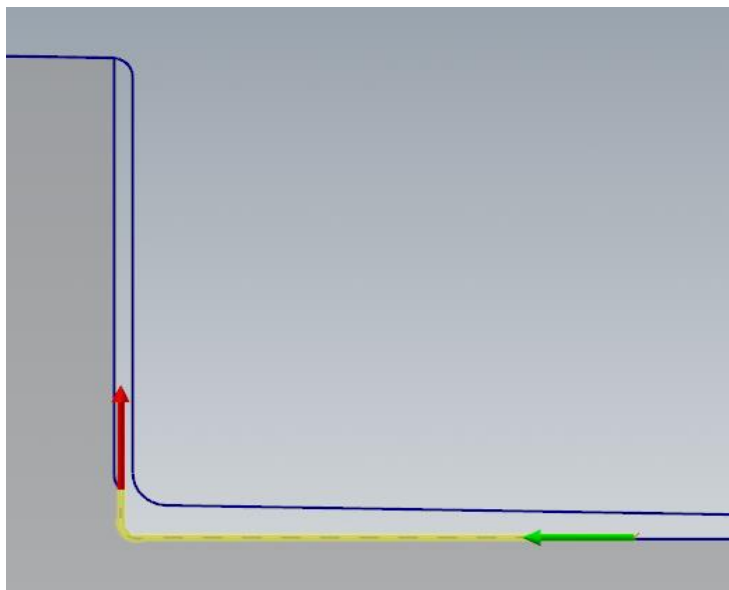
Na sljedećoj slici (Slika 6.50) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon šestog zahvata.



Slika 6.50 Izgled obratka nakon šestog zahvata

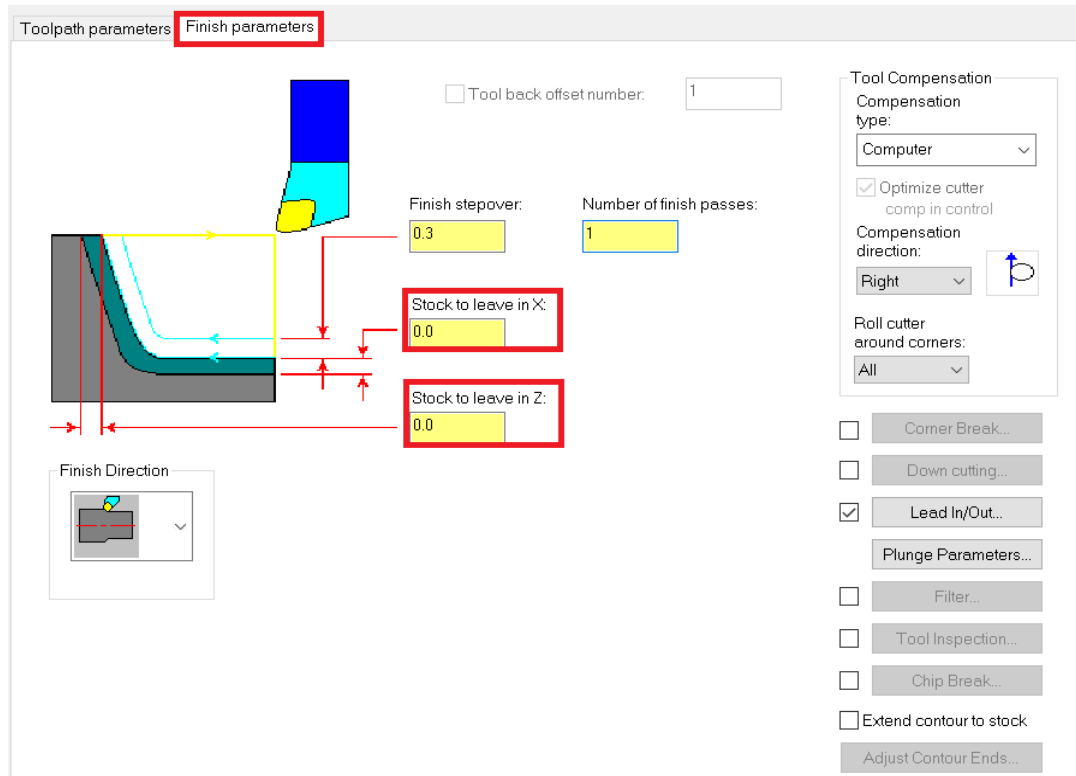
ZAHVAT 7: Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 2. dio

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



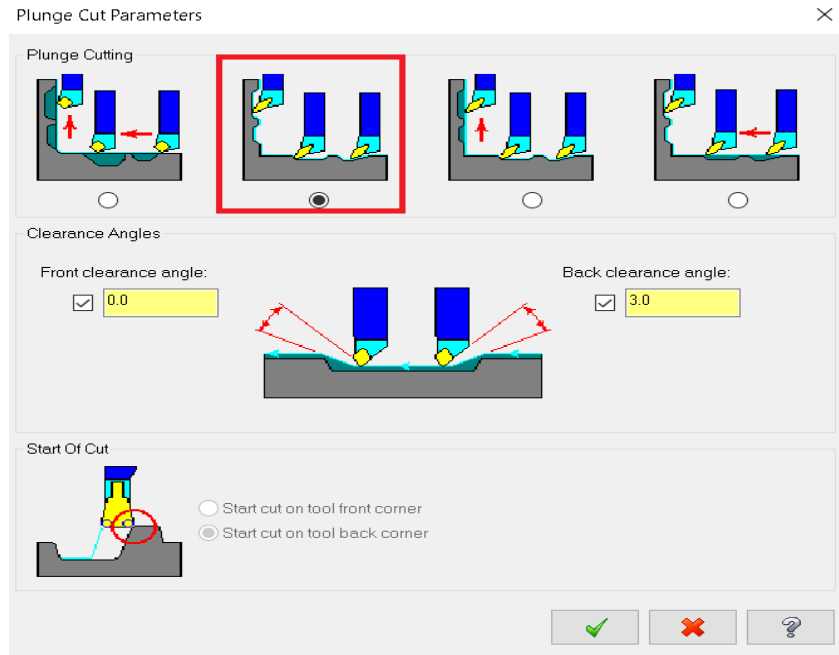
Slika 6.51 Smjer kretanja alata za sedmi zahvat

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



Slika 6.52 Parametri obrade za sedmi zahvat

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



Slika 6.53 Prilikom obrade dolazi do poniranja

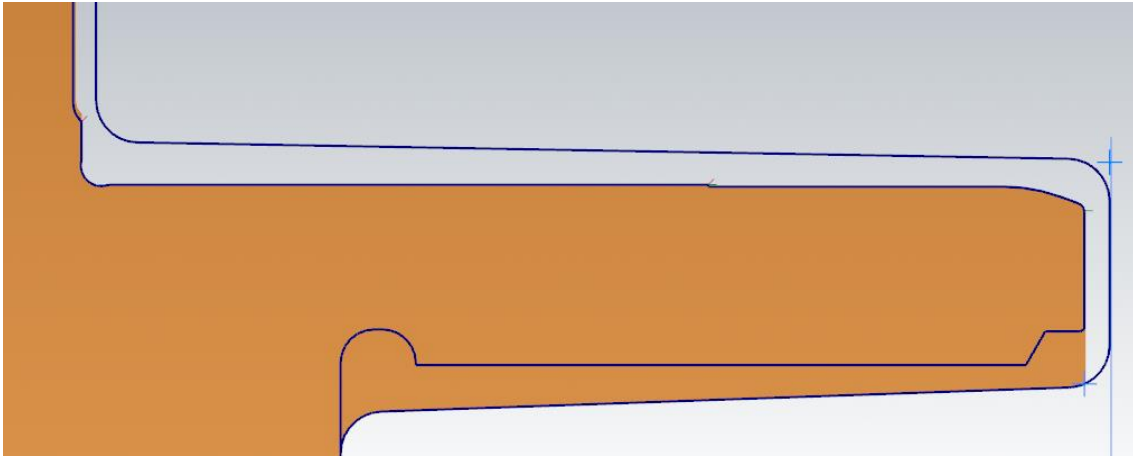
Na slici 6.54 prikazano je vrijeme trajanja sedmog zahvata.

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

Slika 6.54 Vrijeme trajanja sedmog zahvata

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

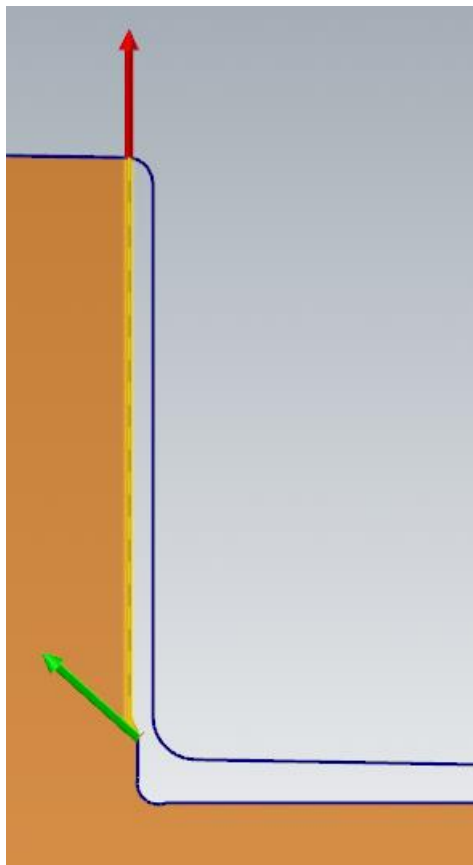
Na sljedećoj slici (Slika 6.55) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon sedmog zahvata.



Slika 6.55 Izgled obratka nakon sedmog zahvata

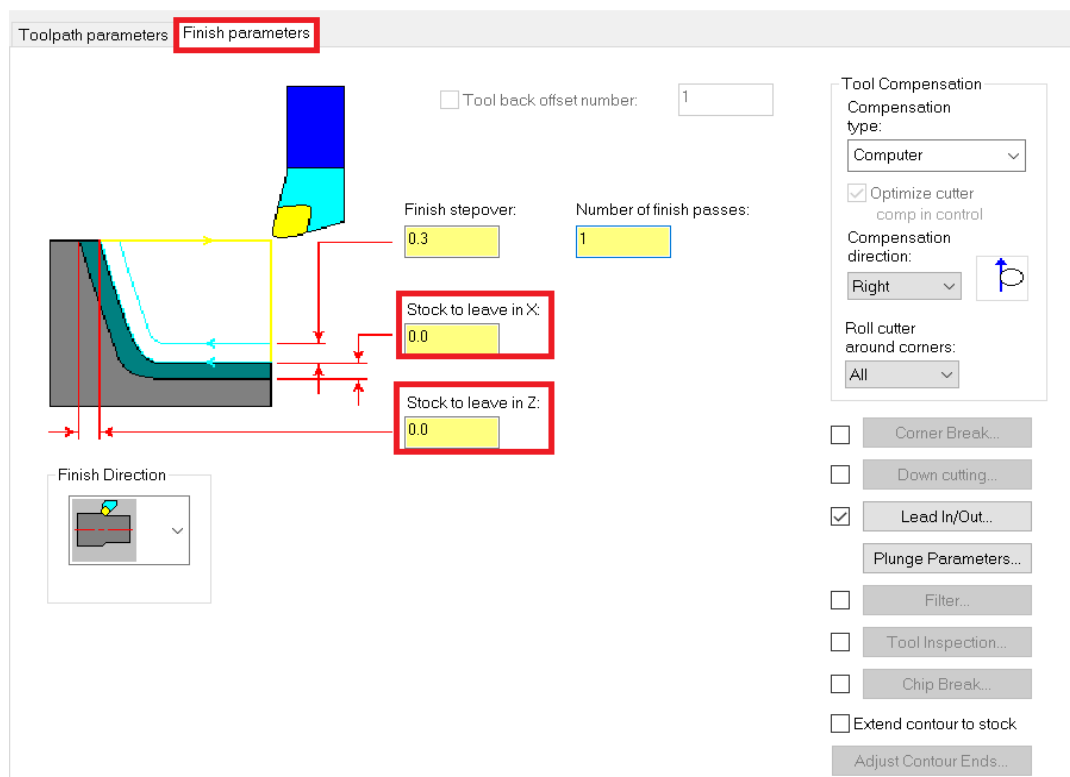
ZAHVAT 8: Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru $\phi 145$ mm s radijusom R3

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



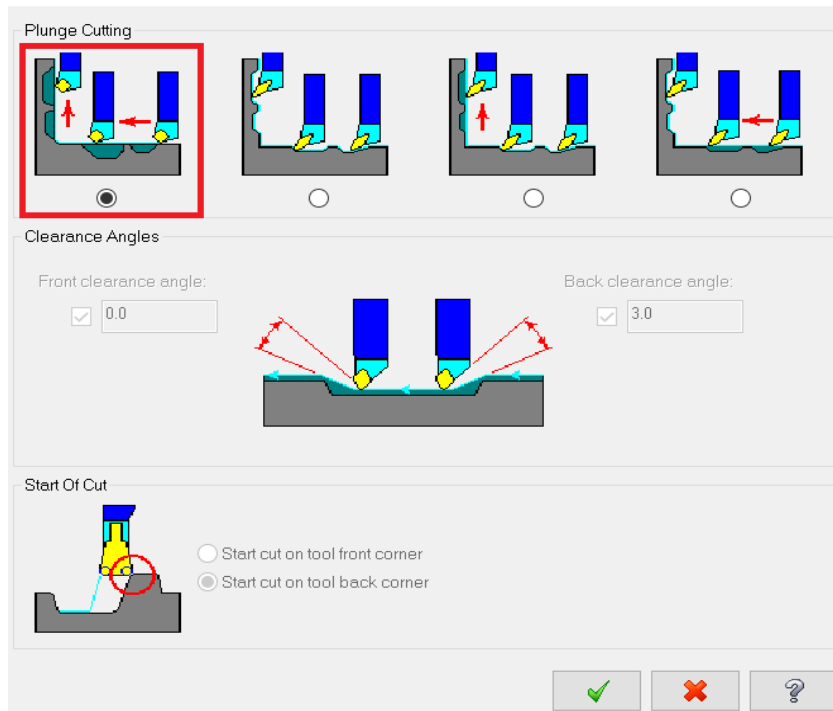
Slika 6.56 Smjer kretanja alata za osmi zahvat

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



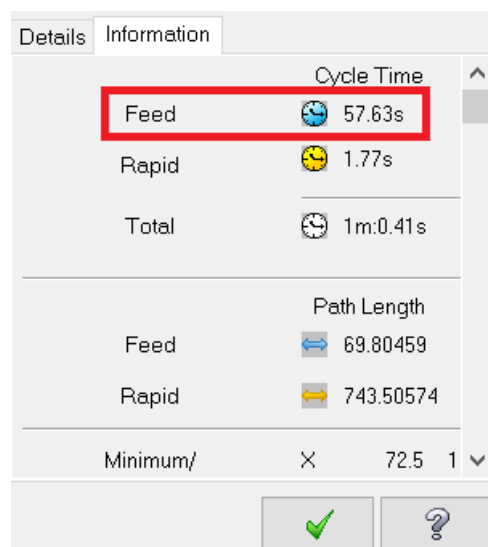
Slika 6.57 Parametri obrade za osmi zahvat

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



Slika 6.58 Nema poniranja alata prilikom tokarenja

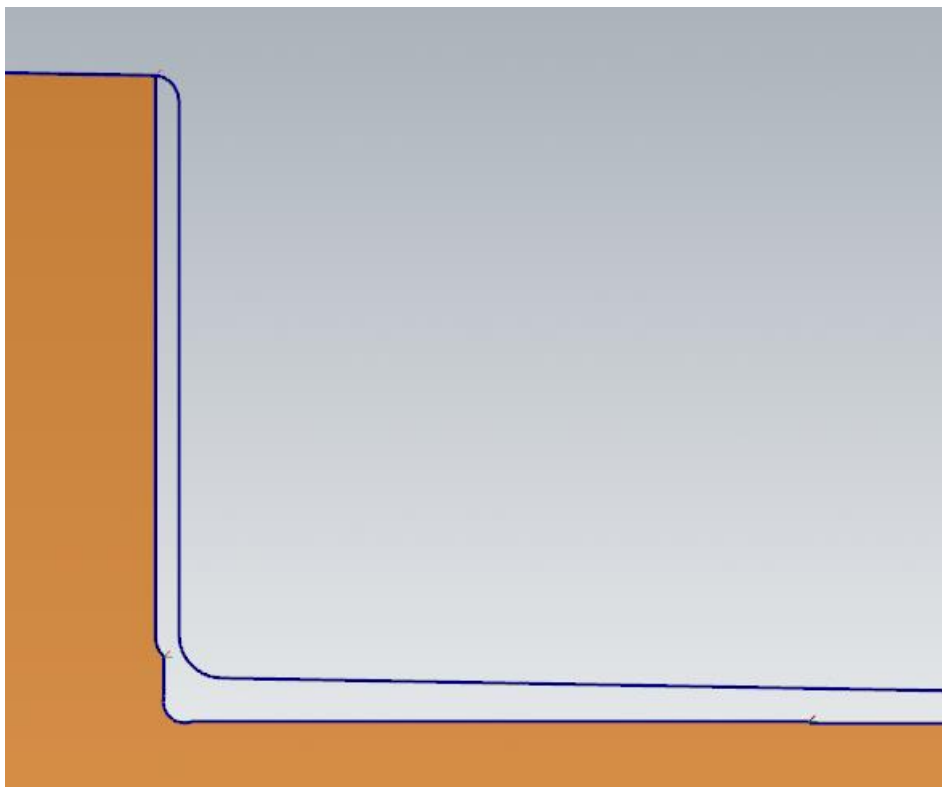
Na slici 6.59 prikazano je vrijeme trajanja osmog zahvata.



Slika 6.59 Vrijeme trajanja osmog zahvata

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

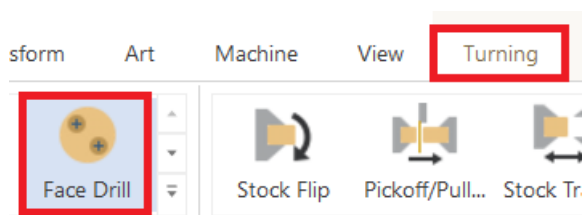
Na sljedećoj slici (Slika 6.60) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon osmog zahvata.



Slika 6.60 Izgled obratka nakon osmog zahvata

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

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



Slika 6.61 Odabir naredbe za proširenje provrta

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

Current Step:

Define Tool Geometry

Finalize Properties

Define Flat endmill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

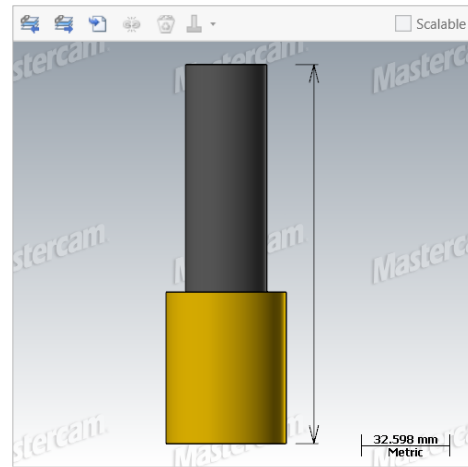
Overall dimensions

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

Tip / corner treatment

Non-cutting geometry

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



Slika 6.62 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deveti zahvat

Toolpath Type

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

Quick View Settings

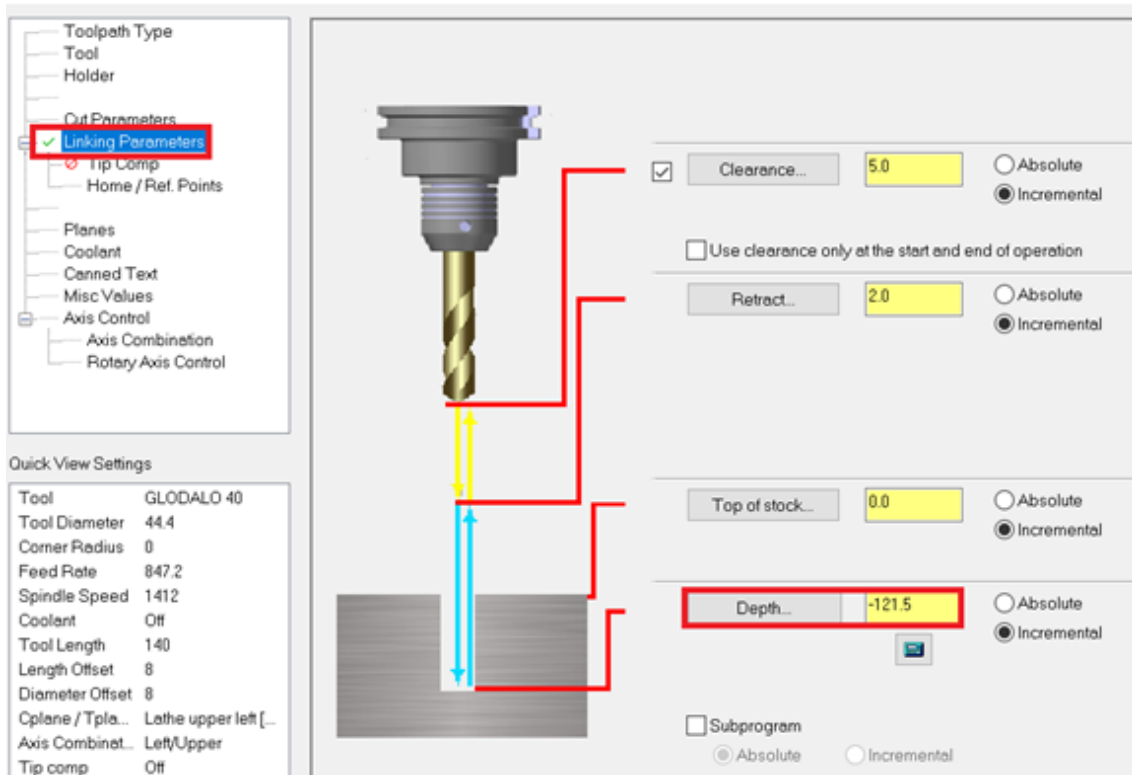
Tool: GLODALO 40
Tool Diameter: 44.4
Corner Radius: 0
Feed Rate: 847.2
Spindle Speed: 1412
Coolant: Off
Tool Length: 140
Length Offset: 8
Diameter Offset: 8
Cplane / Tpla...: Lathe upper left [...]
Axis Combinat...: Left/Upper
Tip comp: Off

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

Tool diameter: 44.4
Corner radius: 0.0
Tool name: GLODALO 40
Tool #: 8
Head #: -1
Length offset: 8
Diameter offset: 8
Spindle direction: CW
Feed rate: 847.2
Spindle speed: 1412
FPT: 0.15
CS: 196.9614
Plunge rate: 1100.0
Retract rate: 9999.0
Force tool change:
Rapid Retract:
Comment: Zahvat 9 - prosiiti provrte (6) sa fi 40 ma fi 44.4 mm

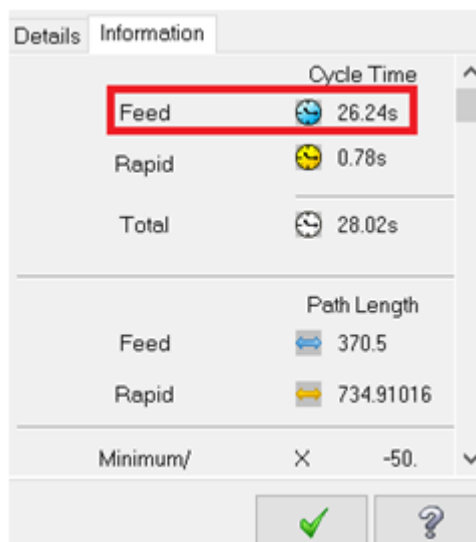
Slika 6.63 Režimi rada kreiranog glodala

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



Slika 6.64 Upisivanje dubine rezanja

Na slici 6.65 prikazano je vrijeme trajanja devetog zahvata.

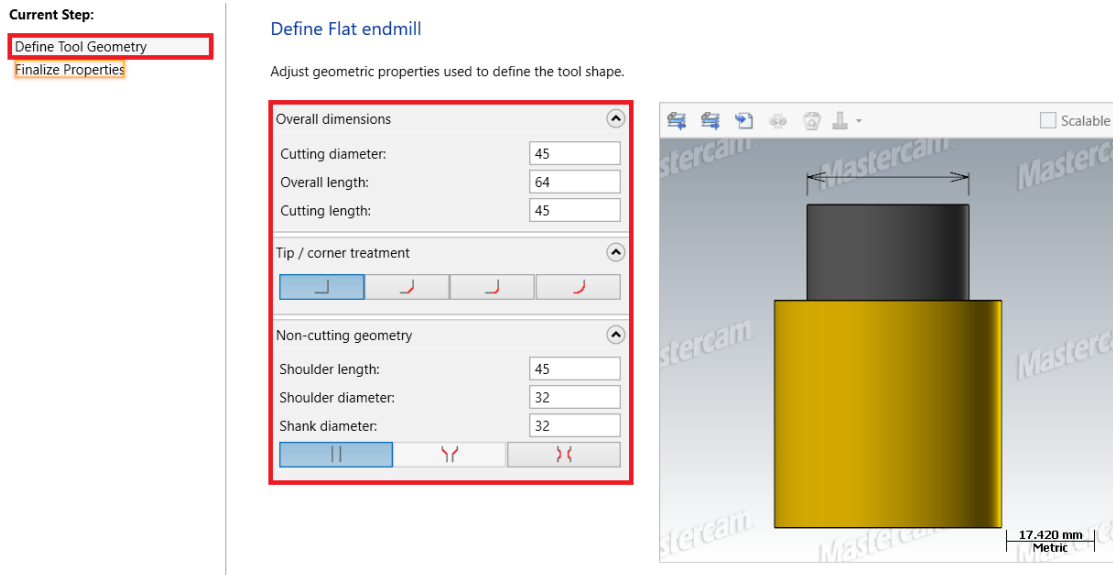


Slika 6.65 Vrijeme trajanja devetog zahvata

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

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

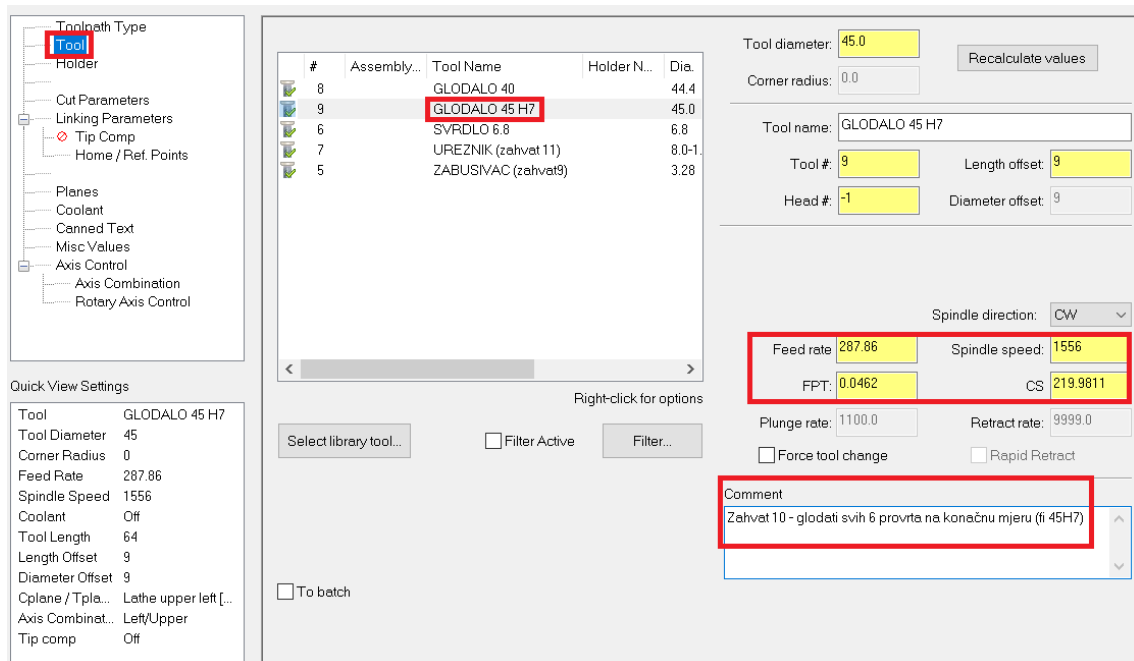
Princip rada je isti kao u prethodnom zahvatu, no uz upotrebu drugog glodala (Slika 6.66).



Slika 6.66 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deseti zahvat

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

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



Slika 6.67 Režimi rada kreiranog glodala

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

Na slici 6.68 prikazano je vrijeme trajanja desetog zahvata.

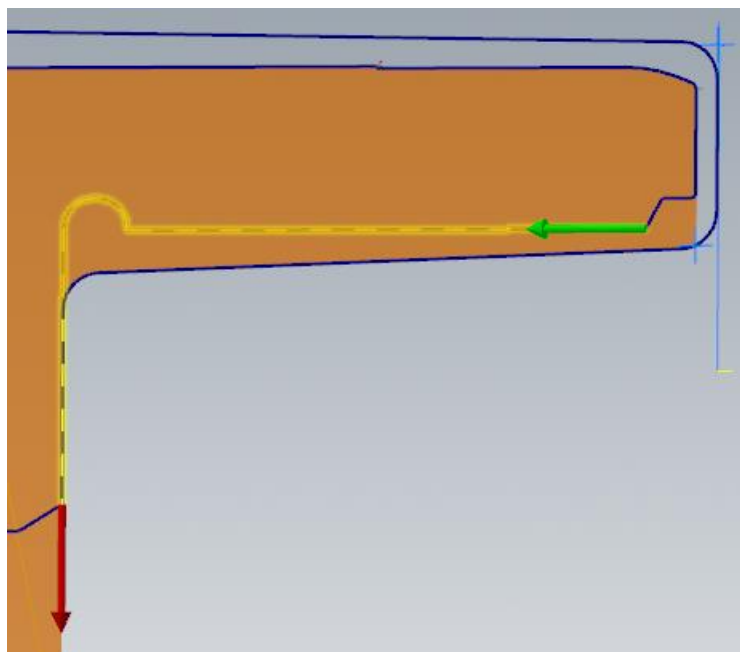
| Cycle Time | |
|------------|-----------|
| Feed | 1m:17.23s |
| Rapid | 0.78s |
| Total | 1m:19.00s |

Slika 6.68 Vrijeme trajanja desetog zahvata

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

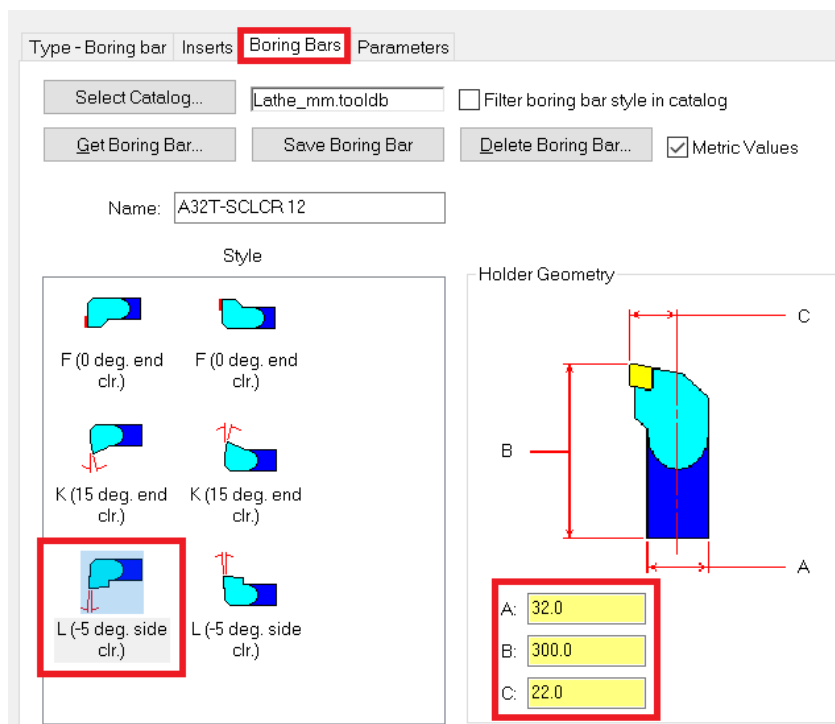
ZAHVAT 11: Tokarenje utora na mjeru $\phi 87 \text{ mm}$

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



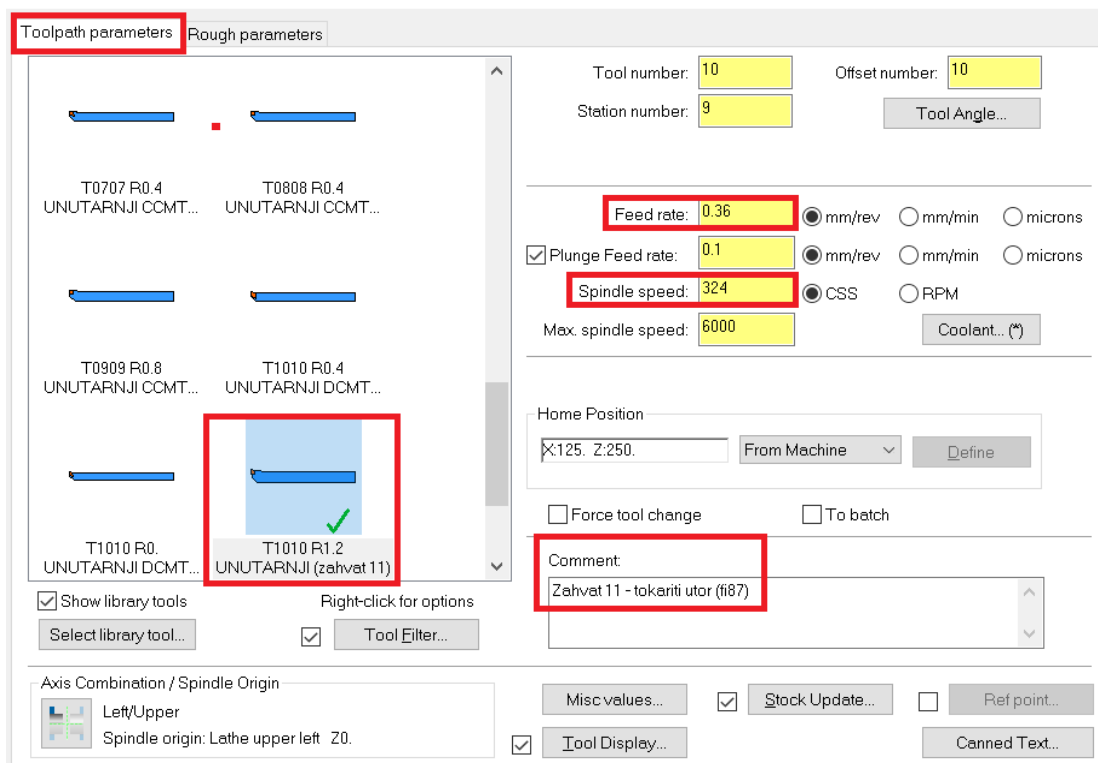
Slika 6.69 Smjer kretanja alata za jedanaesti zahvat

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



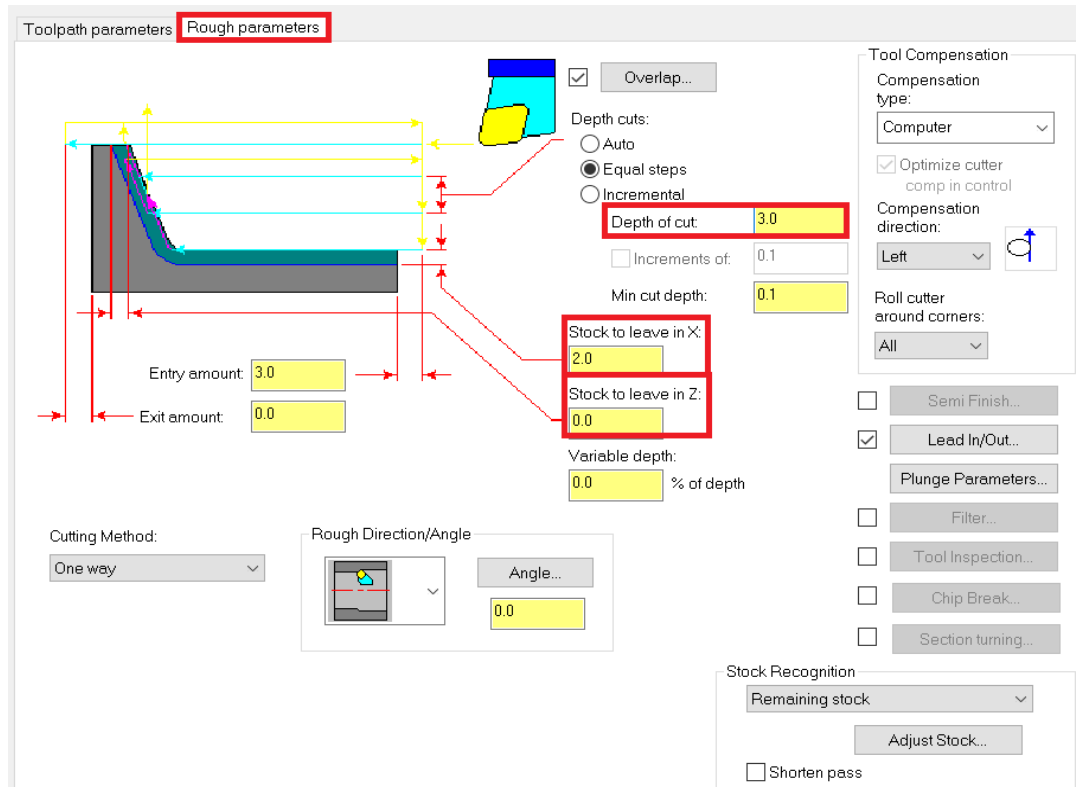
Slika 6.70 Dimenzije kreiranog glodala

Režimi rada prikazani su na slici 6.71.



Slika 6.71 Režimi rada kreiranog glodala

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



Slika 6.72 Parametri obrade za jedanaesti zahvat

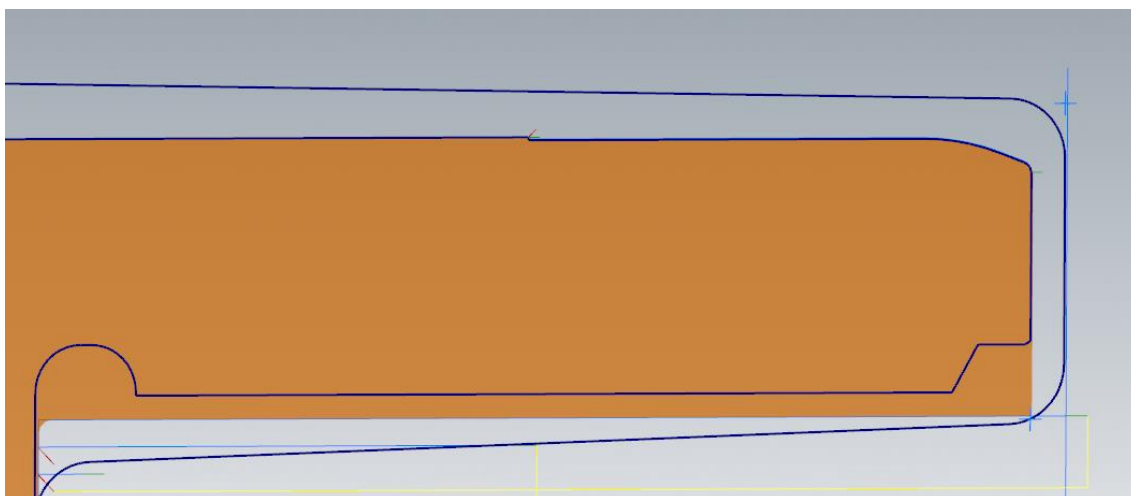
Na slici 6.73 prikazano je vrijeme trajanja jedanaestog zahvata.



Slika 6.73 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata

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

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

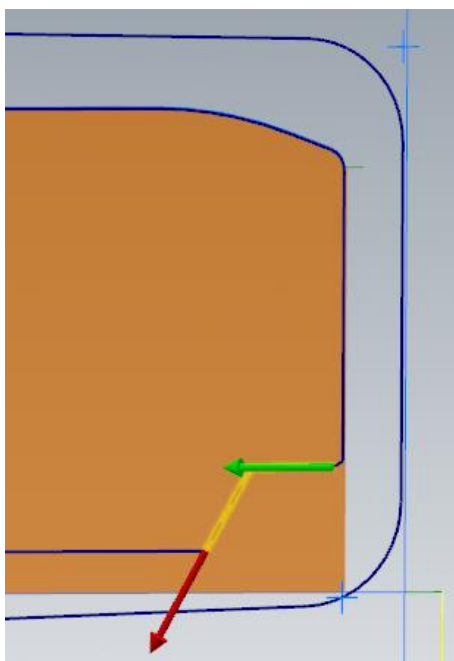


Slika 6.74 Izgled obratka nakon jedanaestog zahvata

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

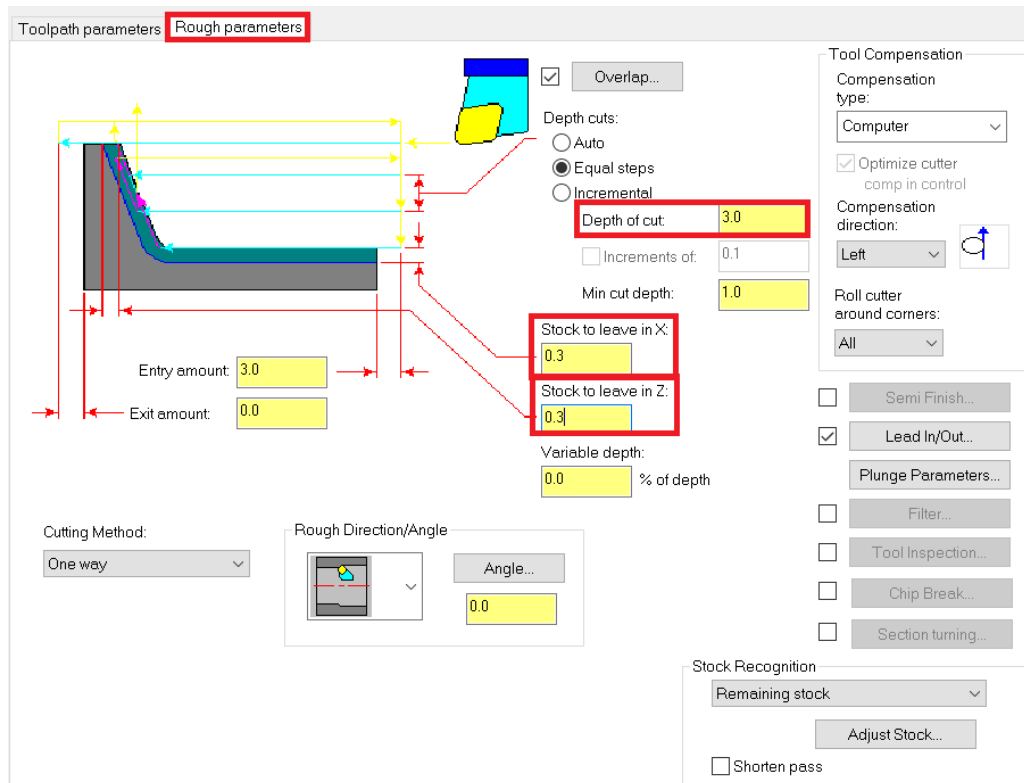
Tokarenje se radi pomoću iste naredbe kao prethodni zahvat te s istim alatom.

Put kretanja alata prikazan je na slici 6.75.



Slika 6.75 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat

Parametri obrade prikazani su na slici 6.76.



Slika 6.76 Parametri obrade za dvanaesti zahvat

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

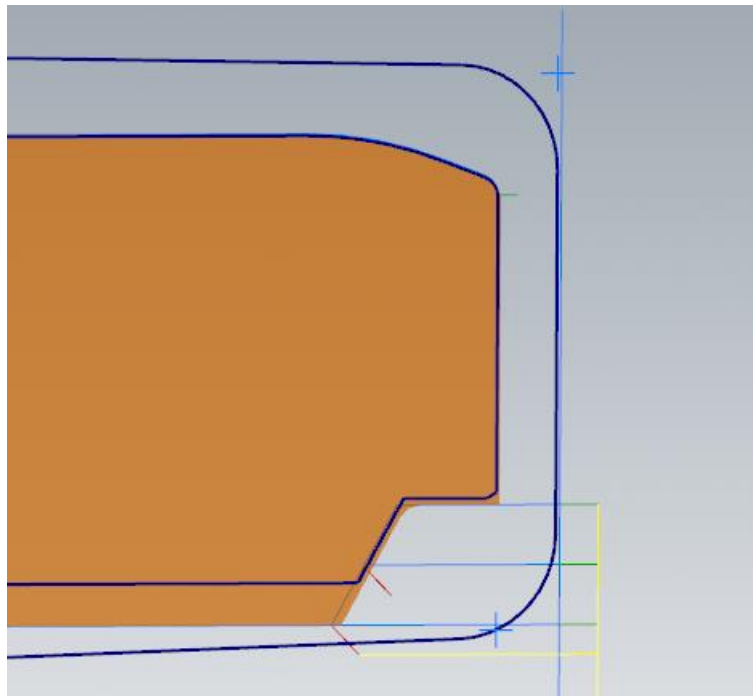
Na slici 6.77 prikazano je vrijeme trajanja dvanaestog zahvata.



Slika 6.77 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata

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

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

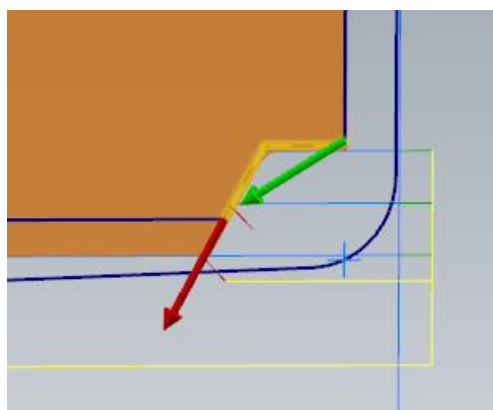


Slika 6.78 Izgled obratka nakon dvanaestog zahvata

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

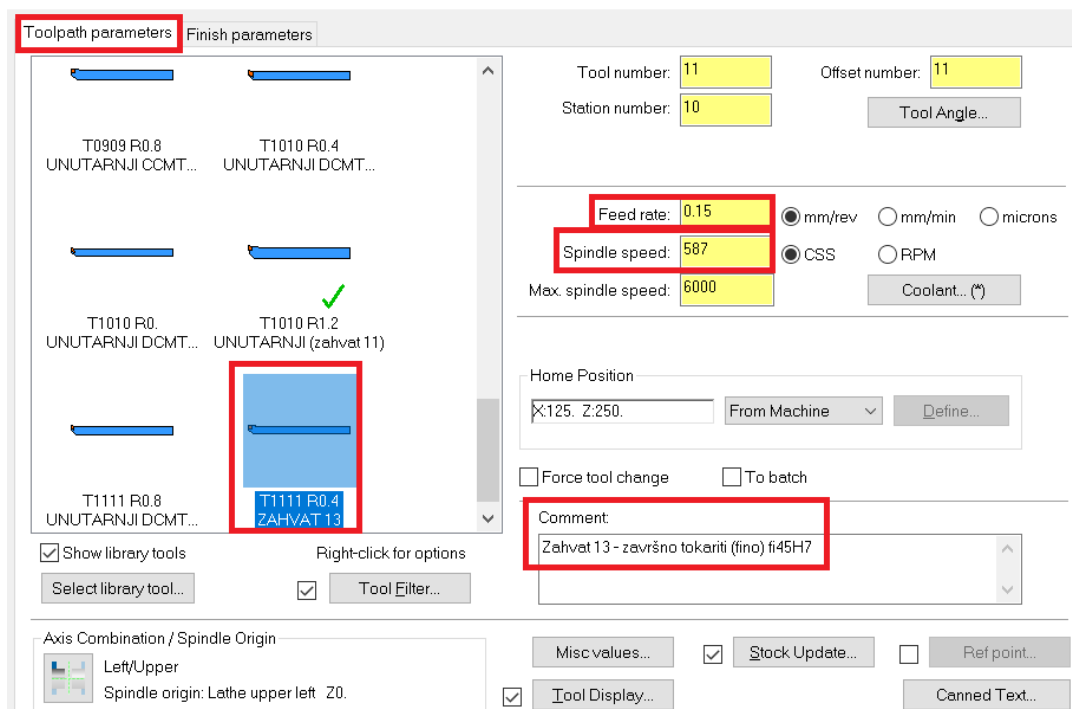
Završno tokarenje radi se pomoću naredbe *Finish*.

Put kretanja alata prikazan je na slici 6.79.



Slika 6.79 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat

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



Slika 6.80 Parametri obrade za trinaesti zahvat

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

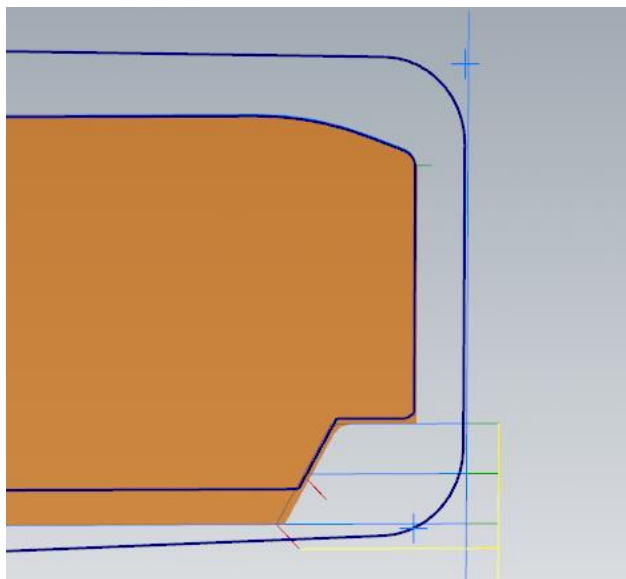
Na slici 6.81 prikazano je vrijeme trajanja trinaestog zahvata.



Slika 6.81 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata

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

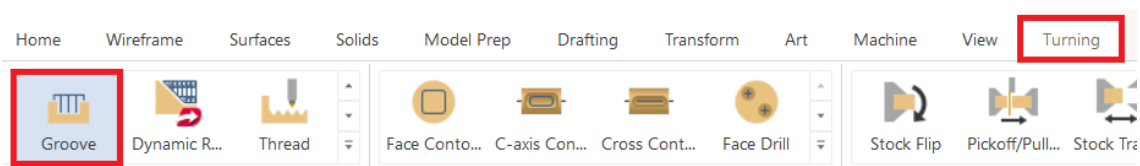
Na sljedećoj slici (Slika 6.82) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon trinaestog zahvata.



Slika 6.82 Izgled obratka nakon trinaestog zahvata

ZAHVAT 14: Pravljenje utora

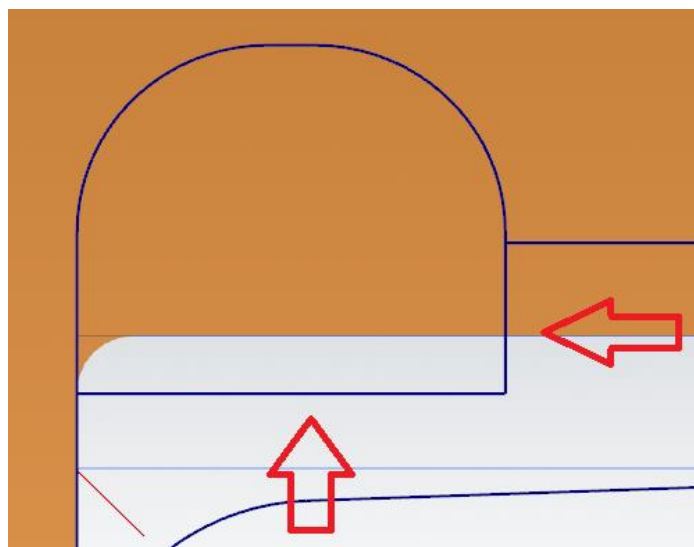
Utor se radi pomoću naredbe *Groove* (Slika 6.83).



Slika 6.83 Odabir naredbe za pravljenje utora

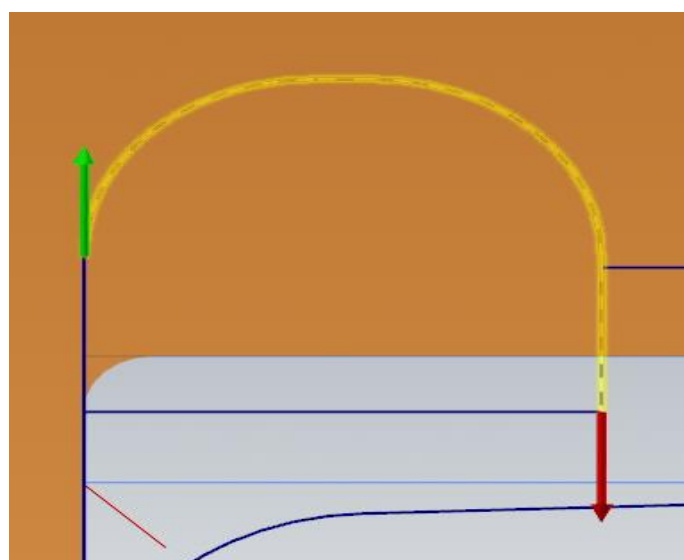
Zahvat obuhvaća 5 prolaza od kojih će 3 biti gruba, a dva fina obrada. Broj prolaza je očitán iz *Sandvika* nakon odabira alata.

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



Slika 6.84 Dodavanje pomoćnih kontura utora

Put kretanja alata prikazan je na slici 6.85.



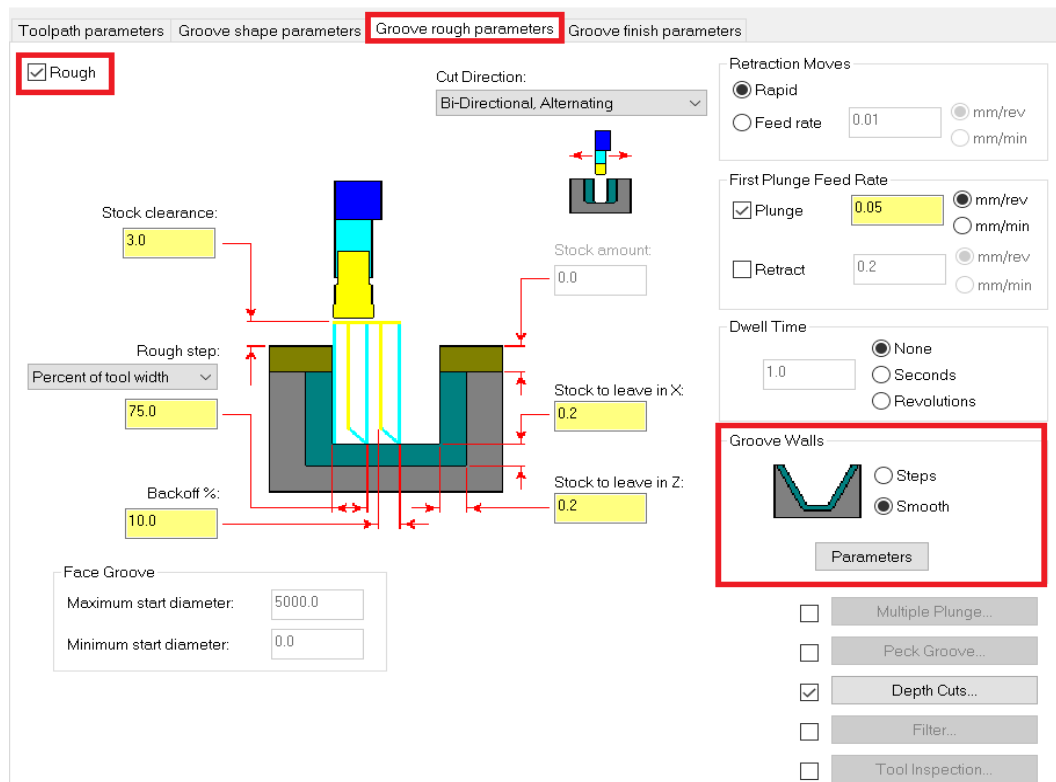
Slika 6.85 Smjer kretanja alata za četrnaesti zahvat

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



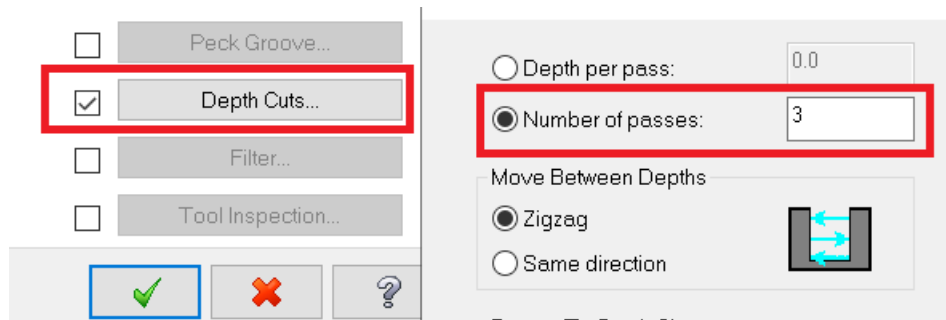
Slika 6.86 Dimenzije kreiranog svrdla

Parametri za grubu obradu prikazani su na slici 6.87.



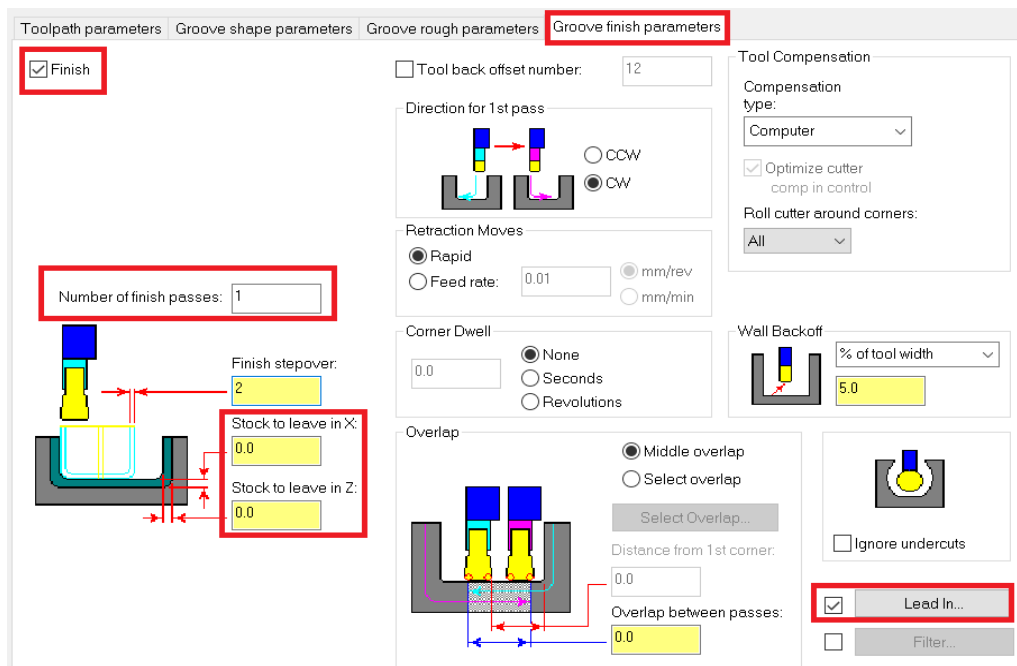
Slika 6.87 Parametri obrade za četrnaesti zahvat

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



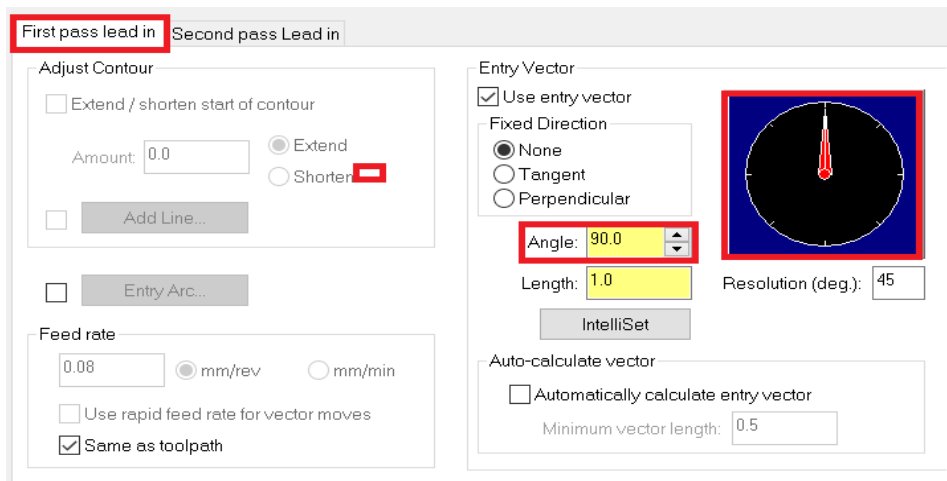
Slika 6.88 Upisivanje broja prolaza za grubu obradu

Parametri za finu obradu prikazani su na slici 6.89.

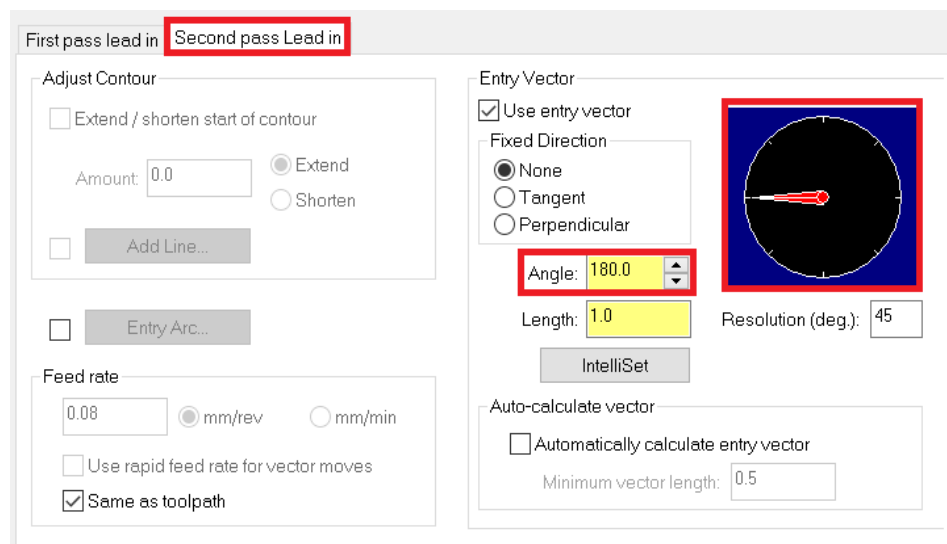


Slika 6.89 Parametri fine obrade za četrnaesti zahvat

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



Slika 6.90 Kut ulaza alata za prvi prolaz



Slika 6.91 Kut ulaza alata za drugi prolaz

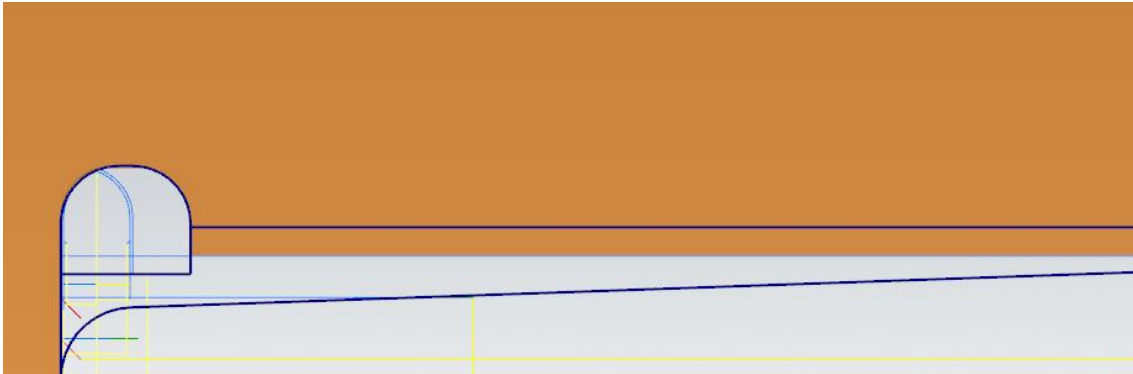
Na slici 6.92 prikazano je vrijeme trajanja četrnaestog zahvata.

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

Slika 6.92 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata

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

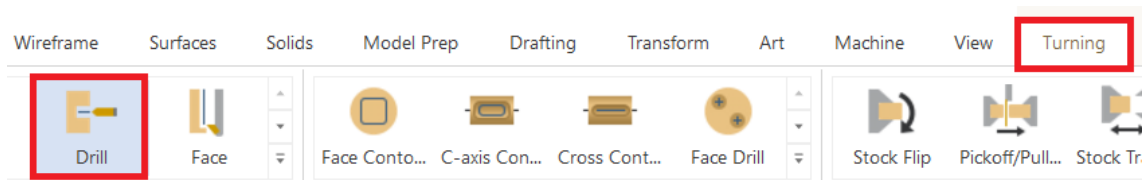
Na sljedećoj slici (Slika 6.93) prikazan je izgled obratka preko kontura, nakon četrnaestog zahvata.



Slika 6.93 Izgled obratka nakon četrnaestog zahvata

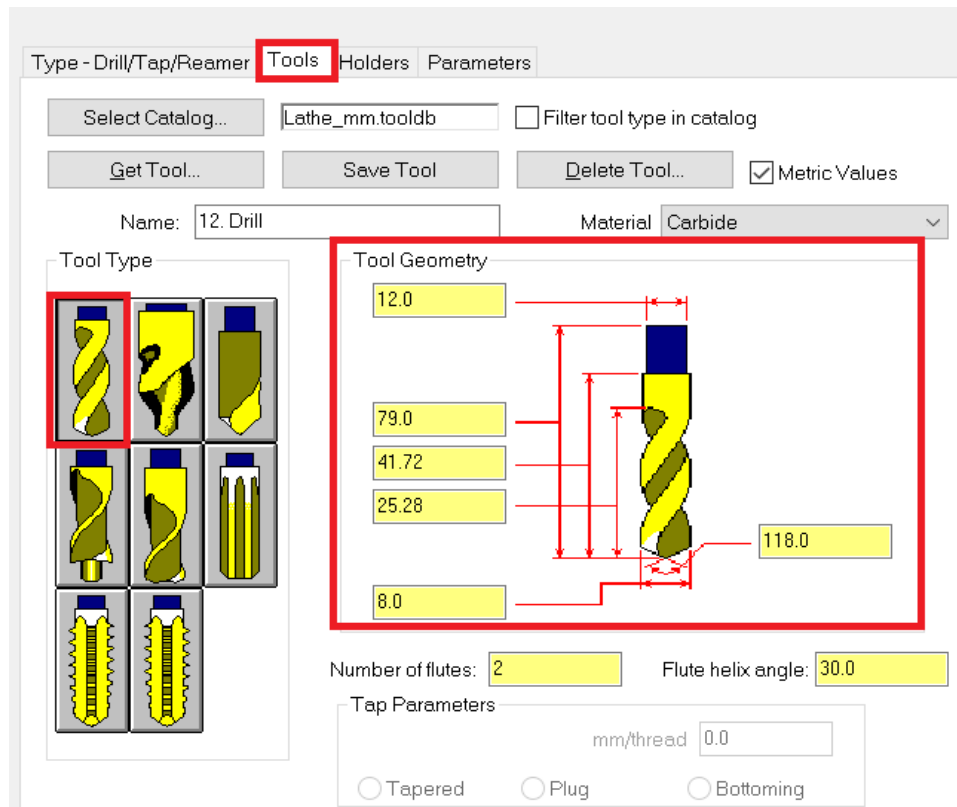
ZAHVAT 15: Bušenje provrta $\phi 8 \text{ mm}$

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



Slika 6.94 Odabir naredbe za bušenje provrta

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



Slika 6.95 Dimenzije kreiranog svrdla

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

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

Program Parameters

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

Default Cutting Parameters

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

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

Drilling Parameters

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

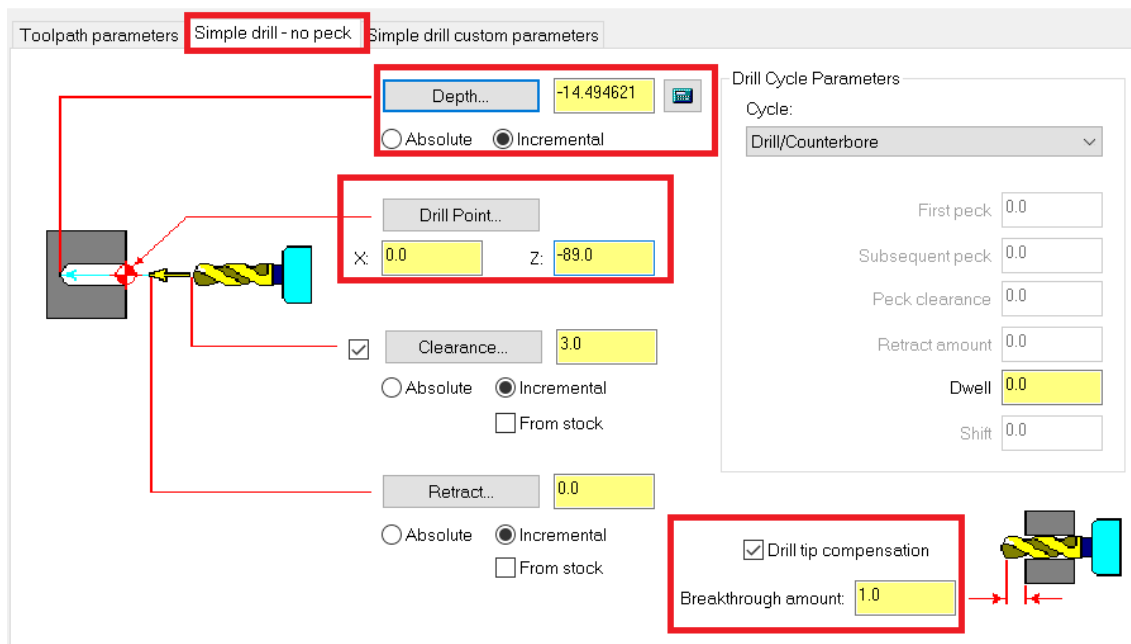
Compensation

| Tool Clearance... | Metric values

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

Slika 6.96 Parametri obrade za petnaesti zahvat

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



Slika 6.97 Označavanje točke za bušenje i određivanje dubine bušenja

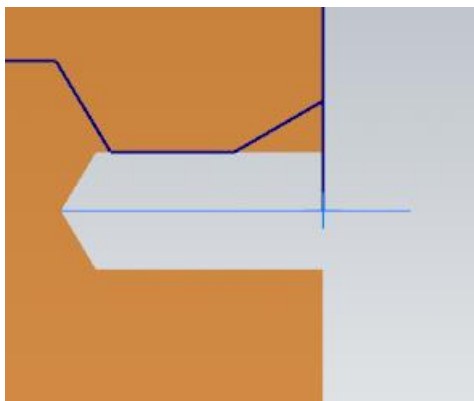
Na slici 6.98 prikazano je vrijeme trajanja petnaestog zahvata.

| Details | | Information | |
|-------------|---|-------------|--|
| Cycle Time | | | |
| Feed | | 1.32s | |
| Rapid | | 1.67s | |
| Total | | 3.99s | |
| Path Length | | | |
| Feed | | 23.89806 | |
| Rapid | | 755.2112 | |
| Minimum/ | X | 0. | |

Slika 6.98 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata

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

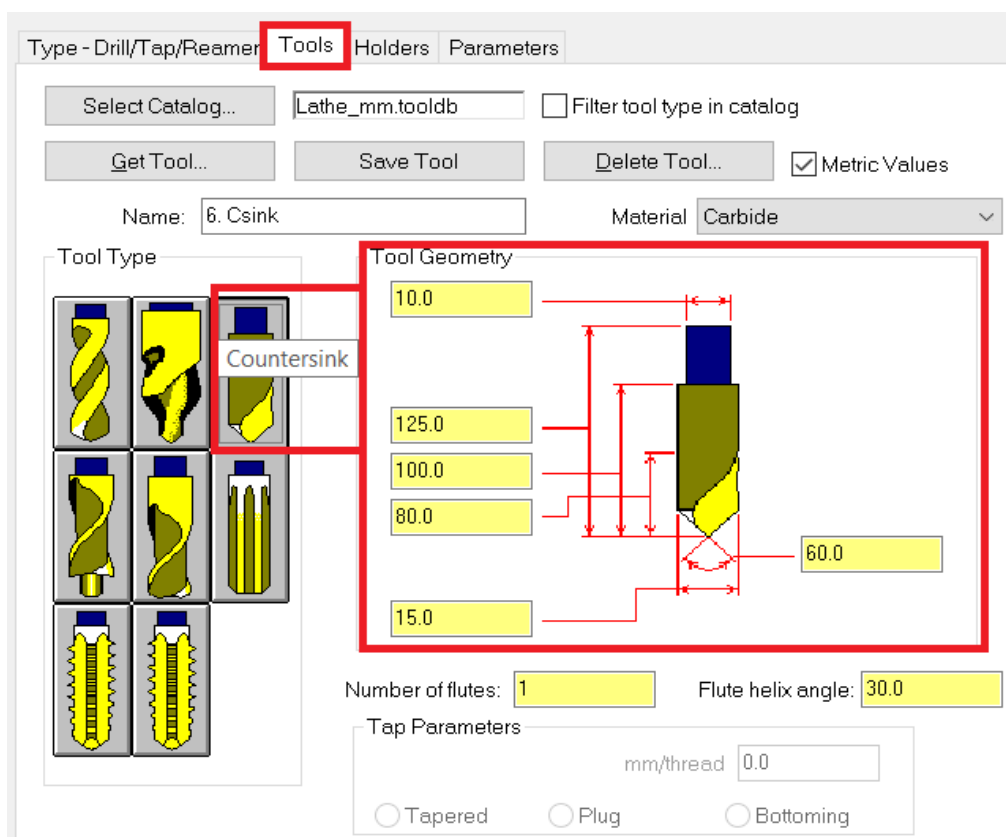
Na sljedećoj slici (Slika 6.99) prikazan je izgled obratka preko kontura na dijelu gdje je probušen provrt.



Slika 6.99 Izgled obratka na mjestu gdje je probušen provrt

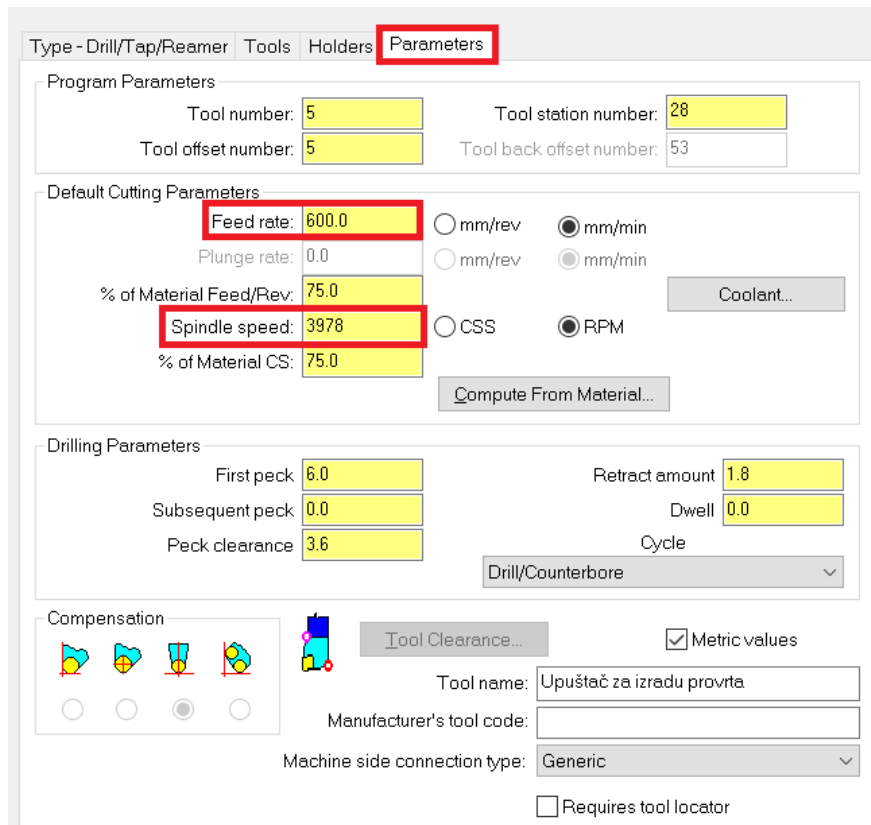
ZAHVAT 16: Upuštanje provrta $\phi 8$ mm

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



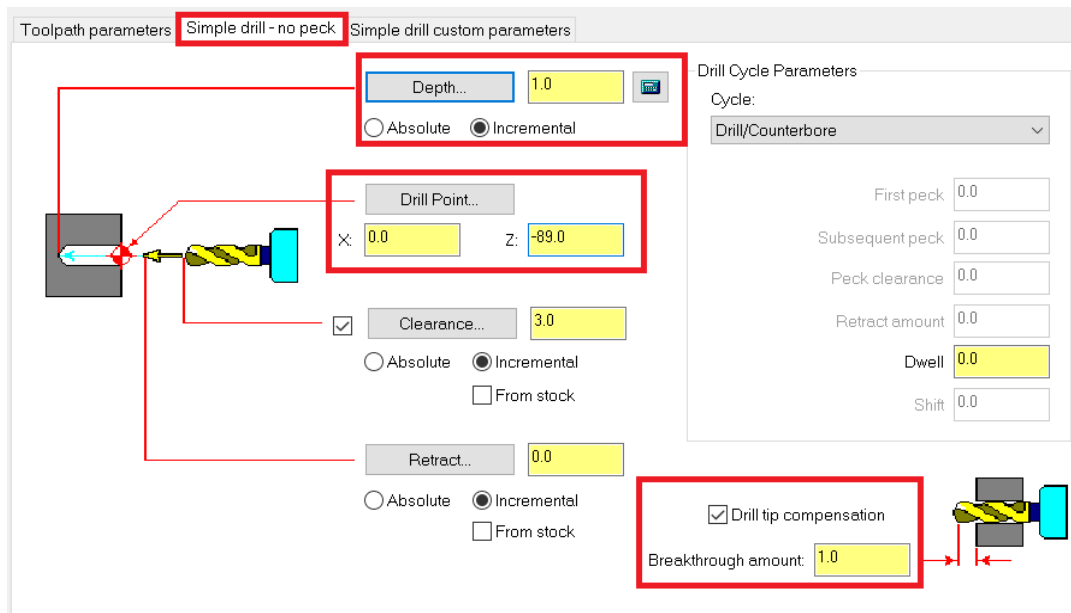
Slika 6.100 Dimenzije kreiranog upuštača

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










Slika 6.101 Režimi rada za šesnaesti zahvat

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



Slika 6.102 Parametri obrade za šesnaesti zahvat

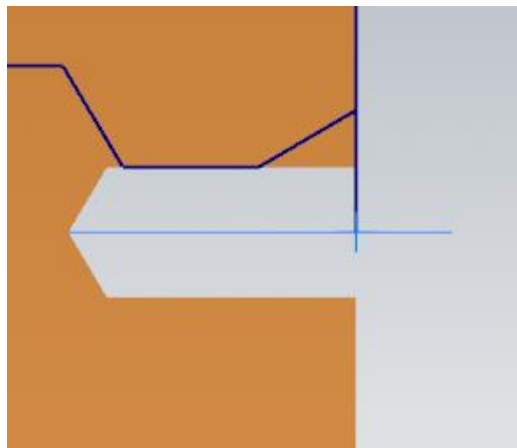
Na slici 6.103 prikazano je vrijeme trajanja šesnaestog zahvata.

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

Slika 6.103 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata

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

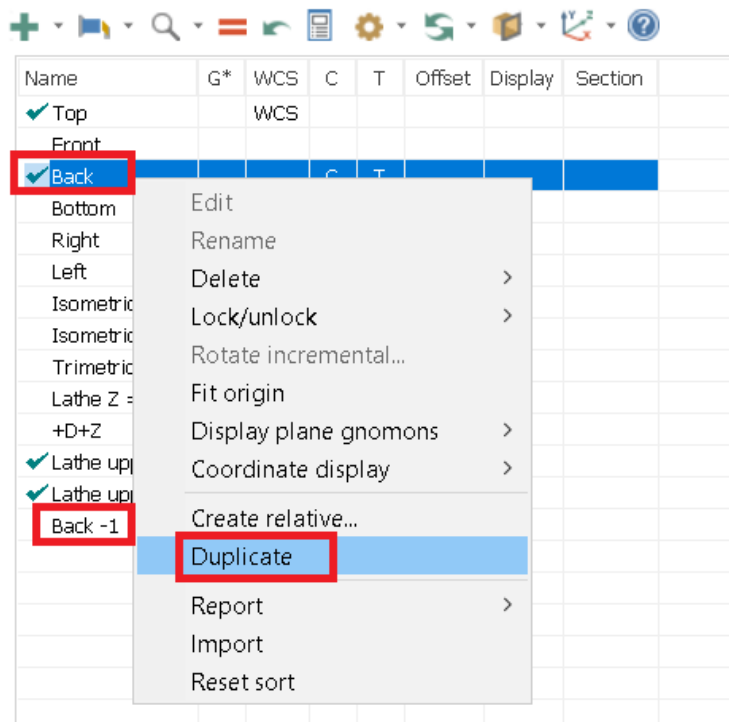
Na sljedećoj slici (Slika 6.104) prikazan je izgled obratka nakon upuštanja provrta $\phi 8$.



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

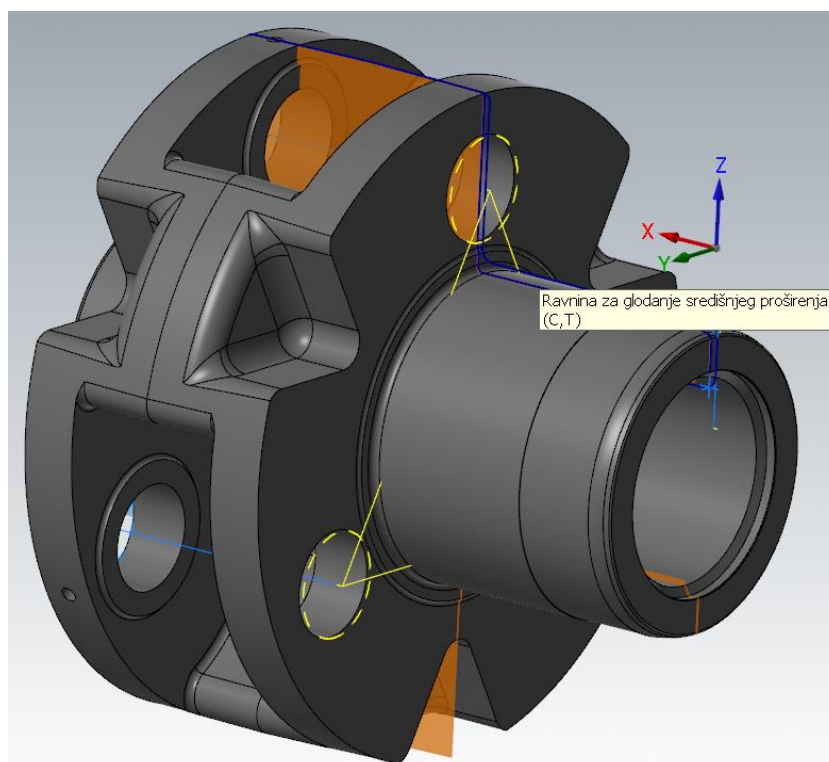
ZAHVAT 17: Poravnanje unutarnjih površina na mjeru od 67 mm

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

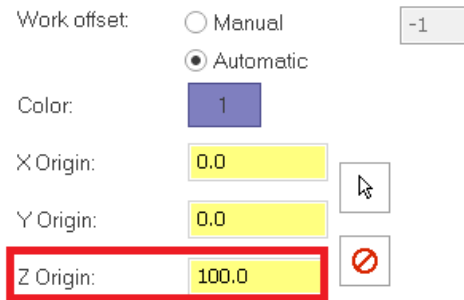


Slika 6.105 Stvaranje nove ravnine

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

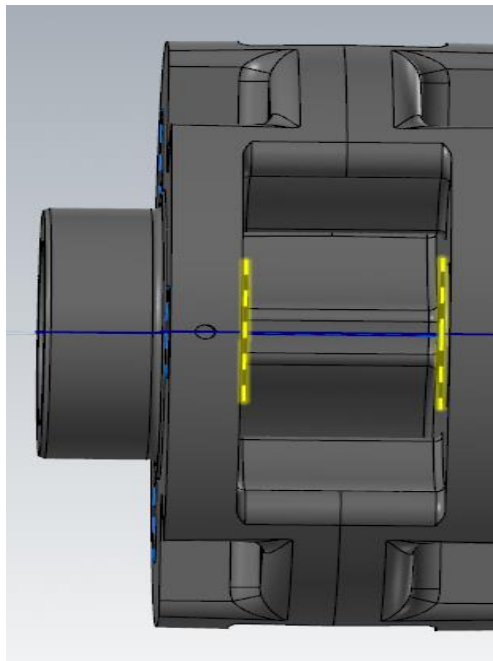


Slika 6.106 Ravnina za glodanje središnjeg proširenja



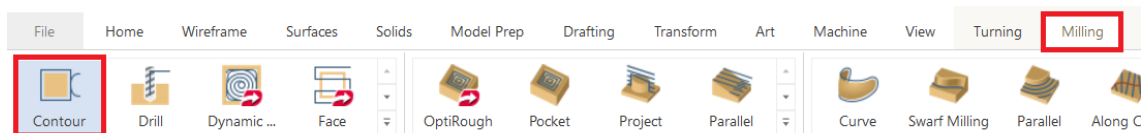
Slika 6.107 Središte nove ravnine

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

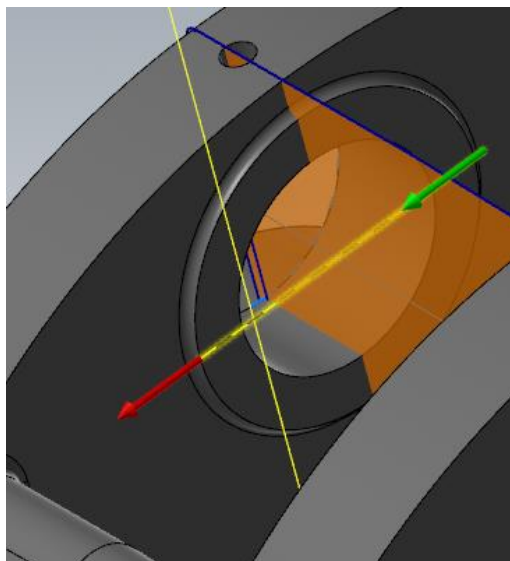


Slika 6.108 Prikaz kontura za zahvat 17

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



Slika 6.109 Odabir naredbe za glodanje proširenja



Slika 6.110 Smjer kretanja alata za sedamnaesti zahvat

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

Current Step:

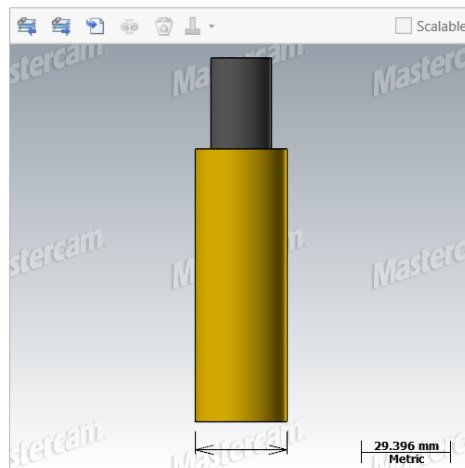
Define Tool Geometry

Finalize Properties

Define Flat endmill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

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



Slika 6.111 Dimenzije kreiranog glodala

Current Step:

Define Tool Geometry

Finalize Properties

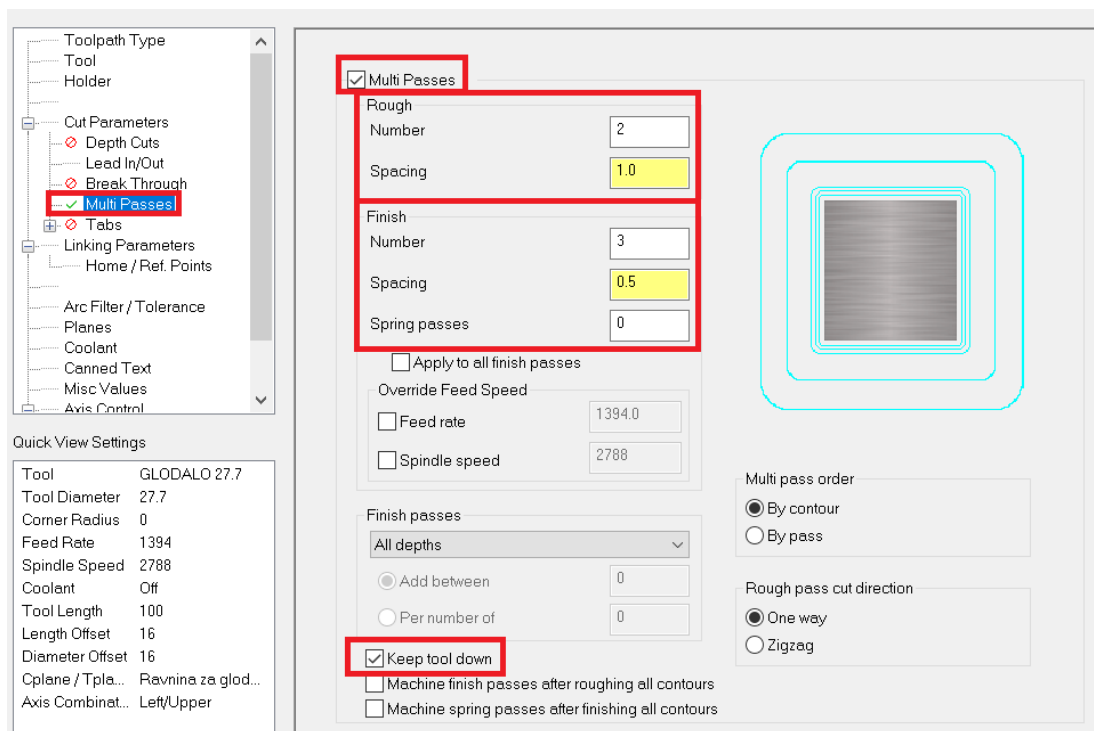
Finalize miscellaneous properties.

Adjust any miscellaneous properties before finalizing tool creation.

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

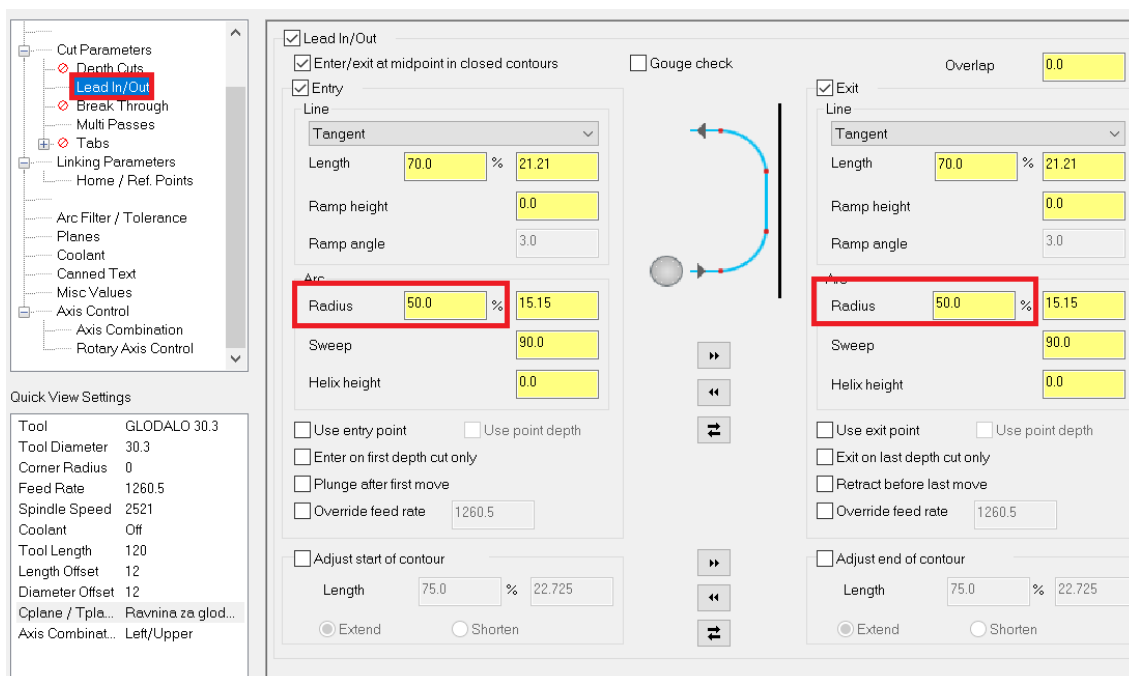
Slika 6.112 Režimi rada za sedamnaesti zahvat

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



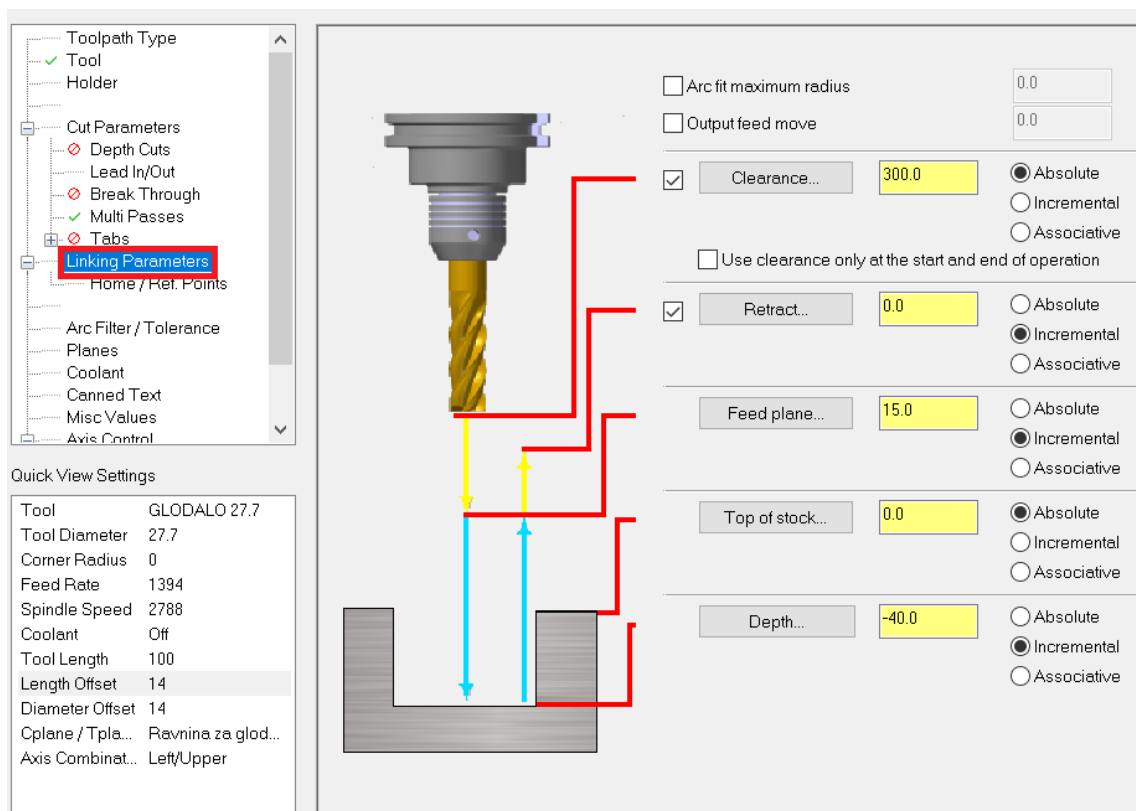
Slika 6.113 Uključivanje Multi Passes

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



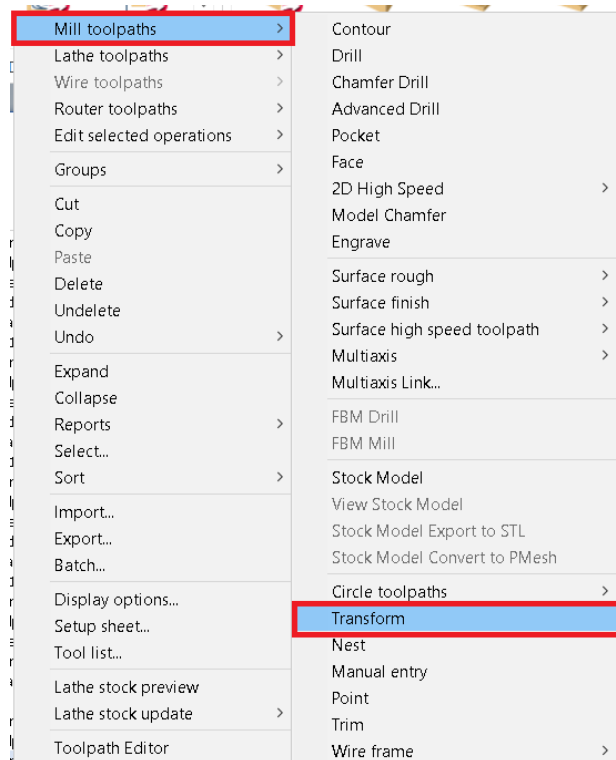
Slika 6.114 Smanjenje radijusa

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



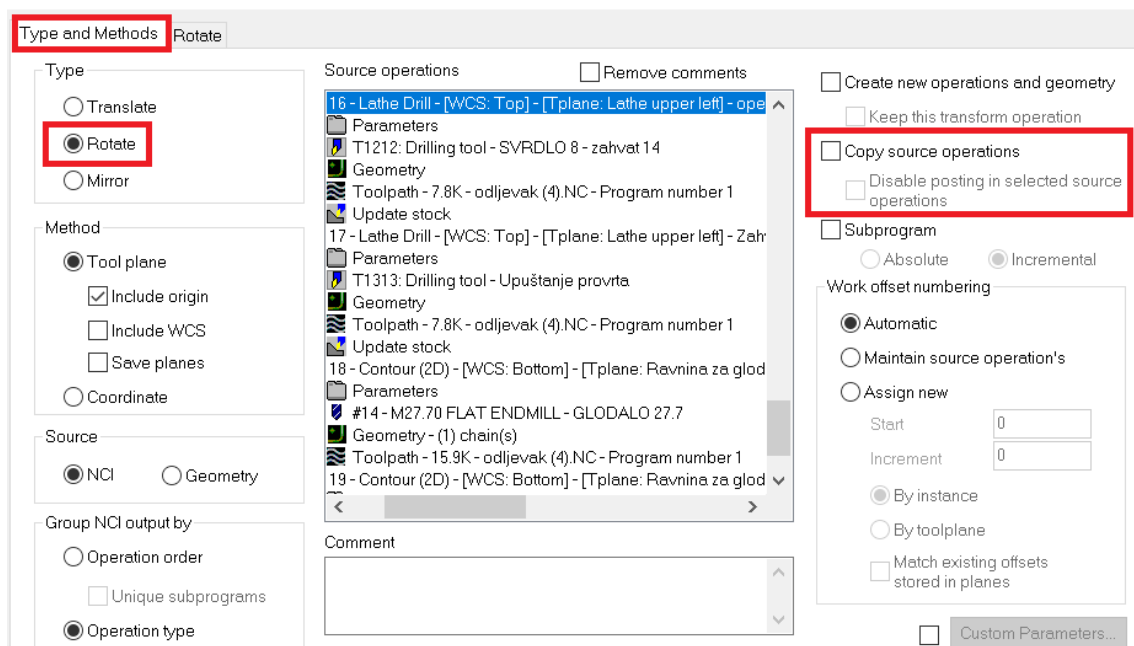
Slika 6.115 Parametri obrade za sedamnaesti zahvat

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



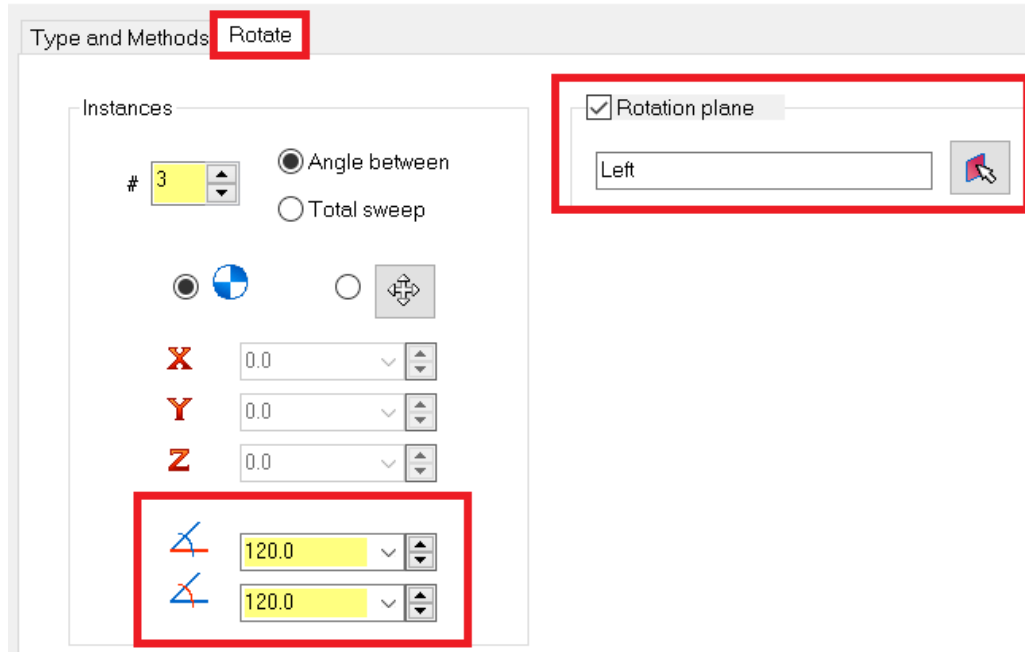
Slika 6.116 Odabir naredbe Transform

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



Slika 6.117 Uključivanje rotacije obratka i isključivanje Copy source operations

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



Slika 6.118 Postavljanje postavki za rotaciju obratka

Na slici 6.119 prikazano je vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata.

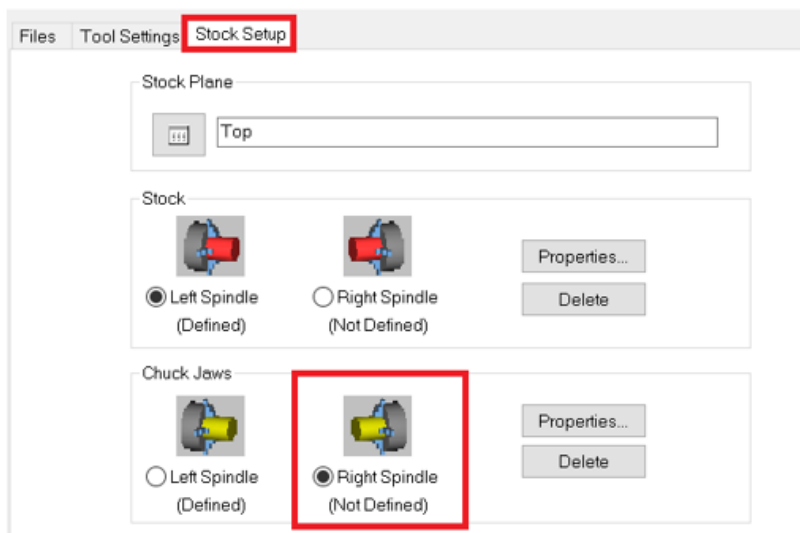


Slika 6.119 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata

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

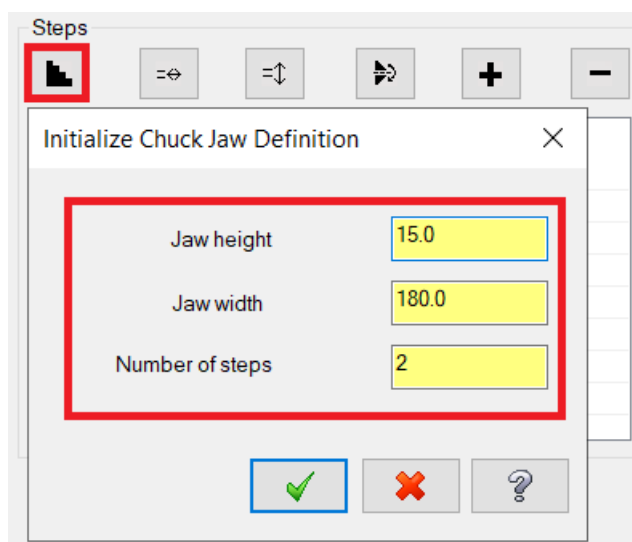
6.3.2 Operacija 20

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



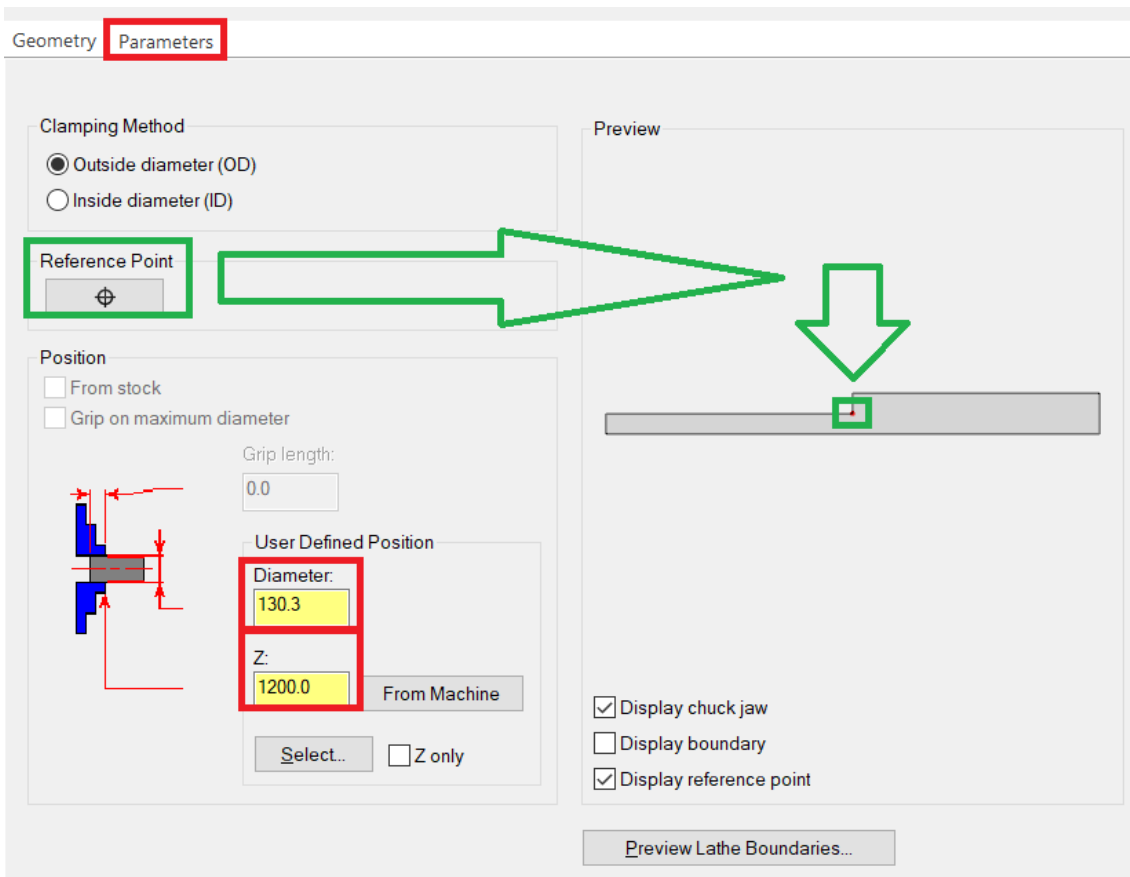
Slika 6.120 Uključivanje desnog vretena za novu operaciju

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



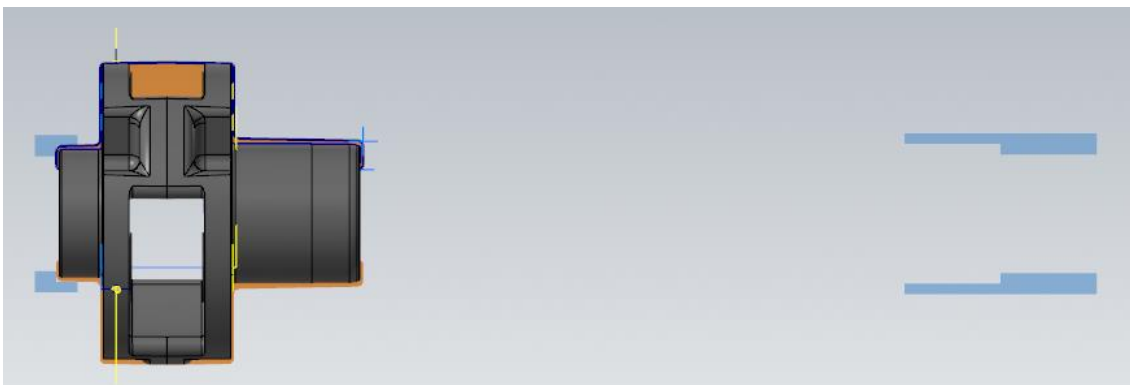
Slika 6.121 Dimenzije kreirane čeljusti

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



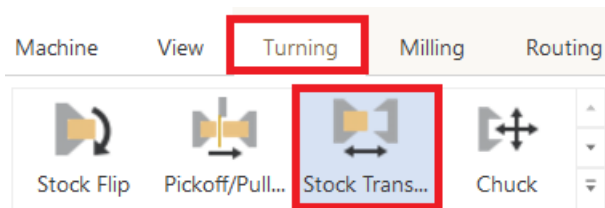
Slika 6.122 Odabir referentne točke i određivanje nove pozicije obratka

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



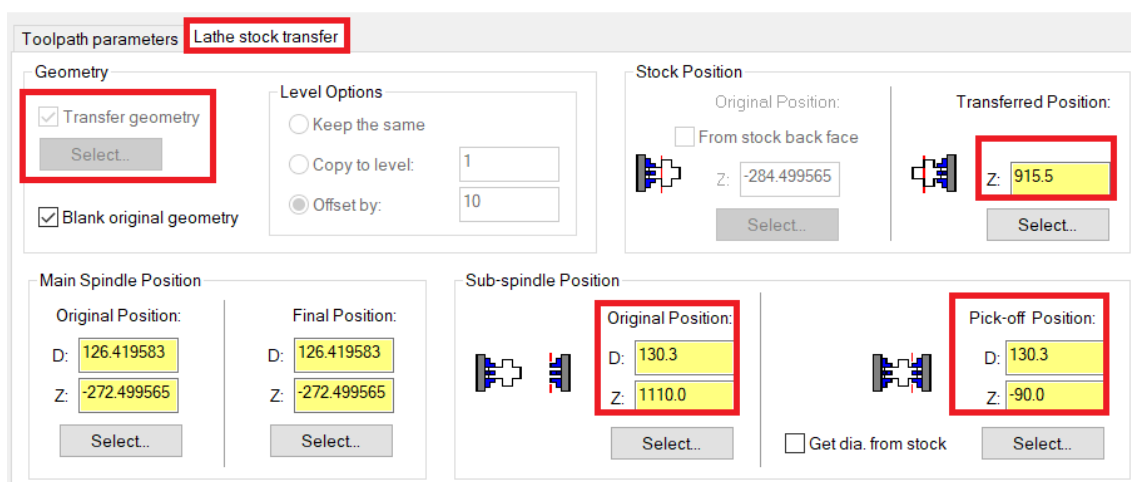
Slika 6.123 Prikaz novih čeljusti za stezanje

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



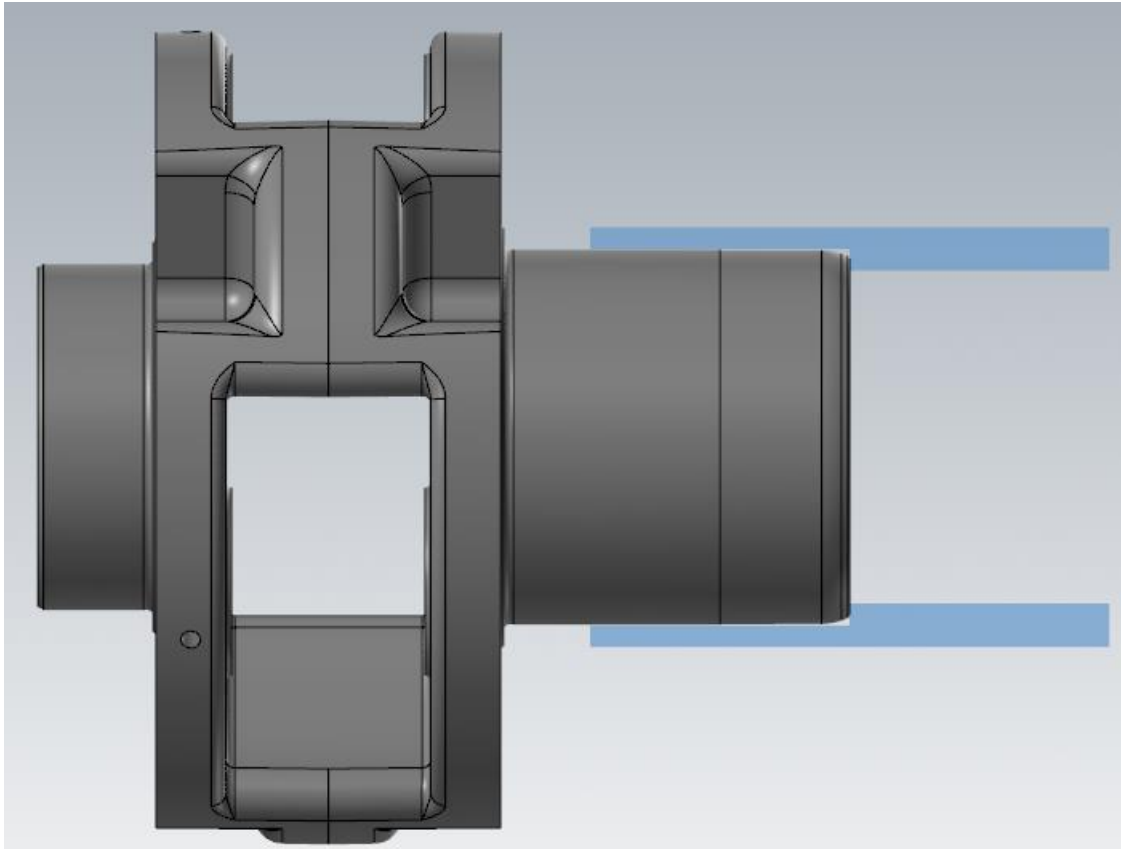
Slika 6.124 Odabir naredbe za translaciju obratka

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

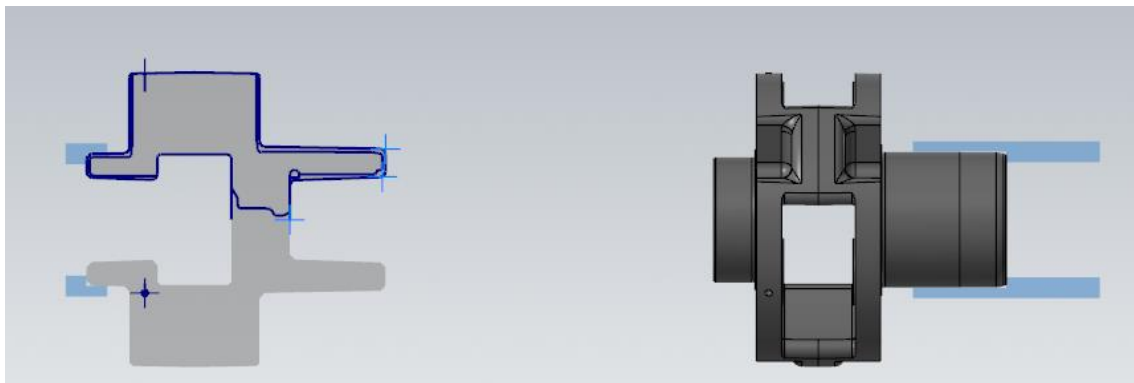


Slika 6.125 Označavanje obratka te unos dimenzija za novi položaj obratka

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

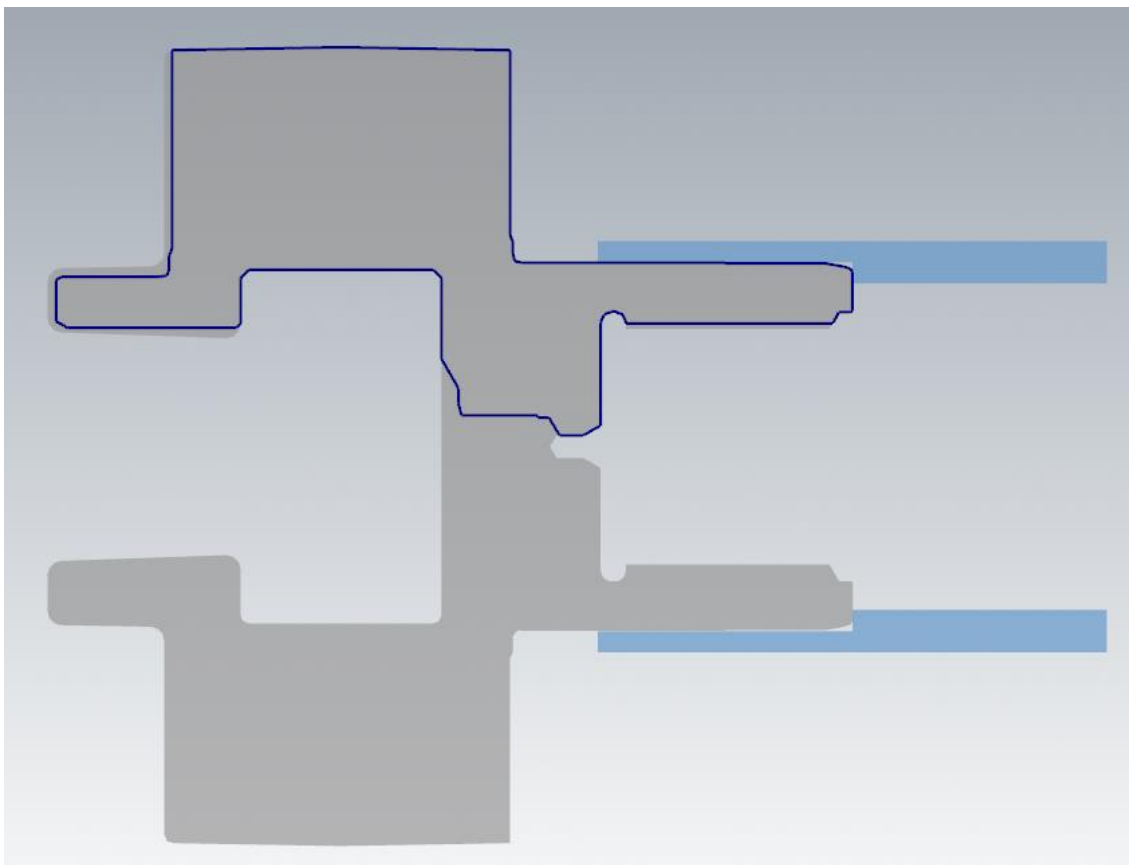


Slika 6.126 Stegnuti obradak spreman za obavljanje operacije 20



Slika 6.127 Stegnuti i translirani obradak spreman za obavljanje operacije 20

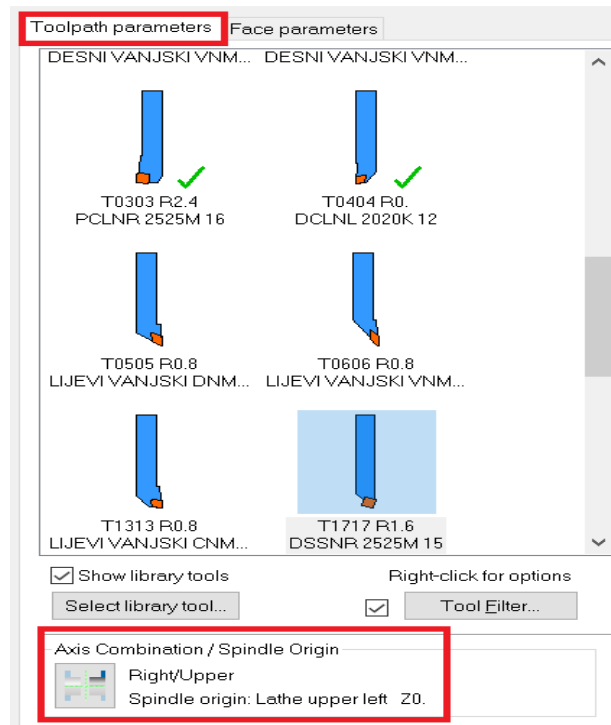
Na slici 6.128 prikazana je kontura za obradu sljedeće operacije.



Slika 6.128 Kontura za obradu operacije 20

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

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

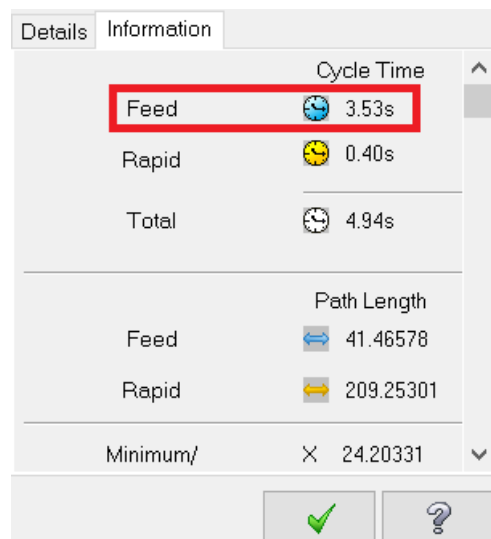


Slika 6.129 Uključivanje desnog vretena

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

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

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



Slika 6.130 Vrijeme trajanja drugog zahvata za operaciju 20

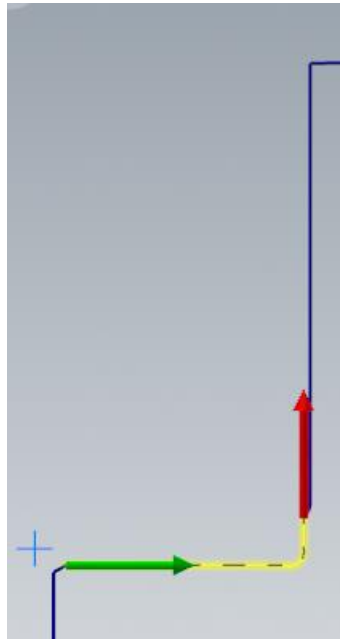
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 3,53 \text{ s} = 0,06 \text{ min}$

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

ZAHVAT 3: Grubo konturno tokarenje (vanjsko)

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

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



Slika 6.131 Smjer kretanja alata za treći zahvat operacije 20

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

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

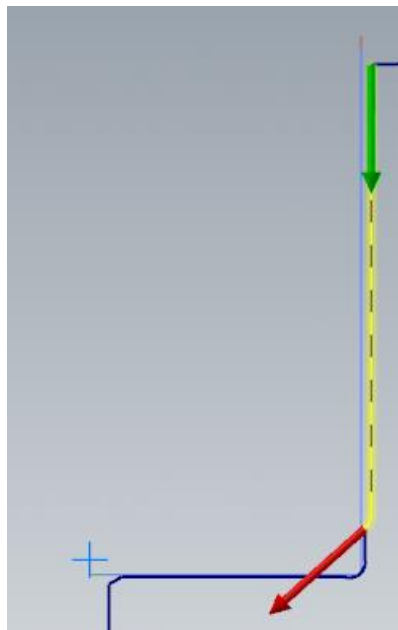
Slika 6.132 Vrijeme trajanja trećeg zahvata za operaciju 20

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

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

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

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



Slika 6.133 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat operacije 20

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

| Details | | Information | |
|------------|--|-------------|---|
| Cycle Time | | | |
| Feed | | 28.50s | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Rapid | | 3.39s | |
| Total | | 32.89s | |

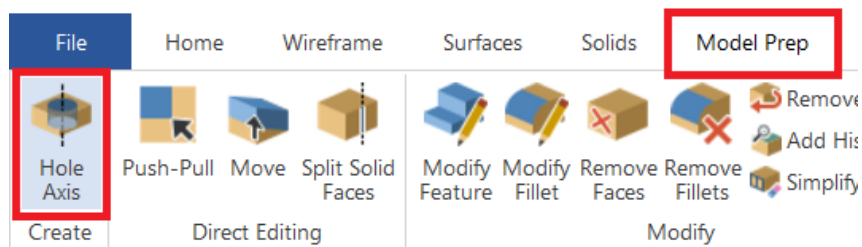
Slika 6.134 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata za operaciju 20

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

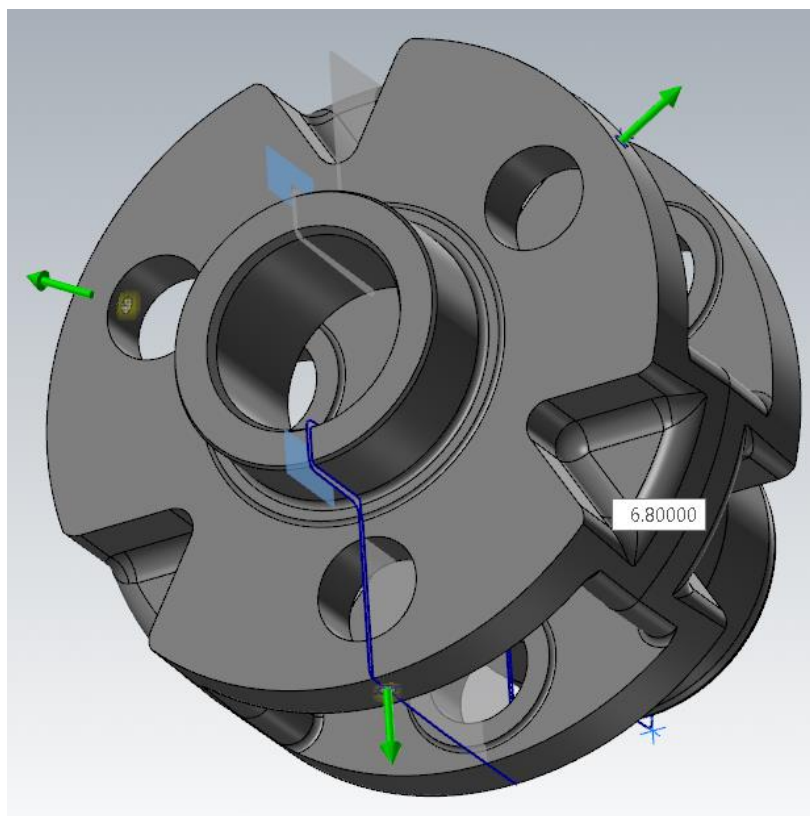
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,40 \text{ min}$

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

Kako bi zabušili provrte potrebno je definirati njihova središta. Definiranje središta vrši se tako da pod karticom *Model Prep* kliknemo na *Hole Axis* (Slika 6.135) te zatim označimo središta sva tri provrta (Slika 6.136 i Slika 6.137).



Slika 6.135 Naredba za označavanje središta provrta

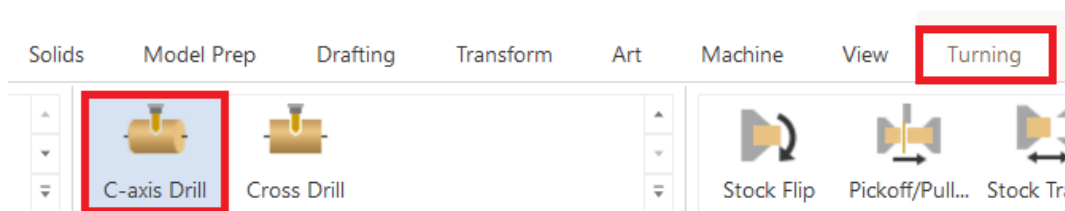


Slika 6.136 Označavanje središta provrta

| Type | Diameter |
|-------|----------|
| Arc 1 | 6.8 |
| Arc 2 | 6.8 |
| Arc 3 | 6.8 |

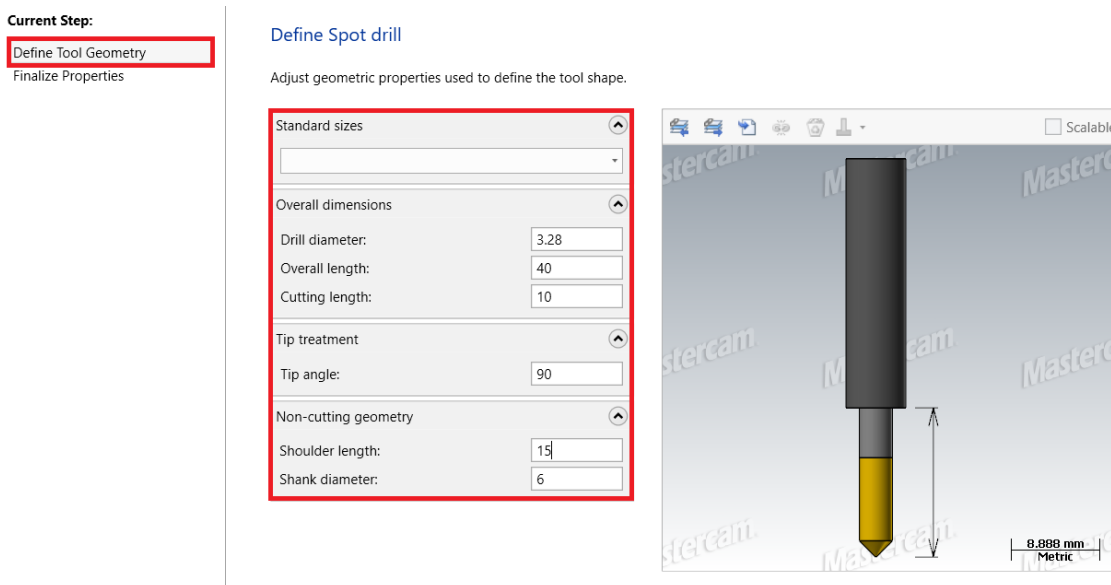
Slika 6.137 Promjeri provrta

Nakon što smo označili središta, pomoću opcije *C-Axis Drill* izvodi se zaibušivanje (Slika 6.138).

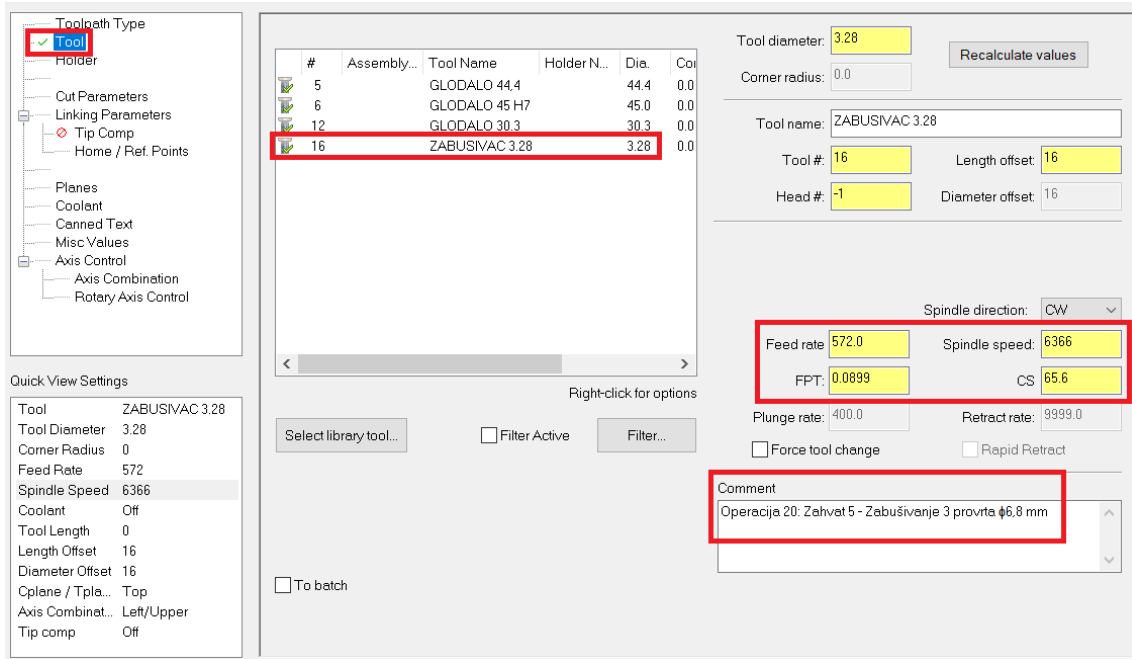


Slika 6.138 Odabir naredbe za zaibušivanje

Zatim se otvara kartica *Tool* u kojoj kreiramo zaibušivač koji smo odabrali u *Iscar* katalogu. Njegove dimenzije (Slika 6.139) i režimi rada (Slika 6.140) prikazani su na sljedećim slikama.

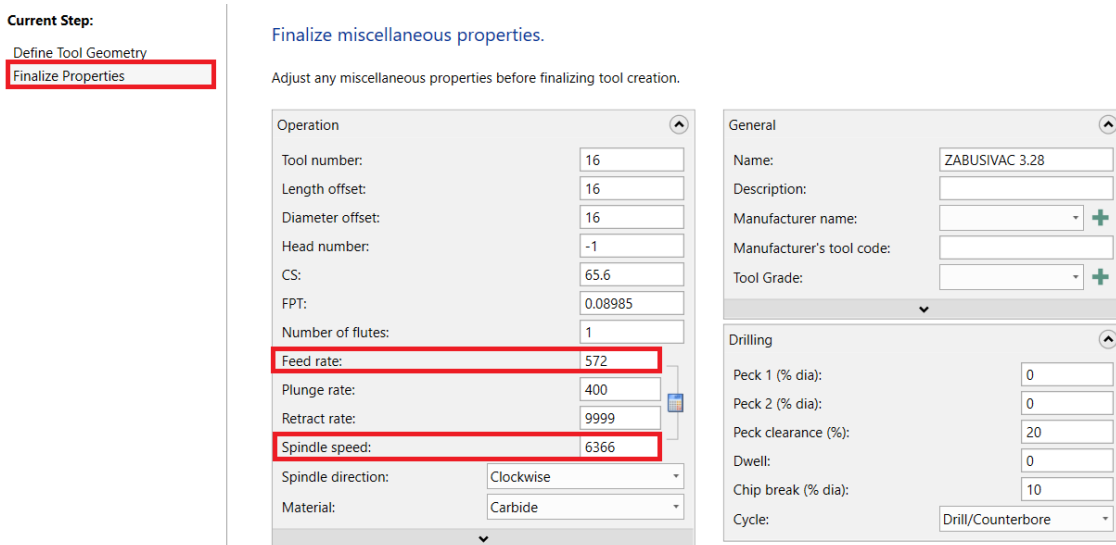


Slika 6.139 Dimenzije i izgled kreiranog zaibušivača



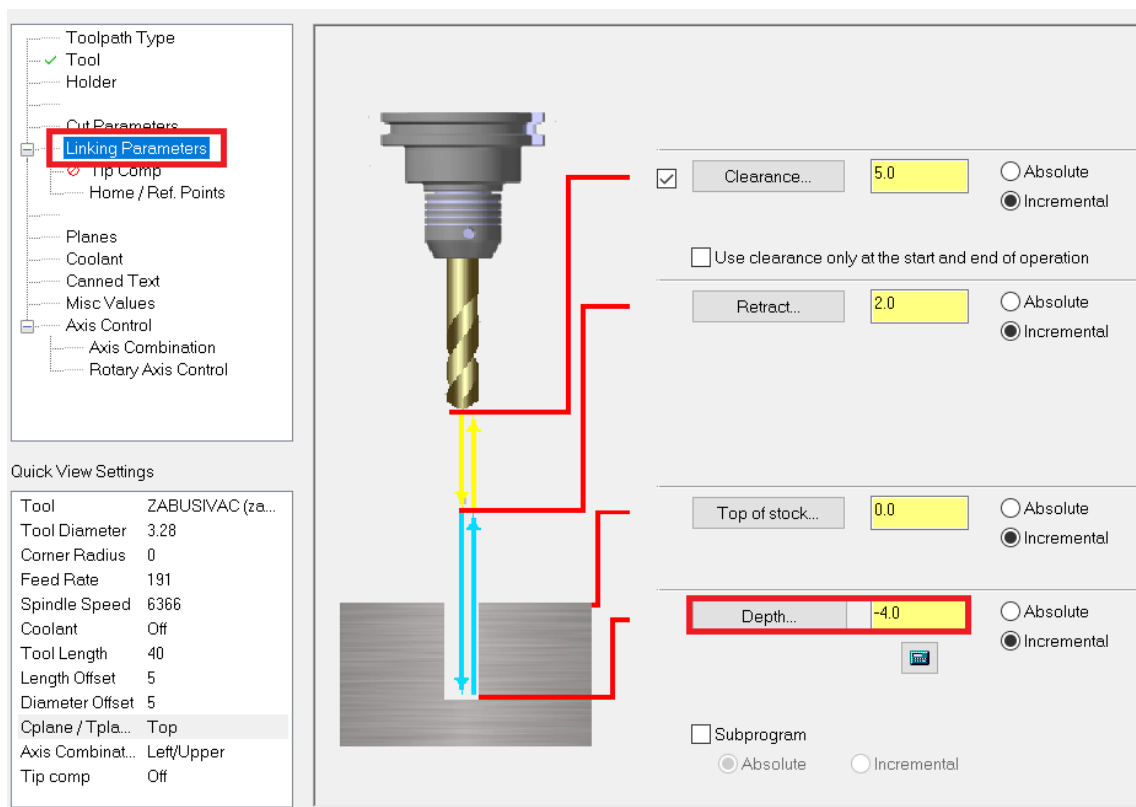
Slika 6.140 Režimi rada kreiranog zabušivača

Pod *Finalize Properties* upisuju se parametri obrade (Slika 6.141).



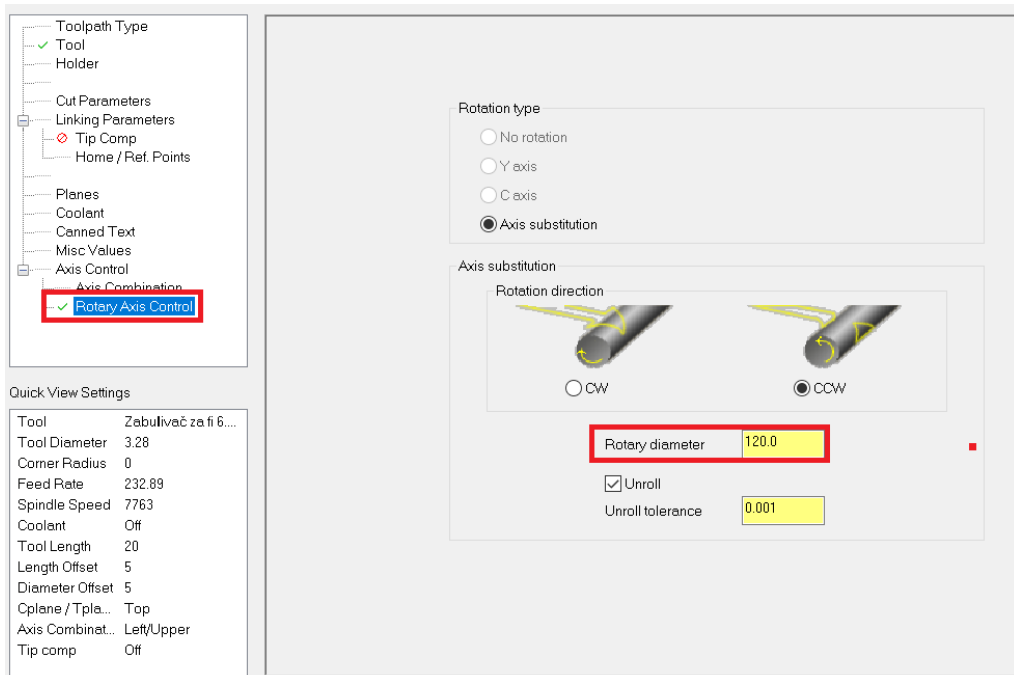
Slika 6.141 Parametri obrade za peti zahvat u operaciji 20

Pod karticom *Linking Parameters* upisuje se dubina (eng. depth) zabušivanja od 4 mm (Slika 6.142).



Slika 6.142 Određivanje dubine rezanja sa zašušivačem

U kartici *Axis control* označujemo *Rotary axis control* te pod *Rotary diameter* upisujemo rotacijski promjer, odnosno uključujemo zakretanje obratka (Slika 6.143).



Slika 6.143 Upisivanje rotacijskog promjera

Na slici 6.144 prikazano je vrijeme trajanja petog zahvata operacije 20.

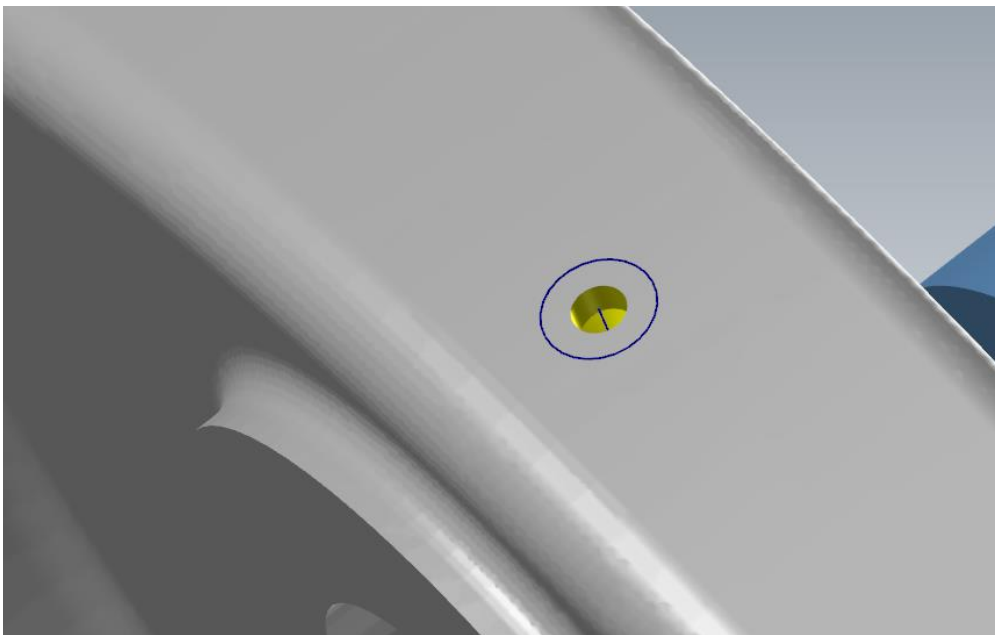


| Cycle Time | |
|------------|-------|
| Feed | 1.89s |
| Rapid | 0.60s |
| Total | 3.49s |

Slika 6.144 Vrijeme trajanja petog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 1,89 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,04 \text{ min}$

Prikaz zabušenog provrta M8 (Slika 6.145).



Slika 6.145 Prikaz zabušenog provrta

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

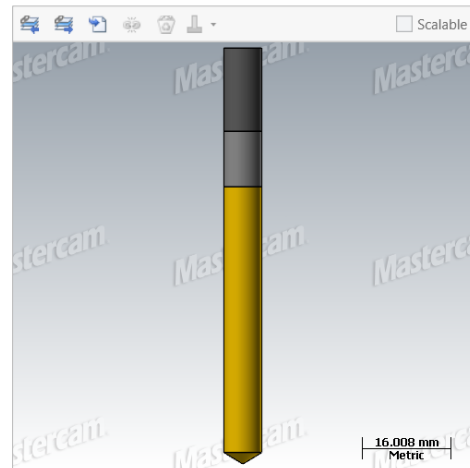
Bušenje provrta radi se pomoću iste naredbe kao zabušivanje. Jedina razlika je u tome što se umjesto zabušivača uzima svrdlo koje je potrebno kreirati na isti način kao u prethodnom zahvatu (Slika 6.146).

Current Step:
Define Tool Geometry
 Finalize Properties

Define Drill

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

| | |
|----------------------|-----|
| Standard sizes | |
| [] | |
| Overall dimensions | |
| Drill diameter: | 6.8 |
| Overall length: | 75 |
| Cutting length: | 50 |
| Tip treatment | |
| Tip angle: | 118 |
| Non-cutting geometry | |
| Shoulder length: | 60 |
| Shank diameter: | 6.8 |



Slika 6.146 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla

Režimi rada kreiranog svrdla prikazani su na sljedećoj slici (Slika 6.147).

Toolpath Type

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

Quick View Settings

| | |
|------------------|------------|
| Tool | SVRDLO 6.8 |
| Tool Diameter | 6.8 |
| Corner Radius | 0 |
| Feed Rate | 880.44 |
| Spindle Speed | 4002 |
| Coolant | Off |
| Tool Length | 70 |
| Length Offset | 6 |
| Diameter Offset | 6 |
| Cplane / Tpla... | Top |
| Axis Combinat... | Left/Upper |
| Tip comp | Off |

| # | Assembly... | Tool Name | Holder N... | Dia. |
|---|-------------|---------------------|-------------|------|
| 6 | | SVRDLO 6.8 | | 6.8 |
| 5 | | ZABUSIVAC (zahvat3) | | 3.28 |

Select library tool... Filter Active

To batch

Tool diameter: 6.8

Corner radius: 0.0

Tool name: SVRDLO 6.8

Tool #: 6 Length offset: 6

Head #: -1 Diameter offset: 6

Spindle direction: CW

Feed rate: 880.44 Spindle speed: 4002

FPT: 0.22 CS: 85.4967

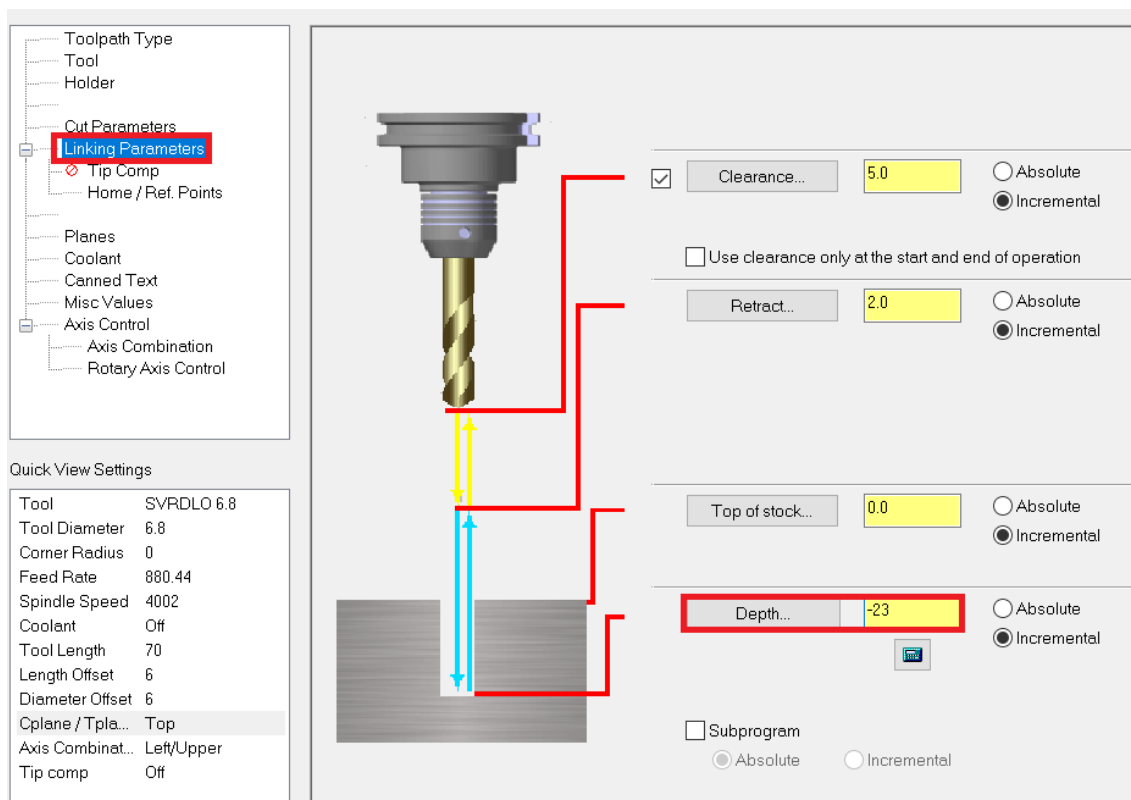
Plunge rate: 130.0 Retract rate: 9999.0

Force tool change Rapid Retract

Comment: Zahvat10 - busiti 3 provrta fi 6.8

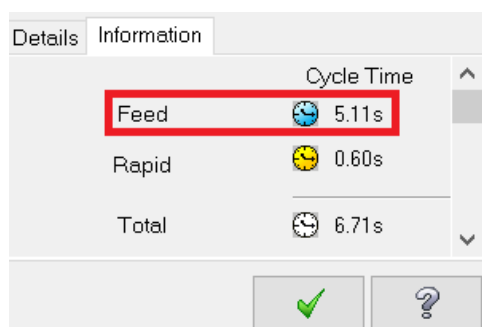
Slika 6.147 Režimi rada kreiranog svrdla

Pod karticom *Linking Parameters* upisuje se dubina bušenja (Slika 6.148).



Slika 6.148 Dubina bušenja provrta ϕ 6,8

Na slici 6.149 prikazano je vrijeme trajanja šestog zahvata operacije 20.



Slika 6.149 Vrijeme trajanja šestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 5,11 \text{ s} = 0,09 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,09 \text{ min}$

ZAHVAT 7: Urezivanje 3 navoja M8

Za urezivanje navoja koristi se naredba *C-Axis Drill*, isto kao u prethodna dva zahvata.

Urezivač kreiramo na način prikazan na slici 6.150.

Define Tool Geometry
Finalize Properties

Definiranje lap

Adjust geometric properties used to define the tool shape.

Standard sizes

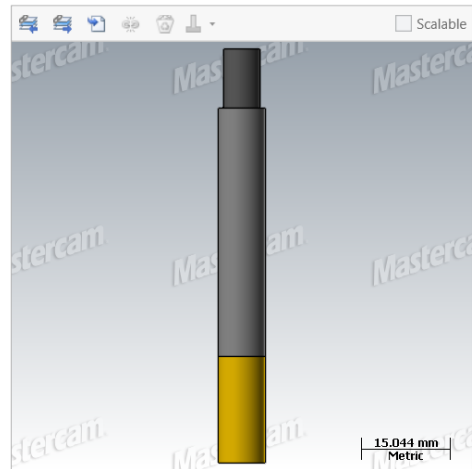
Nominal diameter: 8
Pitch: 1.25
 Left hand

Overall dimensions

Cutting length: 18
Shank diameter: 6.2
Overall length: 70

Tip treatment

Bottoming



Slika 6.150 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača

Režimi rada prikazani su na slici 6.151.

Toolpath Type

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

Quick View Settings

Tool: UREZNIK M8
Tool Diameter: 8
Corner Radius: 0
Feed Rate: 1924
Spindle Speed: 1539
Coolant: Off
Tool Length: 70
Length Offset: 18
Diameter Offset: 18
Cplane / Tpla...: Top
Axis Combinat...: Left/Upper
Tip comp: Off

| # | Assembly... | Tool Name | Holder N... | Dia. | Cor |
|----|-------------|----------------|-------------|----------|-----|
| 5 | | GLODALO 44.4 | | 44.4 | 0.0 |
| 6 | | GLODALO 45 H7 | | 45.0 | 0.0 |
| 12 | | GLODALO 30.3 | | 30.3 | 0.0 |
| 16 | | ZABUSIVAC 3.28 | | 3.28 | 0.0 |
| 17 | | SVRDLO 6.8 | | 6.8 | 0.0 |
| 18 | | UREZNIK M8 | | 8.0-1... | 0.0 |

Select library tool... Filter Active Filter...

To batch

Tool diameter: 8.0 Recalculate values

Corner radius: 0.0

Tool name: UREZNIK M8

Tool #: 18 Length offset: 18

Head #: -1 Diameter offset: 18

Spindle direction: CW

Feed rate: 1924.0 Spindle speed: 1539

FPT: 1.25 CS: 38.6805

Plunge rate: 400.0 Retract rate: 400.0

Force tool change Rapid Retract

Comment

Operacija 20: Zahvat 7 - Urezivanje 3 navoja M8

Slika 6.151 Režimi rada kreiranog zabušivača

Na slici 6.152 prikazano je vrijeme trajanja sedmog zahvata operacije 20.

| Cycle Time | |
|------------|-------|
| Feed | 2.34s |
| Rapid | 0.60s |
| Total | 3.94s |

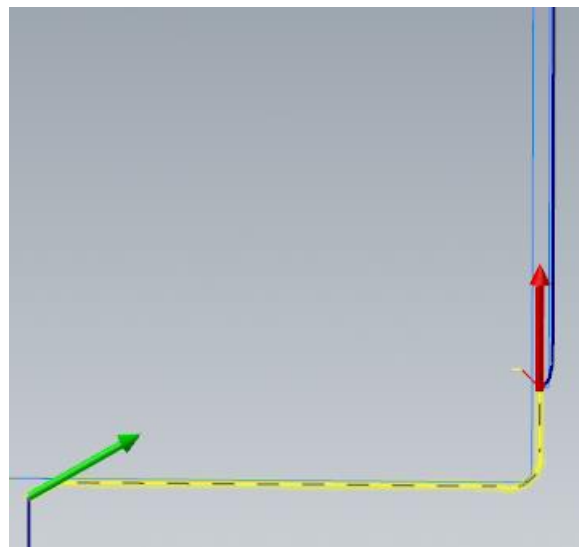
Slika 6.152 Vrijeme trajanja sedmog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 2,34 \text{ s} = 0,04 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,04 \text{ min}$

ZAHVAT 8: Fino konturno tokarenje (vanjsko)

Dimenzije alata i princip rada je isti kao kod zahvata 4 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.153).



Slika 6.153 Smjer kretanja alata za osmi zahvat operacije 20

Na slici 6.154 prikazano je vrijeme trajanja osmog zahvata operacije 20.

| Details | | Information | |
|---------|--|-------------|--|
| | | Cycle Time | |
| Feed | | 24.03s | |
| Rapid | | 3.30s | |
| Total | | 28.33s | |

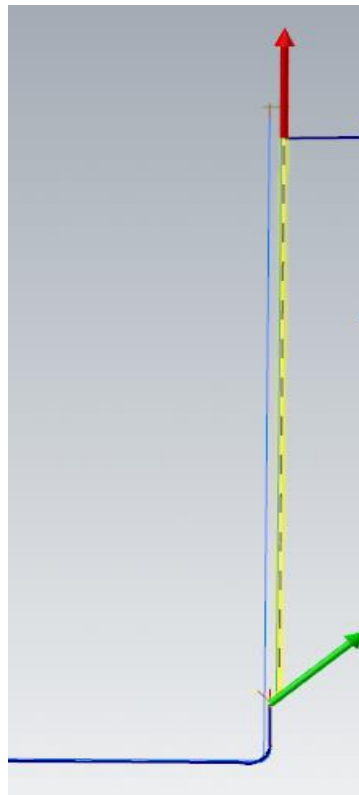
Slika 6.154 Vrijeme trajanja osmog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 24,03 \text{ s} = 0,40 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,40 \text{ min}$

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






Dimenzije alata i princip rada je isti kao kod zahvata 8 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.155).



Slika 6.155 Smjer kretanja alata za deveti zahvat operacije 20

Na slici 6.156 prikazano je vrijeme trajanja devetog zahvata operacije 20.

| Details | | Information | |
|---|---|--|--|
| Cycle Time | | | |
| Feed |  | 1m:1.92s | |
| Rapid |  | 3.40s | |
| <hr/> | | | |
| Total |  | 1m:6.32s | |
|  | |  | |

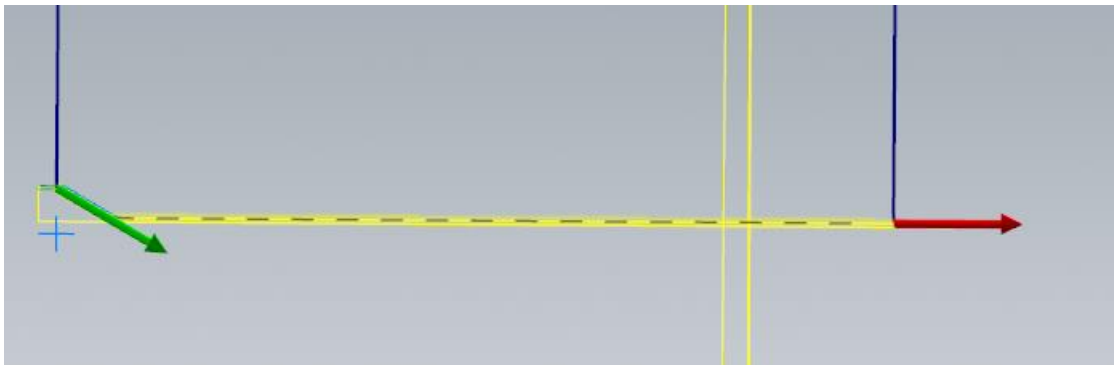
Slika 6.156 Vrijeme trajanja devetog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 1 \text{ min } 1,92 \text{ s} = 1,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,94 \text{ min}$

ZAHVAT 10: Tokarenje utora na mjeru $\phi 84 \text{ mm}$

Izgled i dimenzije alata su iste kao kod zahvata 11 u operaciji 10.

Smjer kretanja alata prikazan je na sljedećoj slici (Slika 6.157).



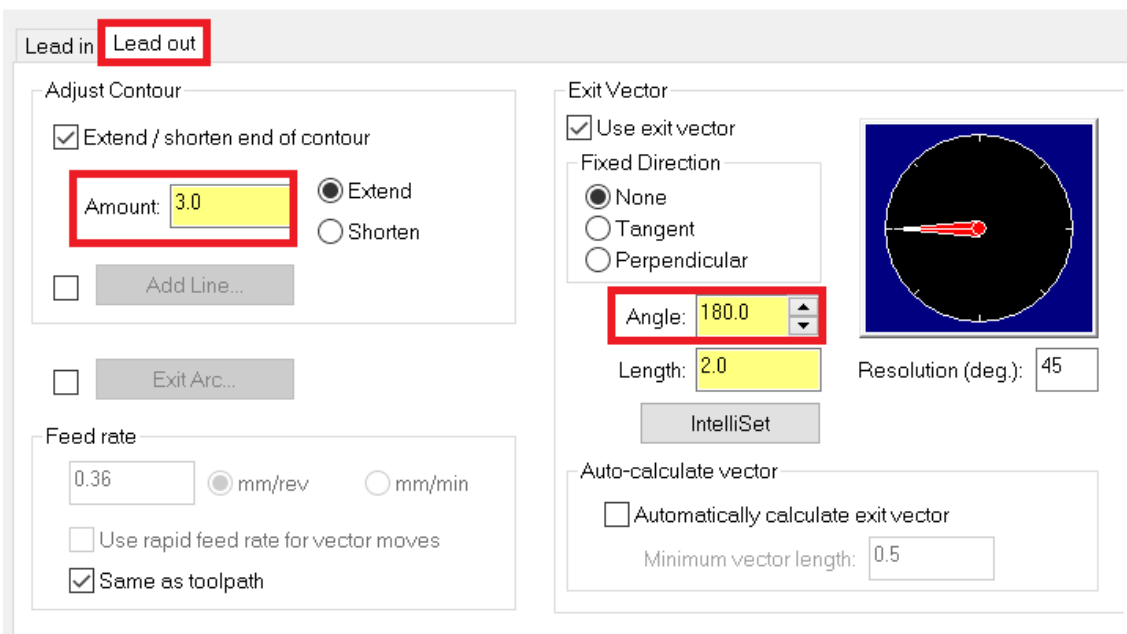
Slika 6.157 Smjer kretanja lata za deseti zahvat operacije 20

Jedina razlika na unutarnje tokarenje kod operacije 10 je broj finih prolaza koji sada iznosi 2 (Slika 6.158).



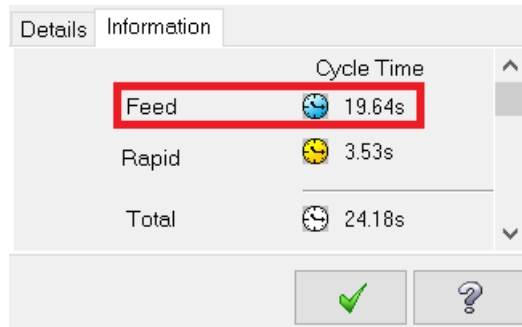
Slika 6.158 Parametri obrade za deseti zahvat operacije 20

Bitno je uključiti izlaz alata pod 180° (Slika 6.159).



Slika 6.159 Uključivanje izlaza alata

Na slici 6.160 prikazano je vrijeme trajanja desetog zahvata operacije 20.

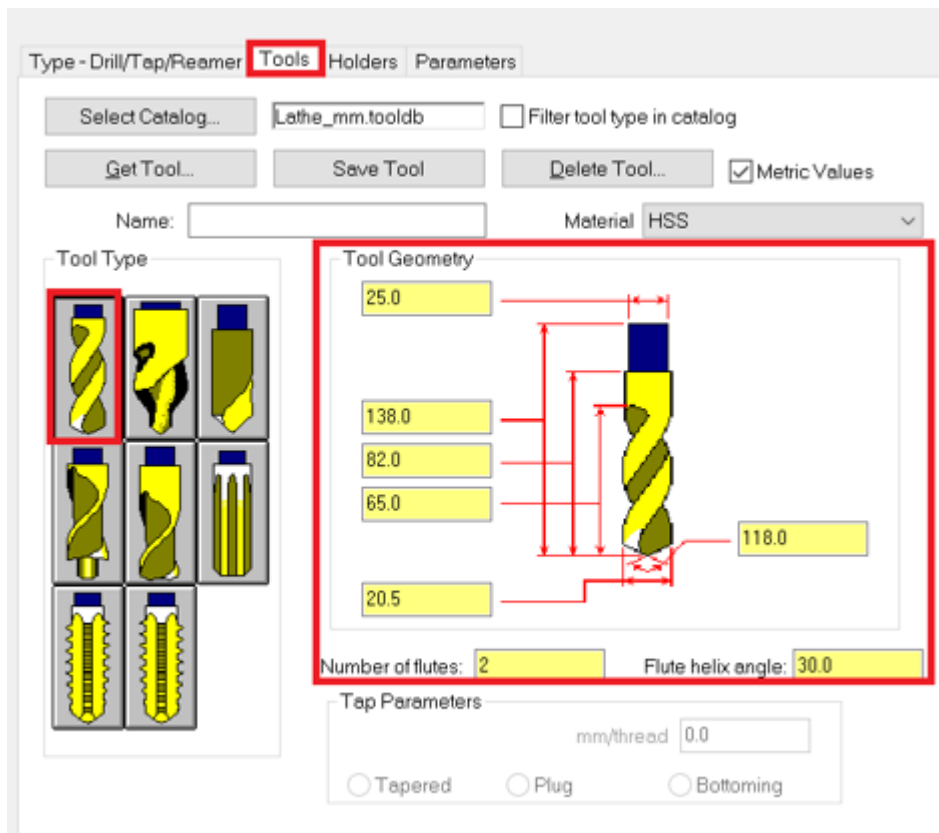


Slika 6.160 Vrijeme trajanja desetog zahvata za operaciju 20

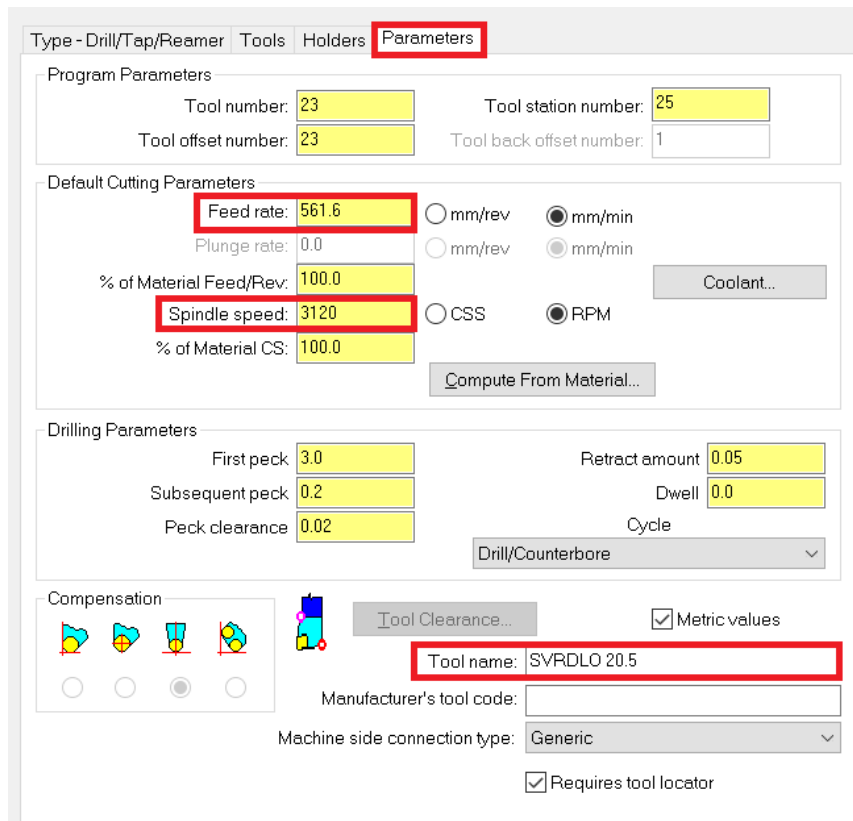
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 19,64 s = 0,33 min$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,33 min$

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

Na samom početku potrebno je kreirati alat. Na slici 6.161 prikazan je kreirani alat, a na slici 6.162 njegovi režimi rada.

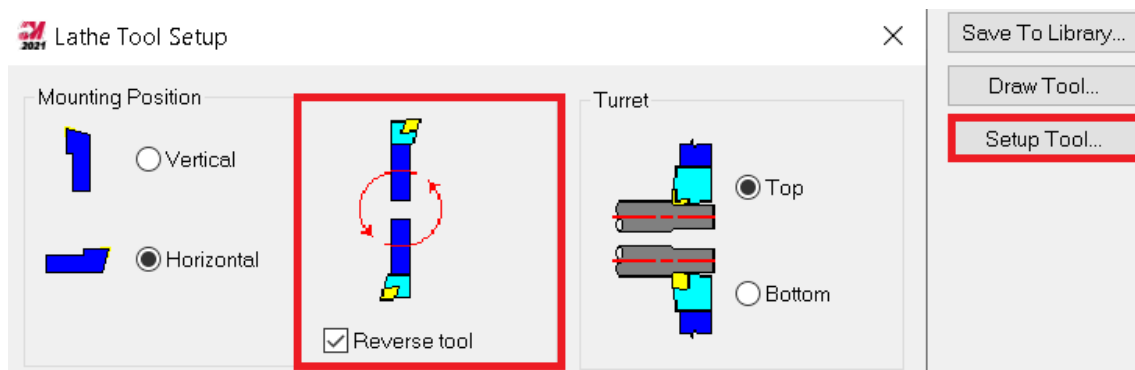


Slika 6.161 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla



Slika 6.162 Režimi rada kreiranog svrdla

Vrlo važno kod ovog zahvata je promijeniti smjer svrdla (eng. reverse tool). To se radi tako da prilikom kreiranja svrdla kliknemo na *Setup Tool*, a zatim označimo prazan prozorčić gdje piše *Reverse tool* (Slika 6.163).



Slika 6.163 Promjena smjera alata

Daljnji princip rada je isti kao kod zahvata 15 u operaciji 10.

Na slici 6.164 prikazano je vrijeme trajanja jedanaestog zahvata operacije 20.

| Cycle Time | |
|------------|-------|
| Feed | 4.18s |
| Rapid | 1.10s |
| Total | 6.28s |

| Path Length | |
|-------------|-----------|
| Feed | 39.15882 |
| Rapid | 528.44441 |

| | | |
|----------|---|----|
| Minimum/ | X | 0. |
|----------|---|----|

Slika 6.164 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 4,18 \text{ s} = 0,07 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,07 \text{ min}$

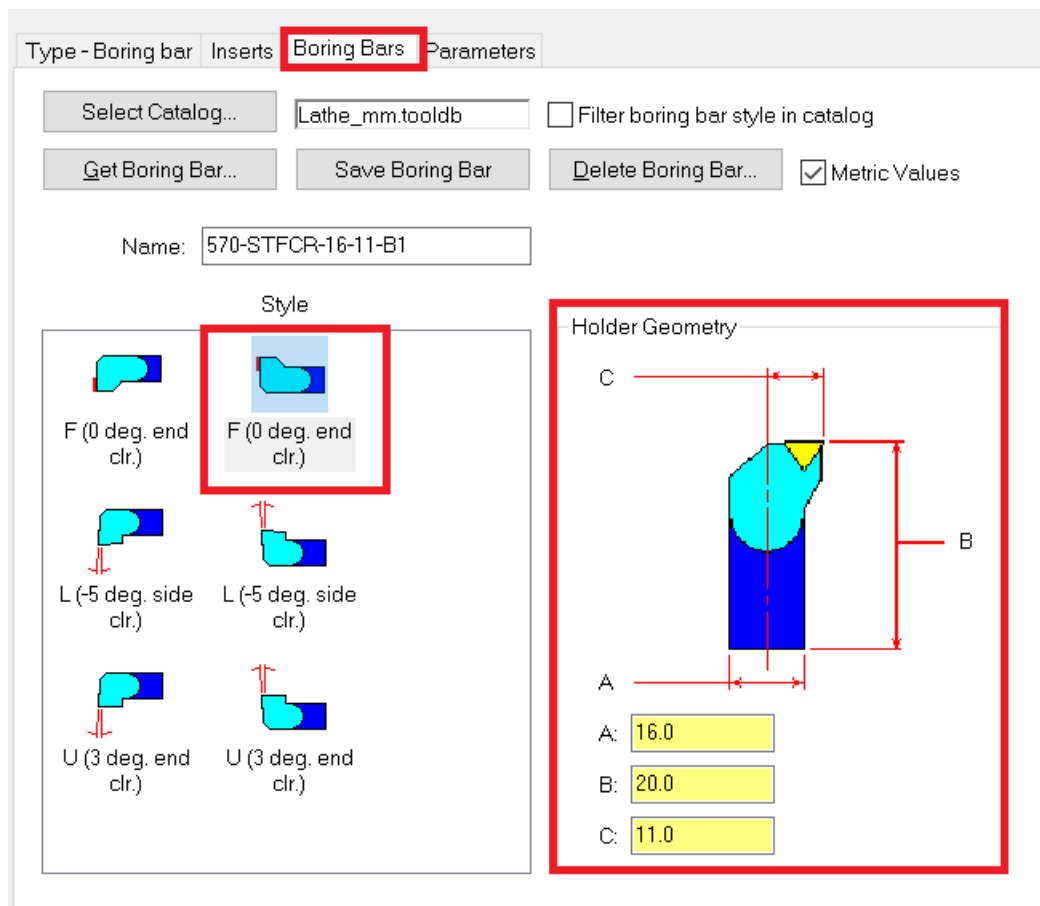
ZAHVAT 12: Grubo tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60°

Ovaj zahvat radi se pomoću naredbe *Rough*. Na slici 6.165 prikazan je smjer kretanja alata.



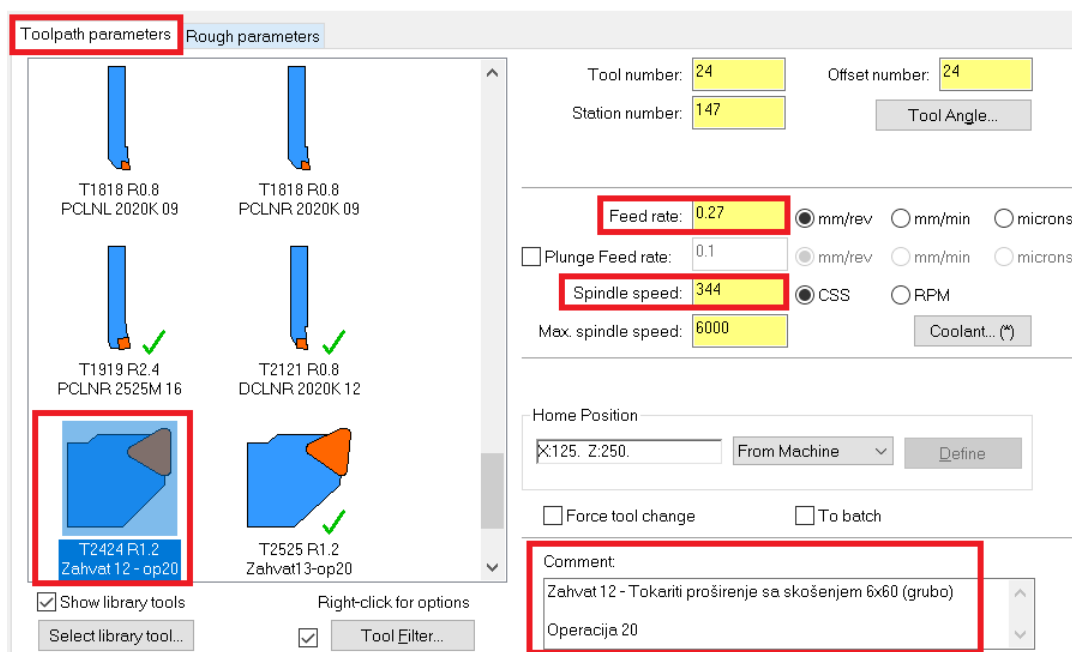
Slika 6.165 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat operacije 20

Alat koji se koristi za ovaj zahvat i njegove dimenzije prikazane su na slici 6.166.



Slika 6.166 Dimenzije i izgled kreiranog zabušivača

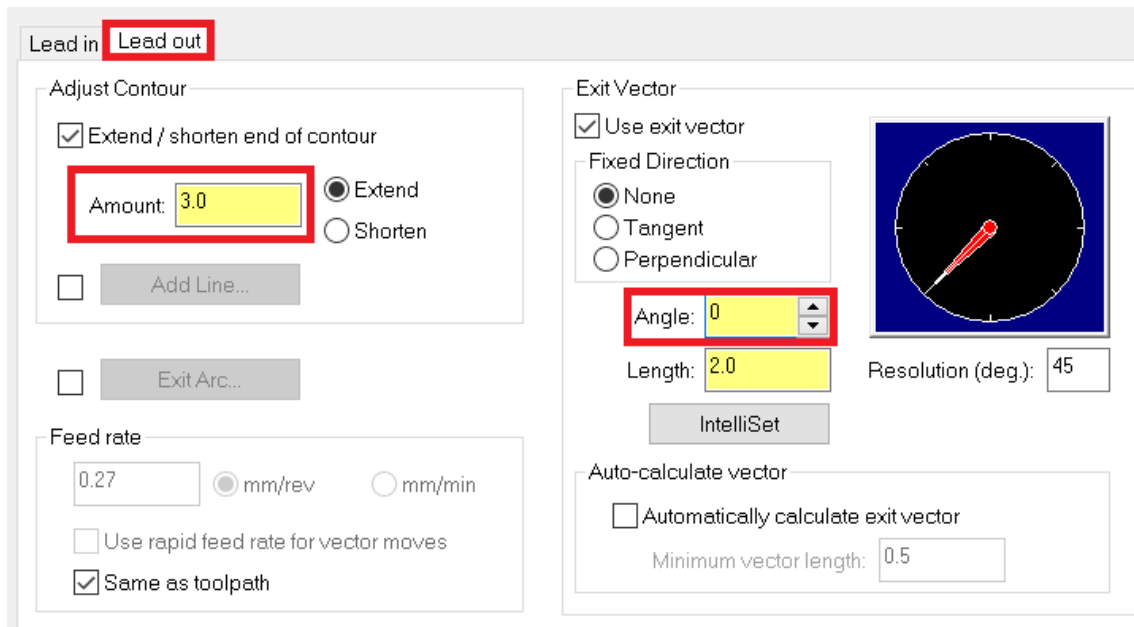
Režimi rada prikazani su na slici 6.167.



Slika 6.167 Režimi rada kreiranog zabušivača

Parametri obrade su jednaki kao kod ranijeg, četvrtog zahvata operacije 10. Razlika je jedino u dubini rezanja koja u ovom zahvatu iznosi 1,5 mm.

Potrebno je uključiti izlaz alata (Slika 6.168).



Slika 6.168 Uključivanje izlaza alata

Na slici 6.169 prikazano je vrijeme trajanja dvanaestog zahvata operacije 20.

| Details | | Information | |
|------------|--|-------------|--|
| Cycle Time | | | |
| Feed | | 13.97s | |
| Rapid | | 4.15s | |
| Total | | 19.12s | |

Slika 6.169 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 13,97 \text{ s} = 0,23 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,17 \text{ min}$

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

Ovaj zahvat radi se pomoću naredbe *Finish*. Na slici 6.169 prikazan je smjer kretanja alata.



Slika 6.170 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat operacije 20

Alat za ovaj zahvat je isti kao i u prethodnom.

Parametri obrade su jednaki kao kod ranijeg, osmog zahvata operacije 10.

Na slici 6.171 prikazano je vrijeme trajanja trinaestog zahvata operacije 20.

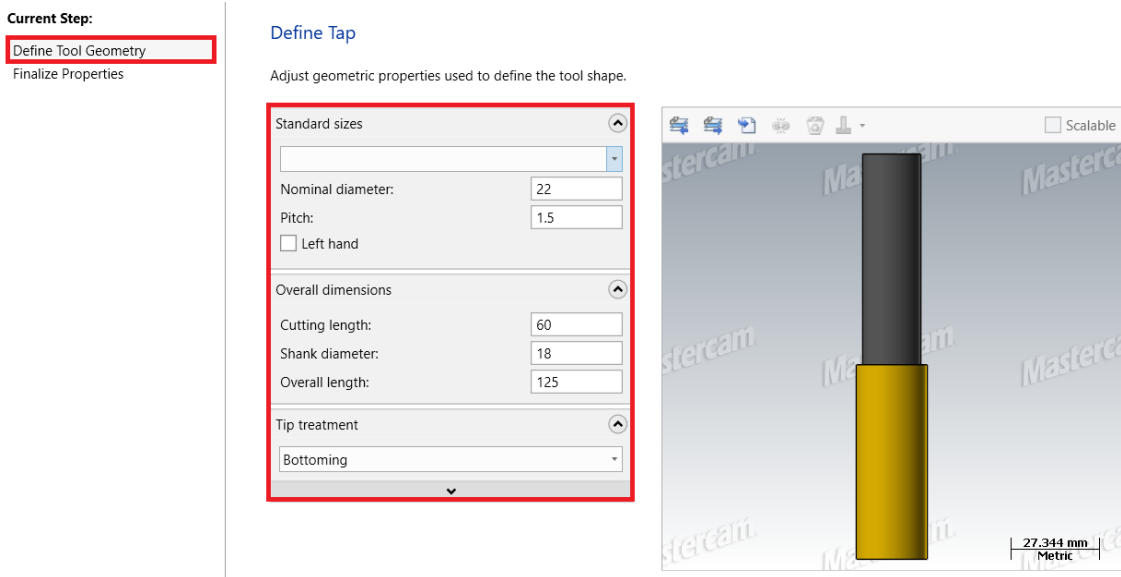
| Details | Information | Cycle Time |
|---------|-------------|------------|
| Feed | | 2.25s |
| Rapid | | 3.87s |
| Total | | 7.13s |

Slika 6.171 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata za operaciju 20

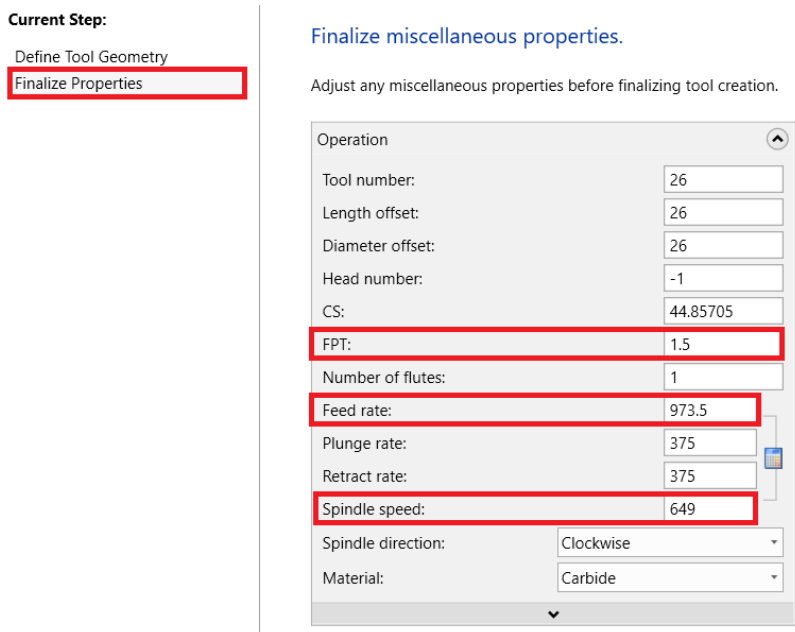
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 2,25 \text{ s} = 0,04 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,03 \text{ min}$

ZAHVAT 14: Urezivanje navoja M22 x 1,5

Princip rada je isti kao kod zahvata 7 u operaciji 20 samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*. Za ovaj zahvat kreira se urezivač za urezivanje navoja M22x1,5 čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.172, Slika 6.173).

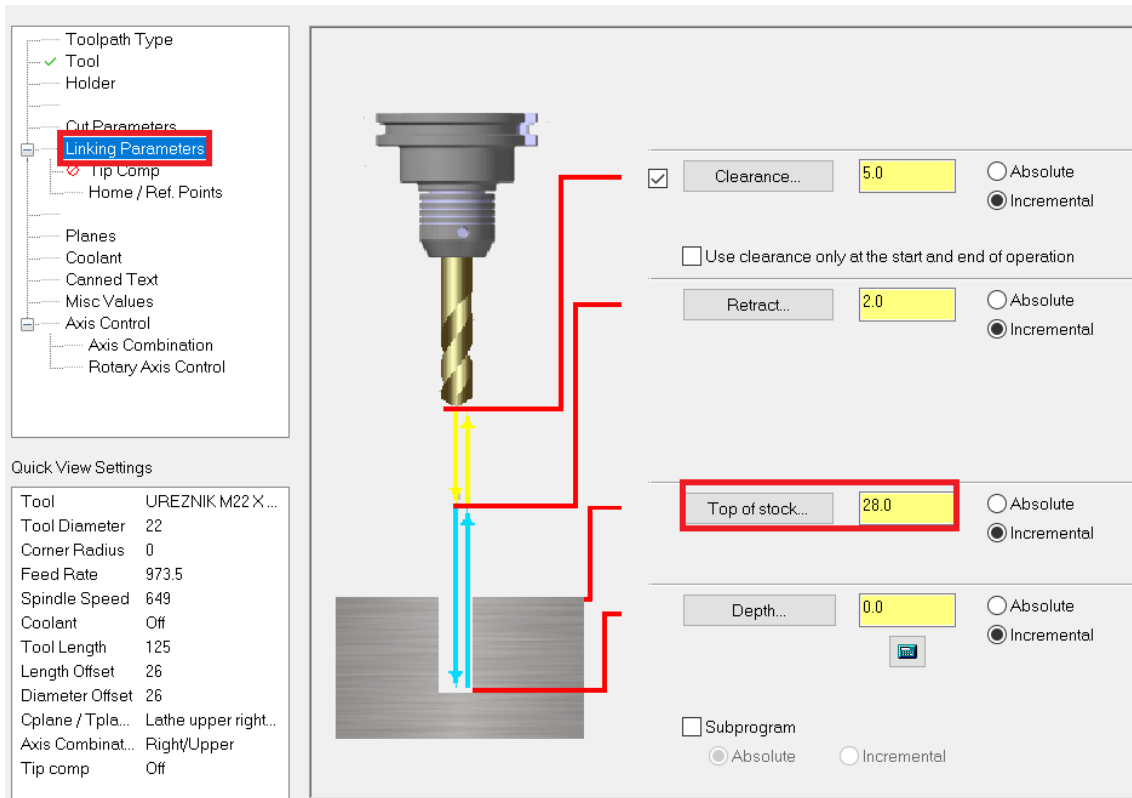


Slika 6.172 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača



Slika 6.173 Režimi rada kreiranog urezivača

Urezivanje se vrši do dubine od 28 mm (Slika 6.174).



Slika 6.174 Dubina urezivanja navoja M22x1,5

Na slici 6.175 prikazano je vrijeme trajanja četrnaestog zahvata operacije 20.

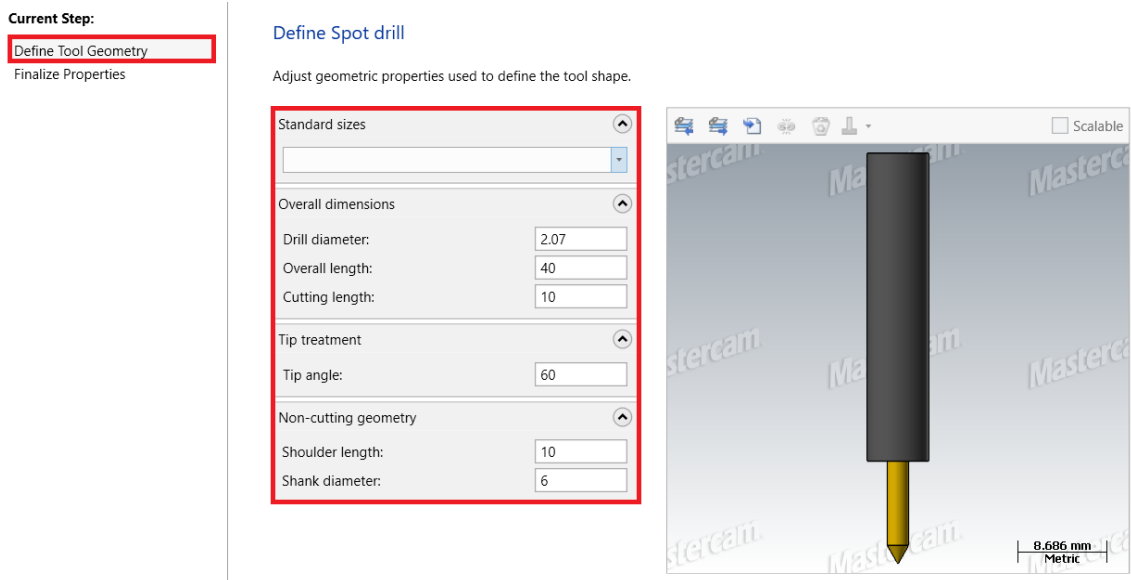
| Details | | Information | |
|----------|-------|-------------|--|
| | | Cycle Time | |
| Feed | 1.85s | | |
| Rapid | 0.00s | | |
| Total | 2.85s | | |
| | | Path Length | |
| Feed | 30. | | |
| Rapid | 36. | | |
| Minimum/ | × | 0. | |

Slika 6.175 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata za operaciju 20

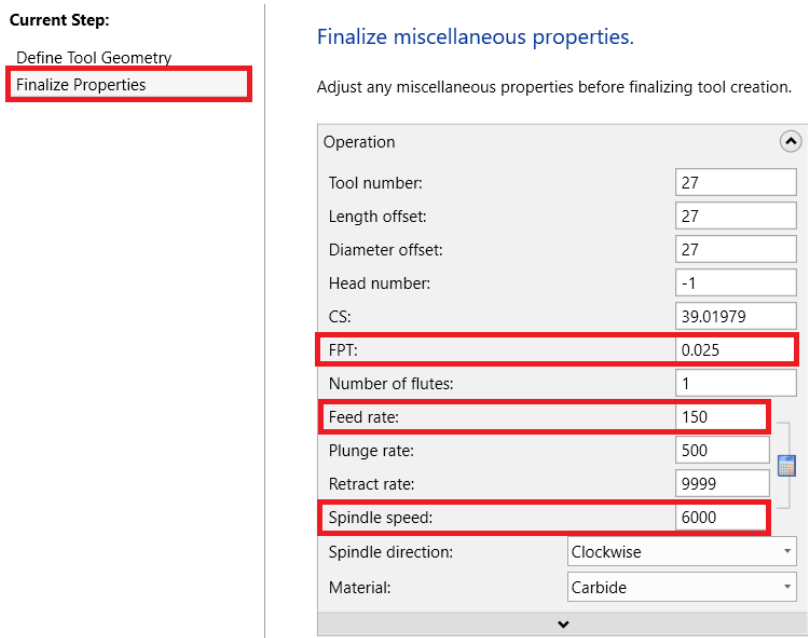
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 1,85 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,03 \text{ min}$

ZAHVAT 15: Zabušivanje provrta za izradu navoja M4

Princip rada je isti kao kod zahvata 5 u operaciji 20 samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*.. Za ovaj zahvat kreira se zabušivač s promjerom vrha od 2,07 mm čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.176, Slika 6.177).

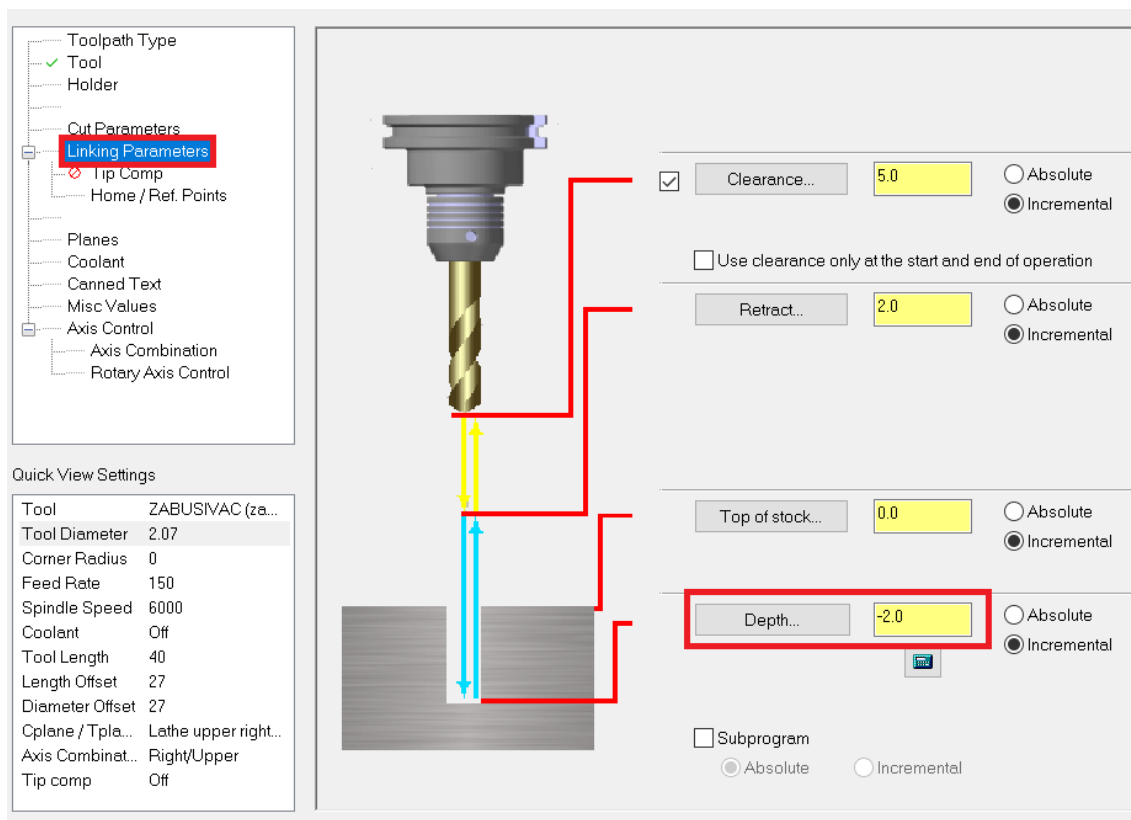


Slika 6.176 dimenzije i izgled kreiranog zabušivača



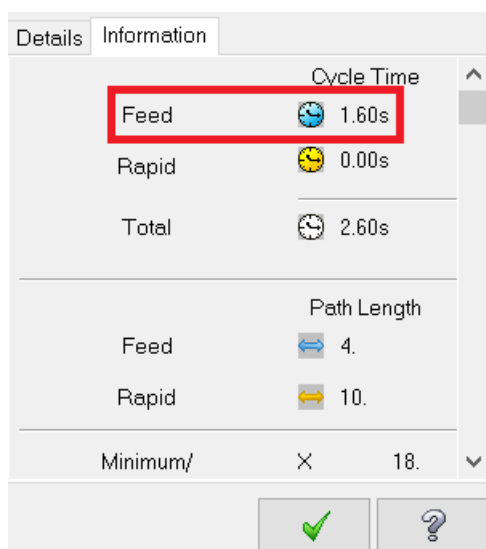
Slika 6.177 Režimi rada kreiranog zabušivača

Zabušivanje se vrši do dubine od 28 mm (Slika 6.178).



Slika 6.178 Dubina zabušivanja provrta M4

Na slici 6.179 prikazano je vrijeme trajanja petnaestog zahvata operacije 20.

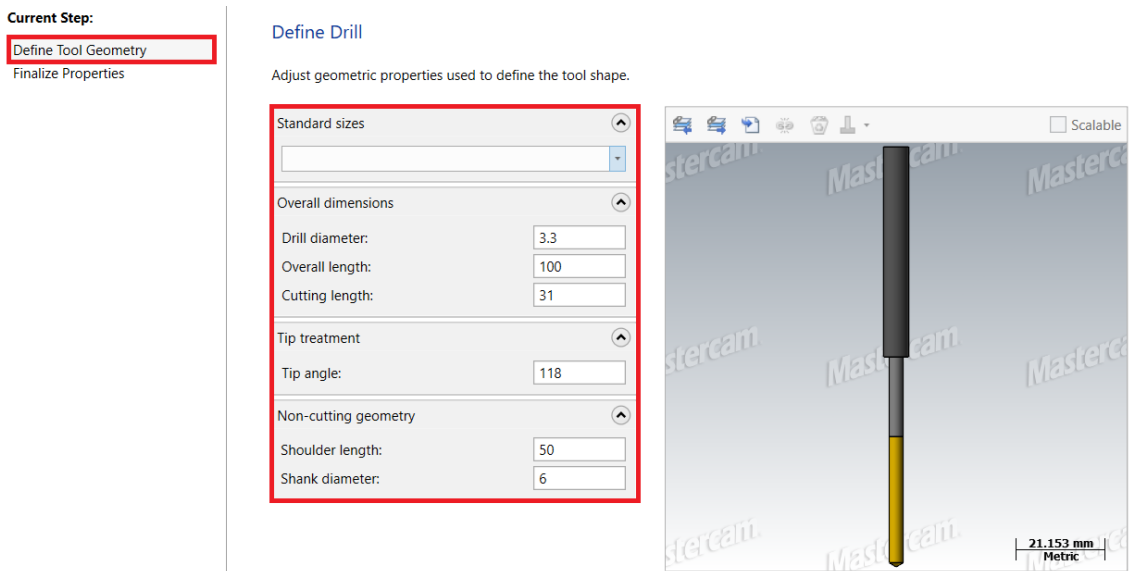


Slika 6.179 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata za operaciju 20

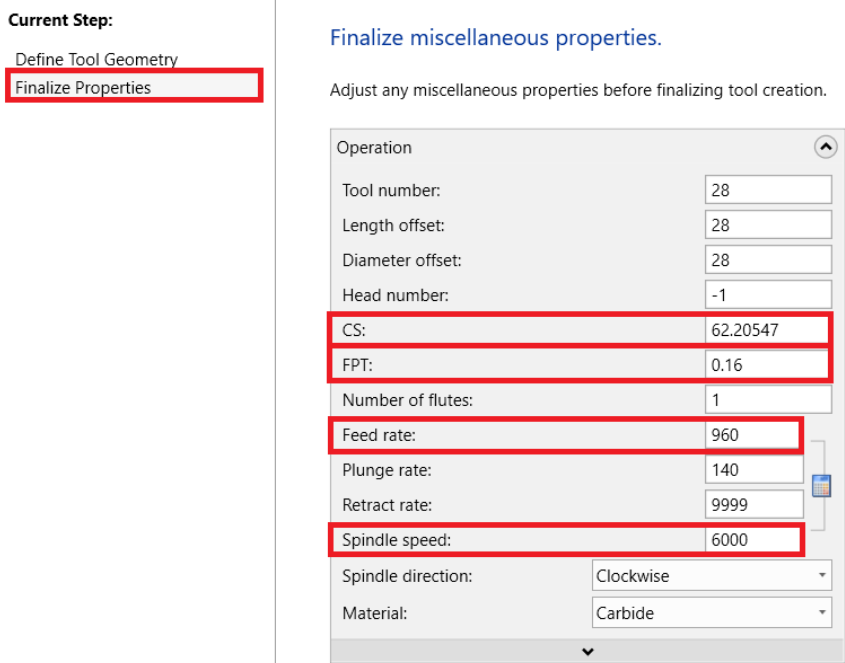
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 1,60 \text{ s} = 0,03 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,03 \text{ min}$

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

Princip rada je isti kao kod zahvata 6 u operaciji 20, samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill..* Za ovaj zahvat kreira se svrdlo s promjerom od 3,3 mm čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.180, Slika 6.181).

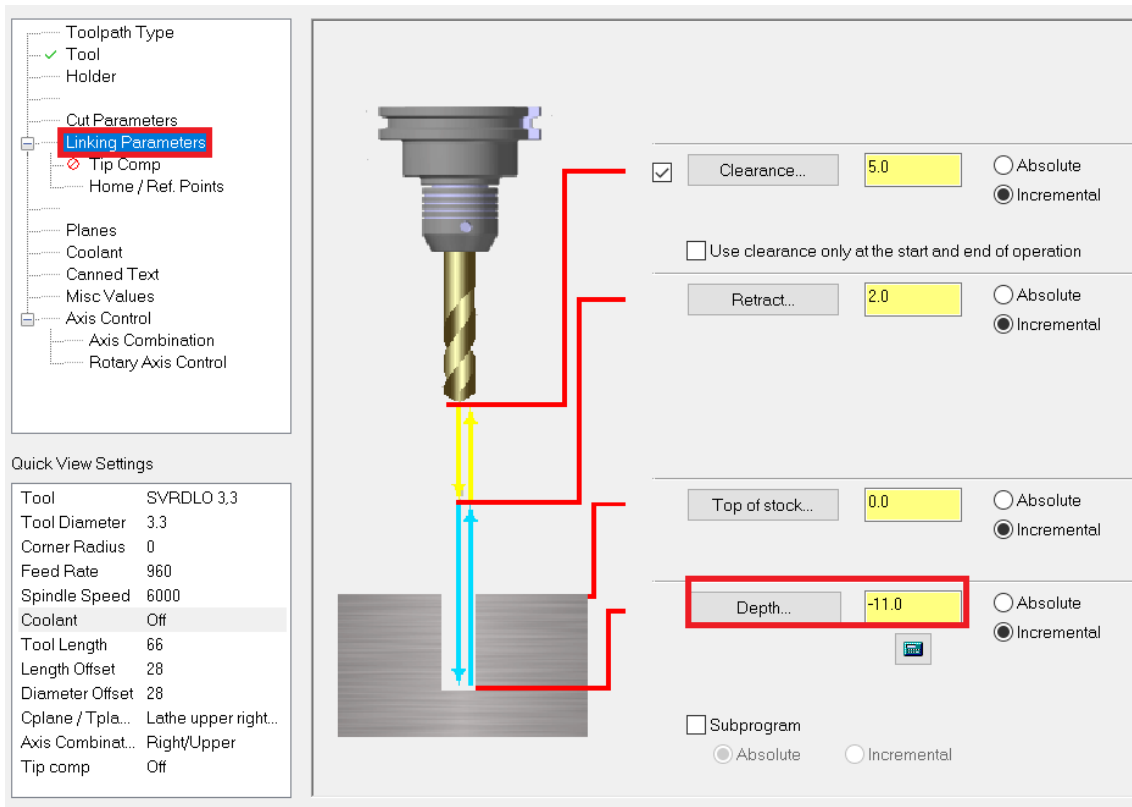


Slika 6.180 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla



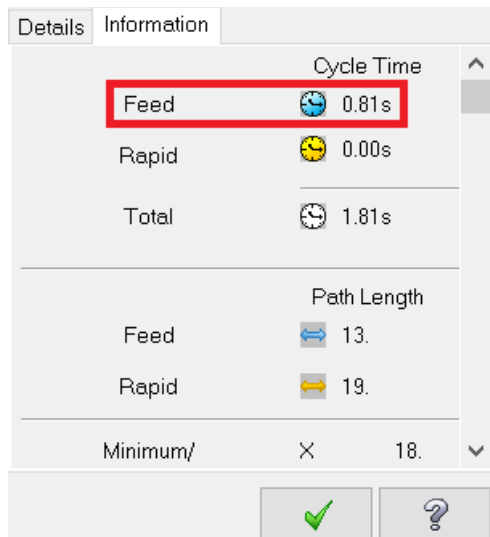
Slika 6.181 Režimi rada kreiranog svrdla

Bušenje se vrši do dubine od 11 mm (Slika 6.182).



Slika 6.182 Dubina bušenja provrta M4

Na slici 6.183 prikazano je vrijeme trajanja šesnaestog zahvata operacije 20.

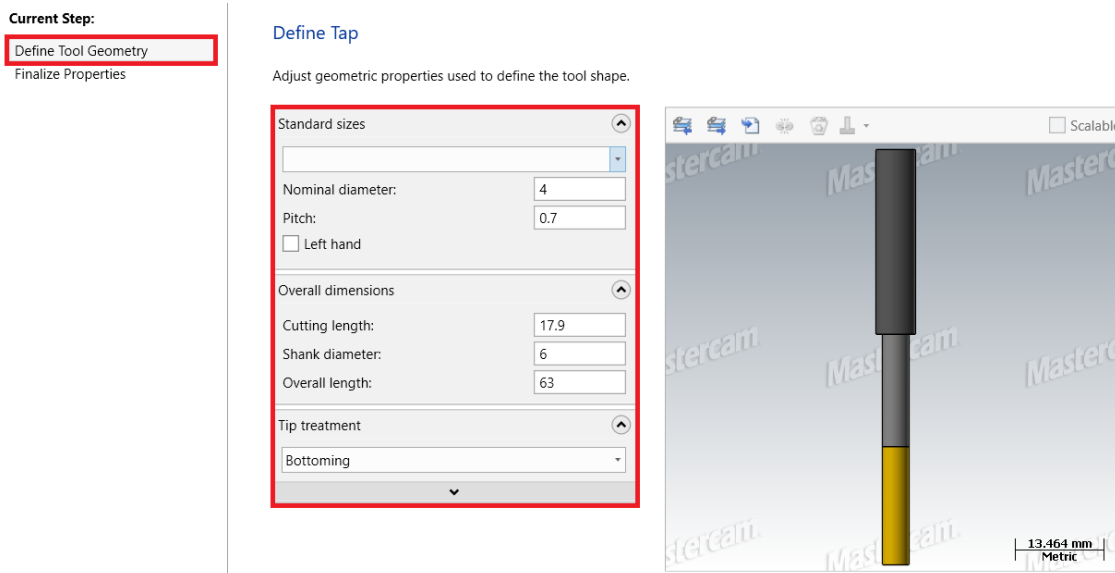


Slika 6.183 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata za operaciju 20

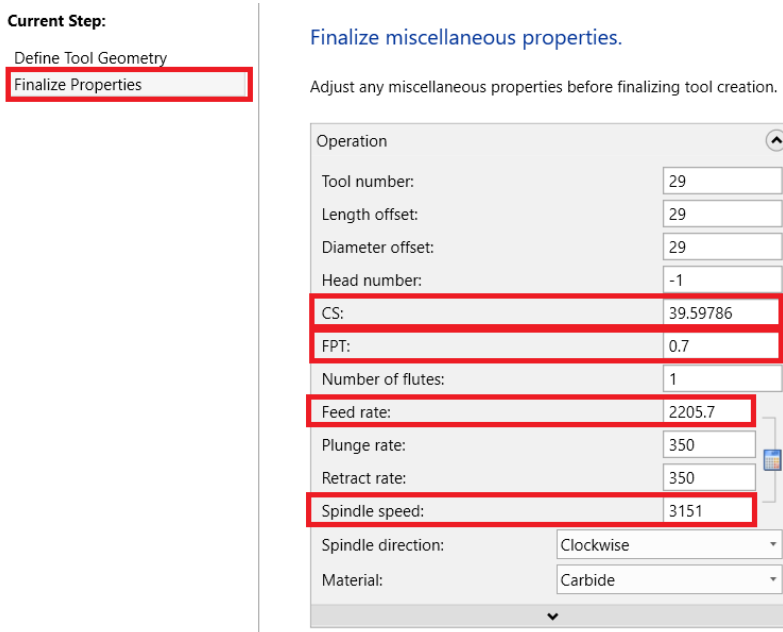
- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 0,81 \text{ s} = 0,014 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,015 \text{ min}$

ZAHVAT 17: Urezivanje navoja M4

Princip rada je isti kao kod zahvata 7 u operaciji 20 samo se umjesto *C-Axis Drill* koristi naredba *C-Axis Face Drill*.. Za ovaj zahvat kreira se urezivač za urezivanje navoja M4 čije su dimenzije i režimi rada prikazani na sljedećim slikama (Slika 6.184, Slika 6.185).

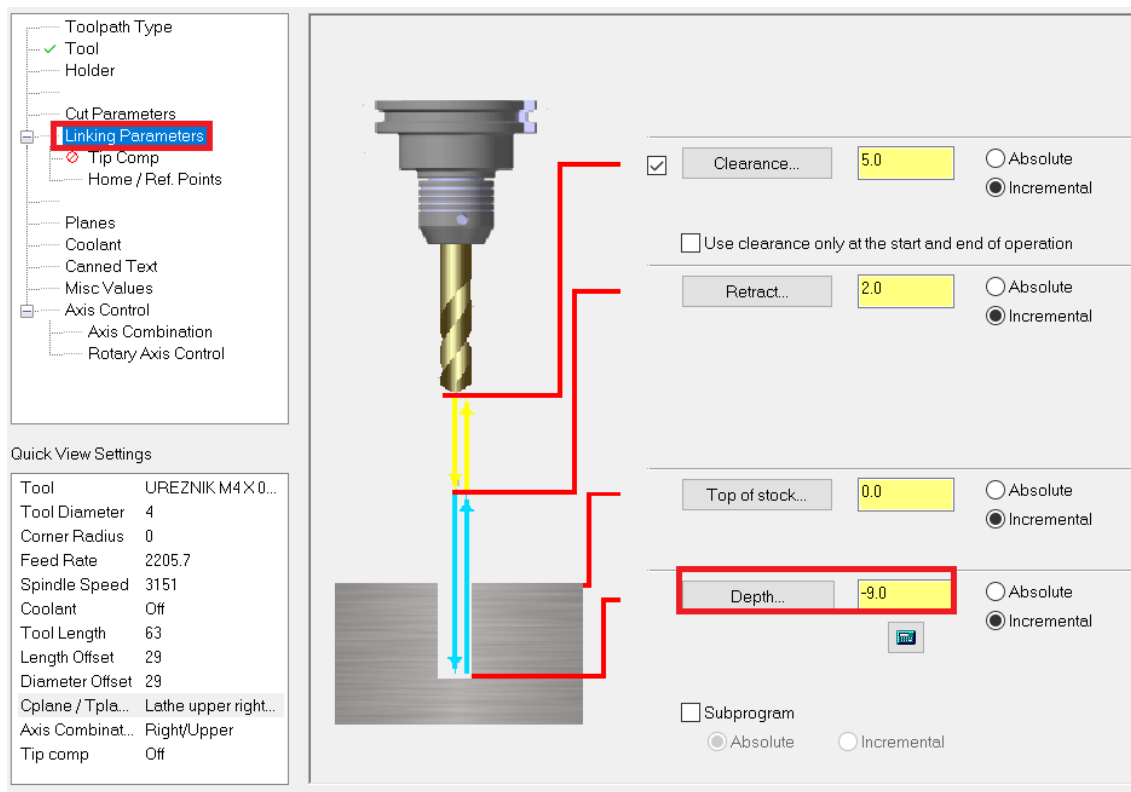


Slika 6.184 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača



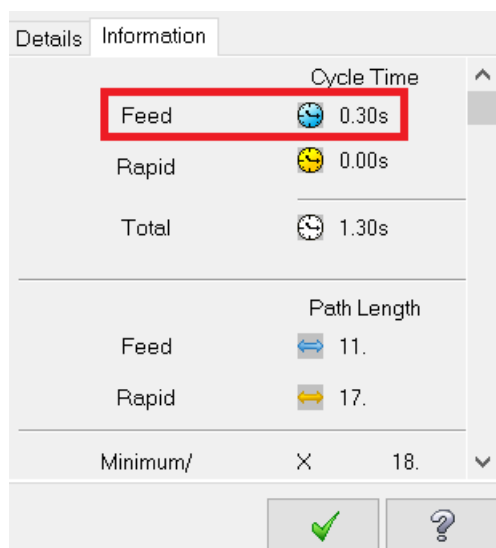
Slika 6.185 Režimi rada kreiranog urezivača

Urezivanje se vrši do dubine od 9 mm (Slika 6.186).



Slika 6.186 Dubina urezivanja navoja M4

Na slici 6.187 prikazano je vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata operacije 20.

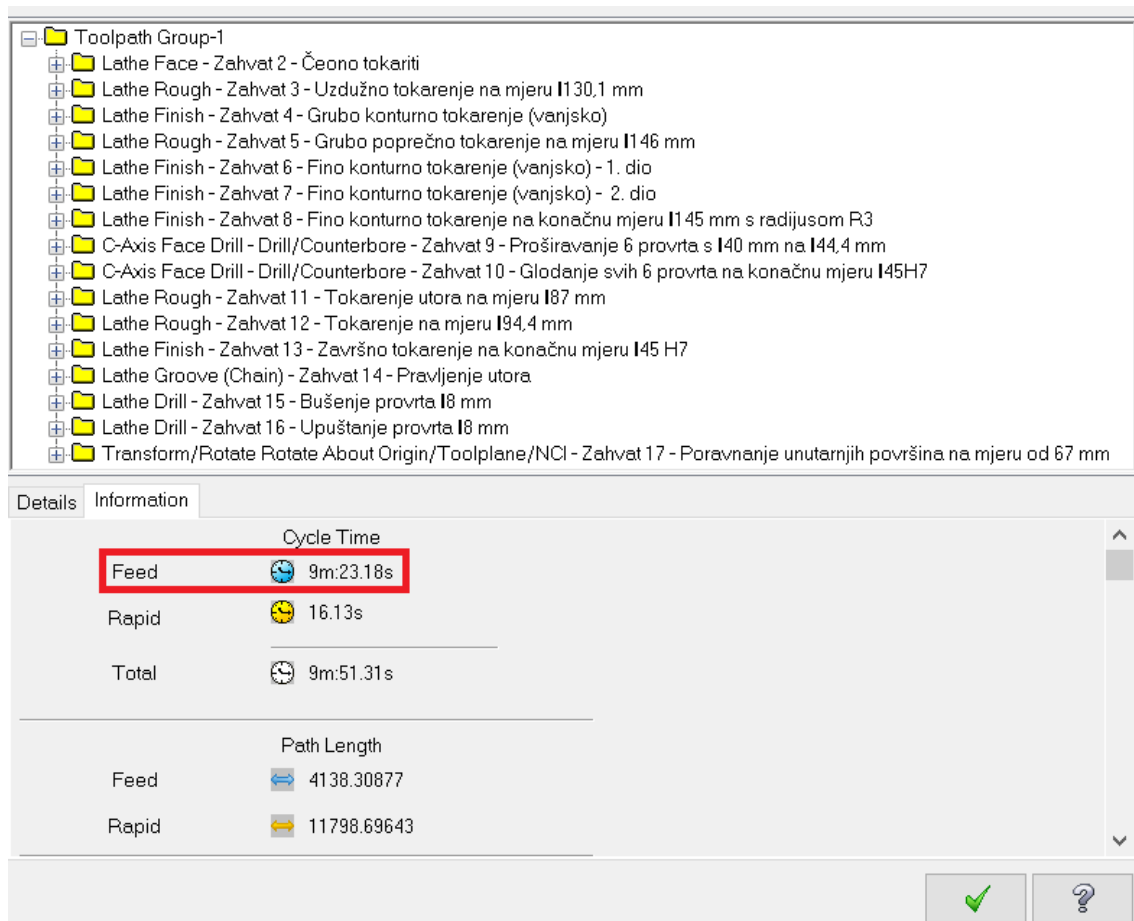


Slika 6.187 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata za operaciju 20

- Vrijeme zahvata u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 0,30 \text{ s} = 0,005 \text{ min}$
- Vrijeme zahvata analitički izračunato: $t_{st} = 0,005 \text{ min}$

6.3.3 Ukupno vrijeme trajanja operacija

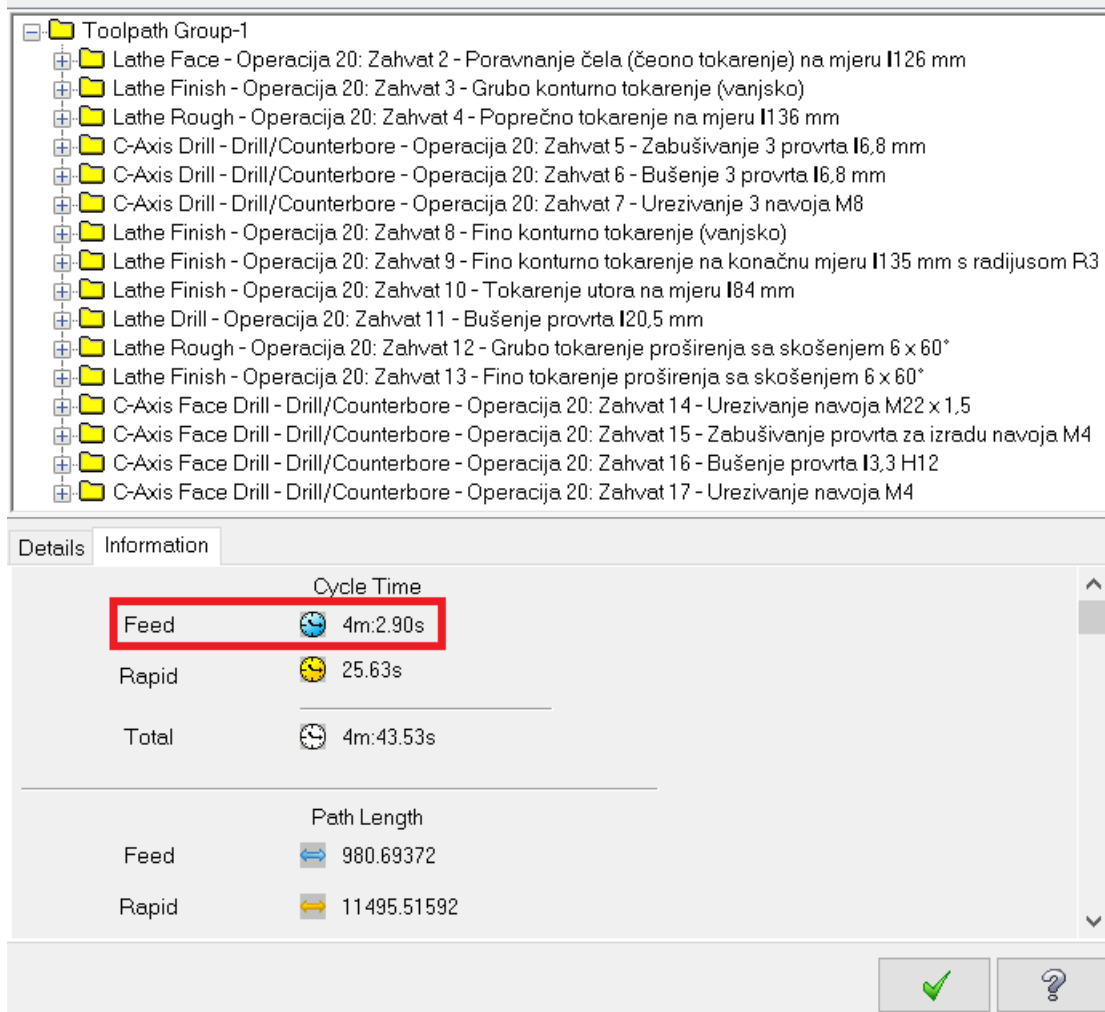
Popis svih zahvata i ukupno vrijeme trajanja operacije 10 u *Mastercamu* prikazano je na slici 6.188.



Slika 6.188 Vrijeme trajanja operacije 10 u *Mastercamu*

- Vrijeme svih zahvata operacije 10 u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 9 \text{ min } 14,18 \text{ s} = 9,39 \text{ min}$
- Vrijeme svih zahvata operacije 10 analitički izračunato: $t_{st} = 9,69 \text{ min}$

Popis svih zahvata i ukupno vrijeme trajanja operacije 20 u *Mastercamu* prikazano je na slici 6.189.



Slika 6.189 Vrijeme trajanja operacije 20 u Mastercamu

- Vrijeme svih zahvata operacije 20 u programu *Mastercam*: $t_{st(Mastercam)} = 4 \text{ min } 2,90 \text{ s} = 4,05 \text{ min}$
- Vrijeme svi zahvata operacije 20 analitički izračunato: $t_{st} = 4,18 \text{ min}$

7. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad prikazuje projekt tehnološkog procesa vrtila reduktora u godišnjoj količini od 3300 komada godišnje. Na početku je napravljena konstrukcijska i tehnološka analiza izratka. Zatim je preko tehno – ekonomske analize izabran odljevak kao najbolje rješenje za oblik ulaznog materijala. Pod definiranjem koncepta tehnološkog procesa izračunato je vrijeme koje je potrebno za izradu jednog komada te iznosi $0,97 \text{ h/kom}$.

Projektiranje se sastoji od 6 operacija koje su podijeljene na zahvate. Za obradu vrtila korišten je CNC obradni centar te različiti strojni i ručni alati. Veliki dio alata izabran je iz *Sandvik* i *Iscar* kataloga.

Prva operacija sastoji se od 19 zahvata. Ukupno analitičko vrijeme operacije je $9,69 \text{ min}$, a u *Mastercamu* $9,39 \text{ min}$. Druga operacija sastoji se također od 19 zahvata. Ukupno analitičko vrijeme operacije je $4,18 \text{ min}$, a u *Mastercamu* $4,05 \text{ min}$.

Treća, četvrta, peta i šesta operacija su izračunate samo analitički jer u *Mastercamu* ne postoji mogućnost obrade kaljenja, brušenja i poliranja.

Vremena dobivena analitičkom metodom ne odstupaju puno od vremena dobivenih u programskom paketu *Mastercam*. Time se da zaključiti da je simulacija obrade u *Mastercamu* zadovoljavajuća.

8. LITERATURA

- [1] Perinić M.: TEHNOLOŠKI PROCESI, Tehnički fakultet, Rijeka
- [2] S interneta, Tehnološki proces, Što je to i koje su njegove faze?, <https://vidabytes.com/hr/tehnološki-proces/>, 21.11.2021.
- [3] S interneta, Projektovanje tehnoloških procesa, http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/its/Sajt_2010/Materijali/10/ptp1.pdf, 22.11.2021.
- [4] S interneta, Tehnoloških Procesa, <https://bs.delachieve.com/tehnoloskih-procesa/>, 26.11.2021.
- [5] S interneta, Hrapavost i obrada površine, <https://www.scribd.com/doc/208715159/Hrapavost-i-obrada-povrsine>, 28.11.2021.
- [6] S interneta, Hrapavost površine, <https://hr.stuklopechat.com/obrazovanie/81818-sherohovatost-poverhnosti.html>, 28.11.2021.
- [7] S interneta, Čelični lijev, https://www.wikiwand.com/hr/Čelični_lijev, 01.12.2021.
- [8] S interneta, Norme i način normizacije čelika, <https://www.laser-ing.hr/blog/norme-i-nacin-normizacije-celika/>, 02.12.2021.
- [9] S interneta, LIJEVANJE, <http://titan.fsb.hr/~dzezelj/StudijDizajna/2020-21/Prezentacije/LIJEVANJE.pdf>, 04.12.2021.
- [10] S interneta, Tlačni lijev – ekonomičan proizvodni postupak još od industrijskog doba, <https://www.irt3000.si/hr/vijesti/arhiv-vijesti/2019030319342442/tlacni-lijev-ekonomican-proizvodni-postupak-jos-od-industrijskog-doba/>, 05.12.2021.
- [11] S interneta, CNC OBRADNI CENTAR, <https://www.mihokovic.hr/cnc-obradni-centar>, 07.12.2021.
- [12] S interneta, PROXXON SAMOCENTRIRAJUĆA 4-ČELJUSNA STEZNA GLAVA (PX24410), <https://www.trutanic.hr/proizvod/proxxon-samocentrirajuca-4-celjusna-stezna-glava-px24410-3106>, 28.12.2021.

[13] S interneta, Polovne okrugle brusilice, <https://www.surplex.com/hr/strojevi/c/okrugle-brusilice-4501.html>, 29.12.2021.

[14] S interneta, Mikrometar – vanjski, s izmjenjivim ticalom, 600-700 mm, <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/mikrometar-vanjski-s-izmjenjivim-ticalom-600-700-mm>, 12.01.2022.

[15] S interneta, Mastercam, <https://www.mastercam.hr>, 02.02.2022.

9. POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1.1 Shema tehnološkog procesa | 1 |
| Slika 3.1 Skica odljevka jednostavne geometrije | 10 |
| Slika 3.2 Masa i volumen odljevka jednostavne geometrije..... | 12 |
| Slika 3.3 Skica odljevka složene geometrije | 13 |
| Slika 3.4 Masa i volumne odljevka jednostavne geometrije..... | 15 |
| Slika 3.5 Kritični broj izradaka..... | 17 |
| Slika 4.1 Primjer podjele tehnološkog procesa na operacije i zahvate | 20 |
| Slika 5.1 CNC obradni centar VMC400E Siemens 808D | 32 |
| Slika 5.2 PROXXON 4 - čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima | 33 |
| Slika 5.3 Operacija 10 - zahvat 2..... | 34 |
| Slika 5.4 Operacija 10 - zahvat 3..... | 35 |
| Slika 5.5 Operacija 10 - zahvat 4..... | 36 |
| Slika 5.6 Operacija 10 - zahvat 5..... | 38 |
| Slika 5.7 Operacija 10 - zahvat 6..... | 39 |
| Slika 5.8 Uvećani prikaz detalja A | 40 |
| Slika 5.9 Operacija 10 - zahvat 7..... | 41 |
| Slika 5.10 Uvećani prikaz detalja B | 41 |
| Slika 5.11 Operacija 10 - zahvat 8..... | 43 |
| Slika 5.12 Operacija 10 - zahvat 9..... | 44 |
| Slika 5.13 Operacija 10 - zahvat 10..... | 45 |
| Slika 5.14 Operacija 10 - zahvat 11..... | 46 |
| Slika 5.15 Operacija 10 - zahvat 12..... | 48 |
| Slika 5.16 Operacija 10 - zahvat 13..... | 49 |
| Slika 5.17 Operacija 10 - zahvat 14..... | 50 |
| Slika 5.18 Operacija 10 - zahvat 15..... | 51 |
| Slika 5.19 Operacija 10 - zahvat 16..... | 52 |
| Slika 5.20 Operacija 10 - zahvat 17..... | 54 |
| Slika 5.21 Operacija 10 - zahvat 2..... | 57 |
| Slika 5.22 Operacija 20 - zahvat 3..... | 59 |
| Slika 5.23 Operacija 20 - zahvat 4..... | 60 |
| Slika 5.24 Operacija 20 - zahvat 5..... | 62 |
| Slika 5.25 Operacija 20 - zahvat 6..... | 63 |
| Slika 5.26 Operacija 20 - zahvat 7..... | 65 |
| Slika 5.27 Operacija 20 - zahvat 8..... | 66 |
| Slika 5.28 Uvećani prikaz detalja C | 67 |
| Slika 5.29 Operacija 20 - zahvat 9..... | 68 |
| Slika 5.30 Operacija 20 - zahvat 10..... | 69 |

| | |
|---|-----|
| Slika 5.31 Operacija 20 - zahvat 11..... | 71 |
| Slika 5.32 Operacija 20 - zahvat 12..... | 72 |
| Slika 5.33 Operacija 20 - zahvat 13..... | 75 |
| Slika 5.34 Operacija 20 - zahvat 14..... | 76 |
| Slika 5.35 Operacija 20 - zahvat 15..... | 78 |
| Slika 5.36 Operacija 20 - zahvat 16..... | 79 |
| Slika 5.37 Operacija 20 - zahvat 17..... | 81 |
| Slika 5.38 LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear odvalna dubilica..... | 84 |
| Slika 5.39 Operacija 30 - zahvat 2..... | 85 |
| Slika 5.40 AICHELIN CETUS peć za indukcijsko kaljenje..... | 88 |
| Slika 5.41 Operacija 40 - zahvat 2..... | 89 |
| Slika 5.42 Operacija 40 - zahvat 3..... | 90 |
| Slika 5.43 Uređaj za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu "KB 150 R"..... | 91 |
| Slika 5.44 Brusilica "SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/2Ux630"..... | 92 |
| Slika 5.45 Operacija 50 - zahvat 2..... | 94 |
| Slika 5.46 Mikrometar - vanjski, s izmjenjivim ticalom..... | 95 |
| Slika 5.47 Operacija 60 - zahvat 2..... | 97 |
| Slika 5.48 Operacija 60 - zahvat 3..... | 99 |
| Slika 5.49 Operacija 60 - zahvat 4..... | 101 |
| Slika 6.1 Naredba za učitavanje 3D modela poluproizvoda zajedno sa modelom gotovog proizvoda..... | 104 |
| Slika 6.2 3D model poluproizvoda (sirovca) i gotovog proizvoda u Mastercamu..... | 105 |
| Slika 6.3 Naredba za definiranje nul-točke..... | 105 |
| Slika 6.4 Preklapanje modela i postavljanje koordinatnog sustava..... | 106 |
| Slika 6.5 Mijenjanje boje modela..... | 106 |
| Slika 6.6 Prikaz naredbe potrebne za definiranje materijala izratka..... | 107 |
| Slika 6.7 Otvaranje naredbe za odabir sirovca..... | 107 |
| Slika 6.8 Postavke za odabir sirovca..... | 108 |
| Slika 6.9 Odabir odljevka za sirovac..... | 108 |
| Slika 6.10 Naredba za definiranje čeljusti..... | 109 |
| Slika 6.11 Odabir načina stezanja..... | 109 |
| Slika 6.12 Odabir referentne točke i određivanje dužine zahvata..... | 110 |
| Slika 6.13 Uključivanje Shade boundaries..... | 110 |
| Slika 6.14 Naredba za prikaz konture..... | 111 |
| Slika 6.15 Prikaz dobivene konture..... | 111 |
| Slika 6.16 Odabir naredbe za poravnanje čela..... | 111 |
| Slika 6.17 Odabir tipa tokarenja..... | 112 |
| Slika 6.18 Određivanje oblika i veličine rezne pločice..... | 113 |
| Slika 6.19 Određivanje geometrije alata..... | 113 |
| Slika 6.20 Upisivanje režima obrade za odabrani alat..... | 114 |

| | |
|--|-----|
| Slika 6.21 Odabrani alat i naziv zahvata..... | 114 |
| Slika 6.22 Određivanje parametara obrade za drugi zahvat..... | 115 |
| Slika 6.23 Odabir naredbe za određivanje trajanja zahvata | 115 |
| Slika 6.24 Vrijeme trajanja drugog zahvata..... | 116 |
| Slika 6.25 Izgled obratka nakon drugog zahvata | 116 |
| Slika 6.26 Odabir naredbe za uzdužno tokarenje (grubo)..... | 117 |
| Slika 6.27 Smjer kretanja alata za treći zahvat | 117 |
| Slika 6.28 Odabir alata i režimi rada za treći zahvat | 118 |
| Slika 6.29 Određivanje parametara obrade za treći zahvat | 119 |
| Slika 6.30 Uključivanje ulaza alata | 119 |
| Slika 6.31 Uključivanje izlaza alata..... | 120 |
| Slika 6.32 Vrijeme trajanja trećeg zahvata | 120 |
| Slika 6.33 Izgled obratka nakon trećeg zahvata | 121 |
| Slika 6.34 Odabir naredbe za konturno tokarenje..... | 121 |
| Slika 6.35 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat | 122 |
| Slika 6.36 Parametri obrade za četvrti zahvat..... | 122 |
| Slika 6.37 Uključivanje izlaza alata..... | 123 |
| Slika 6.38 Nema poniranja alata prilikom tokarenja | 123 |
| Slika 6.39 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata..... | 124 |
| Slika 6.40 Izgled obratka nakon četvrtog zahvata | 124 |
| Slika 6.41 Smjer kretanja alata za peti zahvat | 125 |
| Slika 6.42 Odabir alata i režimi rada za peti zahvat | 126 |
| Slika 6.43 Parametri obrade i smjer kretanja alata za peti zahvat..... | 126 |
| Slika 6.44 Vrijeme trajanja petog zahvata | 127 |
| Slika 6.45 Izgled obratka nakon petog zahvata | 127 |
| Slika 6.46 Smjer kretanja alata za šesti zahvat | 128 |
| Slika 6.47 Odabrani alat i parametri obrade za šesti zahvat | 128 |
| Slika 6.48 Parametri obrade za šesti zahvat..... | 129 |
| Slika 6.49 Vrijeme trajanja šestog zahvata | 129 |
| Slika 6.50 Izgled obratka nakon šestog zahvata | 130 |
| Slika 6.51 Smjer kretanja alata za sedmi zahvat..... | 130 |
| Slika 6.52 Parametri obrade za sedmi zahvat | 131 |
| Slika 6.53 Prilikom obrade dolazi do poniranja | 132 |
| Slika 6.54 Vrijeme trajanja sedmog zahvata | 132 |
| Slika 6.55 Izgled obratka nakon sedmog zahvata..... | 133 |
| Slika 6.56 Smjer kretanja alata za osmi zahvat | 133 |
| Slika 6.57 Parametri obrade za osmi zahvat | 134 |
| Slika 6.58 Nema poniranja alata prilikom tokarenja | 135 |
| Slika 6.59 Vrijeme trajanja osmog zahvata | 135 |

| | |
|--|-----|
| Slika 6.60 Izgled obratka nakon osmog zahvata..... | 136 |
| Slika 6.61 Odabir naredbe za proširenje provrta | 136 |
| Slika 6.62 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deveti zahvat | 137 |
| Slika 6.63 Režimi rada kreiranog glodala..... | 137 |
| Slika 6.64 Upisivanje dubine rezanja | 138 |
| Slika 6.65 Vrijeme trajanja devetog zahvata | 138 |
| Slika 6.66 Dimenzije i izgled kreiranog glodala za deseti zahvat | 139 |
| Slika 6.67 Režimi rada kreiranog glodala..... | 139 |
| Slika 6.68 Vrijeme trajanja desetog zahvata..... | 140 |
| Slika 6.69 Smjer kretanja alata za jedanaesti zahvat | 140 |
| Slika 6.70 Dimenzije kreiranog glodala | 141 |
| Slika 6.71 Režimi rada kreiranog glodala..... | 141 |
| Slika 6.72 Parametri obrade za jedanaesti zahvat | 142 |
| Slika 6.73 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata | 142 |
| Slika 6.74 Izgled obratka nakon jedanaestog zahvata | 143 |
| Slika 6.75 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat | 143 |
| Slika 6.76 Parametri obrade za dvanaesti zahvat..... | 144 |
| Slika 6.77 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata | 144 |
| Slika 6.78 Izgled obratka nakon dvanaestog zahvata | 145 |
| Slika 6.79 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat | 145 |
| Slika 6.80 Parametri obrade za trinaesti zahvat | 146 |
| Slika 6.81 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata | 146 |
| Slika 6.82 Izgled obratka nakon trinaestog zahvata..... | 147 |
| Slika 6.83 Odabir naredbe za pravljenje utora..... | 147 |
| Slika 6.84 Dodavanje pomoćnih kontura utora | 148 |
| Slika 6.85 Smjer kretanja alata za četrnaesti zahvat | 148 |
| Slika 6.86 Dimenzije kreiranog svrdla | 149 |
| Slika 6.87 Parametri obrade za četrnaesti zahvat..... | 149 |
| Slika 6.88 Upisivanje broja prolaza za grubu obradu | 150 |
| Slika 6.89 Parametri fine obrade za četrnaesti zahvat | 150 |
| Slika 6.90 Kut ulaza alata za prvi prolaz | 151 |
| Slika 6.91 Kut ulaza alata za drugi prolaz | 151 |
| Slika 6.92 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata..... | 151 |
| Slika 6.93 Izgled obratka nakon četrnaestog zahvata | 152 |
| Slika 6.94 Odabir naredbe za bušenje provrta | 152 |
| Slika 6.95 Dimenzije kreiranog svrdla | 153 |
| Slika 6.96 Parametri obrade za petnaesti zahvat..... | 154 |
| Slika 6.97 Označavanje točke za bušenje i određivanje dubine bušenja | 155 |
| Slika 6.98 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata..... | 155 |

| | |
|---|-----|
| Slika 6.99 Izgled obratka na mjestu gdje je probušen provrt..... | 156 |
| Slika 6.100 Dimenzije kreiranog upuštača | 156 |
| Slika 6.101 Režimi rada za šesnaesti zahvat..... | 157 |
| Slika 6.102 Parametri obrade za šesnaesti zahvat..... | 157 |
| Slika 6.103 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata | 158 |
| Slika 6.104 Izgled obratka nakon upuštanja provrta ϕ 8..... | 158 |
| Slika 6.105 Stvaranje nove ravnine | 159 |
| Slika 6.106 Ravnina za glodanje središnjeg proširenja | 159 |
| Slika 6.107 Središte nove ravnine | 160 |
| Slika 6.108 Prikaz kontura za zahvat 17..... | 160 |
| Slika 6.109 Odabir naredbe za glodanje proširenja | 160 |
| Slika 6.110 Smjer kretanja alata za sedamnaesti zahvat..... | 161 |
| Slika 6.111 Dimenzije kreiranog glodala | 161 |
| Slika 6.112 Režimi rada za sedamnaesti zahvat | 162 |
| Slika 6.113 Uključivanje Multi Passes | 163 |
| Slika 6.114 Smanjenje radijusa | 163 |
| Slika 6.115 Parametri obrade za sedamnaesti zahvat | 164 |
| Slika 6.116 Odabir naredbe Transform | 165 |
| Slika 6.117 Uključivanje rotacije obratka i isključivanje Copy source operations..... | 165 |
| Slika 6.118 Postavljanje postavki za rotaciju obratka | 166 |
| Slika 6.110 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata..... | 166 |
| Slika 6.120 Uključivanje desnog vretena za novu operaciju | 167 |
| Slika 6.121 Dimenzije kreirane čeljusti..... | 167 |
| Slika 6.122 Odabir referentne točke i određivanje nove pozicije obratka | 168 |
| Slika 6.123 Prikaz novih čeljusti za stezanje | 168 |
| Slika 6.124 Odabir naredbe za translaciju obratka | 169 |
| Slika 6.125 Označavanje obratka te unos dimenzija za novi položaj obratka | 169 |
| Slika 6.126 Stegnuti obradak spreman za obavljanje operacije 20..... | 170 |
| Slika 6.127 Stegnuti i translirani obradak spreman za obavljanje operacije 20..... | 170 |
| Slika 6.128 Kontura za obradu operacije 20..... | 171 |
| Slika 6.129 Uključivanje desnog vretena | 172 |
| Slika 6.130 Vrijeme trajanja drugog zahvata za operaciju 20 | 172 |
| Slika 6.131 Smjer kretanja alata za treći zahvat operacije 20..... | 173 |
| Slika 6.132 Vrijeme trajanja trećeg zahvata za operaciju 20..... | 173 |
| Slika 6.133 Smjer kretanja alata za četvrti zahvat operacije 20..... | 174 |
| Slika 6.134 Vrijeme trajanja četvrtog zahvata za operaciju 20..... | 174 |
| Slika 6.135 Naredba za označavanje središta provrta..... | 175 |
| Slika 6.136 Označavanje središta provrta..... | 175 |
| Slika 6.137 Promjeri provrta | 176 |

| | |
|---|-----|
| Slika 6.138 Odabir naredbe za zabušivanje | 176 |
| Slika 6.139 Dimenzije i izgled kreiranog zabušivača | 176 |
| Slika 6.140 Režimi rada kreiranog zabušivača | 177 |
| Slika 6.141 Parametri obrade za peti zahvat u operaciji 20 | 177 |
| Slika 6.142 Određivanje dubine rezanja sa zabušivačem | 178 |
| Slika 6.143 Upisivanje rotacijskog promjera | 178 |
| Slika 6.144 Vrijeme trajanja petog zahvata za operaciju 20 | 179 |
| Slika 6.145 Prikaz zabušenog provrta | 179 |
| Slika 6.146 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla | 180 |
| Slika 6.147 Režimi rada kreiranog svrdla | 180 |
| Slika 6.148 Dubina bušenja provrta ϕ 6,8 | 181 |
| Slika 6.149 Vrijeme trajanja šestog zahvata za operaciju 20 | 181 |
| Slika 6.150 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača | 182 |
| Slika 6.151 Režimi rada kreiranog zabušivača | 182 |
| Slika 6.152 Vrijeme trajanja sedmog zahvata za operaciju 20 | 183 |
| Slika 6.153 Smjer kretanja alata za osmi zahvat operacije 20 | 183 |
| Slika 6.154 Vrijeme trajanja osmog zahvata za operaciju 20 | 184 |
| Slika 6.155 Smjer kretanja alata za deveti zahvat operacije 20 | 184 |
| Slika 6.156 Vrijeme trajanja devetog zahvata za operaciju 20 | 185 |
| Slika 6.157 Smjer kretanja alata za deseti zahvat operacije 20 | 185 |
| Slika 6.158 Parametri obrade za deseti zahvat operacije 20 | 186 |
| Slika 6.159 Uključivanje izlaza alata | 186 |
| Slika 6.160 Vrijeme trajanja desetog zahvata za operaciju 20 | 187 |
| Slika 6.161 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla | 187 |
| Slika 6.162 Režimi rada kreiranog svrdla | 188 |
| Slika 6.163 Promjena smjera alata | 188 |
| Slika 6.164 Vrijeme trajanja jedanaestog zahvata za operaciju 20 | 189 |
| Slika 6.165 Smjer kretanja alata za dvanaesti zahvat operacije 20 | 189 |
| Slika 6.166 Dimenzije i izgled kreiranog zabušivača | 190 |
| Slika 6.167 Režimi rada kreiranog zabušivača | 190 |
| Slika 6.168 Uključivanje izlaza alata | 191 |
| Slika 6.169 Vrijeme trajanja dvanaestog zahvata za operaciju 20 | 191 |
| Slika 6.170 Smjer kretanja alata za trinaesti zahvat operacije 20 | 192 |
| Slika 6.171 Vrijeme trajanja trinaestog zahvata za operaciju 20 | 192 |
| Slika 6.172 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača | 193 |
| Slika 6.173 Režimi rada kreiranog urezivača | 193 |
| Slika 6.174 Dubina urezivanja navoja M22x1,5 | 194 |
| Slika 6.175 Vrijeme trajanja četrnaestog zahvata za operaciju 20 | 194 |
| Slika 6.176 dimenzije i izgled kreiranog zabušivača | 195 |

| | |
|---|-----|
| Slika 6.177 Režimi rada kreiranog zabušivača | 195 |
| Slika 6.178 Dubina zabušivanja provrta M4 | 196 |
| Slika 6.179 Vrijeme trajanja petnaestog zahvata za operaciju 20..... | 196 |
| Slika 6.180 Dimenzije i izgled kreiranog svrdla..... | 197 |
| Slika 6.181 Režimi rada kreiranog svrdla..... | 197 |
| Slika 6.182 Dubina bušenja provrta M4..... | 198 |
| Slika 6.183 Vrijeme trajanja šesnaestog zahvata za operaciju 20..... | 198 |
| Slika 6.184 Dimenzije i izgled kreiranog urezivača | 199 |
| Slika 6.185 Režimi rada kreiranog urezivača | 199 |
| Slika 6.186 Dubina urezivanja navoja M4..... | 200 |
| Slika 6.187 Vrijeme trajanja sedamnaestog zahvata za operaciju 20 | 200 |
| Slika 6.188 Vrijeme trajanja operacije 10 u Mastercamu | 201 |
| Slika 6.189 Vrijeme trajanja operacije 20 u Mastercamu | 202 |

10. POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 2.1 Tablica tolerancija | 3 |
| Tablica 2.2 Podaci za ozubljenje - DIN5480 | 4 |
| Tablica 2.3 Stupnjevi hrapavosti površina..... | 4 |
| Tablica 2.4 Dozvoljena odstupanja..... | 5 |
| Tablica 3.1 Kemijski sastav čelika ČL 4732 - GS CrMo4 | 6 |
| Tablica 3.2 Namjena čelika koja se očitava iz zadnja dva simbola | 7 |
| Tablica 3.3 Dodaci za obradu | 9 |
| Tablica 4.1 Razrada operacije 10..... | 21 |
| Tablica 4.2 Razrada operacije 20..... | 22 |
| Tablica 4.3 Razrada operacije 30..... | 23 |
| Tablica 4.4 Razrada operacije 40..... | 24 |
| Tablica 4.5 Razrada operacije 50..... | 25 |
| Tablica 4.6 Razrada operacije 60..... | 26 |

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad započet je u prosincu 2021. godine te je pisan do srpnja 2022. godine.

Rad je podijeljen na nekoliko, točnije 5 dijelova.

U prvom dijelu opisana je analiza izratka, a u drugom dijelu analiza ulaznog materijala.

Definiranje tehnološkog procesa u kojem je pojašnjen i kritični broj izradaka opisano je u trećem dijelu.

Četvrti dio uključuje razradu tehnološkog procesa obuhvaćajući svih 6 operacija.

U zadnjem, petom dijelu napravljena je simulacija procesa obrade u programu Mastercam. Svaki zahvat u radu detaljno je objašnjen te popraćen sa slikama.

Ključne riječi: tehnološki proces, vratilo, operacije, simulacija, Mastercam

SUMMARY

This graduate work thesis was started in December 2021 . and was written until July 2022.

The work is divided into several, more precisely 5 parts.

In the first part, the analysis of the workpiece is described and in the second part the analysis of the input material.

The definition of the technological process in which the critical number of workpieces is clarified is described in the third part.

The fourth part involves the elaboration of the technological process covering all 6 operations.

In the last, fifth part, a simulation of the processing process in the Mastercam program was made. Each procedure in the paper is explained in detail and accompanied by images.

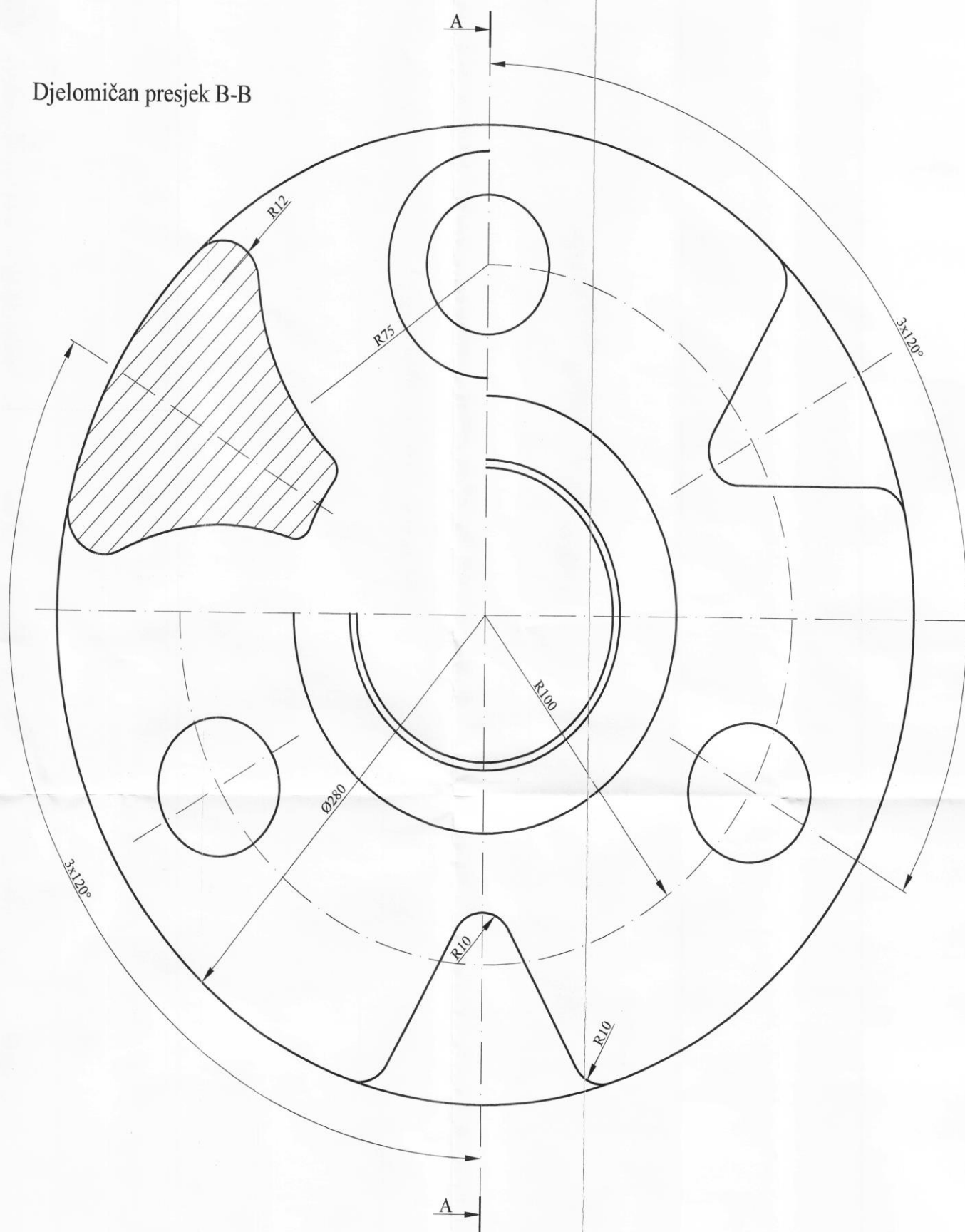
Keywords: technological process, shaft, operations, simulation, Mastercam

11. PRILOZI

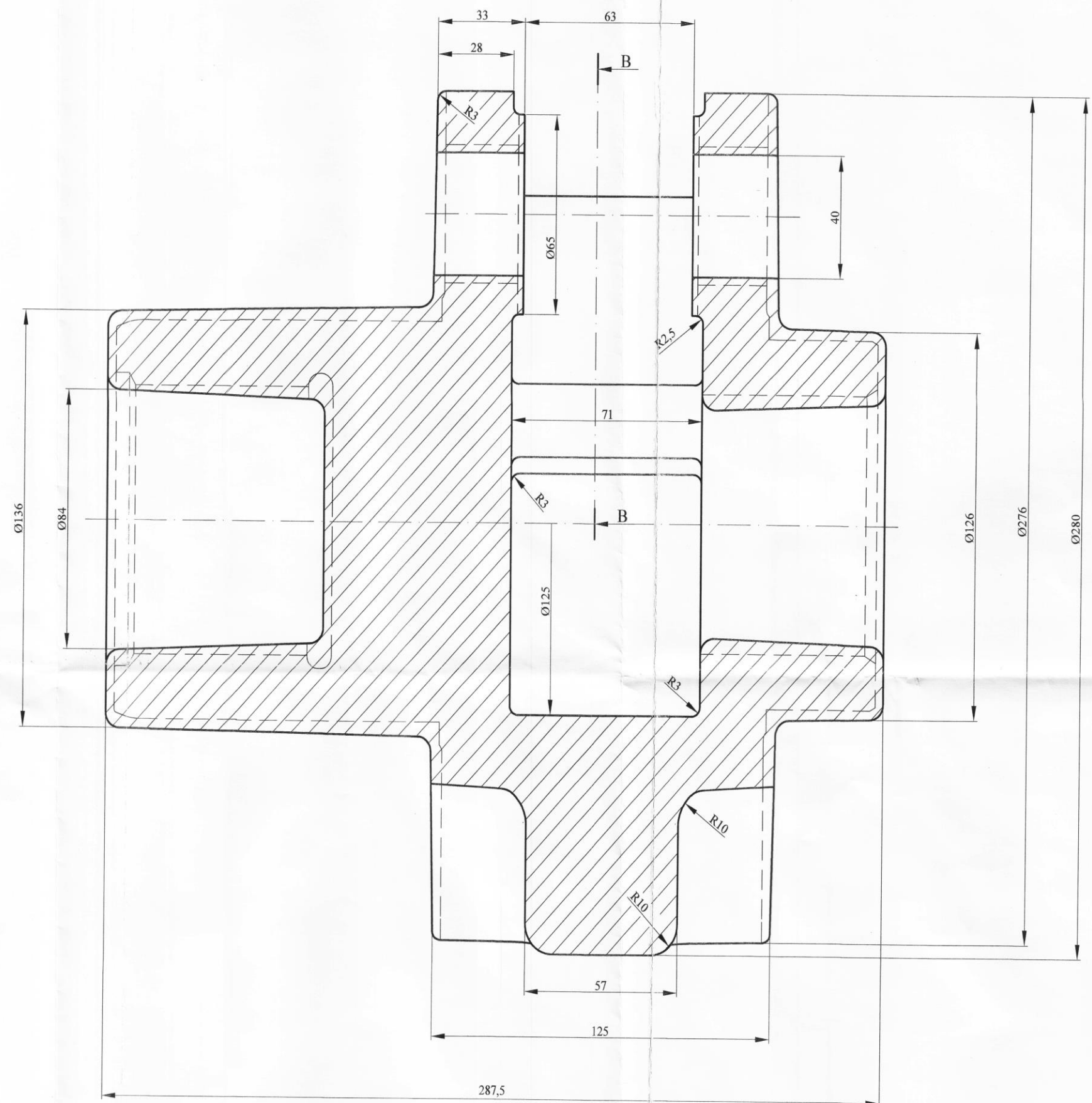
Tehnička dokumentacija:

- Nacrt poluproizvoda i gotovog proizvoda
- Popis operacija
- Popis alata
- Operacijski list

Djelomičan presjek B-B



Presjek A-A

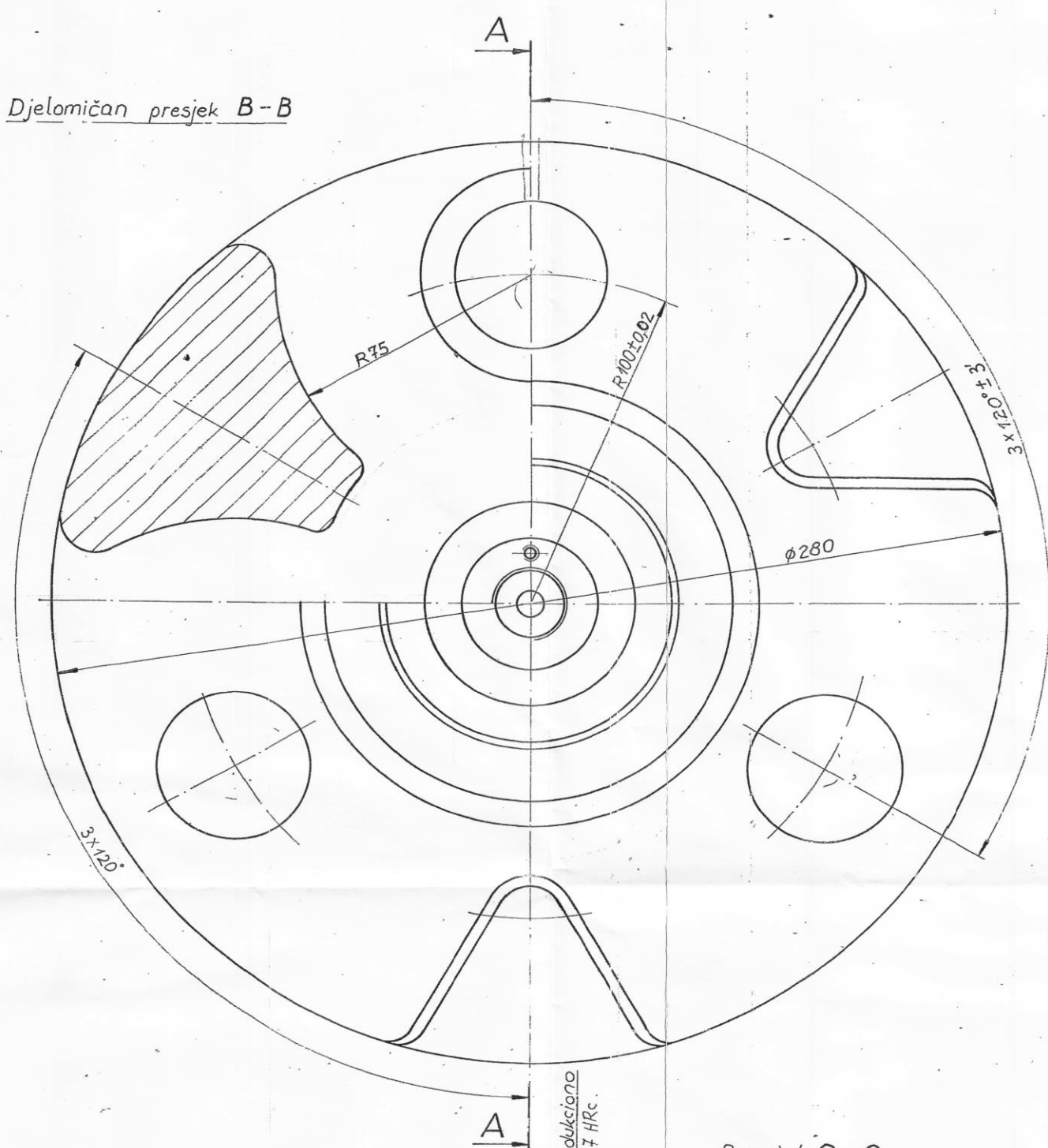


Napomena:
 Nekotirana zaobljenja izvesti sa R5.
 Odljevak očišćen, pjeskaren i temeljno obojan.
 Vanjska skošenja izvesti sa 1°.
 Unutarnja skošenja izvesti sa 2°.

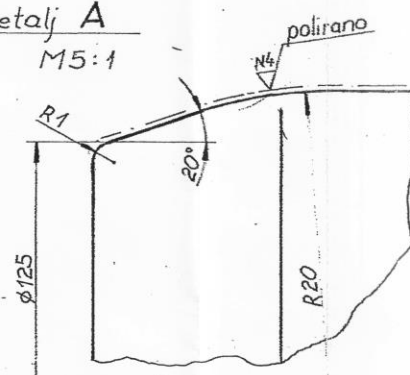
| Dozvoljena odstupanja - HRN. M.A1.410 | |
|---------------------------------------|------|
| od 0-30 | ±1,9 |
| od 30-50 | ±2,0 |
| od 50-80 | ±2,1 |
| od 80-120 | ±2,3 |
| od 120-180 | ±2,5 |
| od 180-250 | ±2,7 |
| od 250-315 | ±2,9 |

| | | | |
|---------------|---------------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Ime i prezime | Matični broj | Datum | TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA |
| Crtao | | 30.07.2012 | |
| Pregledao | | | |
| Potpis | | | |
| Mjerilo | ODLJEVAK VRATILA REDUKTORA | | Nacrtni broj: RP0156D |
| 1:1 | | | Materijal: Čl. 4732 - GS 42CrMo4 |
| | | | List: 1 |
| | | | Listova: 1 |

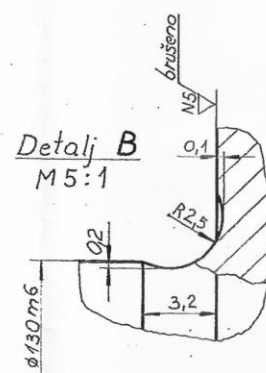
Djelomičan presjek B-B



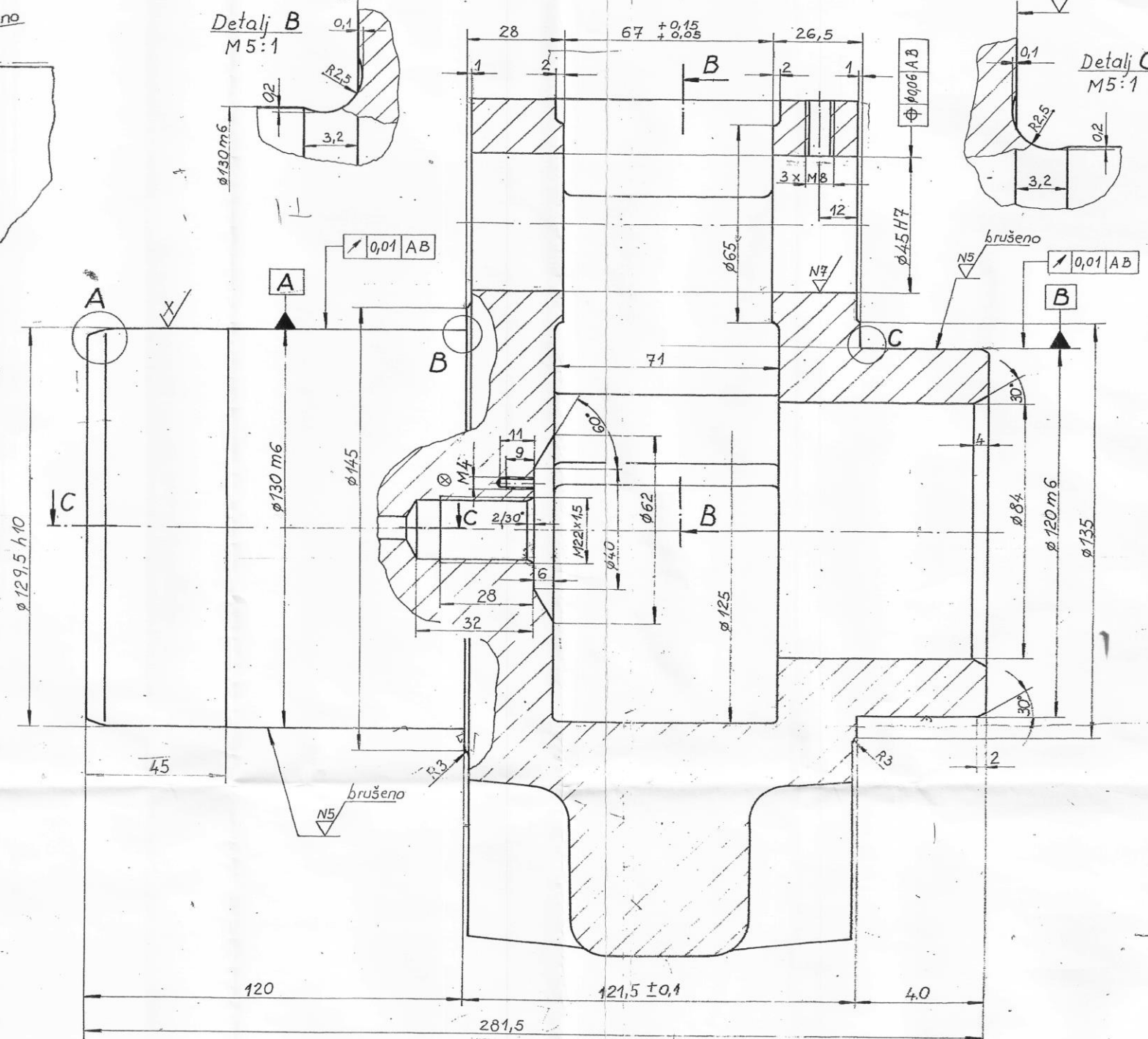
Detalj A
M5:1



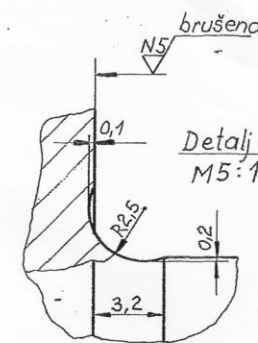
Detalj B
M5:1



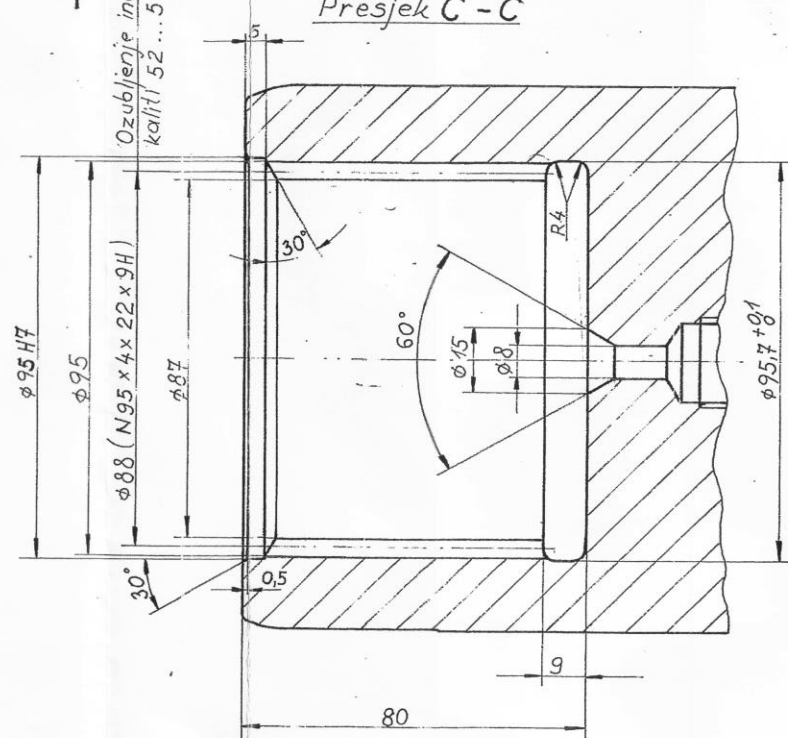
Presjek A-A



Detalj C
M5:1



Presjek C-C



| | |
|------------|------------------|
| φ3,3 H12 | +0,120 0 |
| φ45 H7 | +0,027 0 |
| φ120 m6 | +0,035 +0,043 |
| φ129,5 h10 | 0 -0,160 |
| φ130 m6 | +0,040 +0,045 |
| φ95 H7 | +0,035 0 |

| PODACI ZA OZUBLJENJE - DIN 5480 | | |
|---------------------------------|----------------|---------------|
| Modul | m | 4 |
| Broj zubi | Z | 22 |
| Diobeni promjer | d _o | 88 |
| Pomak profila | x _m | +1,3 |
| Zahvatni kut | α | 30° |
| Mjera između valjaka | M _i | 80,478 ± 0,03 |
| Promjer valjaka | D _m | 7 |

brušeno i indukciono kaljeno 52...57 HRC.
 ✓ = N5 (brušeno bez uzdužnog posmaka)

⊗ = bušiti nakon uvrtnja ublaživača (T2000264-0)

- nepotpun def. kućišta!
 - nepotpun def. mid baleng

| | | | | |
|---------|---|-----------------------|---|-------|
| RP0156D | Tolerancije slob. mjera srednji JUS M.A1.410 | Klasa povr. hrap. N8/ | Mjerilo: 1:1,5:1 | Masa: |
| | | | Materijal: Roboljano na 900 ± 50 N/mm ² ČL 4932 | |
| | Osnov. Konst. Crtao | Datum Ine | Naziv: VRATILO REDUKTORA | |
| | | | Broj nacrti: H2000644-2 | |
| 4 | B8-11 | 12.6.94. | PAI | |
| 3 | A1-03 | 10.06.1991. | PAI | |
| 2 | A1-11 | 5.5.89. | PAI | |
| 1 | F4-15 | 15.02.88. | PAI | |
| St. iz. | Izrijena | Datum | Ine | |

| Ulazni materijal | | | POPIS OPERACIJA | TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | |
|--|------------------------|-------|---|---------------------------------|---------|
| Oznaka: ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | | | Komada: | List: 1 |
| | Površinska: | | 3300/god. | Listova: 2 | |
| | Termička: | | | | |
| | Oblik: ODLJEVAK | | Naziv dijela: | VRATILO REDUKTORA | |
| | Dimenzija: Ø280× 281,5 | | Broj nacрта: | H2000644 - 2 | |
| Operacija | t_{pz}^{min} | t_0 | Opis operacije | | |
| Radionica | | | | | |
| Stroj | | | | | |
| 10 | 60 | 16,70 | Raditi prema operacijskom listu broj 10 | | |
| Strojna obrada | | | | | |
| CNC obradni centar „VMC400E Siemens 808D“ | | | | | |
| 20 | 60 | 11,13 | Raditi prema operacijskom listu broj 20 | | |
| Strojna obrada | | | | | |
| CNC obradni centar „VMC400E Siemens 808D“ | | | | | |
| 30 | 30 | 11,96 | Raditi prema operacijskom listu broj 30 | | |
| Strojna obrada | | | | | |
| „LIEBHERR LC 122 High-Performance Gear“ odvalna dubilica | | | | | |
| Izradio: | | | Ovjerio: | | |
| Potpis | | | Potpis | | |

| Ulazni materijal | | POPIS OPERACIJA | TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | |
|--|-------------------------|---------------------------------|---|---------|
| Oznaka: ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | | Komada: | List: 2 |
| | Površinska: | 3300/god. | Listova: 2 | |
| | Termička: | | | |
| | Oblik: ODLJEVAK | Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA | | |
| | Dimenzija: Ø280 × 281,5 | Broj nacрта: H2000644 - 2 | | |
| Operacija | t_{pz} | t_0 | Opis operacije | |
| Radionica | | | | |
| Stroj | | | | |
| 40 | 0 | 5,87 | Raditi prema operacijskom listu broj 40 | |
| Strojna obrada | | | | |
| Peć za indukcijsko kaljenje „AICHELIN CETUS“ | | | | |
| 50 | 40 | 2,19 | Raditi prema operacijskom listu broj 50 | |
| Strojna obrada | | | | |
| CNC Brusilica „SCHLEIFMASCHINWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“ | | | | |
| 60 | 40 | 6,75 | Raditi prema operacijskom listu broj 60 | |
| Strojna obrada | | | | |
| CNC Brusilica „SCHLEIFMASCHINWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“ | | | | |
| Izradio: | | Ovjerio: | | |
| Potpis | | Potpis | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA | | Broj nacrt: List: 1 Listova: 5 | |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | | |
| | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | |
| 10 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Držać alata | DSSNL 2525M 15 | Pomično mjerilo | Unior 150 mm | |
| | | | Pločica | SNMG 15 06 16-PR 4425 | | | |
| | | | Držać alata | PCLNL 2020K 09 | | | |
| | | | Pločica | CNMG 09 03 08-PM 4415 | | | |
| | | | Držać alata | PCLNL 2525M 16 | | | |
| | | | Pločica | CNMG 16 06 24-PR 4425 | | | |
| | | | Držać alata | DCLNL 2020K 12 | | | |
| | | | Pločica | CNMG 12 04 08-XF 4425 | | | |
| | | | Pločica | CNMG 12 04 04-XF 4425 | | | |
| | | | Rezna oštrica | CCMT 09 T3 12-PR 4335 | | | |
| | | | Glodalo | Coro Bore BR20- 56CC09F-C4 | | | |
| | | | Adapter | C4-390.419-40 075 | | | |
| | | Glodalo | Coro Bore 825- 45TC09-C3 | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA | | Broj nacrt: List: 2 Listova: 5 | |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|---------------|--|-------------|-----------------------------------|--|
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | | |
| | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | |
| 10 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Rezna pločica | TCGX 09 02 04L-WL 1125 | | | |
| | | | Adapter | C3-391.01-32 095 | | | |
| | | | Držać alata | A32T-SCLCL 12 | | | |
| | | | Glodalo | CCMT 12 04 12-PR 4415 | | | |
| | | | Držać alata | A20S-SCLCL 09-R | | | |
| | | | Glodalo | CCMT 09 T3 04-PR 4305 | | | |
| | | | Držać alata | N123G2-0300-0003- GM4325 | | | |
| | | | Alat | Coro Cut 1 -2 LAG123G07-25B | | | |
| | | | Svrđlo | Coro Drill 860 860.1- 0800-028A0-PM4324 | | | |
| | | | Upuštač | JUS K.D3.321 DIN334 | | | |
| | | | Držać alata | CoroChuck 930- VB40-S-A25-095 | | | |
| | | Glodalo | | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA | | Broj nacrt: List: 3 Listova: 5 | |
|--------------------------|---------------------------------------|---------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------------|--|
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | | | |
| | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | | |
| 20 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Držać alata | DSSSNL 2525M 15 | Standardni vijak | M4 | | |
| | | | Pločica | SNMG 15 06 16-PR 4425 | Standardni vijak | M8 | | |
| | | | Držać alata | PCLNL 2020K 09 | Navojni čep za kontrolu navoja | M22x1,5 | | |
| | | | Pločica | CNMG 09 03 08-PM 4415 | | | | |
| | | | Držać alata | PCLNL 2525M 16 | | | | |
| | | | Pločica | CNMG 16 06 24-PR 4425 | | | | |
| | | | Zabušivač | MM ECS-A3.15X08-2T05 | | | | |
| | | | Svrđlo | Coro Drill 860 860.1-0680-020A0-GM | | | | |
| | | | Ureznik | CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM | | | | |
| | | | Držać alata | DCLNL 2020K 12 | | | | |
| | | | Pločica | CNMG 12 04 08-XF 4425 | | | | |
| | | | Držać alata | A32T-SCLCL 12 | | | | |
| | | Glodalo | Coro Turn 107 CCMT 12 04 12-PR 4415 | | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA | | Broj nacрта: | | List: 4 | |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------|--|-------------|--------------|--|------------|--|
| | | | | | | | | Listova: 5 | |
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | | | | |
| | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | | | |
| 20 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Svrdlo | CoroDrill 880 880-D2050L25-03 | | | | | |
| | | | Držać alata | 570-STFCL-16-11-B1 | | | | | |
| | | | Rezna pločica | TCMT 11 03 12-PR 4425 | | | | | |
| | | | Adapter | 570-2C 16 105 | | | | | |
| | | | Ureznik | CoroTap 300 T300-PM101DB-M22X150 P1PM | | | | | |
| | | | Pločica | CNMG 16 06 24-PR 4425 | | | | | |
| | | | Zabušivač | MM ECS-A3.15X08-2T05 | | | | | |
| | | | Svrdlo | Coro Drill 860 860.1-0680-020A0-GM | | | | | |
| | | | Ureznik | CoroTap 200 T200-PM101JA-M8 P1PM | | | | | |
| | | | Zabušivač | MM ECS-A2.00X06-2T04 | | | | | |
| | | | Svrdlo | CoroDrill 860 860.1-0330-021A1-PM 4234 | | | | | |
| | | | Ureznik | CoroTap 300 T300-PM104DA-M4 P1PM | | | | | |
| | | | Pomično mjerilo | Unior 150 mm | | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: VRATILO REDUKTORA | | Broj nacrt: List: 5 Listova: 5 | |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|--|--|--|-----------------------------------|--|
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | | |
| | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | |
| 30 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Odvalno glodalo | | Mikrometar za unutarnje mjerenje | Insize | |
| 50 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Brusno kolo | 150x20x32 NORTON 1G10C802KOV STAR LINE | Mikrometar – vanjski s izmjeničnim ticalom | IP54 Insize | |
| 60 | Stezna glava sa nezavisnim čeljustima | PROXXON | Brusno kolo | 150x20x32 NORTON 1G10C802KOV STAR LINE | Mikrometar – vanjski s izmjeničnim ticalom | IP54 Insize | |
| | | | Mikrometar – vanjski s izmjeničnim ticalom | IP54 Insize | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 1 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|------|------------------------------|-------------|---------------|---|---|-----------------|--------|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC obradni centar | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: VMC400E Siemens 808D | | OPERACIJA: 10 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 287,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Podizanje i stezanje obratka | „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“ | | | | |
| 2 | 3 | 0,707 | 1 | 279 | 639 | 31 | 0,07 0,1 | 0 | Poravnanje čela (čeono tokarenje) na mjeru φ136 mm | Držač alata: „DSSNL 2525M 15“ Alat: pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“ | | | | |
| 3 | 2,95 | 0,2 | 2 | 295 | 721 | 50,7 | 0,70 0,1 | 0 | Uzdužno tokarenje na mjeru 130,1 mm | Držač alata: „DSSNL 2525M 15“ Alat: pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“ | | | | |
| 4 | 2,95 | 0,2 | 1 | 295 | 523 | 155,4 | 1,72 | 0 | Grubo konturno tokarenje (vanjsko) | Držač alata: „PCLNL 2020K 09“ Alat: pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“ | | | | |
| 5 | 3 | 0,36 | 1 | 315 | 518 | 73 | 0,39 0,1 | 0 | Grubo poprečno tokarenje na mjeru φ146 mm | Držač alata: „PCLNL 2525M 16“ Alat: pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“ | | | | |
| 6 | 0,3 | 0,11 | 1 | 441 | 1100 | 51 | 0,42 0,1 | 0 | Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 1.dio | Držač alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“ | | | | |
| 7 | 0,2 0,6 | 0,11 | 1 | 441 | 1019 | 87,1 | 0,74 | 0 | Fino konturno tokarenje (vanjsko) → 2.dio | Držač alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“ | | | | |
| 8 | 0,3 | 0,11 | 1 | 441 | 729 | 73,5 | 0,92 | 0 | Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru φ145 mm s radijusom R3 | Držač alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 04-XF 4425“ | | | | |
| 9 | 2,2 | 0,6 | 3 | 197 | 1412 | 127,5 | 0,45 0,1 | 0 | Proširavanje 6 provrta s φ40 na φ44,4 mm | Rezna oštrica: „CCMT 09 T3 12-PR 4335“ Alat: glodalo Coro Bore „BR20-56CC09F-C4“ Adapter: „C4-390.419-40 075“ | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 10,89 | 3,75 | 14,64 | 2,20 | 16,70 | 60 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |

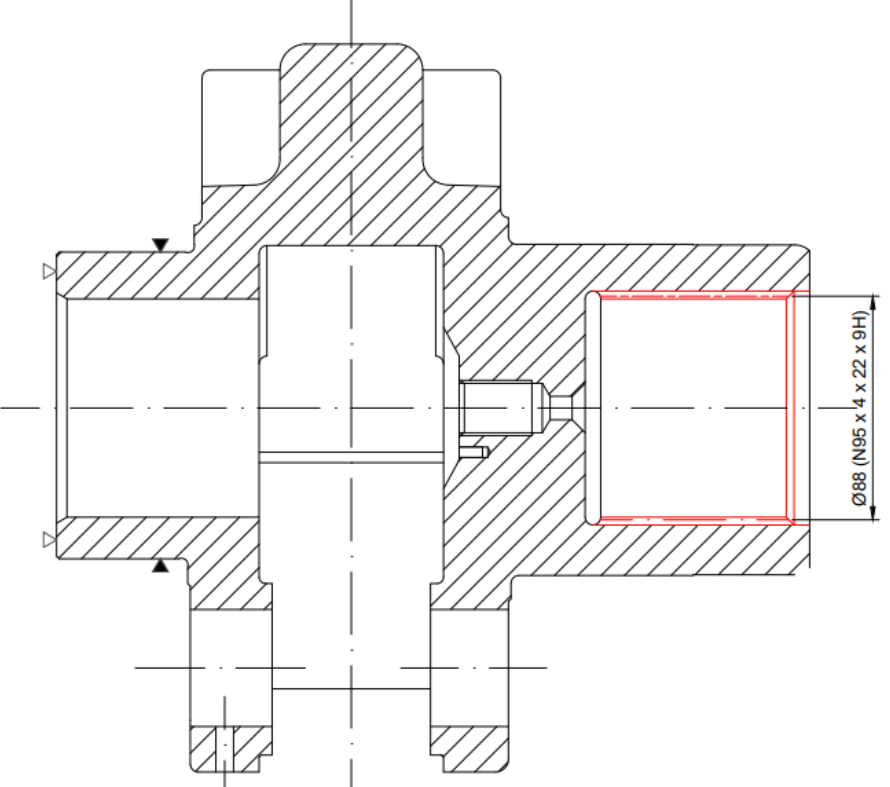
| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | | | | | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | 2 |
|-----------------------------|-------------|-------|----|-----|--------------|-------|-----------------------------|------|---|---|------------------------------|--------|------------|---------|
| OPERACIJSKI LIST | | | | | | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC obradni centar | | Listova: | 10 |
| | | | | | | | Broj nacрта: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: VMC400E Siemens 808D | | OPERACIJA: | 10 |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 10 | 0,5 | 0,185 | 3 | 220 | 1556 | 127,5 | 1,33 0,1 | 0 | Glodanje svih 6 provrta na konačnu mjeru $\phi 45$ H7 | Rezna pločica: „TCGX 09 02 04L-WL 1125“ Alat: glodalo Coro Bore „825-45TC09-C3“ Adapter: „C3-391.01-32 095“ | | | | |
| 11 | 3 | 0,36 | 2 | 324 | 1227 1185 | 95 | 0,43 0,1 | 0 | Tokarenje utora na mjeru $\phi 87$ mm | Držač alata: „A32T-SCLCL 12“ Alat: glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“ | | | | |
| 12 | 3 | 0,36 | 2 | 324 | 1108 1092 | 15,4 | 0,08 | 0 | Tokarenje na mjeru $\phi 94,4$ mm | Držač alata: „A32T-SCLCL 12“ Alat: glodalo Coro Turn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“ | | | | |
| 13 | 0,3 | 0,15 | 1 | 587 | 1966 | 15,2 | 0,05 0,1 | 0 | Završno tokarenje na konačnu mjeru $\phi 45$ H7 | Držač alata: „A20S-SCLCL 09-R“ Alat: glodalo Coro Turn 107 „CCMT 09 T3 04-PR 4305“ | | | | |
| 14 | 4,35 | 0,08 | 5 | 247 | 821 | 16 | 1,22 0,1 | 0 | Pravljenje utora | Držač alata: „N123G2-0300-0003-GM4325“ Alat: upuštač Coro Cut „LAG123G07-25B“ | | | | |
| 15 | 20 | 0,27 | 1 | 101 | 4020 | 23 | 0,02 0,1 | 0 | Bušenje provrta $\phi 8$ mm | Alat: svrdlo Coro Drill 860 „860.1-0800-028A0-PM4324“ | | | | |
| 16 | 5 | 0,15 | 1 | 100 | 3978 | 8 | 0,02 0,1 | 0 | Upuštanje provrta $\phi 8$ mm | Alat: upuštač „JUS K.D3.321 DIN 334“ | | | | |
| 17 | 1; 0,5 | 0,5 | 15 | 240 | 2521 | 95 | 1,13 0,1 | 0 | Poravnanje unutarnjih površina na mjeru od 67 mm | Držač alata: Coro Chuck „930-VB40-S-A25-095“ Alat: glodalo s promjerom od 27,7 mm | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 10,89 | 3,75 | 14,64 | 2,20 | 16,70 | 60 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 3 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|---|------------------------------|---------|---------------|---|--|-----------------|-----|----------------|----------------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC obradni centar | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacрта: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: VMC400E Siemens 808D | | OPERACIJA: 10 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 287,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 18 | - | - | - | - | - | - | - | 0,25 | Otpuštanje izratka | - | | | | |
| 19 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka) | Alat: pomično mjerilo „Unior (150 mm)“ i granični kontrolni trn | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 10,89 | 3,75 | 14,64 | 2,20 | 16,70 | 60 | Ime: Datum: | Ime: Datum: |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 4 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|------|------------------------------|-------------|---------------|---|--|-----------------|-----|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC obradni centar | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacрта: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: VMC400E Siemens 808D | | OPERACIJA: 20 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 287,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Rotiranje i stezanje obratka | „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“ | | | | |
| 2 | 3 | 0,707 | 1 | 279 | 673 | 29 | 0,06 0,1 | 0 | Poravnanje čela (čeno tokarenje) na mjeru φ126 mm | Držać alata: „DSSNL 2525M 15“ Alat: pločica „SNMG 15 06 16-PR 4425“ | | | | |
| 3 | 2,95 | 0,2 | 1 | 295 | 553 | 124,3 | 1,53 0,1 | 0 | Grubo konturno tokarenje (vanjsko) | Držać alata: „PCLNL 2020K 09“ Alat: pločica „CNMG 09 03 08-PM 4415“ | | | | |
| 4 | 3 | 0,36 | 1 | 315 | 544 | 78 | 0,40 0,1 | 0 | Poprečno tokarenje na mjeru φ136 mm | Držać alata: „PCLNL 2525M 16“ Alat: pločica „CNMG 16 06 24-PR 4425“ | | | | |
| 5 | 4 | 0,09 | 3 | 80 | 6000 | 7 | 0,04 0,1 | 0 | Zabušivanje 3 provrta φ6,8 mm | Alat: zabušivač „CMM ECS A3.15X08“ | | | | |
| 6 | 17,8 | 0,22 | 3 | 85,5 | 4002 | 23,8 | 0,09 0,1 | 0 | Bušenje 3 provrta φ6,8 mm | Alat: svrdlo Coro Drill 860 „860.1-0680-020A0-GM“ | | | | |
| 7 | 17,8 | 1,25 | 3 | 38,7 | 1539 | 23,8 | 0,04 0,1 | 0 | Urezivanje 3 navoja M8 | Alat: ureznik CoroTap 200 „T200-PM101JA-M8 P1PM“ | | | | |
| 8 | 0,2 0,6 | 0,11 | 1 | 441 | 1097 | 50,3 | 0,40 0,1 | 0 | Fino konturno tokarenje (vanjsko) | Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 08-XF 4425“ | | | | |
| 9 | 0,3 | 0,11 | 1 | 441 | 764 | 78,5 | 0,94 0,1 | 0 | Fino konturno tokarenje na konačnu mjeru φ135 mm s radijusom R3 | Držać alata: „DCLNL 2020K 12“ Alat: pločica „CNMG 12 04 04-XF 4425“ | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 5,68 | 4 | 9,68 | 1,45 | 11,13 | 60 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | 5 | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|----|------|-------------------------|-------|------------------------------|----|---|--|-----------------|--------|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC obradni centar | | Listova: | 10 | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacрта: H2000644-2 | | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: VMC400E Siemens 808D | | OPERACIJA: | | 20 | | | |
| | | | | | Dimenzija: Ø280 x 287,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 10 | 3 | 0,36 | 2 | 324 | 1322 1227 | 74 | 0,33 0,1 | 0 | Tokarenje utora na mjeru φ84 mm | Držać alata: „A32T-SCLCL 12“ Alat: glodalo CoroTurn 107 „CCMT 12 04 12-PR 4415“ | | | | |
| 11 | 38 | 0,18 | 1 | 201 | 3120 | 41 | 0,07 0,1 | 0 | Bušenje provrta φ20,5 mm | Alat: CoroDrill 880 „880-D2050L25-03“ | | | | |
| 12 | 1,5 | 0,27 | 14 | 344 | 2782 | 8,7 | 0,17 0,1 | 0 | Grubo tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60° | Alat: „570-STFCL-16-11-B1“ Rezna pločica: „TCMT 11 03 12-PR 4425“ Adapter: „570-2C 16 105“ | | | | |
| 13 | 0,3 | 0,27 | 2 | 344 | 3630 | 27,75 | 0,03 | 0 | Fino tokarenje proširenja sa skošenjem 6 x 60° | Alat: „570-STFCL-16-11B1“ Rezna pločica: „TCMT 11 03 12-PR 4425“ Adapter: „570-2C 16 105“ | | | | |
| 14 | 28 | 1,5 | 1 | 44,9 | 649 | 31 | 0,03 0,1 | 0 | Urezivanje navoja M22 x 1,5 | Alat: ureznik CoroTap 300 „T300-PM101DB-M22X150P1PM“ | | | | |
| 15 | 2 | 0,025 | 1 | 80 | 6000 | 5 | 0,03 0,1 | 0 | Zabušivanje provrta za izradu navoja M4 | Alat: zabušivač „MM ECS-A2.00X06-2T04“ | | | | |
| 16 | 11 | 0,16 | 1 | 185 | 6000 | 14 | 0,015 | 0 | Bušenje provrta φ3,3 H12 | Alat: svrdlo CoroDrill 860 „860.1-0330-021A1-PM4234“ | | | | |
| 17 | 9 | 0,7 | 1 | 39,6 | 3151 | 12 | 0,005 0,1 | 0 | Urezivanje navoja M4 | Alat: ureznik CoroTap 300 „T300-PM104DA-M4 P1PM“ | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 5,68 | 4 | 9,68 | 1,45 | 11,13 | 60 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 6 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|---|------------------------------|---------|---------------|---|---|-----------------|-----|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC obradni centar | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacрта: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: VMC400E Siemens 808D | | OPERACIJA: 20 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 284,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 18 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Otpuštanje i odlaganje izratka | - | | | | |
| 19 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka) | Alat: pomično mjerilo „Unior (150 mm)“, standardni vijak M4 i M8 za kontrolu navoja, čep M22x1,5 za kontrolu navoja | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 5,68 | 4 | 9,68 | 1,45 | 11,13 | 60 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | | Datum: | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 7 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|-----|---|-------------|---------------|------------------------------------|---|--|--------|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: „High-Performance Gear“ odvalna dubilica | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacрта: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: LIEBHERR LC 122 | | OPERACIJA: 30 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 281,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Podizanje i stezanje obratka | - |  | | | |
| 2 | - | 0,2 | - | 30 | 164 | 91 | 8,30 0,1 | 0 | Izrada unutarnjeg ozubljenja | Alat: odvalno glodalo za izradu zupčanika | | | | |
| 3 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Otpuštanje i odlaganje izratka | - | | | | |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | Kontroliranje dimenzija ozubljenja | Alat: mikrometar za unutarnje ozubljenje „Insize“ | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 8,40 | 2 | 10,40 | 1,56 | 11,96 | 30 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | 8 | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|---|------------------------------------|----------|------------|--|--|-----------------|--------|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: Peć za indukcijsko kaljenje | | Listova: | 10 | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacrt: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: AICHELIN CETUS | | OPERACIJA: | 40 | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 281,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | 0 0,1 | 0,5 | Podizanje i ubacivanje izratka u peć | - | | | | |
| 2 | - | - | - | - | - | - | 1,5 | 0 | Indukciono kaljenje zadane površine | Alat: induktor | | | | |
| 3 | - | - | - | - | - | - | 1,5 | 0 | Indukciono kaljenje unutarnjeg ozubljenja | Alat: induktor | | | | |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Uzimanje izratka iz peći i njegovo odlaganje | - | | | | |
| 5 | - | - | - | - | - | - | 0 1 | 0,5 | Kontroliranje tvrdoće izratka | Alat: uređaj za ispitivanje tvrdoće po Rockwellu „KB 150R“ | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 3,1 | 2 | 5,1 | 0,77 | 5,87 | 0 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 9 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---|-------------------------|------|--|------------|--|---|--|-----------------|--------|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC brusilica | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacrt: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“ | | OPERACIJA: 50 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 281,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Podizanje i stezanje obratka | Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“ | | | | |
| 2 | 0,2 | 0,01 | 1 | 1800 | 3819 | - | 0,5 0,1 | Brušenje površine na konačnu mjeru Ø120 m6 | Alat: brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G1080KOVŠ STAR LINE“ | | | | | |
| 3 | - | - | - | - | - | - | 0,5 | 0 | Otpuštanje i odlaganje izratka | Alat: mikrometar – vanjski, s izmjeničnim ticalom (0-150 mm)“ IP54 Insize“ | | | | |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | 0,3 | Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka) | - | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 0,6 | 1,3 | 1,9 | 0,29 | 2,19 | 40 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 10 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|----|-------------------------|------|--|-------------|--|---|--|-----------------|--------|---------|---------|
| | | Naziv: VRATILO REDUKTORA | | ČL 4732 – GS 42CrMo4 | | Naziv: CNC brusilica | | Listova: 10 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Broj nacrt: H2000644-2 | | Oblik: ODLJEVAK | | Oznaka: SCHLEIFMASCHINENWERK CHEMNITZ SA 5/Ux630“ | | OPERACIJA: 60 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø280 × 281,5 | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Podizanje i stezanje obratka | Alat: „PROXXON 4-čeljusna stezna glava sa nezavisnim čeljustima“ | | | | |
| 2 | 0,2 | - | 1 | 1800 | 3819 | - | 0,8 0,1 | Brušenje površine bez uzdužnog posmaka na konačnu mjeru Ø129,5 h10 | Alat: brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G1080KOVŠ STAR LINE“ | | | | | |
| 3 | 0,2 | - | 10 | 1800 | 3819 | - | 1,27 0,1 | Brušenje površine na konačnu mjeru Ø130 m6 | Alat: brusno kolo „150x20x32 NORTON 1G1080KOVŠ STAR LINE“ | | | | | |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | Poliranje označenih površina | Alat: „KEMIPOL T-12“ pasta i krpa za poliranje | | | | |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | Otpuštanje i odlaganje izratka | - | | | | |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | Kontroliranje dimenzija (kontrola svakog 5. izratka) | Alat: mikrometar – vanjski, s izmjeničnim ticalom (0-150 mm) „IP54 Insize“ | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 2,27 | 3,6 | 5,87 | 0,88 | 6,75 | 40 | Ime: | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | Datum: | Datum: | |