

Projekt tehnološkog procesa transportnog kola D179

Vukotić, Hana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:190:780898>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij strojarstva

Diplomski rad

**PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA
TRANSPORTNOG KOLA D179**

Rijeka, srpanj 2023.

Hana Vukotić
0069079682

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij strojarstva

Diplomski rad

PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA
TRANSPORTNOG KOLA D179

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Perinić

Komentor: prof. dr. sc. Zoran Jurković

Rijeka, srpanj 2023.

Hana Vukotić
0069079682

Rijeka, 8. ožujka 2023.

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

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Hana Vukotić (0069079682)**
Studij: **Sveučilišni diplomski studij strojarstva**
Modul: **Industrijsko i proizvodno inženjerstvo**

Zadatak: **PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA TRANSPORTNOG KOLA D179 /
Process planning of the transport wheel D179**

Opis zadatka:

Projektirati tehnološki proces za proizvodnju TRANSPORTNOG KOLA D179 u količini od 500 kom/god. prema nacrtu. Radom obuhvatiti: tehnološku analizu dijela; izradu crteža poluproizvoda; 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 programskog paketa. Prikazati kalkulaciju izračuna troška za proizvod ovisno o količini koju moramo proizvesti.

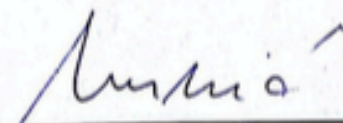
Rad je izrađen u suradnji s tvrtkom Elcon Geraetebau d.o.o.

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

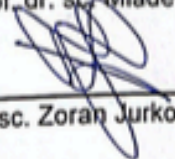
Hana Vukotić

Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:

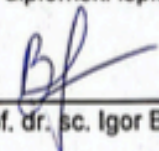


Prof. dr. sc. Mladen Perinić



Prof. dr. sc. Zoran Jurković (komentor)

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



Izv. prof. dr. sc. Igor Bonefačić

IZJAVA

Sukladno Pravilniku o diplomskom radu, diplomskom ispitu i završetku diplomskih sveučilišnih studija izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad u razdoblju od 17. ožujka do 1. srpnja 2023. pod nazivom “Projekt tehnološkog procesa transportnog kola D179”. Rad sam izradila prema zadatku Povjerenstva za diplomske ispite sveučilišnog diplomskog studija strojarstva, a pod vodstvom mentora prof.dr.sc. Mladena Perinića i komentora prof.dr.sc. Zorana Jurkovića.

U Rijeci, srpanj 2023.

Hana Vukotić

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Mladenu Periniću i komentoru prof.dr.sc. Zoranu Jurkoviću na ukazanom povjerenju, pruženim stručnim savjetima i prijedlozima te strpljenju i razumijevanju tijekom izrade diplomskog rada. Također se zahvaljujem doc.dr.sc. Davidu Ištokoviću na susretljivosti, strpljenju i razumijevanju te svim pruženim savjetima prilikom izrade rada.

Zahvaljujem se tvrtki Elcon Geraetebau d.o.o na pruženoj prilici za izradu diplomskog rada te na svom prenesenom i stečenom znanju. Posebno želim zahvaliti industrijskim mentorima, Tadiji Šimiću i Igoru Dronjiću, na strpljenju i prenesenom znanju te cijelom uredu tehnološke pripreme proizvodnje.

Na kraju veliko hvala mojim roditeljima, bratu, Mersiji, Viti i Svenu te svim prijateljima na strpljenju i svojoj podršci tijekom studiranja.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEHNOLOŠKA ANALIZA | 3 |
| 2.1. Analiza s konstrukcijskog stajališta | 3 |
| 2.1.2. Konfiguracija izratka | 5 |
| 2.1.3. Dimenzije i dozvoljena odstupanja..... | 6 |
| 2.1.4. Dozvoljena odstupanja oblika i položaja | 7 |
| 2.1.5. Kvaliteta obrađenih površina | 7 |
| 2.1.6. Osvrt na konstrukcijski nacrt | 9 |
| 2.2. Analiza s tehnološkog stajališta | 10 |
| 3. ODABIR ULAZNOG MATERIJALA | 11 |
| 3.1. Kvaliteta ulaznog materijala | 11 |
| 3.2. Oblik ulaznog materijala | 11 |
| 3.3. Dimenzije ulaznog materijala | 11 |
| 4. STRUKTURIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE TRANSPORTNOG KOLA D179 | 12 |
| 4.1. Struktura tehnološkog procesa izrade transportnog kola | 14 |
| 4.2. Izbor baza | 17 |
| 4.3. Izbor proizvodne opreme | 17 |
| 5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE TRANSPORTNOG KOLA | 19 |
| 5.1. Operacija 10: Piljenje ulaznog materijala | 21 |
| 5.2. Operacija 20: Priprema ulaznog materijala za tokarenje strane 100 i strane 200 | 24 |
| 5.2.1. Ukupno vrijeme operacije 20..... | 34 |
| 5.3. Operacija 30: Tokarenje strane 100 | 34 |
| 5.3.1. Ukupno vrijeme operacije 30..... | 60 |
| 5.4. Operacija 40: Tokarenje strane 200 | 61 |
| 5.4.1. Ukupno vrijeme operacije 40..... | 75 |
| 5.5. Priprema stezne naprave | 75 |

| | |
|--|------------|
| 5.5.1. Ukupno vrijeme pripreme stezne naprave | 87 |
| 5.6. Umjeravanje alata..... | 88 |
| 5.7. Operacija 50: Glodanje i bušenje strane 100 | 88 |
| 5.7.1. Ukupno vrijeme operacije 50..... | 126 |
| 5.8. Operacija 60: Ručno skidanje srhova | 126 |
| 5.9. Operacija 70: Završna kontrola | 127 |
| 5.9. Ukupno vrijeme izrade transportnog kola D179 | 129 |
| 6. TEHNOLOŠKA DOKUMETACIJA..... | 130 |
| Popis operacija | 132 |
| Operacijski listovi | 133 |
| Popis alata | 134 |
| Popis strojeva | 135 |
| 7. SIMULACIJA IZRADE TRANSPORTNOG KOLA D179 POMOĆU PAKETA MASTERCAM..... | 136 |
| 7.1. Simulacija tokarenja transportnog kola D179 | 136 |
| 7.1.1. Definiranje koordinatnog sustava | 136 |
| 7.1.2. Definiranje postprocesora | 140 |
| 7.1.3. Definiranje sirovca..... | 140 |
| 7.1.4. Definiranje konture | 143 |
| 7.1.5. Operacija 10: Poravnanje čela na mjeru 23 mm | 144 |
| 7.1.6. Operacija 20: Uzdužno vanjsko tokarenje promjera $\emptyset 179,3$ mm..... | 148 |
| 7.1.7. Operacija 30: Bušenje provrta 101 ($\emptyset 37$ mm) | 151 |
| 7.1.8. Operacija 40: Uzdužno unutarnje tokarenje provrta 101 ($\emptyset 47$ mm)..... | 154 |
| 7.1.9. Operacija 50: Grubo poravnanje čela na mjeru 22,1 mm | 157 |
| 7.1.10. Operacija 60: Uzdužno vanjsko grubo tokarenje promjera $\emptyset 179,1$ mm..... | 158 |
| 7.1.11. Operacija 70: Poprečno grubo unutarnje tokarenje džepa 102 ($\emptyset 159,9$ mm)..... | 159 |
| 7.1.12. Operacija 80: Uzdužno grubo unutarnje tokarenje provrta 101 ($\emptyset 47,9$ mm) | 160 |
| 7.1.13. Operacija 90: Grubo tokarenje utora..... | 161 |

| | |
|--|------------|
| 7.1.14. Operacija 100: Fino poravnanje čela na mjeru 22 mm | 164 |
| 7.1.15. Operacija 110: Uzdužno fino vanjsko tokarenje promjera Ø179 mm..... | 166 |
| 7.1.16. Operacija 120: Uzdužno fino unutarnje tokarenje džepa 102 (Ø160 mm) | 167 |
| 7.1.17. Operacija 130: Poprečno fino unutarnje tokarenje džepa 102 | 169 |
| 7.1.18. Operacija 140: Uzdužno fino unutarnje tokarenje provrta 101 (Ø48 mm) | 170 |
| 7.1.19. Operacija 150: Fino tokarenje utora | 171 |
| 7.1.20. Operacija 160: Promjena stezanja..... | 173 |
| 7.1.21. Operacija 170: Grubo poravnanje čela na mjeru 18,1 mm | 174 |
| 7.1.22. Operacija 180: Grubo poravnanje čela na mjeru 12,2 mm | 175 |
| 7.1.22. Operacija 190: Fino poravnanje čela na mjeru 18 mm | 177 |
| 7.1.23. Operacija 200: Izrada skošenja 2x45° | 178 |
| 7.1.24. Operacija 210: Fino poravnanje čela na mjeru 12 mm | 180 |
| 7.1.25. Operacija 220: Uzdužno fino vanjsko tokarenje promjera Ø80 mm..... | 181 |
| 7.2. Simulacija glodanja i bušenja transportnog kola D179 | 182 |
| 7.2.1. Definiranje koordinatnog sustava | 182 |
| 7.2.2. Definiranje postprocesora | 183 |
| 7.2.3. Definiranje sirovca..... | 184 |
| 7.2.4. Operacija 10: Zabušivanje Ø4 mm za provrte 111-116 | 187 |
| 7.2.5. Operacija 20: Bušenje provrta 111-116 (Ø4,5 mm) | 191 |
| 7.2.6. Operacija 30: Glodanje rupa 121-126 - fino | 193 |
| 7.2.7. Operacija 40: Skidanje steznih pločica i stezanje vijaka M4..... | 196 |
| 7.2.8. Operacija 50: Glodanje vanjske konture - grubo | 197 |
| 7.2.9. Operacija 60: Glodanje džepova 131-136 - grubo (6x) | 200 |
| 7.2.10. Operacija 70: Glodanje džepova 141-146 - grubo (6x) | 204 |
| 7.2.11. Operacija 80: Glodanje džepa 161 - grubo | 207 |
| 7.2.12. Operacija 90: Zabušivanje za provrte 151-156 (Ø4 mm)..... | 209 |
| 7.2.13. Operacija 100: Bušenje provrta 151-156 (Ø4,2 mm) | 211 |
| 7.2.14. Operacija 110: Glodanje vanjske konture - fino | 212 |

| | |
|---|------------|
| 7.2.15. Operacija 120: Glodanje džepova 131-136 - fino (6x) | 214 |
| 7.2.16. Operacija 130: Glodanje džepa 161 - fino | 216 |
| 7.2.17. Operacija 140: Glodanje džepova 141-146 - fino..... | 218 |
| 7.2.18. Operacija 150: Izrada skošenja 1x15° na džepu 161 | 219 |
| 7.2.19. Operacija 160: Izrada skošenja na vanjskoj konturi | 223 |
| 7.2.20. Operacija 170: Izrada skošenja na džepovima 131-136 i 141-146 | 225 |
| 7.2.21. Provjera ispravnosti modela..... | 227 |
| 7.2.22. Ukupno trajanje izrade transportnog kola D179 | 228 |
| 8. EKONOMSKA ANALIZA | 229 |
| 9. ZAKLJUČAK | 232 |
| LITERATURA | 233 |
| POPIS OZNAKA | 234 |
| POPIS SLIKA | 236 |
| POPIS TABLICA..... | 243 |
| SAŽETAK | 245 |
| SUMMARY | 246 |
| POPIS PRILOGA..... | 247 |

1. UVOD

Osnova svake proizvodnje koja će omogućiti ostvarenje traženih značajki jest tehnološki proces. Dio je proizvodnog procesa koji se odnosi na promjenu oblika, dimenzija, kemijskih i fizikalnih svojstava materijala te stanja površine od ulaznog materijala do gotovog proizvoda. Jednom definirani tehnološki proces ne predstavlja konačnu, nepromjenjivu verziju, već je podložan promjenama i poboljšanjima sukladno novim tehnološkim spoznajama kroz duži vremenski period. Projektiranje tehnološkog procesa temeljna je aktivnost tehnološke pripreme proizvodnje. Njime se utvrđuju načini i metode izrade/proizvodnje određenog dijela/proizvoda koji uključuju određeni broj koraka/operacija pri pretvaranju ulaznog materijala u gotov proizvod. Predstavlja poveznicu između konstrukcije proizvoda i proizvodnje. Tako projektirani tehnološki proces mora osigurati izradu proizvoda u odgovarajućoj kvaliteti, u potrebnoj količini, u traženo vrijeme i po optimalnim troškovima. Treba naglasiti kako na navedeno ne utječe samo tehnološki proces, već i odgovarajuće konstrukcijsko rješenje konkretnog proizvoda. Konstrukcija proizvoda imaće ključnu ulogu u ekonomičnosti proizvodnje. Mora biti takva da osigura minimalno vrijeme izrade s minimalno potrebne proizvodne opreme uz minimalan utrošak materijala. Ekonomičnost konstrukcijskog rješenja postići će se bliskom suradnjom konstruktora i tehnologa već u fazi projektiranja i konstruiranja proizvoda. Ključno je konstrukciju proizvoda podvrgnuti tehnološkoj analizi kako bi se dobila informacija o tehnologičnosti proizvoda koju se proučava sa stanovišta proizvodnje pojedinih dijelova i sa stanovišta montaže. Tehnološka analiza dati će informacije o potencijalnim problemima u konstrukciji dijela, njegovoj proizvodnji te u konačnici montaži. Zato se tehnološka analiza smatra polazištem za projektiranje tehnološkog procesa. Tehnologičnost dijelova proizvoda direktno utječe na ekonomičnost, a na nju utječu konstrukcijsko-tehnološke karakteristike: materijal izratka, konfiguracija izratka, dimenzije i dozvoljena odstupanja, dozvoljena odstupanja oblika i položaja i kvaliteta obrađenih površina.

Transportna kola u industriji služe kako bi se transportirali razni oblici proizvoda s jednog mjesta na drugo. Fokus ovog diplomskog rada upravo je transportno kolo D179 koje služi za transport medicinskih bočica promjera $\varnothing = 22$ mm s jednog mjesta proizvodne linije na drugo. Rotacijom transportnog kola u horizontalnoj ravnini omogućen je transport 27 bočica u jednoj rotaciji od 360° . Ugradnjom transportnog kola u proizvodne linije znatno se ubrzao proces punjenja i transporta medicinskih bočica, a samim time poboljšala se protočnost farmaceutske proizvodne industrije.

Kroz ovaj diplomski rad pod nazivom „Projekt tehnološkog procesa transportnog kola D179“ detaljno će se razraditi tehnološki proces izrade transportnog kola D179 strukturiranjem operacija i definiranjem svih elemenata operacija sa odgovarajućim nacrtima proizvoda, potrebnom dokumentacijom i kalkulacijom troška za proizvod u zadanoj godišnjoj količini od 500 kom./god. Na temelju razrade tehnološkog procesa izrade proizvoda provela se računalna simulacija obrade transportnog kola korištenjem programskog paketa Mastercam. Također se korištenjem programskog paketa Solidworks izradio 3D model transportnog kola, ulaznog materijala te stezne naprave. Rad je izrađen u suradnji s tvrtkom Elcon Geraetebau d.o.o.

Diplomski rad koncipiran je u 9 poglavlja:

Prvo poglavlje pruža uvodne informacije, drugo poglavlje odnosi se na tehnološku analizu proizvoda s konstrukcijskog i tehnološkog stanovišta, treće poglavlje odnosi se na odabir ulaznog materijala, četvrto poglavlje donosi strukturiranje tehnološkog procesa izrade transportnog kola D179. Peto poglavlje donosi detalju razradu tehnološkog procesa izrade transportnog kola. Šesto poglavlje odnosi se na tehnološku dokumentaciju dok se sedmo poglavlje odnosi na simulaciju procesa obrade transportnog kola koristeći programski paket Mastercam. U osmom poglavlju vršena je analiza troškova za proizvodnju transportnog kola te deveto poglavlje donosi zaključak.

2. TEHNOLOŠKA ANALIZA

2.1. Analiza s konstrukcijskog stajališta

2.1.1. Materijal izratka

Aluminijska legura pod nazivom ALU 6082 ili Al SiMgMn koristi se kao materijal izrade transportnog kola D179. Pripada seriji 6000 aluminijskih legura pod nazivom ALU 6000. ALU 6000 serija sastoji se od sljedećih legura: A6005, A6026, A6061, A6063, A6082, A6262, M82 i SIGMACHIP A6. Sve vrste unutar serije sadrže magnezij i silicij tvoreći magnezijev silikat koji omogućava toplinsku obradu legure. ALU 6082 srednje je čvrsta legura s odličnom otpornošću na koroziju. Kemijski sastav legure prikazan je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Kemijski sastav ALU 6082 [1]

| ALU 6082 – kemijski sastav [%] | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|
| | Mn | Fe | Mg | Si | Cu | Zn | Ti | Cr | ostalo |
| min. | 0,4 | 0 | 0,6 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| max. | 1 | 0,5 | 1,2 | 1,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,25 | 0,15 |

Od svih legura iz obitelji 6000, ALU 6082 ima najveću čvrstoću te dobro podnosi velika dinamička opterećenja. Zbog toga je još poznata kao konstrukcijska legura. Dolazi u obliku šipki, ploča, tankostijenih ploča ili cijevi. Pogodna je za oblikovanje te se zato najčešće koristi kao materijal prilikom strojne obrade. Primjena legure također je vrlo česta u izgradnji mostova, dizalica, rešetkastih struktura te općenito u uvjetima visokih naprezanja. Površina materijala nije toliko fina što ga čini manje estetičnim materijalom od ostalih u seriji.[1]. Obzirom na način formiranja legure i izvedenog starenja materijala nakon obrade razlikuju se tri tipa ALU 6082 legure:

- žarena kovana legura
- T4 - legura toplinski obrađena; prirodno starenje
- T6 - legura toplinski obrađena; umjetno starenje

Mehanička svojstva za tri tipa legure različita su te su prikazana u tablici 2.2 uz pripadajuće vrijednosti. Fizikalna svojstva prikazana su u tablici 2.3. Mogućnost primjene i ponašanje legure u različitim uvjetima obrade prikazno je u tablici 2.4.

Tablica 2.2. Mehanička svojstva ALU 6082 [1]

| Mehanička svojstva | | | |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|
| | O | T4 | T6 |
| Vlačna čvrstoća [MPa] | 130 | 260 | 340 |
| Posmična čvrstoća [MPa] | 85 | 170 | 210 |
| Granica elastičnosti [MPa] | 60 | 170 | 310 |
| Produljenje A50 [%] | 27 | 19 | 11 |
| Tvrdoća (Vickers) [HV] | 35 | 75 | 100 |

Tablica 2.3. Fizikalna svojstva ALU 6082 [1]

| Fizikalna svojstva | |
|---------------------------|------------------------------|
| Svojstvo | Vrijednost |
| Gustoća | 2710 kg/m ³ |
| Talište | 555°C |
| Modul elastičnosti | 70 GPa |
| Električni otpor | 0,038x10 ⁻⁶ ohm.m |
| Toplinska provodljivost | 180 W/mK |
| Toplinska dilatacija | 24x10 ⁻⁶ /K |

Tablica 2.4. Mogućnost primjene i ponašanje prilikom obrade ALU 6082 [1]

| Ponašanje prilikom obrade | |
|----------------------------------|---------------|
| Obrada | Ocjena |
| Obradivost (na hladno) | Dobro |
| Strojna obrada | Dobro |
| Zavarivanje plinskim plamenom | Dobro |
| Elektrolučno zavarivanje | Dobro |
| Elektrootporno zavarivanje | Dobro |
| Tvrdo lemljenje | Dobro |
| Meko lemljenje | Dobro |

2.1.2. Konfiguracija izratka

Konfiguracija izratka značajno utječe na tehnološkičnost izratka zbog svog utjecaja na ekonomičnost proizvodnje. Konfiguracija izratka utječe na izbor načina izrade, posljedično na količinu skinute strugotine i vrijeme obrade, odabir proizvodne opreme, krutost izratka te na izbor baza prilikom obrade dijela.

Transportno kolo je rotaciono-simetrično geometrijsko tijelo velikog promjera, a male dužine. Promjer transportnog kola iznosi 179 mm, a dužina 18 mm. Izrađuje se iz šipke, također rotaciono-simetričnog geometrijskog tijela velikog promjera, a male dužine. Promjer šipke iznosi 180 mm, a dužina 23 mm. Obzirom na malu dužinu izratka, opcija otkivka kao ulaznog materijala u proces obrade kojim bi eventualno dobili manju količinu skinute strugotine i više neobrađivanih površina, nije bila moguća.

Sve cilindrične površine su koncentrične, a ravne plohe okomite su na os rotacije.

Sve konture koje je potrebno glodati nalaze se u istoj ravnini kao i provrti koje je potrebno probušiti što znači da će se time smanjiti vrijeme izrade dijela te povećati točnost obzirom da neće biti značajnih promjena položaja alata ili podešavanja stroja koje bi dovelo do potencijalnih pogreški. Vanjski promjer transportnog kola obrađuje se glodanjem radi stvaranja 27 polukružnih kontura raspoređenih na 360° (razmak između središta dvije polukružne konture iznosi $13,333^\circ$). Za formiranje tih kontura koristi se zamišljeni promjer $\varnothing 189,5$ mm.

Svi provrti koji se izrađuju bušenjem nalaze se pod kutem od 90° . Šest provrta na promjeru $\varnothing 60$ mm i šest provrta na promjeru $\varnothing 148$ mm nalaze se pravilno raspoređeni na 360° što znači da je između dva provrta razmak 60° . Svi provrti bušeni su po cijeloj visini transportnog kola.

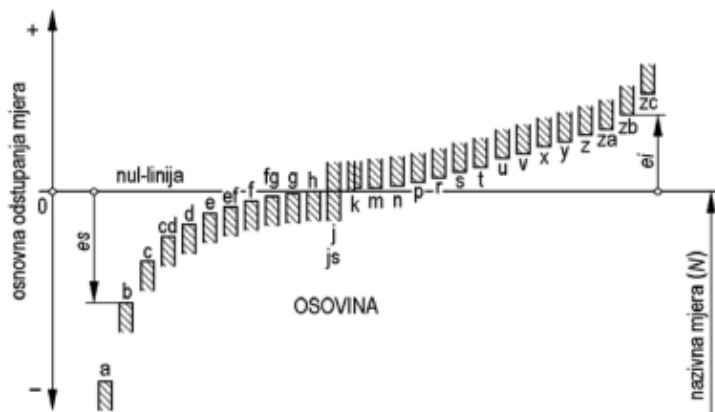
Sve površine koje će se koristiti za stezanje izratka prilikom obrade mogu osigurati sigurno i jednostavno stezanje. Sve površine su lako dostupne za izradu i čišćenje. Na svim površinama ostvarit će se lagan izlazak alata iz zahvata.

Skošenja rubnih kontura izvode se na C0,2 tokarenjem i C0,1 glodanjem čime je zadovoljen zahtjev s nacrtu koji glasi da sva skošenja moraju biti izvedena u minimalnoj mjeri od 0,1 mm te maksimalnoj 0,5 mm. Dva skošenja su zasebno navedena na nacrtu:

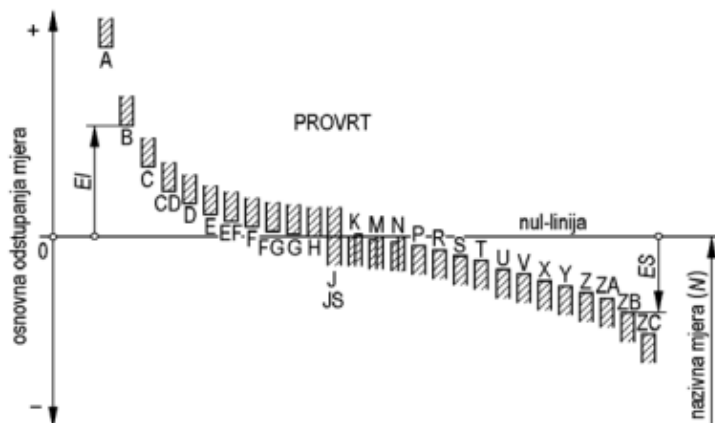
- skošenje na promjeru $\varnothing 80$ mm koje iznosi $2 \text{ mm} \times 45^\circ$,
- skošenje konture džepa $1 \text{ mm} \times 15^\circ$.

2.1.3. Dimenzije i dozvoljena odstupanja

Na slici 2.1. prikazan je položaj tolerancijskih polja u odnosu na nul-liniju.



Slika 4.9. Položaj tolerancijskih polja za vanjske izmjere (osovine)



Slika 2.1. Položaj tolerancijskih polja u odnosu na nul-liniju [2]

Konstruktivske dimenzije transportnog kola pravilno su unesene i raspoređene što je ujedno i preduvjet za preglednost i čitkost nacrtu. Za svaku dimenziju na kojoj nije posebno navedeno dozvoljeno odstupanje vrijedi propis o odstupanju slobodnih mjera prema ISO 2768-mK. Norma se odnosi na linearne mjere i skošenja. „M“ klasa specificirana je s ISO 2768-1, a „K“ klasa u ISO 2768-2 koja uključuje H, K i L tolerancije. U prilogu 1 i 2 nalaze se navedene tablice. U tablici 2.5. prikazane su sve tolerancije zadane na nacrtu. Što su zahtjevana odstupanja manja, troškovi proizvodnje su veći. Bitnu ulogu u funkcioniranju izratka imaju tehnološke dimenzije koje se ostvaruju tehnološkim procesom. Prilikom njihove kontrole mogu se izvesti zaključci o funkcionalnosti izratka i kvaliteti izrade.

Tablica 2.5. Zadane tolerancije

| Nazivna mjera | Dozvoljeno odstupanje | |
|---------------|-----------------------|------------|
| | Minimalno | Maksimalno |
| 10 H7 | 0 | +0,15 |
| Ø179 mm | -0,1 | +0,1 |
| Ø189,5 mm | -0,1 | +0,1 |
| 5 | -0,1 | +0,1 |
| 8 | 0 | +0,1 |

2.1.4. Dozvoljena odstupanja oblika i položaja

Strojni dijelovi uglavnom sadrže veći broj obrađivanih površina. Sve su te površine vrlo često različitog geometrijskog oblika. Proizvodnja je takva da je vrlo teško ili gotovo nemoguće ostvariti točan geometrijski oblik kakav se predviđa konstrukcijskim nacrtom. Upravo u tim slučajevima se propisuju dozvoljena odstupanja geometrijskih oblika te se kao takva unose na konstrukcijski nacrt. Prema njima se onda prilagođava razrada tehnološkog procesa izrade proizvoda. Potrebno je naglasiti da se dozvoljeno odstupanje oblika treba primjeniti na površinama važnim za funkciju dijela, ali je poželjno takva odstupanja ne primjenjivati na slobodne odnosno neobrađivane površine. Odstupanja oblika uvelike će utjecati na pravilno funkcioniranje dijela u sklopu, brtvljenje, trajnost dijela, ispravnost vođenja i slično.

U konstrukcijskom nacrtu transportnog kola nalaze se sljedeća dozvoljena odstupanja oblika:

- Ravnost površine (vanjska površina Ø80 mm) – tolerirana površina mora ležati između dvije paralelnih ravnina razmaknutih za $t = 0,1$ mm.
- C – zahtjev za kružnost površine. Ovaj zahtjev traži da se površina obradi tokarenjem kako bi se postigla tražena kvaliteta površine. Glodanjem površine ovaj se zahtjev ne bi mogao ispuniti.

2.1.5. Kvaliteta obrađenih površina

Površine strojnih dijelova dobivaju se obradom odvajanjem čestica ili obradom bez odvajanja čestica. Zbog različitih opterećenja koja djeluju tijekom obrade, a kasnije i tijekom eksploatacije,

dolazi do trošenja dijelova. Najznačajnija opterećenja za pojavu trošenja su mehanička i kemijska. Takve površine nisu idealno glatke – gledano pod mikroskopom mogu se uočiti neravnine različitih dimenzija, rasporeda i oblika. Iz toga slijedi da se kvaliteta obrađenih površina manifestira u obliku mikrogeometrijske nepravilnosti na površini izratka. Kvaliteta obrađenih površina određuje se prema stupnju hrapavosti površine. [4]

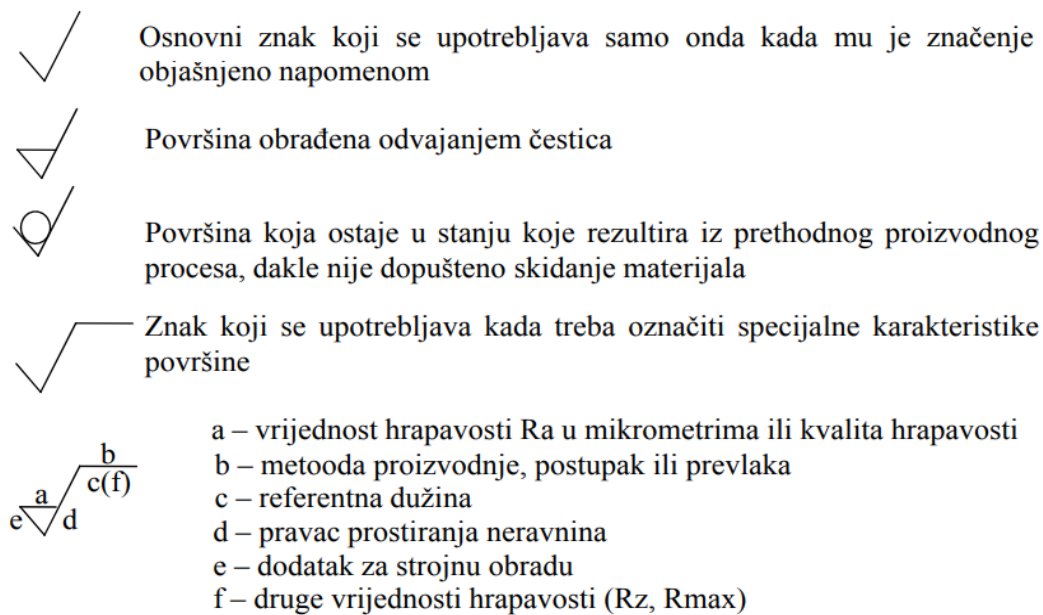
Obrada površina može se podijeliti na grubu, čistu, finu i specijalnu. Stvarna dodirna površina između dva strojna dijela ponekad iznosi mali dio geometrijske površine upravo zbog nesavršenosti na svakoj od njih. Stvarna dodirna površina između dijelova obrađenih tokarenjem ili glodanjem iznosi 20%. Taj postotak se podiže na 40-50% ako se površine obrade brušenjem. Najveća stvarna dodirna površina ostvaruje se obradama poput honanja, lepanja, superfiniša ili poliranja. Zahtjevi za kvalitetom obrađenih površina ovisit će o ulozi i funkciji dijela u njegovoj eksploataciji.

Za definiranje tražene kvalitete obrađenih površina koriste se oznake IT koja označava stupanj tolerancije, N stupanj površinske hrapavosti prema normi HRN M.A0.065., Ra koji predstavlja srednje aritmetičko odstupanje profila ili Rz koji označava maksimalnu visinu profila. Na slici 2.2. prikazana je korelacija između klasa i stupnjeva površinske hrapavosti.

| Stupanj površinske hrapavosti HRN M.A0.065 | Oznaka klase HRN M.A1.021 | Najveća vrijednost R_a | Najveća vrijednost R_z | Približno odgovara staroj oznaci |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| | 1 | 0,012 | 0,05 | ▽▽▽▽ |
| N1 | 2 | 0,025 | 0,10 | |
| N2 | 3 | 0,050 | 0,20 | |
| N3 | 4 | 0,100 | 0,40 | |
| N4 | 5 | 0,200 | 0,80 | |
| N5 | 6 | 0,400 | 1,6 | ▽▽▽ |
| N6 | 7 | 0,800 | 3,2 | ▽▽ |
| N7 | 8 | 1,6 | 6,3 | |
| N8 | 9 | 3,2 | 12,5 | |
| N9 | 10 | 6,3 | 25 | ▽ |
| N10 | 11 | 12,5 | 50 | |
| N11 | 12 | 25 | 100 | |
| N12 | 13 | 50 | 200 | |
| | 14 | 100 | 400 | |

Slika 2.2. Korelacija između klasa i stupnjeva površinske hrapavosti [4]

Na slici 2.3. prikazani su znakovi za označavanje kvalitete površine.



Slika 2.3. Znakovi za označavanje kvalitete površine [4]

Na nacrtu je zadano kako sve površine treba izvesti sa Ra1,6 osim na pozicijama na kojima je označeno Ra2,5. Te vrijednosti se vrlo često primjenjuju za klizne površine i prisne dosjede. Prema slici 2.2. vidljivo je kako to označava stupanj površinske hrapavosti N7 odnosno N8 te predstavlja čistu obradu. Postoji korelacija između tolerancije i stupnja hrapavosti površine stoga je bitno naglasiti da se ne može propisati fina tolerancija za grubo obrađene dijelove. Na nacrtu transportnog kola ispoštovano je takvo pravilo.

2.1.6. Osvrt na konstrukcijski nacrt

Konstrukcijski nacrt transportnog kola izrađen je sa svim potrebnim elementima za njegovu čitkost i razumljivost. Sve dimenzije transportnog kola pravilno su unesene i raspoređene. Nacrt sadrži sve potrebne presjeke i detalje sa jasno i pravilno raspoređenim kotama. Oznake stupnja površinske hrapavosti pravilno i jasno su unesene. Materijal je propisno unesen. Termička obrada ili površinska zaštita nije predviđena nakon obrade. Sve potrebne informacije iznesene su u tehnološkoj analizi transportnog kola. Na temelju toga slijedi koncipiranje tehnološkog procesa izrade transportnog kola D179.

2.2. Analiza s tehnološkog stajališta

Izrada transportnog kola može se postići primjenom klasičnih postupaka jer ne postoje zahtjevi za uvođenje specijalnih postupaka obrade. Izradak je rotaciono-simetričan te će se konstrukcija postići postupcima:

- tokarenja
- glodanja
- bušenja
- urezivanja navoja

Na nacrtu ne postoje zahtjevi za termičkim postupcima niti za postupcima završne obrade.

3. ODABIR ULAZNOG MATERIJALA

Pri odabiru ulaznog materijala potrebno je u obzir uzeti konstrukcijske i proizvodne zahtjeve te temeljem toga odabrati optimalan ulazni materijal. Pažnju treba posvetiti kvaliteti, obliku i dimenzijama ulaznog materijala kako bi se pravilno izvršio odabir. Konstrukcijski zahtjevi transportnog kola izneseni su u poglavlju 2. Za odabir ulaznog materijala za izradu transportnog kola u obzir treba uzeti i zahtjev za količinom od 500 kom./god.

3.1. Kvaliteta ulaznog materijala

Konstrukcijski zahtjevi zadani na nacrtu transportnog kola određuju kvalitetu materijala. Nacrtom je zadano kako transportno kolo mora biti izrađeno od ALU 6082. Riječ je o slitini aluminija AlSi1MgMn sa sastavom prikazanim u tablici 2.1. Mehanička i fizikalna svojstva prikazana su u tablici 2.2. i 2.3.

3.2. Oblik ulaznog materijala

Nakon definiranja kvalitete ulaznog materijala razmatra se oblik ulaznog materijala. Prilikom odabira oblika ulaznog materijala u obzir se uzima konfiguracija izratka i slijedom toga troškovi izrade. Različite varijante oblika ulaznog materijala dostupne su za strojnu obradu te je potrebno odabrati optimalnu varijantu obzirom na postavljene zahtjeve.

Transportno kolo rotaciono je simetričan komad. Kao ulazni materijal za izradu transportnog kola odabrana je puna šipka. Obzirom na zahtjev od 500 kom./god., ekonomski optimalni odabir također je bila šipka. Da bi se transportno kolo izradilo iz šipke potrebno je bilo punu šipku pilati na određenu mjeru, tokariti, glodati, bušiti te urezati navoje.

3.3. Dimenzije ulaznog materijala

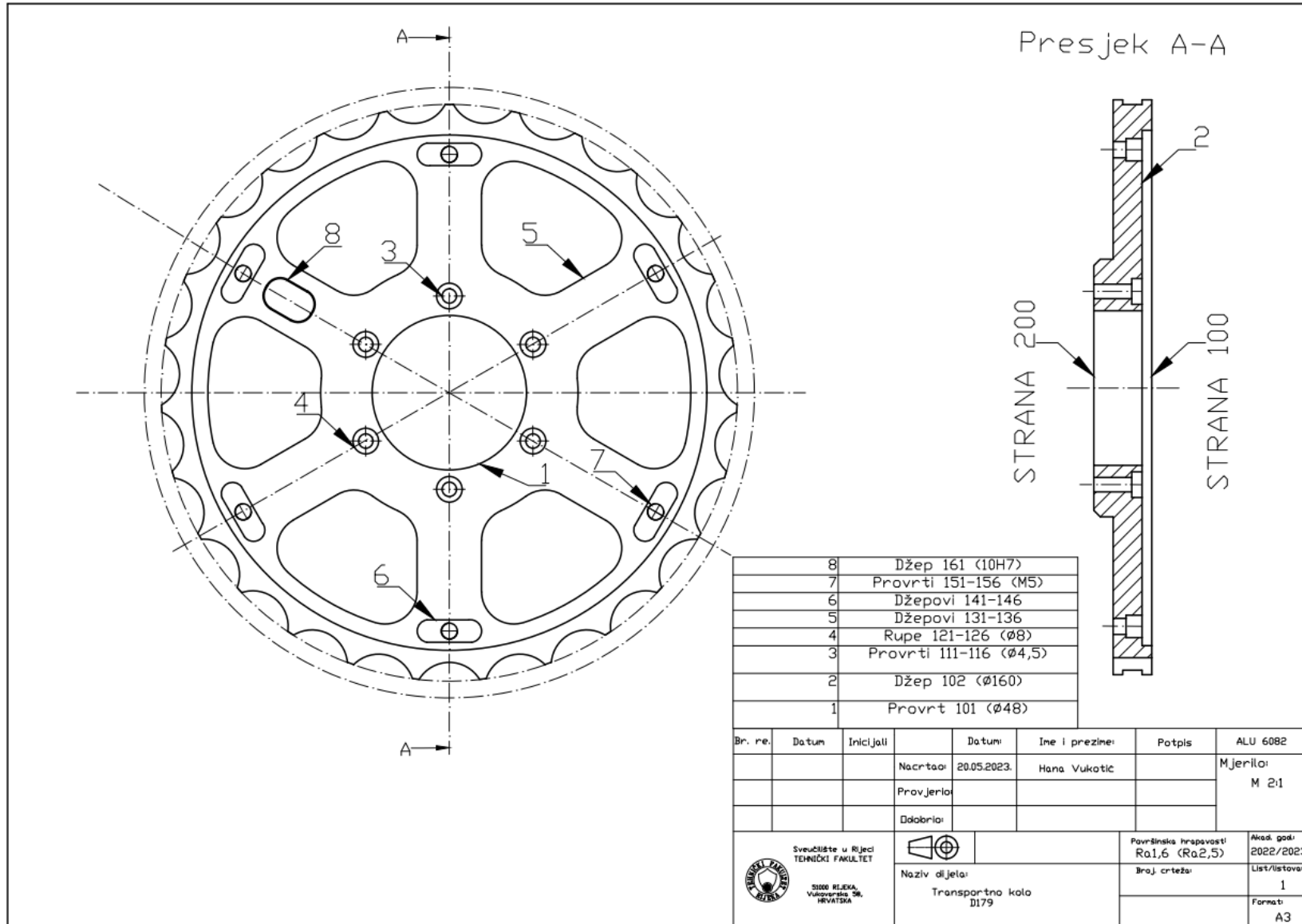
Dvije glavne dimenzije koje definiraju transportno kolo su vanjski promjer 179 mm te dužina 18 mm. Obzirom na predviđene postupke obrade potrebno je osigurati dodatke za obradu. Šipka će zbog toga imati dimenzije $\varnothing 180$ mm i dužinu 23 mm. Određeno je da će dodatak za obradu po dužini iznositi ukupno 5 mm, a promjer šipke će se uvećati za 1 mm.

4. STRUKTURIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE TRANSPORTNOG KOLA D179

Strukturiranje tehnološkog procesa izrade dijela najvažnija je faza projektiranja tehnološkog procesa. Za njegovo strukturiranje koriste se podaci zadani projektom. Polazni parametar prilikom strukturiranja tehnološkog procesa je količina izradaka koju je potrebno proizvesti na godišnjoj razini. Za transportno kolo to iznosi 500 komada. Prema količini može se zaključiti da se radi o pojedinačnoj proizvodnji.

Na temelju prethodne tehnološke analize može se zaključiti da se radi o složenom komadu koji će se obrađivati na CNC obradnim strojevima.

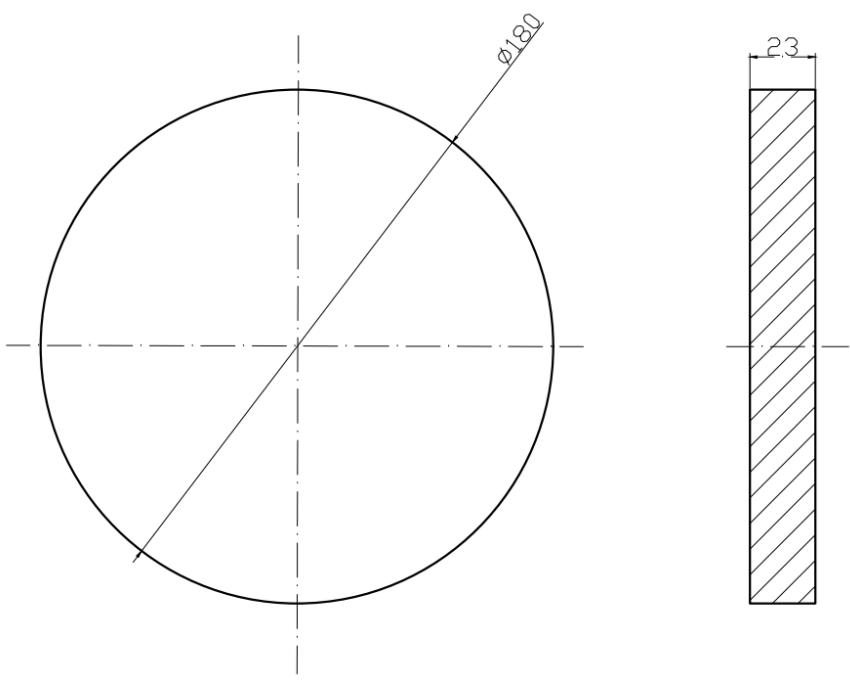
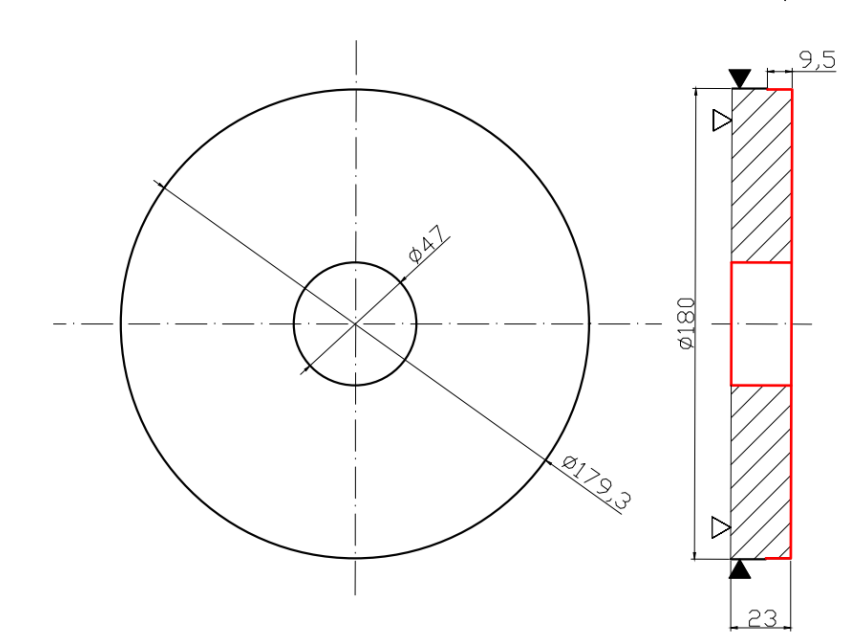
Za potrebe strukturiranja formiran je nacrt s brojeanim oznakama dijelova transportnog kola koje će se koristiti kod formiranja naziva zahvata i operacija (Slika 4.1).



Slika 4.1. Brojčane oznake dijelova transportnog kola

4.1. Struktura tehnološkog procesa izrade transportnog kola

Za izradu transportnog kola prema zadanim konstrukcijskim zahtjevima, u zadanim dimenzijama i traženoj kvaliteti i količini, potrebne će biti sljedeće operacije:

| Operacija | Vrsta operacije | Skica operacije | Radno mjesto |
|-----------|----------------------------|---|-------------------------|
| 10 | Piljenje |  <p>The drawing shows a circular blank with a diameter of $\phi 180$ and a rectangular bar with a width of 23. The bar is shown in a side view with diagonal hatching.</p> | Tračna pila |
| 20 | Priprema izratka-tokarenje |  <p>The drawing shows a circular blank with a diameter of $\phi 180$ and a central hole with a diameter of $\phi 47$. A rectangular bar with a width of 23 and a height of 9.5 is shown in a side view with diagonal hatching. The bar is positioned within the circular blank.</p> | Tokarski obradni centar |

| | | | |
|----|----------------------|--|-------------------------|
| 30 | Tokarenje strane 100 | | Tokarski obradni centar |
| 40 | Tokarenje strane 200 | | Tokarski obradni centar |

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| <p>50</p> <p>Glodanje i bušenje</p> | | <p>Vertikalni obradni centar</p> |
| <p>60</p> <p>Ručno skidanje srhova</p> | | <p>Radni stol</p> |
| <p>70</p> <p>Završna kontrola</p> | | <p>CMM</p> |

4.2. Izbor baza

Tehnološke baze označene su u skicama koje prikazuju strukturu tehnološkog procesa izrade transportnog kola. Od tehnoloških baza polazi se prilikom rada u određenoj operaciji na transportnom kolu. Preko njih se komad oslanja na oslone elemente steznog pribora odnosno preko njih se određuje položaj djela u radnom prostoru stroja. Od tih površina, linija ili točki unose se kote za proizvodnju.[4]

4.3. Izbor proizvodne opreme

Za piljenje ulaznog materijala koristila se PE-TRA POWER DC 420 CNC - potpuno automatska i visokoproduktivna tračna pila prikazana na slici 4.2.



Slika 4.2. PE-TRA POWER DC 420 CNC [5]

Operacije tokarenja vršile su se na Mazak QUICK TURN 200MY tokarskom centaru, viskoproduktivnom, tehnološki napredanom i s odličnim rezultatima po kvaliteti obrade komada (Slika 4.3.).



Slika 4.3. Mazak QUICK TURN 200MY [6]

Slika 4.4. prikazuje revolversku glavu Mazak QUICK TURN 200MY s 12 pozicija alata.



Slika 4.4. Revolverska glava (12 pozicija alata)

Glodanje i bušenje izvodilo se na Hermle C30U 5-osnom vertikalnom obradnom centru (Slika 4.5.). Opremljen je upravljačkom jedinicom Heidenhain. U radu se pokazao stabilan, pouzdan i visokoproduktivan uz visoku točnost pozicioniranja. Transportno kolo bilo je moguće izraditi na 3-osnom stroju, ali zbog zauzetosti svih kapaciteta unutar tvrtke, izrađivao se na 5-osnom. Ovakve situacije se inače izbjegavaju zbog većih troškova koje nosi obrada na 5-osnom stroju.



Slika 4.5. Hermle C30U [7]

5. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE TRANSPORTNOG KOLA

U ovom poglavlju detaljno je razrađen tehnološki proces izrade transportnog kola, sve operacije i zahvati uz sve pripadajuće informacije. Za razradu tehnološkog procesa potrebno je poznavati i sukladno time izračunati određene vrijednosti. Prvo je potrebno poznavati brzinu rezanja na temelju koje se izračunava brzina vrtnje:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (5.1)$$

gdje je:

v – brzina rezanja [m/min.]

D – promjer izratka [mm]

n – brzina vrtnje [1/okr.]

Brzina vrtnje izračunava se na temelju brzine rezanja i promjera prema formuli:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} \quad (5.2)$$

Hod alata izračunava se prema formuli:

$$L = l_u + l + l_i \quad (5.3)$$

gdje je:

L – hod alata [mm]

l_u – duljina ulaza alata [mm]

l – duljina zahvata alata i izratka [mm]

l_i – duljina izlaza alata [mm]

Vremena koja će se računati tijekom razrade tehnološkog procesa su:

t_s – strojno vrijeme [min]

t_{sr} – strojno radno vrijeme [min]

t_{sp} – strojno pomoćno vrijeme [min]

t_r – vrijeme radnika [min]

t_{pz} – pripremno-završno vrijeme [min]

t_i – vrijeme izrade [min]

t_d – dodatno vrijeme [min]

t_o – vrijeme operacije [min]

Strojno vrijeme računa se prema formuli 5.4. i predstavlja vrijeme potrebno za obavljanje svih funkcija stroja.

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} \quad (5.4)$$

Strojno radno vrijeme računa se prema formuli:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} \quad (5.5)$$

gdje:

s – posmak [mm/okr.]

i – broj prolaza

i predstavlja vrijeme potrebno da se izvede radni hod alata odnosno da funkcije koje se izvode rezultiraju kvalitativnim promjenama . Za svaki radni zahvat koji se izvodi strojno izračunava se strojno radno vrijeme.

Strojno pomoćno vrijeme odnosi se na izvođenje automatskih strojnih pomoćnih aktivnosti poput primicanja i odmicanja alata, izmjene alata, izmjene izratka ili okretanje revolverске glave. Na neautomatiziranim strojevima ovo vrijeme iznosi 0 min dok na automatskim strojevima ovisi o karakteristikama samog stroja , ali i konfiguracije izratka koji je potrebno izraditi. Danas je težnja da strojno pomoćno vrijeme bude što kraće.

Vrijeme radnika t_r predstavlja vrijeme direktnog angažmana radnika od aktivnosti rukovanja izratkom, ručne izmjene alata, aktiviranje stroja, pisanje programa, ručno skidanje ivica ili ručni zahvati kontrole.

Vrijeme izrade t_i predstavlja efektivno vrijeme potrebno za izvođenje operacije. Računa se prema formuli:

$$t_i = t_s + t_r \quad (5.6)$$

Vrijeme operacije t_o predstavlja vrijeme izrade uvećano za dodatno vrijeme t_d . Dodatno vrijeme predstavlja gubitke nastale tijekom izvođenja operacije zbog zamora radnika, ozljede, zastoja stroja. Računa se prema formuli:

$$t_o = t_i + t_d \quad (5.7)$$

pri čemu se t_d računa prema formuli:

$$t_d = (t_s + t_r) \cdot k_d \quad (5.8)$$

gdje je:

k_d – koeficijent dodatnog vremena (0,12...0,18)

Pripremno-završno vrijeme t_{pz} predstavlja vrijeme potrebno za upoznavanje s dokumentacijom, upoznavanje s izratkom, upoznavanje s uputama za izradu, nabavu materijala i alata za radno mjesto, pripremu radnog mjesta, spremanje i dovođenje radnog mjesta u prvobitno stanje.

5.1. Operacija 10: Piljenje ulaznog materijala

Kako bi dobili ulazni materijal za obradu na tokarilici i glodalici potrebno je bilo piliti šipku $\emptyset 180$ mm na mjeru 23 mm. Piljenje se izvodilo na potpuno automatskoj tračnoj pili PE-TRA POWER DC 420 CNC.

Režimi obrade:

Brzina vrtnje $v = 120$ m/min

Posmak $s = 1$ mm/okr

Na slici 5.1. prikazano je postavljanje šipke na stroj.



Slika 5.1. Postavljanje šipke na pilu

U procesu piljenja koristila se emulzija kako bi se istovremeno hladilo (Slika 5.2.), ali i štitilo materijal pile. Potrebno je bilo prije samog korištenja emulzije provjeriti njenu kvalitetu (omjer ulja i vode) kako ne bi sadržavala previše ulja.



Slika 5.2. Hlađenje pile

Potrebno je bilo piliti šipku na mjeru 23 mm na način da se postavi nula od koje će se računati 23 mm (Slika 5.3). Slika 5.4. prikazuje šipku ispiljenu na mjeru 23 mm



Slika 5.3. Postavljanje nule u procesu piljenja



Slika 5.4. Piljena šipka na 23 mm dužine

Ukupno vrijeme za piljenje jednog komada iznosilo je 1,54 min. Potrebno je nakon završetka piljenja provjeriti postignute dimenzije. Za to se koristilo pomično mjerilo. Na slikama 5.5. i 5.6. prikazane su provjere dužine i širine prepiljenog šipke.



Slika 5.5. Kontrola dimenzije promjera šipke



Slika 5.6. Kontrola dimenzije dužine prepiljene šipke

Vidljivo je iz slika 5.5. i 5.6. kako će biti potrebno prije obrade tokarenjem pripremiti ulazni materijal na tražene mjere promjera $\varnothing 180$ mm i dužine 23 mm.

5.2. Operacija 20: Priprema ulaznog materijala za tokarenje strane 100 i strane 200

Zbog tražene konfiguracije transportnog kola potrebno je bilo napraviti pripremu kako bi tijekom tokarenja strane 100 i strane 200 izradak bio što stabilniji. Priprema se radila tokarenjem na stroju Mazak QUICK TURN 200MY. Program potreban za pokretanje obrade pisao se direktno na upravljačkoj jedinici stroja. Tijekom obrade na CNC tokarilici korištena je emulzija M8.

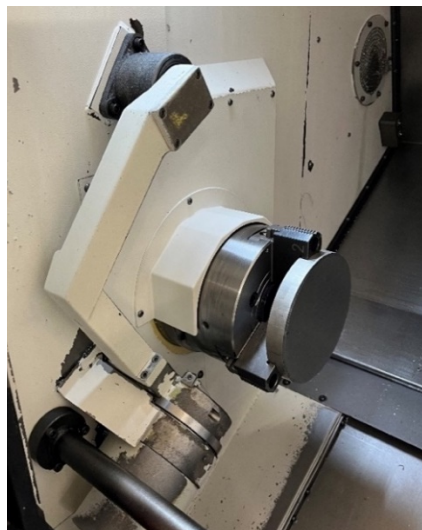
Pripremno-završno vrijeme iznosilo je $t_{pz} = 16$ min i to:

- upoznavanje s dokumentacijom – 5 min
- priprema radnog mjesta – 5 min
- nabava alata – 0 min. (jer tvrtka ima vlastitu alatnicu sa svim potrebnim alatima)
- zaduživanje alata – 1,5 min
- spremanje radnog mjesta i dovođenje u prvobitno stanje – 3 min
- razduživanje alata – 1,5 min

Navedeno pripremno-završno vrijeme odnosi se na sve tri operacije (operacija 20, operacija 30, operacija 40) izvedene na Mazak QUICK TURN 200MY.

Zahvat 1: Podignuti i stegnuti ulazni materijal

Alat: Stezna glava s 3 čelične čeljusti (Slika 5.7)



Slika 5.7. Stezanje ulaznog materijala za pripremu za tokarenje strane 100

Ručno vrijeme:

| | |
|------------------|----------|
| uzimanje izratka | 0,15 min |
| stezanje izratka | 0,50 min |
| centriranje | 0,90 min |

Ukupno vrijeme radnika:

$$t_r = 1,55 \text{ min}$$

Zahvat 2: Poravnati čelo na mjeru 23 mm

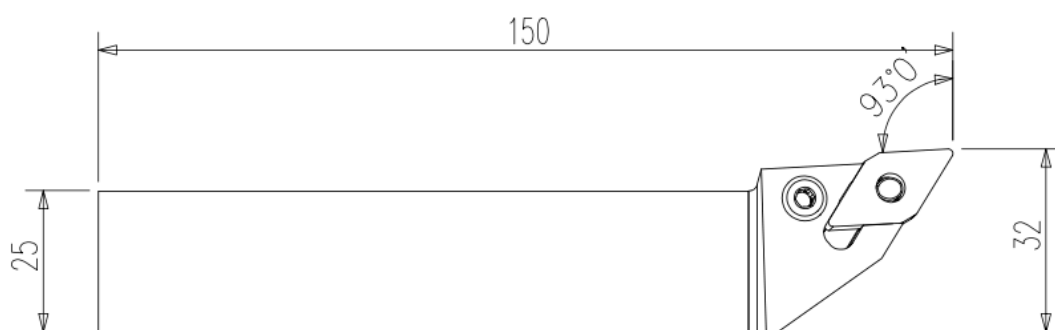
Prije zahvata izradio se program na upravljačkoj jedinici stroja. Potrebno vrijeme za izradu programa iznosio je:

$$t_r = 2 \text{ min}$$

Alat: Walter tools

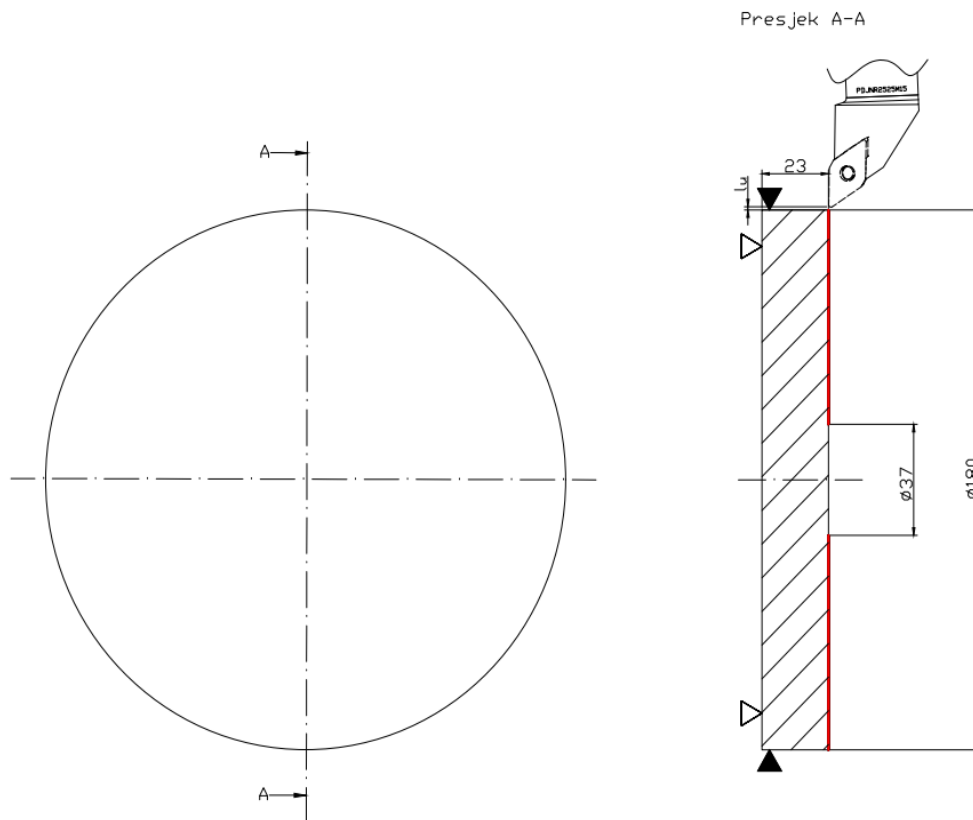
Držač: PDJNR2525M15

Pločica: DNMG 150608-MF-2025



Slika 5.8. Alat za vanjsko grubo tokarenje - PDJNR2525M15

Rezna pločica tokarskog noža za vanjsko grubo tokarenje prikazana je na svim skicama zahvata isprekidanim linijama obzirom da se u prikazanim pogledima ona nalazi sa suprotne strane noža gdje se ne vidi u cijeloj svojoj geometriji.



Slika 5.9. Operacija 20 – zahvat 2

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 200 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,6 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

CNC tokarilica dopušta održavanje konstantne brzine rezanja. To znači da će brzina vrtnje varirati između minimalnih i maksimalnih vrijednosti. Budući da se radi o čeonom tokarenju potrebno je izračunati brzinu vrtnje za najveći promjer, d_1 i najmanji promjer, d_2 . Slijedom toga potrebno je izračunati srednju brzinu vrtnje, n_{sr} prema formuli:

$$n_{sr} = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{180 \cdot \pi} = 354 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{37 \cdot \pi} = 1721 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{354 + 1721}{2} = 1037,5 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 71,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 71,5 = 72,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{72,5 \cdot 1}{1037,5 \cdot 0,2} = 0,07 \text{ min} = 5 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,07 + 0,1 = 0,17 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 2 + 0,17 = 2,17 \text{ min}$$

Zahvat 3: Uzdužno vanjsko tokariti promjer $\varnothing 179,3 \text{ mm}$

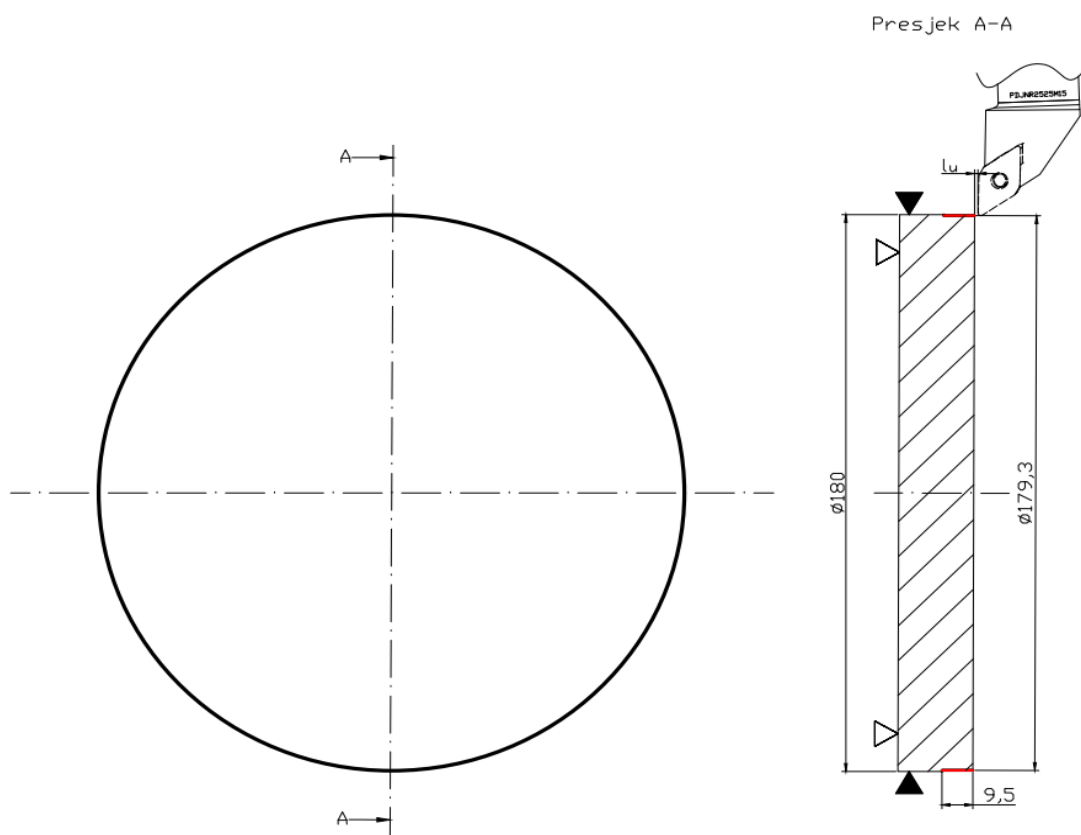
Alat: Walter tools

Držač: PDJNR2525M15

Pločica: DNMG 150608-MF-2025

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 250 \text{ m/min.}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,35 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr.}$
- broj prolaza $i = 1$



Slika 5.10. Operacija 20 – zahvat 3

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 250}{180 \cdot \pi} = 442 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 9,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 9,5 = 10,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{10,5 \cdot 1}{442 \cdot 0,2} = 0,118 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,118 + 0,1 = 0,218 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

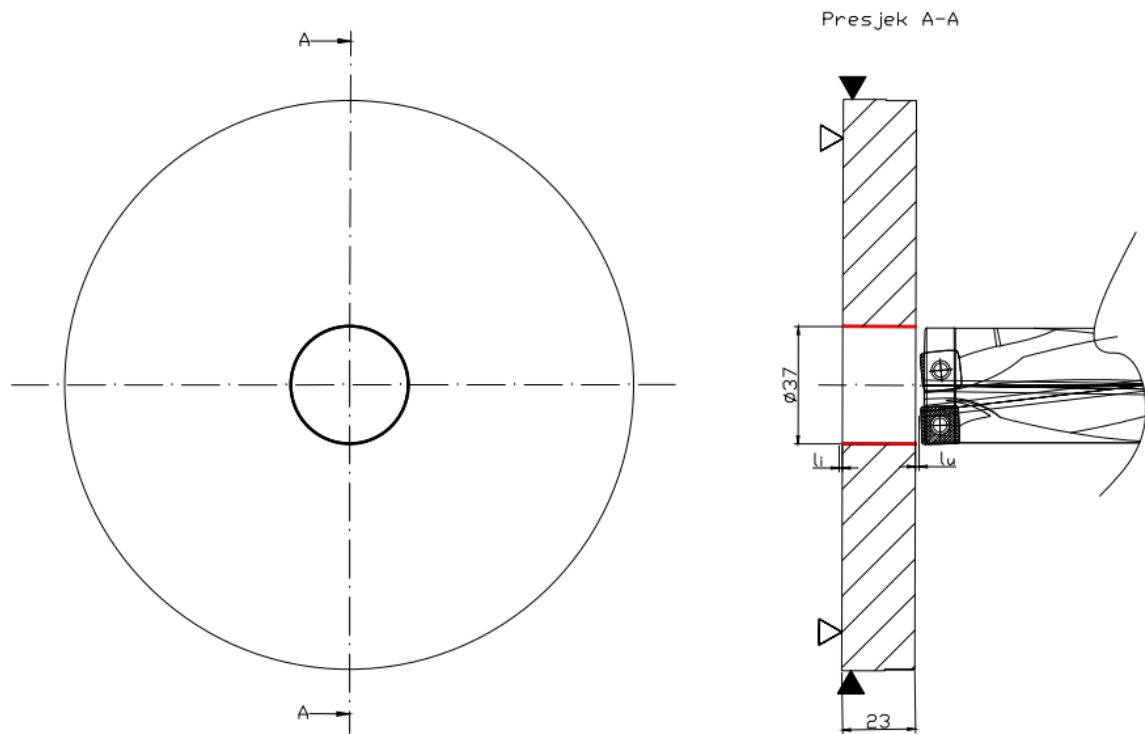
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,218 = 0,218 \text{ min} = 13 \text{ s}$$

Zahvat 4: Bušiti provrt 101 (Ø37 mm)

Alat: Walter tools

Držač: D4120-02-37.00F40-P46

Pločica: WOEX 030204 F



Slika 5.12. Operacija 20 – zahvat 4

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 70$ m/min.
- posmak $s = 0,05$ mm/okr.

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 70}{37 \cdot \pi} = 602 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 23 \text{ mm}$$

$$l_i = 1 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 23 + 1 = 25 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{25 \cdot 1}{602 \cdot 0,06} = 0,69 \text{ min} = 41,4 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,69 + 0,1 = 0,79 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,79 = 0,79 \text{ min} = 47 \text{ s}$$

Zahvat 5: Uzdužno unutarnje tokariti provrt 101 (Ø47 mm)

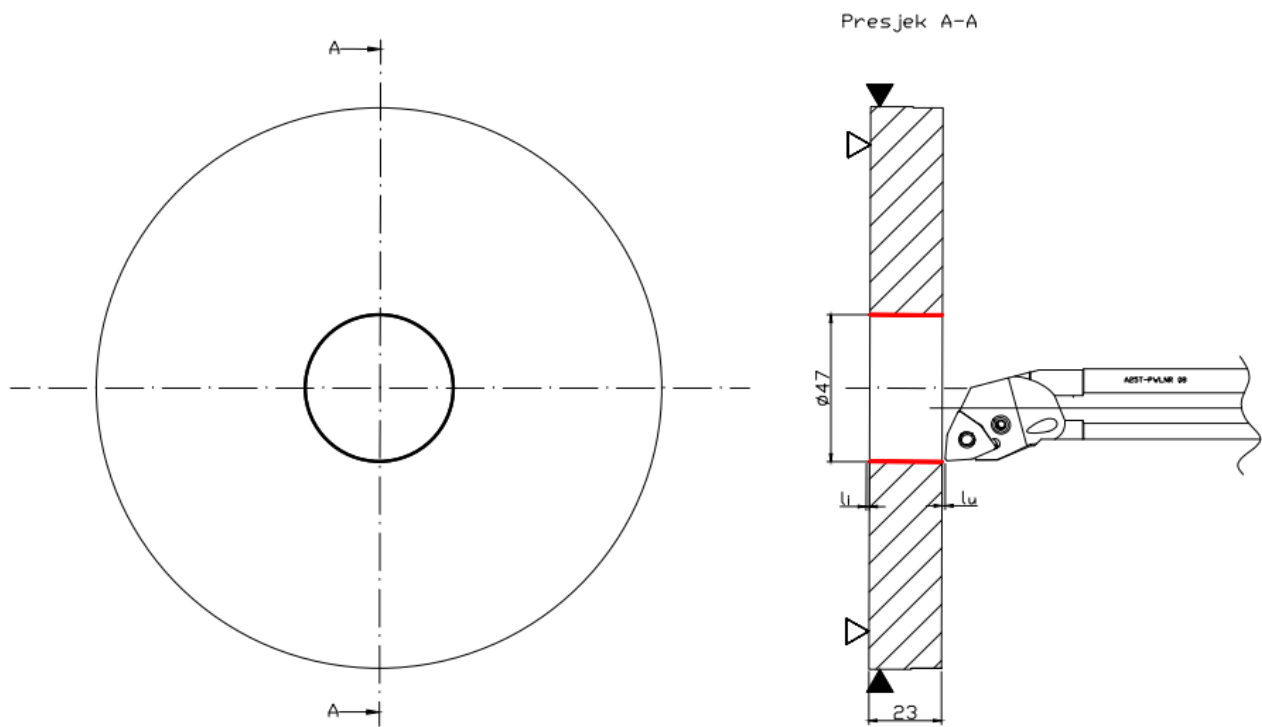
Alat: Walter tools

Držač: A25T-PWLNR 08

Pločica: WNMG 080404-PMC 4415

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 200 \text{ m/min.}$
- dubina rezanja $a_1 = 1,5 \text{ mm, } a_2 = 0,5 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr.}$
- broj prolaza $i = 4$



Slika 5.13. Operacija 20 – zahvat 5

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{37 \cdot \pi} = 1721 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 23 \text{ mm}$$

$$l_i = 1 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 23 + 1 = 25 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{25 \cdot 4}{1721 \cdot 0,2} = 0,29 \text{ min} = 17,4 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min
 $t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$

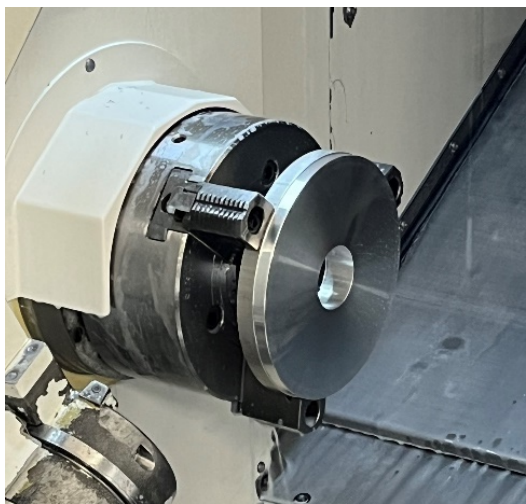
Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,29 + 0,1 = 0,39 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,39 = 0,39 \text{ min} = 23,4 \text{ s}$$

Stegnuti izradak na kraju operacije 20 prikazan je na slici 5.14.



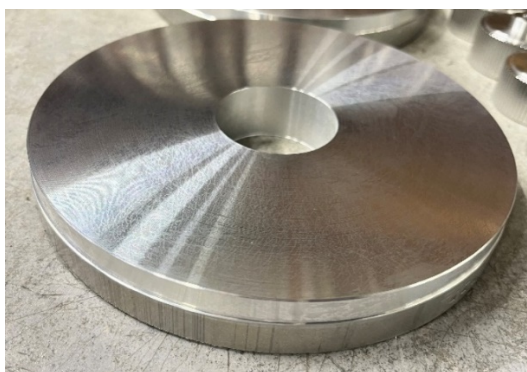
Slika 5.14. Stegnuti izradak na kraju operacije 20

Zahvat 6: Skinuti i odložiti obradak

Nakon obrade potrebno je bilo skinuti izradak te ga očistiti od emulzije. Ukupno vrijeme radnika:

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

Postignuta konfiguracija ulaznog materijala u operaciji 20 prikazana je na slici 5.15.



Slika 5.15. Transportno kolo nakon završetka operacije 20

5.2.1. Ukupno vrijeme operacije 20

Vrijednost koeficijenta dodatnog vremena iznositi će kroz cijeli rad 0,12.

Ukupno vrijeme izrade operacije 20 iznosilo je:

$$t_{i20} = 1,55 + 2,17 + 0,218 + 0,79 + 0,39 + 1 = 6,118 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme iznosilo je:

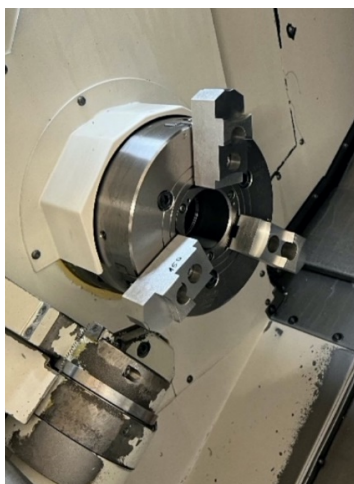
$$t_{d20} = 0,12 \cdot t_{i20} = 0,12 \cdot 6,118 = 0,734 \text{ min}$$

Vrijeme operacije 20 bilo je:

$$t_{O20} = t_{i20} + t_{d20} = 6,118 + 0,734 = 6,852 \text{ min}$$

5.3. Operacija 30: Tokarenje strane 100

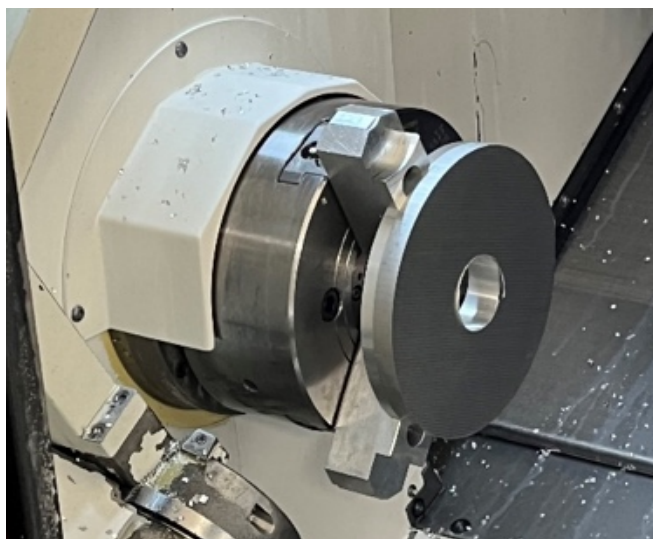
Prije početka operacije 30 potrebno je bilo izraditi tri aluminijske čeljusti koje će služiti za stezanje tijekom tokarenja strane 100. Čeljusti su bile namijenjene za promjer izratka $\varnothing 150$ mm, a pripremljeni ulazni materijal za operaciju 30 imao je promjer $\varnothing 180$ mm. Potrebna dubina zahvata čeljusti trebala je iznositi 7,2 mm u operaciji 30. Zato je bilo potrebno tokariti čeljusti na promjer $\varnothing 180$ mm te ih produbiti na dubinu 7,2 mm. Ukupno trajanje pripreme čeljusti za operaciju 30 iznosilo je 2:58 min. Na slici 5.16. prikazana je pripremljena stezna glava s aluminijskim čeljustima.



Slika 5.16. Stezna glava s aluminijским čeljustima za operaciju 30

Zahvat 1: Podignuti i stegnuti izradak

Alat: Stezna glava s tri aluminijске čeljusti



Slika 5.17. Stezanje ulaznog materijala za operaciju 30

Ručno vrijeme:

| | |
|------------------|----------|
| uzimanje izratka | 0,15 min |
| stezanje izratka | 0,20 min |

Ukupno vrijeme radnika:

$$t_r = 0,35 \text{ min}$$

Zahvat 2: Grubo poravnati čelo na mjeru 22,1 mm

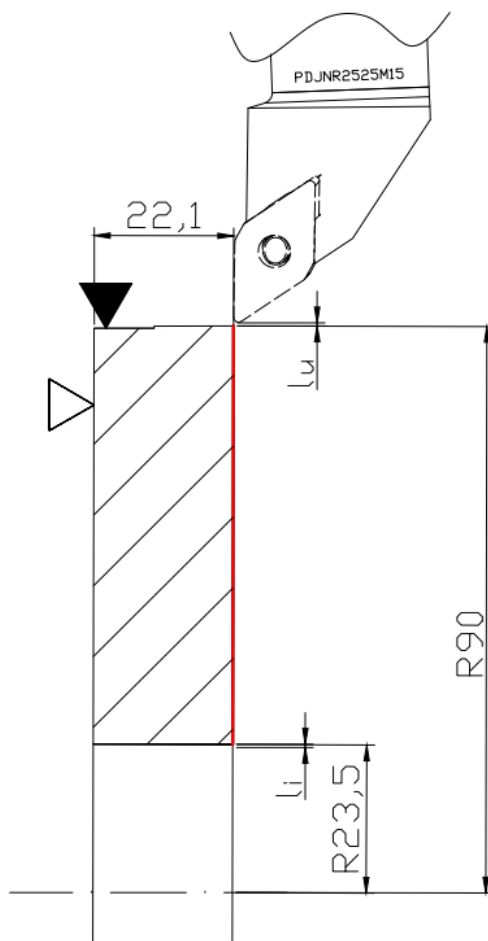
Potreban program za tokarenje strane 100 napisao se prije izvođenje obrade tokarenjem u programu Mazatrol direktno na upravljačkoj jedinici stroja. Potrebno vrijeme za pisanje programa iznosilo je:

$$t_r = 3 \text{ min}$$

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko grubo tokarenje: PDJNR2525M15

Pločica: DNMG 150608-MF-2025



Slika 5.17. Operacija 30 – zahvat 2

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 250 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,9 \text{ mm}$

- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 250}{180 \cdot \pi} = 442 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 250}{47 \cdot \pi} = 1669 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{442 + 1669}{2} = 1055 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 66,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 66,5 + 0,5 = 67,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{67,5 \cdot 1}{1055 \cdot 0,2} = 0,32 \text{ min} = 19 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,32 + 0,1 = 0,42 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

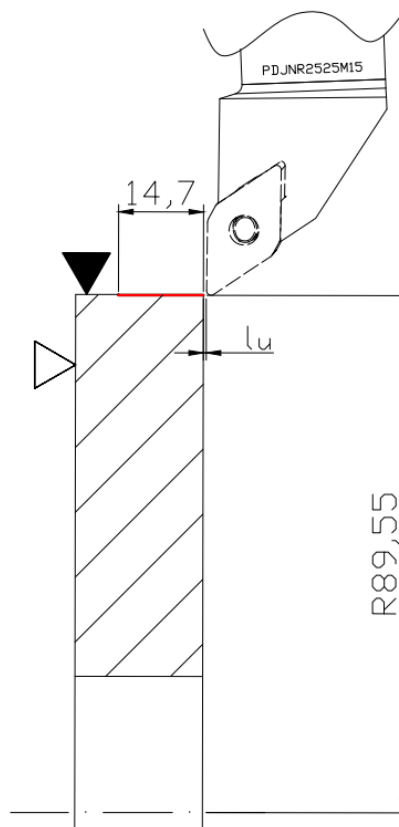
$$t_i = t_r + t_s = 3 + 0,42 = 3,42 \text{ min}$$

Zahvat 3: Uzdužno vanjsko grubo tokariti promjer $\varnothing 179,1 \text{ mm}$

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko grubo tokarenje: PDJNR2525M15

Pločica: DNMG 150608-MF-2025



Slika 5.18. Operacija 30 – zahvat 3

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,1 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{179,3 \cdot \pi} = 533 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 14,7 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 14,7 + 0 = 15,2 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{15,2 \cdot 1}{533 \cdot 0,2} = 0,143 \text{ min} = 9 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,143 + 0,1 = 0,243 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

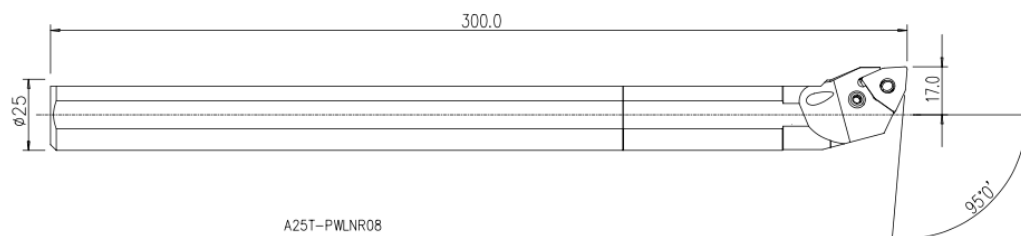
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,243 = 0,243 \text{ min} = 15 \text{ s}$$

Zahvat 4: Poprečno grubo unutarnje tokariti džep 102 (Ø159,9 mm)

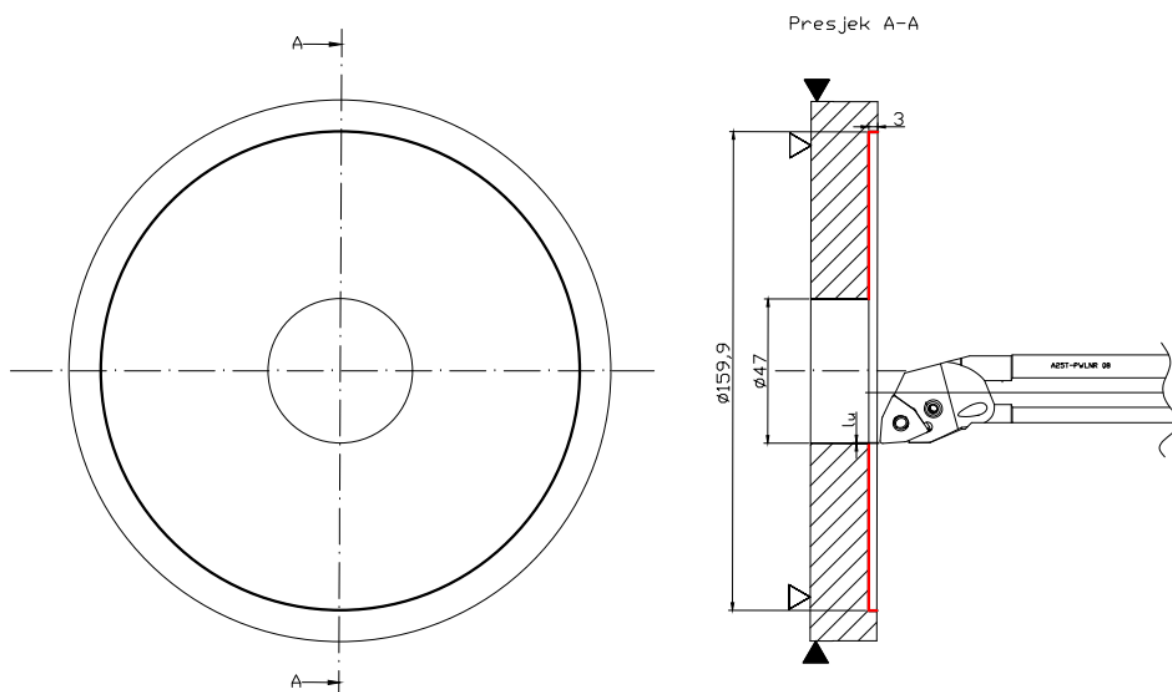
Alat: Walter tools

Držač za unutarnje grubo tokarenje: A25T-PWLN08

Pločica: WNMG 080404-PMC 4415



Slika 5.19. Alat za unutarnje grubo tokarenje - A25T-PWLN08



Slika 5.20. Operacija 30 – zahvat 4

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 200$ m/min
- dubina rezanja $a_1 = 1,5$ mm,
- posmak $s = 0,2$ mm/okr
- broj prolaza $i = 2$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{47 \cdot \pi} = 1336 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{159,9 \cdot \pi} = 398 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{398 + 1336}{2} = 867 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 56,45 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 56,45 + 0 = 56,95 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{56,95 \cdot 2}{867 \cdot 0,2} = 0,66 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Zamjena alata: 0,09 min

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,09 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,66 + 0,19 = 0,85 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

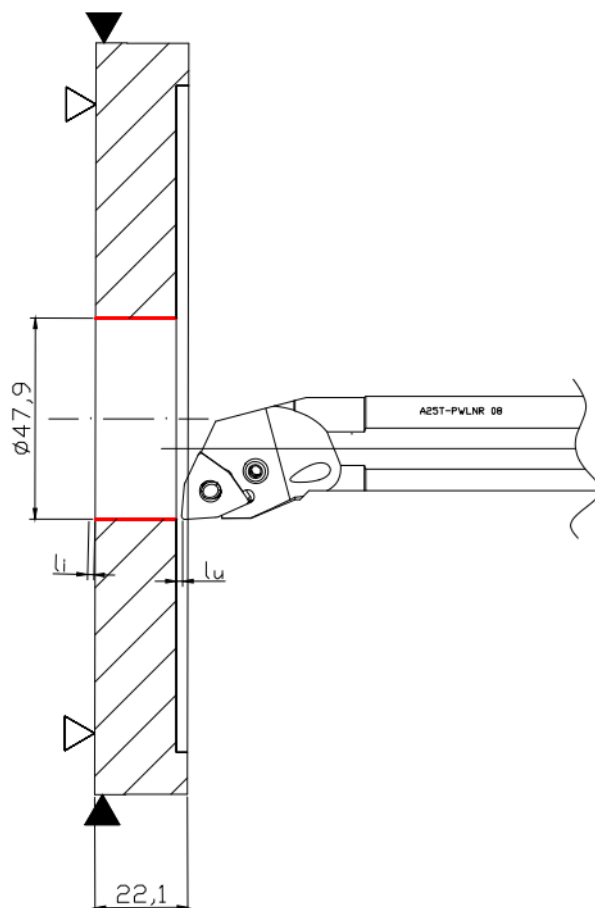
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,85 = 0,85 \text{ min} = 51 \text{ s}$$

Zahvat 5: Uzdužno grubo unutarnje tokariti provrt 101 ($\varnothing 47,9 \text{ mm}$)

Alat: Walter tools

Držač za unutarnje grubo tokarenje: A25T-PWLNR 08

Pločica: WNMG 080404-PMC 4415



Slika 5.21. Operacija 30 – zahvat 5

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 200 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,45 \text{ mm,}$

- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{47 \cdot \pi} = 1355 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 19,2 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 19,2 + 0,5 = 20,2 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{20,2 \cdot 1}{1355 \cdot 0,2} = 0,074 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,074 + 0,1 = 0,174 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

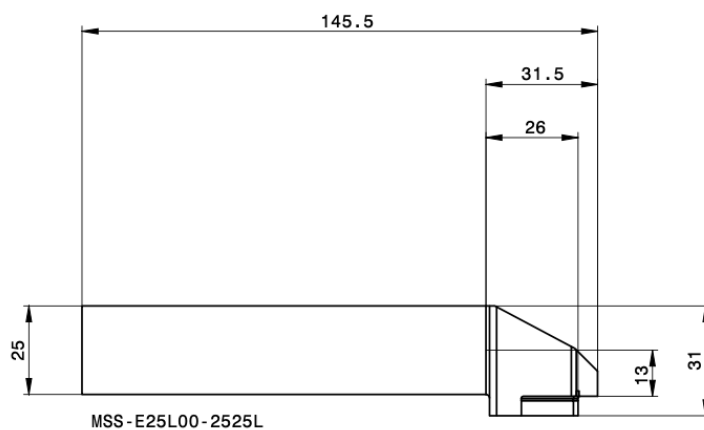
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,174 = 0,174 \text{ min} = 10 \text{ s}$$

Zahvat 6: Grubo tokariti utor

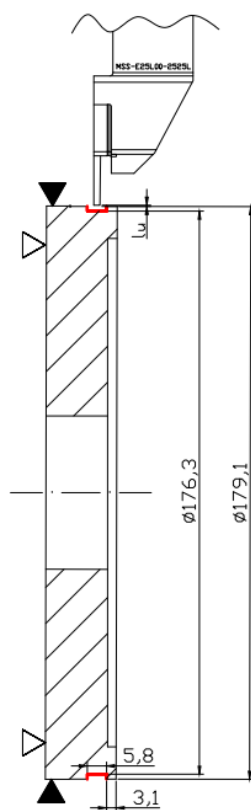
Alat: Walter tools

Držač za izradu utora: MSS-E25L00-2525L

Pločica: GX16-1E200N020-GD3-WSM33



Slika 5.22. Alat za izradu utora - MSS-E25L00-2525L



Slika 5.23. Operacija 30 – zahvat 6

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 100 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,25 \text{ mm}, a_2 = 0,15 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,06 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 6$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{179,1 \cdot \pi} = 178 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 5,8 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 5,8 + 0 = 6,3 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{6,3 \cdot 6}{178 \cdot 0,06} = 3,5 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Zamjena alata: 0,09 min

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,09 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 3,5 + 0,19 = 3,69 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

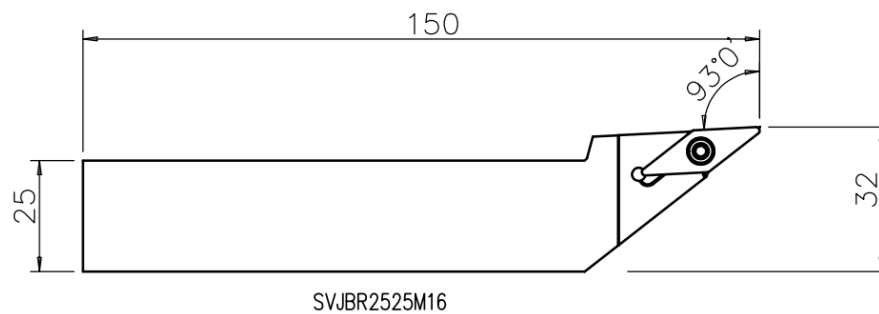
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 3,69 = 3,69 \text{ min}$$

Zahvat 7: Fino poravnati čelo na mjeru 22 mm

Alat: Walter tools

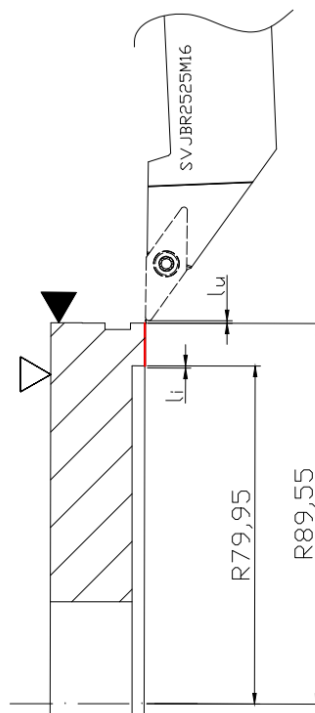
Držać za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.24. Alat za vanjsko fino tokarenje

Rezna pločica tokarskog noža za vanjsko grubo tokarenje prikazana je na svim skicama zahvata isprekidanim linijama obzirom da se u prikazanim pogledima ona nalazi sa suprotne strane noža gdje se ne vidi u cijeloj svojoj geometriji.



Slika 5.25. Operacija 30 – zahvat 7

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300$ m/min
- dubina rezanja $a_1 = 0,1$ mm,
- posmak $s = 0,1$ mm/okr
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{179,1 \cdot \pi} = 533 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{159,9 \cdot \pi} = 597 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{533 + 597}{2} = 565 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 10 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 10 + 0,5 = 11 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{11 \cdot 1}{565 \cdot 0,1} = 0,195 \text{ min} = 11,7 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Zamjena alata: 0,09 min

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,09 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,195 + 0,19 = 0,385 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

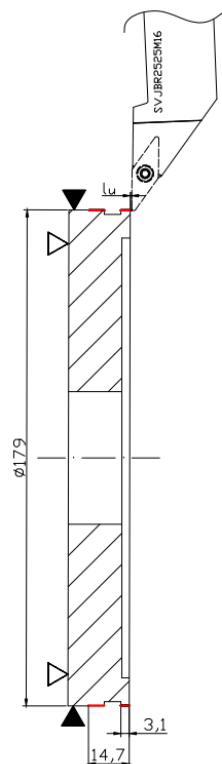
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,385 = 0,385 \text{ min}$$

Zahvat 8: Uzdužno fino vanjsko tokariti promjer $\varnothing 179 \text{ mm}$

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.26. Operacija 30 – zahvat 8

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300$ m/min
- dubina rezanja $a_1 = 0,05$ mm,
- posmak $s = 0,1$ mm/okr
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{179,1 \cdot \pi} = 533 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 14,7 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 14,7 + 0 = 15,2 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{15,2 \cdot 1}{533 \cdot 0,1} = 0,285 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,285 + 0,1 = 0,385 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

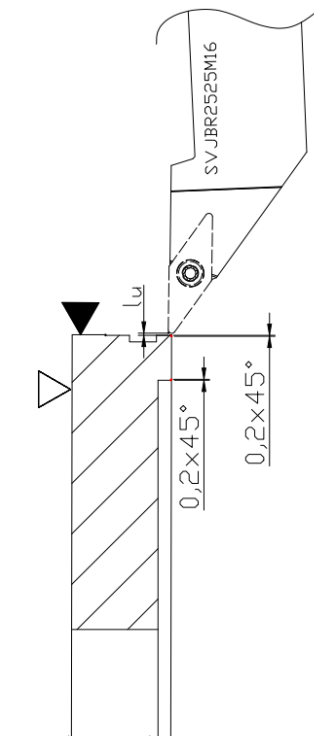
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,385 = 0,385 \text{ min} = 23 \text{ s}$$

Zahvat 9: Izraditi skošenja 0,2 x 45°

Alat: Walter tools

Držać za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.27. Operacija 30 – zahvat 9

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,05 \text{ mm,}$
- posmak $s = 0,1 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 2$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{179 \cdot \pi} = 533 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 0,308 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 0,308 + 0 = 0,808 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{0,808 \cdot 2}{533 \cdot 0,1} = 0,03 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

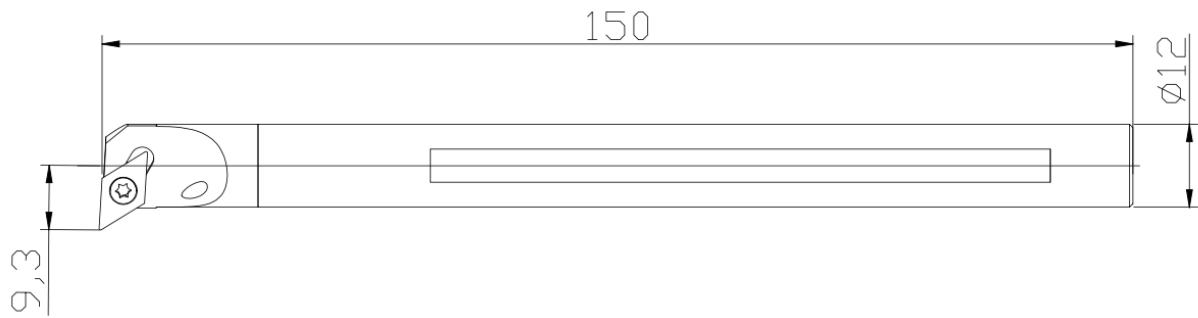
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,13 = 0,13 \text{ min} = 8 \text{ s}$$

Zahvat 10: Uzdužno fino unutarne tokariti džep 102 (Ø160 mm)

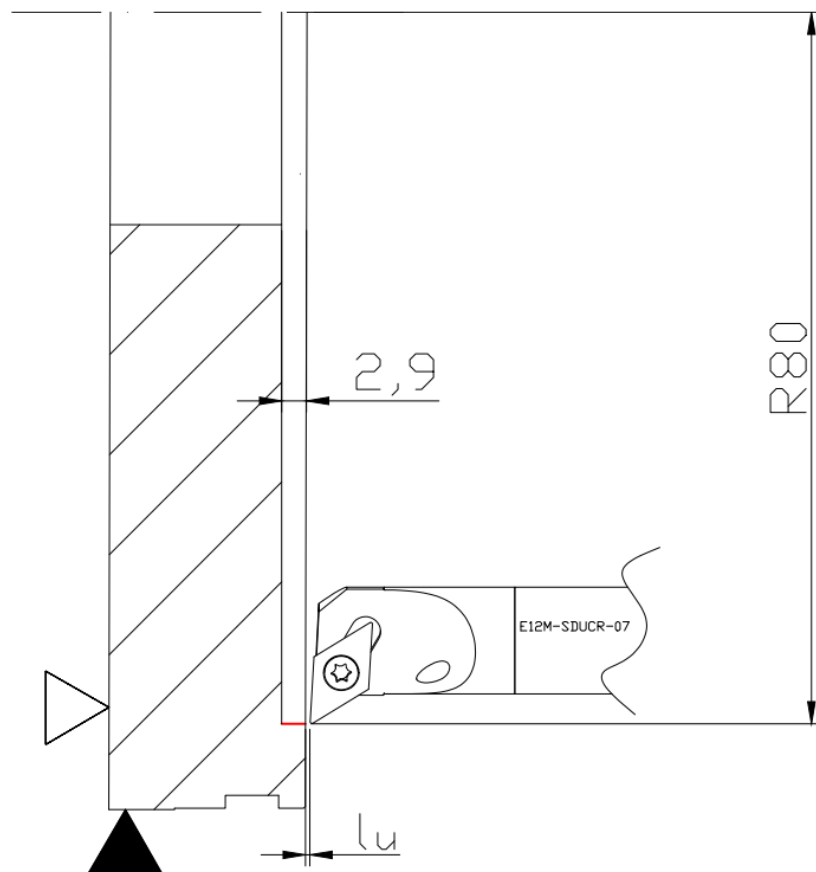
Alat: Garant

Držač za unutarne fino tokarenje: E12M-SDUCR-07

Pločica: VCGT110302-PM-WXN10



Slika 5.28. Alat za unutarnje fino tokarenje



Slika 5.29. Operacija 30 – zahvat 10

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 100 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,05 \text{ mm,}$
- posmak $s = 0,07 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{159 \cdot \pi} = 200 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 2,9 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 2,9 + 0 = 3,4 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{3,4 \cdot 1}{200 \cdot 0,07} = 0,25 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

$$\text{Zamjena alata: } 0,09 \text{ min}$$

$$\text{Primicanje alata } 0,05 \text{ min}$$

$$\text{Odmicanje alata } 0,05 \text{ min}$$

$$t_{sp} = 0,09 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,25 + 0,19 = 0,44 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,44 = 0,44 \text{ min} = 26 \text{ s}$$

Zahvat 11: Uzdužno fino unutarnje tokariti provrt 101

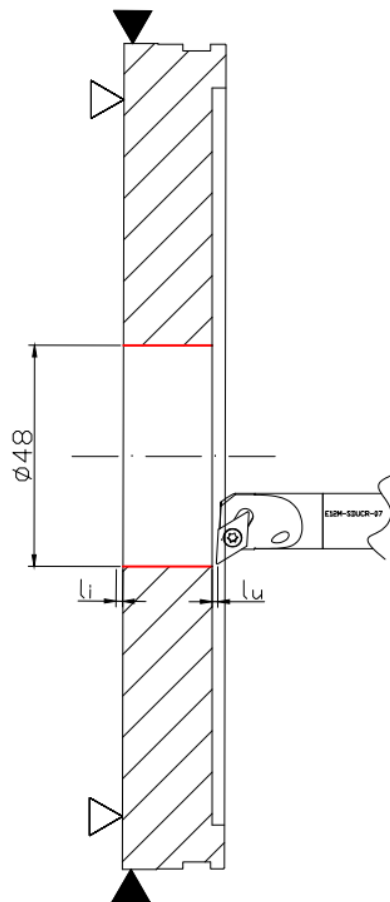
Alat: Garant

Držać za unutarnje fino tokarenje: E12M-SDUCR-07

Pločica: VCGT110302-PM-WXN10

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 100 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,05 \text{ mm}$,
- posmak $s = 0,07 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$



Slika 5.30. Operacija 30 – zahvat 11

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{47,9 \cdot \pi} = 665 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 19,2 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 19,2 + 0,5 = 20,2 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{20,2 \cdot 1}{665 \cdot 0,07} = 0,43 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,43 + 0 = 0,43 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,43 = 0,43 \text{ min} = 26 \text{ s}$$

Zahvat 12: Poprečno fino unutaranje tokariti džep 102

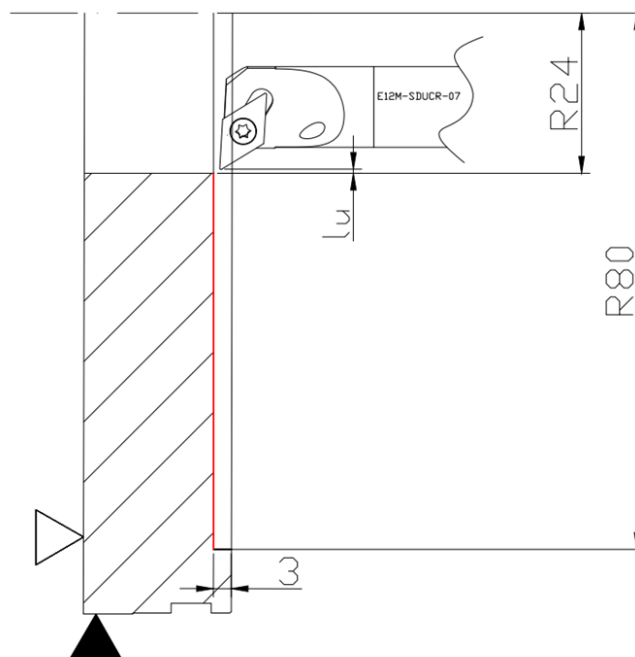
Alat: Garant

Držač za unutaranje fino tokarenje: E12M-SDUCR-07

Pločica: VCGT110302-PM-WXN10

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 100 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,1 \text{ mm,}$
- posmak $s = 0,07 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$



Slika 5.31. Operacija 30 – zahvat 12

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{160 \cdot \pi} = 199 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{48 \cdot \pi} = 663 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{199 + 663}{2} = 431 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 56 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 56 + 0 = 56,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{56,5 \cdot 1}{431 \cdot 0,07} = 1,87 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 1,87 + 0,1 = 1,97 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 1,97 = 1,97 \text{ min}$$

Zahvat 13: Fino tokariti utor

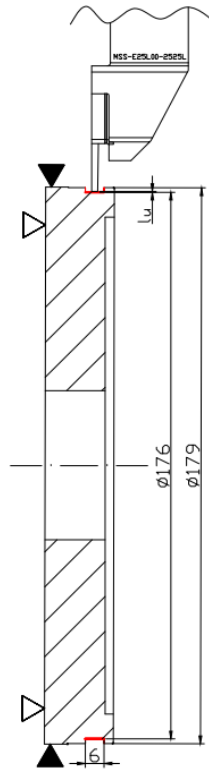
Alat: Walter tools

Držać za izradu utora: MSS-E25L00-2525L

Pločica: GX16-1E200N020-GD3-WSM33

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 100 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,05 \text{ mm,}$
- posmak $s = 0,06 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$



Slika 5.32. Operacija 30 – zahvat 13

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 100}{176,1 \cdot \pi} = 181 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0 \text{ mm}$$

$$l = 6 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0 + 6 + 0 = 6 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{6 \cdot 1}{181 \cdot 0,06} = 0,553 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Zamjena alata: 0,09 min

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,09 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,553 + 0,19 = 0,743 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,743 = 0,743 \text{ min}$$

Zahvat 14: Skinuti i odložiti izradak

Nakon obrade potrebno je bilo skinuti izradak te ga očistiti od emulzije.

Ukupno vrijeme radnika:

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

Izradak nakon operacije 30 prikazan je na slici 5.33.



Slika 5.33. Transportno kolo nakon operacije 30

Zahvat 15: Kontrolirati

Zadnji zahvat operacije 30 bila je kontrola (Slika 5.34.). Obzirom da se kontrolirala slobodna mjera, potrebno je bilo zadovoljiti zahtjeve za dozvoljenim odstupanjem za nazivne dimenzije prema ISO 2768. Potrebno vrijeme za izvršiti kontrolu bilo je 0,13 min.



Slika 5.34. Kontrola dimenzije transportnog kola nakon operacije 30

Kontrolirala se dimenzija 3 mm te prema standardu ISO 2768, koji zahtjeva da dimenzije od 3 mm imaju dopušteno odstupanje $\pm 0,1$ mm, vidljivo je kako je tokarenjem postignut traženi zahtjev.

5.3.1. Ukupno vrijeme operacije 30

Ukupno vrijeme izrade operacije 30 iznosilo je:

$$t_{i30} = 0,35 + 3,42 + 0,243 + 0,85 + 0,174 + 3,69 + 0,385 + 0,385 + 0,13 + 0,44 + 0,43 \\ + 1,97 + 0,743 + 1 + 0,13 = 14,34 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme iznosilo je:

$$t_{d30} = 0,12 \cdot t_{i30} = 0,12 \cdot 14,34 = 1,72 \text{ min}$$

Vrijeme operacije 30 bilo je:

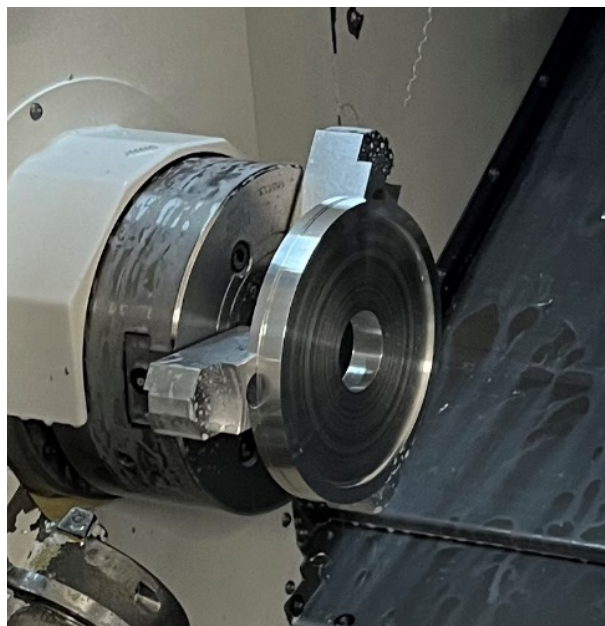
$$t_{030} = t_{i30} + t_{d30} = 14,34 + 1,72 = 16,06 \text{ min}$$

5.4. Operacija 40: Tokarenje strane 200

Nakon operacije 30 potrebno je bilo ponovno pripremiti iste tri aluminijske čeljusti. Čeljusti su se morale produbiti s 7,2 mm na 11 mm kako bi omogućile stezanje za obradu strane 200. Vrijeme za tokarenje čeljusti bilo je 2:00 min.

Zahvat 1: Podignuti i stegnuti izradak

Alat: Stezna glava s tri aluminijske čeljusti (Slika 5.35.)



Slika 5.35. Stezanje ulaznog materijala za operaciju 40

Ručno vrijeme:

| | |
|------------------|----------|
| uzimanje izratka | 0,15 min |
| stezanje izratka | 0,20 min |

Ukupno vrijeme radnika:

$$t_r = 0,35 \text{ min}$$

Zahvat 2: Grubo poravnati čelo na mjeru 18,1 mm

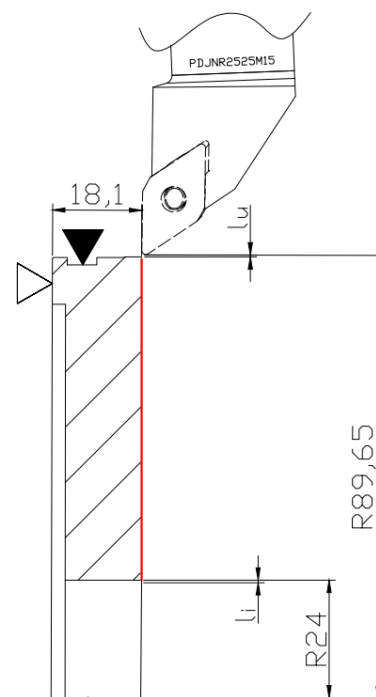
Potreban program za tokarenje strane 200 napisao se prije izvođenje obrade tokarenjem u programu Mazatron direktno na upravljačkoj jedinici stroja. Potrebno vrijeme za pisanje programa iznosilo je:

$$t_r = 2 \text{ min}$$

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko grubo tokarenje: PDJNR2525M15

Pločica: DNMG 150608-MF-2025



Slika 5.36. Operacija 40 – zahvat 2

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 200 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,9 \text{ mm}, a_2 = 0,3 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 5$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{179,3 \cdot \pi} = 355 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 200}{48 \cdot \pi} = 1326 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{355 + 1326}{2} = 841 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 65,65 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 65,65 + 0,5 = 66,65 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{66,65 \cdot 5}{841 \cdot 0,2} = 1,98 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 1,98 + 0,1 = 2,08 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

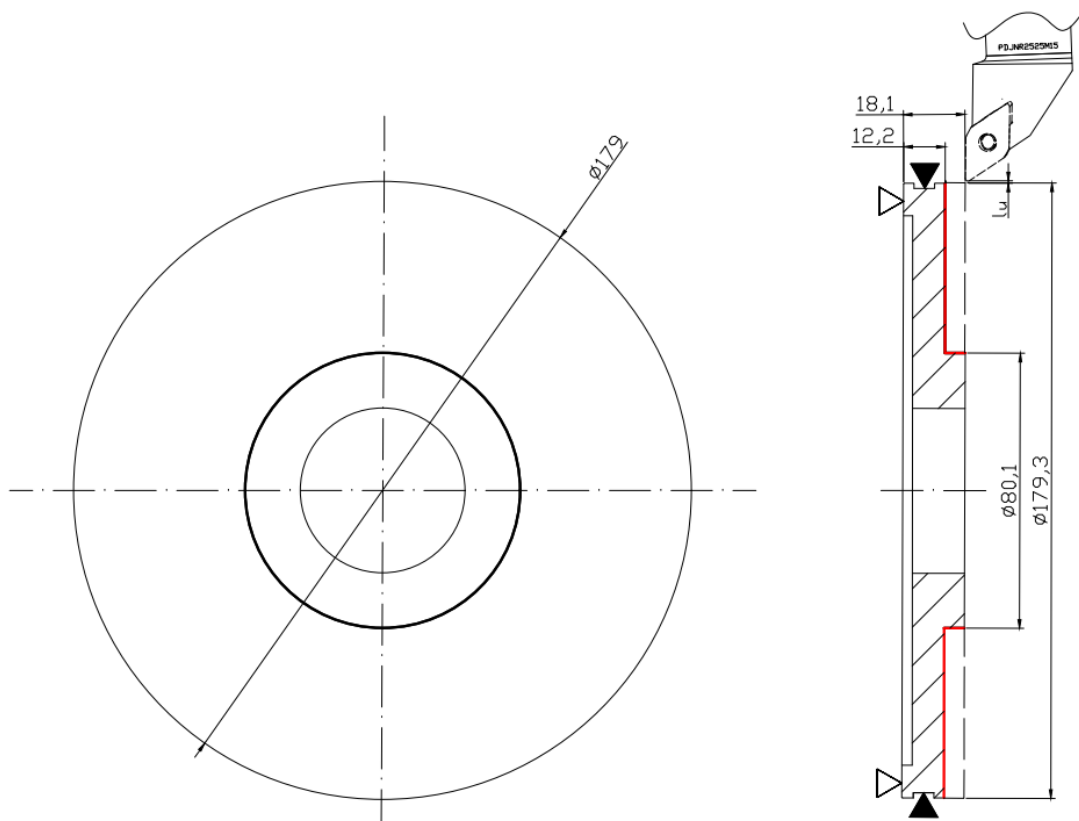
$$t_i = t_r + t_s = 2 + 2,08 = 4,08 \text{ min}$$

Zahvat 3: Grubo poravnati čelo na mjeru 12,2 mm

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko grubo tokarenje: PDJNR2525M15

Pločica: DNMG 150608-MF-2025



Slika 5.37. Operacija 40 – zahvat 3

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 1,5 \text{ mm}, a_2 = 1,4 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 4$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{179,3 \cdot \pi} = 533 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{80,1 \cdot \pi} = 1192 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{533 + 1192}{2} = 1725 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 49,6 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 49,6 + 0 = 50,1 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{50,1 \cdot 4}{1725 \cdot 0,2} = 0,58 \text{ min} = 35 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,58 + 0,1 = 0,68 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

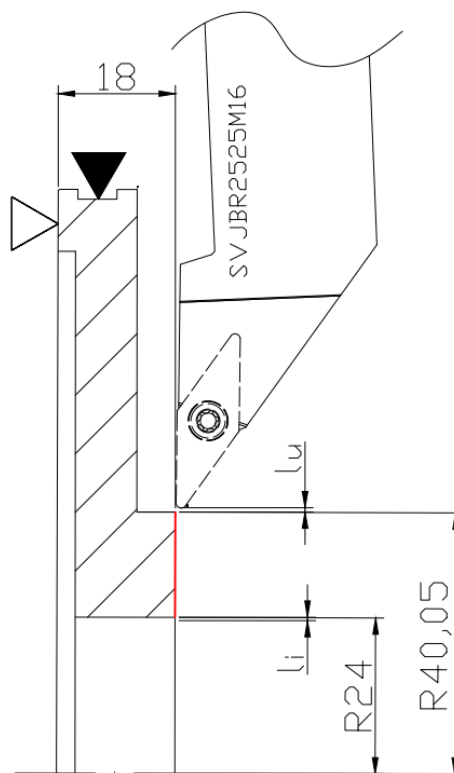
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,68 = 0,68 \text{ min} = 41 \text{ s}$$

Zahvat 4: Fino poravnati čelo na mjeru 18 mm

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.38. Operacija 40 – zahvat 4

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,1 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,07 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{80,1 \cdot \pi} = 1192 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{48 \cdot \pi} = 1989 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{1192 + 1989}{2} = 1591 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 16,05 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 16,05 + 0,5 = 17,05 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{17,05 \cdot 1}{1591 \cdot 0,07} = 0,153 \text{ min} = 9 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Zamjena alata: 0,09 min

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,09 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,153 + 0,19 = 0,343 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

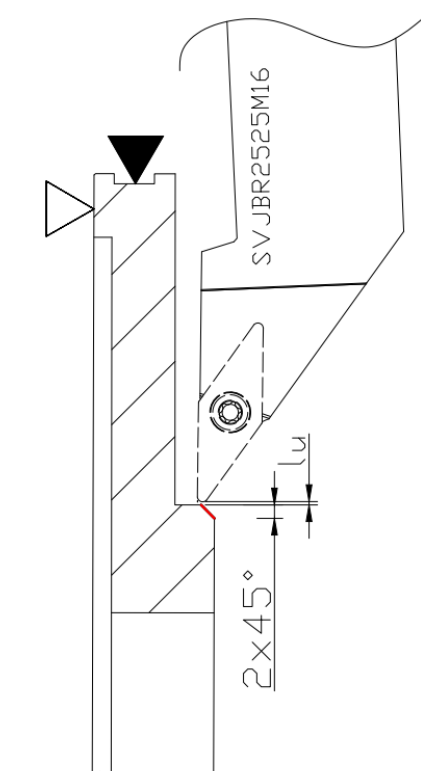
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,343 = 0,343 \text{ min} = 20,6 \text{ s}$$

Zahvat 5: Izraditi skošenje 2x45°

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.39. Operacija 40 – zahvat 5

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,1 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,07 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{80,1 \cdot \pi} = 1192 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 3 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 3 + 0 = 3,5 \text{ mm}$$

Broj prolaza:

$$i = 1$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{3,5 \cdot 1}{1192 \cdot 0,07} = 0,036 \text{ min} = 2 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,036 + 0,1 = 0,136 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

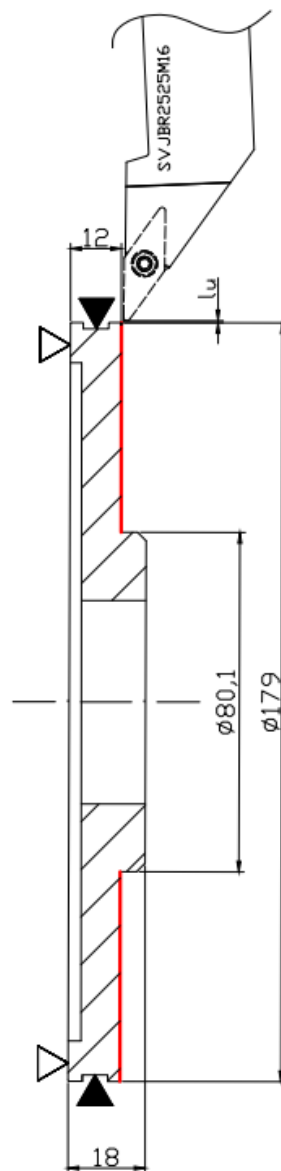
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,136 = 0,136 \text{ min} = 8 \text{ s}$$

Zahvat 6: Fino poravnati čelo na mjeru 12 mm

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.40. Operacija 40 – zahvat 6

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300$ m/min
- dubina rezanja $a_1 = 0,2$ mm
- posmak $s = 0,07$ mm/okr
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje na promjeru d_1 iznosila je:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{179 \cdot \pi} = 533 \text{ 1/okr}$$

Brzina vrtnje na promjeru d_2 iznosila je:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v}{d_2 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{80,1 \cdot \pi} = 1192 \text{ 1/okr}$$

Srednja brzina vrtnje iznosila je:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{533 + 1192}{2} = 863 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 49,45 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 49,45 + 0 = 49,95 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{49,95 \cdot 1}{863 \cdot 0,07} = 0,826 \text{ min} = 50 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,826 + 0,1 = 0,926 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

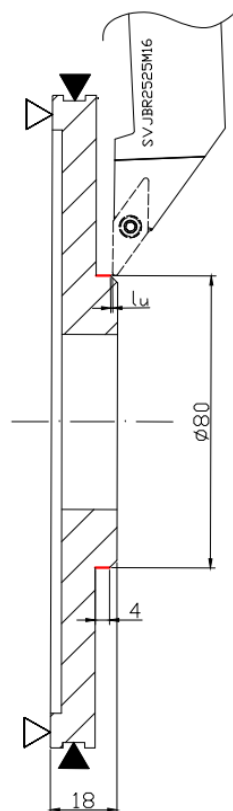
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,926 = 0,926 \text{ min} = 56 \text{ s}$$

Zahvat 7: Uzdužno fino vanjsko tokariti promjer Ø80 mm

Alat: Walter tools

Držač za vanjsko fino tokarenje: SVJBR2525M16

Pločica: VCGT160402-PM2-WXN10



Slika 5.41. Operacija 40 – Zahvat 6

Režimi obrade:

- brzina rezanja $v = 300 \text{ m/min}$
- dubina rezanja $a_1 = 0,1 \text{ mm}$
- posmak $s = 0,07 \text{ mm/okr}$
- broj prolaza $i = 1$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 300}{80,1 \cdot \pi} = 1192 \text{ 1/okr}$$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

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

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 4 + 0 = 4,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{4,5 \cdot 1}{1192 \cdot 0,07} = 0,054 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,05 min

Odmicanje alata 0,05 min

$$t_{sp} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,054 + 0,1 = 0,154 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,154 = 0,154 \text{ min} = 9 \text{ s}$$

Zahvat 8: Skinuti i odložiti izradak

Nakon obrade potrebno je bilo skinuti izradak te ga očistiti od emulzije.

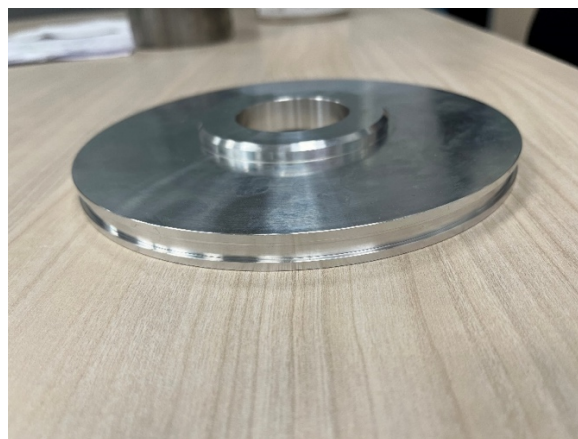
Ukupno vrijeme radnika:

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

Transportno kolo nakon operacije 40 prikazano je na slici 5.42. i 5.43.



Slika 5.42. Transportno kolo nakon operacije 40-1

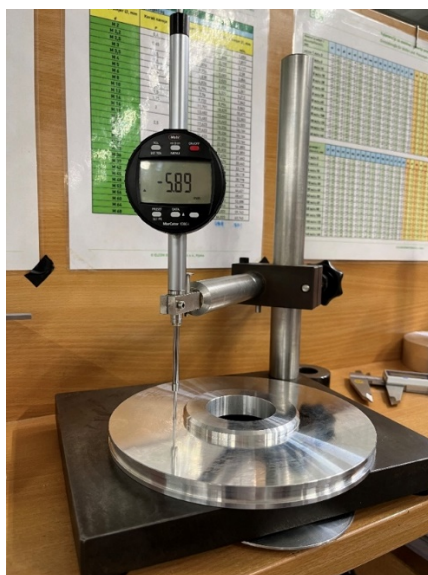


Slika 5.43. Transportno kolo nakon operacije 40-2

Zahvat 9: Kontrolirati

Zadnji zahvat operacije 40 bila je kontrola (Slika 5.44.). Obzirom da se kontrolirala slobodna mjera, potrebno je bilo zadovoljiti zahtjeve za dozvoljenim odstupanjem za nazivne dimenzije prema ISO 2768. Potrebno vrijeme za kontrolu iznosilo je 0,13 min.

Kontrolirala se dimenzija 6 mm te prema standardu ISO 2768, koji zahtjeva da dimenzije od 6 mm imaju dopušteno odstupanje $\pm 0,2$ mm, vidljivo je kako je tokarenjem postignut traženi zahtjev.



Slika 5.44. Kontrola dimenzije transportnog kola nakon operacije 40

5.4.1. Ukupno vrijeme operacije 40

Ukupno vrijeme izrade operacije 40 iznosilo je:

$$t_{i40} = 0,35 + 4,08 + 0,68 + 0,343 + 0,136 + 0,926 + 0,154 + 1 + 0,13 = 7,8 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme iznosilo je:

$$t_{d40} = 0,12 \cdot t_{i40} = 0,12 \cdot 7,8 = 0,936 \text{ min}$$

Vrijeme operacije 40 bilo je:

$$t_{O40} = t_{i40} + t_{d40} = 7,8 + 0,936 = 8,736 \text{ min}$$

5.5. Priprema stezne naprave

Stroj: Hermle C30U

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

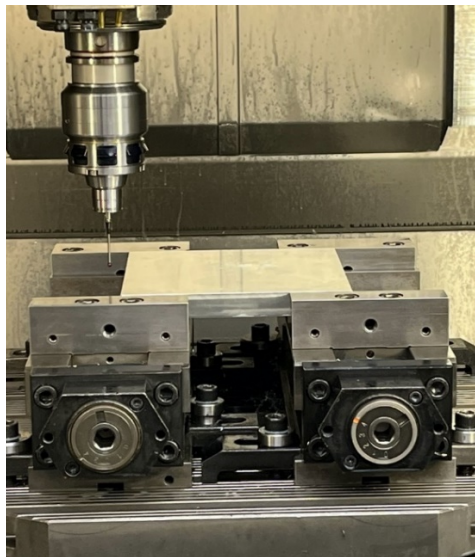
Za operaciju 50, u kojoj se izradak obrađuje glodanjem i bušenjem, potrebno je bilo pripremiti steznu napravu. Naprava se izrađuje od ploče 183x183 mm materijala ALU 6082. Pomoću nje izvoditi će se dvije vrste stezanja (Slika 5.45):

Stezanje A – stezanje pomoću steznih vilica (stega za stezanje na stolu) i 2 vijka M8

Stezanje B – stezanje vijcima M4 (6x)

Zahvat 2: Umjeriti nul-točke ulaznog materijala

Umjeravanje nul-točke izratka prikazano je na slici 5.48.



Slika 5.48. Umjeravanje nul-točke izratka

Ukupno vrijeme:

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

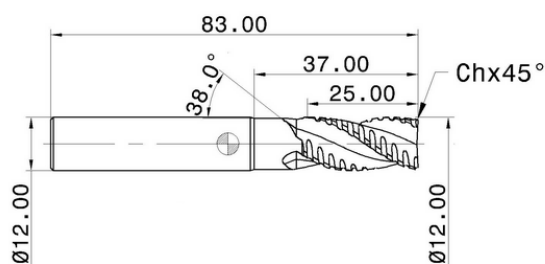
Zahvat 3: Glodati rupu Ø80 mm dubine 6 mm - grubo

Alat: ISCAR

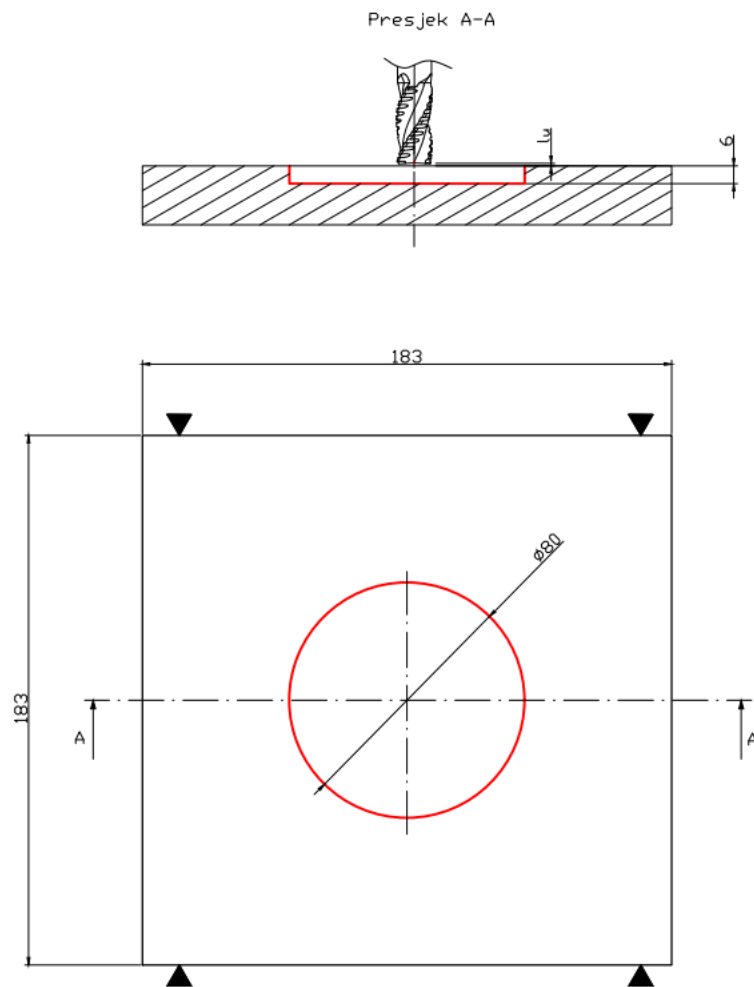
Držač: HSK 63-2/16-100

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: ERC120E25-3C12



Slika 5.49. Glodalo Ø12 za grubo glodanje



Slika 5.50. Priprema stezne naprave-zahvat 3

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,0321 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,0963 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 674 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 264 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 1$

Hod alata teško se mogao izračunati obzirom da se putanja alata vršila na temelju krivulja koje su generirane u programu Mastercam. Zbog toga se vrijednost hoda alata prepisuje iz Mastercam-a te iznosi:

$$l = 2444 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{2444 \cdot 1}{7000 \cdot 0,0963} = 3,63 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 3,63 + 0,16 = 3,79 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 3,79 \text{ min}$$

Zahvat 4: Bušiti provrt Ø6,8 mm (2x)

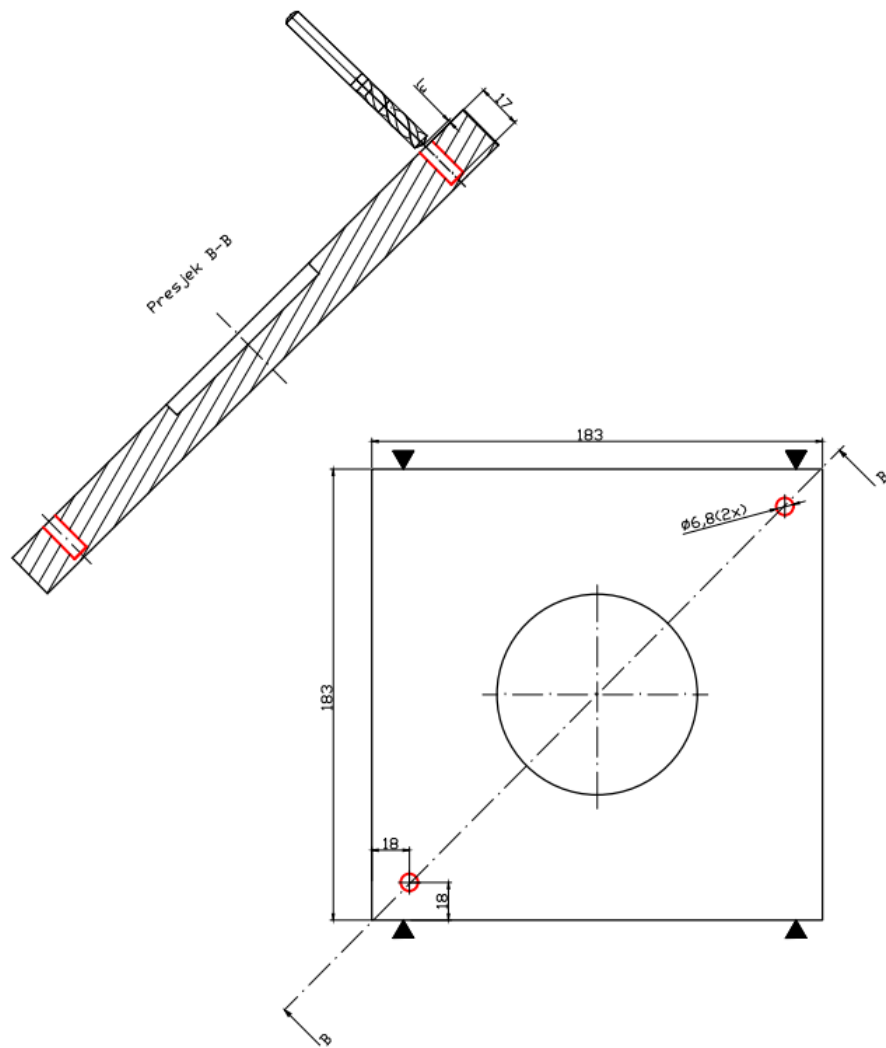
Alat: Walter tools

Držać: HSK 63-2/16-100

Svrdlo: A1149-6,8

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 2$
- posmak po zubu $FPT = 0,09 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 2000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,081 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 162 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 43 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 2$



Slika 5.51. Priprema stezne naprave-zahvat 4

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 17 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 17 + 0 = 18 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{18 \cdot 2}{2000 \cdot 0,081} = 0,2 \text{ min} = 13 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,2 + 0,16 = 0,36 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,36 = 0,36 \text{ min}$$

Zahvat 5: Bušiti provrt Ø3,3 mm (6x)

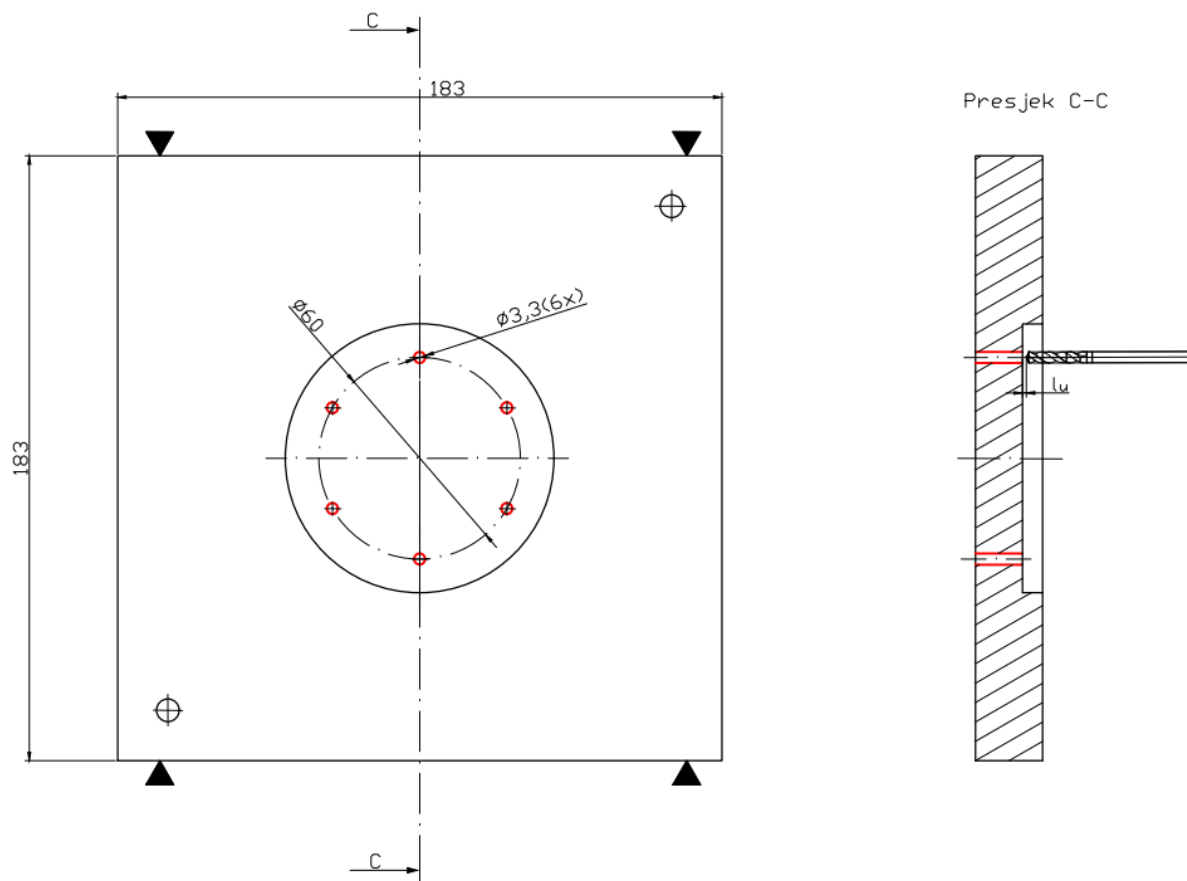
Alat: Garant

Držač: HSK 63-2/16-100

Svrđlo: 114500 3,3

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 2$
- posmak po zubu $FPT = 0,09 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 2000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,081 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 162 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 20 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$



Slika 5.45. Priprema stezne naprave-zahvat 5

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 20,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 20,5 = 21,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{21,5 \cdot 6}{2000 \cdot 0,081} = 0,796 \text{ min} = 48 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,796 + 0,16 = 0,956 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

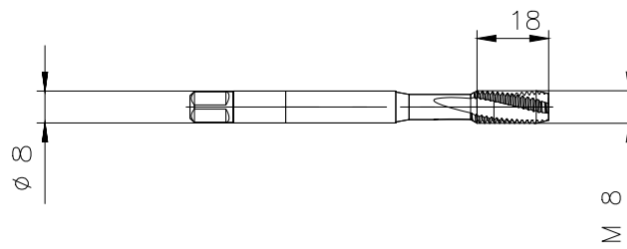
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,956 = 0,956 \text{ min}$$

Zahvat 6: Urezati navoj M8 (2x)

Alat: Yamava Japan

Držač: HSK 63-2/16-100

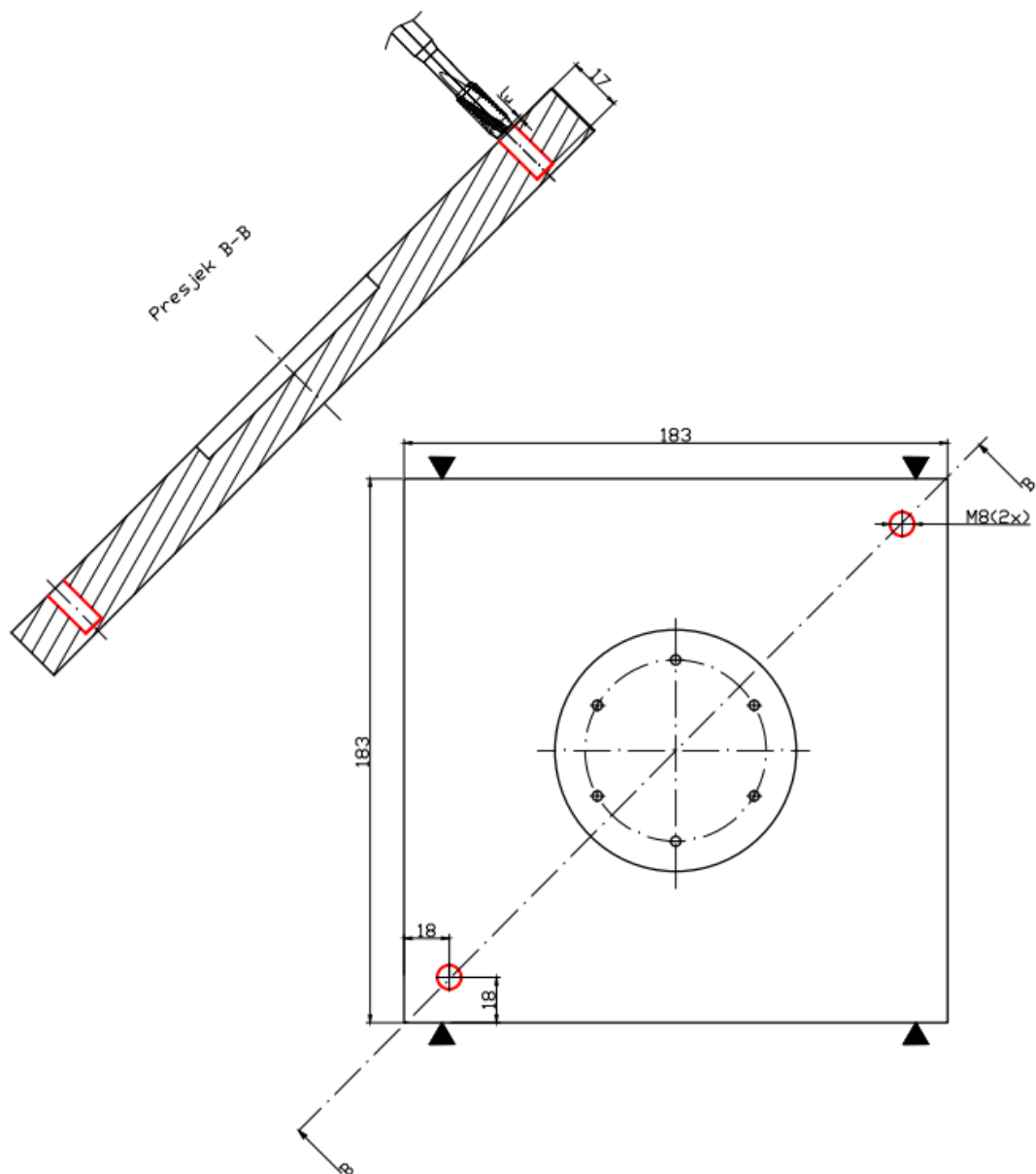
Ureznik: 3103101079



Slika 5.46. Ureznik M8

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,3 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 500 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0.9 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 400 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 13 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 2$



Slika 5.47. Priprema stezne naprave-zahvat 6

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 17 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 17 = 18 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{18 \cdot 2}{500 \cdot 0,9} = 0,24 \text{ min} = 14,4 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,24 + 0,16 = 0,4 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

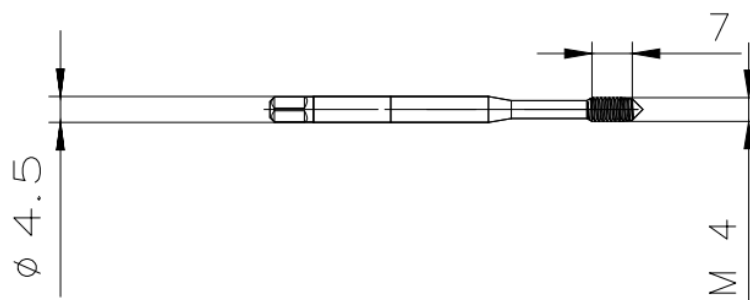
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,4 = 0,4 \text{ min}$$

Zahvat 7: Urezati navoj M4 (6x)

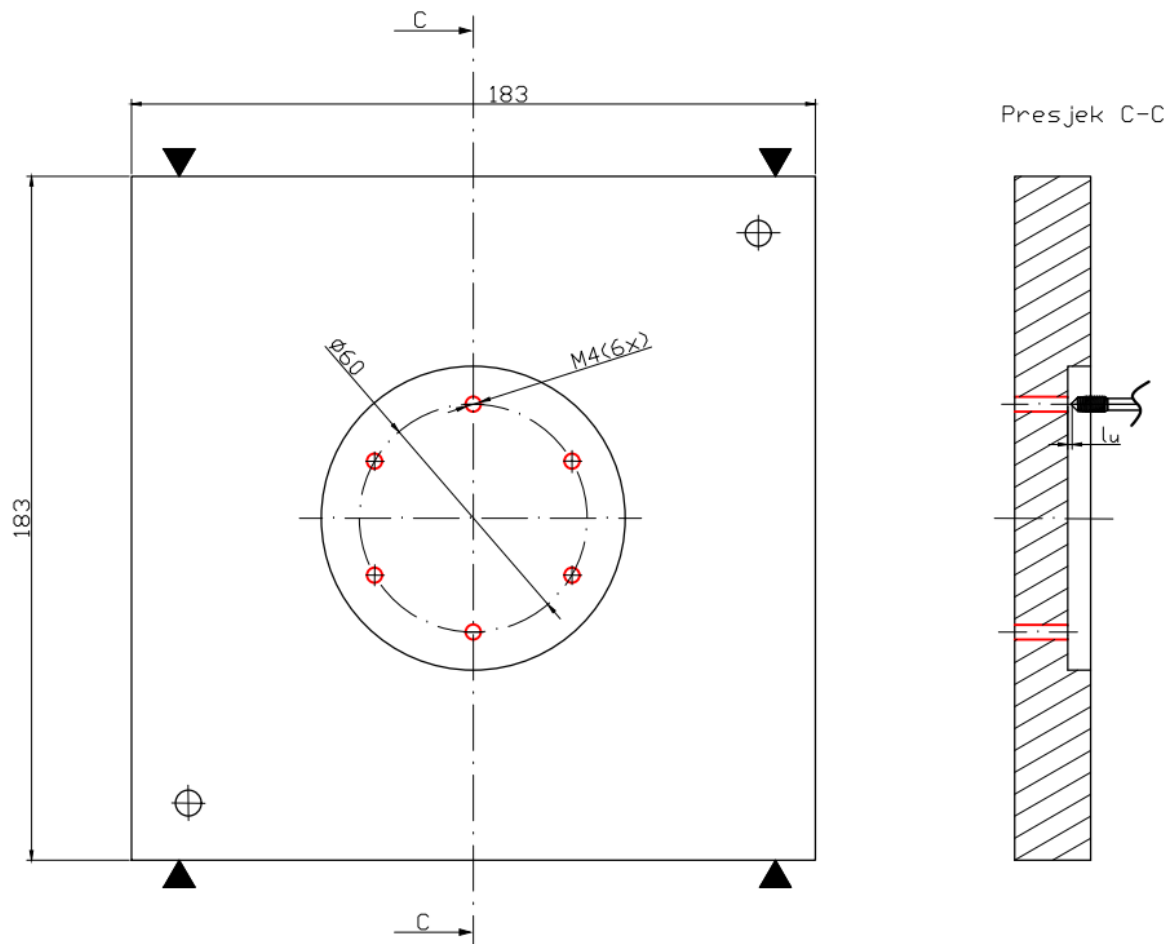
Alat: Yamava Japan

Držač: HSK 63-2/16-100

Ureznik: 3103101043



Slika 5.48. Ureznik M4



Slika 5.49. Priprema stezne naprave-zahvat 7

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,3 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 500 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,9 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 400 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 7 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 20,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 1 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 20,5 + 1 = 22,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{22,5 \cdot 6}{500 \cdot 0,9} = 0,3 \text{ min} = 18 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,18 + 0,16 = 0,34 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,34 = 0,34 \text{ min}$$

5.5.1. Ukupno vrijeme pripreme stezne naprave

Ukupno vrijeme izrade stezne naprave iznosilo je:

$$t_{in} = 1,15 + 1 + 3,79 + 0,36 + 0,956 + 0,4 + 0,34 = 8 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme iznosilo je:

$$t_{dn} = 0,12 \cdot t_{in} = 0,12 \cdot 8 = 0,96 \text{ min}$$

Vrijeme operacije pripreme stezne naprave bilo je:

$$t_{On} = t_{in} + t_{dn} = 8 + 0,96 = 8,96 \text{ min}$$

5.6. Umjeravanje alata

Stroj: Zoller Smile 400

Prije operacija glodanja i bušenja izratka potrebno je bilo umjeriti alate kako bi se dobile njihove stvarne mjere koje će se onda koristiti u radu. Za glodala vršeno je mjerenje dužine i promjera glodala dok je za svrdlo mjerena samo dužina obzirom da ono izvodi samo pravocrtno gibanje. Umjeravanje jednog od alata prikazano je na slici 5.50. Dobivene dimenzije potom su se unosile u stroj putem upravljačke jedinice kako bi se pravilno izvršila kompenzacija alata.



Slika 5.50. Umjeravanje alata

5.7. Operacija 50: Glodanje i bušenje strane 100

Stroj: Hermle C30U

Program u kojem su formirani zahvati koji su se izvodili u operaciji 50 pisan je u programu Mastercam. Temeljem njega generirao se NC kod za upravljačku jedinicu Heindeinhain. Potrebno vrijeme za pisanje programa bilo je 3 sata. Sva prikazana vremena rezultat su stvarnog mjerenja vremena zahvata.

Zahvat 1: Podignuti i stegnuti ulazni materijal

Ručno vrijeme:

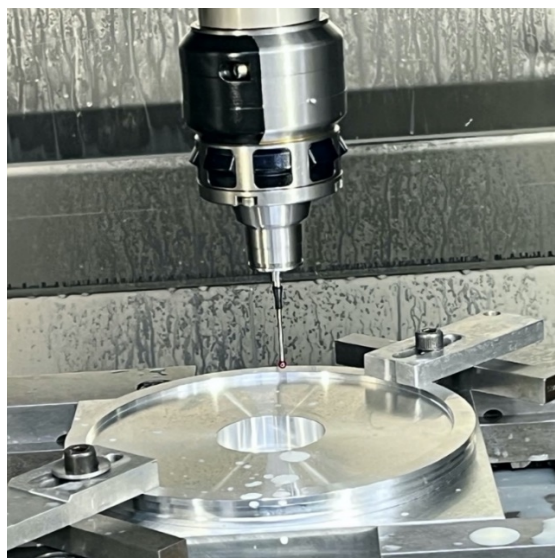
| | |
|------------------|----------|
| uzimanje izratka | 0,15 min |
| stezanje izratka | 3 min |

Ukupno vrijeme radnika:

$$t_r = 3,15 \text{ min}$$

Zahvat 2: Umjeriti nul-točke izratka

Umjeravanje nul-točke izratka prikazano je na slici 5.51.



Slika 5.51. Umjeravanje nul-točke izratka

Ukupno vrijeme:

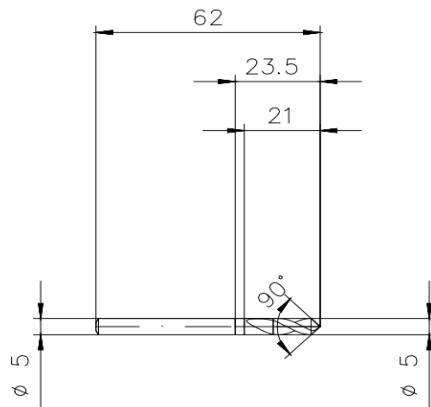
$$t_r = 1 \text{ min}$$

Zahvat 3: Zabušiti Ø4 mm za provrte 111-116

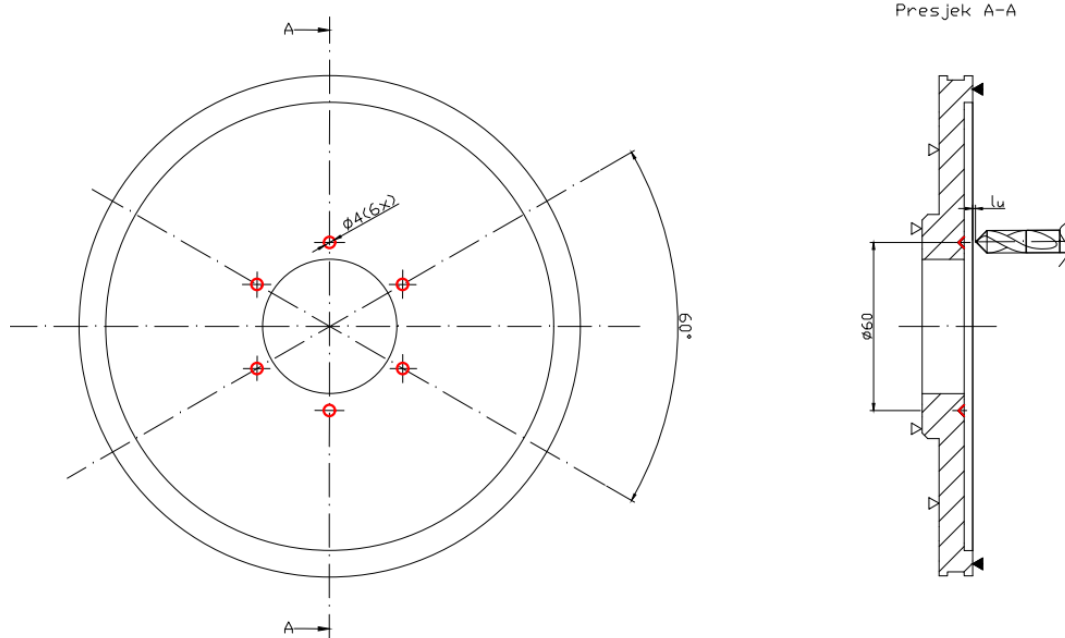
Alat: Walter tools

Držač: A201M.0.50.092.13

Zabušivač: A1115-5



Slika 5.52. Zabušivač $\varnothing 5$



Slika 5.53. Operacija 50 - zahvat 3

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 2$
- posmak po zubu $FPT = 0,045 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 2000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,09 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 180 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 55 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu

- broj prolaza $i = 6$
- stezanje A

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

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

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 2 + 0 = 3 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{3 \cdot 6}{2000 \cdot 0,09} = 0,1 \text{ min} = 6 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,6 + 0,16 = 0,26 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

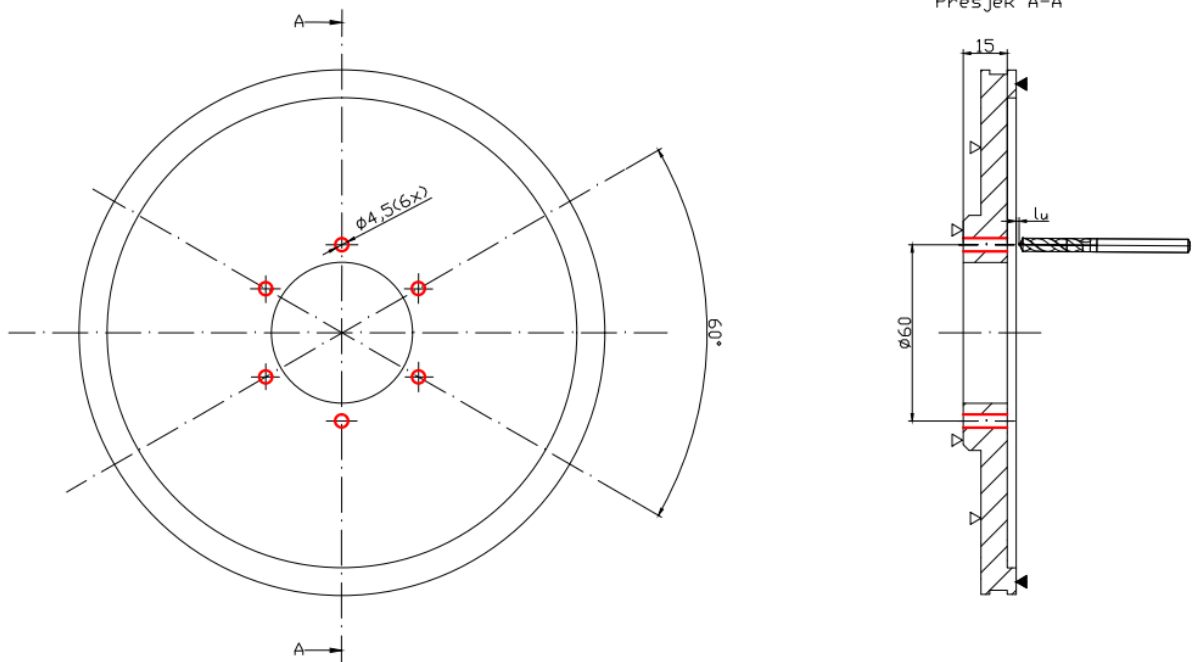
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,26 = 0,26 \text{ min} = 16 \text{ s}$$

Zahvat 4: Bušiti provrte 111-116 ($\varnothing 4,5 \text{ mm}$)

Alat: Walter tools

Držač: A201M.0.50.092.13

Svrđlo: A1148-4.5



Slika 5.54. Operacija 50 - zahvat 4

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 2$
- posmak po zubu $FPT = 0,036 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 2500 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,072 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 180 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 35,344 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$
- stezanje A

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 18 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 18 + 0 = 19 \text{ mm}$$

Zbog toga što je izlaz alata l_i iznosio 0 mm potrebno je odstraniti tanki sloj materijala nakon zahvata koji je preostao odnosno koji nije bio probušen svrdlom kako bi se dobio željeni promjer $\varnothing 4,5$ mm.

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{19 \cdot 6}{2500 \cdot 0,072} = 0,63 \text{ min} = 38 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,63 + 0,16 = 0,79 \text{ min} = 48 \text{ s}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,79 = 0,79 \text{ min} = 47,4 \text{ s}$$

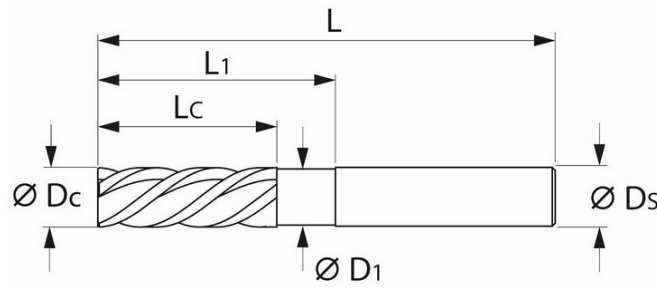
Zahvat 5: Glodati rupe 121-126 - fino

Alat: Garant

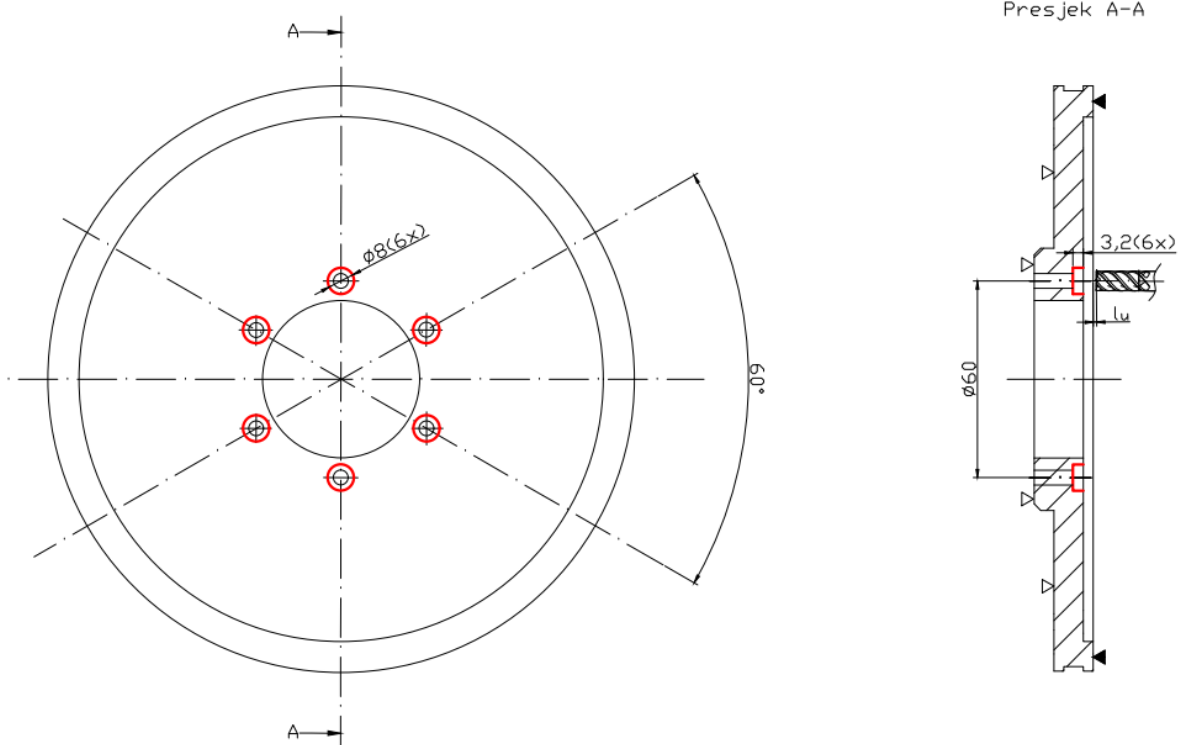
Držač: HSK 63A – DIN 69893 (WE06.63A065)

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 202510 6



Slika 5.55. Glodalo Ø6 za finu obradu



Slika 5.56. Operacija 50 - zahvat 5

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,021 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,084 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 588 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 132 \text{ m/min}$

- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$

Hod alata prepisan iz Mastercam-a iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

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

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 11 + 0 = 12 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{12 \cdot 6}{7000 \cdot 0,084} = 0,12 \text{ min} = 7 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

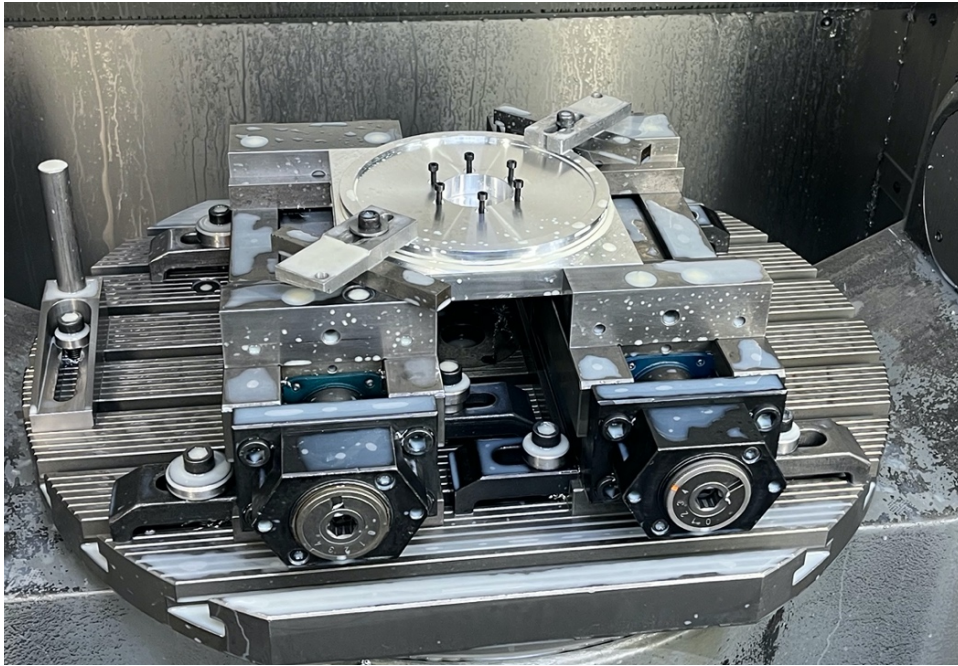
$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0,12 + 0,16 = 0,28 \text{ min} = 17 \text{ s}$$

Zahvat 6: Skinuti stezne pločice i stegnuti vijke M4

Na slici 5.53. prikazan je zahvat 6 u kojem je bilo potrebno promijeniti stezanje A u stezanje B.



Slika 5.53. Operacija 50 - zahvat 6

Vrijeme zahvata 6 iznosilo je:

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

Zahvat 7: Glodati vanjsku konturu - grubo

Alat: ISCAR

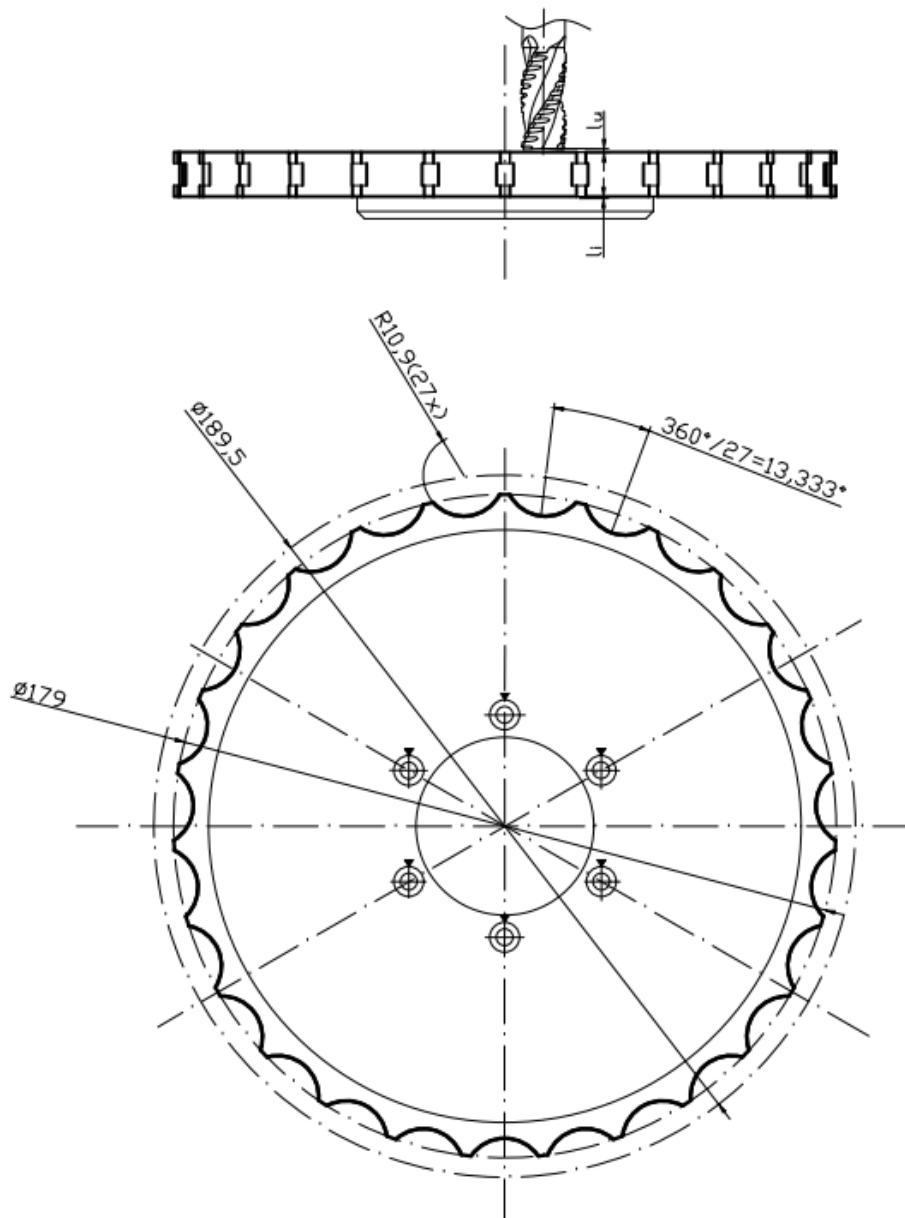
Držač: HSK 63-2/16-100

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: ERC120E25-3C12

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,0321 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,0963 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 675 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 264 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 2$
- stezanje B



Slika 5.57. Operacija 50 - zahvat 7

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 22,5 \cdot 27 + 2 \cdot 27 = 675 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 675 + 0,5 = 676 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{676 \cdot 2}{7000 \cdot 0,128} = 1,5 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 1,5 + 0,16 = 1,66 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 1,66 = 1,66 \text{ min}$$

Zahvat 8: Glodati džepove 131-136 - grubo

Alat: ISCAR

Držać: HSK 63-2/16-100

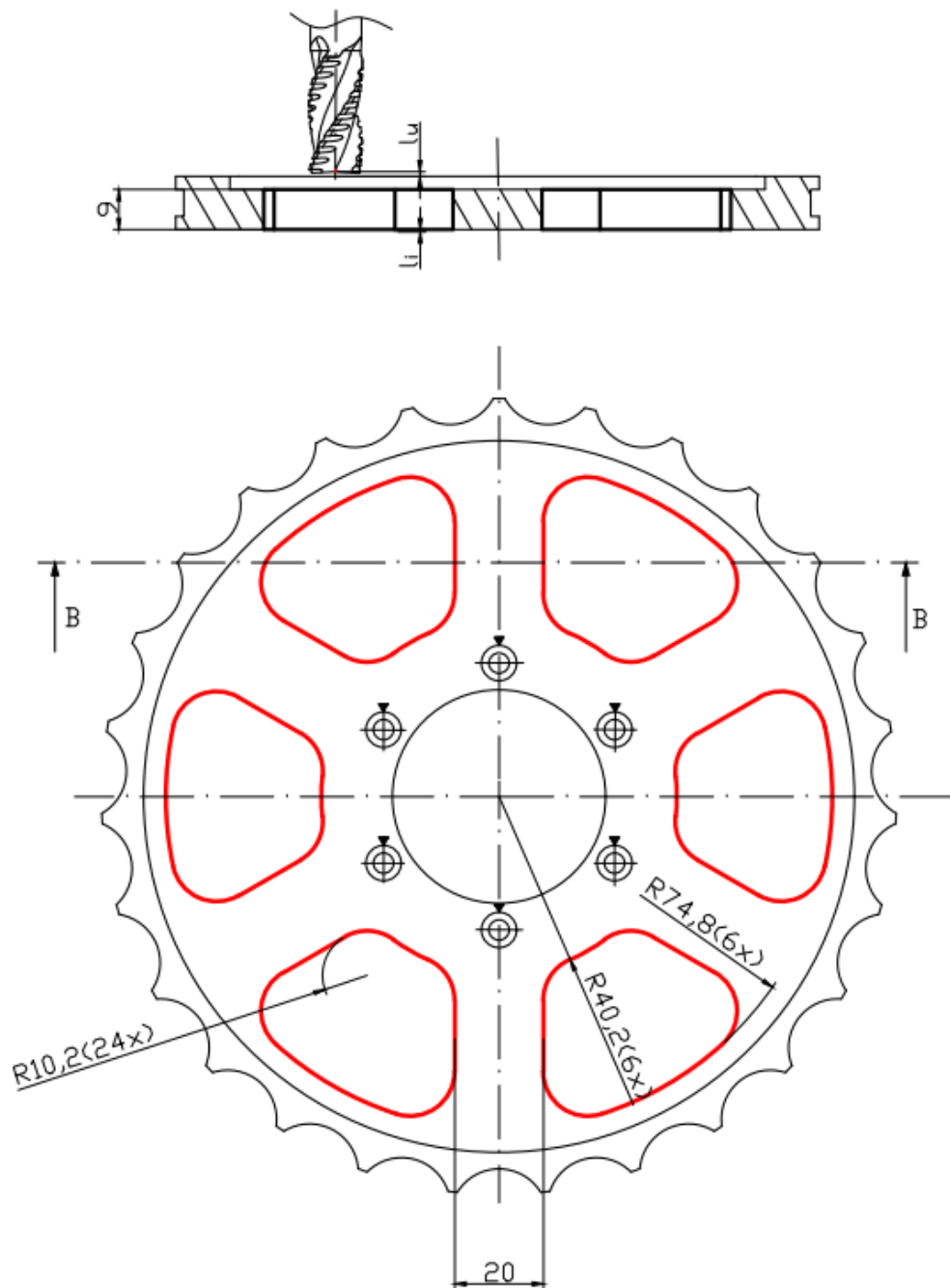
Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: ERC120E25-3C12

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,0375 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,1125 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 790 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 264 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$
- stezanje B

Presjek B-B



Slika 5.58. Operacija 50 - zahvat 8

Iznos hoda alata prepisan je iz Mastercam-a te iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 986,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 986,5 + 0,5 = 987,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{987,5 \cdot 6}{7000 \cdot 0,1125} = 7,52 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 7,52 + 0,16 = 7,68 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 7,68 = 7,68 \text{ min}$$

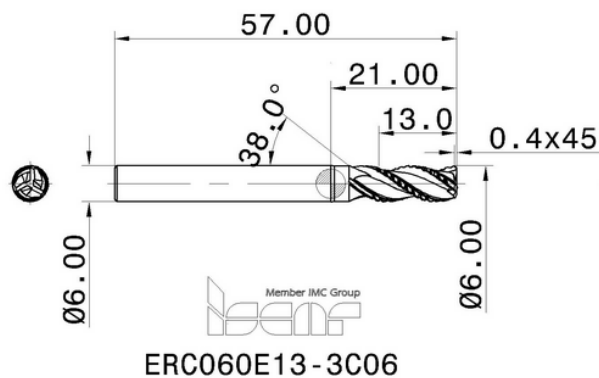
Zahvat 9: Glodati džepove 141-146 – grubo

Alat: ISCAR

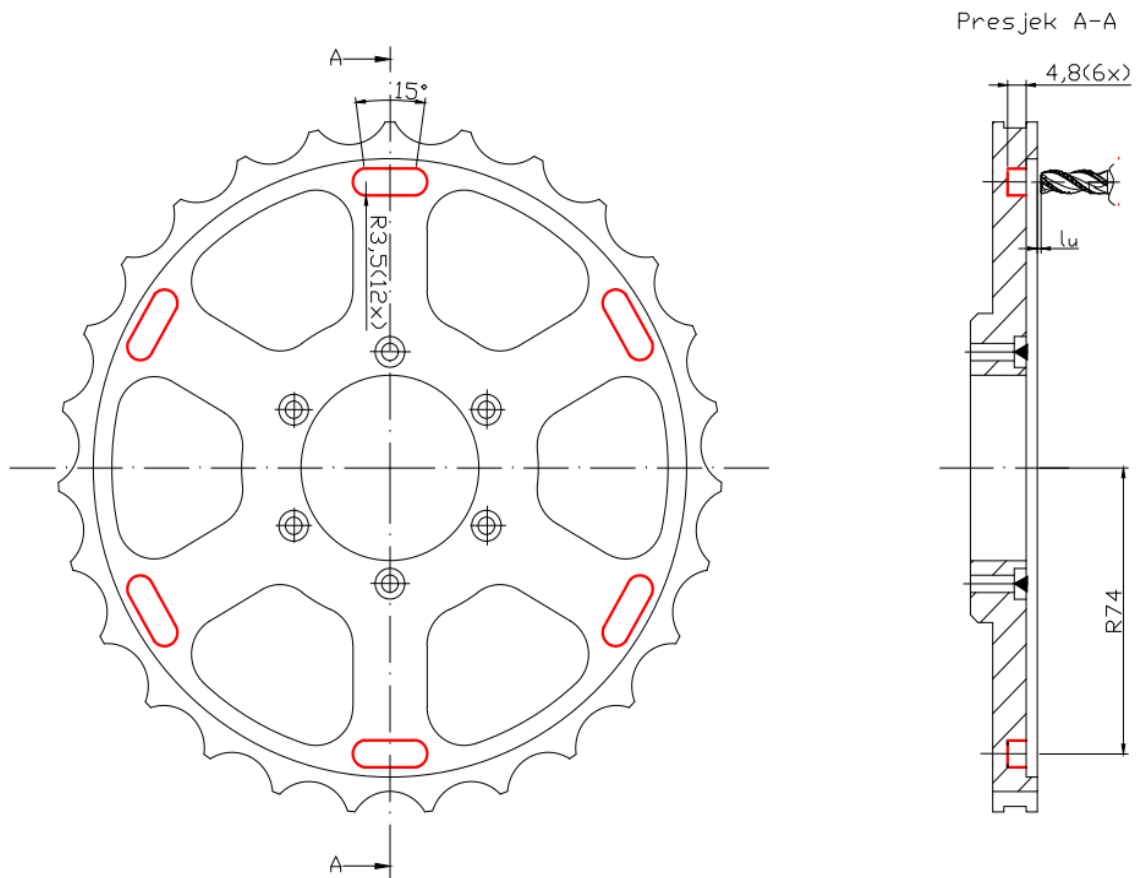
Držač: HSK 63-2/16-100

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: ERC060E13-3C06



Slika 5.59. Glodalo Ø6 za grubu obradu



Slika 5.60. Operacija 50 - zahvat 9

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,0286 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,085 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 600 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 132 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$
- stezanje B

Hod alata prepisan je iz Mastercam-a te iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 181 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 181 + 0 = 182 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{182 \cdot 6}{7000 \cdot 0,085} = 1,84 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 1,84 + 0,16 = 2 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 2 = 2 \text{ min}$$

Zahvat 10: Glodati džep 161 – grubo

Alat: ISCAR

Držać: HSK 63-2/16-100

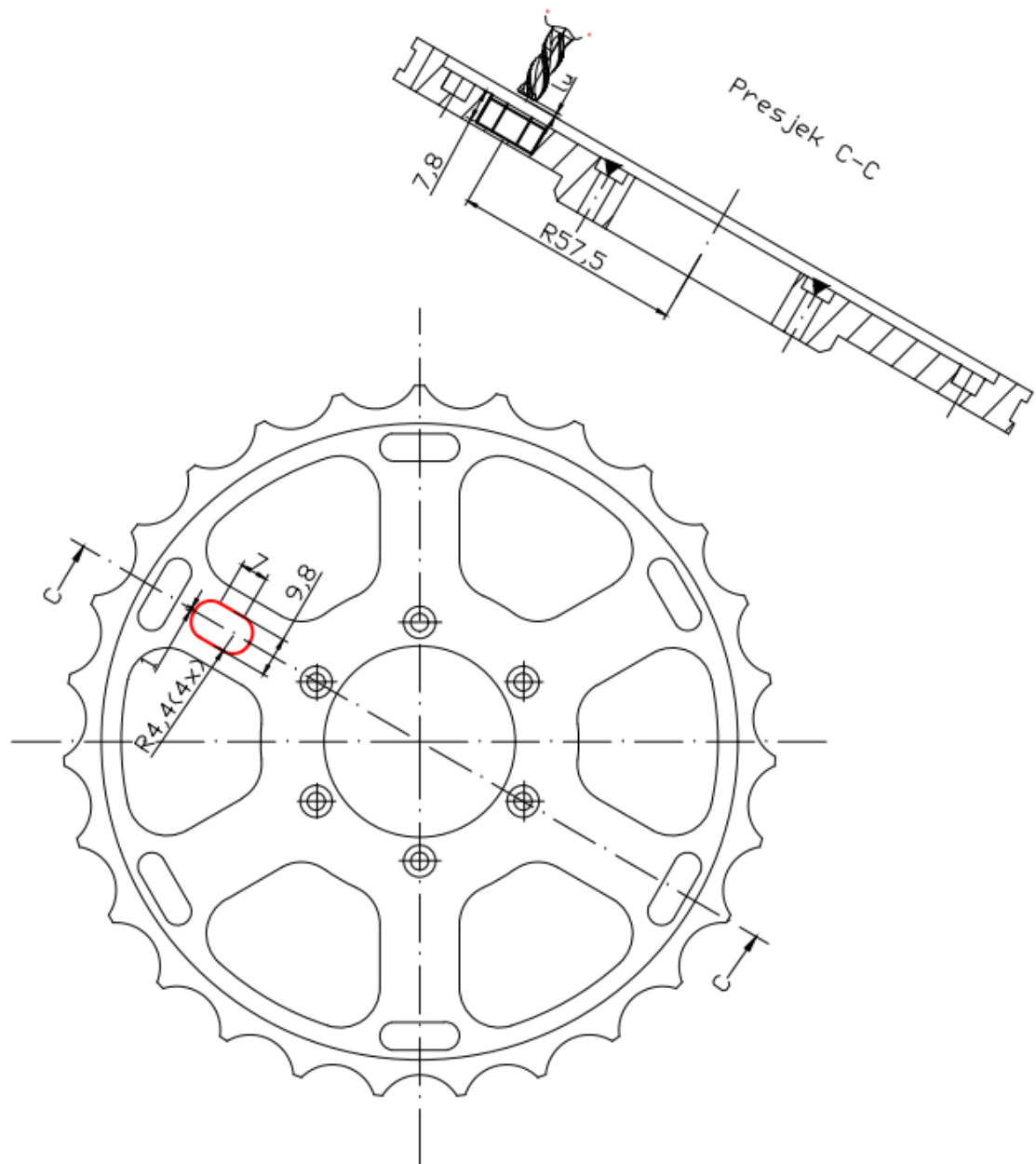
Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: ERC060E13-3C06

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,0286 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,085 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 600 \text{ mm/min}$

- brzina rezanja $v_c = 132 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 9$
- stezanje B



Slika 5.61. Operacija 50 - zahvat 10

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = \frac{2 \cdot 1,9 \cdot \pi \cdot 90^\circ}{360^\circ} \cdot 4 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 1 = 28 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 28 + 0 = 29 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{29 \cdot 9}{7000 \cdot 0,085} = 0,43 \text{ min} = 26 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,43 + 0,16 = 0,59 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,59 = 0,59 \text{ min} = 35 \text{ s}$$

Zahvat 11: Zabušiti za provrte 151-156 (Ø4 mm)

Alat: Garant

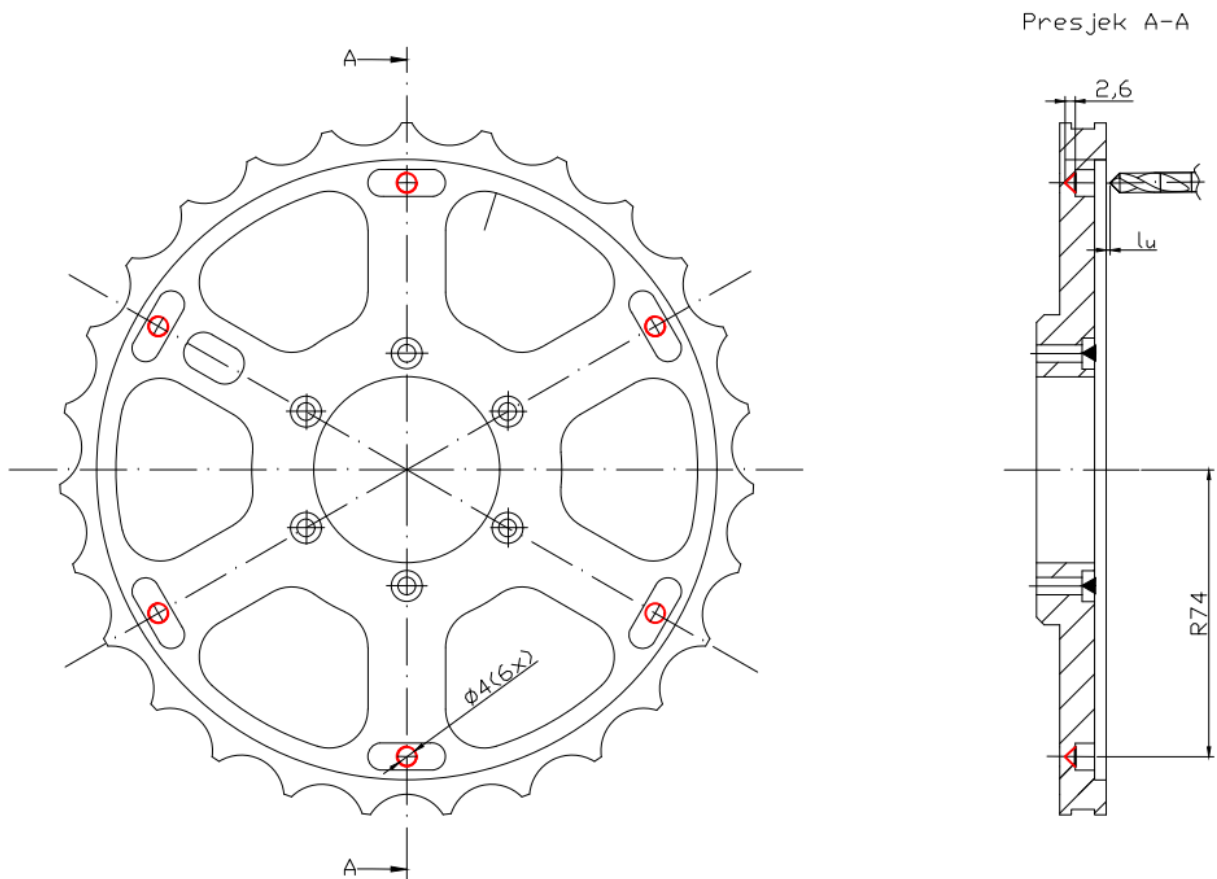
Držać: ISO 12164-1-A (420.5031.322)

Zabušivač: 11200 4

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 2$
- posmak po zubu $FPT = 0,045 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 2000 \text{ okr/min}$

- posmak po okretaju $s = 0,09 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 180 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 31,42 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$
- stezanje B



Slika 5.62. Operacija 50 - zahvat 11

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 2 + 8 = 10 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 10 + 0 = 11 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{11 \cdot 6}{2000 \cdot 0,09} = 0,367 \text{ min} = 22 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,367 + 0,16$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0,527 \text{ min} = 32 \text{ s}$$

Zahvat 12: Bušiti provrte 151-156 ($\varnothing 4,2 \text{ mm}$)

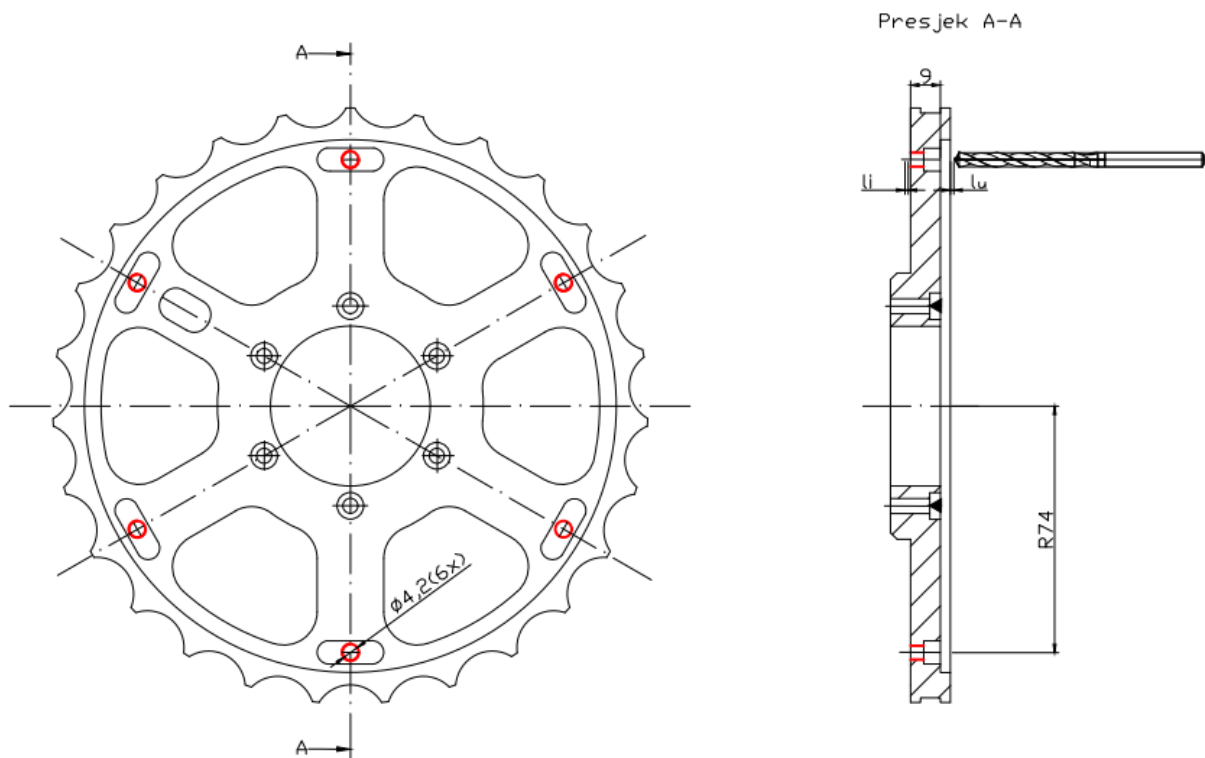
Alat: Walter tools

Držać: ER16.63A.080

Svrđlo: A1211TIN-4.2

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 2$
- posmak po zubu $FPT = 0,036 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 2000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,072 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 150 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 33 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$
- stezanje B



Slika 5.63. Operacija 50 - zahvat 12

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = (2 + 8 + 5) \cdot 2 = 30 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 30 + 0,5 = 31,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{31,5 \cdot 6}{2000 \cdot 0,072} = 1,3 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 1,3 + 0,16 = 1,46 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 1,46 = 1,46 \text{ min}$$

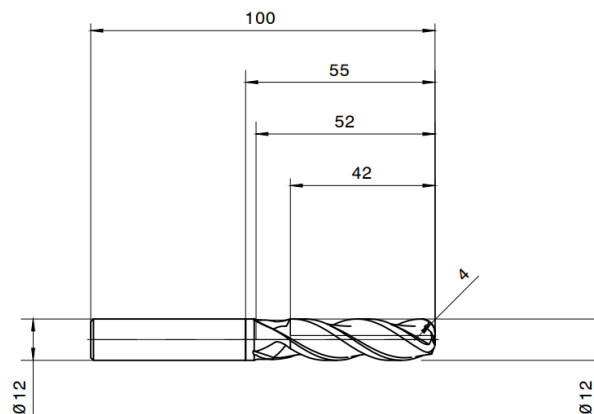
Zahvat 13: Glodati vanjsku konturu - fino

Alat: Garant

Držač: ER16.63A.080

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 202510 12



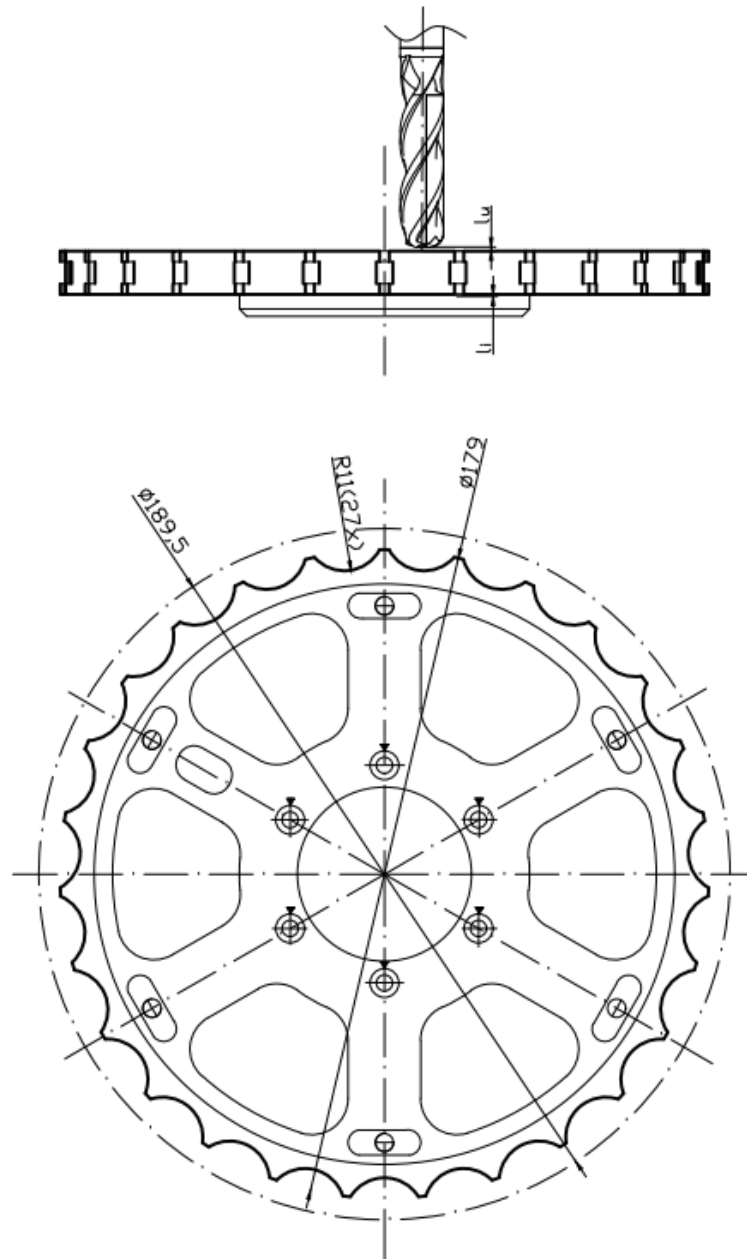
Slika 5.64. Glodalo Ø12 za fino glodanje

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,05 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 6000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 1200 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 262 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu

- broj prolaza
- stezanje B

$$i = 1$$



Slika 5.65. Operacija 50 - zahvat 13

Hod alata iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 22,5 \cdot 27 + 2 \cdot 27 = 675 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 675 + 0,5 = 676 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{676 \cdot 1}{6000 \cdot 0,2} = 0,56 \text{ min} = 34 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,56 + 0,16 = 0,72 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,72 = 0,72 \text{ min} = 43,2 \text{ s}$$

Zahvat 14: Glodati džepove 131-136 - fino

Alat: Garant

Držač: ER16.63A.080

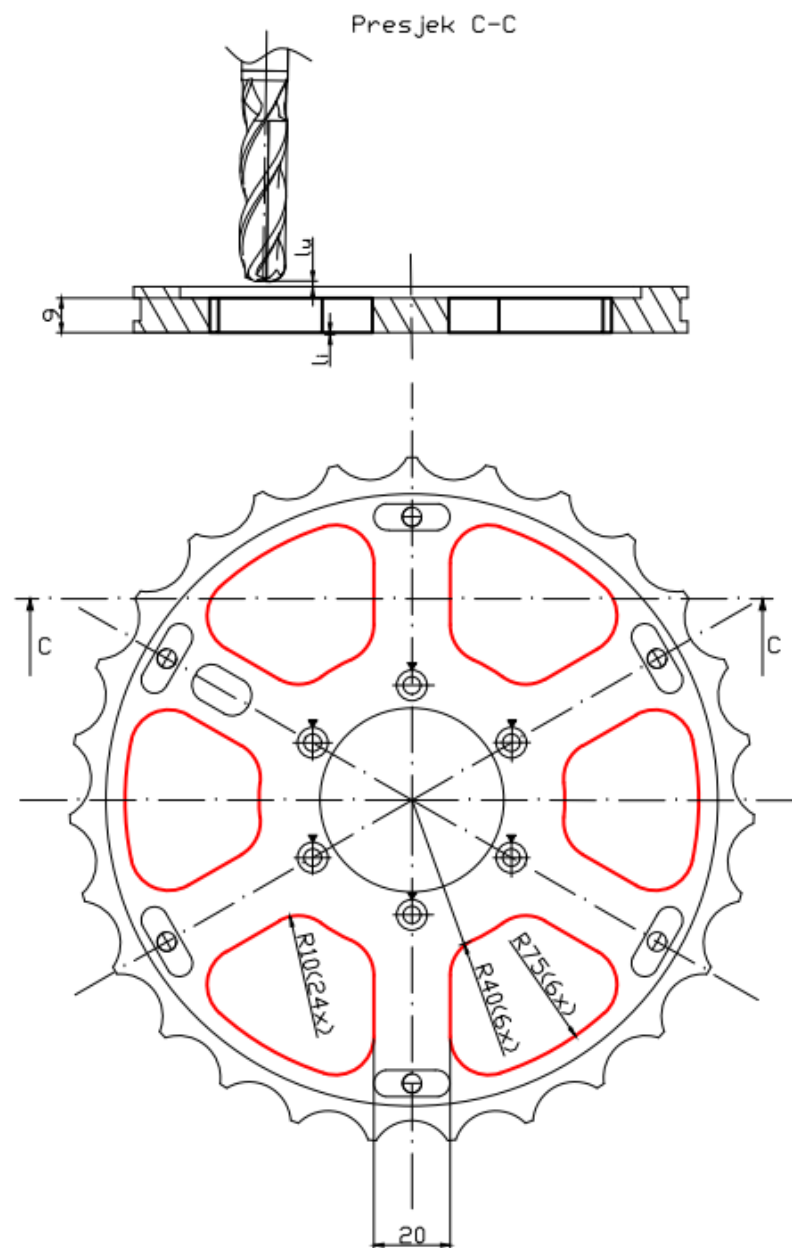
Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 202510 12

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,05 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 6000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,2 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 1200 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 262 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$

- stezanje B



Slika 5.66. Operacija 50 - zahvat 14

Hod alata prepisan je iz Mastercam-a te iznosi:

$$l_u = 0,5 \text{ mm}$$

$$l = 119 \text{ mm}$$

$$l_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 0,5 + 119 + 0,5 = 120 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{120 \cdot 6}{6000 \cdot 0,2} = 0,6 \text{ min} = 36 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,6 + 0,16 = 0,76 \text{ min} = 45,6 \text{ s}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,76 = 0,76 \text{ min} = 45,6 \text{ s}$$

Zahvat 15: Glodati džep 161-fino

Alat: Garant

Držač: ER16.63A.080

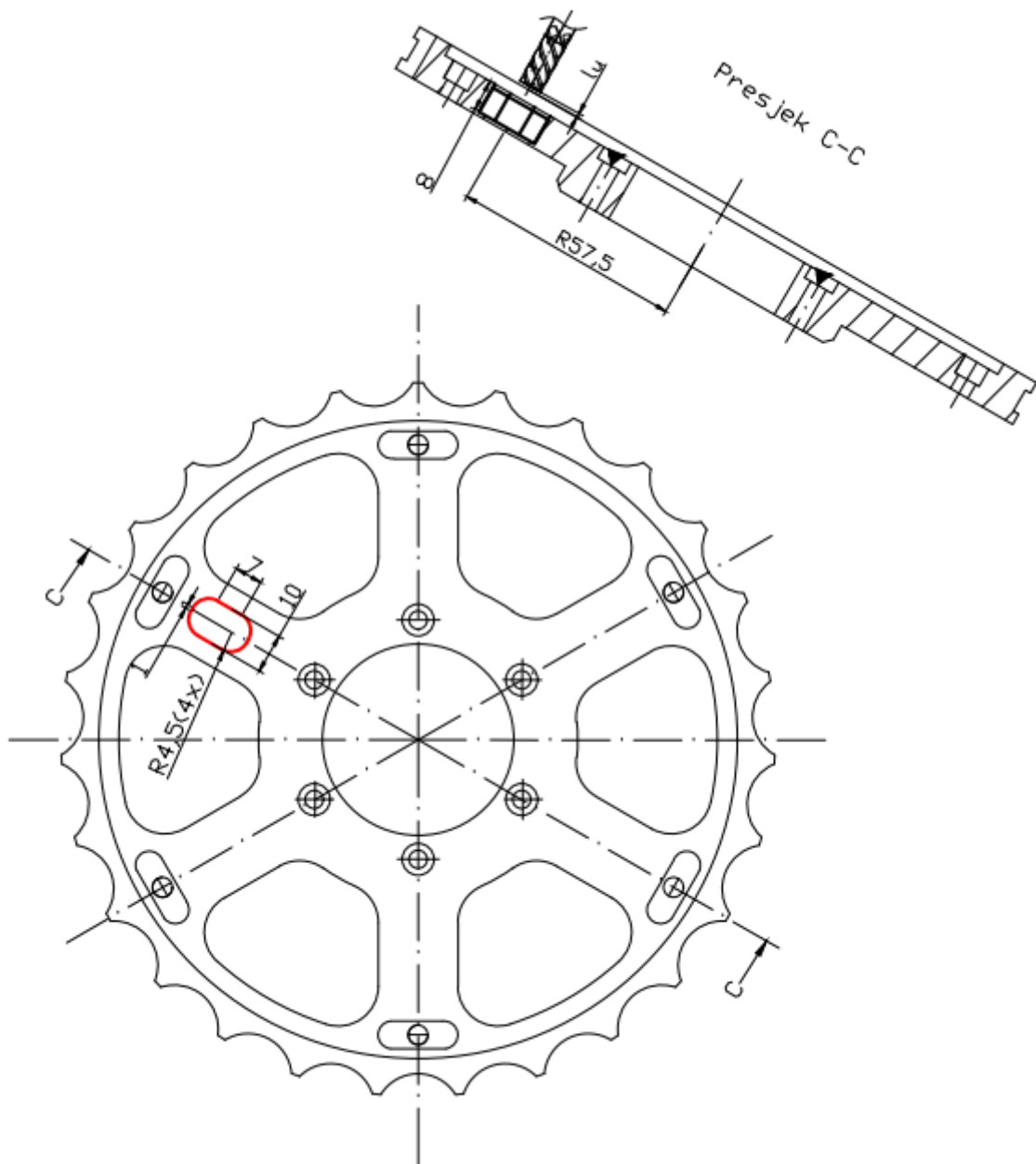
Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 202510 6

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,0375 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 6000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,15 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 900 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 113 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 1$

- stezanje B



Slika 5.67. Operacija 50 - zahvat 15

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = \frac{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 90^\circ}{360^\circ} \cdot 4 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 1 = 28,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 28,5 + 0 = 29,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{29,5 \cdot 1}{6000 \cdot 0,15} = 0,03 \text{ min} = 2 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,03 + 0,16 = 0,19 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,19 = 0,19 \text{ min} = 11,4 \text{ s}$$

Zahvat 16: Glodati džepove 141-146 – fino

Alat: Garant

Držać: ER16.63A.080

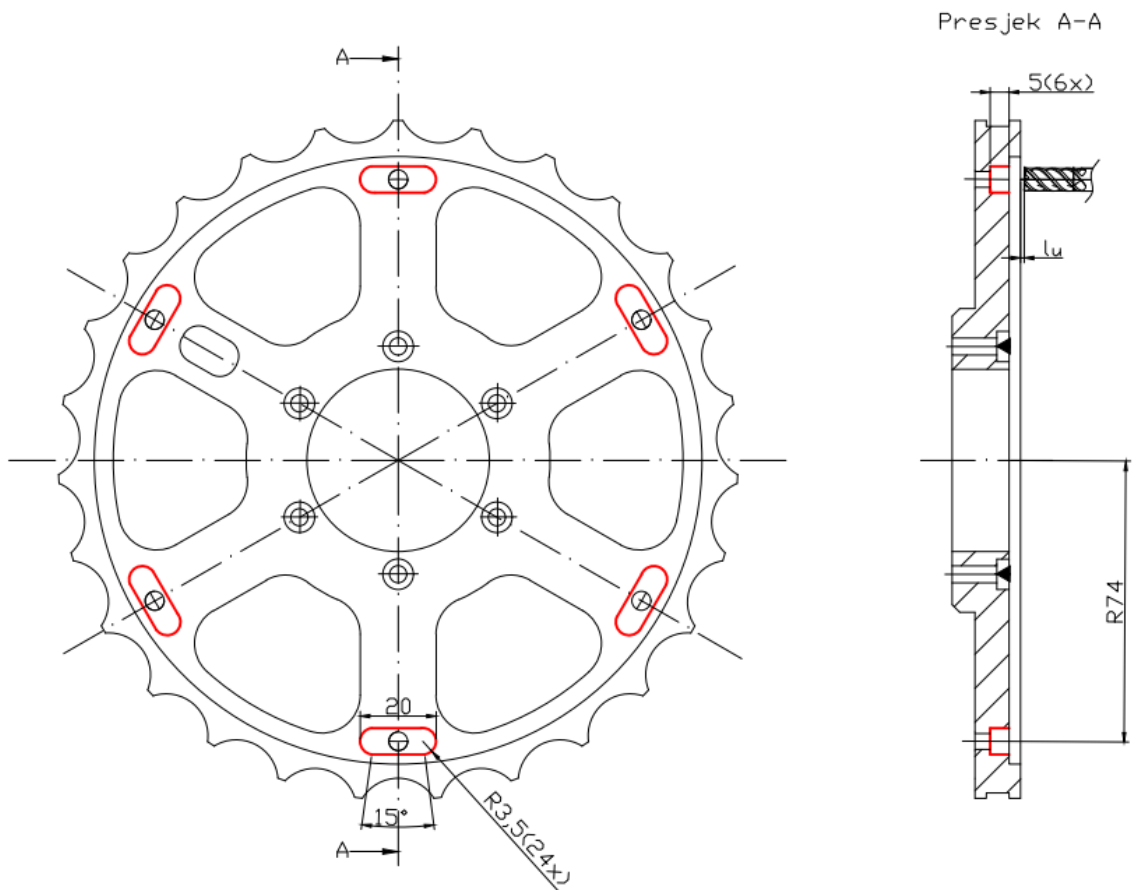
Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 202510 6

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,0375 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 6000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,15 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 900 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 113 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu

- broj prolaza $i = 6$
- stezanje B



Slika 5.68. Operacija 50 - zahvat 16

Hod alata prepisan je iz Mastercam-a te iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 47,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 47,5 + 0 = 48,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{48,5 \cdot 6}{6000 \cdot 0,15} = 0,32 \text{ min} = 19,2 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,32 + 0,16 = 0,48 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,48 = 0,48 \text{ min} = 29 \text{ s}$$

Zahvat 17: Izraditi skošenje 1x15° na džepu 161

Alat: Garant

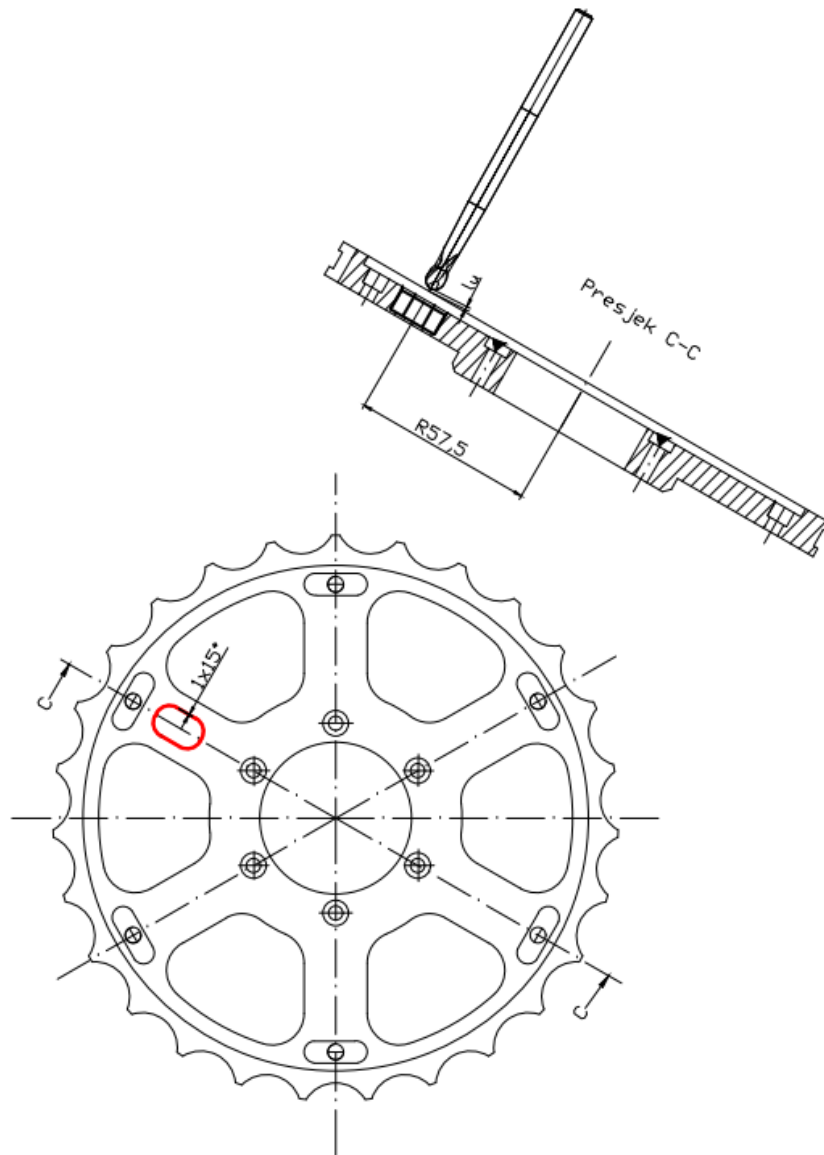
Držać: HSK 63-2/16-100

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 207032 6

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,057 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,23 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 1600 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 132 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 17$
- stezanje B



Slika 5.69. Operacija 50 - zahvat 17

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = \frac{2 \cdot 4,5 \cdot \pi \cdot 90^\circ}{360^\circ} \cdot 4 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 1 = 44,27 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 44,27 + 0 = 45,27 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{44,27 \cdot 17}{7000 \cdot 0,23} = 0,467 \text{ min} = 28 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,467 + 0,16 = 0,627 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,627 = 0,627 \text{ min} = 38 \text{ s}$$

Zahvat 18: Izraditi skošenje 0,1x45° na vanjskoj konturi

Alat: Garant

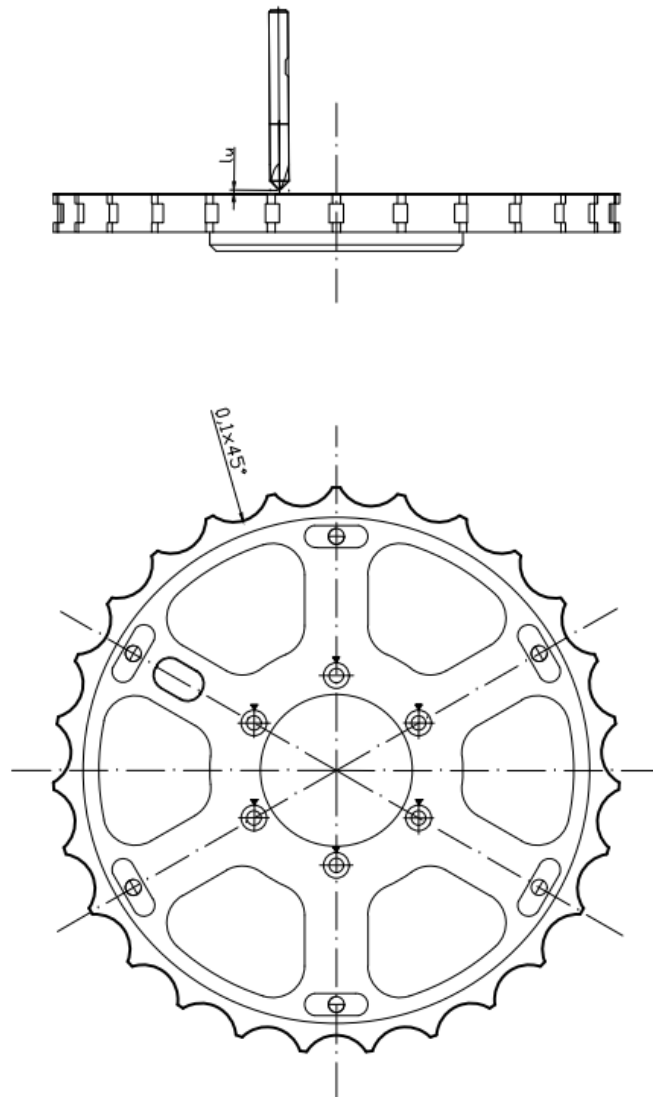
Držać: HSK 63-2/16-100

Prihvatač glodala: Elastična čahura

Glodalo: 208070 4

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,054 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,22 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 1500 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 88 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 1$
- stezanje B



Slika 5.70. Operacija 50-zahvat 18

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = \frac{22 \cdot \pi \cdot 111^\circ}{360^\circ} \cdot 27 + 2 \cdot 27 = 629 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 629 = 630 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{630 \cdot 1}{7000 \cdot 0,22} = 0,41 \text{ min} = 25 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,41 + 0,16 = 0,57 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,57 = 0,57 \text{ min}$$

Zahvat 19: Izraditi skošenje 0,1x45° na džepovima 131-136 i 141-146

Alat: Garant

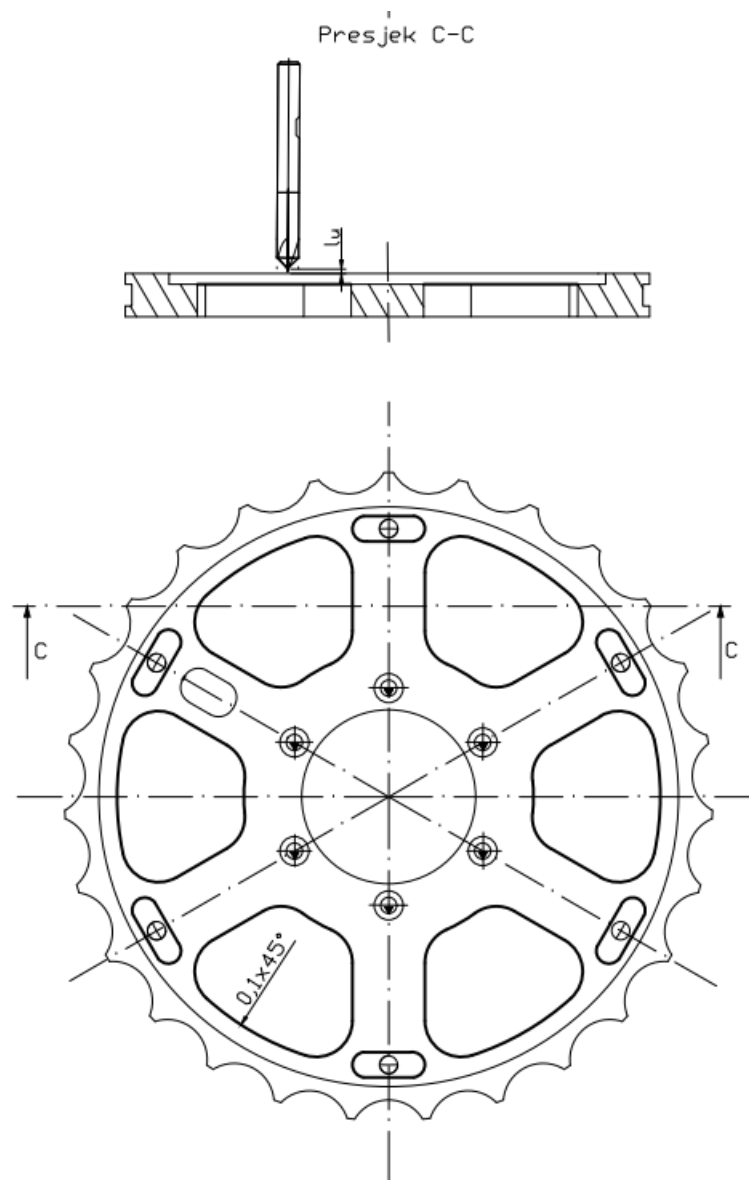
Držač: HSK 63-2/16-100

Prihvat glodala: Elastična čahura

Glodalo: 208070 4

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 4$
- posmak po zubu $FPT = 0,054 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 7000 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,22 \text{ mm/okr}$
- posmak stola $v_f = 1500 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 88 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 12$
- stezanje B



Slika 5.71. Operacija 50 - zahvat 19

Hod alata prepisan je iz Mastercam-a te iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l = 47,5 + 119 = 166,5 \text{ mm}$$

$$l_i = 0 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 166,5 + 0 = 167,5 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{167,5 \cdot 12}{7000 \cdot 0,22} = 1,297 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 1,297 + 0,16 = 1,457 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

$$t_i = t_r + t_s = 0 + 1,457 = 1,457 \text{ min}$$

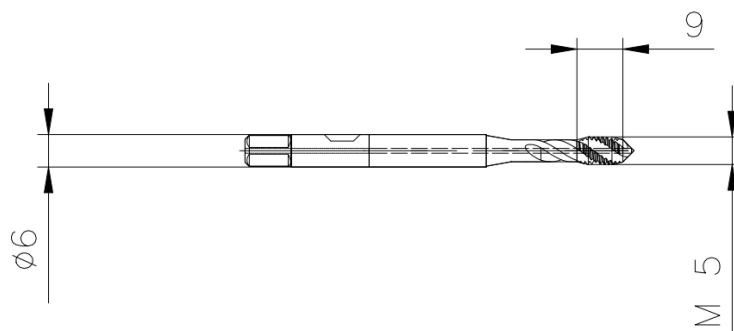
Zahvat 20: Urezati navoj M5 na provrtima 151-156

Alat: Yamava Japan

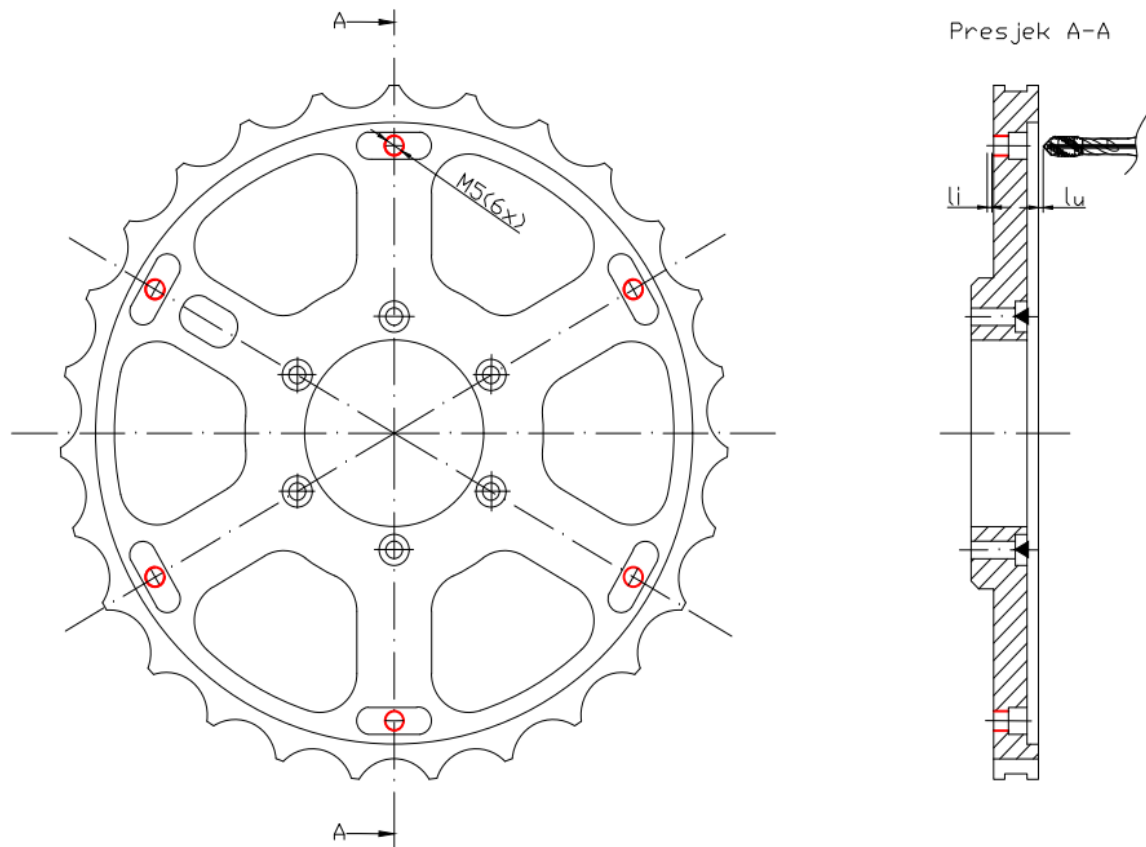
Držač: HSK 63-2/16-100

Prihvatač glodala: Elastična čahura

Ureznik: 3103101049



Slika 5.72. Ureznik M5



Slika 5.73. Operacija 50 - zahvat 20

Režimi obrade:

- broj zubi $z = 3$
- posmak po zubu $FPT = 0,3 \text{ mm/zub}$
- broj okretaja $n = 500 \text{ okr/min}$
- posmak po okretaju $s = 0,9 \text{ mm/okr}$
- posmična brzina $v_f = 450 \text{ mm/min}$
- brzina rezanja $v_c = 8 \text{ m/min}$
- smjer rotacije alata CW – u smjeru kazaljke na satu
- broj prolaza $i = 6$
- stezanje B

Hod alata iznosi:

$$l_u = 1 \text{ mm}$$

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

$$l_i = 1 \text{ mm}$$

$$L = l_u + l + l_i = 1 + 9 + 1 = 11 \text{ mm}$$

Strojno radno vrijeme iznosi:

$$t_{sr} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{11 \cdot 6}{500 \cdot 0,9} = 0,15 \text{ min} = 9 \text{ s}$$

Strojno pomoćno vrijeme iznosi:

Primicanje alata 0,08 min

Odmicanje alata 0,08 min

$$t_{sp} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ min}$$

Strojno vrijeme iznosi:

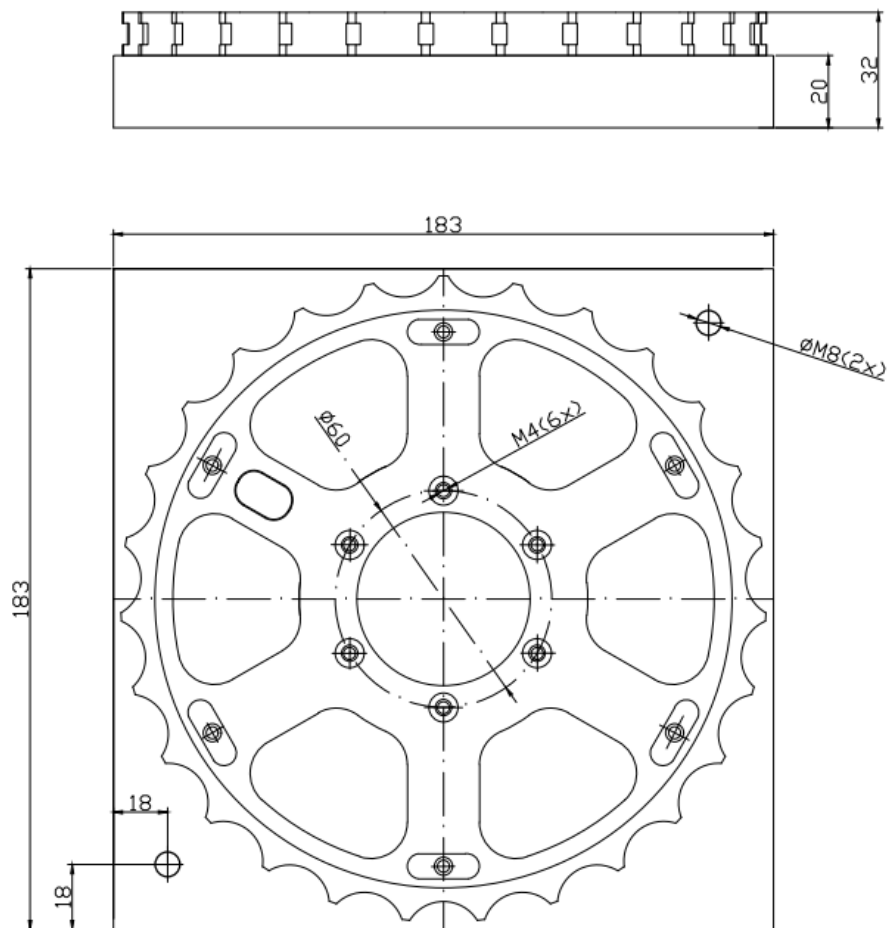
$$t_s = t_{sr} + t_{sp} = 0,15 + 0,16 = 0,31 \text{ min}$$

Vrijeme izrade iznosi:

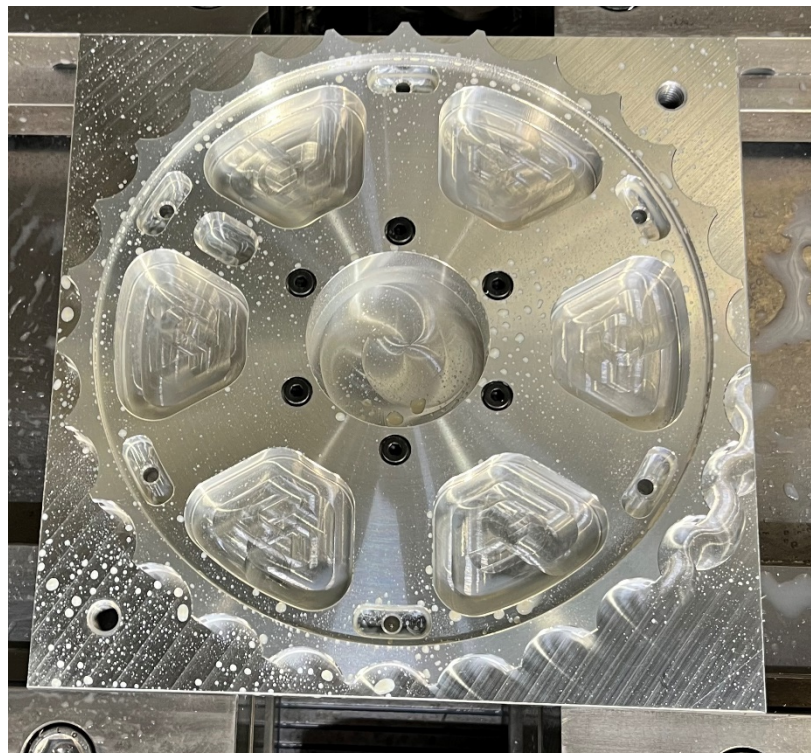
$$t_i = t_r + t_s = 0 + 0,31 = 0,31 \text{ min}$$

Zahvat 21: Skinuti i odložiti izradak

Nakon obrade potrebno je bilo skinuti izradak te ga očistiti od emulzije. Na slici 5.74. prikazana je skica izratka stegnutog u steznu napravu po završetku njegove obrade u operaciji 50. Stvarni prikaz stegnutog izratka po završetku operacije 50 prikazan je na slici 5.75.



Slika 5.74. Skica stegnutog izratka po završetku operacije 50



Slika 5.75. Stvarni prikaz stegnutog izratka po završetku operacije 50

Ukupno vrijeme radnika:

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

5.7.1. Ukupno vrijeme operacije 50

Vrijeme izrade operacije 50 iznosilo je:

$$t_{i50} = 3,15 + 1 + 0,26 + 0,79 + 0,28 + 5 + 1,66 + 7,68 + 2 + 0,59 + 0,527 + 1,46 + 0,72 + 0,76 + 0,19 + 0,48 + 0,627 + 0,57 + 1,457 + 0,31 + 1,5 = 31,011 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme iznosilo je:

$$t_{d50} = 0,12 \cdot t_{i50} = 0,12 \cdot 31,011 = 3,721 \text{ min}$$

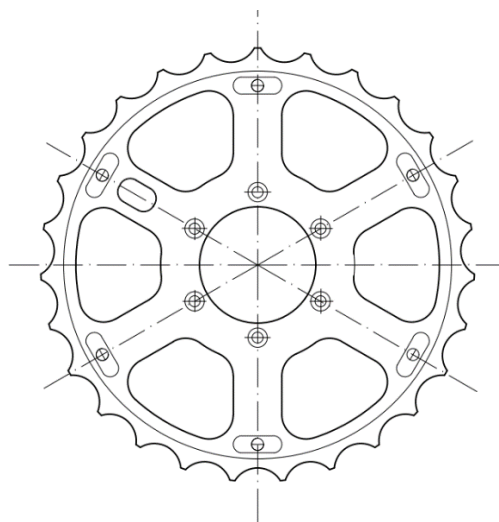
Vrijeme operacije 50 bilo je:

$$t_{050} = t_{i50} + t_{d50} = 31,011 + 3,721 = 34,732 \text{ min}$$

5.8. Operacija 60: Ručno skidanje srhova

Mjesto rada: Radni stol

Alat: Alat za skidanje srhova



Slika 5.76. Operacija 60-Ručno skidanje srhova

Skidanje srhova izvodilo se na vanjskoj konturi i na džepovima 131-136 kao što je prikazano na skici na slici 5.76.

Vrijeme izrade operacije 60:

$$t_{i60} = 10 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme iznosilo je:

$$t_{d60} = 0,12 \cdot t_{i60} = 0,12 \cdot 10 = 1,2 \text{ min}$$

Vrijeme operacije 60 bilo je:

$$t_{060} = t_{i60} + t_{d60} = 10 + 1,2 = 11,2 \text{ min}$$

5.9. Operacija 70: Završna kontrola

Stroj: Hexagon TIGO SF

Završna kontrola transportnog kola vršila se pomoću koordinatnog mjernog uređaja ili CMM-a (*engl. Computer Measuring Machine*) Hexagon TIGO SF (Slika 5.77.). Izvršena je provjera promjera $\emptyset 60$, $\emptyset 48$, $\emptyset 160$ i $\emptyset 189,5$ mm kao i kuteva 60° i $13,333^\circ$ te su rezultati kontrole prikazani u prilogu 4. Također su pomoću kontrolnika kontrolirane dvije mjere - 10H7 tolerancija džepa (Slika 5.78.) i M5 navoj (Slika 5.79.). Ukupno vrijeme trajanja operacije 70 iznosilo je 15 minuta.

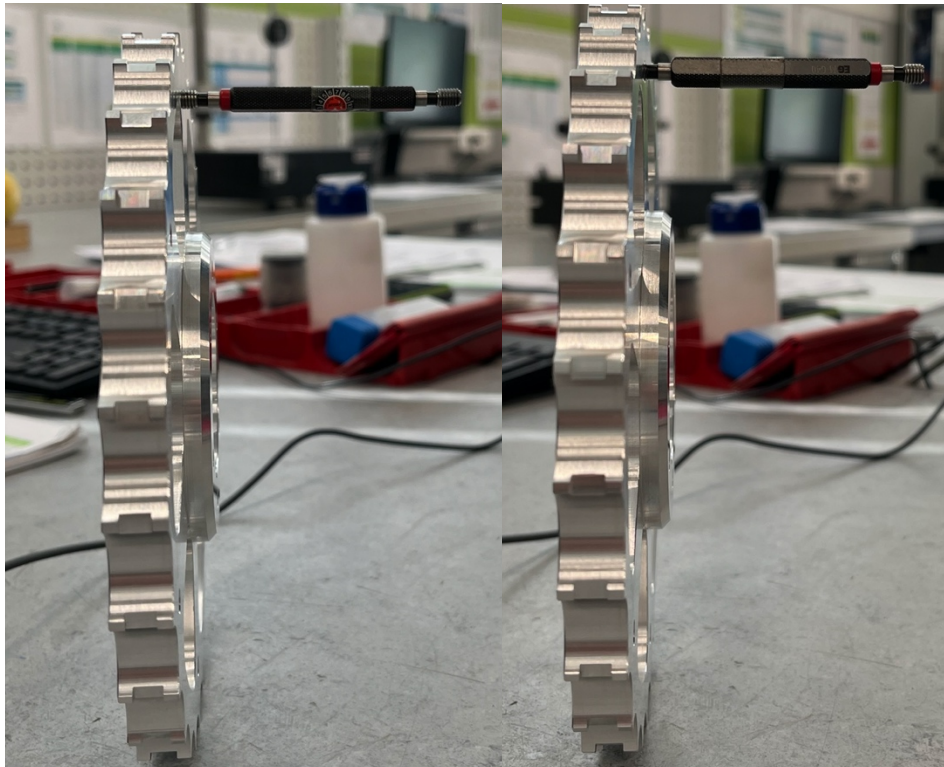
Transportno kolo zadovoljilo je provjere u završnoj kontroli te je time zaključen tehnološki proces izrade transportnog kola.



Slika 5.77. Završna kontrola transportnog kola (CMM)



Slika 5.78. Završna kontrola pomoću kontrolnika 10H7



Slika 5.79. Kontrola navoja M5 („Ide“ (D); „Ne ide“ (L))

5.9. Ukupno vrijeme izrade transportnog kola D179

Tablica 5.1. Vremena operacija tehnološkog procesa izrade transportnog kola D179

| Operacija | Vrijeme trajanja |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 10 | 2,28 min |
| 20 | 6,852 min |
| 30 | 16,06 min |
| 40 | 8,736 min |
| Priprema stezne naprave | 8,96 min |
| 50 | 34,732 min |
| 60 | 11,2 min |
| 70 | 15 min |
| UKUPNO | 103,58 min → 1 sat i 44 minute |

6. TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA

Tehnološkom dokumentacijom opisuje se cijeli tehnološki proces izrade dijela. Sadrži sve potrebne informacije o tehnološkom procesu koje onda omogućuju pripremu i odvijanje proizvodnje. Postoje određeni zahtjevi koji se odnose na tehnološke dokumente kao što su njihova:

- stručnost
- razumljivost
- preglednost
- ispravnost
- cjelovitost

Samo takva tehnološka dokumentacija može biti prikladna za sve sudionike tehnološkog procesa izrade dijela. Također vrlo važan zahtjev jest da tehnološka dokumentacija mora biti prikladna za elektroničku obradu informacija.

U praksi se, od svih oblika tehnološke dokumentacije, najviše koriste:

- popis operacija
- operacijski list
- popis alata
- popis strojeva
- konstrukcijski nacrti specijalnih alata

Operacijski list temeljni je dokument tehnološkog procesa kojim se definiraju svi elementi jedne operacije. Sadrži neophodne informacije za kvalitetno, sigurno i ekonomično izvršenje operacije koje će biti potrebne radniku koju tu operaciju izvodi. Nepotrebne informacije u operacijskom listu treba izbjegavati kako ne bi došlo do nesporazuma i poskupljenja pripreme proizvodnje. Ključno je da se operacijski listovi unutar jedne tvrtke standardiziraju kako bi se olakšala njihova izrada, ali i njihovo ispunjavanje i iščitavanje. Na taj način izbjegavaju se nepotrebne greške i povećava se preglednost i protočnost informacija. Operacijski listovi moraju biti formirani na način da brzo i jasno daju potrebne informacije radniku te se njihova distribucija vrši u smjeru tehnološka priprema proizvodnje → radnik, ali originalni primjerak čuva se u arhivi tehnološke pripreme proizvodnje.

Popis operacija sadrži popis svih operacija poredanih po redoslijedu njihovog odvijanja. Sadrži samo osnovne podatke o operacijama te o izratku kao što su:

- naziv operacije
- trajanje operacije
- naziv stroja na kojem se operacija izvodi
- tip stroja na kojem se operacija izvodi
- pripremno-raspremno vrijeme stroja

Popis alata sadrži popis svih alata i pribora sa njihovim osnovnim podacima. Grupirani su prema vrsti i operacijama. Tri glavne skupine alata su stezni alati, rezni alati i mjerni alati. Sve oznake alata unose se prema normama DIN ili HRN te prema kataloškim oznakama.

Popis strojeva sadrži popis svih strojeva na kojima se izvode operacije izrade dijela. Na popis se unose naziv i tip stroja te osnovni podaci za svaki od njih.

Popis operacija

Popis operacija nalazi se u prilogu 5.

Operacijski listovi

Operacijski listovi nalaze se u prilogu 6.

Popis alata

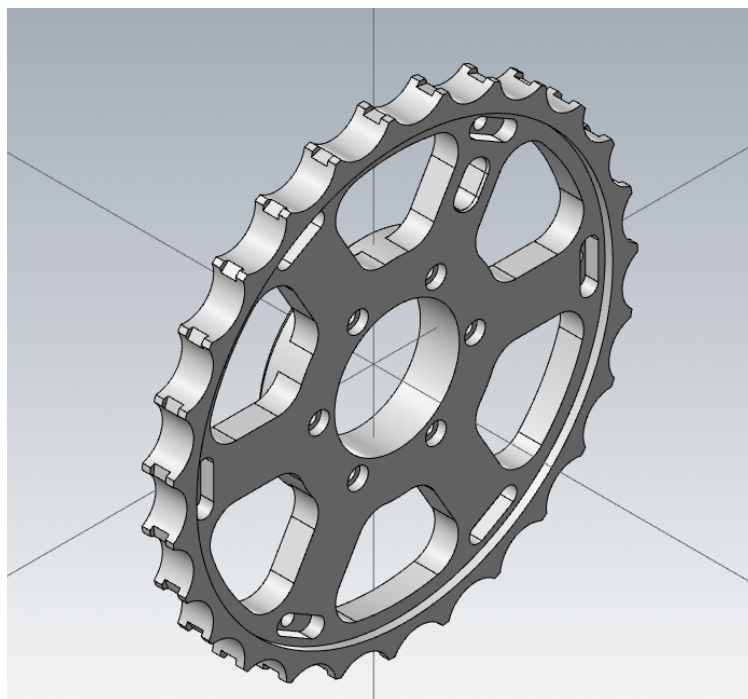
Popis alata nalazi se u prilogu 7.

Popis strojeva

Popis strojeva nalazi se u prilogu 8.

7. SIMULACIJA IZRADA TRANSPORTNOG KOLA D179 POMOĆU PAKETA MASTERCAM

Programski paket Mastercam omogućuje izradu simulacije obrade izratka te praćenje ključnih informacija tehnološkog procesa. Prije same izrade simulacije potrebno je stvoriti ili učitati 3D model previđenog izratka. Prva mogućnost je modeliranje 3D modela izratka unutar Mastercam-a koji će onda služiti kao baza za početak izrade simulacije obrade. Druga mogućnost je učitavanje gotovog 3D modela izratka izrađenog u drugim programima poput Solidworks-a, Catie, Inventora ili slično. Za izradu simulacije izrade transportnog kola D179 učitani je 3D model prethodno izrađen u Solidworks-u kao što je prikazano na slici 7.1.



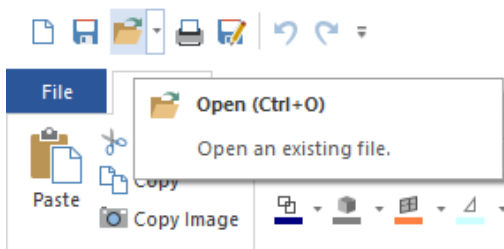
Slika 7.1. 3D model transportnog kola D179

7.1. Simulacija tokarenja transportnog kola D179

7.1.1. Definiranje koordinatnog sustava

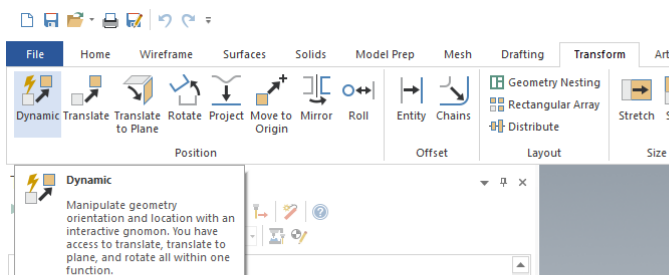
Programski paket Mastercam omogućuje izradu simulacije obrade izratka te praćenje ključnih informacija tehnološkog procesa. Prije same izrade simulacije potrebno je stvoriti ili učitati 3D model previđenog izratka. Prva mogućnost je modeliranje 3D modela izratka unutar Mastercam-a koji će onda služiti kao baza za početak izrade simulacije obrade. Druga mogućnost je učitavanje gotovog 3D modela izratka izrađenog u drugim programima poput Solidworks-a, Catie, Inventora

ili slično. Za izradu simulacije izrade transportnog kola D179 učitani je 3D model prethodno izrađen u Solidworks-u kao što je prikazano na slici 7.2.



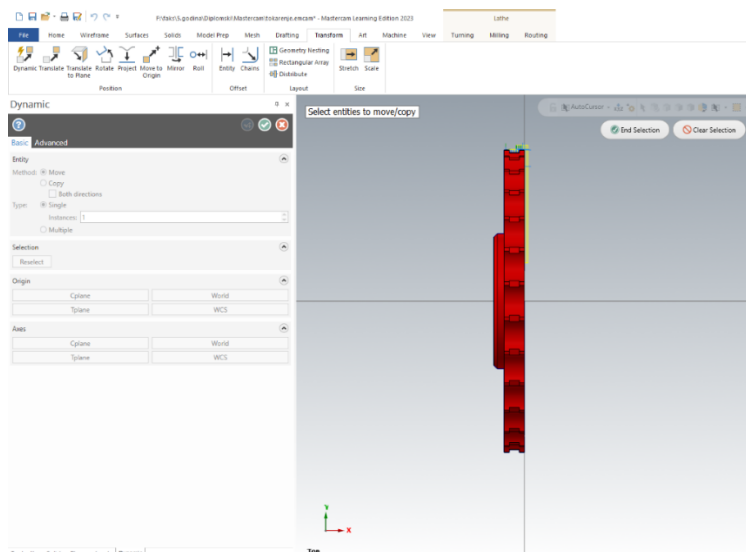
Slika 7.2. Učitavanje CAD modela u Mastercam

Nakon učitavanja 3D modela potrebno je definirati koordinatni sustav. Kako bi ga definirali u alatnoj traci odabire se kartica **Transform**, a zatim opcija **Dynamic**



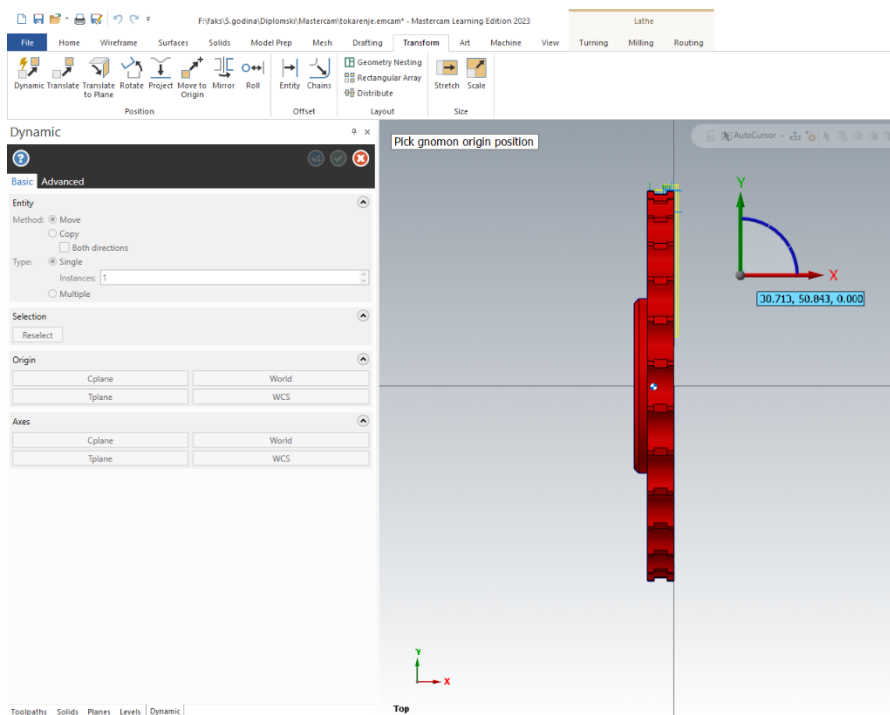
Slika 7.3. Definiranje koordinatnog sustava (transform → dynamic)

Sljedeći korak bio je odabrati model na koji će se koordinatni sustav primjeniti. Odabir se vrši na način da se označi željeni model te potvrdi pomoću opcije **End selection**→**Yes** kako je prikazano na slici 7.4.



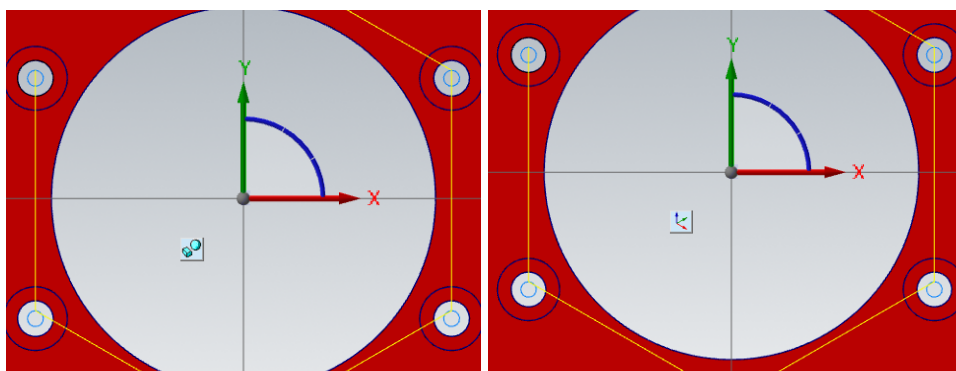
Slika 7.4. Odabir modela za definiranje koordinatnog sustava

Kada se odabere model potrebno je kursorom odrediti pravilan položaj koordinatnih osi pozicionirajući gnomon što bliže željenom ishodištu koordinatnog sustava (Slika 7.5.).



Slika 7.5. Pozicioniranje gnomona

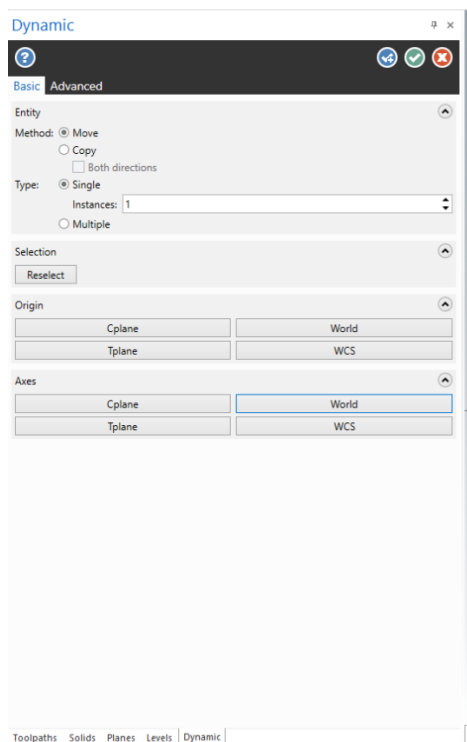
Nakon pozicioniranja gnomona potrebno je kliknuti na ikonicu kojom se određuje transformira li se gnomon ili model (Slika 7.6.)



Slika 7.6. Promjena ikonicice za transformaciju gnomona ili modela

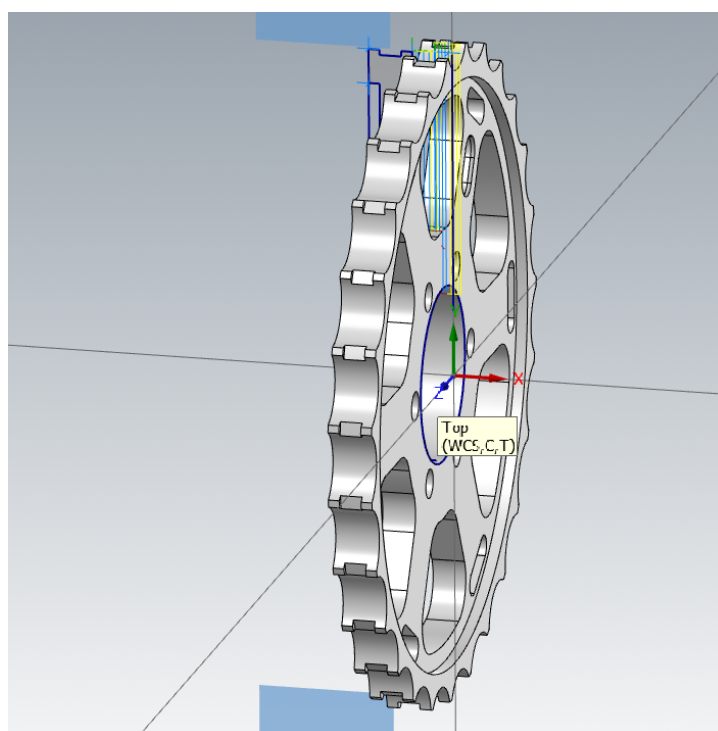
Potrebno je aktivirati ikonicu na način prikazan na desnoj strani slike 7.6. Nakon određivanja da se transformacija odnosi na gnomon moguće je manipulirati i premještati osi. Po završetku potrebno je ikonicu ponovno pritisnuti kako bi se deaktivirala transformacija gnomona (prikazano na lijevoj strani slike 7.6.) te u Dynamic prozoru pod **Axes** i **Origin** pritisnuti opciju **World** i

World kako bi se model transformirao u ishodište globalnog koordinatnog sustava kao što je prikazano na slici 7.7. Nakon toga koordinatni sustav je definiran.



Slika 7.7. Konačno definiranje koordinatnog sustava

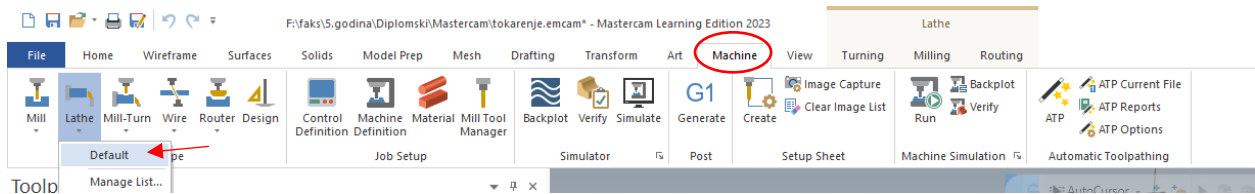
Na slici 7.8. prikazan je definirani koordinatni sustav za operaciju glodanja i bušenja.



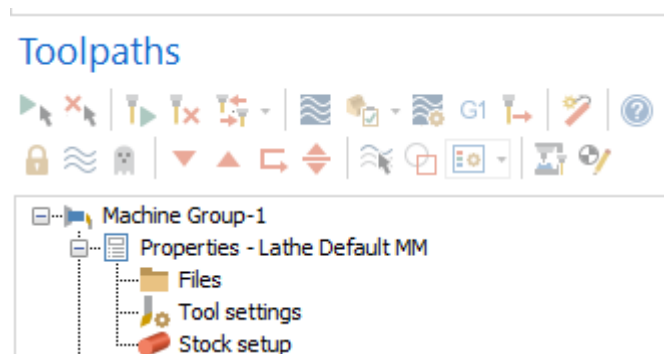
Slika 7.8. Koordinatni sustav transportnog kola D179

7.1.2. Definiranje postprocesora

Obzirom da se NC kod za obradu tokarenjem nije generirao iz Mastercam-a, kao što je slučaj s glodanjem, simulacija obrade vrši se na **Default** postprocesoru (Slika 7.9. i slika 7.10). Za njegovo definiranje potrebno je bilo pod karticu **Machine** odabrati opciju **Lathe**.



Slika 7.9. Definiranje postprocesora

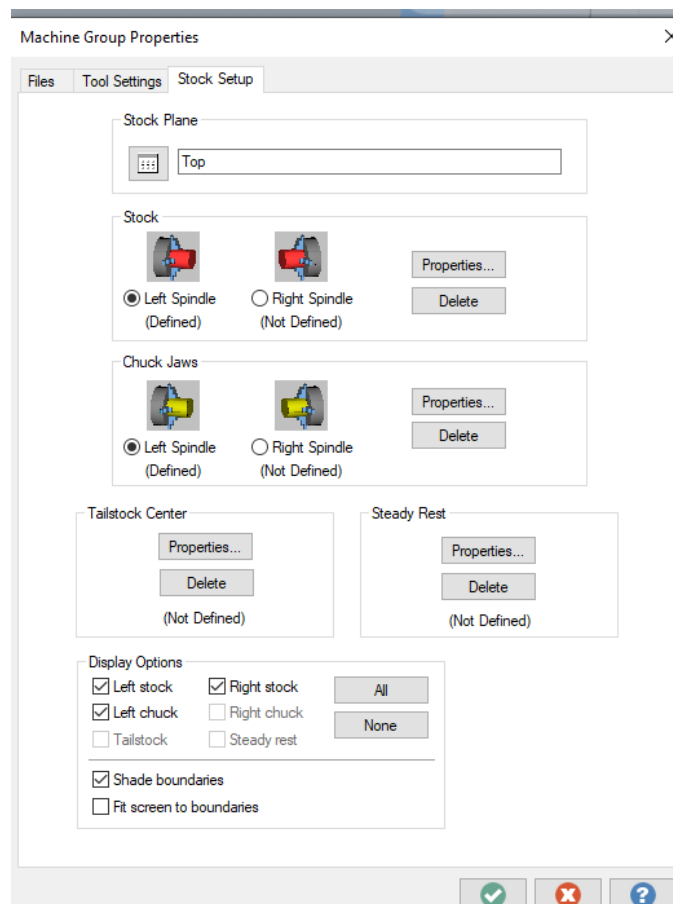


Slika 7.10. Definirani postprocesor

Nakon definiranja postprocesora otvara se menadžer **Toolpaths** u kojem će se tijekom izrade simulacije prikazivati operacije po redoslijedu njihovog izvođenja. Između ostalog nalazi se i definicija stroja koja onda nudi opciju definiranja sirovca što je bio sljedeći korak (Slika 7.10.)

7.1.3. Definiranje sirovca

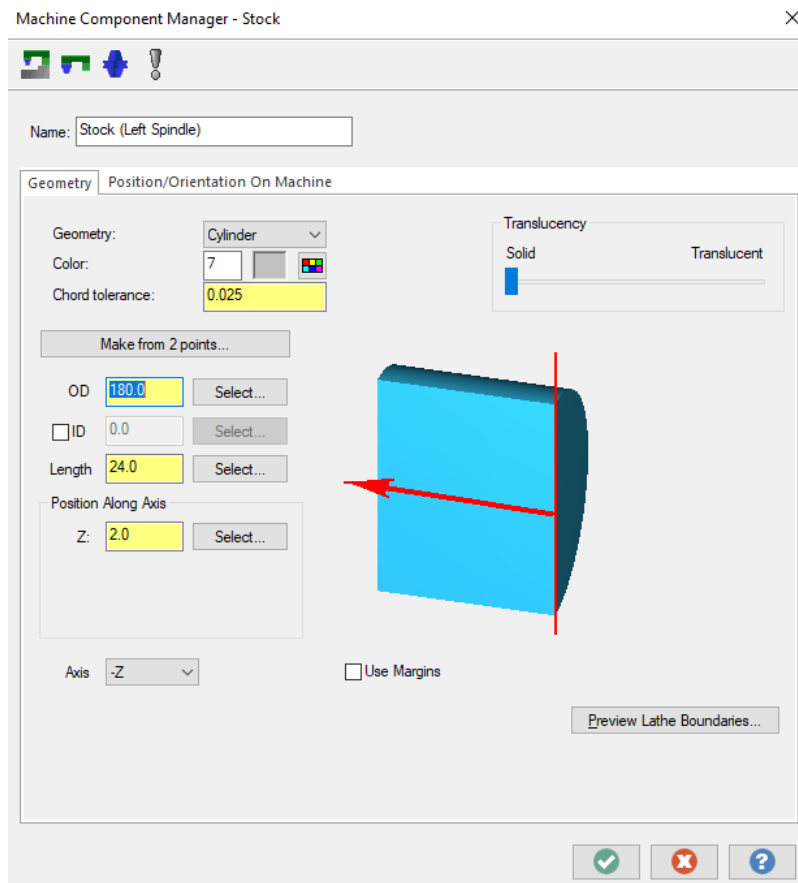
U stablu prikazanom u menadžeru **Toolpaths** nalazi se kartica **Stock setup** kao što je prikazano na slici 7.10. unutar koje se definira sirovac. Klikom na karticu otvara se prozor prikazan na slici 7.11. unutar kojeg se definiraju sve potrebne informacije za potpunu definiciju sirovca. Iz slike 7.11. vidljivo je kako je za operacije tokarenjem potrebno definirati sirovac (*engl. Stock*) i stezne čeljusti (*engl. Chuck Jaws*). Pod **Stock** se odabire **Left Spindle** te se dalje definira sirovac klikom na karticu **Properties**.



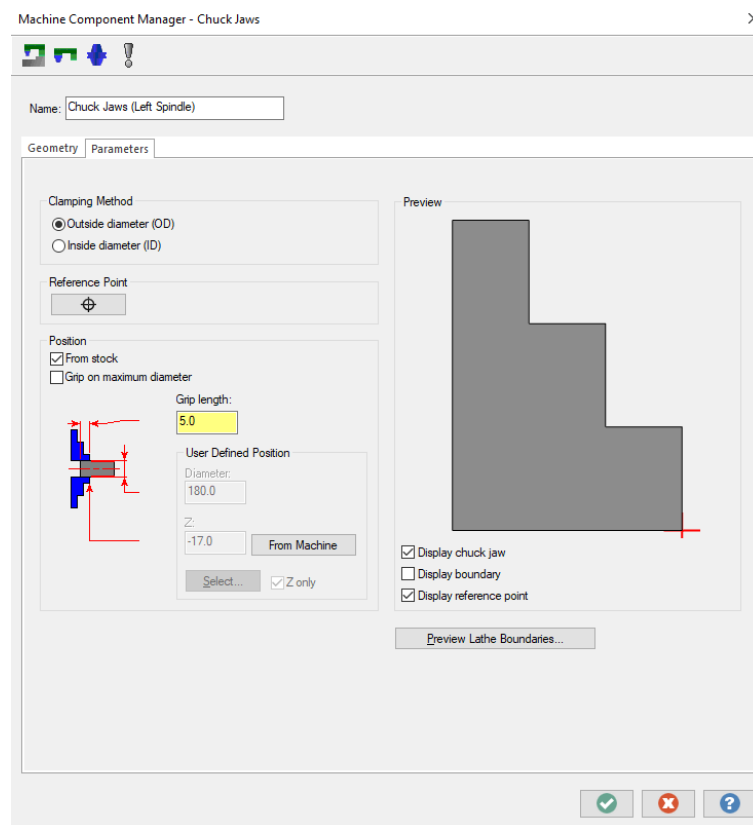
Slika 7.11. Definiranje sirovca

Ulaskom u karticu Properties otvara se prozor na slici 7.12. unutar kojeg se definira promjer i dužina sirovca. Sirovac za obradu tokarenjem imao je promjer $\varnothing 180$ mm koji se definira pod **OD** (engl. *Outer Diameter*) te dužinu 24 mm koja se definira pod **Length**.

Nakon definiranja sirovca potrebno je bilo definirati stezne čeljusti klikom na opciju **Properties** pod **Chuck Jaws**. Odabrane stezne čeljusti definirane su kao **Left Spindle**. Potom je potrebno bilo pod karticom **Parameters** definirati dubinu na kojoj stezne čeljusti stegnu sirovac. Zato se pod **Position** odabire **From stock** te se pod **Grip Length** upisuje 5 mm što je značilo da su stezne čeljusti stegnule sirovac 5 mm od njegovog početka (Slika 7.13.).



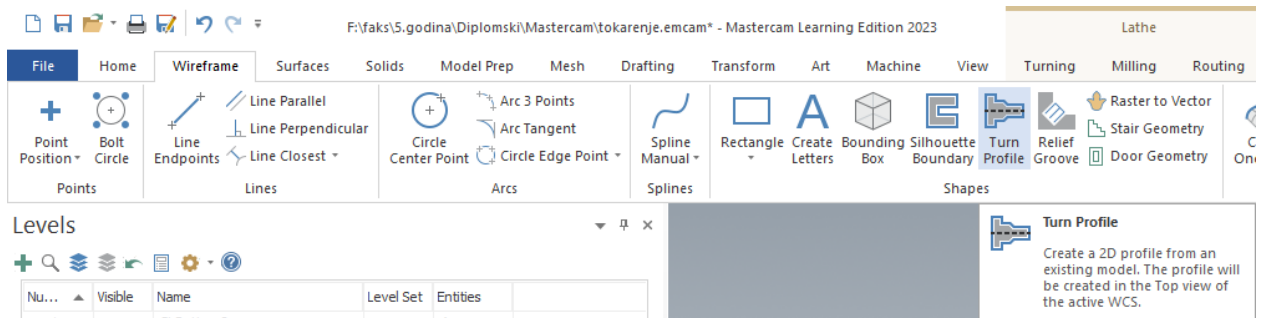
Slika 7.12. Definiranje sirovca



Slika 7.13. Definiranje steznih čeljusti

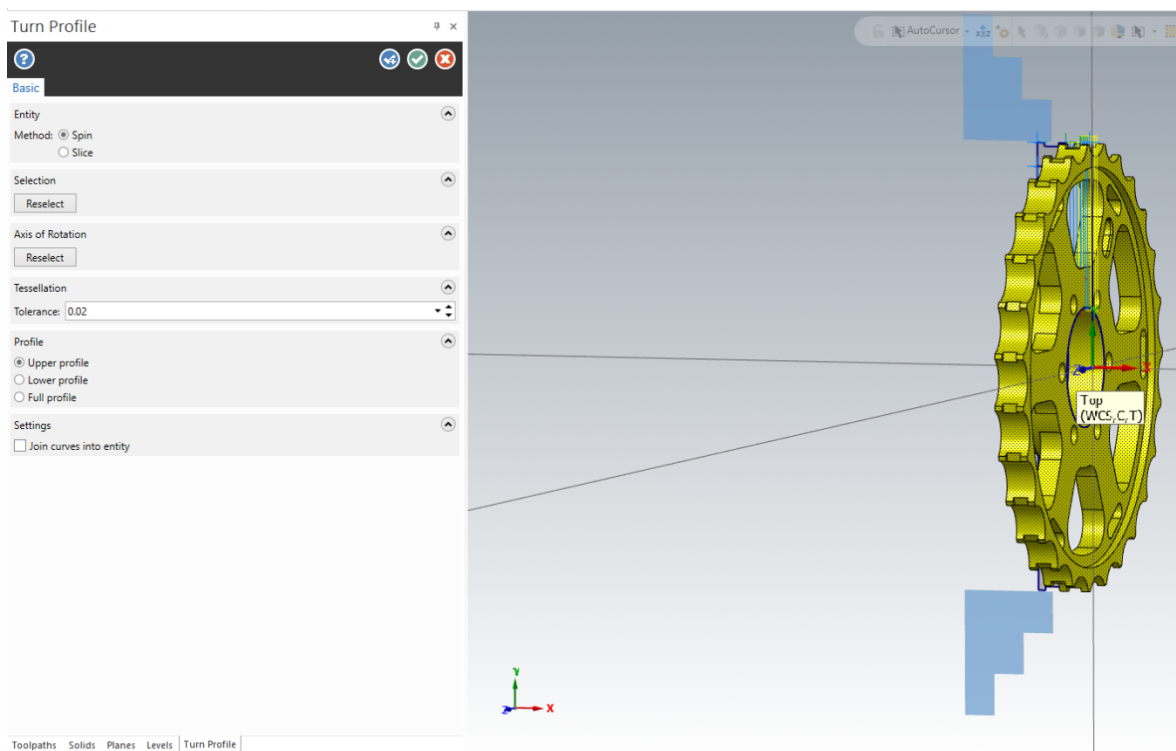
7.1.4. Definiranje konture

Kako bi se stvorile linije po kojima će se definirati putanja alata tijekom tokarenja potrebno je od 3D modela stvoriti 2D profil. Pod karticom **Wireframe** odabire se opcija **Turn Profile** (Slika 7.14.).



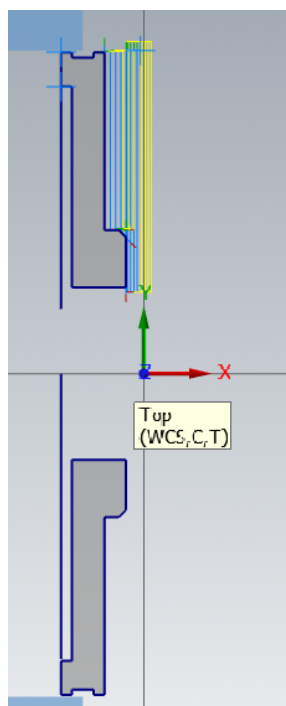
Slika 7.14. Definiranje konture

Nakon odabira 3D modela potrebno je definirati način stvaranja 2D profila u prozoru **Turn Profile** pod opcijom **Entity**. Mastercam pruža dvije metode za stvaranje profila – **Spin** i **Slice**. Obzirom da se radi o rotaciono simetričnom komadu koji ima jednak profil s obje strane simetrale odabire se metoda **Spin** (Slika 7.15.).



Slika 7.15. Stvaranje 2D profila

Stvoreni 2D profil prikazan je na slici 7.16.

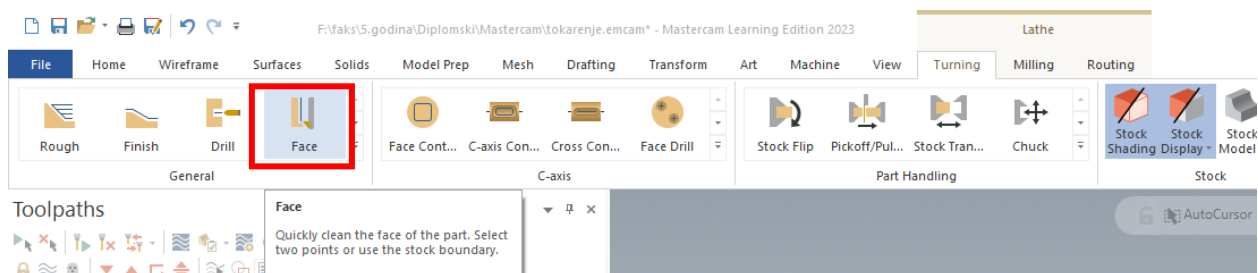


Slika 7.16. Stvoreni 2D profil

7.1.5. Operacija 10: Poravnanje čela na mjeru 23 mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 10 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** i obrada **Face** kako bi se čeono tokarilo sirovac (Slika 7.17.).



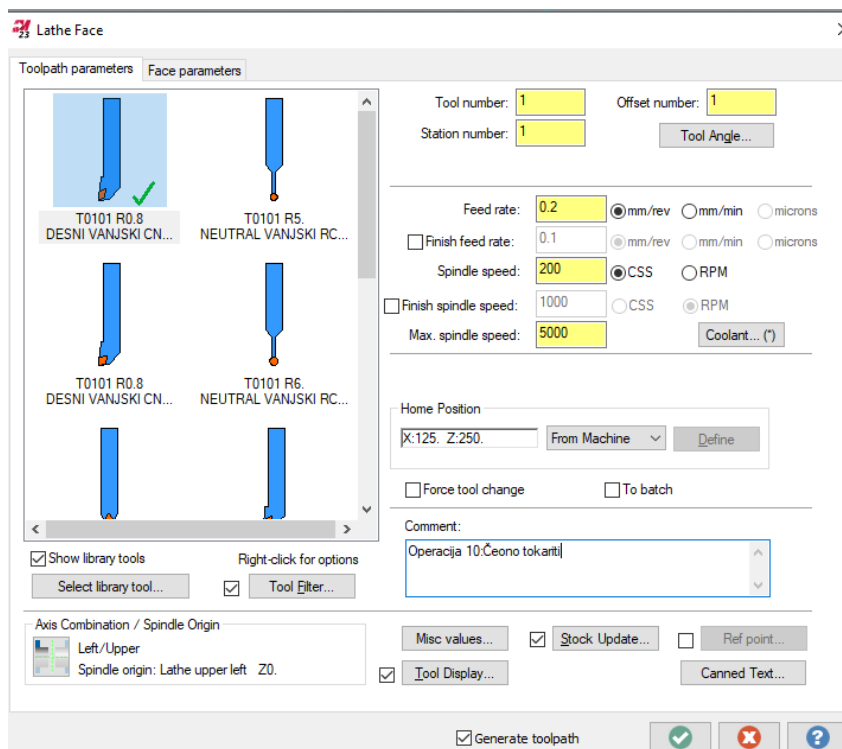
Slika 7.17. Vrsta obrade (OP10)

Definiranje geometrije

Geometriju nije bilo potrebno definirati jer se radilo o čeonom tokarenju pa tako Mastercam sam prepoznaje putanju alata. Međutim kod definiranja putanje alata, obzirom da se tokarilo samo dio čeone površine sirovca, definirale su se početna i krajnja točka putanje alata.

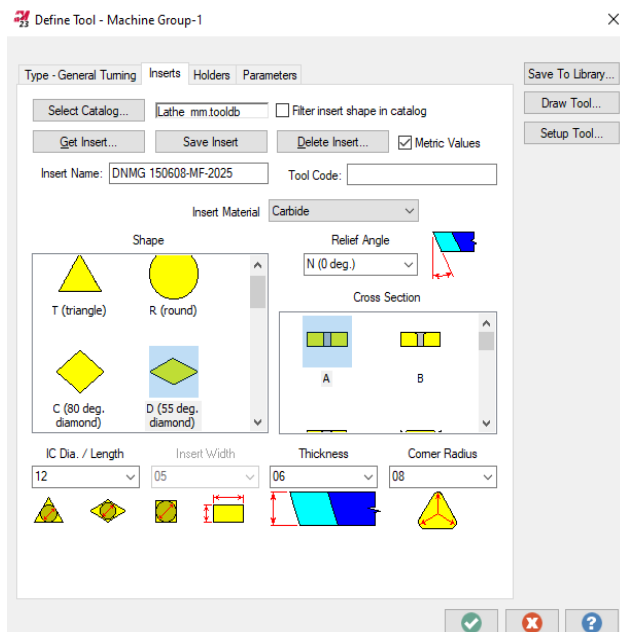
Definiranje alata i režima rada

Nakon definiranja vrste obrade potrebno je bilo definirati alat i režime rada (Slika 7.18.).

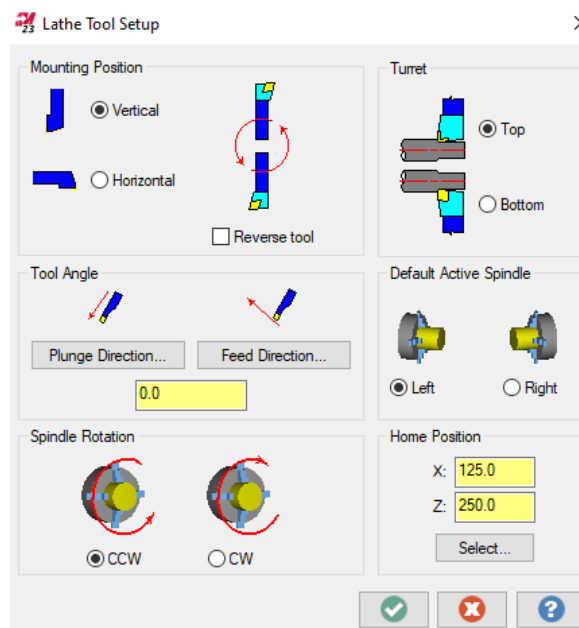


Slika 7.18. Definiranje alata i režima rada(OP10)

Iz slike 7.18. vidljivo je kako je odabrani alat desni vanjski CNMG tokarski nož. Njegova daljnja geometrija definirala se desnim klikom te odabirom opcije **Edit Tools**. Potrebno je bilo definirati pločicu te držač alata kako bi simulacija obrade odgovarala stvarnoj obradi tokarenja (Slika 7.19.).



Slika 7.19. Definiranje pločice (OP10)



Slika 7.20. Definiranje držača (OP10)

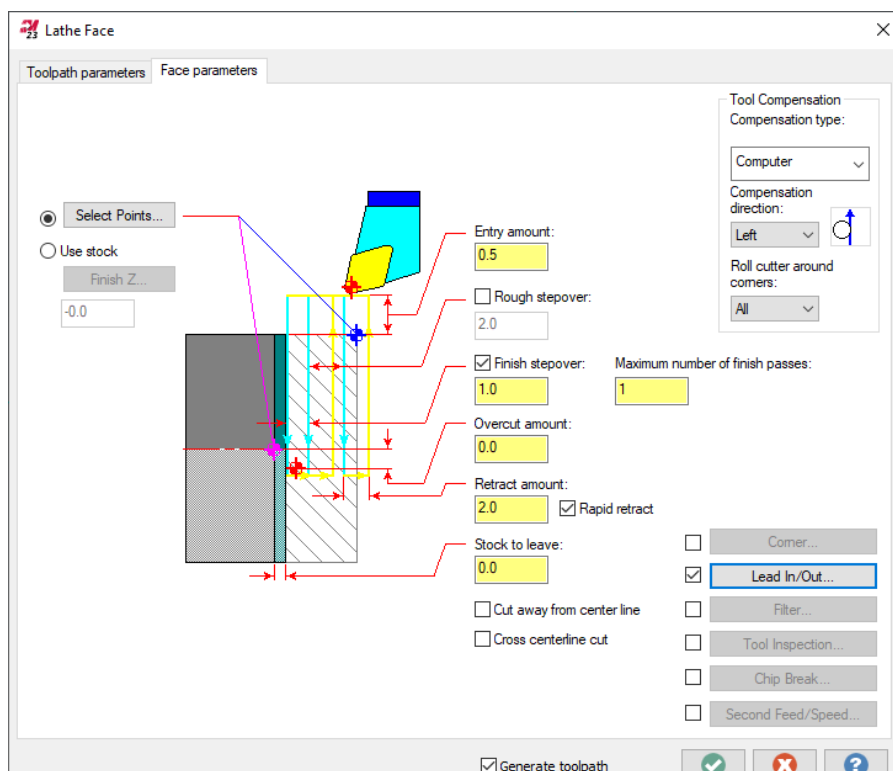
Nakon definiranja alata u potpunosti, definirali su se režimi rada kao na slici 7.18 i to:

- posmak (*engl. Feed Rate*): 0,2 mm/okr
- brzina vrtnje (*engl. Spindle Speed*): 200 okr⁻¹
- maksimalna brzina vrtnje (*engl. Max. spindle speed*): 5000 okr⁻¹

Maksimalna brzina vrtnje ostaje nepromjenjena za sve daljnje operacije.

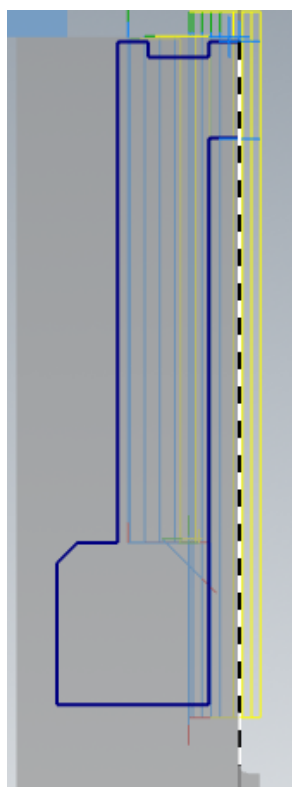
Definiranje putanje alata

Pod karticom **Face parameters** definirala se putanja alata (Slika 7.21). Pod **Entry Amount** upisuje se duljina ulaza alata koja je iznosila 0,5 mm. Obzirom da je dužina sirovca iznosila 24 mm, a potrebno je bilo sirovac obraditi na mjeru 23 mm, dubina rezanja iznosila je 1 mm te se upisala pod **Finish stepover**. Dubina rezanja od 1 mm ostvarit će se u jednom prolazu te se 1 prolaz upisuje pod opciju **Maximum number of finish passes**.



Slika 7.21. Definiranje putanje alata (OP10)

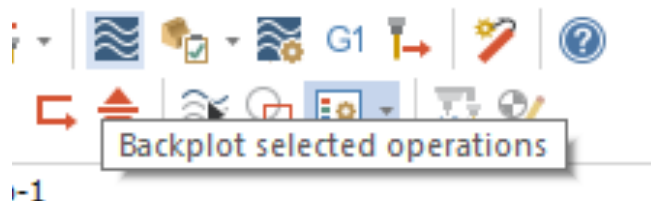
Putanja alata ograničila se na određeni dio čeone površine i to od promjera $\varnothing 180$ mm do promjera $\varnothing 37$ mm (Slika 7.22.) klikom na opciju **Select Points**.



Slika 7.22. Definiranje putanje alata (OP10)

Vrijeme obrade

Na slici 7.23. prikazana je opcija koja nudi mogućnost praćenja vremena obrade pod nazivom **Backplot selected operations**.



Slika 7.23. Backplot selected operations

Klikom na **Backplot selected operations** dobiveno je vrijeme operacije 10 koje je iznosilo 42,13 sekunde (Slika 7.24.).

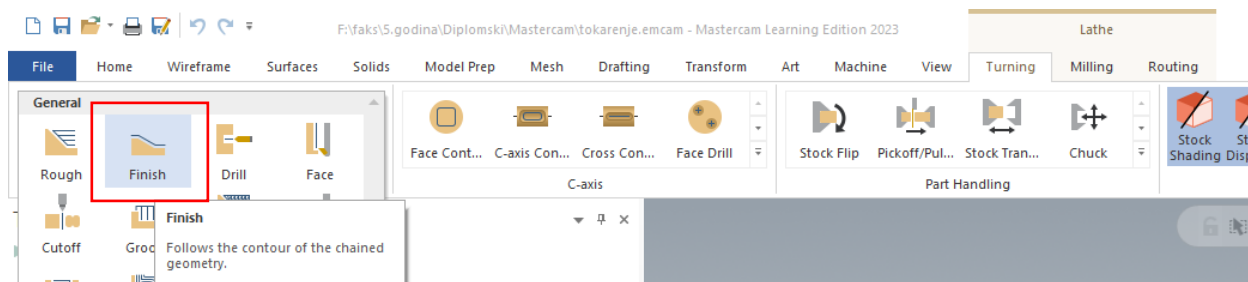
| Details | | Information | |
|--|---|-------------|-----------|
| | | Cycle Time | |
| Feed | | | 40.54s |
| Rapid | | | 0.58s |
| Total | | | 42.13s |
| | | Path Length | |
| Feed | | | 81.3 |
| Rapid | | | 519.81468 |
| Minimum/ Maximum (Tool Plane coordinates) | X | 17.2 | 9 |
| | Z | -0. | |
| Minimum/ Maximum Feedrate | | 0. | 3 |
| | | | |

Slika 7.24. Vrijeme operacije 10

7.1.6. Operacija 20: Uzdužno vanjsko tokarenje promjera $\varnothing 179,3$ mm

Definiranje vrste obrade

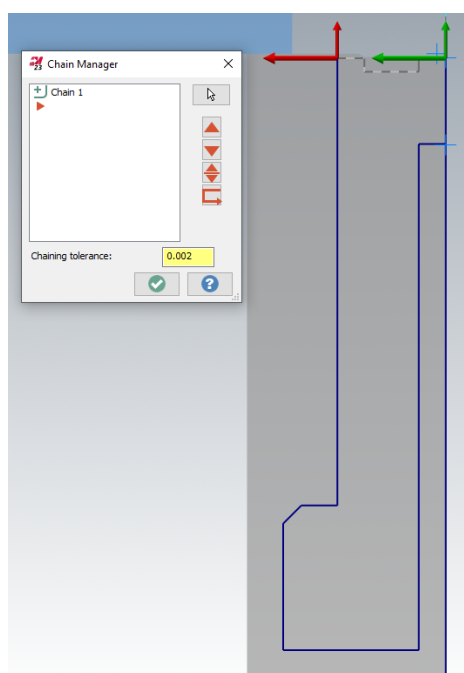
Za operaciju 20 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish** kako bi se uzdužno tokarilo sirovac (Slika 7.25.).



Slika 7.25. Vrsta obrade (OP20)

Definiranje geometrije

Definirana geometrija prikazana je na slici 7.26.



Slika 7.26. Odabir geometrije (OP20)

Definiranje alata i režima rada

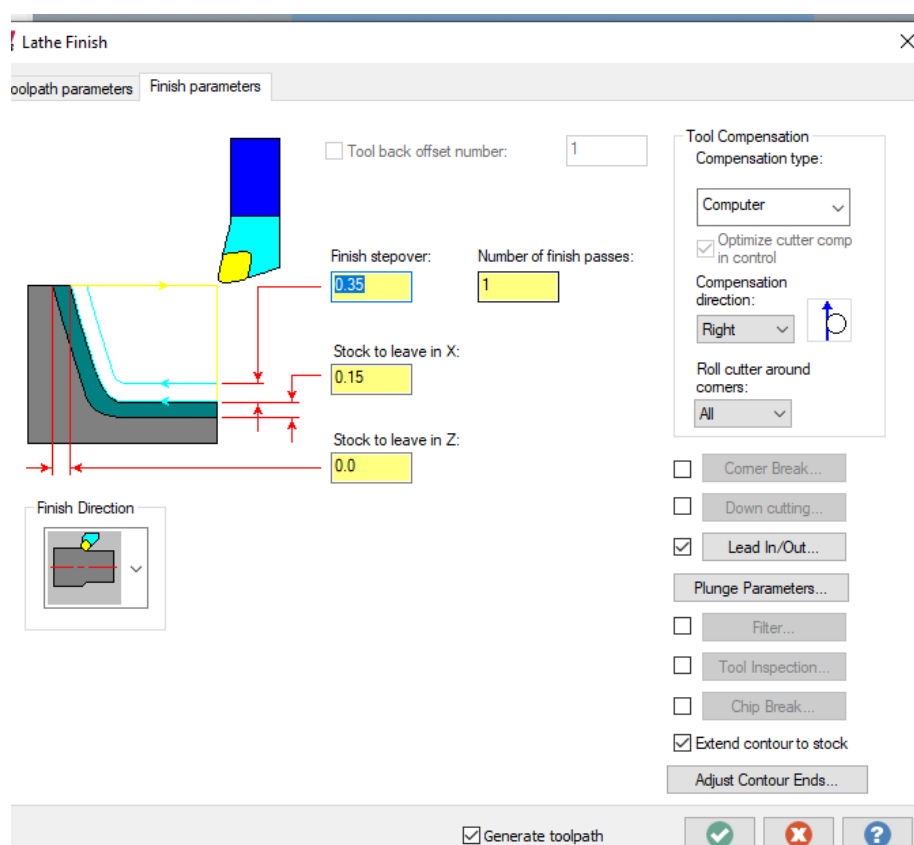
Odabrani alat isti je kao za operaciju 10 – T0101 R0,8 desni vanjski CNMG. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,2 mm/okr

- brzina vrtnje: 250 okr⁻¹

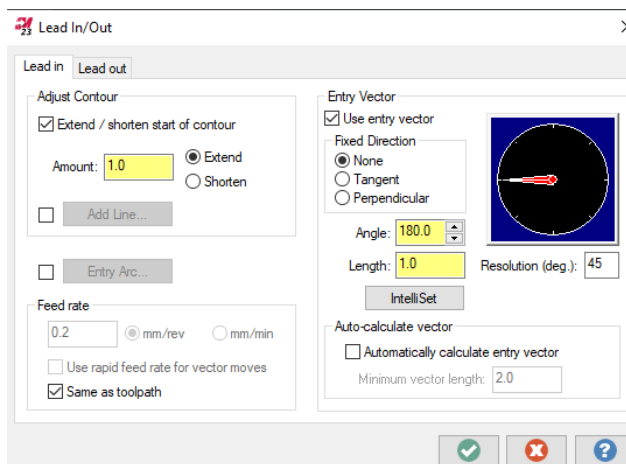
Definiranje putanje alata

Pod karticom **Finish parameters** definirala se putanja alata (Slika 7.27). Pod **Finish stepover** upisala se dubina rezanja koja je iznosila 0,35 mm. Dubina rezanja od 0,35 mm ostvarit će se u jednom prolazu te se 1 prolaz upisuje pod opciju **Number of finish passes**. Dodatak za obradu iznosio je 0,15 mm po X-osi te se upisao pod **Stock to leave in X**. Obzirom da je putanja alata bila skraćena u odnosu na definiranu geometriju, potrebno je bilo pod karticom **Lead In/Out** definirati ulaz i izlaz alata (Slika 7.28. i 7.29.).

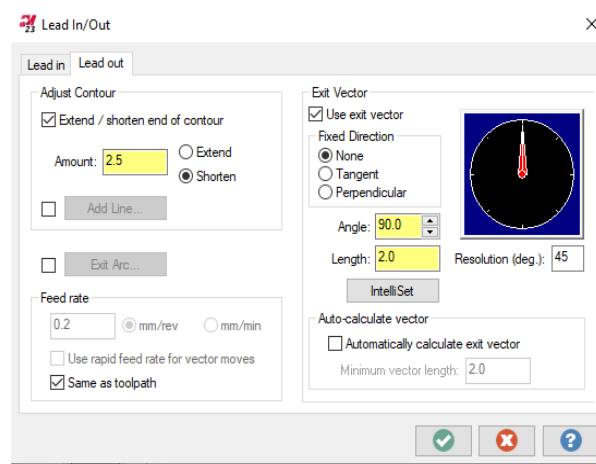


Slika 7.27. Definiranje putanje alata (OP20)

Putanja alata na njegovom ulazu produžila se za 1 mm pod opcijom **Extend/Shorten start of contour**. Obzirom da je putanja alata kraća od same definirane geometrije, izlaz alata skratio se za 2,5 mm pod opcijom **Extend/Shorten end of contour** što je značilo da će 2,5 mm prije kraja označene konture alat završiti svoju putanju.



Slika 7.28. Definiranje ulaza alata (OP20)



Slika 7.29. Definiranje izlaza alata (OP20)

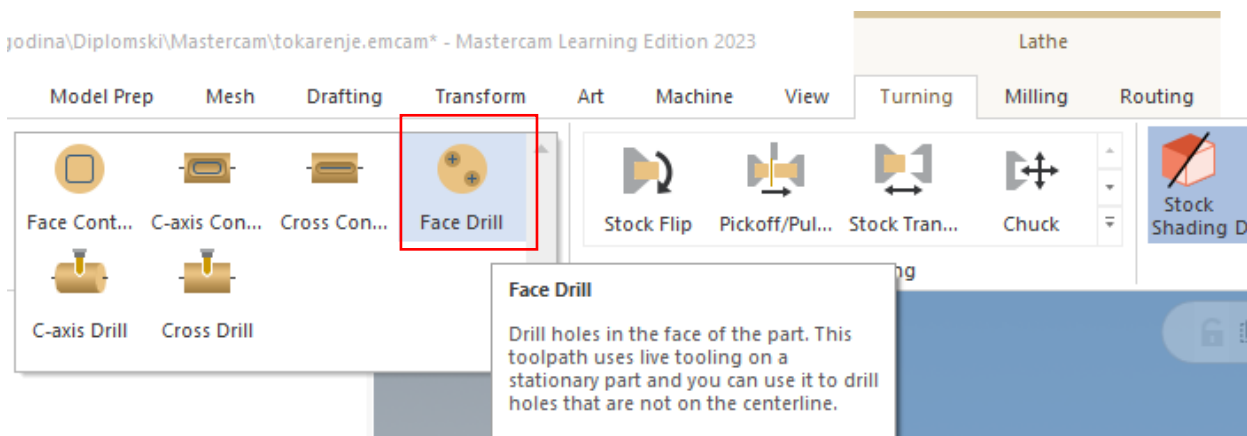
Vrijeme obrade

Vrijeme obrade provjerilo se na način prikazan na slikama 7.23. i 7.24 te je iznosilo 11 sekundi.

7.1.7. Operacija 30: Bušenje provrta 101 (Ø37 mm)

Definiranje vrste obrade

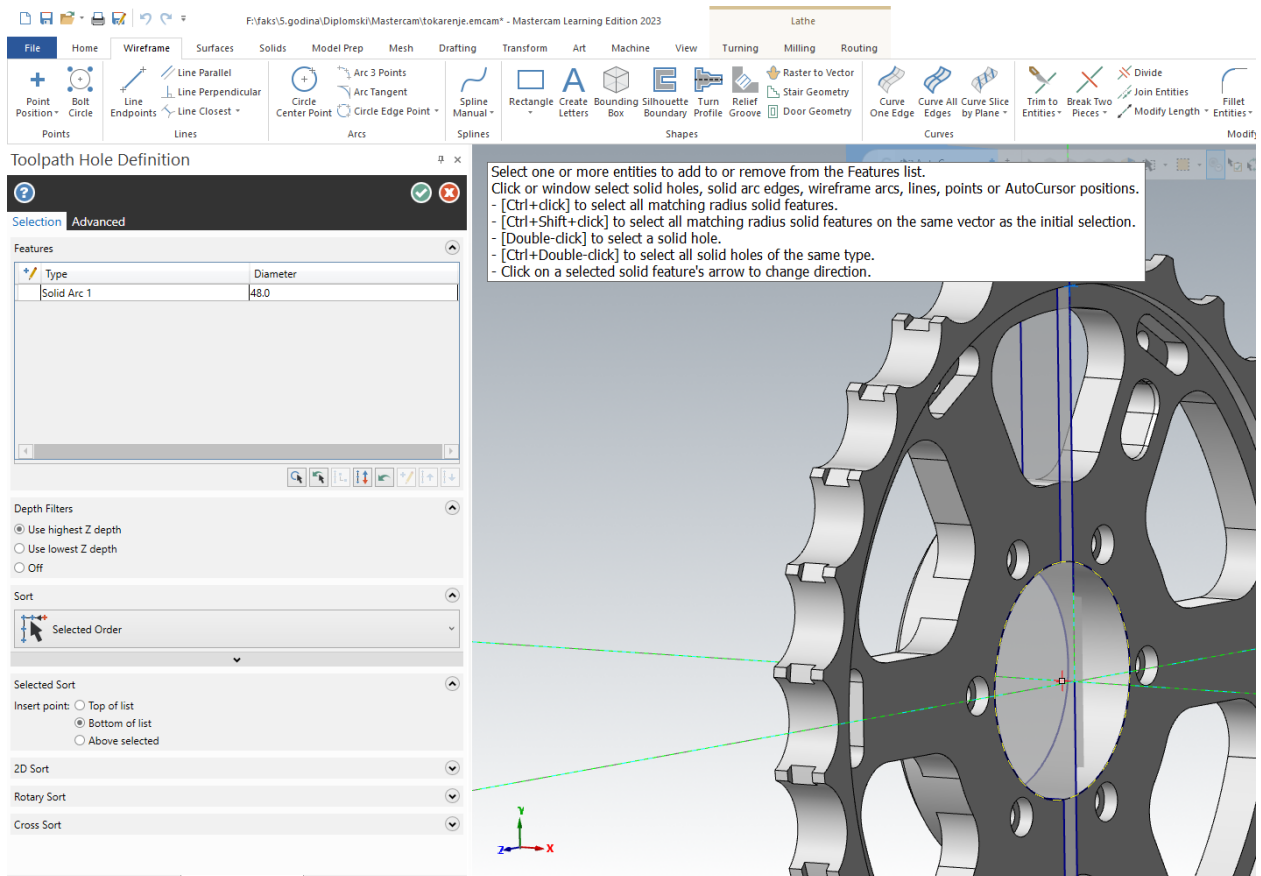
Za operaciju 30 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **C-axis** obrada **Face Drill** kako bi se bušio provrt Ø37 mm (Slika 7.30.).



Slika 7.30. Vrsta obrade (OP30)

Definiranje geometrije

Kako bi se dobila kontura koja će se označiti kao geometrija prema kojoj će se vršiti bušenje, potrebno ju je bilo stvoriti klikom na karticu **Wireframe** i opciju **Curve All Edges**. Stvorena kontura i definirana geometrija prikazana je na slici 7.31.

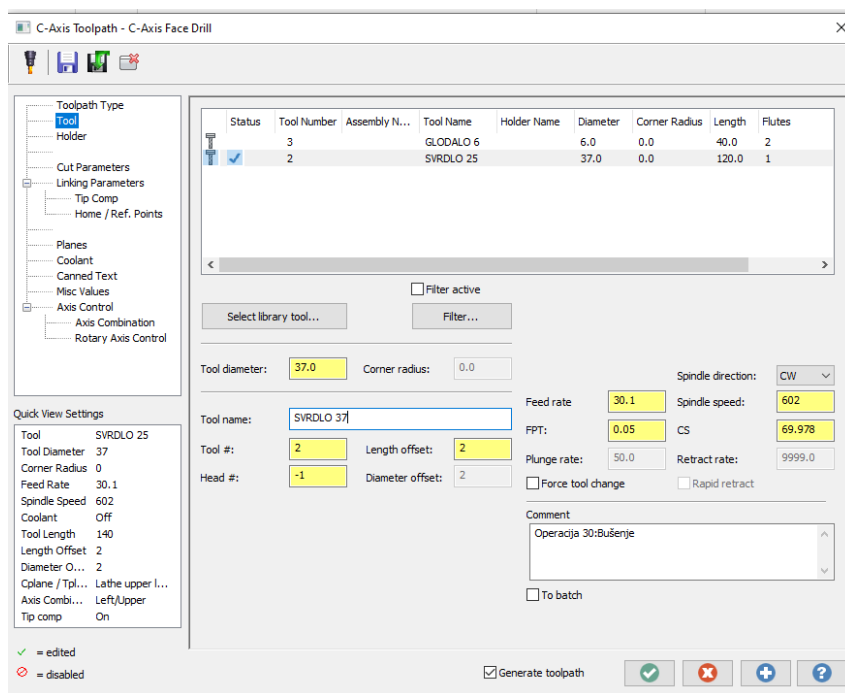


Slika 7.31. Odabir geometrije (OP30)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat i režimi rada prikazani su na slici 7.32. Obzirom da u ponuđenim alatima nije bilo svrdla $\varnothing 37$ mm, odabrano je svrdlo $\varnothing 25$ mm te mu je promjer promijenjen u $\varnothing 37$ mm. Režimi rada iznosili su:

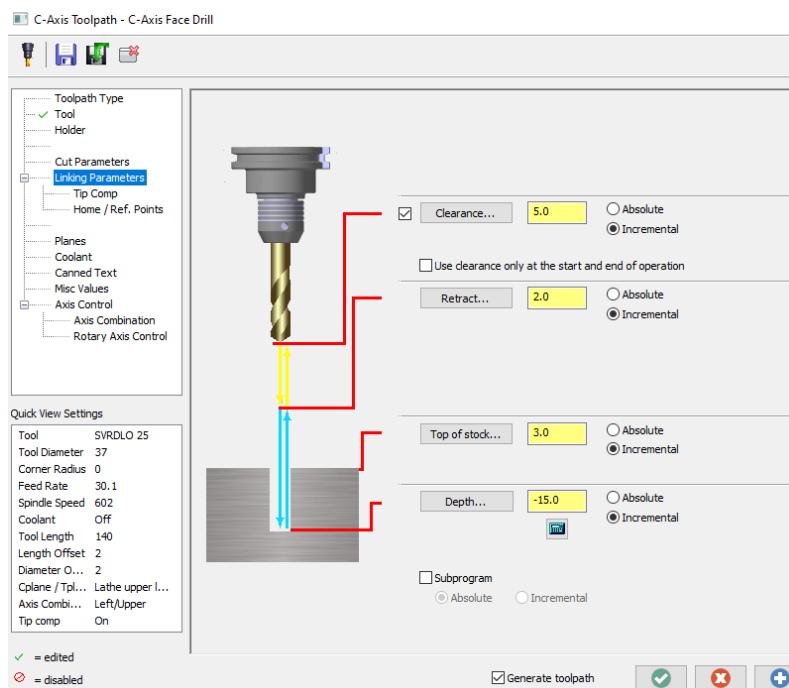
- posmak po zubu (**FPT**): 0,05 mm/zub
- posmična brzina (**Feed rate**): 30,1 mm/min
- brzina vrtnje (**Spindle speed**): 602 okr/min
- brzina rezanja (**CS**): 70 m/min



Slika 7.32. Definirani alat i režimi obrade (OP30)

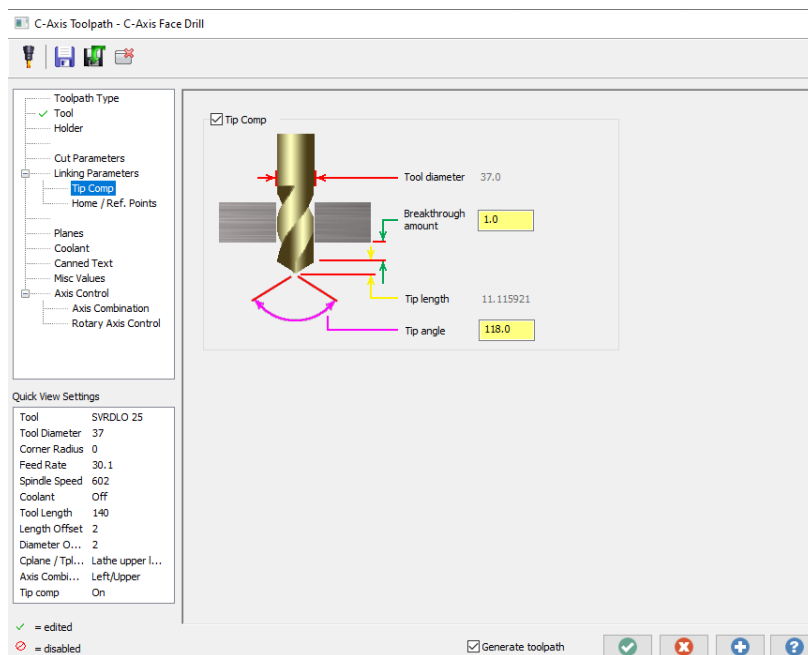
Definiranje putanje alata

Točka početka obrade ili **Top of stock** postavljena je na 3 mm inkrementalno dok je krajnja točka obrade ili **Depth** postavljena na -15 mm inkrementalno (Slika 7.33.).



Slika 7.33. Definiranje putanje alata (OP30)

Kako bi bili sigurni da nakon obrade neće zaostati srhovi potrebno je bilo produžiti putanju svrdla za 1 mm pod karticom **Tip compensation** (Slika 7.34.).



Slika 7.34. Tip compensation

Vrijeme obrade

Vrijeme obrade provjerilo se na način prikazan na slikama 7.23. i 7.24 te je iznosilo 58 sekundi.

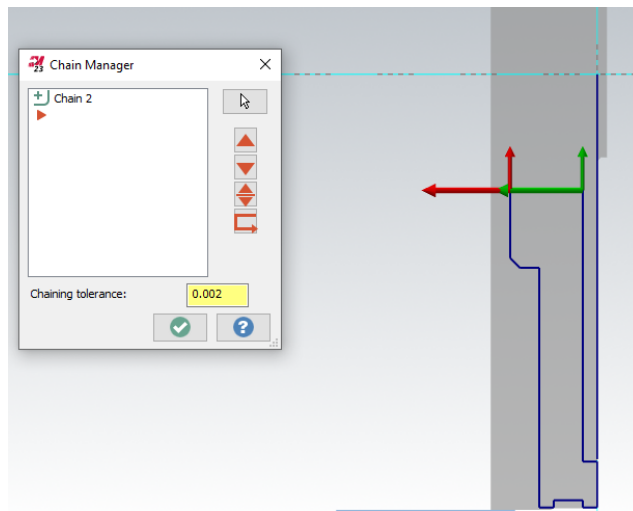
7.1.8. Operacija 40: Uzdužno unutarnje tokarenje provrta 101 (Ø47 mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 40 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish** kako bi se uzdužno tokarilo Ø47 mm (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije

Definirana geometrija prikazana je na slici 7.35.

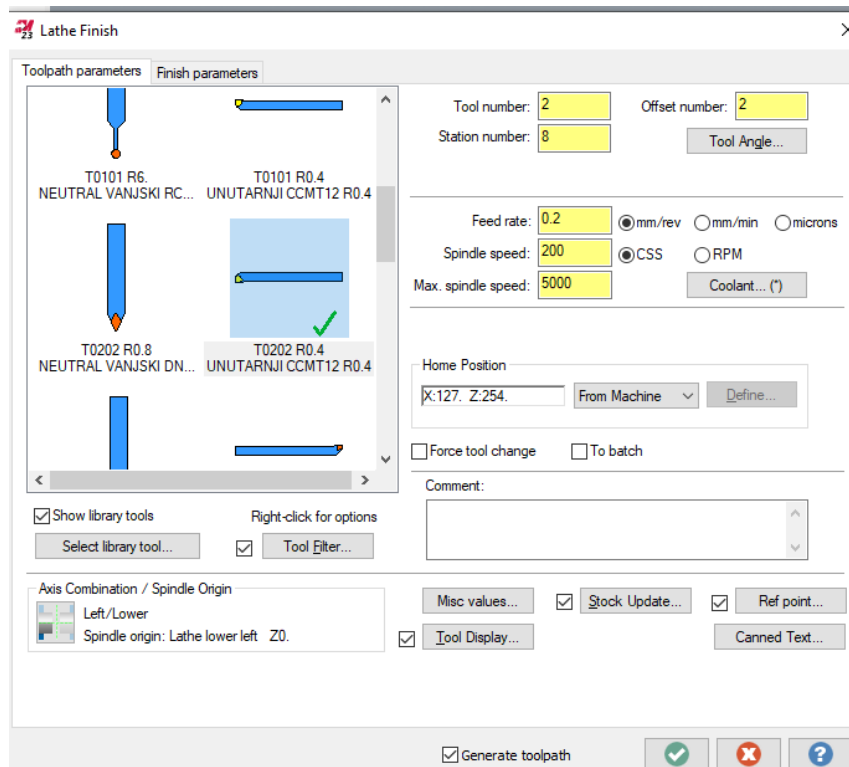


Slika 7.35. Odabir geometrije (OP40)

Definiranje alata i režima rada

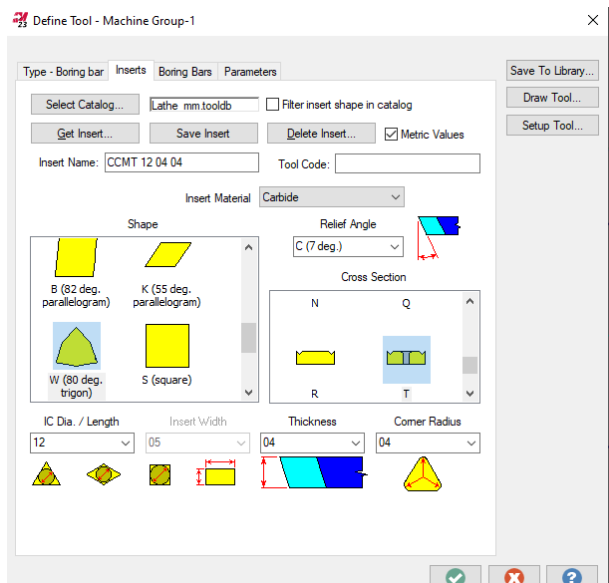
Odabrani alat za obradu unutarnjeg grubog tokarenja prikazan je na slici 7.36. Vidljivo je kako je njegov naziv T0202 R0,4 unutarnji CCMT12 te su režimi rada iznosili:

- posmak: 0,2 mm/okr
- brzina vrtnje: 200 okr⁻¹

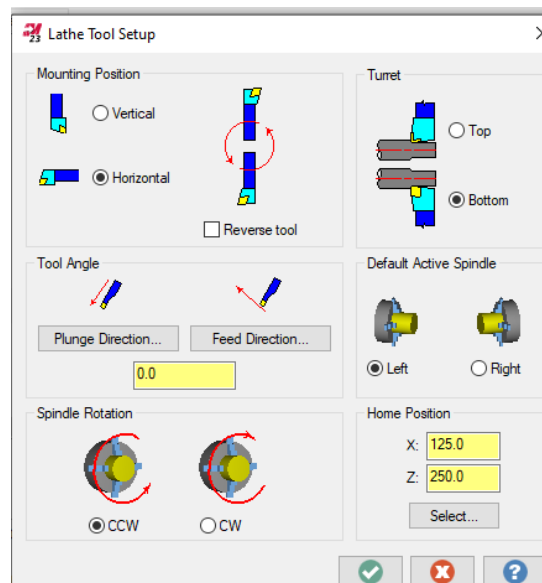


Slika 7.36. Definiranje alata i režima obrade (OP40)

Također je potrebno bilo definirati pločicu i držač alata kako bi simulacija odgovarala stvarno obradi tokarenja (Slika 7.37. i 7.38.).



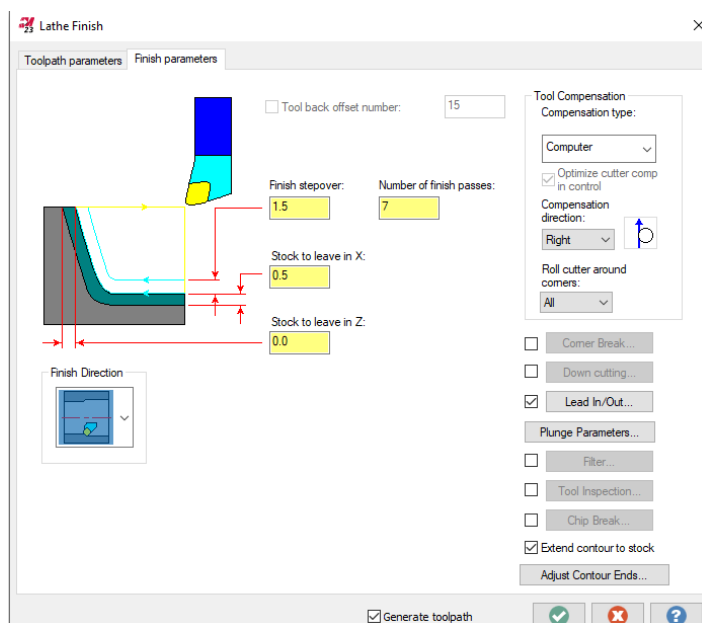
Slika 7.37. Definiranje pločice (OP40)



Slika 7.38. Definiranje držača (OP40)

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 1,5 mm te je obrada vršena u 7 prolaza. Dodatak za obradu iznosio je 0,5 mm. Obzirom da se radilo u unutarnjem tokarenju potrebno je bilo promjeniti smjer putanje pod opcijom **Finish Direction** kako bi mastercam prepoznao da se radi o unutarnjem tokarenju (Slika 7.39.). Ulaz i izlaz alata produženi su za 1 mm na način prikazan na slikama 7.28. i 7.29.



Slika 7.39. Definiranje putanje alata (OP40)

Vrijeme obrade

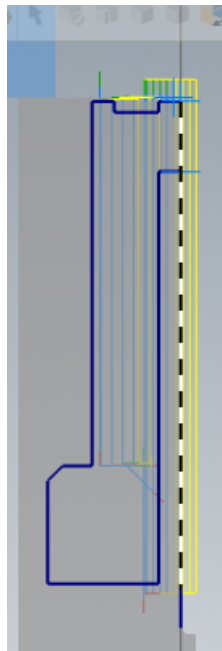
Vrijeme obrade provjerilo se na način prikazan na slikama 7.23. i 7.24 te je iznosilo 35 sekundi.

7.1.9. Operacija 50: Grubo poravnanje čela na mjeru 22,1 mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 50 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Face**. (Slika 7.17.)

Definiranje geometrije



Slika 7.40. Odabir geometrije (OP50)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.18. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,2 mm/okr
- brzina vrtnje: 250 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,9 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0,1 mm.

Vrijeme obrade

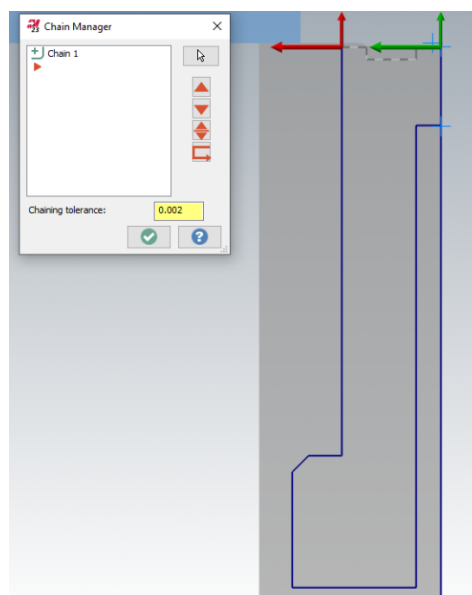
Vrijeme obrade iznosilo je 33 sekunde.

7.1.10. Operacija 60: Uzdužno vanjsko grubo tokarenje promjera $\varnothing 179,1$ mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 60 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.41. Odabir geometrije (OP60)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.18. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,2 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,1 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0,05 mm. Ulaz alata produžio se za 1 mm dok se izlaz alata skratio za 2,7 mm.

Vrijeme obrade

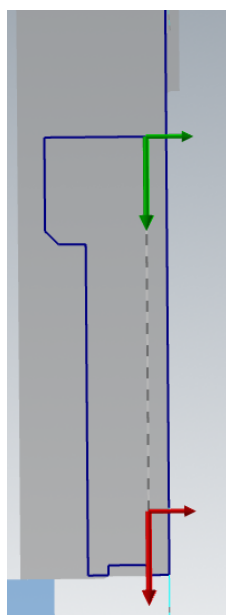
Vrijeme obrade iznosilo je 11,6 sekunde.

7.1.11. Operacija 70: Poprečno grubo unutarnje tokarenje džepa 102 (Ø159,9 mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 70 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.42. Odabir geometrije (OP70)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.36. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,2 mm/okr

- brzina vrtnje: 200 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 1,5 mm te je obrada vršena u 2 prolaza. Dodatak za obradu po X-osi iznosio je 0,05 mm dok je po Z-osi iznosio 0,1 mm.

Vrijeme obrade

Vrijeme obrade iznosilo je 59 sekundi.

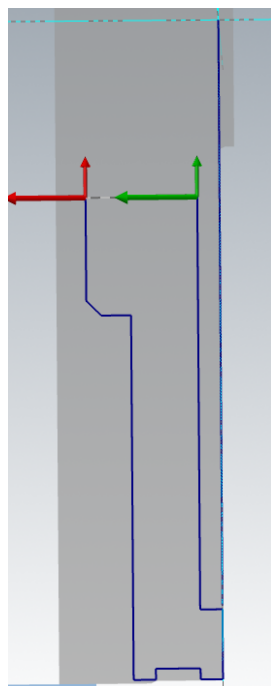
7.1.12. Operacija 80: Uzdužno grubo unutarnje tokarenje provrta 101 (Ø47,9 mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 80 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije

Definirana geometrija prikazana je na slici 7.43.



Slika 7.43. Odabir geometrije (OP80)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.36. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,2 mm/okr
- brzina vrtnje: 200 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,5 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0,1 mm. Ulaz alata i izlaz alata produženi su za 1 mm.

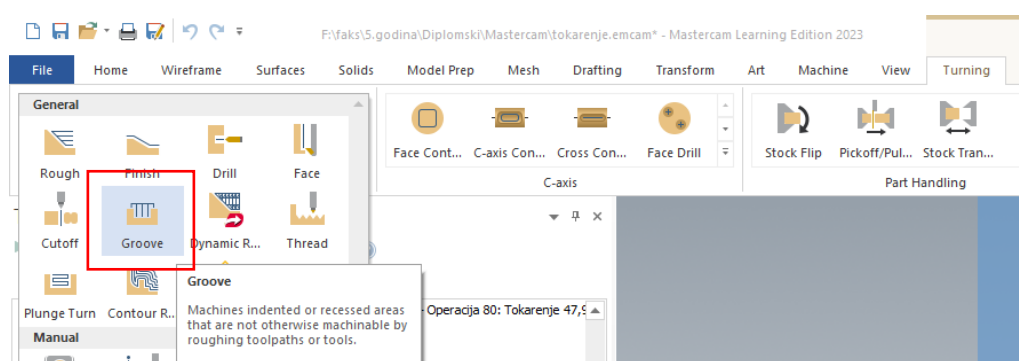
Vrijeme obrade

Vrijeme obrade iznosilo je 7,24 sekunde.

7.1.13. Operacija 90: Grubo tokarenje utora

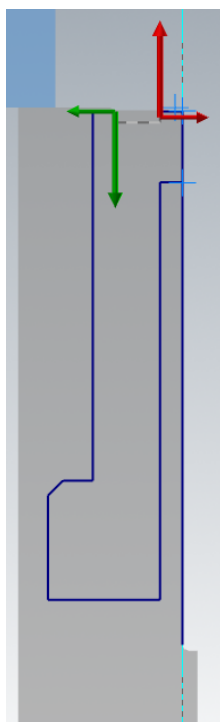
Definiranje vrste obrade

Za operaciju 90 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Groove**. (Slika 7.44.)



Slika 7.44. Vrsta obrade (OP90)

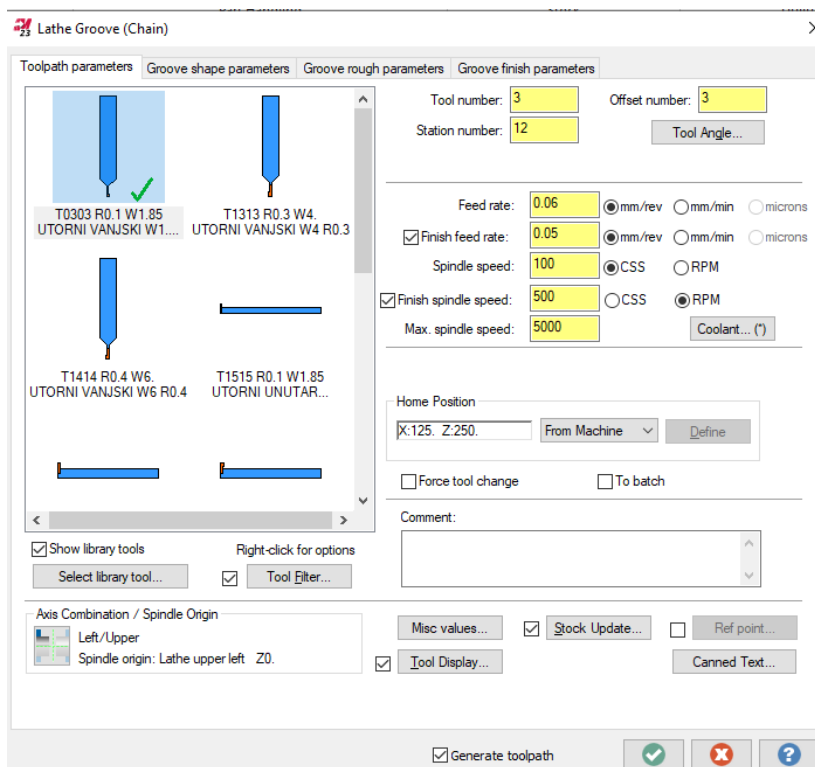
Definiranje geometrije



Slika 7.45. Odabir geometrije (OP90)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.46.



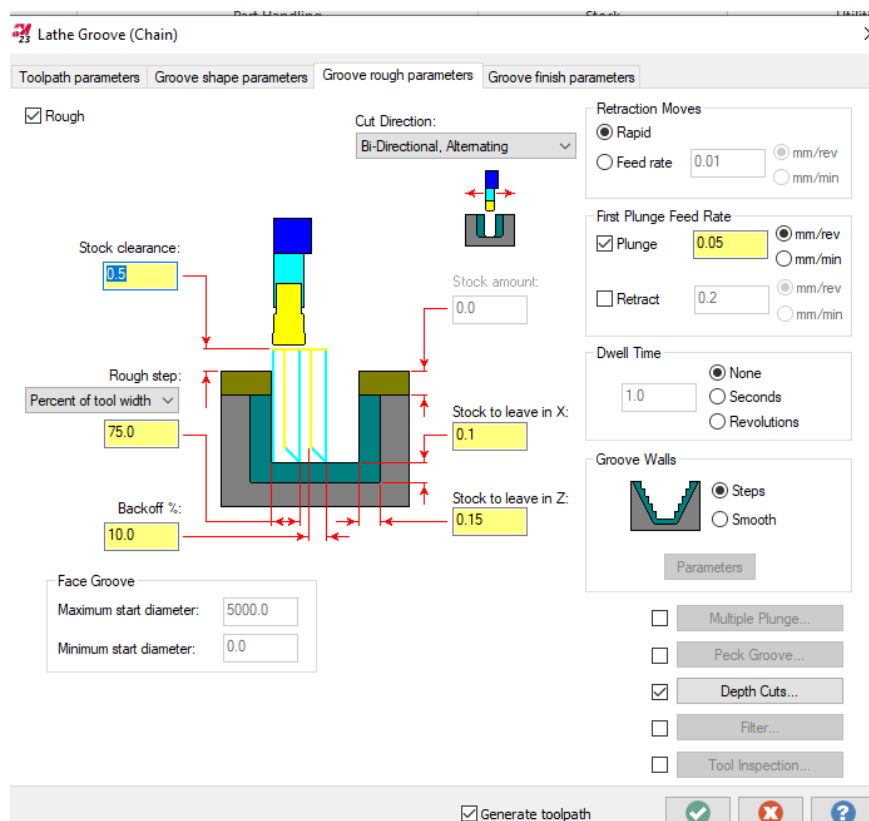
Slika 7.46. Definirani alat i režimi rada (OP90)

Naziv alata bio je T0303 R0,1 utorni vanjski. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,06 mm/okr
- brzina vrtnje: 100 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Obzirom da se radilo o gruboj obradi utora potrebno je bilo uključiti karticu **Groove rough parameters** te isključiti karticu **Groove finish parameters**. Potom se definirao dodatak za obradu po X-osi i Z-osi za finu obradu utora te su iznosili za X-os 0,1 mm i za Z-os 0,15 mm (Slika 7.47.). Odabrani smjer izrade utora bio je **Bi-Directional, Alternating** odnosno u oba smjera gledano od ulaza u utor koji je bio u centru.



Slika 7.47. Definiranje putanje alata

Vrijeme obrade

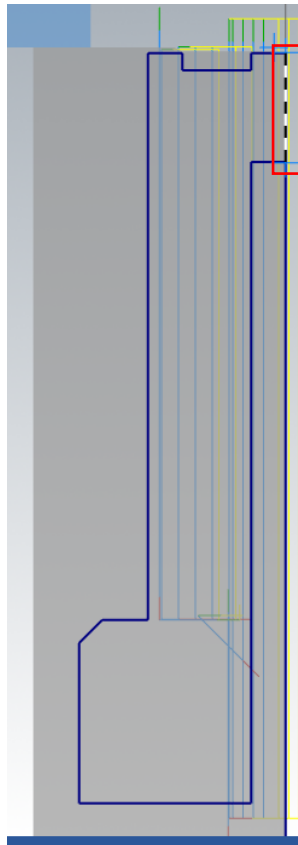
Vrijeme obrade iznosilo je 2 minute.

7.1.14. Operacija 100: Fino poravnanje čela na mjeru 22 mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 100 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Face**. (Slika 7.25.)

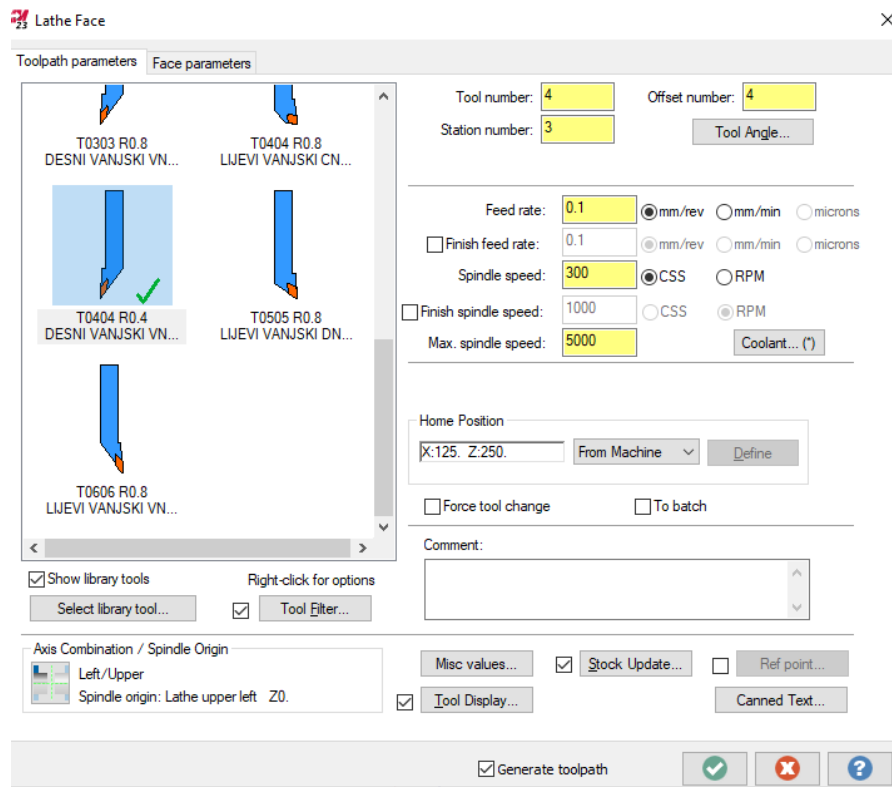
Definiranje geometrije



Slika 7.48. Odabir geometrije (OP100)

Definiranje alata i režima rada

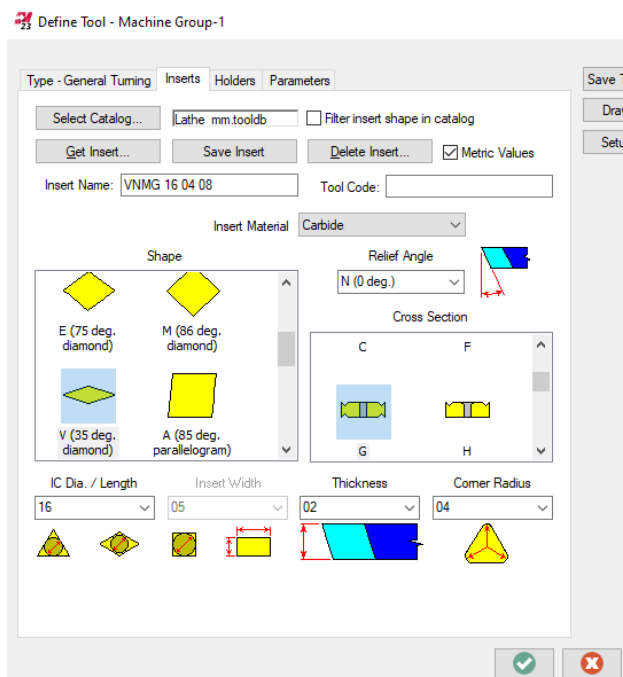
Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.49. Naziv alata bio je T0404 desni vanjski VNMG. Ponovno je bilo potrebno definirati pločicu i držač kako bi odgovaralo uvjetima u stvarnoj obradi (Slika 7.50. i 7.51).



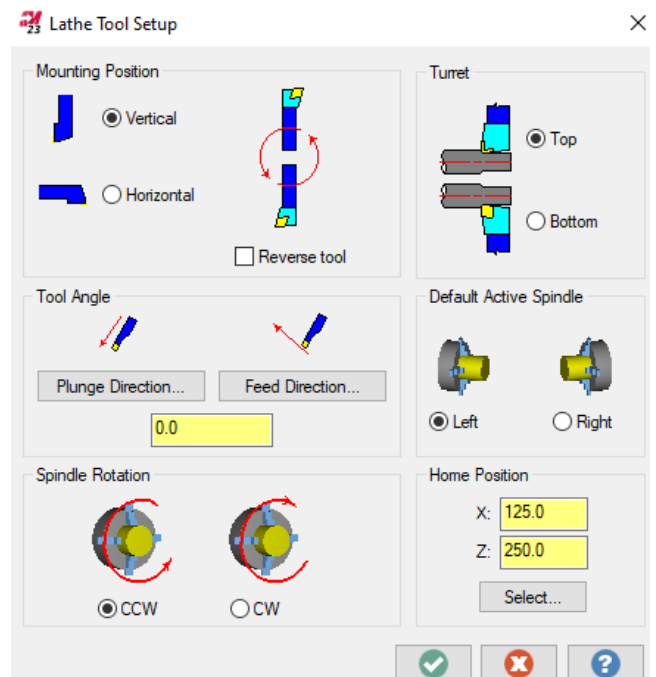
Slika 7.49. Definirani alat i režimi rada (OP100)

Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,1 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹



Slika 7.50. Definiranje pločice (OP100)



Slika 7.51. Definiranje držača (OP100)

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,1 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0 mm.

Vrijeme obrade

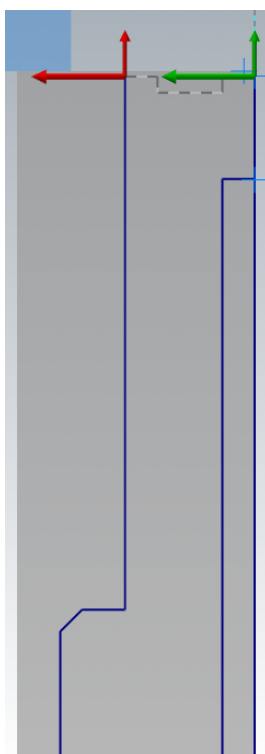
Vrijeme obrade iznosilo je 19 sekundi.

7.1.15. Operacija 110: Uzdužno fino vanjsko tokarenje promjera $\varnothing 179$ mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 110 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.52. Odabir geometrije (OP110)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.49. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,1 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,05 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0 mm. Ulaz alata produžen je za 1 mm dok je izlaz produžen za 2,7 mm.

Vrijeme obrade

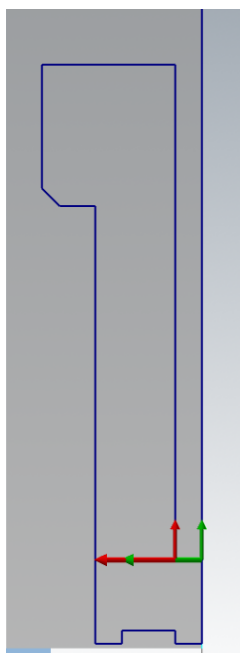
Vrijeme obrade iznosilo je 22 sekunde.

7.1.16. Operacija 120: Uzdužno fino unutarnje tokarenje džepa 102 (Ø160 mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 120 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije

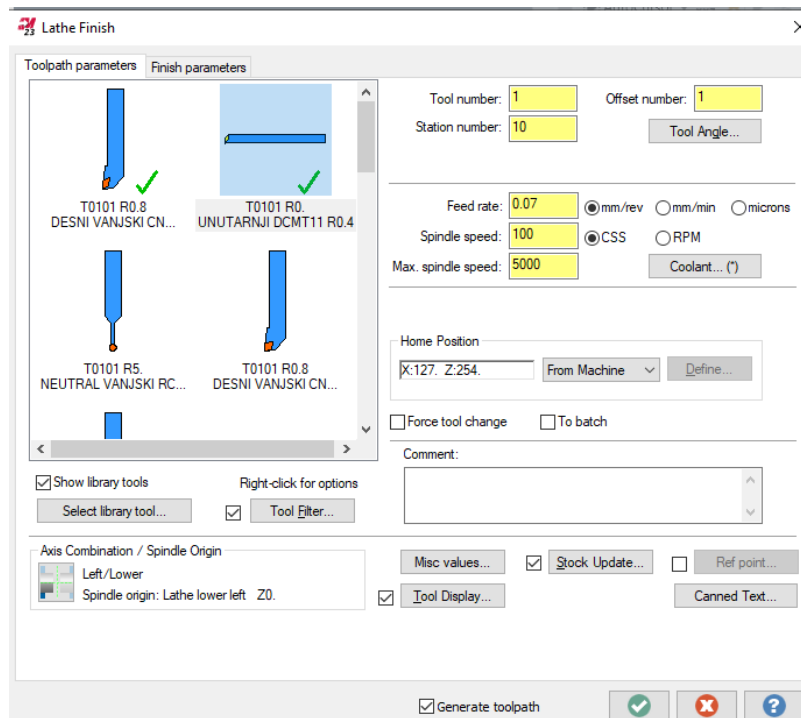


Slika 7.52. Odabir geometrije (OP120)

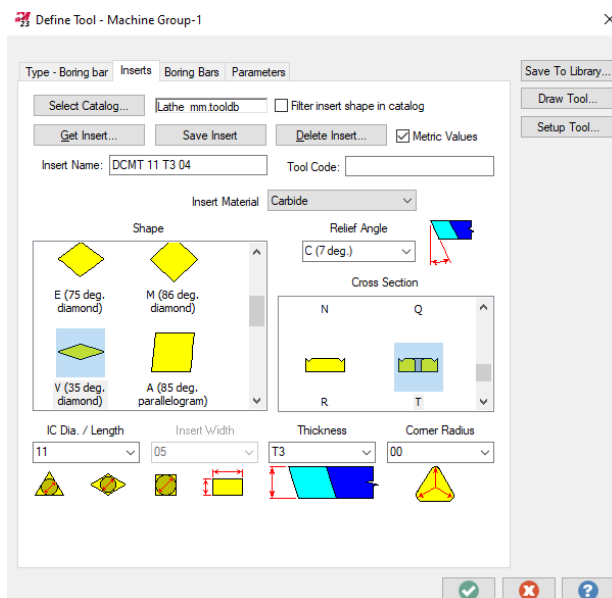
Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.53. Naziv alat bio je T0101 unutarnji DCMT R0,4. Definirana pločica i držač alata prikazani su na slikama 7.54. i 7.55. Režimi rada iznosili su:

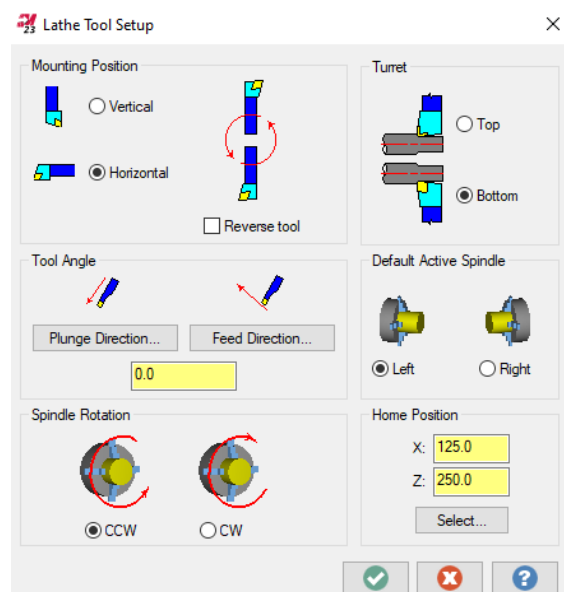
- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 100 okr⁻¹



Slika 7.53. Definirani alat i režimi rada



Slika 7.54. Definiranje pločice (OP120)



Slika 7.55. Definiranje držača (OP120)

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,05 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu po Z-osi iznosio je 0,1 mm.

Vrijeme obrade

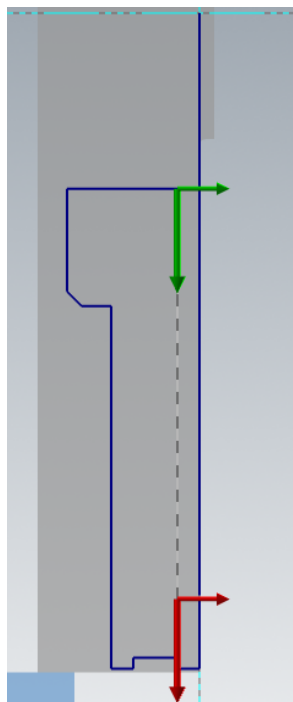
Vrijeme obrade iznosilo je 23 sekunde.

7.1.17. Operacija 130: Poprečno fino unutarnje tokarenje džepa 102

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 130 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.56. Odabir geometrije (OP130)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.53. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 100 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,1 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu po X-osi i Z-osi iznosio je 0 mm.

Vrijeme obrade

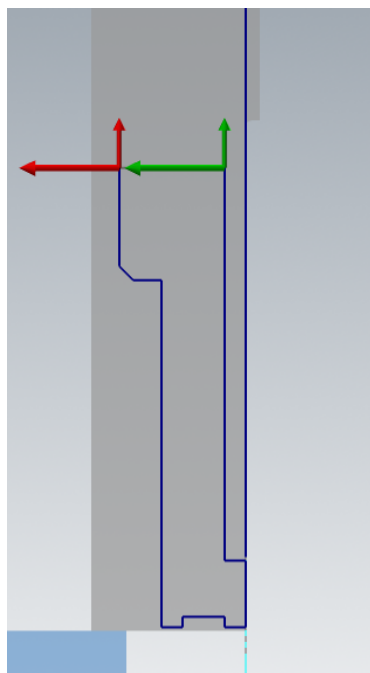
Vrijeme obrade iznosilo je 2 minute i 30 sekundi.

7.1.18. Operacija 140: Uzdužno fino unutarnje tokarenje provrta 101 (Ø48 mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 140 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.57. Odabir geometrije (OP140)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.53. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 100 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,1 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu po X-osi i Z-osi iznosio je 0 mm.

Vrijeme obrade

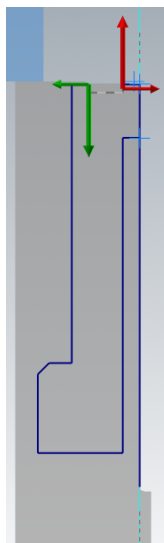
Vrijeme obrade iznosilo je 30 sekundi.

7.1.19. Operacija 150: Fino tokarenje utora

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 150 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Groove**. (Slika 7.44.)

Definiranje geometrije



Slika 7.58. Odabir geometrije (OP150)

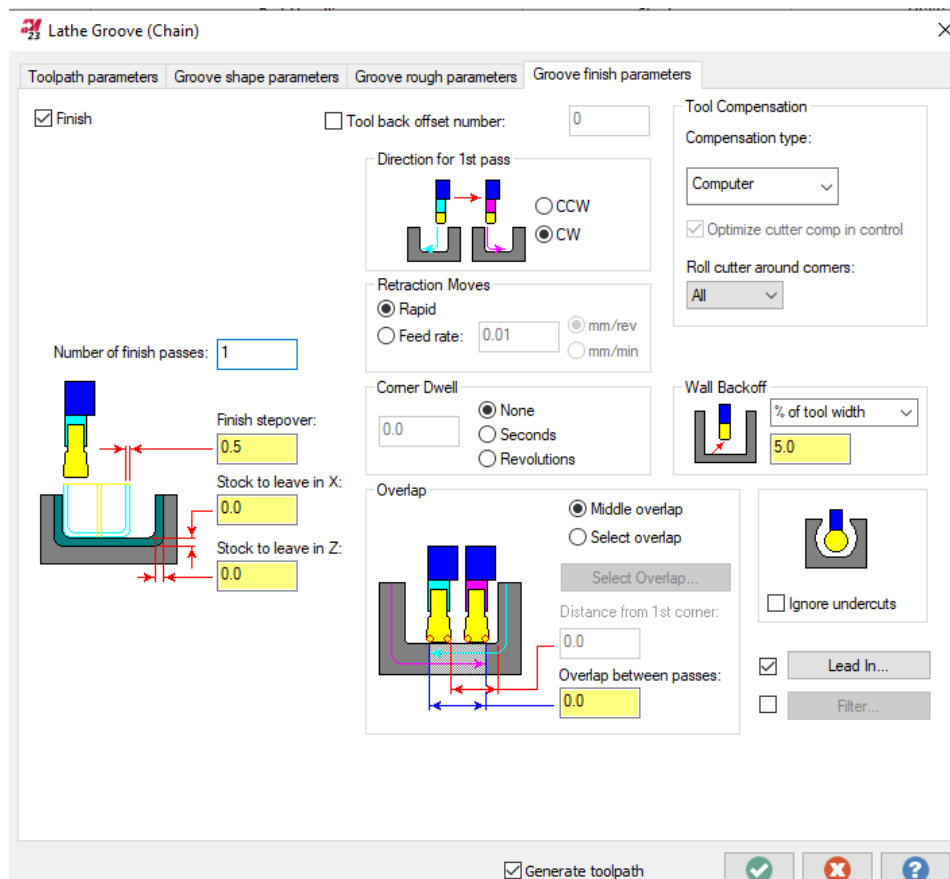
Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.46. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,06 mm/okr
- brzina vrtnje: 100 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Obzirom da se radilo o finoj obradi utora potrebno je bilo uključiti karticu **Groove finish parameters** te isključiti karticu **Groove rough parameters**. Potom se definirao dodatak za obradu po X-osi i Z-osi za finu oibradu utora te su iznosili 0 mm (Slika 7.59.). Dubina rezanja iznosila je 0,5 mm.



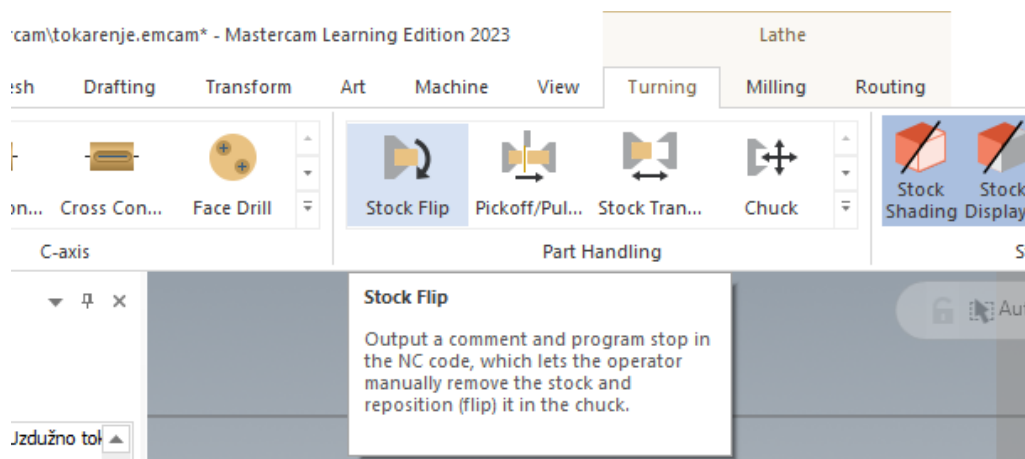
Slika 7.59. Definiranje putanje alata (OP150)

Vrijeme obrade

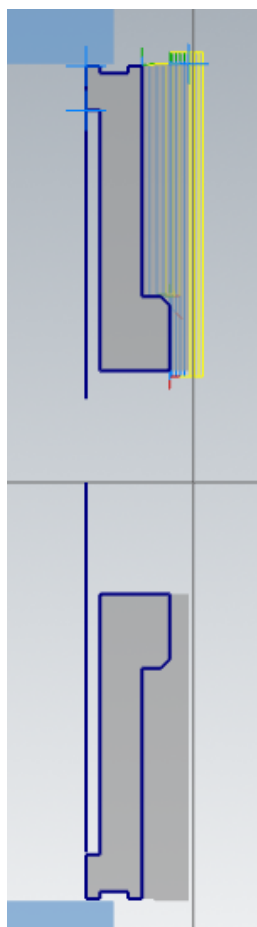
Vrijeme obrade iznosilo je 24 sekunde.

7.1.20. Operacija 160: Promjena stezanja

Prethodne operacije tokarenja izvršene su na strani 100. Sljedeći korak je bio okrenuti sirovac kako bi se tokarila strana 200 (Slika 7.61.). To se izvršilo klikom na prozor **Part Handling** unutar kartice **Turning** te na opciju **Stock Flip** (Slika 7.60.)

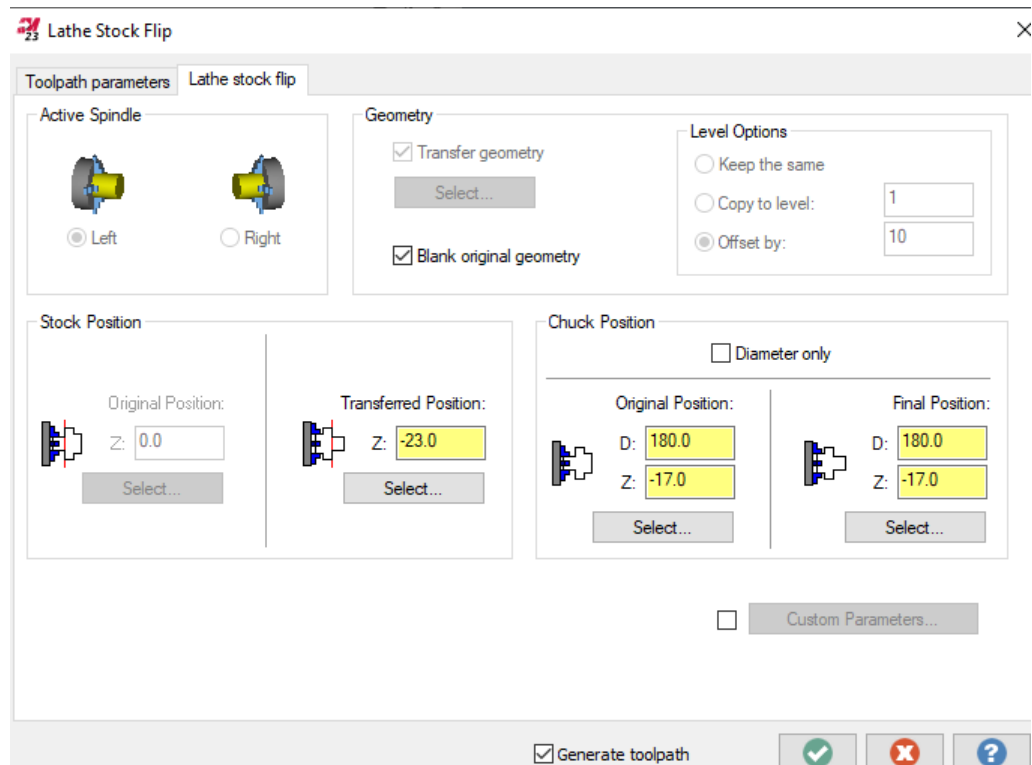


Slika 7.60. Stock flip opcija



Slika 7.61. Pozicija u steznim čeljustima za tokarenje strane 200

Kako bi se prilagodila dubina zahvata u steznim čeljustima potrebno je bilo pod karticu **Lathe stock flip** unijeti podatke o promjeru i koordinati Z-osi (Slika 7.62.).



Slika 7.62. Prilagodba steznih čeljusti za stezanje

7.1.21. Operacija 170: Grubo poravnanje čela na mjeru 18,1 mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 170 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Face**. (Slika 7.17.)

Definiranje geometrije

Geometrija je definirana odabirom obrade **Face** što znači da je Mastercam prepoznao kako je potrebno tokariti čelo.

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.18. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,2 mm/okr

- brzina vrtnje: 200 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja za grubu obradu iznosila je 0,9 mm. Dubina rezanja postavljena za zadnji prolaz pod **Finish stepover** iznosila je 0,3 mm. Pod **Overcut amount** kojim se sprječava nastanak srha tako što se produži putanja alata na izlazu postavljeno je 0,5 mm. Dodatak za obradu iznosio je 0,1 mm.

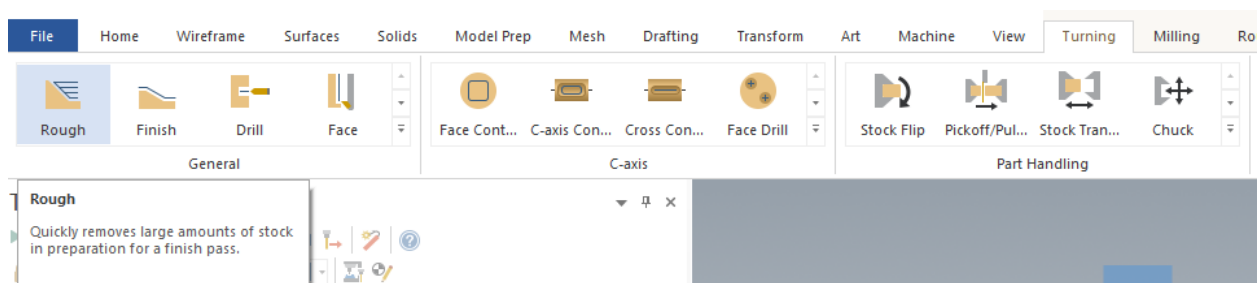
Vrijeme obrade

Vrijeme obrade iznosilo je 3 minute i 13 sekundi.

7.1.22. Operacija 180: Grubo poravnanje čela na mjeru 12,2 mm

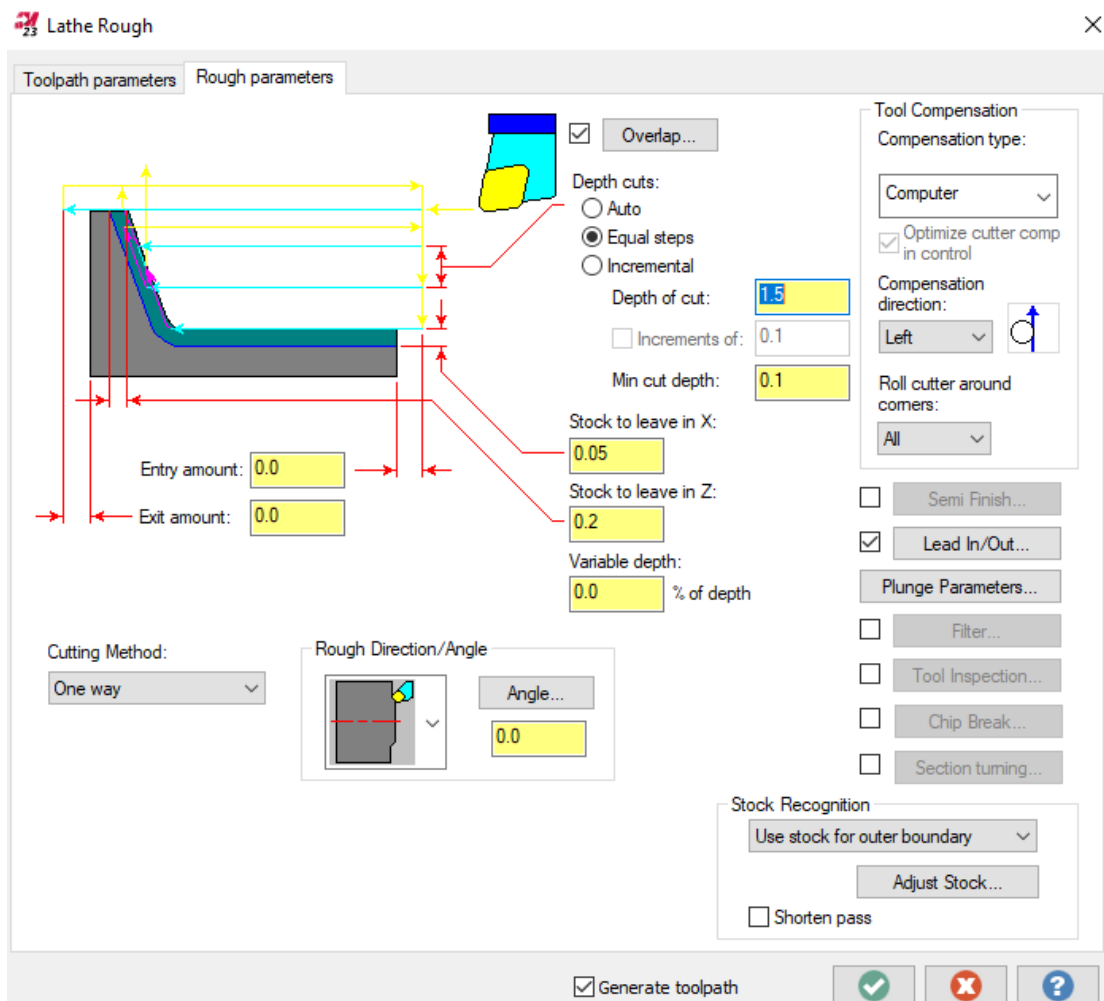
Definiranje vrste obrade

Za operaciju 180 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Rough**. (Slika 7.63.)



Slika 7.63. Vrsta obrade (OP180)

Definiranje geometrije



Slika 7.65. Definirana putanja alata (OP180)

Vrijeme obrade

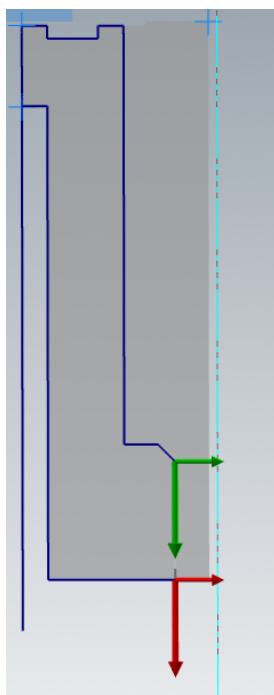
Vrijeme obrade iznosilo je 1 minutu i 29 sekundi.

7.1.22. Operacija 190: Fino poravnanje čela na mjeru 18 mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 190 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.66. Odabir geometrije (OP190)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.49. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,1 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0 mm. Ulaz i izlaz alata produženi su za 1 mm.

Vrijeme obrade

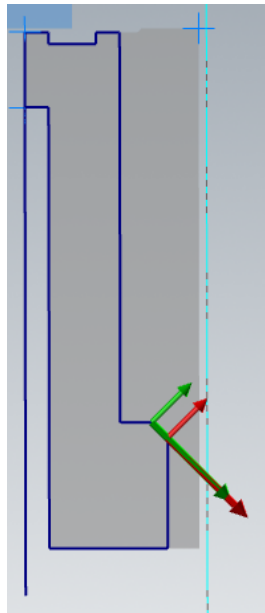
Vrijeme obrade iznosilo je 14 sekundi.

7.1.23. Operacija 200: Izrada skošenja 2x45°

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 200 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.67. Odabir geometrije (OP200)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.49. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,1 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0 mm. Ulaz i izlaz alata produženi su za 0,5 mm.

Vrijeme obrade

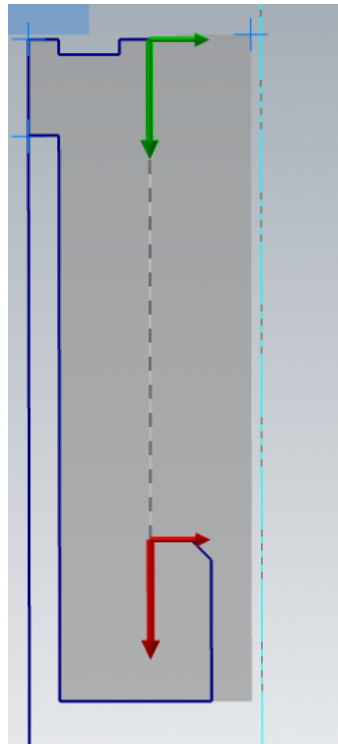
Vrijeme obrade iznosilo je 8 sekundi.

7.1.24. Operacija 210: Fino poravnanje čela na mjeru 12 mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 210 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.68. Odabir geometrije (OP210)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.49. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,2 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0 mm. Ulaz alata produžen je za 0,5 mm.

Vrijeme obrade

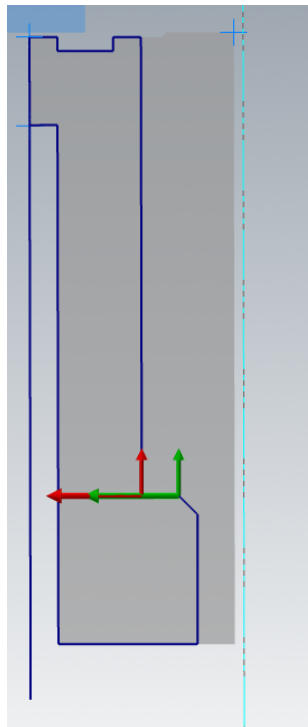
Vrijeme obrade iznosilo je 1 minuta i 8 sekundi.

7.1.25. Operacija 220: Uzdužno fino vanjsko tokarenje promjera $\varnothing 80$ mm

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 220 bira se pod karticom **Turning** te prozorom **General** obrada **Finish**. (Slika 7.25.)

Definiranje geometrije



Slika 7.69. Odabir geometrije (OP220)

Definiranje alata i režima rada

Odabrani alat za obradu prikazan je na slici 7.49. Režimi rada iznosili su:

- posmak: 0,07 mm/okr
- brzina vrtnje: 300 okr⁻¹

Definiranje putanje alata

Dubina rezanja iznosila je 0,05 mm te je obrada vršena u 1 prolazu. Dodatak za obradu iznosio je 0 mm. Ulaz alata produžen je za 0,5 mm.

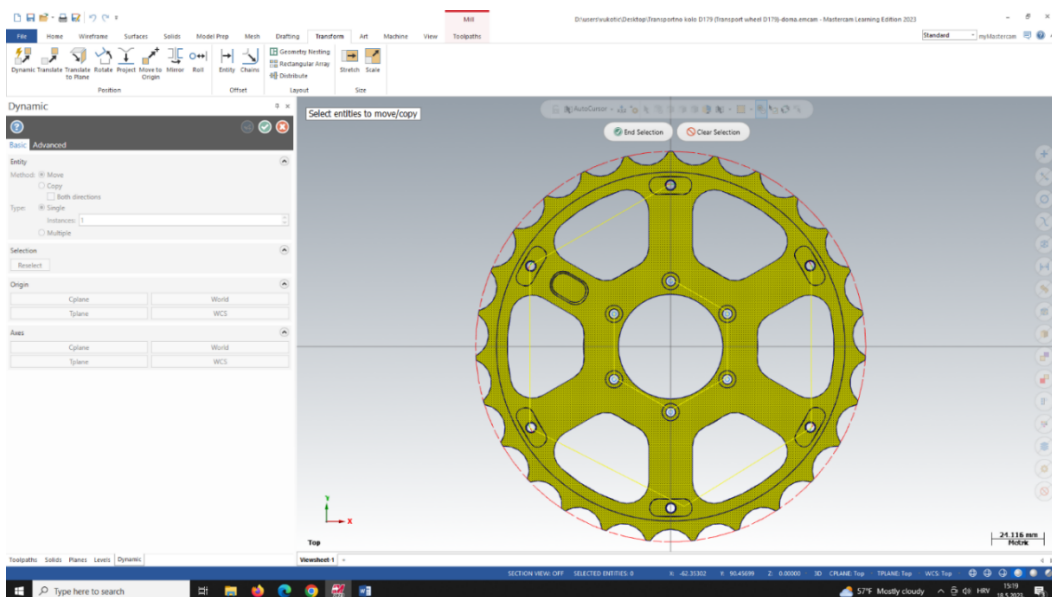
Vrijeme obrade

Vrijeme obrade iznosilo je 9 sekundi.

7.2. Simulacija glodanja i bušenja transportnog kola D179

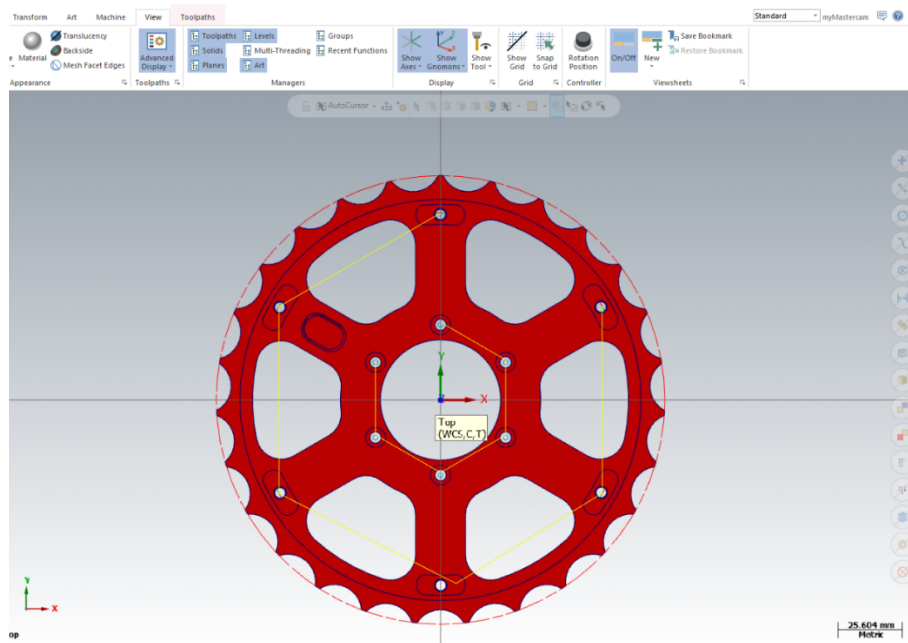
7.2.1. Definiranje koordinatnog sustava

Nakon učitavanja 3D modela potrebno je bilo definirati koordinatni sustav za odabrani 3D model (Slika 7.70). Koraci za definiranje koordinatnog sustava prikazani su na slikama 7.2. i 7.3.

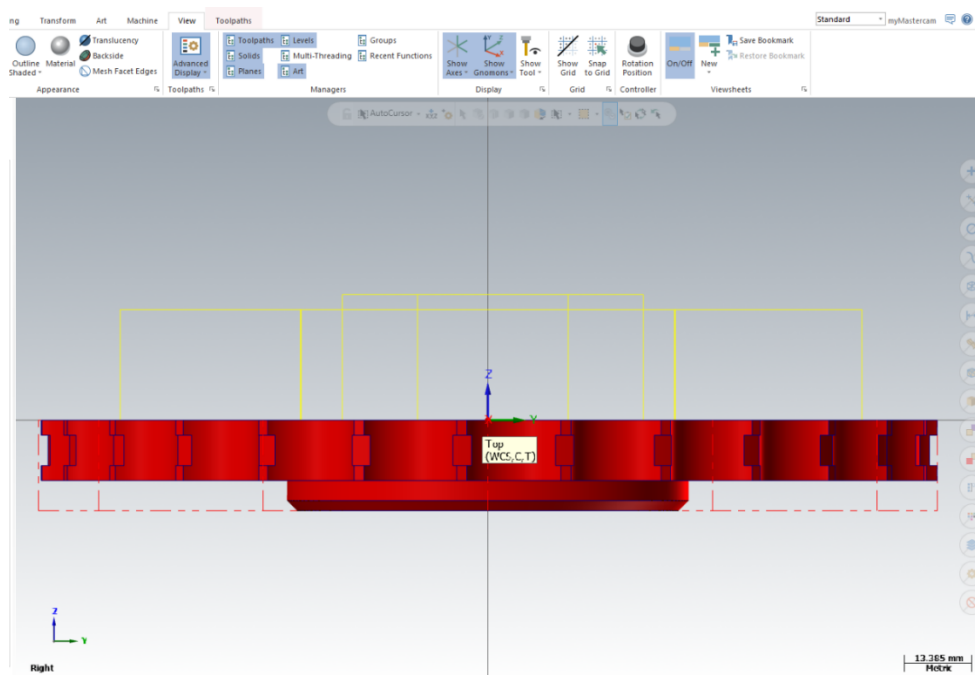


Slika 7.70. Odabir modela za definiranje koordinatnog sustava

Na slikama 7.71. i 7.72. prikazan je definirani koordinatni sustav za operaciju glodanja i bušenja.



Slika 7.71. Koordinatni sustav transportnog kola D179 (top view)

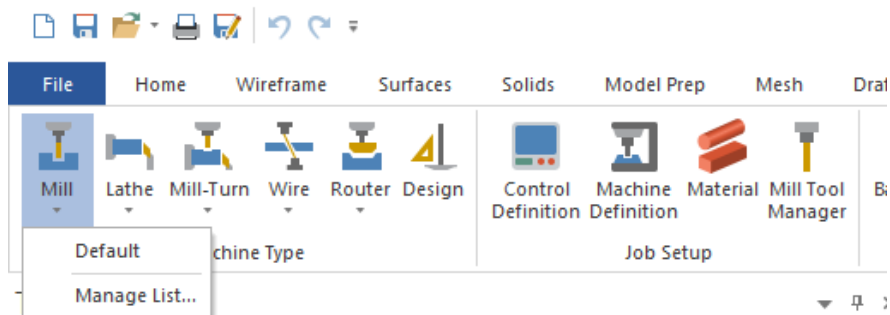


Slika 7.72. Koordinatni sustav transportnog kola D179 (right view)

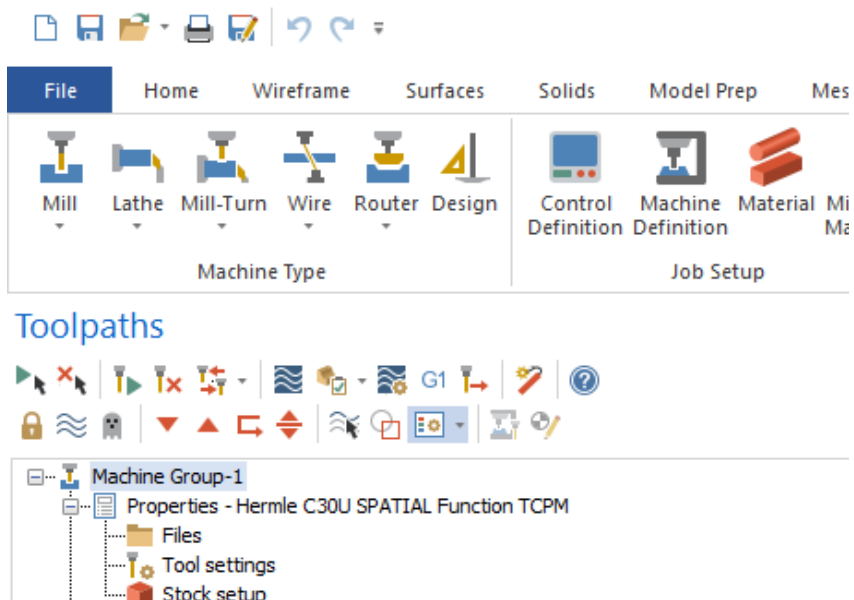
7.2.2. Definiranje postprocesora

Sljedeći korak bio je odabir postprocesora koji će omogućiti stroju čitanje NC koda koji će se generirati unutar Mastercam-a. Kako bi se odabrao potrebno je bilo otvoriti karticu **Machine** te potom **Mill**. Tada se otvara padajući izbornik u kojem postoji opcija odabira postprocesora **Default**

te **Manage list** (Slika 7.73.). Pod Manage list odabran je stroj HERMLE C30U te njegov postprocessor (Slika 7.74).



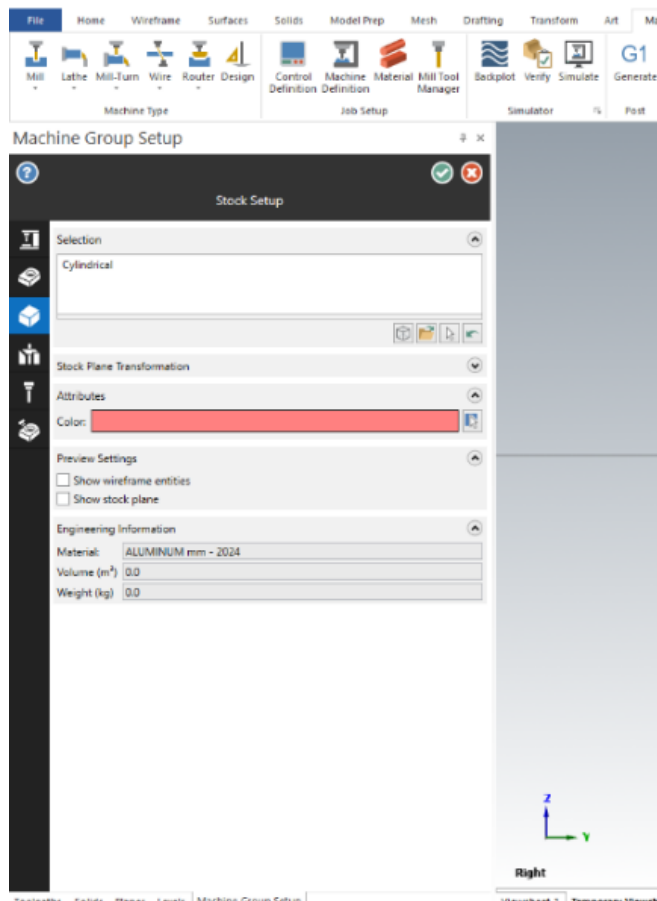
Slika 7.73. Definiranje postprocesora (Default/Manage list)



Slika 7.74. Definirani postprocesor

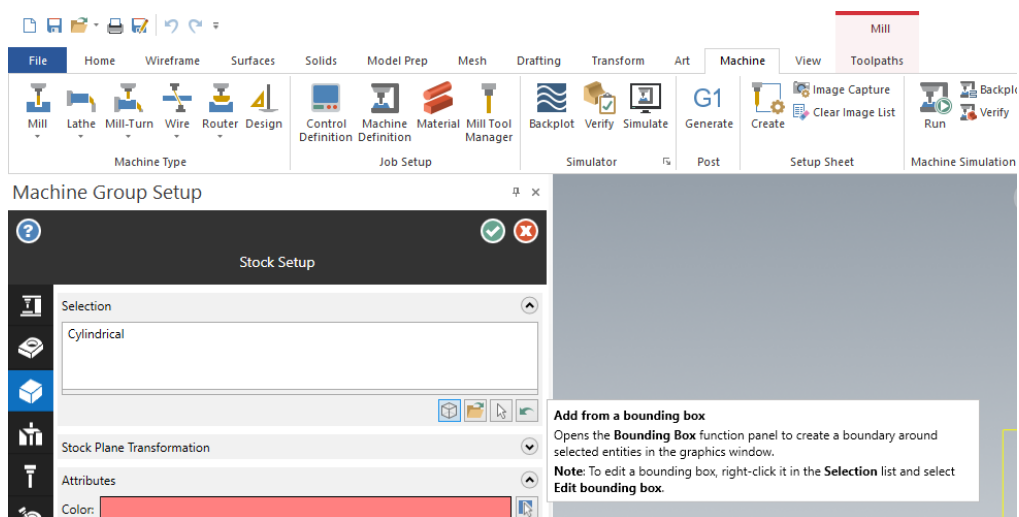
7.2.3. Definiranje sirovca

U stablu prikazanom u menadžeru **Toolpaths** nalazi se kartica **Stock setup** kao što je prikazano na slici 7.74. kojom se definira sirovac. Klikom na karticu otvara se menadžer prikazan na slici 7.75. unutar kojeg se definiraju sve potrebne informacije sirovca.



Slika 7.75. Definiranje sirovca

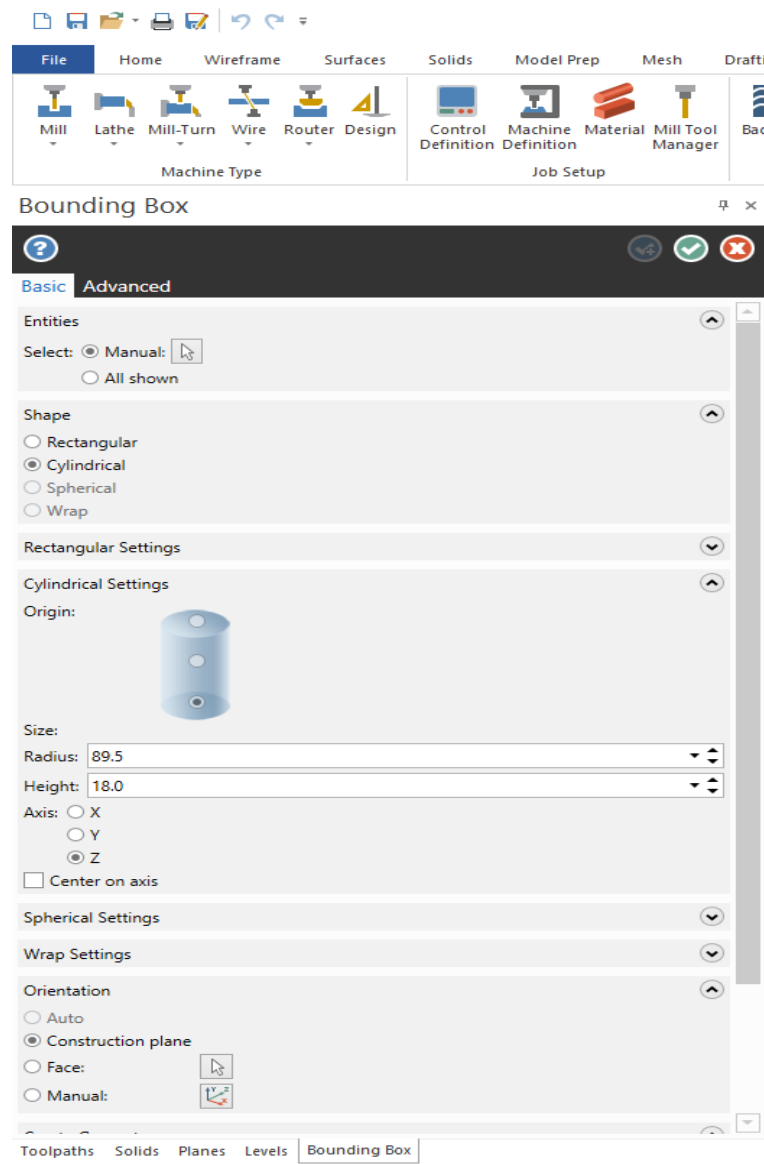
Sljedeći korak je odabrati prozor **Add from bounding box** prikazan na slici 7.76. unutar kojeg se definiraju daljnji podaci za sirovac.



Slika 7.76. Definiranje sirovca (Add from bounding box)

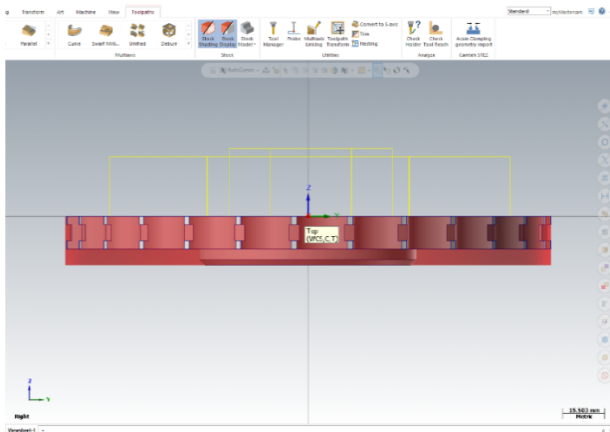
Potrebno je prvo odabirom **All shown** odabrati model koji se nalazi unutar radnog sučelja Mastercam-a. Pod opciju **Shape** potrebno je odabrati **Cylindrical** obzirom da se radi o šipki kao

ulazno materijalu. Pod **Origin** bira se ploha od koje se dodaci za obradu dodaju modelu. Kao što je prikazano na slici 7.77. odabrana se donja površina. Opcijom **Axis** označuje se po kojoj osi će se ostvarivati visina cilindričnog ulaznog materijala. Odabrana os za transportno kolo bila je os Z. Veličina samih dodataka za obradu definira se pod **Size**. Potrebno je definirati radijus i visinu kako bi se potpuno definirao sirovac. Vidljivo je kako su za potrebe izrade transportnog kola odabrani radijus 89,5 mm i visina 18 mm.

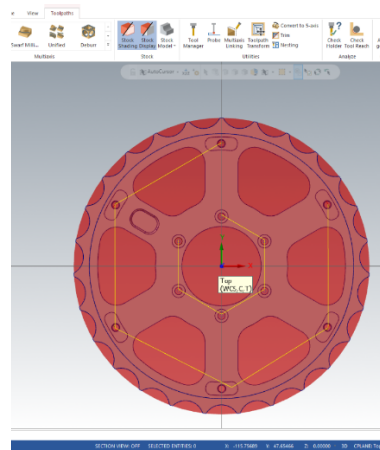


Slika 7.77. Definiranje sirovca

Na slici 7.78. i 7.79 prikazan je konačni oblik sirovca koristeći naredbe **Stock display** i **Stock shading**.



Slika 7.78. Konačni oblik sirovca (right view)

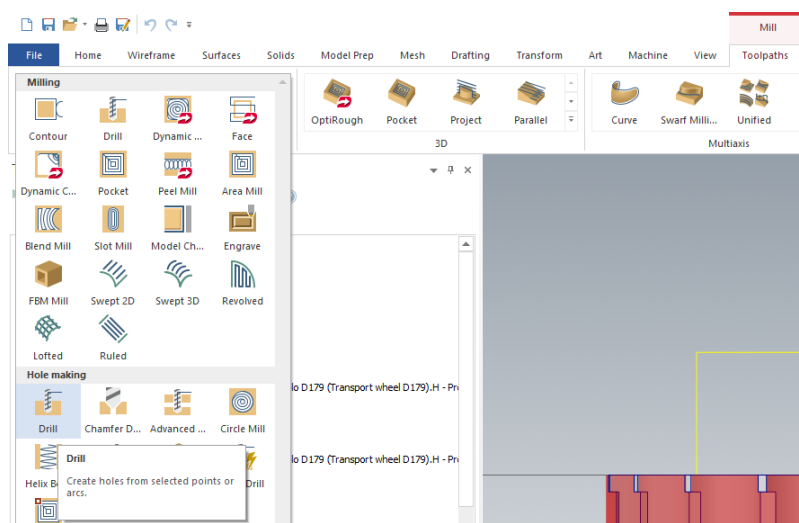


Slika 7.79. Konačni oblik sirovca (top view)

7.2.4. Operacija 10: Zabušivanje $\varnothing 4$ mm za provrte 111-116

Definiranje vrste obrade

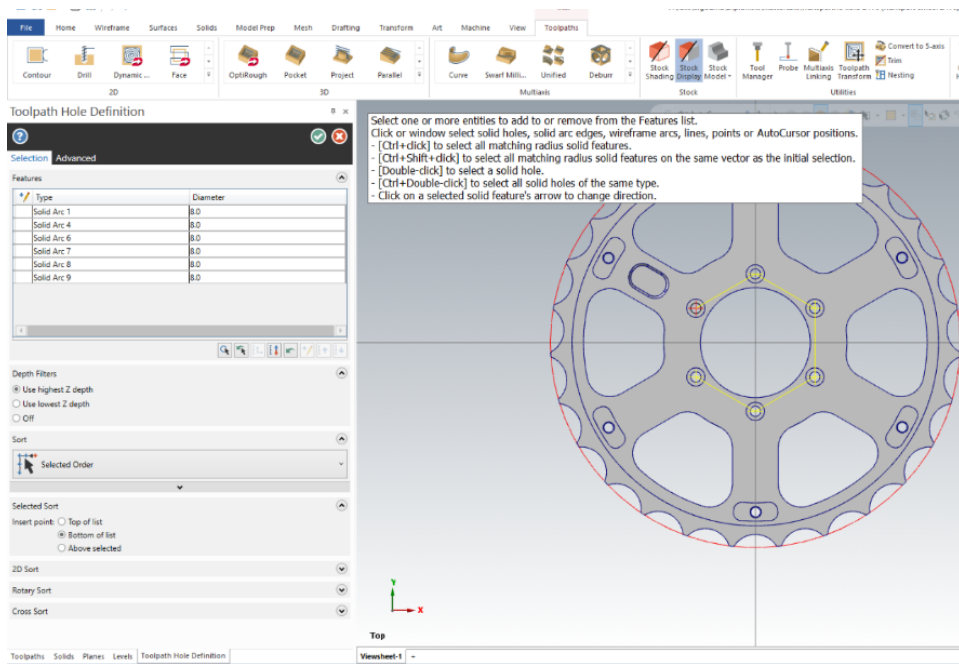
Za operaciju 10 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Hole making** obrada **Drill** (bušenje) što je prikazano na slici 7.80.



Slika 7.80. Vrsta obrade (OP10)

Definiranje geometrije

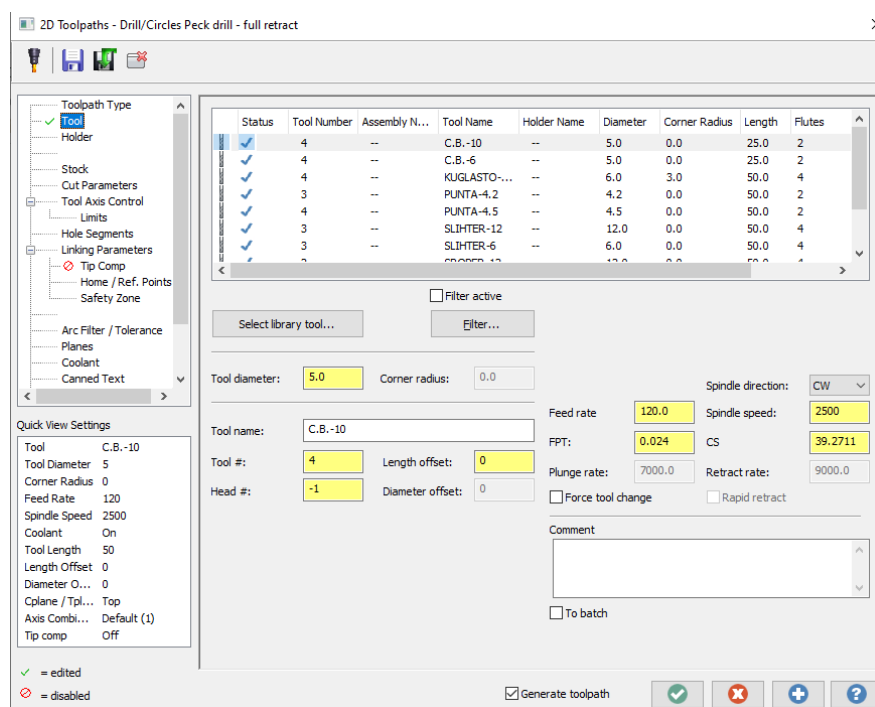
Potrebno je nakon odabira obrade odrediti geometriju koja će se njome obrađivati. Ta geometrija definira se putem lanaca **Chains**. Na slici 7.81. vidljivo je kako je odabrano 6 rupa promjera 8 mm.



Slika 7.81. Odabir geometrije (OP10)

Definiranje alata

Nakon odabira geometrije potrebno je definirati alat pod karticom **Tools** koji će se koristiti kod bušenja. Za učitati alat potrebno je pritisnuti opciju **Select library tool** kako bi se otvorili svi alati koji se nalaze unutar knjižice alata. Odabir alata te njegovi režimi obrade prikazani su na slici 7.82.



Slika 7.82. Odabir alata (OP10)

Odabire se zaabušivač Ø5 sa sljedećim režimima rada:

Posmak po zubu (**FPT**): 0,024 mm/zub

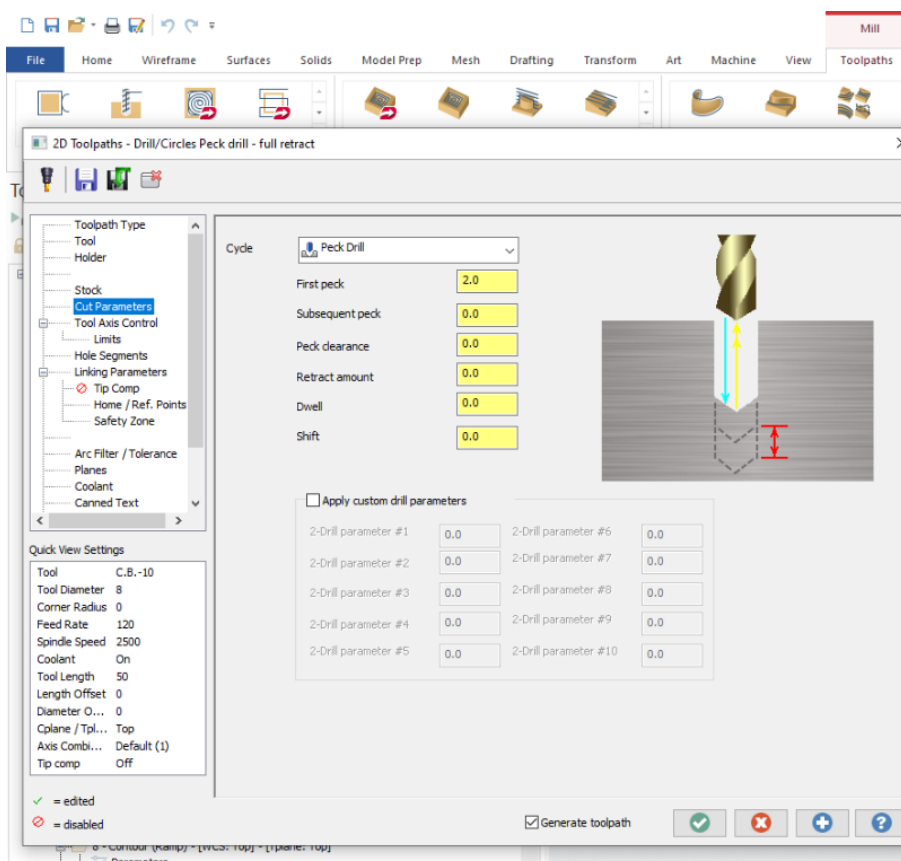
Posmična brzina (**Feed rate**): 120 mm/min

Brzina vrtnje (**Spindle speed**): 2500 okr/min

Brzina rezanja (**CS**): 39,27 m/min

Definiranje strategije obrade

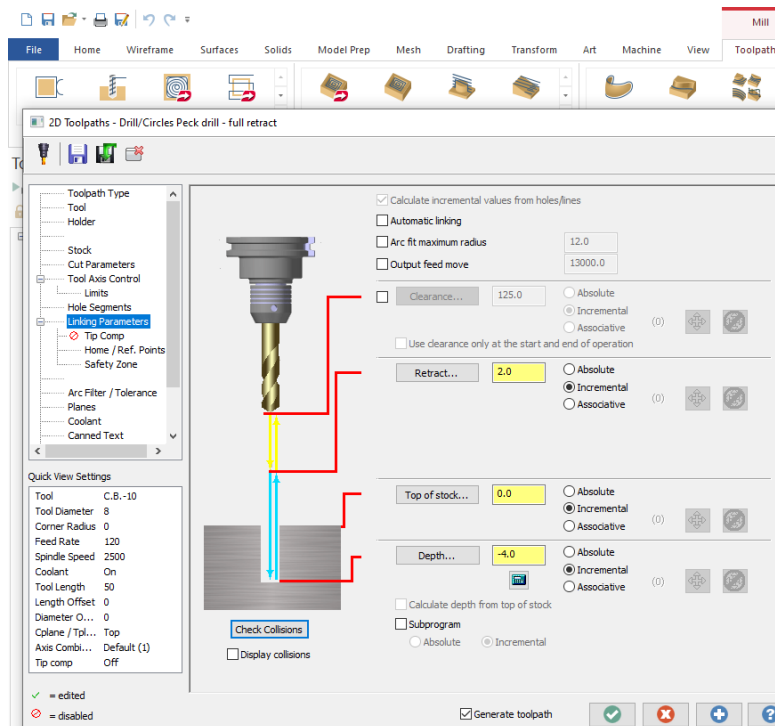
Pod karticom **Cut parameters** definiraju se parametri vezani za strategiju obrade. Za ovaj zahvat potrebno je bilo definirati način bušenja te je odabran način **Peck drill**. Određeno je da se nakon 2 mm dubine bušenja (**First peck**) svrdlo izvlači kako bi se odstranila strugotina i smanjila temperatura prilikom obrade kao što je prikazano na slici 7.83.



Slika 7.83. Definiranje parametara rezanja (OP10)

Definiranje dubine obrade

Pod karticom **Linking parameters** definira se točka početka obrade (**Top of stock-ToS**) i krajnja dubina obrade (**Depth**). Obzirom da se u stvarnosti dodatak za obradu nije nalazio tamo gdje je Mastercam-om predviđeno jer se prethodno obradio tokarenjem, **ToS** se odredio inkrementalno od visine 0 mm. Zbog toga što se radi o zabušivanju gdje krajnja dubina ne treba biti točno određena, ona se također odredila inkrementalno do dubine -4 mm kao što je prikazano na slici 7.84.



Slika 7.84. Definiranje dubine obrade (OP10)

Vrijeme obrade

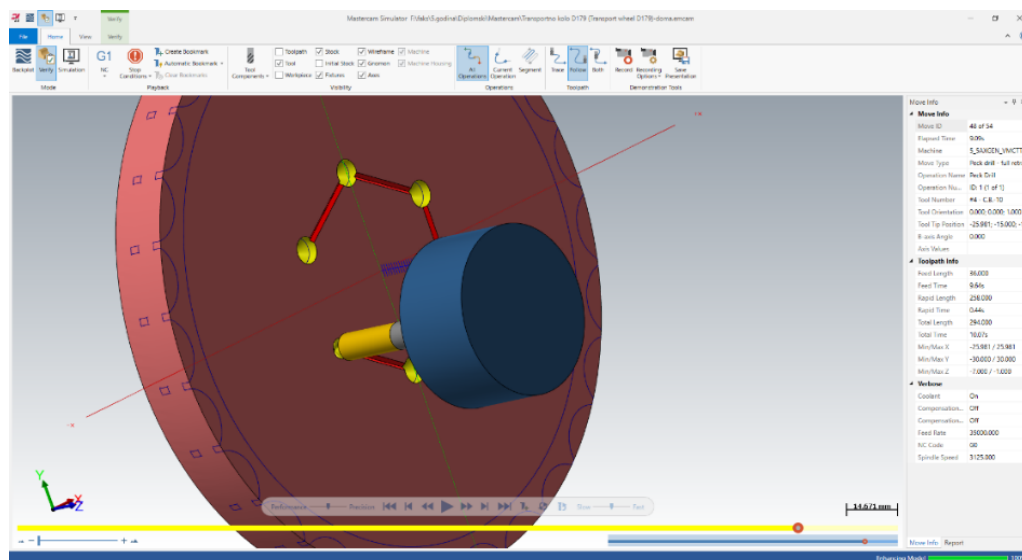
Ukupno vrijeme operacije 10 prikazano je na slici 7.85. i iznosi 9,64 s.

| Details | | Information | |
|--|---|-------------|-------|
| Cycle Time | | | |
| Feed | | | 8.64s |
| Rapid | | | 0.00s |
| Total | | | 9.64s |
| Path Length | | | |
| Feed | | | 36. |
| Rapid | | | 258. |
| Minimum/Maximum (Tool Plane coordinates) | X | 25.98085 | Z |
| | Y | -30. | |
| | Z | -7. | |
| Minimum/Maximum | | 250. | |

Slika 7.85. Vrijeme obrade (OP10)

Simulacija obrade

Na slici 7.86. prikazana je simulacija obrade operacije 10.



Slika 7.86. Simulacija (OP10)

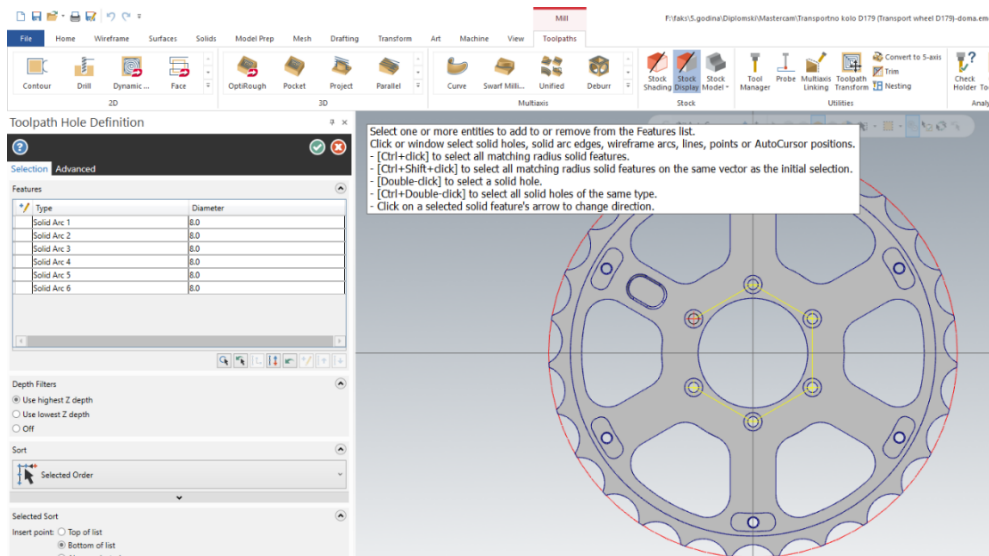
7.2.5. Operacija 20: Bušenje provrta 111-116 ($\varnothing 4,5$ mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 20 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Hole making** obrada **Drill** (bušenje).

Definiranje geometrije

Geometrija se bira na isti način kao u prethodnoj operaciji. Na slici 7.87. vidljivo je kako je odabrano 6 rupa promjera 8 mm.



Slika 7.87. Odabir geometrije (OP20)

Definiranje alata

Alat se bira na isti način kao u prethodnoj operaciji. Odabrani alat i režimi rada su:

Odabire se svrdlo $\varnothing 4,5$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,024 mm/zub, posmična brzina: 120 mm/min, brzina vrtnje: 2500 okr/min i brzina rezanja: 35,344 m/min.

Definiranje strategije obrade

Strategija obrade jednaka je kao na slici 7.83.

Definiranje dubine obrade

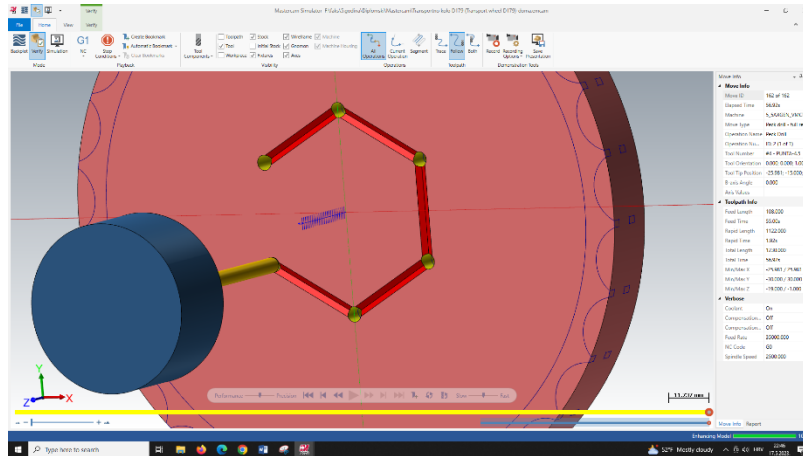
Top of stock odabran je za zahvat 4 kao 0 mm inkrementalno, a dubina rezanja -16 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 20 iznosi 55 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.88. prikazana je simulacija operacije 20

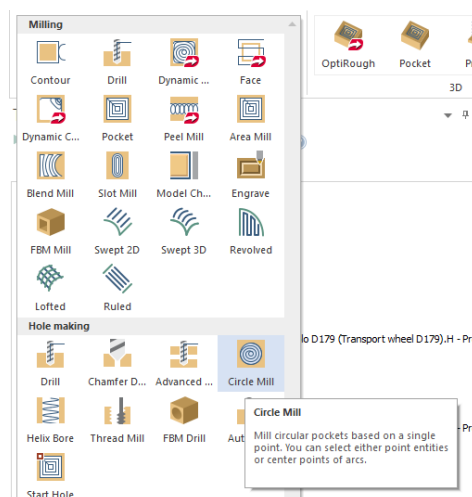


Slika 7.88. Simulacija (OP20)

7.2.6. Operacija 30: Glodanje rupa 121-126 - fino

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 30 obrada se bira pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Hole making** pod **Circle mill** što je prikazano na slici 7.89.



Slika 7.89. Vrsta obrade (OP30)

Definiranje geometrije

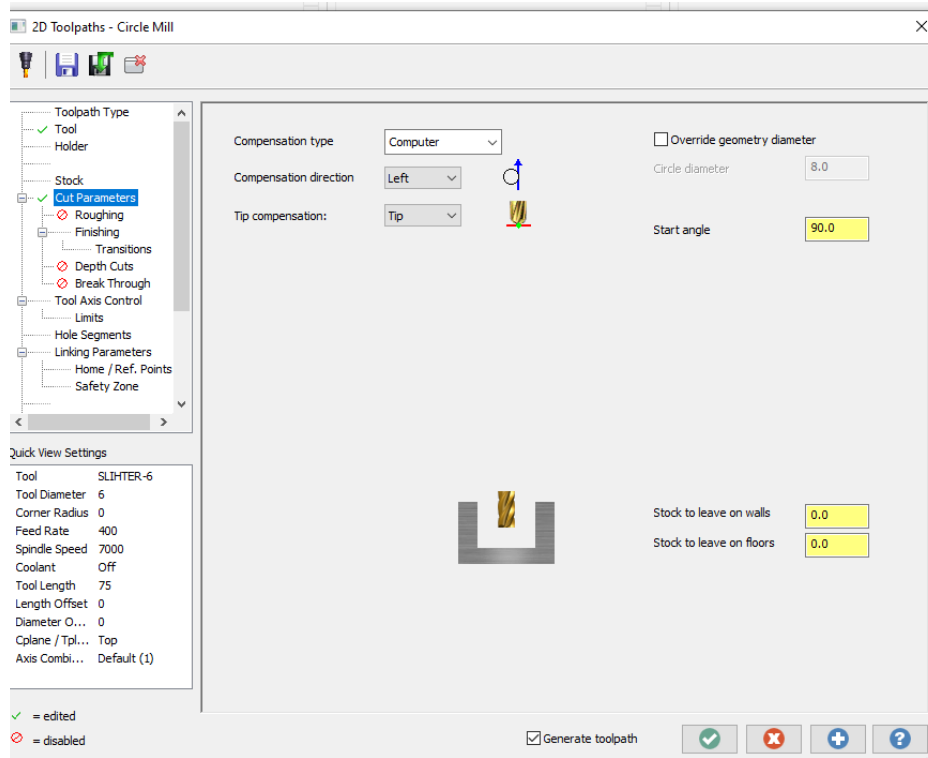
Geometrija se bira na isti način kao u prethodnoj operaciji.

Definiranje alata

Alat se bira na isti način kao u prethodnoj operaciji. Odabire se glodalo za finu obradu Ø6 sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,0143 mm/zub, posmična brzina: 400 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 131,95 m/min.

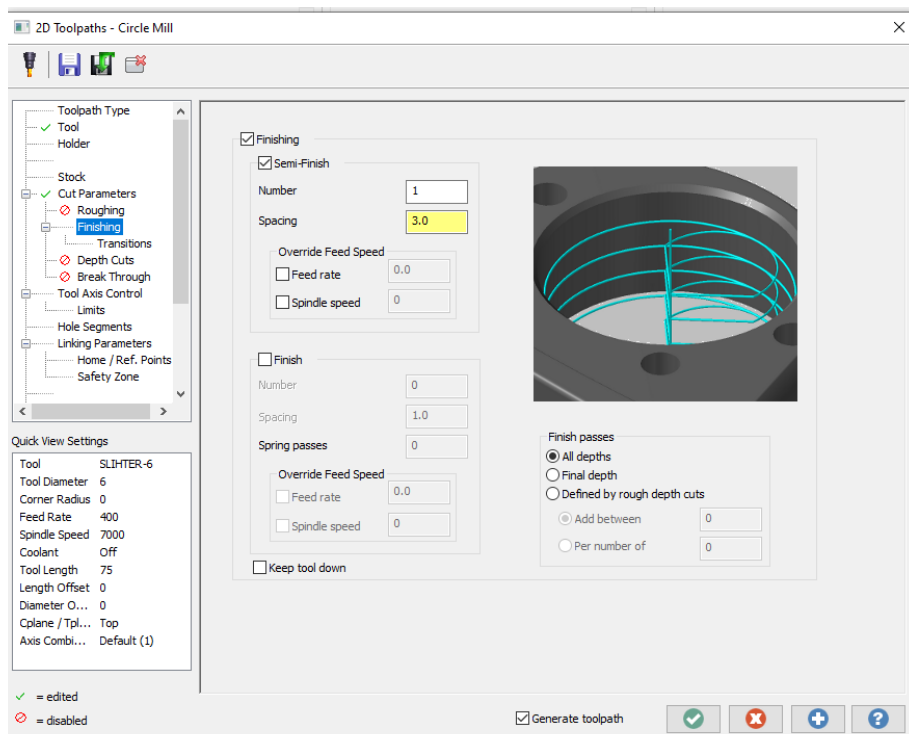
Definiranje strategije obrade

Za operaciju 30 potrebno je bilo definirati veličinu dodatka za finu obradu koji će se ostaviti na zidovima odnosno podovima (**Stock to leave on walls/ Stock to leave on floors**) kao što je prikazano na slici 7.90. Iz slike je vidljivo kako su obje vrijednosti postavljene na 0 mm. Također se definirala lijeva komezacija alata. Pod **Compensation type** odabrana je opcija **Computer** kojom se ne uzima u obzir istrošenost alata.



Slika 7.90. Definiranje parametara rezanja (OP30)

Obzirom da se radilo o finoj obradi slijepe rupe isključuje se kartica **Roughing** te uključuje kartica **Finishing** unutar koje se dalje definiraju parametri vezani za obradu.



Slika 7.91. Definiranje parametara fine obrade (OP30)

Iz slike 7.91. vidljivo je kako će se sve obraditi u 1 prolazu.

Definiranje dubine obrade

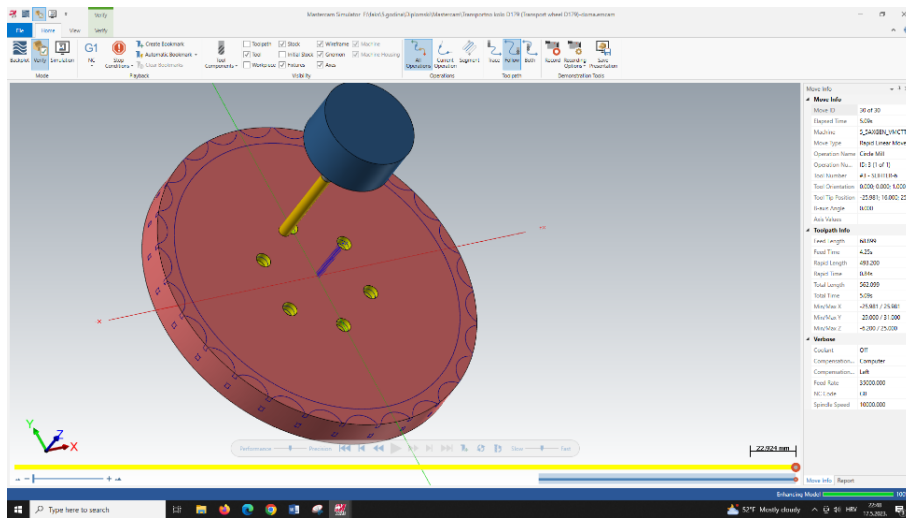
Top of stock postavljen je na 0 mm inkrementalno, a dubina rezanja -6,2 mm apsolutno što znači da se obradom mora doći tačno na tu dubinu.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 30 iznosi 4,25 s.

Simulacija obrade

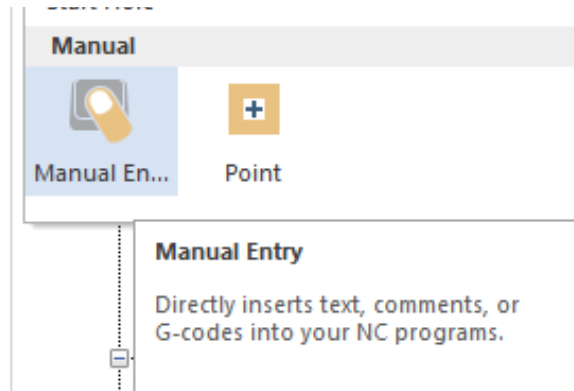
Na slici 7.92. prikazana je simulacija operacije 30.



Slika 7.92. Simulacija (OP30)

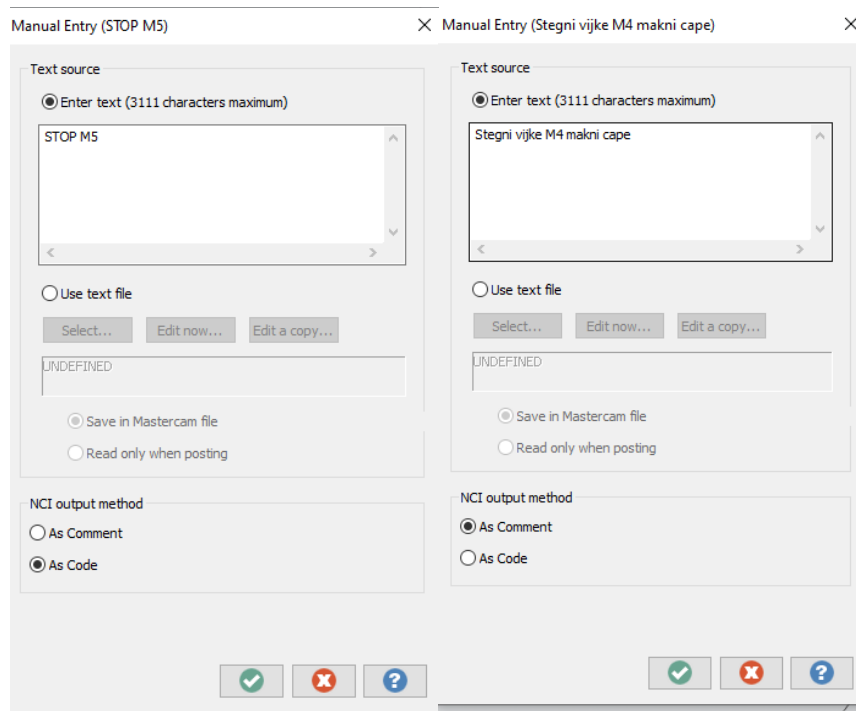
7.2.7. Operacija 40: Skidanje steznih pločica i stezanje vijaka M4

Za operaciju 40 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Manual** opcija **Manual entry** (Slika 7.93.). Njome se omogućuje pisanje komentara koje se onda generirati u NC kodu te prikazati kao posebni zahvat na upravljačkoj jedinici stroja.



Slika 7.93. Manual entry

Komentari koji su uneseni za potrebe obrade transportnog kola prikazani su na slici 7.94. te se odnose na korake potrebne za promjenu načina stezanja.

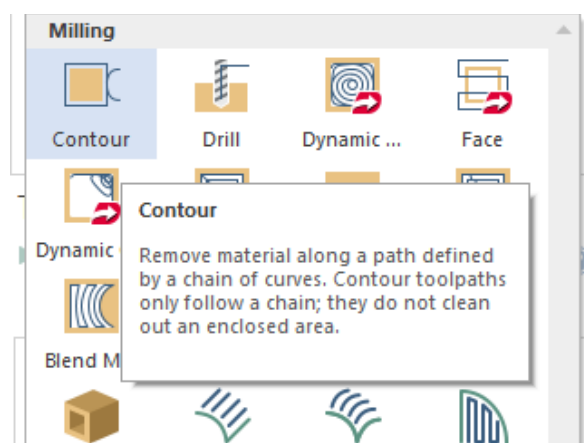


Slika 7.94. Komentari

7.2.8. Operacija 50: Glodanje vanjske konture-grubo

Definiranje vrste obrade

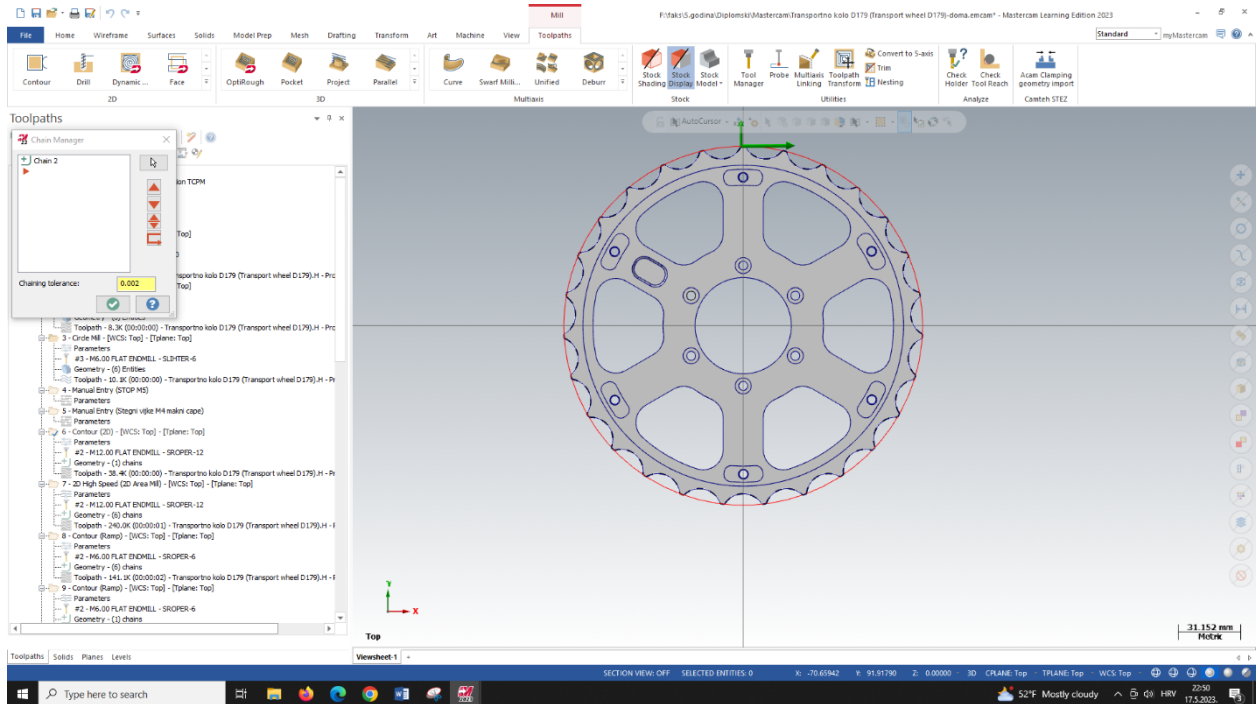
Za operaciju 50 obrada se bira pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** pod opcijom **Contour** što je prikazano na slici 7.95.



Slika 7.95. Vrsta obrade (OP50)

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.96. te se vidi da je to vanjska kontura komada.



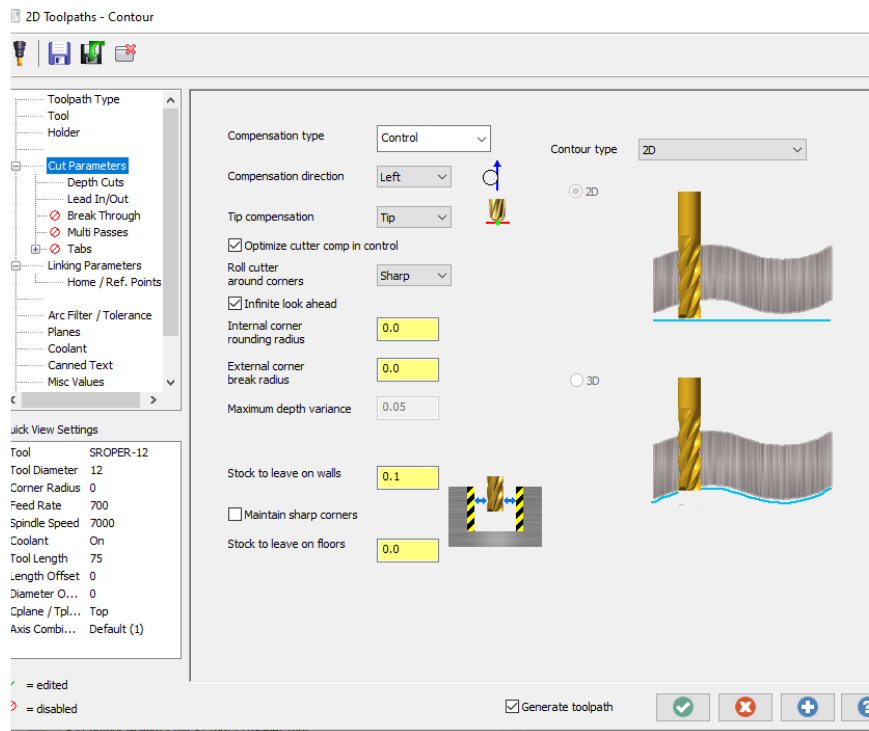
Slika 7.96. Odabir geometrije (OP50)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za grubu obradu $\varnothing 12$ sa sljedećim režimima rada: posmak po zubu: 0,025 mm/zub, posmična brzina: 700 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 263,902 m/min.

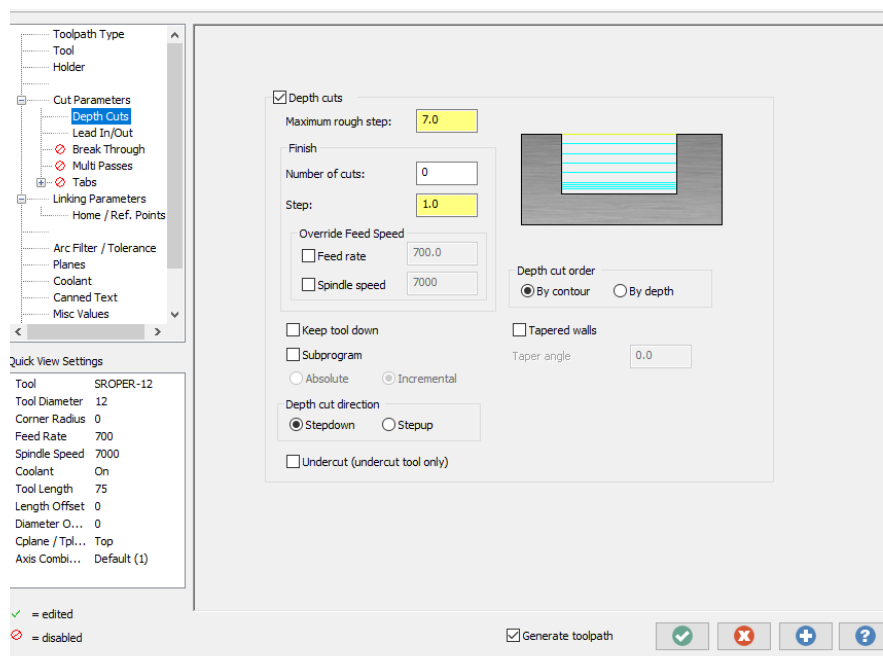
Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način 2D, lijeva kompenzacija alata te dodatak za finu obradu na zidovima u vrijednosti 0,1 mm. Pod **Compensation type** u ovom zahvatu odabrana je opcija **Control** kojom se u obzir uzima istrošenje alata (Slika 7.97.)



Slika 7.97. Definiranje parametara rezanja (OP50)

Obzirom da se radi o većoj količini materijala koji se skida potrebno je konturu obraditi u više prolaza s točno određenim dubinama rezanja. Odabir se vrši pod karticom **Depths** (Slika 7.98.).



Slika 7.98. Definiranje dubine rezanja (OP50)

Iz slike 7.98. vidljivo je kako će se obrada vršiti u više prolaza s dubinom rezanja od 7 mm.

Definiranje dubine obrade

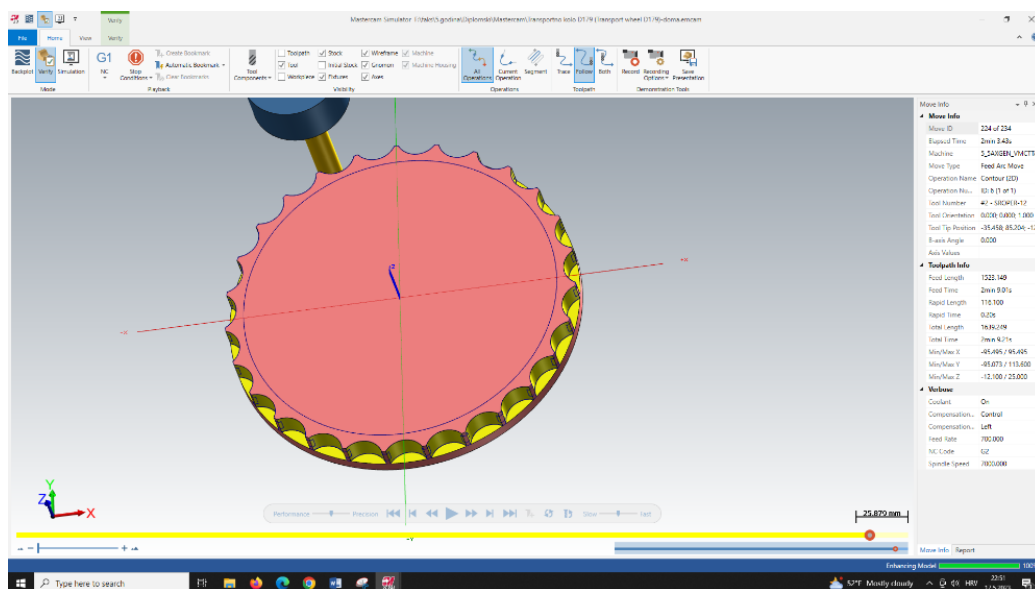
Top of stock odabran je za zahvat 5 kao 0 mm apsolutno, a dubina rezanja -12,1 mm apsolutno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 50 iznosi 2m:9s.

Simulacija obrade

Na slici 7.99. prikazana je simulacija operacije 50.

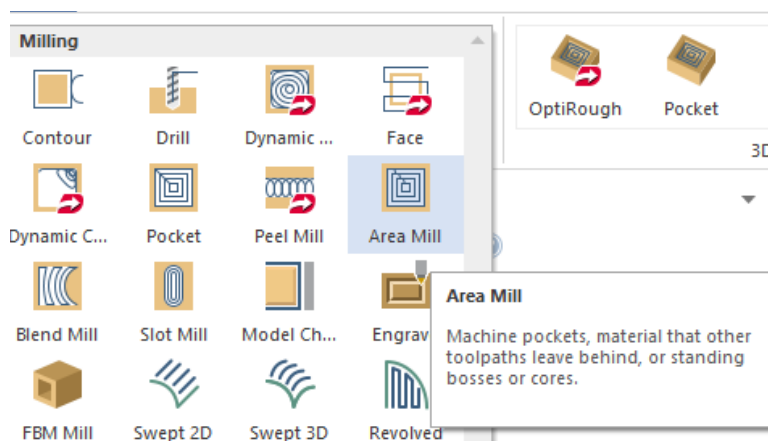


Slika 7.99. Simulacija (OP50)

7.2.9. Operacija 60: Glodanje džepova 131-136 -grubo (6x)

Definiranje vrste obrade

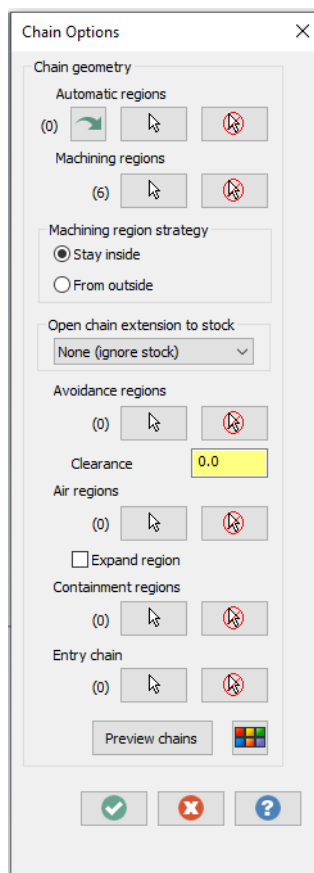
Za operaciju 60 obrada se bira pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling uz** način obrade **Area mill** što je prikazano na slici 7.100.



Slika 7.100. Vrsta obrade (OP60)

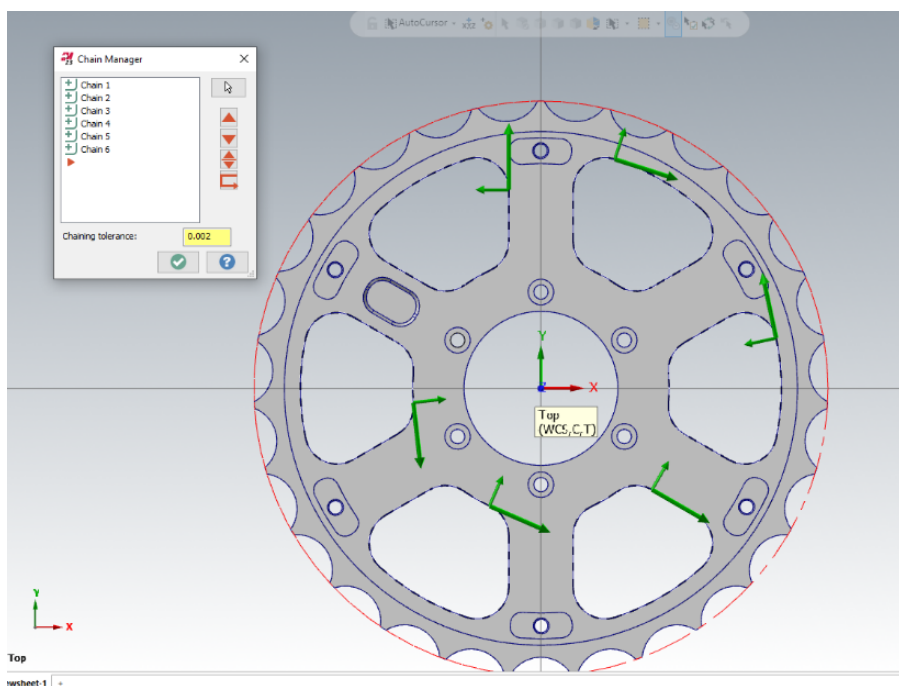
Definiranje geometrije

Geometrija kod area mill opcije bira se pomoću dvije glavne opcije: **Machining region** i **Avoidance region** što predstavlja područje obrade i područje izbjegavanja. Kao geometrija za operaciju 60 odabiru se konture šest velikih džepova kao što je prikazano na slici 7.101.



Slika 7.101. Machining region/Avoidance region

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.102. te se vidi da je to kontura 6 manjih džepova.



Slika 7.102. Odabir geometrije (OP60)

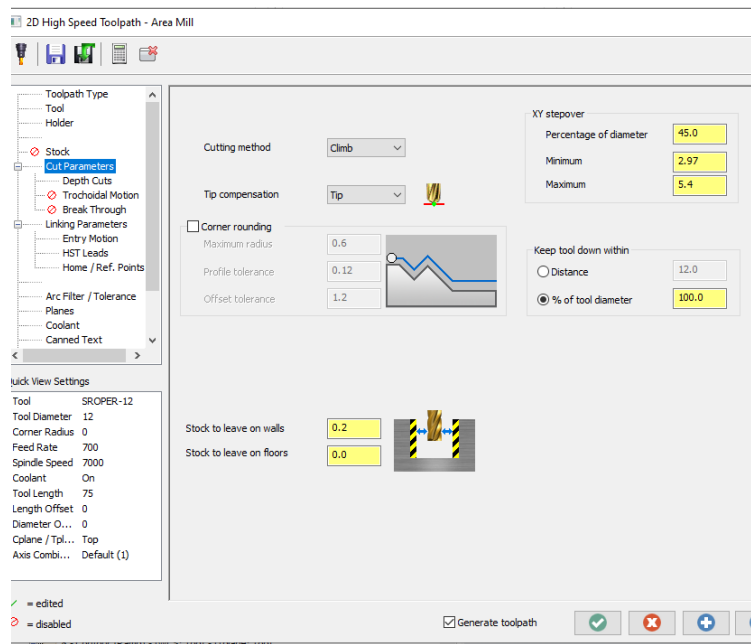
Definiranje alata

Odabire se glodalo za grubu obradu $\varnothing 12$ sa sljedećim režimima rada: posmak po zubu: 0,025 mm/zub, posmična brzina: 700 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/mini brzina rezanja: 263,902 m/min.

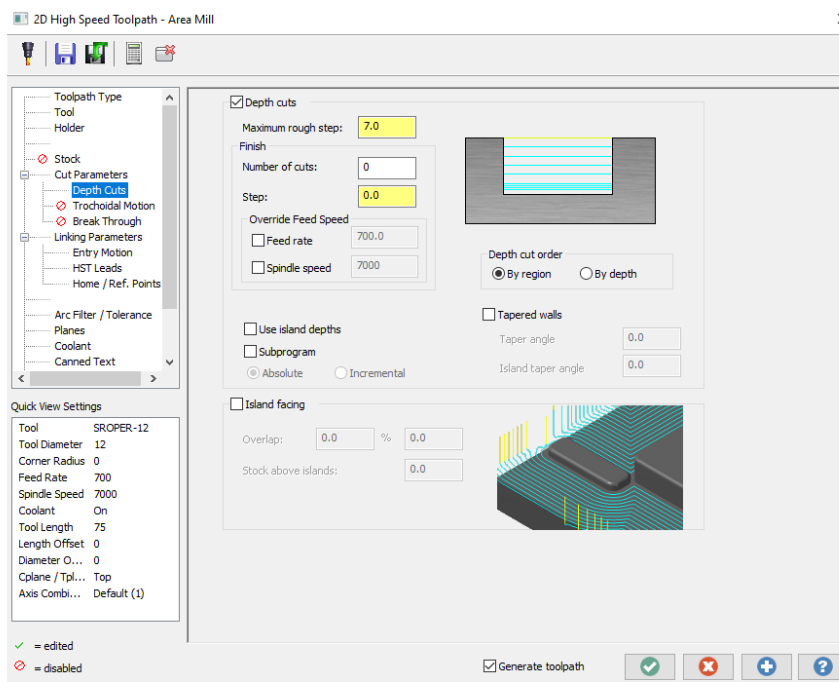
Definiranje strategije obrade

Dodatak za finu obradu na zidovima postavljen je u vrijednosti od 0,2 mm. Ostali parametri su postavljeni po defaultu. (Slika 7.103.)

Obzirom da se radi o većoj količini materijala koji se skida potrebno je geometriju obraditi u više prolaza s određenim dubinama rezanja. Iz slike 7.104. vidljivo je kako će se obrada vršiti u više prolaza s dubinom rezanja od 7 mm.



Slika 7.103. Definiranje parametara rezanja (OP60)



Slika 7.104. Definiranje dubine rezanja (OP60)

Definiranje dubine obrade

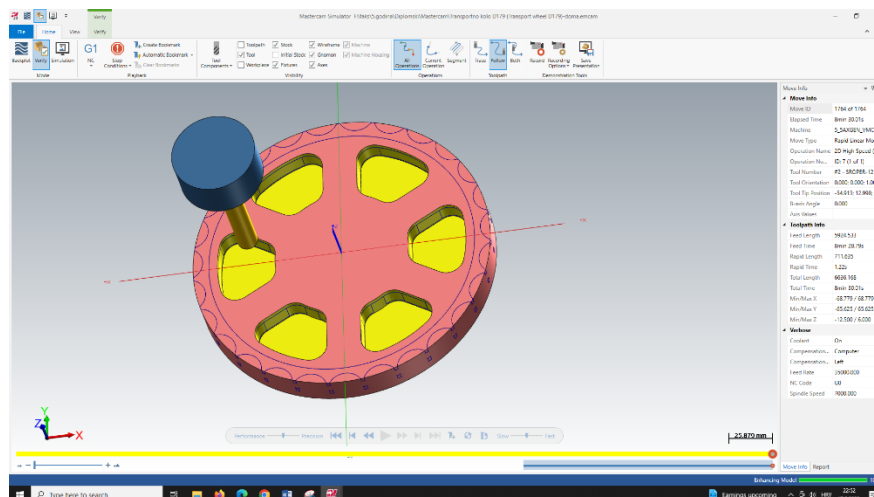
Top of stock odabran je za operaciju 60 kao -3 mm inkrementalno, a dubina rezanja -9,5 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 60 iznosi 8m:29s.

Simulacija obrade

Na slici 7.105. prikazana je simulacija operacije 60



Slika 7.105. Simulacija (OP60)

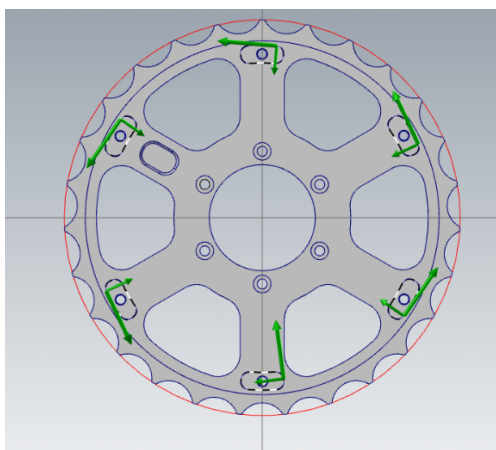
7.2.10. Operacija 70: Glodanje džepova 141-146 -grubo (6x)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 60 obrada se bira pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** uz način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.106. te se vidi da je to kontura šest manjih džepova.



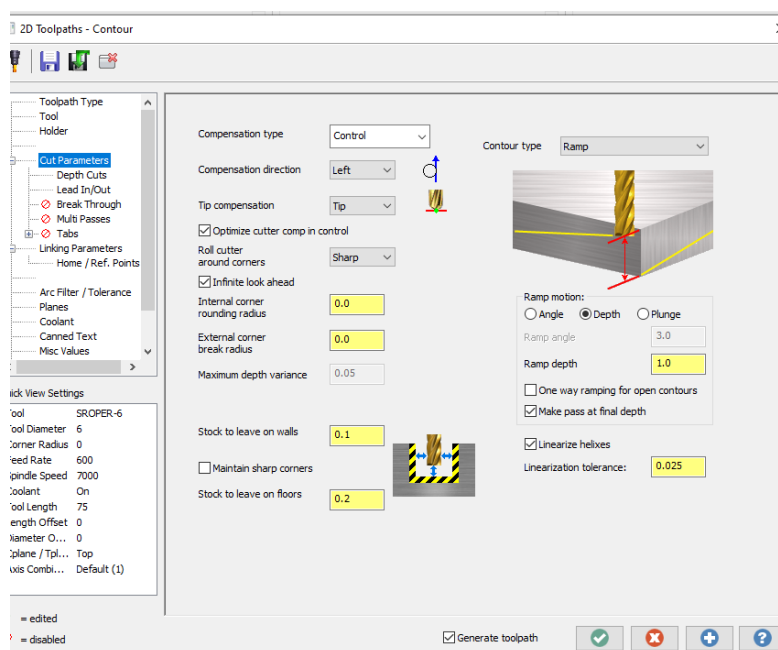
Slika 7.106. Odabir geometrije (OP70)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za grubu obradu $\varnothing 6$ sa sljedećim režimima rada: posmak po zubu: 0,0286 mm/zub, posmična brzina: 600 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 131,951 m/min.

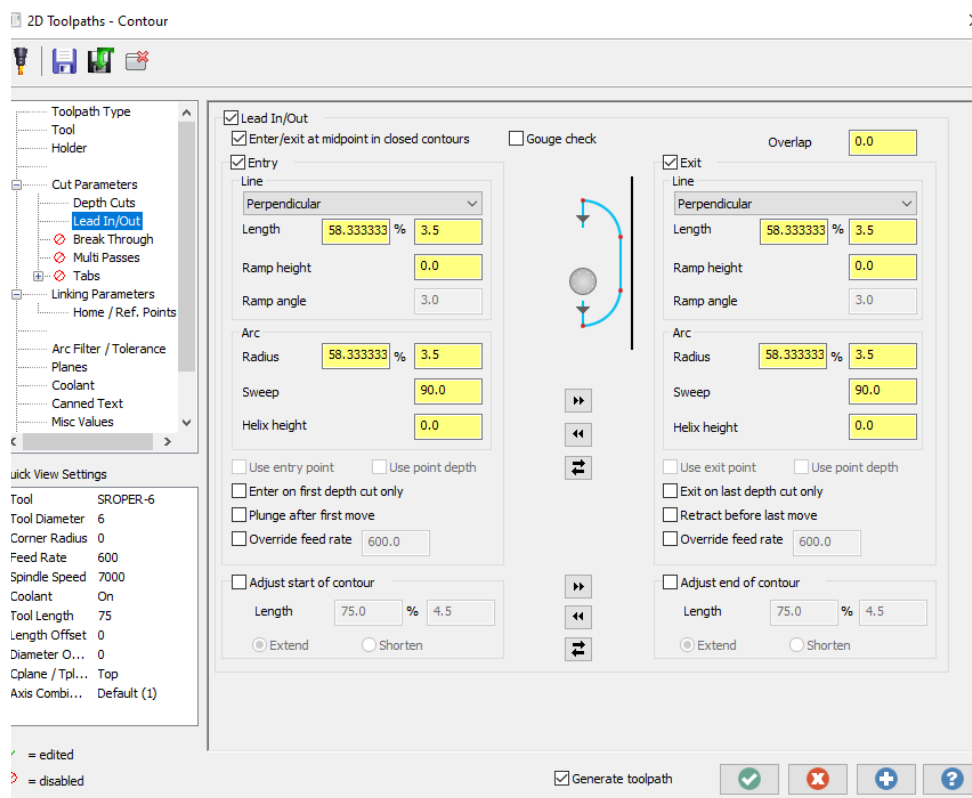
Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **Ramp** s dubinom rampe od 1 mm, lijeva kompenzacija alata te dodatak za finu obradu na zidovima u vrijednosti 0,1 mm i na „podovima“ 0,2 mm. Pod Compensation type odabrana se opcija Control. (Slika 7.107.)



Slika 7.107. Definiranje parametara rezanja (OP70)

Obzirom da se radi o zatvorenoj konturi koja je svojom geometrijom vrlo uska potrebno je definirati ulaz i izlaz alata pod karticom **Lead in/ out**. (Slika 7.108.)



Slika 7.108. Definiranje ulaza i izlaza alata (OP70)

Iz slike 7.108. vidljivo je kako će se ulaz i izlaz alata vršiti u centru jer je uključena opcija ulaza i izlaz u centru unutar zatvorene konture (**Enter/exit at midpoint in closed contours**).

Definiranje dubine obrade

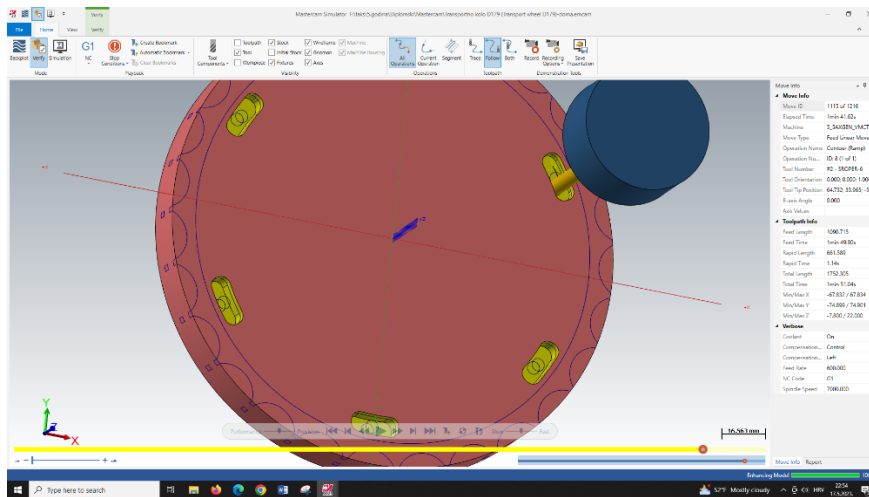
Top of stock postavljen je kao -3 mm apsolutno, a dubina rezanja -5 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 70 iznosi 1m:50s.

Simulacija obrade

Na slici 7.109. prikazana je simulacija operacije 70.



Slika 7.109. Simulacija (OP70)

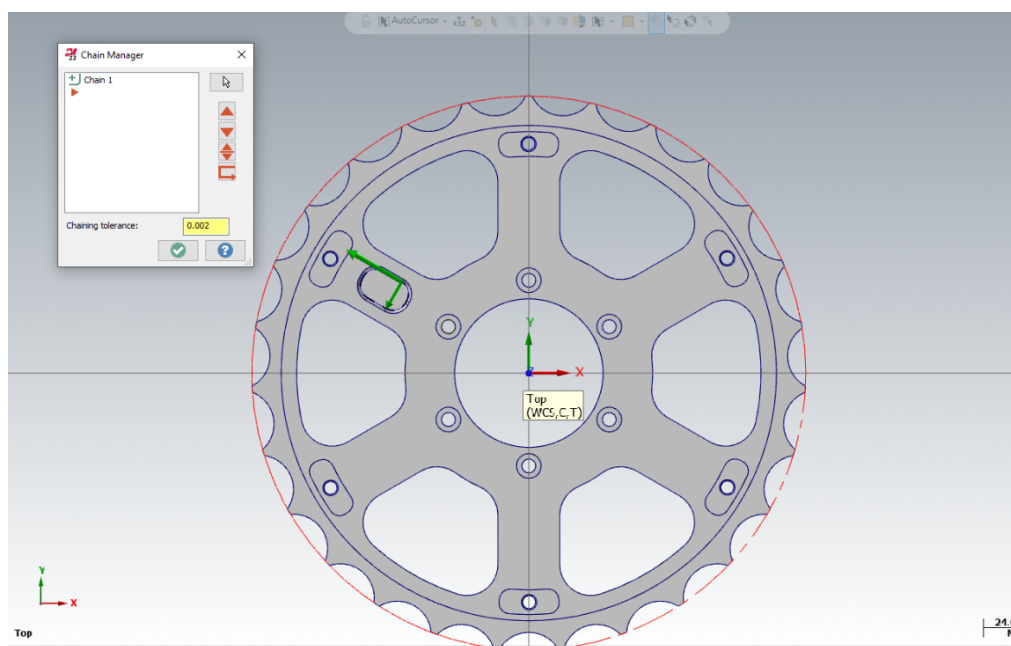
7.2.11. Operacija 80: Glodanje džepa 161 -grubo

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 80 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.110. te se vidi da je to kontura džepa „H7“.



Slika 7.110. Odabir geometrije (OP80)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za grubu obradu Ø6 sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,0286 mm/zub, posmična brzina: 600 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 131,951 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **Ramp** s dubinom rampe od 1 mm, lijeva kompenzacija alata te dodatak za finu obradu na zidovima u vrijednosti 0,1 mm i na „podovima“ 0,2 mm. Pod Compensation type odabrana se opcija Control. Ulaz i izlaz alata definiran je na isti način kao u prethodnom zahvatu.

Definiranje dubine obrade

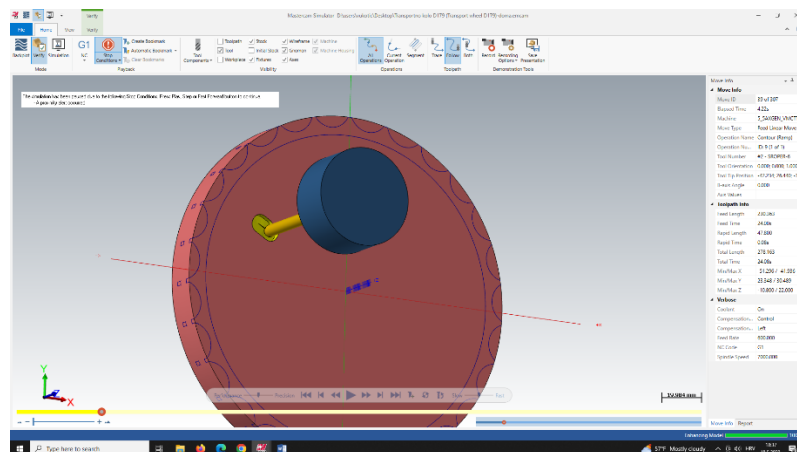
Top of stock postavljen je na -3 mm apsolutno, a dubina rezanja -5,855 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operaciju 80 iznosi 24 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.111. prikazana je simulacija operacije 80.



Slika 7.111. Simulacija (OP80)

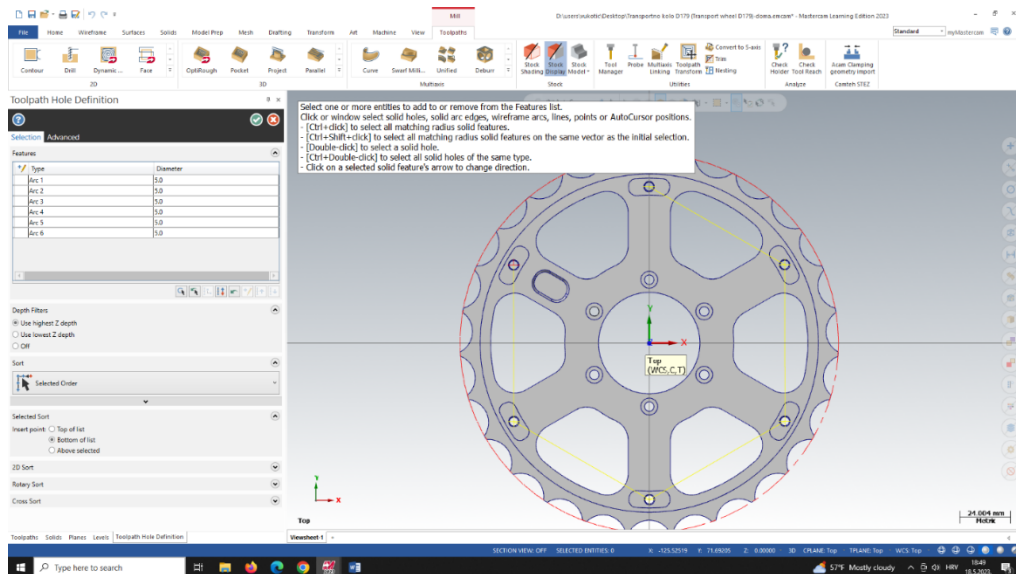
7.2.12. Operacija 90: Zabušivanje za provrte 151-156 ($\varnothing 4$ mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 90 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Hole making** obrada **Drill**.

Definiranje geometrije

Na slici 7.112. vidljivo je kako je odabrano 6 rupa promjera 5 mm.



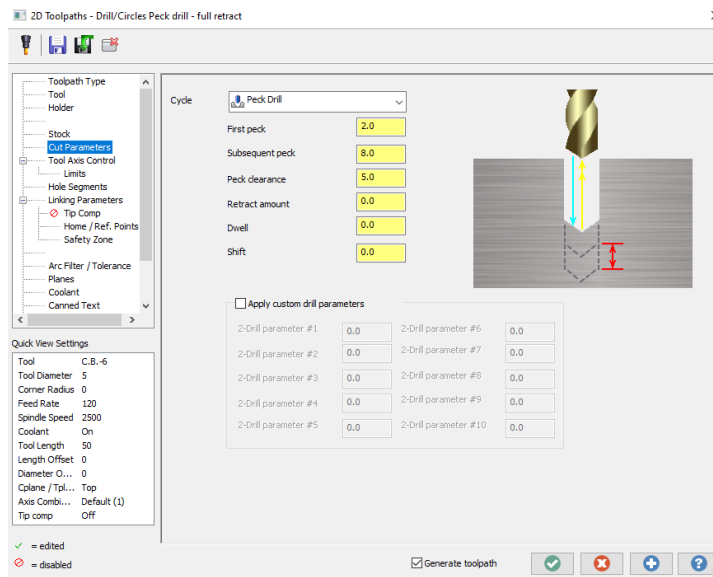
Slika 7.112. Odabir geometrije (OP90)

Definiranje alata

Odabire se zabušivač $\varnothing 5$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,024 mm/zub, posmična brzina: 120 mm/min, brzina vrtnje: 2500 okr/min i brzina rezanja: 39,27 m/min.

Definiranje strategije obrade

Odabrana strategija prikazana je na slici 7.113. Obzirom da se buši na veću dubinu potrebno je bilo odrediti i **Subsequent peck**.



Slika 7.113. Definiranje parametara rezanja (OP90)

Definiranje dubine obrade

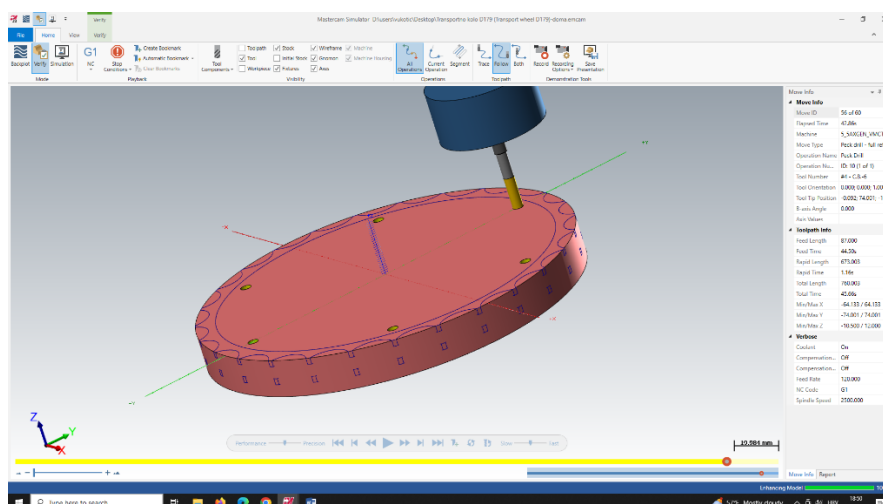
ToS=-5 mm inkrementalno te dubina rezanja od -10,5 mm apsolutno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 90 iznosi 44,5 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.114. prikazana je simulacija operacije 90.



Slika 7.114. Simulacija (OP90)

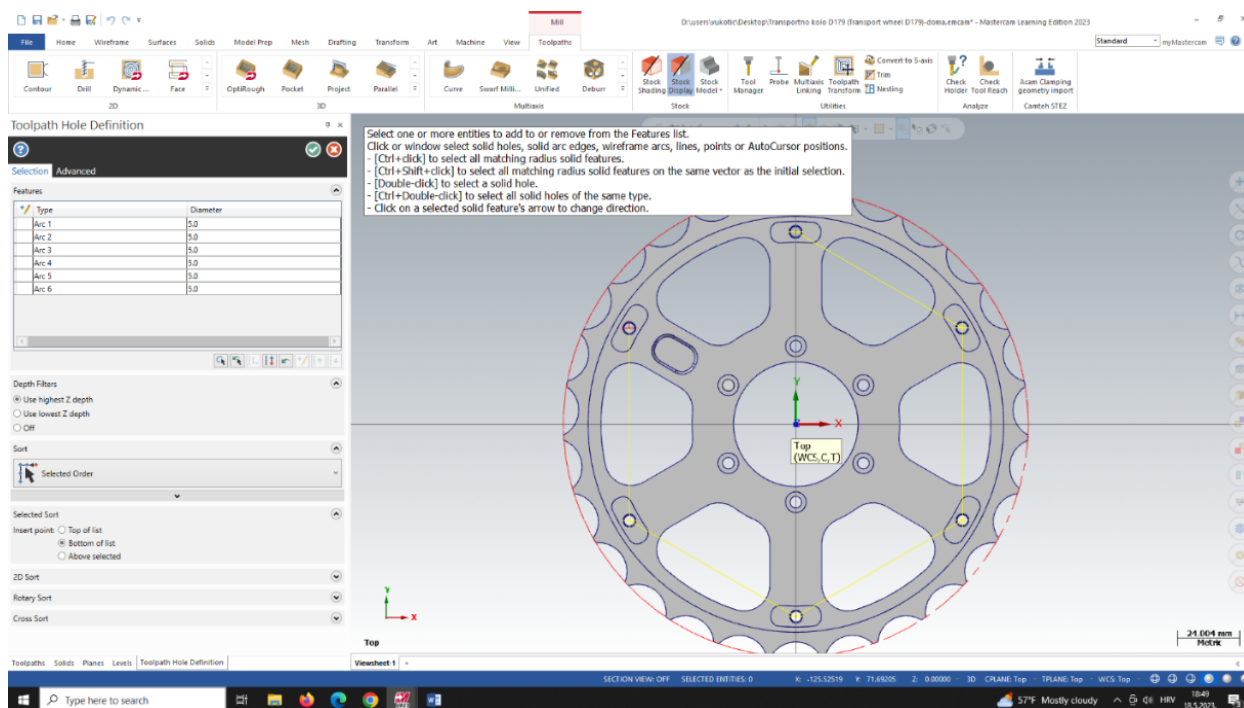
7.2.13. Operacija 100: Bušenje provrta 151-156 ($\varnothing 4,2$ mm)

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 100 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Hole making** obrada **Drill**.

Definiranje geometrije

Na slici 7.115. vidljivo je kako je odabrano 6 rupa promjera 5 mm.



Slika 7.115. Odabir geometrije (OP100)

Definiranje alata

Odabire se svrdlo $\varnothing 4,2$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,024 mm/zub, posmična brzina: 120 mm/min, brzina vrtnje: 2500 okr/min i brzina rezanja: 32,987 m/min.

Definiranje strategije obrade

Odabrana strategija jednaka je prethodnoj operaciji.

Definiranje dubine obrade

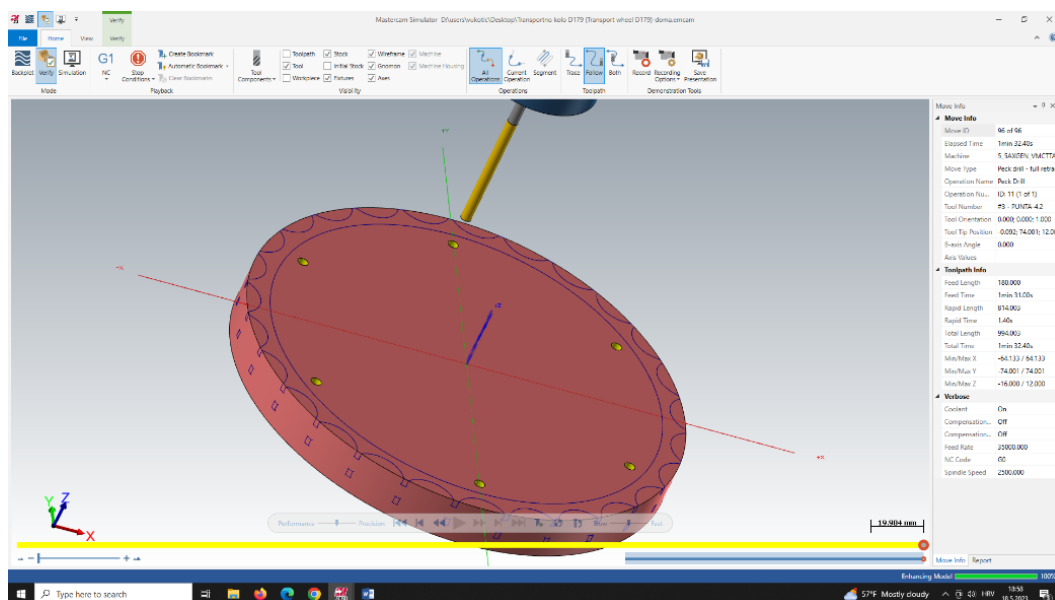
ToS = -5 mm inkrementalno te dubina rezanja od -16 mm apsolutno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 100 iznosi 1m:31s.

Simulacija obrade

Na slici 7.116. prikazana je simulacija operacije 100.



Slika 7.116. Simulacija (OP100)

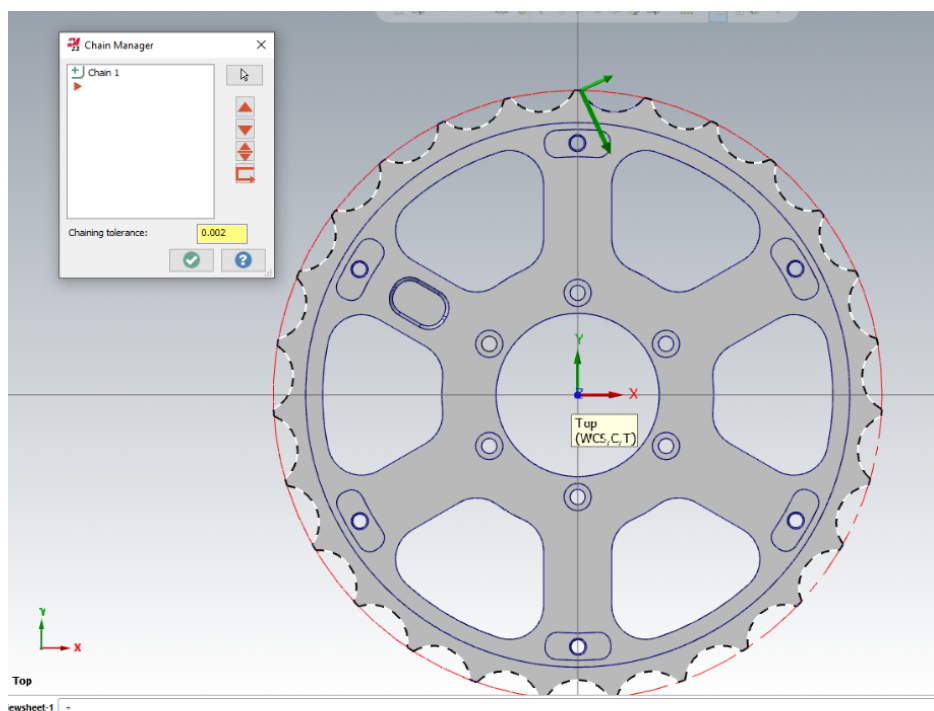
7.2.14. Operacija 110: Glodanje vanjske konture-fino

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 110 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.117. te se vidi da je to vanjska kontura izratka.



Slika 7.117. Odabir geometrije (OP110)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za finu obradu $\varnothing 12$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,0333 mm/zub, posmična brzina: 800 mm/min, brzina vrtnje: 6000 okr/min i brzina rezanja: 226,2 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **2D**, lijeva kompenzacija alata te 0 mm dodataka za obradu obzirom da se radi o finoj obradi izratka. Pod **Compensation type** odabrana se opcija **Control**. Obzirom da se radi o otvorenoj konturi isključena je opcija ulaska alata u centar konture.

Definiranje dubine obrade

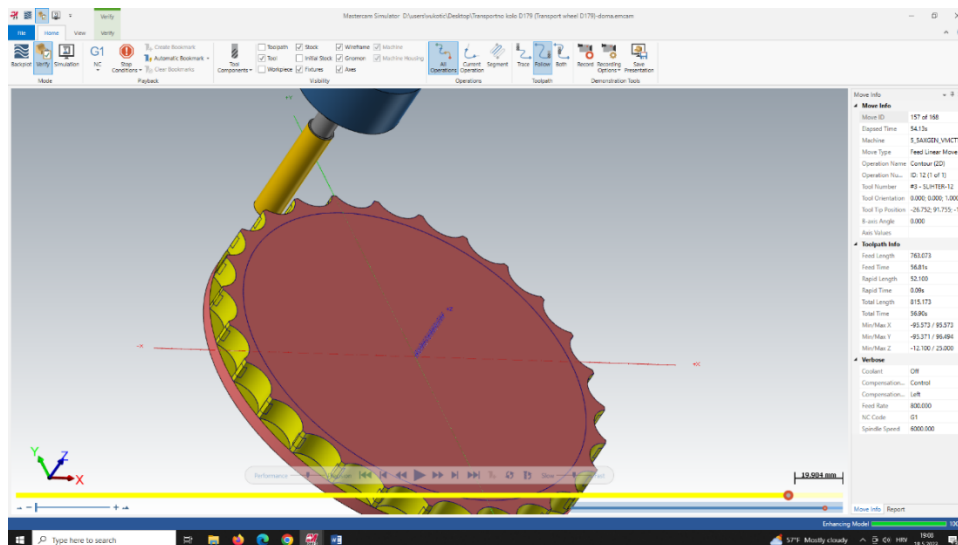
Top of stock postavljen je na 0 mm apsolutno, a dubina rezanja -12,1 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 110 iznosi 56,8s.

Simulacija obrade

Na slici 7.118. prikazana je simulacija operacije 110.



Slika 7.118. Simulacija (OP110)

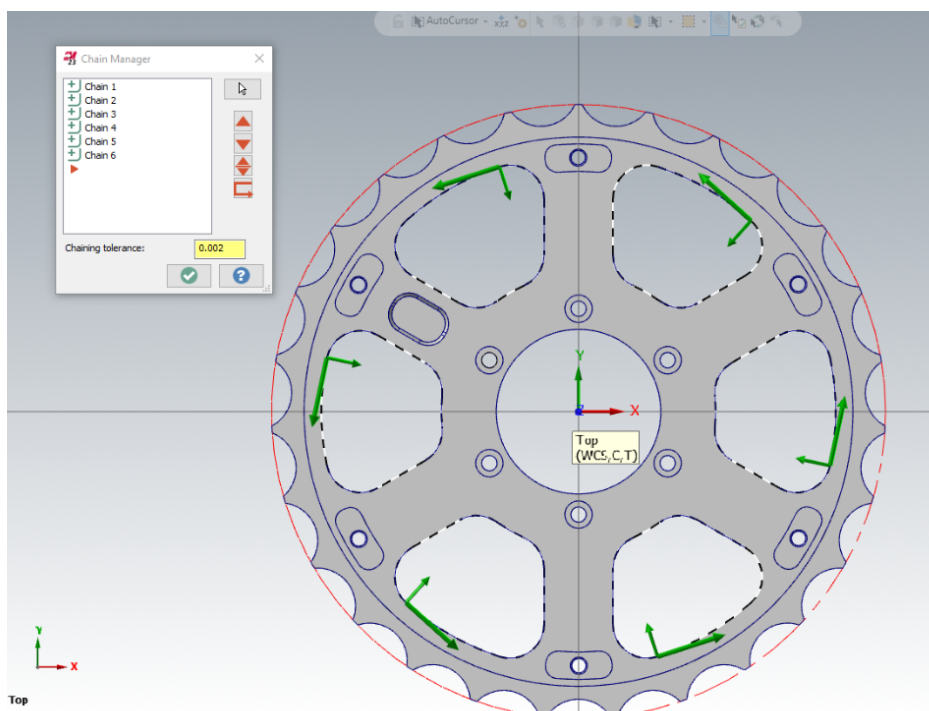
7.2.15. Operacija 120: Glodanje džepova 131-136 -fino (6x)

Definiranje vrste obrade

Za operacije 120 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.119. te se vidi da je to kontura 6 velikih džepova.



Slika 7.119. Odabir geometrije (OP120)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za finu obradu $\varnothing 12$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,0333 mm/zub, posmična brzina: 800 mm/min, brzina vrtnje: 6000 okr/min i brzina rezanja: 226,2 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **2D**, lijeva kompenzacija alata te 0 mm dodataka za obradu obzirom da se radi o finoj obradi izratka. Pod Compensation type odabrana se opcija Control.

Definiranje dubine obrade

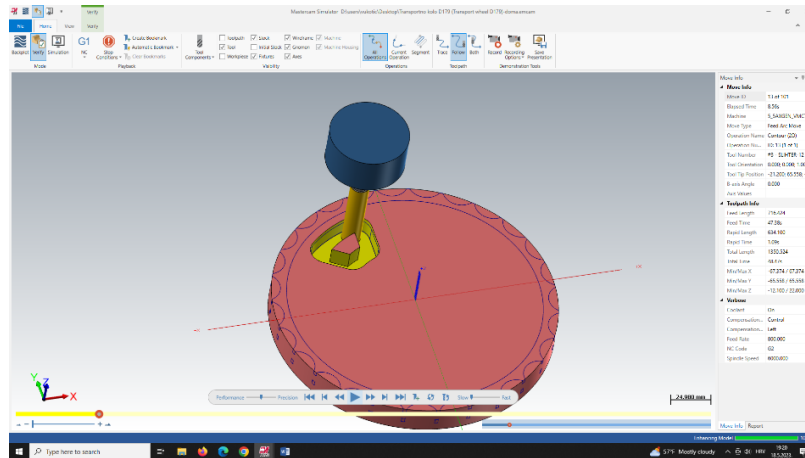
Top of stock postavljen je na -3 mm apsolutno, a dubina rezanja -9,3 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 120 iznosi 47,37s.

Simulacija obrade

Na slici 7.120. prikazana je simulacija operacije 120.



Slika 7.120. Simulacija (OP120)

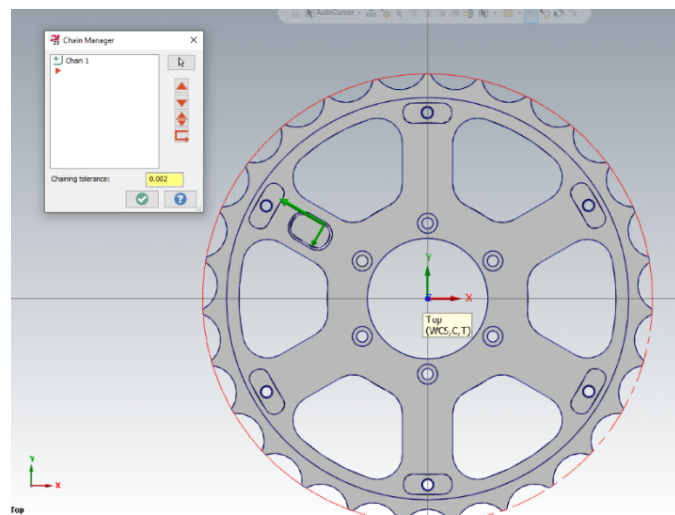
7.2.16. Operacija 130: Glodanje džepa 161 -fino

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 130 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.121. te se vidi da je to kontura džepa „H7“.



Slika 7.121. Odabir geometrije (OP130)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za finu obradu $\varnothing 6$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,025 mm/zub, posmična brzina: 600 mm/min, brzina vrtnje: 6000 okr/min i brzina rezanja: 113,1 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **2D**, lijeva kompenzacija alata te 0 mm dodataka za obradu obzirom da se radi o finoj obradi izratka. Pod **Compensation type** odabrana se opcija **Control**.

Obzirom da se radi o zatvorenoj konturi bitno je uključiti pod karticom **Lead in/out** opciju kojom alat ulazi u centru zatvorene konture.

Definiranje dubine obrade

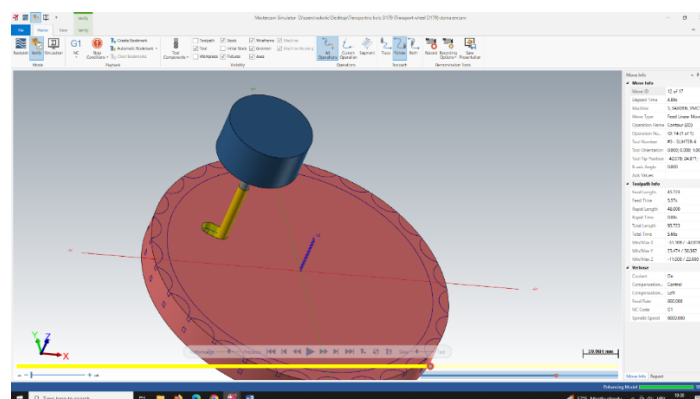
Top of stock postavljen je na -3 mm apsolutno, a dubina rezanja -11 mm apsolutno

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 130 iznosi 5,57 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.122. prikazana je simulacija operacije 130.



Slika 7.122. Simulacija (OP130)

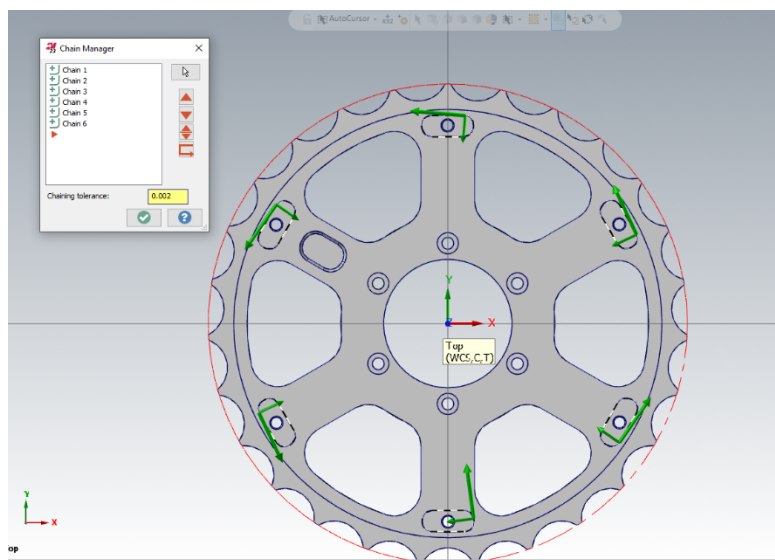
7.2.17. Operacija 140: Glodanje džepova 141-146 -fino

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 140 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.123. te se vidi da je to kontura šest manjih džepova.



Slika 7.123. Odabir geometrije (OP140)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za finu obradu $\varnothing 6$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,025 mm/zub, posmična brzina: 600 mm/min, brzina vrtnje: 6000 okr/min i brzina rezanja: 113,1 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **2D**, lijeva kompenzacija alata te 0 mm dodataka za obradu obzirom da se radi o finoj obradi izratka. Pod **Compensation type** odabrala se opcija **Control**.

Obzirom da se radi o zatvorenoj konturi bitno je uključiti pod karticom **Lead in/out** opciju kojom alat ulazi u centru zatvorene konture.

Definiranje dubine obrade

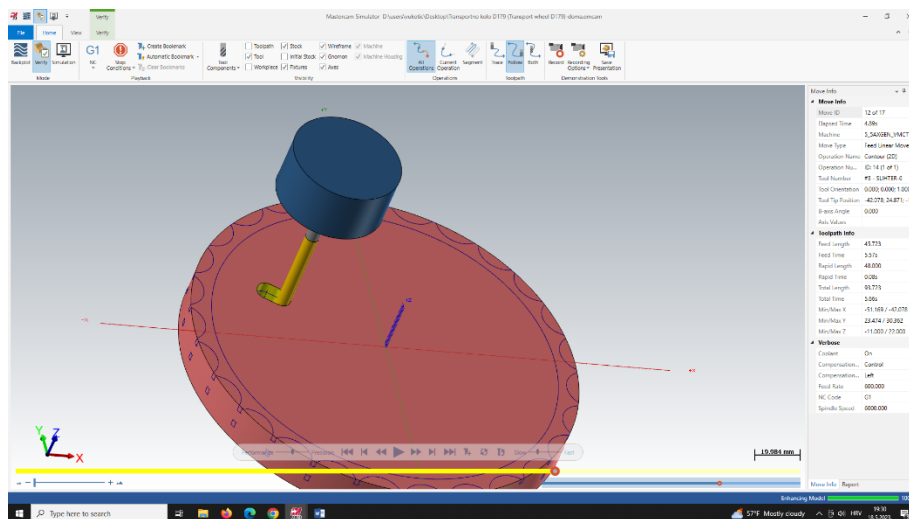
Top of stock postavljen je na -3 mm apsolutno, a dubina rezanja -5 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 140 iznosi 29,5 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.124. prikazana je simulacija operacije 140.

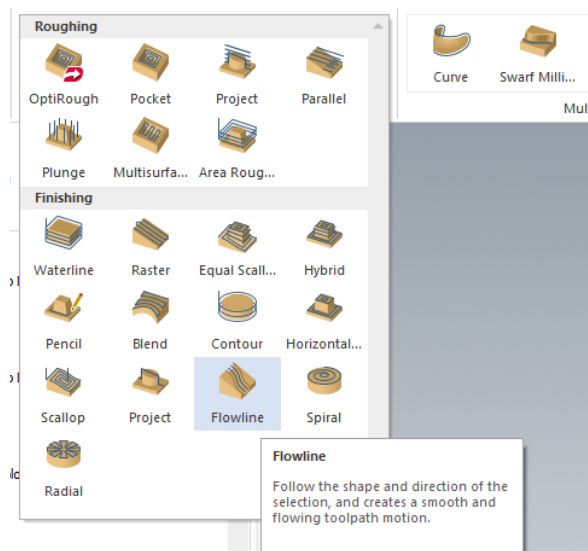


Slika 7.124. Simulacija (OP140)

7.2.18. Operacija 150: Izrada skošenja $1 \times 15^\circ$ na džepu 161

Definiranje vrste obrade

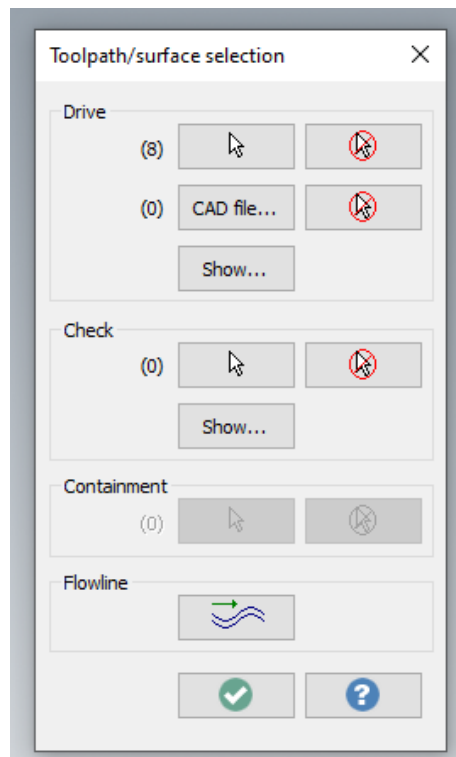
Za operaciju 150 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **3D** i opcijom **Finishing** način obrade **Flowline**.



Slika 7.125. Vrsta obrade (OP150)

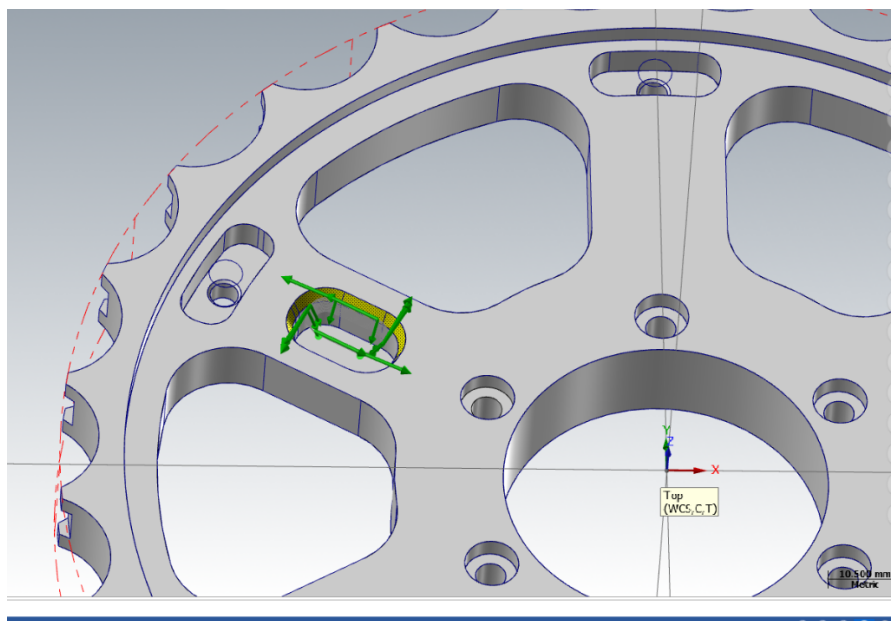
Definiranje geometrije

Biranje geometrije započinje odabirom lanca po kojem se vrši putanja alata. Da bi se selektirao lanac potrebno je kliknuti na opciju **Flowline** prikazanu na slici 7.126.



Slika 7.126. Flowline

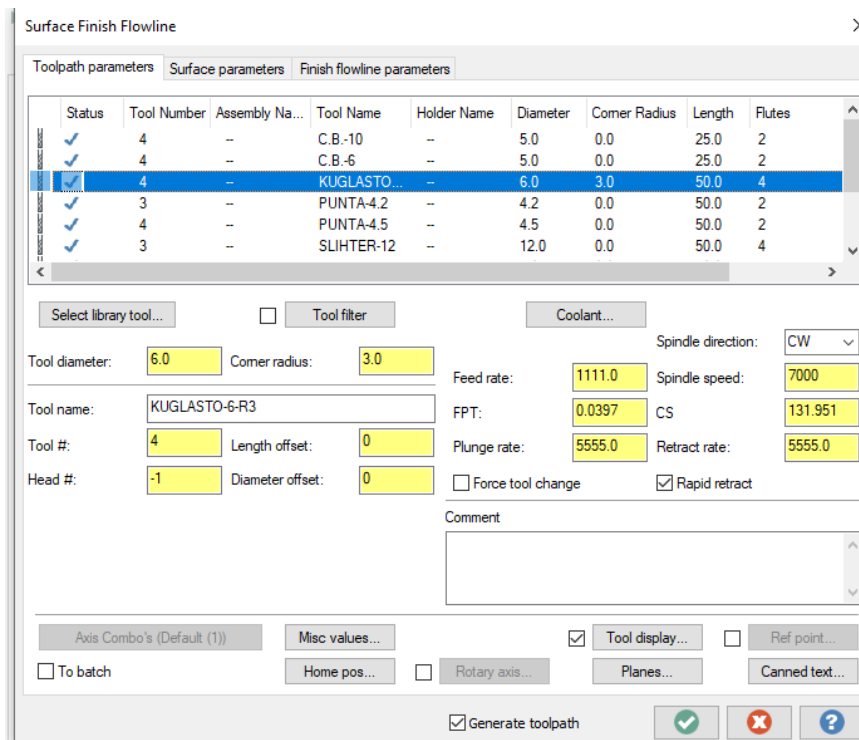
Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.127. te se vidi da je to kontura džepa „H7“ na kojem je potrebno izvesti skošenje 1x15°.



Slika 7.127. Odabir geometrije (OP150)

Definiranje alata

Odabrani alat te režimi obrade prikazani su na slici 7.128.

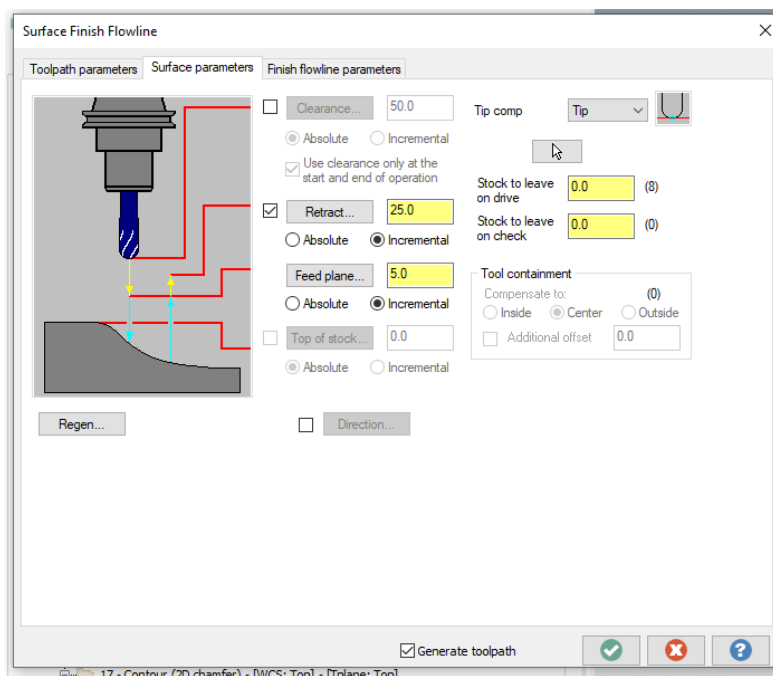


Slika 7.128. Odabir alata (OP150)

Odabire se kuglasto glodalo za izradu skošenja $\varnothing 6$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,0397 mm/zub, posmična brzina: 1111 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 131,951 m/min.

Definiranje strategije obrade

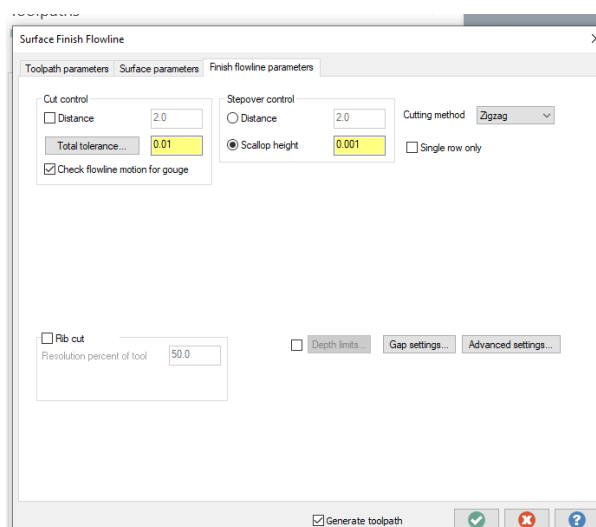
Obzirom da se radi o izradi skošenja, dodaci za finu obradu na zidu i na „podu“ iznose 0 mm kao što je prikazano na slici 7.129.



Slika 7.129. Definiranje parametara rezanja (OP150)

Definiranje putanje

Pod **Scallop height** unosi se vrijednost koji označava visinu materijala koji ostaje netaknut između dva uzastopna prolaza alata. (Slika 7.130.)



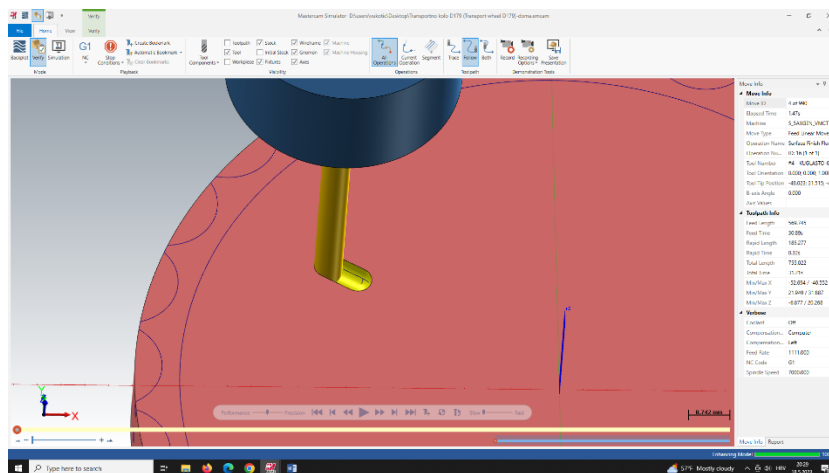
Slika 7.130. Definiranje putanje (OP150)

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 150 iznosi 30,91 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.131. prikazana je simulacija operacije 150.



Slika 7.131. Simulacija (OP150)

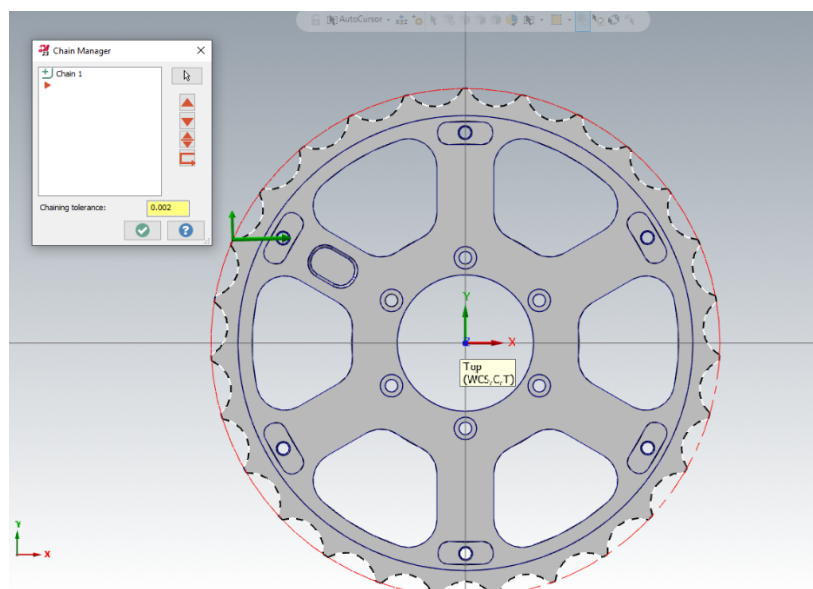
7.2.19. Operacija 160: Izrada skošenja na vanjskoj konturi

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 160 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.132. te se vidi da je to vanjska kontura izratka.



Slika 7.132. Odabir geometrije (OP160)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za izradu skošenja $\varnothing 4$ sa sljedećim režimima rada: posmak po zubu: 0,0357 mm/zub, posmična brzina: 1000 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 87,967 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **2D chamfer**, lijeva kompenzacija alata te 0 mm dodataka za obradu obzirom da se radi o izradi skošenja. Pod **Compensation type** odabrana se opcija **Computer**.

Definiranje dubine obrade

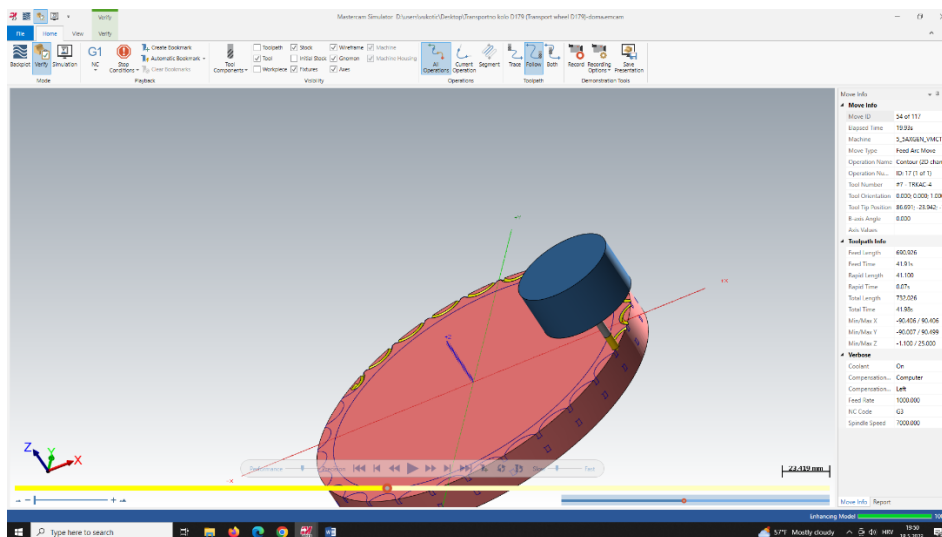
Top of stock odabran je za zahvat 18 kao 0 mm apsolutno, a dubina rezanja 0 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 160 iznosi 41,1 s.

Simulacija obrade

Na slici 7.133. prikazana je simulacija operacije 160.



Slika 7.133. Simulacija (OP160)

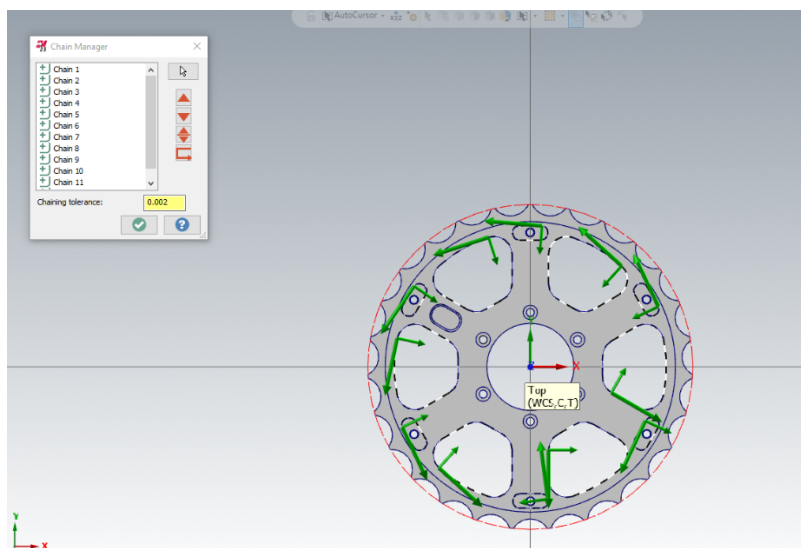
7.2.20. Operacija 170: Izrada skošenja na džepovima 131-136 i 141-146

Definiranje vrste obrade

Za operaciju 170 bira se pod karticom **Toolpaths**, prozorom **2D** i opcijom **Milling** način obrade **Contour**.

Definiranje geometrije

Odabrana geometrija prikazana je na slici 7.134. te se vidi da je to kontura šest velikih džepova izratka i šest manjih džepova.



Slika 7.134. Odabir geometrije (OP170)

Definiranje alata

Odabire se glodalo za izradu skošenja $\varnothing 4$ sa sljedećim režimima rada - posmak po zubu: 0,0357 mm/zub, posmična brzina: 1000 mm/min, brzina vrtnje: 7000 okr/min i brzina rezanja: 87,967 m/min.

Definiranje strategije obrade

Za potrebe obrade vanjske konture pod **Contour type** odabran je način **2D chamfer**, lijeva kompenzacija alata te 0 mm dodataka za obradu obzirom da se radi o izradi skošenja. Pod **Compensation type** odabrana se opcija **Computer**.

Definiranje dubine obrade

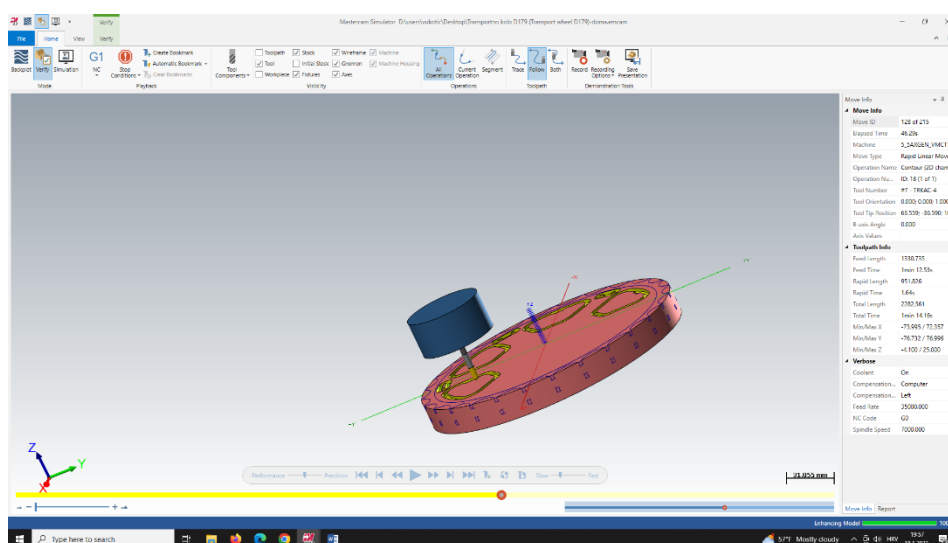
Top of stock postavljen je na 0 mm apsolutno, a dubina rezanja 0 mm inkrementalno.

Vrijeme obrade

Ukupno vrijeme operacije 170 iznosi 1m:12 s.

Simulacija obrade

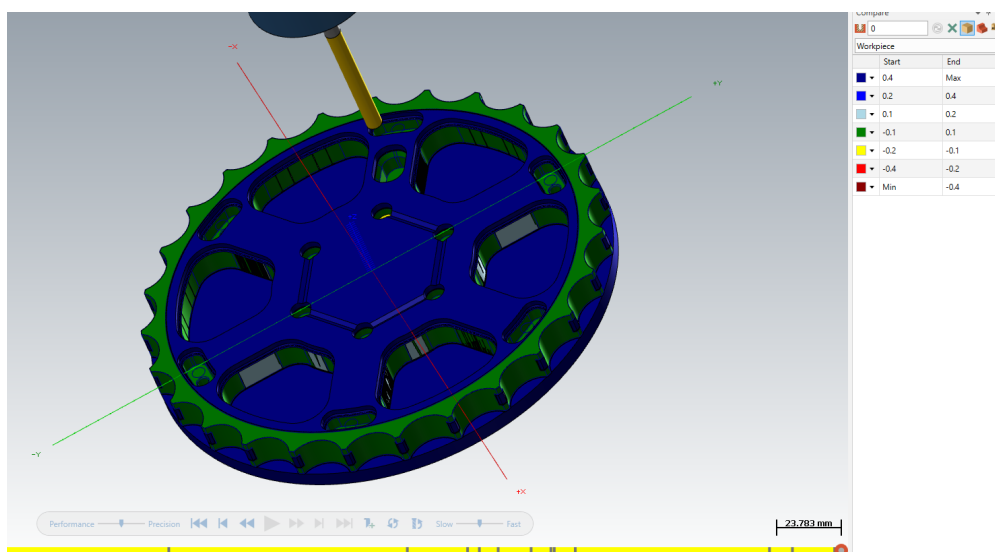
Na slici 7.135. prikazana je simulacija operacije 170.



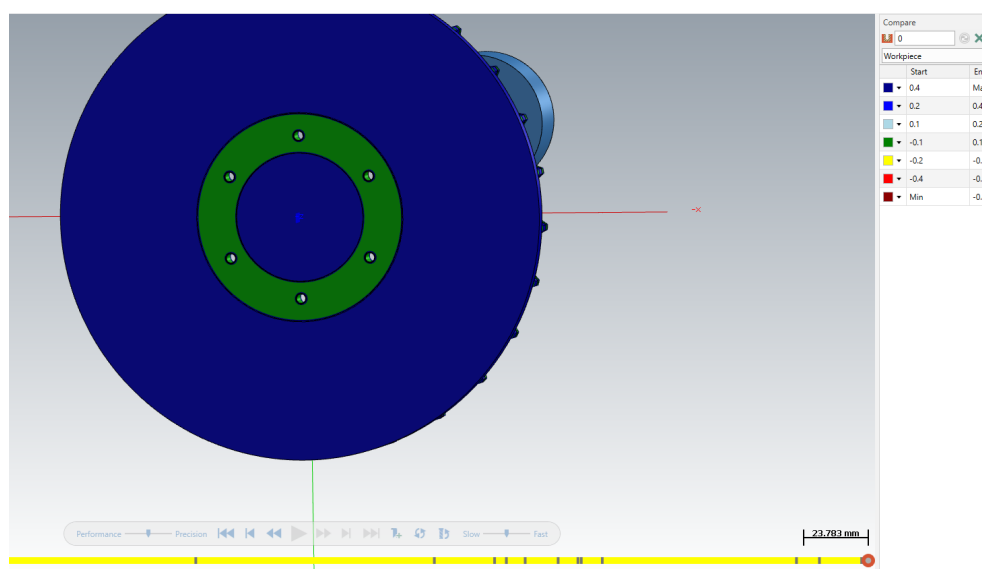
Slika 7.135. Simulacija (OP170)

7.2.21. Provjera ispravnosti modela

Na slikama 7.136. i 7.137. prikazana je provjera ispravnosti modela. Vidljivo je kako je određeni broj površina u plavoj boji što bi signaliziralo da obrada nije dobro izvršena, ali u ovom slučaju te površine su prethodno obrađene tokarenjem te uopće ne postoje u samom ulasku komada u operaciju glodanja i bušenja. Zbog nemogućnosti Mastercam-a da formira sirovac na način na koji on stvarno izgleda, te površine označene su plavom bojom. Vidljivo je iz slika kako su površine koje su se obradile glodanjem i bušenjem označene zelenom bojom što znači da su obrađene na traženi način i traženu mjeru.



Slika 7.136. Verifikacija modela



Slika 7.137. Verifikacija modela

7.2.22. Ukupno trajanje izrade transportnog kola D179

Ukupno trajanje operacija glodanja i bušenja iznosi 20 minuta i 56 sekundi. Uz operaciju tokarenja koja je trajala 1001,97 sekundi tj. 16,7 minuta, ukupno vrijeme izrade transportnog kola D179 iznosilo je 37 minuta i 56 sekundi.

8. EKONOMSKA ANALIZA

Troškovi proizvodnje komada ovisit će o politici tvrtke te vlastitim postavljenim cijenama rada. Kako bi se izračunao trošak izrade transportnog kola prvo je potrebno bilo odrediti masu materijala za izradu transportnog kola te za izradu stezne naprave. Kako bi se izračunala masa ulaznog materijala potrebnog za izradu transportnog kola izračunao se njegov volumen tj. volumen pune šipke, $V_{\text{šipke}}$ [mm³]. Volumen se računao prema formuli 8.1:

$$V_{\text{šipke}} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot l \quad (8.1)$$

gdje je:

D - promjer šipke, [mm]

l - duljina šipke, [mm]

Volumen stoga iznosi:

$$V_{\text{šipke}} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot l = \frac{180^2 \cdot \pi}{4} \cdot 23 = 585\,278,711 \text{ mm}^3$$

Isti postupak proveo se za izračun volumena ulaznog materijala za izradu stezne naprave te je volumen iznosio:

$$V_{\text{stezna naprava}} = d \cdot \check{s} \cdot h = 183 \cdot 183 \cdot 20 = 669\,780 \text{ mm}^3$$

gdje je:

d - duljina ulaznog materijala, [mm]

\check{s} - širina ulaznog materijala, [mm]

h - visina ulaznog materijala, [mm]

Gustoća aluminijske legure ALU 6082 iznosi $\rho = 2710 \text{ kg/m}^3$.

Prema navedenim podacima i formuli 8.2. izračunala se masa ulaznog materijala potrebnog za izradu transportnog kola i stezne naprave te je iznosila:

Masa ulaznog materijala iznosi:

$$m = V * \rho \quad (8.2)$$

$$m_{\text{šipke}} = V_{\text{s}} * \rho = 585\,278,711 * 10^{-9} * 2710 = 1,59 \text{ kg}$$

$$m_{\text{stezne naprave}} = V_{\text{sn}} * \rho = 669\,780 * 10^{-9} * 2710 = 1,85 \text{ kg}$$

Kako bi se izračunala cijena jednog komada transportnog kola D179 korištene su cijene prikazane u tablici 8.1.

Tablica 8.1. Prikaz cijena rada

| Naziv | Oznaka | Vrijeme/količina | Cijena |
|---|-----------|--------------------|--------|
| Cijena rada na pili | c_p | 0,034 h | 10 €/h |
| Cijena rada na tokarskom obradnom centru | c_t | 0,528 h | 35 €/h |
| Cijena rada na vertikalnom obradnom centru | c_g | 0,579 h | 60 €/h |
| Cijena pisanja programa | c_{pp} | - | 50 € |
| Cijena izrade naprave | c_n | - | 50 € |
| Cijena pripreme radnog mjesta za tokarenje (samo za prvi komad) | c_{pt} | 0,27 h | 10 € |
| Cijena pripreme radnog mjesta za glodanje (samo za prvi komad) | c_{pg} | 0,5 h | 30 € |
| Cijena jedinice mase materijala ALU 6082 | c_{alu} | 1,59 kg 1,89 kg | 7 €/kg |

Napomena: Cijena alata nije uključena obzirom da su se koristili isključivo standardni alati. Njihova cijena uračunata je u cijeni rada na alatnom stroju.

Ukupna količina proizvedenih transportnih kola na godišnjoj razini iznosi 500 komada. Cijena pripreme radnog mjesta na tokarskom i vertikalnom obradnom centru uračunava se samo za prvi komad. Cijena izrade stezne naprave i programa također se uračunavaju samo jednom. Proporcionalni trošak šipke računa se prema formuli :

$$m_{\text{pr.šipka}} = c_{\text{alu}} \cdot m_{\text{šipke}} + t_{\text{p}} \cdot c_{\text{p}} + t_{\text{tok}} \cdot c_{\text{t}} + t_{\text{glod}} \cdot c_{\text{g}} \quad (8.3)$$

gdje je:

$m_{\text{pr.šipka}}$ - proporcionalni trošak šipke, [€/kom]

t_{p} - vrijeme piljenja, [h]

t_{tok} - vrijeme tokarenja, [h]

t_{glod} - vrijeme glodanja, [h]

te iznosi:

$$m_{\text{pr.šipka}} = 7 \cdot 1,59 + 0,034 \cdot 10 + 0,528 \cdot 35 + 0,579 \cdot 60 = 64,7 \text{ €/kom}$$

Za prvi komad koji uključuje cijene dodatnih aktivnosti, trošak iznosi:

$$m_1 = m_{\text{pr.šipka}} + c_{\text{pp}} + c_{\text{pt}} + c_{\text{pg}} = 64,7 + 50 + 10 + 30 = 154,7 \text{ €}$$

Ukupni troškovi za izradu transportnog kola na godišnjoj razini iznose:

$$E_{\text{tk}} = m_1 + m_{\text{pr.šipka}} \cdot z = 154,7 + 64,7 \cdot 499 = 32\,440 \text{ €}$$

gdje je:

z - broj izradaka, [kom]

9. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog diplomskog rada bilo je projektiranje tehnološkog procesa transportnog kola D179 što je podrazumijevalo definiranje cijelog tehnološkog procesa izrade komada uz odgovarajuću dokumentaciju. Postavljeni zahtjev na količinu iznosio je 500 kom/god. Obzirom da se transportno kolo izrađivalo u suradnji s tvrtkom Elcon Geraetebau d.o.o svi prikazani podaci rezultat su stvarne obrade transportnog kola. Izrada transportnog kola sastojala se od sedam operacija – šest operacija obrade te sedme operacije završne kontrole. Svaka operacija sastojala se od određenog broja zahvata koji su rezultirali postizanjem završne konfiguracije transportnog kola.

Prvi korak projektiranja tehnološkog procesa transportnog kola bio je odabir ulaznog materijala – šipke - na temelju kojeg se pristupilo strukturiranju procesa te provođenju daljnje razrade tehnološkog procesa izrade transportnog kola. Razrada tehnološkog procesa pružila je podatke o korištenim alatima, režimima obrade, vremenima zahvata te u konačnici o vremenima operacija. Ukupno vrijeme za izradu jednog transportnog kola iznosilo je 1 sat i 44 minute. Na temelju opsežne razrade izradila se tehnološka dokumentacija koja se sastojala od operacijskih listova, popisa operacija, popisa alata i popisa strojeva. Tehnološka dokumentacija pružila je cjelokupni opis projekta tehnološkog procesa izrade transportnog kola D179 sa svim potrebnim podacima za njegovu provedbu. Projekt tehnološkog procesa transportnog kola D179 popraćen je izradom računalne simulacije obrade u programskom paketu Mastercam. U konačnici se izvršila ekonomska analiza troška proizvodnje transportnog kola pojedinačno i u količini od 500 kom/god. Trošak proizvodnje jednog komada iznosio je 64,7 € dok bi za izradu 500 kom/god troškovi iznosili 32 440 €.

Tijekom izrade ovog diplomskog rada mogla sam zaključiti o kompleksnosti rada tehnologa i opsežnosti posla potrebnog za tehnološku pripremu proizvodnje te izradu jednog proizvoda. Potrebna je bila kreativnost te znanje iz različitih grana strojarstva kako bi se uspješno strukturirao proces izrade transportnog kola koji će rezultirati željenim dimenzijama. Nijedan proces izrade nije jedinstven te stoga ne čudi da se jedan proizvod može, ovisno o tehnologu, proizvesti na različite načine što dovodi do zaključka da je svaki projekt tehnološkog procesa proizvoda podložan poboljšanju. Cilj je formirati optimalan proces, pritom balansirajući i ekonomske i tehnološke faktore, čemu danas u prilog ide konstantni razvitak tehnologija koji također mora biti popraćen razvitkom i željom za učenjem i znanjem tehnologa.

LITERATURA

- [1] Thyssenkrupp Material UK; s interneta; <https://www.thyssenkrupp-materials.co.uk/aluminium-6082.html>; 25.3.2023.
- [2] Kljajin M.; Opalić M.: “Inženjerska grafika”, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera U Osijeku, Slavonski Brod, 2016.
- [3] “ISO 2768”: s interneta, https://www.dau-components.co.uk/doc/General_Tolerances_-_DIN_ISO_2768.pdf, 25.3.2023.
- [4] Perinić, M.: “Podloge s predavanja kolegija projektiranje tehnoloških procesa”, Tehnički fakultet u Rijeci, 2022.
- [5] “Fully automatic Power DC420CNC”; s interneta, <https://www.pe-tra.com/products/fully-automatic-power-dc420cnc/>, 5.4.2023.
- [6] “Mazak Quick turn 200MY”; s interneta, <https://www.mazakeu.co.uk/machines/quick-turn-200my/>, 5.4.2023.
- [7] “Hermle C30U”; s interneta, <https://www.machinetools.com/en/models/hermle-c30u>, 28.4.2023.
- [8] “Hermle C30U”; s interneta, <https://www.fleckenstein-machine.com/cnc-5-axis-machining-centre-hermle-c30-u.html>, 28.4.2023.

POPIS OZNAKA

| | | |
|------------|--|--------------------|
| a_p | dubina rezanja | [mm] |
| c_{alu} | cijena jedinice mase materijala | [€/kg] |
| c_g | cijena rada na vertikalnom obradnom centru | [€/h] |
| c_n | cijena izrade stezne naprave | [€] |
| c_p | cijena rada na pili | [€/h] |
| c_{pg} | cijena pripreme radnog mjesta za glodanje | [€/h] |
| c_{pp} | cijena pisanja programa | [€] |
| c_{pt} | cijena pripreme radnog mjesta za tokarenje | [€/h] |
| c_t | cijena rada na tokarskom obradnom centru | [€/h] |
| d | promjer | [mm] |
| E | ukupni trošak izrade | [€] |
| f_z | posmak po zubu | [mm/zubu] |
| i | broj prolaza | - |
| L | hod ulaza | [mm] |
| l_i | dužina izlaza alata | [mm] |
| l_u | dužina ulaza alata | [mm] |
| m | masa | [kg] |
| $m_{pr.}$ | proporcionalni trošak | [€/kom] |
| n | brzina vrtnje | [1/okr] |
| s | posmak | [mm/okr] |
| t_d | dodatno vrijeme | [min] |
| t_{glod} | vrijeme glodanja | [h] |
| t_i | vrijeme izrade | [min] |
| t_o | ukupno vrijeme operacije | [min] |
| t_p | vrijeme piljenja | [h] |
| t_{pz} | pripremno-završno vrijeme | [min] |
| t_r | ručno vrijeme | [min] |
| t_s | ukupno strojno vrijeme | [min] |
| t_{sp} | strojno pomoćno vrijeme | [min] |
| t_{sr} | strojno radno vrijeme | [min] |
| t_{tok} | vrijeme tokarenja | [h] |
| v | brzina rezanja | [m/min] |
| V | volumen | [mm ³] |

| | | |
|--------|-------------|----------------------|
| z | broj komada | [kom] |
| ρ | gustoća | [kg/m ³] |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 2.1. Položaj tolerancijskih polja u odnosu na nul-liniju [2]..... | 6 |
| Slika 2.2. Korelacija između klasa i stupnjeva površinske hrapavosti [4]..... | 8 |
| Slika 2.3. Znakovi za označavanje kvalitete površine [4] | 9 |
| Slika 4.1. Brojčane oznake dijelova transportnog kola..... | 13 |
| Slika 4.2. PE-TRA POWER DC 420 CNC [5]..... | 17 |
| Slika 4.3. Mazak QUICK TURN 200MY [6]..... | 17 |
| Slika 4.4. Revolverska glava (12 pozicija alata)..... | 18 |
| Slika 4.5. Hermle C30U [7]..... | 18 |
| Slika 5.1. Postavljanje šipke na pilu | 22 |
| Slika 5.2. Hlađenje pile..... | 22 |
| Slika 5.3. Postavljanje nule u procesu piljenja | 23 |
| Slika 5.4. Piljena šipka na 23 mm dužine | 23 |
| Slika 5.5. Kontrola dimenzije promjera šipke | 23 |
| Slika 5.6. Kontrola dimenzije dužine prepiljene šipke | 23 |
| Slika 5.7. Stezanje ulaznog materijala za pripremu za tokarenje strane 100..... | 24 |
| Slika 5.8. Alat za vanjsko grubo tokarenje - PDJNR2525M15 | 25 |
| Slika 5.9. Operacija 20 – zahvat 2 | 26 |
| Slika 5.10. Operacija 20 – zahvat 3 | 28 |
| Slika 5.12. Operacija 20 – zahvat 4 | 30 |
| Slika 5.13. Operacija 20 – zahvat 5 | 32 |
| Slika 5.14. Stegnuti izradak na kraju operacije 20..... | 33 |
| Slika 5.15. Transportno kolo nakon završetka operacije 20 | 34 |
| Slika 5.16. Stezna glava s aluminijskim čeljustima za operaciju 30 | 35 |
| Slika 5.17. Stezanje ulaznog materijala za operaciju 30..... | 35 |
| Slika 5.17. Operacija 30 – zahvat 2 | 36 |
| Slika 5.18. Operacija 30 – zahvat 3 | 38 |
| Slika 5.19. Alat za unutarnje grubo tokarenje - A25T-PWLNR 08..... | 40 |
| Slika 5.20. Operacija 30 – zahvat 4 | 40 |
| Slika 5.21. Operacija 30 – zahvat 5 | 42 |
| Slika 5.22. Alat za izradu utora - MSS-E25L00-2525L | 44 |
| Slika 5.23. Operacija 30 – zahvat 6 | 44 |
| Slika 5.24. Alat za vanjsko fino tokarenje | 46 |
| Slika 5.25. Operacija 30 – zahvat 7 | 47 |

| | |
|--|----|
| Slika 5.26. Operacija 30 – zahvat 8 | 49 |
| Slika 5.27. Operacija 30 – zahvat 9 | 50 |
| Slika 5.28. Alat za unutarnje fino tokarenje | 52 |
| Slika 5.29. Operacija 30 – zahvat 10 | 52 |
| Slika 5.30. Operacija 30 – zahvat 11 | 54 |
| Slika 5.31. Operacija 30 – zahvat 12 | 56 |
| Slika 5.32. Operacija 30 – zahvat 13 | 58 |
| Slika 5.33. Transportno kolo nakon operacije 30 | 59 |
| Slika 5.34. Kontrola dimenzije transportnog kola nakon operacije 30..... | 60 |
| Slika 5.35. Stezanje ulaznog materijala za operaciju 30..... | 61 |
| Slika 5.36. Operacija 40 – zahvat 2 | 62 |
| Slika 5.37. Operacija 40 – zahvat 3 | 64 |
| Slika 5.38. Operacija 40 – zahvat 4 | 66 |
| Slika 5.39. Operacija 40 – zahvat 5 | 68 |
| Slika 5.40. Operacija 40 – zahvat 6 | 70 |
| Slika 5.41. Operacija 40 – Zahvat 6..... | 72 |
| Slika 5.42. Transportno kolo nakon operacije 40-1 | 74 |
| Slika 5.43. Transportno kolo nakon operacije 40-2 | 74 |
| Slika 5.44. Kontrola dimenzije transportnog kola nakon operacije 40..... | 74 |
| Slika 5.45. Vrste stezanja za operaciju 50 | 76 |
| Slika 5.46. Skica stezanja ulaznog materijala za obradu naprave..... | 76 |
| Slika 5.47. Stvarno stezanje ulaznog materijala za obradu naprave | 76 |
| Slika 5.48. Umjeravanje nul-točke izratka..... | 77 |
| Slika 5.49. Glodalo Ø12 za grubo glodanje..... | 77 |
| Slika 5.50. Priprema stezne naprave-zahvat 3 | 78 |
| Slika 5.51. Priprema stezne naprave-zahvat 4 | 80 |
| Slika 5.45. Priprema stezne naprave-zahvat 5 | 82 |
| Slika 5.46. Ureznik M8..... | 83 |
| Slika 5.47. Priprema stezne naprave-zahvat 6 | 84 |
| Slika 5.48. Ureznik M4..... | 85 |
| Slika 5.49. Priprema stezne naprave-zahvat 7 | 86 |
| Slika 5.50. Umjeravanje alata | 88 |
| Slika 5.51. Umjeravanje nul-točke izratka..... | 89 |
| Slika 5.52. Zabušivač Ø5 | 90 |
| Slika 5.53. Operacija 50 - zahvat 3 | 90 |

| | |
|---|-----|
| Slika 5.54. Operacija 50 - zahvat 4 | 92 |
| Slika 5.55. Glodalo $\emptyset 6$ za finu obradu..... | 94 |
| Slika 5.56. Operacija 50 - zahvat 5 | 94 |
| Slika 5.53. Operacija 50 - zahvat 6 | 96 |
| Slika 5.57. Operacija 50 - zahvat 7 | 97 |
| Slika 5.58. Operacija 50 - zahvat 8 | 99 |
| Slika 5.59. Glodalo $\emptyset 6$ za grubu obradu..... | 100 |
| Slika 5.60. Operacija 50 - zahvat 9 | 101 |
| Slika 5.61. Operacija 50 - zahvat 10 | 103 |
| Slika 5.62. Operacija 50 - zahvat 11 | 105 |
| Slika 5.63. Operacija 50 - zahvat 12 | 107 |
| Slika 5.64. Glodalo $\emptyset 12$ za fino glodanje..... | 108 |
| Slika 5.65. Operacija 50 - zahvat 13 | 109 |
| Slika 5.66. Operacija 50 - zahvat 14 | 111 |
| Slika 5.67. Operacija 50 - zahvat 15 | 113 |
| Slika 5.68. Operacija 50 - zahvat 16 | 115 |
| Slika 5.69. Operacija 50 - zahvat 17 | 117 |
| Slika 5.70. Operacija 50-zahvat 18 | 119 |
| Slika 5.71. Operacija 50 - zahvat 19 | 121 |
| Slika 5.72. Ureznik M5 | 122 |
| Slika 5.73. Operacija 50 - zahvat 20 | 123 |
| Slika 5.74. Skica stegnutog izratka po završetku operacije 50 | 125 |
| Slika 5.75. Stvarni prikaz stegnutog izratka po završetku operacije 50 | 125 |
| Slika 5.76. Operacija 60-Ručno skidanje srhova | 126 |
| Slika 5.77. Završna kontrola transportnog kola (CMM)..... | 128 |
| Slika 5.78. Završna kontrola pomoću kontrolnika 10H7 | 128 |
| Slika 5.79. Kontrola navoja M5 („Ide“ (D); „Ne ide“ (L))..... | 128 |
| Slika 7.1. 3D model transportnog kola D179 | 136 |
| Slika 7.2. Učitavanje CAD modela u Mastercam | 137 |
| Slika 7.3. Definiranje koordinatnog sustava (transform \rightarrow dynamic) | 137 |
| Slika 7.4. Odabir modela za definiranje koordinatnog sustava | 137 |
| Slika 7.5. Pozicioniranje gnomona | 138 |
| Slika 7.7. Konačno definiranje koordinatnog sustava | 139 |
| Slika 7.8. Koordinatni sustav transportnog kola D179 | 139 |
| Slika 7.9. Definiranje postprocesora | 140 |

| | |
|---|-----|
| Slika 7.10. Definirani postprocesor | 140 |
| Slika 7.11. Definiranje sirovca..... | 141 |
| Slika 7.12. Definiranje sirovca..... | 142 |
| Slika 7.13. Definiranje steznih čeljusti | 142 |
| Slika 7.14. Definiranje konture | 143 |
| Slika 7.15. Stvaranje 2D profila..... | 143 |
| Slika 7.16. Stvoreni 2D profil..... | 144 |
| Slika 7.17. Vrsta obrade (OP10)..... | 144 |
| Slika 7.18. Definiranje alata i režima rada(OP10)..... | 145 |
| Slika 7.19. Definiranje pločice (OP10)..... | 146 |
| Slika 7.20. Definiranje držača (OP10)..... | 146 |
| Slika 7.21. Definiranje putanje alata (OP10)..... | 147 |
| Slika 7.22. Definiranje putanje alata (OP10)..... | 147 |
| Slika 7.23. Backplot selected operations | 148 |
| Slika 7.24. Vrijeme operacije 10..... | 148 |
| Slika 7.25. Vrsta obrade (OP20)..... | 149 |
| Slika 7.26. Odabir geometrije (OP20) | 149 |
| Slika 7.27. Definiranje putanje alata (OP20)..... | 150 |
| Slika 7.28. Definiranje ulaza alata (OP20) | 151 |
| Slika 7.29. Definiranje izlaza alata (OP20) | 151 |
| Slika 7.30. Vrsta obrade (OP30)..... | 151 |
| Slika 7.31. Odabir geometrije (OP30) | 152 |
| Slika 7.32. Definirani alat i režimi obrade (OP30) | 153 |
| Slika 7.33. Definiranje putanje alata (OP30)..... | 153 |
| Slika 7.34. Tip compensation..... | 154 |
| Slika 7.35. Odabir geometrije (OP40) | 155 |
| Slika 7.36. Definiranje alata i režima obrade (OP40)..... | 155 |
| Slika 7.37. Definiranje pločice (OP40)..... | 156 |
| Slika 7.38. Definiranje držača (OP40)..... | 156 |
| Slika 7.39. Definiranje putanje alata (OP40)..... | 156 |
| Slika 7.40. Odabir geometrije (OP50) | 157 |
| Slika 7.41. Odabir geometrije (OP60) | 158 |
| Slika 7.42. Odabir geometrije (OP70) | 159 |
| Slika 7.43. Odabir geometrije (OP80) | 160 |
| Slika 7.44. Vrsta obrade (OP90)..... | 161 |

| | |
|--|-----|
| Slika 7.45. Odabir geometrije (OP90) | 162 |
| Slika 7.46. Definirani alat i režimi rada (OP90) | 162 |
| Slika 7.47. Definiranje putanje alata..... | 163 |
| Slika 7.48. Odabir geometrije (OP100) | 164 |
| Slika 7.49. Definirani alat i režimi rada (OP100) | 165 |
| Slika 7.50. Definiranje pločice (OP100)..... | 165 |
| Slika 7.51. Definiranje držača (OP100)..... | 165 |
| Slika 7.52. Odabir geometrije (OP110) | 166 |
| Slika 7.52. Odabir geometrije (OP120) | 167 |
| Slika 7.53. Definirani alat i režimi rada..... | 168 |
| Slika 7.54. Definiranje pločice (OP120)..... | 168 |
| Slika 7.55. Definiranje držača (OP120)..... | 168 |
| Slika 7.56. Odabir geometrije (OP130) | 169 |
| Slika 7.57. Odabir geometrije (OP140) | 170 |
| Slika 7.58. Odabir geometrije (OP150) | 171 |
| Slika 7.59. Definiranje putanje alata (OP150) | 172 |
| Slika 7.60. Stock flip opcija..... | 173 |
| Slika 7.61. Pozicija u steznim čeljustima za tokarenje strane 200..... | 173 |
| Slika 7.62. Prilagodba steznih čeljusti za stezanje..... | 174 |
| Slika 7.63. Vrsta obrade (OP180)..... | 175 |
| Slika 7.64. Definirana geometrija (OP180) | 176 |
| Slika 7.65. Definirana putanja alata (OP180)..... | 177 |
| Slika 7.66. Odabir geometrije (OP190) | 178 |
| Slika 7.67. Odabir geometrije (OP200) | 179 |
| Slika 7.68. Odabir geometrije (OP210) | 180 |
| Slika 7.69. Odabir geometrije (OP220) | 181 |
| Slika 7.70. Odabir modela za definiranje koordinatnog sustava | 182 |
| Slika 7.71. Koordinatni sustav transportnog kola D179 (top view) | 183 |
| Slika 7.72. Koordinatni sustav transportnog kola D179 (right view) | 183 |
| Slika 7.73. Definiranje postprocesora (Default/Manage list) | 184 |
| Slika 7.74. Definirani postprocesor | 184 |
| Slika 7.75. Definiranje sirovca..... | 185 |
| Slika 7.76. Definiranje sirovca (Add from bounding box) | 185 |
| Slika 7.77. Definiranje sirovca..... | 186 |
| Slika 7.78. Konačni oblik sirovca (right view) | 187 |

| | |
|---|-----|
| Slika 7.79. Konačni oblik sirovca (top view) | 187 |
| Slika 7.80. Vrsta obrade (OP10)..... | 187 |
| Slika 7.81. Odabir geometrije (OP10) | 188 |
| Slika 7.82. Odabir alata (OP10)..... | 188 |
| Slika 7.83. Definiranje parametara rezanja (OP10) | 189 |
| Slika 7.84. Definiranje dubine obrade (OP10)..... | 190 |
| Slika 7.85. Vrijeme obrade (OP10)..... | 190 |
| Slika 7.86. Simulacija (OP10) | 191 |
| Slika 7.87. Odabir geometrije (OP20) | 192 |
| Slika 7.88. Simulacija (OP20) | 193 |
| Slika 7.89. Vrsta obrade (OP30)..... | 193 |
| Slika 7.90. Definiranje parametara rezanja (OP30) | 194 |
| Slika 7.91. Definiranje parametara fine obrade (OP30) | 195 |
| Slika 7.92. Simulacija (OP30) | 196 |
| Slika 7.93. Manual entry..... | 196 |
| Slika 7.94. Komentari | 197 |
| Slika 7.95. Vrsta obrade (OP50)..... | 197 |
| Slika 7.96. Odabir geometrije (OP50) | 198 |
| Slika 7.97. Definiranje parametara rezanja (OP50) | 199 |
| Slika 7.98. Definiranje dubine rezanja (OP50)..... | 199 |
| Slika 7.99. Simulacija (OP50) | 200 |
| Slika 7.100. Vrsta obrade (OP60)..... | 201 |
| Slika 7.101. Machining region/Avoidance region | 201 |
| Slika 7.102. Odabir geometrije (OP60) | 202 |
| Slika 7.103. Definiranje parametara rezanja (OP60) | 203 |
| Slika 7.104. Definiranje dubine rezanja (OP60)..... | 203 |
| Slika 7.105. Simulacija (OP60) | 204 |
| Slika 7.107. Definiranje parametara rezanja (OP70) | 205 |
| Slika 7.108. Definiranje ulaza i izlaza alata (OP70)..... | 206 |
| Slika 7.109. Simulacija (OP70) | 207 |
| Slika 7.110. Odabir geometrije (OP80) | 207 |
| Slika 7.111. Simulacija (OP80) | 208 |
| Slika 7.112. Odabir geometrije (OP90) | 209 |
| Slika 7.113. Definiranje parametara rezanja (OP90) | 210 |
| Slika 7.114. Simulacija (OP90) | 210 |

| | |
|--|-----|
| Slika 7.115. Odabir geometrije (OP100) | 211 |
| Slika 7.116. Simulacija (OP100) | 212 |
| Slika 7.117. Odabir geometrije (OP110) | 213 |
| Slika 7.118. Simulacija (OP110) | 214 |
| Slika 7.119. Odabir geometrije (OP120) | 215 |
| Slika 7.120. Simulacija (OP120) | 216 |
| Slika 7.121. Odabir geometrije (OP130) | 216 |
| Slika 7.122. Simulacija (OP130) | 217 |
| Slika 7.123. Odabir geometrije (OP140) | 218 |
| Slika 7.124. Simulacija (OP140) | 219 |
| Slika 7.125. Vrsta obrade (OP150)..... | 220 |
| Slika 7.126. Flowline | 220 |
| Slika 7.127. Odabir geometrije (OP150) | 221 |
| Slika 7.128. Odabir alata (OP150)..... | 221 |
| Slika 7.129. Definiranje parametara rezanja (OP150)..... | 222 |
| Slika 7.130. Definiranje putanje (OP150)..... | 222 |
| Slika 7.131. Simulacija (OP150) | 223 |
| Slika 7.132. Odabir geometrije (OP160) | 224 |
| Slika 7.133. Simulacija (OP160) | 225 |
| Slika 7.134. Odabir geometrije (OP170) | 225 |
| Slika 7.135. Simulacija (OP170) | 226 |
| Slika 7.136. Verifikacija modela | 227 |
| Slika 7.137. Verifikacija modela | 227 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|-----|
| Tablica 2.1. Kemijski sastav ALU 6082 [1] | 3 |
| Tablica 2.2. Mehanička svojstva ALU 6082 [1]..... | 4 |
| Tablica 2.3. Fizikalna svojstva ALU 6082 [1]..... | 4 |
| Tablica 2.4. Mogućnost primjene i ponašanje prilikom obrade ALU 6082 [1]..... | 4 |
| Tablica 2.5. Zadane tolerancije | 7 |
| Tablica 5.1. Vremena operacija tehnološkog procesa izrade transportnog kola D179..... | 129 |
| Tablica 8.1. Prikaz cijena rada..... | 230 |

POPIS JEDNADŽBI

| | | |
|---------------|----------------------------|-----|
| Jednadžba 5.1 | Brzina rezanja..... | 19 |
| Jednadžba 5.2 | Brzina vrtnje..... | 19 |
| Jednadžba 5.3 | Hod alata..... | 19 |
| Jednadžba 5.4 | Strojno vrijeme..... | 20 |
| Jednadžba 5.5 | Strojno radno vrijeme..... | 20 |
| Jednadžba 5.6 | Vrijeme izrade..... | 21 |
| Jednadžba 5.7 | Vrijeme operacije..... | 21 |
| Jednadžba 5.8 | Dodatno vrijeme..... | 21 |
| Jednadžba 8.1 | Volumen šipke..... | 230 |
| Jednadžba 8.2 | Masa materijala..... | 231 |
| Jednadžba 8.3 | Proporcionalni trošak..... | 232 |

SAŽETAK

U ovom radu prikazan je projekt tehnološkog procesa transportnog kola D179 u godišnjoj količini od 500 komada. Prvo je napravljena detaljna analiza sa konstrukcijskog i tehnološkog stajališta gdje su utvrđeni konstrukcijski zahtjevi i tehnološke mogućnosti. Potom je napravljen odabir ulaznog materijala na temelju postavljenih zahtjeva te je odabrana šipka nakon čega se strukturirao proces izrade transportnog kola. Idući korak bila je detaljna razrada tehnološkog procesa izrade kroz svih sedam operacija uz sve potrebne informacije o alatima, režimima obrade, korištenim strojevima i skicama na temelju čega se izradila tehnološka dokumentacija – popis operacija, operacijski listovi, popis alata i popis strojeva. Detaljna razrada pružila je informacije o vremenima svakog zahvata i operacije. Kako bi se provjerila kvaliteta izrade transportnog kola provedena je završna kontrola. Cjelokupni proces obrade popraćen je simulacijom iste u programskom paketu Mastercam. Na kraju je izvršena analiza troškova proizvodnje jednog komada te 500 komada na godišnjoj razini.

KLJUČNE RIJEČI

Tehnološki proces, transportno kolo, razrada tehnološkog procesa, operacije, režimi obrade, završna kontrola, simulacija, analiza troškova

SUMMARY

This master thesis presents the project of technological process planning of the transport wheel D179 in the annual quantity of 500 pieces. The whole project started with the analysis from a structural and technological point of view which resulted in the definition of the constructional requirements and the technological possibilities of a transport wheel. The following step was defining input material based on the conditions set at the beginning of the project. The defined input material for the production of the transport wheel was a bar based on which the structure of the technological process was formed. The next step was an in-detail overview of every operation of the technological process which provided information on the tools used for production, cutting data, used machines and sketches based on which technological documentation was formed. The in-detail overview determined the time of each operation. To validate the successfulness of the formed structure of the technological process, the final control was performed on the manufactured transport wheel. The whole manufacturing process was simulated in the software Mastercam. The final step was to perform the expense analysis of the production of one transport wheel and for the annual quantity of 500 pieces.

KEYWORDS

The technological process, a transport wheel, an in-detail overview of the technological process, an operation, the cutting data, the final control, a simulation, an expense analysis

POPIS PRILOGA

| | |
|-----------|---------------------|
| Prilog 1. | DIN ISO 2768 [3] |
| Prilog 2. | DIN ISO 2768 T2 [3] |
| Prilog 3. | Nacrt |
| Prilog 4. | Mjerni protokol |
| Prilog 5. | Popis operacija |
| Prilog 6. | Operacijski listovi |
| Prilog 7. | Popis alata |
| Prilog 8. | Popis strojeva |

General Tolerances to DIN ISO 2768

- The latest DIN standard sheet version applies to all parts made to DIN standards.
- Variations on dimensions without tolerance values are according to "DIN ISO 2768- mk".

GENERAL TOLERANCES FOR LINEAR AND ANGULAR DIMENSIONS (DIN ISO 2768 T1)

LINEAR DIMENSIONS:

| Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths | f (fine) | Tolerance class designation (description) | | v (very coarse) |
|--|----------|---|------------|-----------------|
| | | m (medium) | c (coarse) | |
| 0.5 up to 3 | ±0.05 | ±0.1 | ±0.2 | - |
| over 3 up to 6 | ±0.05 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.5 |
| over 6 up to 30 | ±0.1 | ±0.2 | ±0.5 | ±1.0 |
| over 30 up to 120 | ±0.15 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.5 |
| over 120 up to 400 | ±0.2 | ±0.5 | ±1.2 | ±2.5 |
| over 400 up to 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±2.0 | ±4.0 |
| over 1000 up to 2000 | ±0.5 | ±1.2 | ±3.0 | ±6.0 |
| over 2000 up to 4000 | - | ±2.0 | ±4.0 | ±8.0 |

EXTERNAL RADIUS AND CHAMFER HEIGHTS

| Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths | f (fine) | Tolerance class designation (description) | | v (very coarse) |
|--|----------|---|------------|-----------------|
| | | m (middle) | c (coarse) | |
| 0.5 up to 3 | ±0.2 | ±0.2 | ±0.4 | ±0.4 |
| over 3 up to 6 | ±0.5 | ±0.5 | ±1.0 | ±1.0 |
| over 6 | ±1.0 | ±1.0 | ±2.0 | ±2.0 |

ANGULAR DIMENSIONS

| Permissible deviations in degrees and minutes for ranges in nominal lengths | f (fine) | Tolerance class designation (description) | | v (very coarse) |
|---|----------|---|------------|-----------------|
| | | m (middle) | c (coarse) | |
| up to 10 | ±1° | ±1° | ±1°30' | ±3° |
| over 10 up to 50 | ±0°30' | ±0°30' | ±1° | ±2° |
| over 50 up to 120 | ±0°20' | ±0°20' | ±0°30' | ±1° |
| over 120 up to 400 | ±0°10' | ±0°10' | ±0°15' | ±0°30' |
| over 400 | ±0°5' | ±0°5' | ±0°10' | ±0°20' |

GENERAL TOLERANCES FOR FORM AND POSITION (DIN ISO 2768 T2)

STRAIGHTNESS AND FLATNESS

| Ranges in nominal lengths in mm | Tolerance class | | |
|---------------------------------|-----------------|------|-----|
| | H | K | L |
| up to 10 | 0.02 | 0.05 | 0.1 |
| over 10 up to 30 | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| over 30 up to 100 | 0.1 | 0.2 | 0.4 |
| over 100 up to 300 | 0.2 | 0.4 | 0.8 |
| over 300 up to 1000 | 0.3 | 0.6 | 1.2 |
| over 1000 up to 3000 | 0.4 | 0.8 | 1.6 |

PERPENDICULARITY

| Ranges in nominal lengths in mm | Tolerance class | | |
|---------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | H | K | L |
| up to 100 | 0.2 | 0.4 | 0.6 |
| over 100 up to 300 | 0.3 | 0.6 | 1 |
| over 300 up to 1000 | 0.4 | 0.8 | 1.5 |
| over 1000 up to 3000 | 0.5 | 0.8 | 2 |

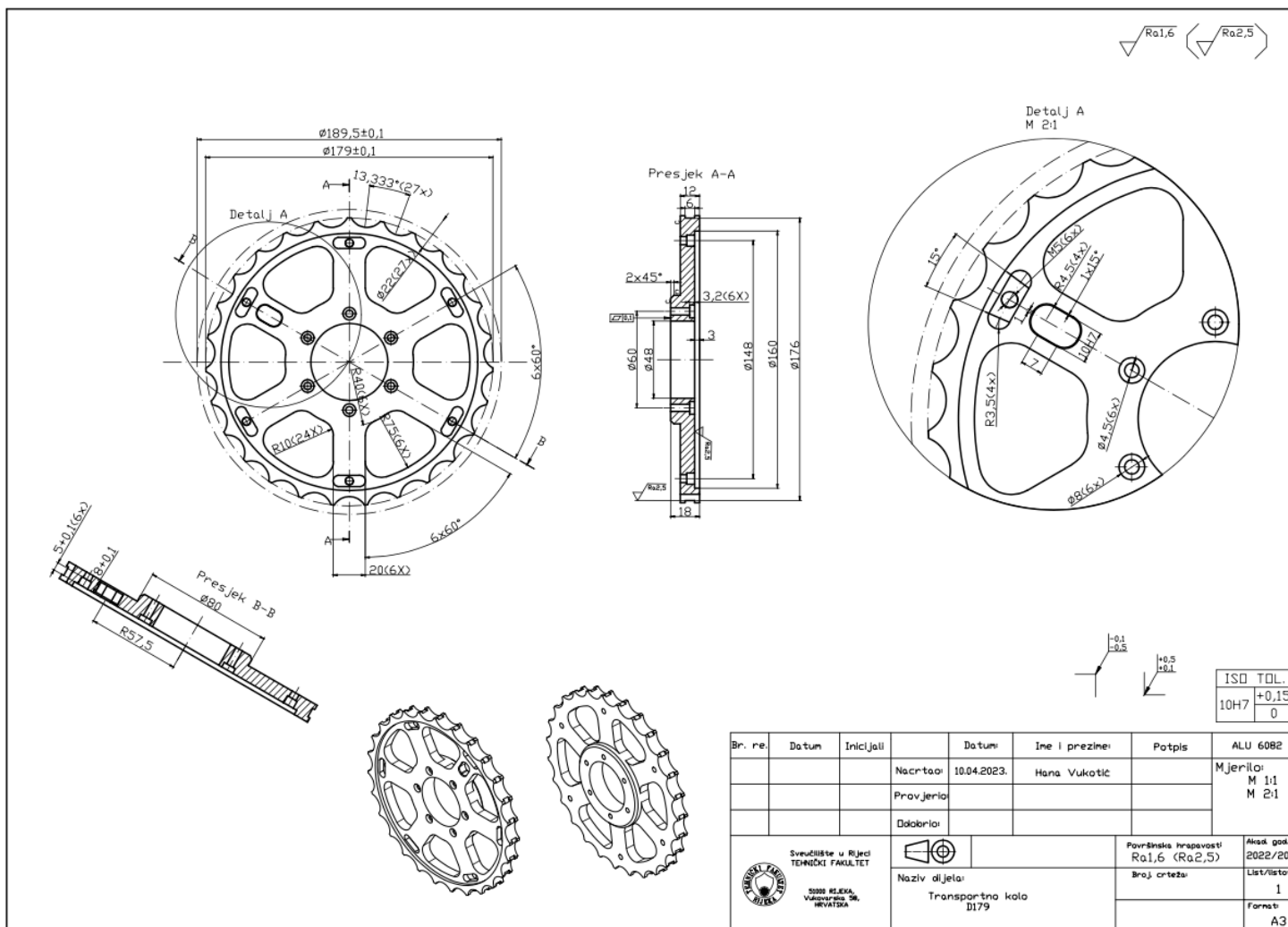
SYMMETRY

| Ranges in nominal lengths in mm | Tolerance class | | |
|---------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | H | K | L |
| up to 100 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| over 100 up to 300 | 0.5 | 0.6 | 1 |
| over 300 up to 1000 | 0.5 | 0.8 | 1.5 |
| over 1000 up to 3000 | 0.5 | 1 | 2 |

RUN-OUT

| Tolerance class | | |
|-----------------|-----|-----|
| H | K | L |
| 0.1 | 0.2 | 0.5 |

Prilog 3. Nacrt



Prilog 4. Mjerni protokol

| Pc | | PART NAME : 0000 | Apr 28, 2023 09:52 | | | | |
|----|-----|----------------------|--------------------|----------------|---------|--------|--------|
| | | REV NUMBER: | SER NUMBER: | STATS COUNT: 1 | | | |
| ⊕ | MM | LOC1 - CIR3 | | | | | |
| AX | | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| D | | 48.000 | 0.050 | 0.050 | 48.035 | 0.035 | 0.000 |
| ⊕ | MM | LOC2 - CIR9 | | | | | |
| AX | | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| D | | 60.000 | 0.050 | 0.050 | 59.994 | -0.006 | 0.000 |
| ⊕ | MM | LOC3 - CIR10 | | | | | |
| AX | | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| D | | 160.000 | 0.100 | 0.100 | 160.054 | 0.054 | 0.000 |
| ⊕ | MM | LOC4 - CIR15 | | | | | |
| AX | | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| D | | 189.500 | 0.050 | 0.050 | 189.517 | 0.017 | 0.000 |
| ⚡ | DEG | ANGL1 - LIN1 TO LIN2 | | | | | |
| AX | | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| A | | 60.000 | 0.100 | 0.100 | 59.996 | -0.004 | 0.000 |
| ⚡ | DEG | ANGL2 - LIN4 TO LIN3 | | | | | |
| AX | | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| A | | 13.333 | 0.100 | 0.100 | 13.333 | 0.000 | 0.000 |

Prilog 5. Popis operacija

| Ulazni materijal | | | POPIS | TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| Oznaka ALU 6082 | | | | OPERACIJA | Komada: 500 kom/god |
| | Površinska: / | | | | |
| | Termička: / | | | | |
| | Oblik: Šipka | | Naziv dijela: Transportno kolo D179 | | |
| | Dimenzija: Ø180 x 23 mm | | Broj nacrtā: | | |
| Operacija | T_c | $\frac{\text{min}}{\text{ser.}}$ | t_1 | $\frac{\text{min}}{\text{kom}}$ | O p i s o p e r a c i j e |
| Radionica | | | | | |
| Stroj | | | | | |
| 10 | 2 | | 2,28 | | Pilati prema operacijskom listu broj 10. |
| Pilana | | | | | |
| PE-TRA POWER DC 420 CNC | | | | | |
| 20 | 16 | | 6,852 | | Tokariti prema operacijskom listu broj 20. |
| Strojna obrada | | | | | |
| Mazak QUICK TURN 200MY | | | | | |
| 30 | 16 | | 16,06 | | Tokariti prema operacijskom listu broj 30. |
| Strojna obrada | | | | | |
| Mazak QUICK TURN 200MY | | | | | |
| 40 | 16 | | 8,736 | | Tokariti prema operacijskom listu broj 40. |
| Strojna obrada | | | | | |
| Mazak QUICK TURN 200MY | | | | | |
| 50 | 30 | | 34,732 | | Glodati i bušiti prema operacijskom listu broj 50. |
| Strojna obrada | | | | | |
| Hermle C30U | | | | | |
| 60 | 0 | | 11,2 | | Skinuti srhove prema operacijskom listu broj 60. |
| Strojna obrada | | | | | |
| Radni stol | | | | | |
| 70 | 0 | | 15 | | Kontrolirati prema operacijskom listu broj 70. |
| Kontrola | | | | | |
| Kontrolni stol | | | | | |

Prilog 6. Operacijski listovi

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | 1 | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|---|---|--|---------|------------|--------------|-------------|--------|-----------------|--|----------------|
| OPERACIJSKI LIST | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: Pila | | Listova: | 1 | | | | | |
| | | Oznaka: | | Oblik: Šipka Dimenzija: $\varnothing 180$ mm | | Oznaka: PE-TRA POWER DC 420 CNC Radiona: Pilana | | OPERACIJA: | 10 | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | | Skica operacije | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | Naziv | Oznaka | | | |
| 1 | | 1 | | 120 | | | 1,54 | 0,5 | Pilati šipku | Tračna pila | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | t0 | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 1,54 | 0,5 | 2,04 | 0,24 | 2,28 | 2 | Ime: Hana Vukotić Datum: 15.5.2023. | Ime: Datum: |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 1 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|-----------------------|--------|--------------------------------|-----------|---------------|--|-----------------------------------|--|-----------------|--|----------------|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: CNC tokarilica | | Listova: 1 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Šipka | | Oznaka: Mazak QUICK TURN 200MY | | OPERACIJA: 20 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø180x23 mm | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | | Skica operacije | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts/tp | tr | | Naziv | Oznaka | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1,55 | Podignuti i stegnuti ulazni materijal | Stezna glava s 3 čeljusti | - | | | |
| 2 | 0,6 | 0,2 | 1 | 200 | 1037,5 | 72,5 | 0,07/0,1 | 2 | Poravnati čelo na mjeru 23 mm | Alat za vanjsko grubo tokarenje | Držač: PDJNR2525M15 Pločica: DNMG 150608-MF-2025 | | | |
| 3 | 0,35 | 0,2 | 1 | 250 | 442 | 10,5 | 0,118/0,1 | 0 | Uzdužno vanjsko tokariti promjer Ø179,3 mm | Alat za vanjsko grubo tokarenje | Držač: PDJNR2525M15 Pločica: DNMG 150608-MF-2025 | | | |
| 4 | - | 0,05 | - | 70 | 602 | 25 | 0,69/0,1 | 0 | Bušiti provrt 101 (Ø37 mm) | Univezalno svrdlo | Držač: D4120-02-37.00F40-P46 Pločica: WOEX 030204 F | | | |
| 5 | 1,5; 0,5 | 0,2 | 4 | 200 | 1721 | 25 | 0,29/0,1 | 0 | Uzdužno unutarnje tokariti provrt 101 (Ø47 mm) | Alat za unutarnje grubo tokarenje | Držač: A25T-PWLN8 08 Pločica: WNMG 080404-PMC 4415 | | | |
| 6 | - | - | - | - | - | - | 0 | 1 | Skinuti i odložiti obradak | | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | t0 | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 1,57 | 4,55 | 6,118 | 0,734 | 6,852 | 16 | Ime: Hana Vukotić Datum: 15.5.2023. | Ime: Datum: |

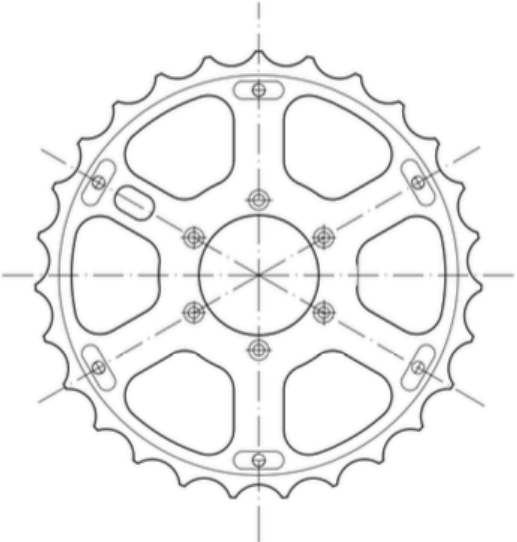
| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | | 1 | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|---|---|------|--------------------------------|-------------------|------------|---|--------|-------|-----|---|--|-----------------|--|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: CNC tokarilica | | Listova: | | 2 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Šipka | | Oznaka: Mazak QUICK TURN 200MY | | OPERACIJA: | | 30 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: $\varnothing 179,3 \times 23$ mm | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | | | | Alat | | Skica operacije | |
| | a | s | i | v | n | l | ts/tp | tr | Naziv | Oznaka | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,35 | Podignuti i stegnuti ulazni materijal | | | | Stezna glava s 3 čeljusti | | | |
| 2 | 0,9 | 0,2 | 1 | 250 | 1055 | 67,5 | 0,32/ 0,1 | 3 | Grubo poravnati čelo na mjeru 22,1 mm | | | | Alat za vanjsko grubo tokarenje Držač: PDJNR2525M15 Pločica: DNMG 150608-MF-2025 | | | |
| 3 | 0,1 | 0,2 | 1 | 300 | 533 | 15,2 | 0,143/ 0,1 | 0 | Uzdužno grubo vanjsko tokariti promjer $\varnothing 179,1$ mm | | | | Alat za vanjsko grubo tokarenje Držač: PDJNR2525M15 Pločica: DNMG 150608-MF-2025 | | | |
| 4 | 1,5 | 0,2 | 2 | 200 | 867 | 56,95 | 0,66/ 0,19 | 0 | Poprečno grubo unutarnje tokariti džep 102 ($\varnothing 159,9$ mm) | | | | Alat za unutarnje grubo tokarenje Držač: A25T- PWLNR 08 Pločica: WNMG 080404-PMC 4415 | | | |
| 5 | 0,45 | 0,2 | 1 | 200 | 1355 | 20,2 | 0,074/ 0,1 | 0 | Uzdužno grubo unutarnje tokariti provrt 101 ($\varnothing 47,9$ mm) | | | | Alat za unutarnje grubo tokarenje Držač: A25T- PWLNR 08 Pločica: WNMG 080404-PMC 4415 | | | |
| 6 | 0,25; 0,15 | 0,06 | 6 | 100 | 178 | 6,3 | 3,5/ 0,19 | 0 | Grubo tokariti utor | | | | Alat za izradu utora Držač: MSS- E25L00-2525L Pločica: GX16- 1E200N020- GD3-WSM33 | | | |
| 7 | 0,1 | 0,1 | 1 | 300 | 565 | 11 | 0,195/ 0,19 | 0 | Fino poravnati čelo na mjeru 22 mm | | | | Alat za vanjsko fino tokarenje Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | |
| 8 | 0,05 | 0,1 | 1 | 300 | 533 | 15,2 | 0,285/ 0,1 | 0 | Uzdužno fino vanjsko tokariti promjer $\varnothing 179$ mm | | | | Alat za vanjsko fino tokarenje Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | t | ti | td | t0 | tpz | Izradio | | Ovjerio | |
| | | | | | | | 9,86 | 4,48 | 14,34 | 1,72 | 16,06 | 16 | Ime: Hana Vukotić | | Ime: | |
| | | | | | | | Datum: 15.5.2023. | | | | | | Datum: | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|--------------------------------------|-----|--------------------------------|-------------------|---------------|--|-------------------------------------|--|-----------------|--------|-------------------|--|---------|--|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: CNC tokarilica | | Listova: 2 | | | | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Šipka | | Oznaka: Mazak QUICK TURN 200MY | | OPERACIJA: 30 | | | | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: $\phi 179,3 \times 23$ mm | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | | Skica operacije | | | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts/tp | tr | | Naziv | Oznaka | | | | | | |
| 9 | 0,05 | 0,1 | 2 | 300 | 533 | 0,808 | 0,03/ 0,1 | 0 | Izraditi skošenja $0,2 \times 45^\circ$ | Alat za vanjsko fino tokarenje | Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | | | | |
| 10 | 0,05 | 0,07 | 1 | 100 | 200 | 3,4 | 0,25/ 0,19 | 0 | Uzdužno fino unutarnje tokariti džep 102 ($\phi 160$ mm) | Alat za unutarnje fino tokarenje | Držač: E12M- SDUCR-07 Pločica: VCGT110302- PM-WXN10 | | | | | | |
| 11 | 0,05 | 0,07 | 1 | 100 | 665 | 20,2 | 0,43 | 0 | Uzdužno fino unutarnje tokariti provrt 101 ($\phi 48$ mm) | Alat za unutarnje fino tokarenje | Držač: E12M- SDUCR-07 Pločica: VCGT110302- PM-WXN10 | | | | | | |
| 12 | 0,1 | 0,07 | 1 | 100 | 431 | 56,5 | 1,87/ 0,1 | 0 | Poprečno fino unutarnje tokariti džep 102 | Alat za unutarnje fino tokarenje | Držač: E12M- SDUCR-07 Pločica: VCGT110302- PM-WXN10 | | | | | | |
| 13 | 0,05 | 0,06 | 1 | 100 | 181 | 6 | 0,553/ 0,19 | 0 | Fino tokariti utor | Alat za izradu utora | Držač: MSS- E25L00-2525L Pločica: GX16- 1E200N020- GD3-WSM33 | | | | | | |
| 14 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | Skinuti i odložiti obradak | | | | | | | | |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | 0,13 | Kontrolirati | | | | | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | t | ti | td | t0 | | tpz | Izradio | | Ovjerio | |
| | | | | | | | 9,86 | 4,48 | 14,34 | 1,72 | 16,06 | | 16 | Ime: Hana Vukotić | | Ime: | |
| | | | | | | | Datum: 15.5.2023. | | | | | | Datum: | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: | | 1 | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|-----------------------|------|--------------------------------|---------------|------------|---|------------------------------------|--|--|-------------------|-------------------|---------|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: CNC tokarilica | | Listova: | | 1 | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Šipka | | Oznaka: Mazak QUICK TURN 200MY | | OPERACIJA: | | 40 | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø179x22 mm | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | | Alat | | Skica operacije | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts/tp | tr | Naziv | Oznaka | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | 0,35 | Podignuti i stegnuti ulazni materijal | Stezna glava s 3 čeljusti | | | | | |
| 2 | 0,9; 0,3 | 0,2 | 5 | 200 | 841 | 66,65 | 1,98/ 0,1 | 2 | Grubo poravnati čelo na mjeru 18,1 mm | Alat za vanjsko grubo tokarenje | Držač: PDJNR2525M15 Pločica: DNMG 150608-MF-2025 | | | | |
| 3 | 1,5; 1,4 | 0,2 | 4 | 300 | 1725 | 50,1 | 0,58/ 0,1 | 0 | Grubo poravnati čelo na mjeru 12,2 mm | Alat za vanjsko grubo tokarenje | Držač: PDJNR2525M15 Pločica: DNMG 150608-MF-2025 | | | | |
| 4 | 0,1 | 0,07 | 1 | 300 | 1591 | 17,05 | 0,243/ 0,1 | 0 | Fino poravnati čelo na mjeru 18 mm | Alat za vanjsko fino tokarenje | Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | | |
| 5 | 0,1 | 0,07 | 1 | 300 | 1192 | 3,5 | 0,036/ 0,1 | 0 | Izraditi skošenje 2x45° | Alat za vanjsko fino tokarenje | Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | | |
| 6 | 0,2 | 0,07 | 1 | 300 | 863 | 49,95 | 0,826/ 0,1 | 0 | Fino poravnati čelo na mjeru 12 mm | Alat za vanjsko fino tokarenje | Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | | |
| 7 | 0,1 | 0,07 | 1 | 300 | 1192 | 4,5 | 0,054/ 0,1 | 0 | Uzdužno fino vanjsko tokariti promjer Ø80 mm | Alat za vanjsko fino tokarenje | Držač: SVJBR2525M16 Pločica: VCGT160402- PM2-WXN10 | | | | |
| 8 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | Skinuti i odložiti obradak | | | | | | |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | 0,13 | Kontrolirati | | | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | t0 | | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 4,32 | 3,48 | 7,8 | 0,936 | 8,736 | | 16 | Ime: Hana Vukotić | Ime: |
| | | | | | | | | | | | | | Datum: 15.5.2023. | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 1 | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|---|------|--------------------------------------|---------|---------------|---|--|----------------|-----|-------------------|--|---------|--|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: CNC vertikalni obradni centar | | Listova: 2 | | | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Šipka | | Oznaka: Hermle C30U | | OPERACIJA: 50 | | | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: $\varnothing 179 \times 18$ mm | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | | Alat | | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts/tp | tr | Naziv | Oznaka | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | 3,15 | Podignuti i stegnuti ulazni materijal | Stezna naprava | | | | | | |
| 2 | | | | | | | 1 | 0 | Umjeriti nul-točke izratka | Mjerno ticalo | | | | | | |
| 3 | 2 | 0,09 | 6 | 55 | 2000 | 3 | 0,1/ | 0 | Zabušiti $\varnothing 4$ mm za provrte 111-116 | Zabušivač | A1115-5 | | | | | |
| 4 | 2 | 0,072 | 6 | 35,34 | 2500 | 19 | 0,63/ | 0 | Bušiti provrte 111-116 ($\varnothing 4,5$ mm) | Svrđlo | A1148-4.5 | | | | | |
| 5 | 1 | 0,084 | 6 | 132 | 7000 | 12 | 0,12/ | 0 | Glodati rupe 121-126 - fino | Glodalo | 202510 6 | | | | | |
| 6 | | | | | | | | 0 | 5 | Skinuti stezne pločice i stegnute vijke M4 | | | | | | |
| 7 | 7 | 0,0963 | 2 | 264 | 7000 | 676,5 | 1,5/ | 0 | Glodati vanjsku konturu-grubo | Glodalo | ERC120E25-3C12 | | | | | |
| 8 | 7 | 0,1125 | 6 | 264 | 7000 | 987,5 | 7,52/ | 0 | Glodati džepove 131-136 - grubo | Glodalo | ERC120E25-3C12 | | | | | |
| 9 | 1 | 0,085 | 6 | 132 | 7000 | 182 | 1,84/ | 0 | Glodati džepove 141-146 - grubo | Glodalo | ERC060E13-3C06 | | | | | |
| 10 | 1 | 0,085 | 9 | 132 | 7000 | 29 | 0,43/ | 0 | Glodati džep 161 - grubo | Glodalo | ERC060E13-3C06 | | | | | |
| 11 | 2; 8; 5 | 0,09 | 6 | 31,42 | 2000 | 11 | 0,367/ | 0 | Zabušiti za provrte 151-156 ($\varnothing 4$ mm) | Zabušivač | 11200 4 | | | | | |
| 12 | 2; 8; 5 | 0,072 | 6 | 33 | 2000 | 31,5 | 1,3/ | 0 | Bušiti provrte 151-156 ($\varnothing 4,2$ mm) | Svrđlo | A1211TIN-4.2 | | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | t | ti | td | t0 | tpz | Izradio | | Ovjerio | |
| | | | | | | | | r | | | | | Ime: Hana Vukotić | | Ime: | |
| | | | | | | | 21,361 | 9,65 | 31,011 | 3,721 | 34,732 | 30 | Datum: 15.5.2023. | | Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 2 | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|----|-----------------------|------|--------------------------------------|-------------------|---------------|--|---------|------------|-----------------|--------|-------------------|--|---------|--|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: CNC vertikalni obradni centar | | Listova: 2 | | | | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Sipka | | Oznaka: Hermle C30U | | OPERACIJA: 50 | | | | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø179x18 mm | | Radiona: Strojna obrada | | | | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | | Skica operacije | | | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | Naziv | Oznaka | | | | | | |
| 13 | 13 | 0,2 | 1 | 262 | 6000 | 676,5 | 0,56/ 0,16 | 0 | Glodati vanjsku konturu-fino | Glodalo | 202510 12 | | | | | | |
| 14 | 13 | 0,2 | 6 | 262 | 6000 | 120,5 | 0,6/ 0,16 | 0 | Glodati džepove 131-136 -fino | Glodalo | 202510 12 | | | | | | |
| 15 | 8 | 0,15 | 1 | 113 | 6000 | 29,5 | 0,03/ 0,16 | 0 | Glodati džep 161 - fino | Glodalo | 202510 6 | | | | | | |
| 16 | 5 | 0,15 | 6 | 113 | 6000 | 48,5 | 0,32/ 0,16 | 0 | Glodati džepove 141-146 – fino | Glodalo | 202510 6 | | | | | | |
| 17 | - | 0,23 | 17 | 132 | 7000 | 45,27 | 0,467/ 0,16 | 0 | Izraditi skošenje 1x15° na džepu 161 | Glodalo | 207032 6 | | | | | | |
| 18 | - | 0,22 | 1 | 88 | 7000 | 630 | 0,41/ 0,16 | 0 | Izraditi skošenje 0,1x45° na vanjskoj konturi | Glodalo | 207032 6 | | | | | | |
| 19 | - | 0,22 | 12 | 88 | 7000 | 167,5 | 1,297/ 0,16 | 0 | Izraditi skošenje 0,1x45° na džepovima 131-136 i 141-146 | Glodalo | 208070 4 | | | | | | |
| 20 | - | 0,9 | 6 | 8 | 500 | 11 | 0,15/ 0,16 | 0 | Urezivanje navoja M5 na provrtima 151-156 | Ureznik | 3103101049 | | | | | | |
| 21 | - | - | - | - | - | - | - | 1,5 | Skinuti i odložiti izradak | | | | | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | t0 | | tpz | Izradio | | Ovjerio | |
| | | | | | | | 21,361 | 9,65 | 31,011 | 3,721 | 34,732 | | 30 | Ime: Hana Vukotić | | Ime: | |
| | | | | | | | Datum: 15.5.2023. | | | | | | Datum: | | | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 1 | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|---------------------------------------|---|------------------------------------|---------|---------------|----------------|-------------------------|------|--|--|--|----------------|--|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: Radni stol | | Listova: 1 | | | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Sipka Dimenzija: Ø179x18 mm | | Oznaka: Radiona: Strojna obrada | | OPERACIJA: 60 | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | | Alat | | Skica operacije | | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | Naziv | Oznaka | | | | | | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | 10 | | Skinuti srhove | Alat za skidanje srhova | |  | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | t0 | tpz | Izradio | | Ovjerio | |
| | | | | | | | 0 | 10 | 10 | 1,2 | 11,2 | 0 | Ime: Hana Vukotić Datum: 15.5.2023. | | Ime: Datum: | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | PROIZVOD | | MATERIJAL | | RADNO MJESTO | | List: 1 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---------|-----------------------------------|--------------------------|-------|--------|-----------------|--|----------------|
| | | Naziv: Transportno kolo | | Kvalitet: ALU 6082 | | Naziv: Kontrolni stol | | Listova: 1 | | | | | | |
| OPERACIJSKI LIST | | Oznaka: | | Oblik: Šipka | | Oznaka: | | OPERACIJA: 70 | | | | | | |
| | | | | Dimenzija: Ø179x18 mm | | Radiona: Kontrola | | | | | | | | |
| Zahvat | Režimi rada | | | | | | Vrijeme | | Opis zahvata | Alat | | Skica operacije | | |
| | a | s | i | v | n | l | ts | tr | | Naziv | Oznaka | | | |
| 1 | | | | | | | 1,3 | | Uzeti i stegnuti izradak | | | | | |
| 2 | | | | | | 10 | | Kontrolirati promjer Ø60 mm | Mjerno ticalo | | | | | |
| | | | | | | | | Kontrolirati provrt 101 | Mjerno ticalo | | | | | |
| | | | | | | | | Kontrolirati džep 102 | Mjerno ticalo | | | | | |
| | | | | | | | | Kontrolirati promjer Ø189,5 mm | Mjerno ticalo | | | | | |
| 3 | | | | | | | 1 | Kontrolirati provrte 151-156 (M5) | Kontrolnik | | | | | |
| 4 | | | | | | | 1 | Kontrolirati džep 161 (10H7) | Kontrolnik | | | | | |
| 5 | | | | | | | 0,1 | Odložiti izradak | | | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | | ts | tr | ti | td | to | tpz | Izradio | Ovjerio |
| | | | | | | | 0 | 13,4 | 13,4 | 1,6 | 15 | 0 | Ime: Hana Vukotić Datum: 15.5.2023. | Ime: Datum: |

Prilog 7. Popis alata

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: Transportno kolo D179 | Br. Nacrta: | List:1 |
|-----------------------------|-------------|---|------------------------------|---|-----------------|-------------------------------------|
| | | | | | | Listova:2 |
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | |
| | Broj | Naziv | Broj | Naziv | Broj | Naziv |
| 20 | | Stezna glava s tri samostalne čeljusti | PDJNR2525M15 | Držač | | |
| | | | DNMG 150608-MF- 2025 | Pločica | | |
| | | | D4120-02-37.00F40- P46 | Držač | | |
| | | | WOEX 030204 F | Pločica | | |
| | | | A25T-PWLNK 08 | Držač | | |
| | | | WNMG 080404- PMC 4415 | Pločica | | |
| 30 | | Stezna glava s tri samostalne čeljusti | PDJNR2525M15 | Držač | MarStand 821 FG | Komparator s granitnim postoljem |
| | | | DNMG 150608-MF- 2025 | Pločica | | |
| | | | A25T-PWLNK 08 | Držač | | |
| | | | WNMG 080404- PMC 4415 | Pločica | | |
| | | | MSS-E25L00-2525L | Držač | | |
| | | | GX16-1E200N020- GD3-WSM33 | Pločica | | |
| | | | SVJBR2525M16 | Držač | | |
| | | | VCGT160402-PM2- WXN10 | Pločica | | |
| | | | E12M-SDUCR-07 | Držač | | |
| | | | VCGT110302-PM- WXN10 | Pločica | | |

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS ALATA | | Naziv dijela: Transportno kolo D179 | Br. Nacrta: | List:2 Listova:2 |
|-----------------------------|-------------|---|-------------------------|---|------------------|-------------------------------------|
| Broj oper. | Stezni alat | | Rezni alat | | Mjerni alat | |
| | Broj | Naziv | Broj | Naziv | Broj | Naziv |
| 40 | | Stezna glava s tri samostalne čeljusti | PDJNR2525M15 | Držač | MarStand 821 FG | Komparator s granitnim postoljem |
| | | | DNMG 150608-MF- 2025 | Pločica | | |
| | | | SVJBR2525M16 | Držač | | |
| | | | VCGT160402- | Pločica | | |
| 50 | | Stezna naprava | ERC120E25-3C12 | Glodalo | Zoller Smile 400 | Uređaj za prednamještanje alata |
| | | Stezne vilice (2x) | A1149-6,8 | Svrđlo | | |
| | | M8 vijci (2x) | 114500 3,3 | Svrđlo | | |
| | | M4 vijci (6x) | 3103101079 | Ureznik | | |
| | | | 3103101043 | Ureznik | | |
| | | | A1115-5 | Zabušivač | | |
| | | | A1148-4.5 | Svrđlo | | |
| | | | 202510 6 | Glodalo | | |
| | | | ERC060E13-3C06 | Glodalo | | |
| | | | 11200 4 | Zabušivač | | |
| | | | A1211TIN-4.2 | Svrđlo | | |
| | | | 202510 12 | Glodalo | | |
| | | | 207032 6 | Glodalo | | |
| | | | 208070 4 | Glodalo | | |
| | | 3103101049 | Ureznik | | | |
| 70 | | | | | Hexagon TIGO SF | Koordinatni mjerni uređaj |
| | | | | | | Kontrolnik za navoj M5 |
| | | | | | | Kontrolnik 10H7 |

Prilog 8. Popis strojeva

| TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA | | POPIS STROJEVA | |
|-----------------------------|--|----------------|--|
| | | List: 1 | |
| | | Listova: 1 | |
| Oznaka stroja | Podaci o stroju | | |
| PE-TRA POWER DC 420 CNC | Radno područje: 420x420 mm Snaga: 4 kW Masa: 2300 kg Duljina pile: 4970 mm Debljina pile: 1,1 mm Širina pile: 34 mm Hod pile: 400 mm Razmak među zubima: 5 mm Upravljačka jedinica stroja: Siemens S7 – 1200 Simatic Panel Touch | | |
| MAZAK QUICK TURN 200MY | Hod X-osi: 230 mm Hod Y-osi: 100 mm Hod Z-osi: 676 mm Hod W-osi: 660 mm Snaga motora: 26 kW Max. brzina vretena: 5000 min ⁻¹ Broj pozicija alata: 12 (svih 12 može biti pogonjeno) Maksimalni promjer šipke: 380 mm Maksimalna duljina šipke: 695 mm Upravljačka jedinica: Mazak SmoothG CNC Oprema za hlađenje i podmazivanje | | |
| HERMLE C30U | Hod X-osi: 650 mm Hod Y-osi: 600 mm Hod Z-osi: 500 mm Broj pozicija alata: 32 Težina stroja: 11 000 kg Dimenzija stroja: 6,5 x 4,5 x 3,1 m Brzina vrtnje: 20-18 000 min ⁻¹ Maksimalna snaga: 15 kW Upravljačka jedinica: Heindenhain Promjer rotacijskog stola: 630 mm Rotacija C-osi: 360° Područje rotacije A-osi: 145°(-115°/+30°) Maksimalna nosivost stroja: 1000 kg Maksimalne dimenzije izratka: Ø630 x 400 mm Oprema za hlađenje i podmazivanje | | |