

Projekt tehnološkog procesa izrade kućišta

Šimić, Teo

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:029235>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

Projekt tehnološkog procesa kućišta

Rijeka, srpanj 2022.

Teo Šimić
0069084621

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

Projekt tehnološkog procesa izrade kućišta

Mentor: Prof. dr. sc. Mladen Perinić

Rijeka, srpanj 2022.

Teo Šimić
0069084621

Rijeka, 12. ožujka 2021.

Zavod: **Zavod industrijsko inženjerstvo i menadžment**
Predmet: **Tehnološki procesi**
Grana: **2.11.03 proizvodno strojarstvo**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Teo Šimić (0069084621)**
Studij: **Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva**

Zadatak: **PROJEKT TEHNOLOŠKOG PROCESA KUĆIŠTA / Process planning of the housing**

Opis zadatka:

Projektirati tehnološki proces za proizvodnju KUĆIŠTA u količini od 45000 kom/god. prema nacrtu. Kod izbora opreme i proizvodnog sustava uzeti u obzir, da će se koristiti i za proizvodnju drugih tehnološki sličnih dijelova. Radom obuhvatiti: tehnološku analizu dijela; izbor ulaznog materijala; postavljanje koncepta tehnološkog procesa za izradu dijela uz zahtjev da se dio proizvodi svakodnevno; razradu tehnološkog procesa izrade strukturiranjem operacija i definiranjem svih elemenata operacija s razradom osnovne tehnološke dokumentacije; izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja za jedan zahvat grube i jedan zahvat fine obrade.

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

Šimić

Zadatak uručen pristupniku: 15. ožujka 2021.

Mentor:

Perinić

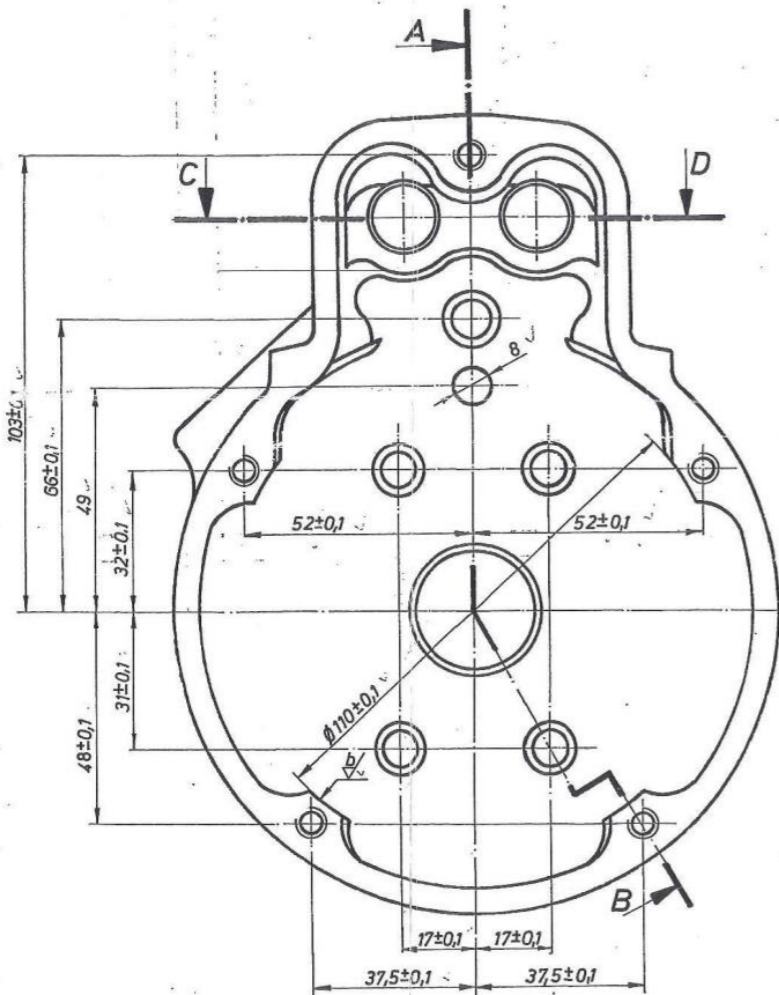
Prof. dr. sc. Mladen Perinić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

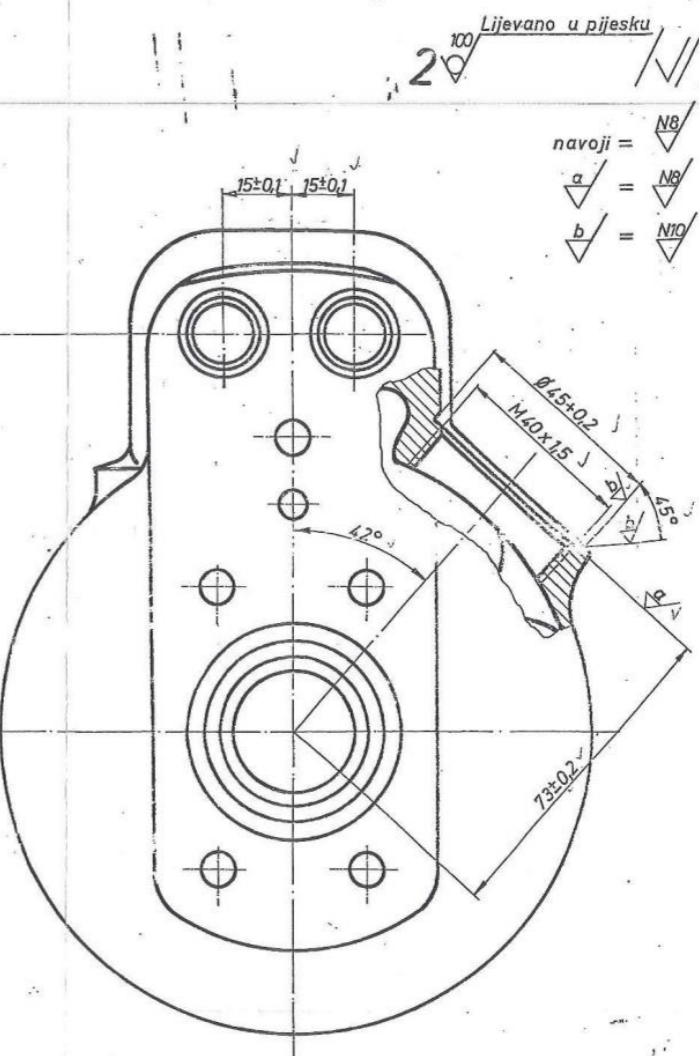
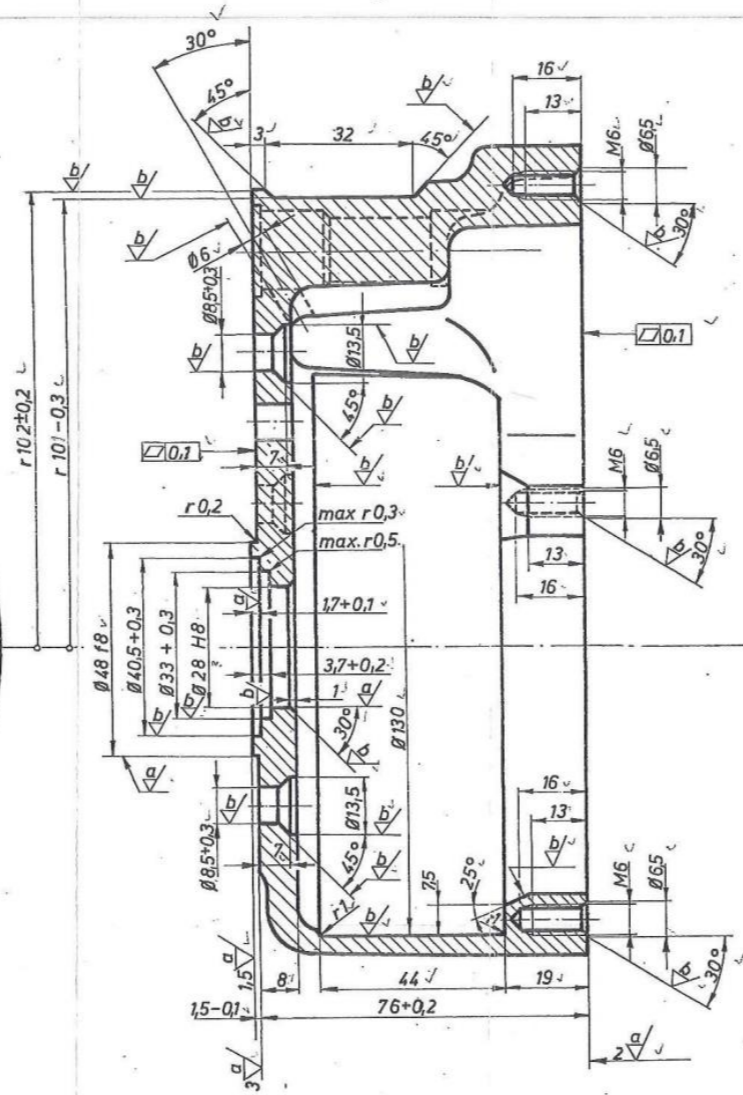
K

Prof. dr. sc. Kristian Lenić

ISO-navoj



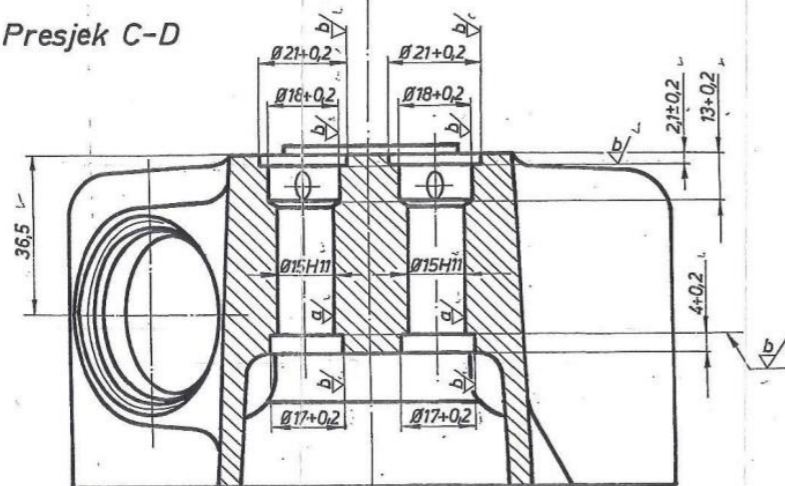
Presjek A-B



Lijevano u pijesku
200

navoji = N8
a = N8
b = N10

Presjek C-D



Poluproizvod R4.1.01.02 R

Kopija 1/2

14. VII. 1980

SAMO ZA PROJEKCIJSKU
ne podliježe izmjenama

Mjerilo: 1:1	NOVI NACRT (sadrži samo mjere za obradu)		
Materijal:	Ime: Datum: Ime: Oznaka:		
Al Si 10 Mg	Crtao: 4.6.80.	Ime: [signature]	Oznaka: BR4.1.01.06
JUS.C.2.300	Kontr.: 4.6.80.	Odobrio: 4.6.80. [signature]	
Oznaka: Odstup.	Naziv: KUĆIŠTE		
Tolerancije			

IZJAVA

Sukladno članku 9. Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku preddiplomskih sveučilišnih studija Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad pod naslovom „Projekt tehnološkog procesa kućišta“ uz konzultacije s mentorom prof. dr. sc. Mladenom Perinićem.

Zahvala

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Mladenu Periniću na nesebičnoj pomoći, uloženom vremenu i konstruktivnim savjetima prilikom pisanja završnog rada.

Također se zahvaljujem doc. dr. sc. Davidu Ištokoviću mag. ing. mech., na izdvojenom vremenu i prijedlozima za usavršavanje završnog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na neopisivoj podršci tijekom cijelog studija, ali i mojoj Sabini koja me podržava i motivira da uvijek budem bolji.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Tehnološka analiza	2
2.1 Analiza s konstrukcijskog stajališta.....	2
2.2 Analiza s tehnološkog stajališta.....	3
3. Postavljanje koncepta tehnološkog procesa izrade kućišta	4
3.1 Analiza materijala izrade.....	5
3.2 Odabir oblika ulaznog materijala izrade	5
3.3 Strukturiranje tehnološkog procesa izrade kućišta.....	7
3.4 Izbor proizvodne opreme za izradu kućišta.....	13
3.5 Takt proizvodnje.....	4
4. Razrada tehnološkog procesa izrade kućišta	14
4.1 Operacija 10 – obrada donjeg dijela.....	14
4.1.1 Ukupna vremena operacije 10.....	40
4.2 Operacija 20 – obrada gornjeg dijela	41
4.2.1 Ukupna vremena operacije 20.....	85
4.3 Operacija 30 – obrada donjeg dijela.....	86
4.3.1 Ukupna vremena operacije 30.....	96
4.4 Operacija 40 – izrada navoja M40.....	97
4.4.1 Ukupna vremena operacije 40.....	108
4.5 Operacija 50 – Glodanje otvorenog džepa	109
4.5.1 Ukupna vremena operacije 50.....	112
4.6 Operacija 60 – Bušenje rupe Ø6.....	113
4.6.1 Ukupna vremena operacije 60.....	117
4.7 Ukupna vremena svih operacija	117
5. Tehnološka dokumentacija	118
5.1 Popis operacija.....	118
5.2 Operacijski listovi	119
5.3 Popis alata	127
6. Izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja	128
6.1 Izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja za jedan zahvat grube obrade	131
6.2 Izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja za jedan zahvat fine obrade.....	132

7. Zaključak	133
Sažetak	135
Popis tablica	136
Popis slika	137

1. Uvod

Naziv: Kućište

Nacrt: BR4.1.01.06

Materijal: Al Si 10 Mg

Količina: 45000 kom/god.

U ovom završnom radu projektirat ćemo tehnološki proces za proizvodnju „kućišta” u količini od 45000 kom/god. prema zadanom nacrtu BR4.1.01.06. Kod izbora opreme i proizvodnog sustava uzet ćemo u obzir da se odabrana oprema i proizvodni sustav mogu koristiti i za proizvodnju drugih tehnoloških dijelova. Radom ćemo obuhvatiti: tehnološku analizu dijelova, izbor ulaznog materijala, koncept tehnološkog procesa za izradu dijela uz zahtjev da se dio proizvodi svakodnevno, razradu tehnološkog procesa izrade dijela i definiranje svih elemenata, te osnovnu tehnološku dokumentaciju. Na kraju će se provesti izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja za jedan zahvat grube i jedan zahvat fine obrade.

2. Tehnološka analiza

2.1 Analiza s konstrukcijskog stajališta

Izradak je konstrukcijski potpuno definiran sa zahtjevima koji osiguravaju funkcionalnost i određene propise. Analizom radioničkog crteža se obuhvaća: opći pregled tehničkog crteža, pregled propisanog materijala, pregled dopuštenih odstupanja i kategorija obrade, pregled kota. Općim pregledom tehničkog crteža utvrđuje se ispravnost tehničkog crteža kao dokumenta, odnosno utvrđujemo da je nacrt u skladu s pravilima tehničkog crtanja.

Analizom smo utvrdili da ima dovoljno projekcija, presjeka, detalja i kota za stvaranje jasne slike o predmetu koji će se proizvoditi. Na temelju pregleda dopuštenih odstupanja, odabiru se postupci obrade, strojevi i alati. Stare oznake koje predstavljaju stupanj površinske hrapavosti zamjenjene su novim oznakama (tablica 2.1). Koriste se još uvijek i jedne i druge. Postavljeni zahtjevi mogu se izvesti klasičnim tehnološkim postupcima. Na zadanom nacrtu moramo obratiti pažnju na dozvoljeno odstupanje oblika. Navoji moraju biti izrađeni sa zadovoljavajućim stupnjom površinske hrapavosti. Odljevak se lijeva u pijesku. Nije potrebna nikakva dodatna obrada.

Tablica 2.1 Stupnjevi površinske hrapavosti

Stare oznake	Nove oznake
N8	Ra3,2
N10	Ra12,5

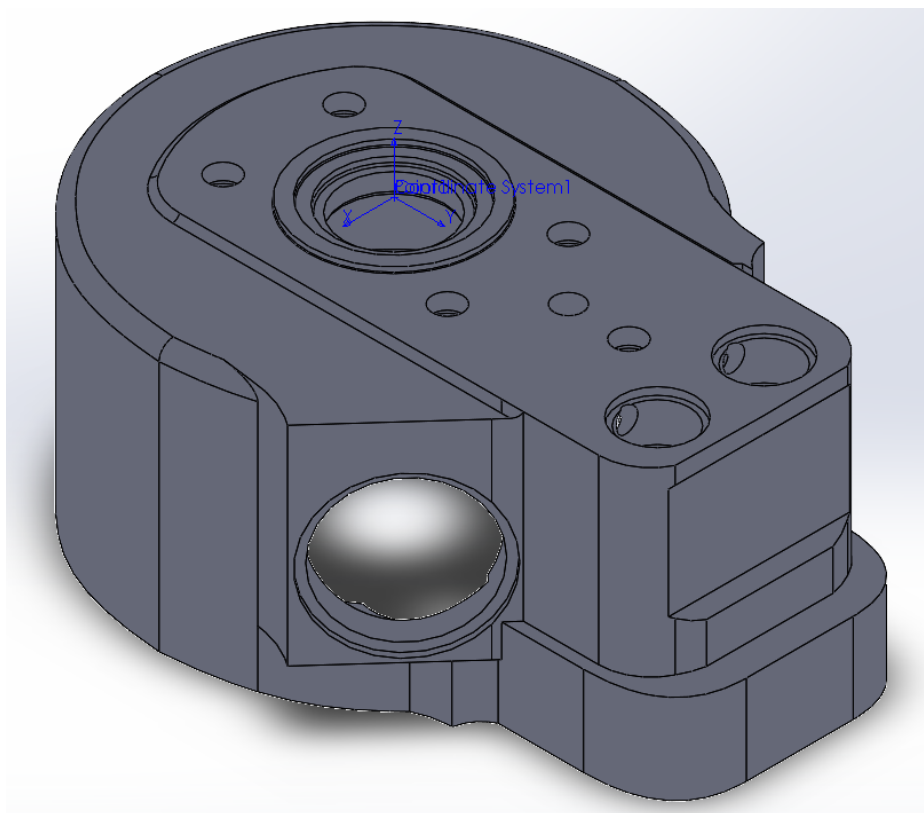
Tablica 2.2 Nazivne mjere i dozvoljena odstupanje

Nazivna mjera	Dozvoljeno odstupanje [mm]	
	Gornje	Donje
Φ15 H11	0,11	0
Φ48 f8	- 0,025	- 0,064
Φ28 H8	0,033	0

Grubom obradom uklanja se najveća količina materijala. Stupnjevi hrapavosti koji odgovaraju gruboj obradi su N12, N11, N10. Čistom obradom uklanjaju se pogreške grube obrade. Stupanj hrapavosti koji se postižu čistom obradom je N9, N8, N7.

2.2 Analiza s tehnološkog stajališta

Na osnovu radoničkog crteža uočavamo da izratak ne postavlja posebne zahtjeve na obradu već se ona može postići klasičnim obradama odvajanjem čestica kao što su: glodanje, bušenje, narezivanje navoja, itd. Ne traži se poseban termički tretman izratka. Izometrijski prikaz prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1 Izometrijski prikaz

3. Postavljanje koncepta tehnološkog procesa izrade kućišta

3.1 Takt proizvodnje

Za odvijanje količinske proizvodnje potrebno je izračunati takt proizvodnje. Takt proizvodnje je ritam proizvodnog sustava te predstavlja potrebno vrijeme za izradu jednog izratka. Njime određujemo na koliko proizvodnih kapaciteta će se izvoditi obrada tako da se zadovolji potrebna godišnja količina. U našem slučaju to je 45000 kom/god. Takt proizvodnje se računa prema slijedećem izrazu (4.1.1):

$$T = \frac{Q_g}{K} = \frac{d \cdot s \cdot h \cdot \mu}{K} \text{ [h/kom]} \quad (4.1.1)$$

gdje je:

T – proječno vrijeme izrade po komadu(takt) [h/kom]

K – godišnja količina proizvoda, $K = 45000$ [kom/god]

d – broj radnih godina za 2022, $d = 260$ [dana]

h – broj radnih sati u smjeni, $h = 8$ [h]

s – broj radnih smjena u danu, $s = 2$ [smjene]

μ – gubitci (kvarovi, čekanja itd.), $\mu = [0,85]$

Q_g – godišnji fond sati

$$T = \frac{260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,85}{45000} = 0,0785 \text{ h/kom} = 4,7 \text{ min/kom}$$

3.2 Analiza materijala izrade

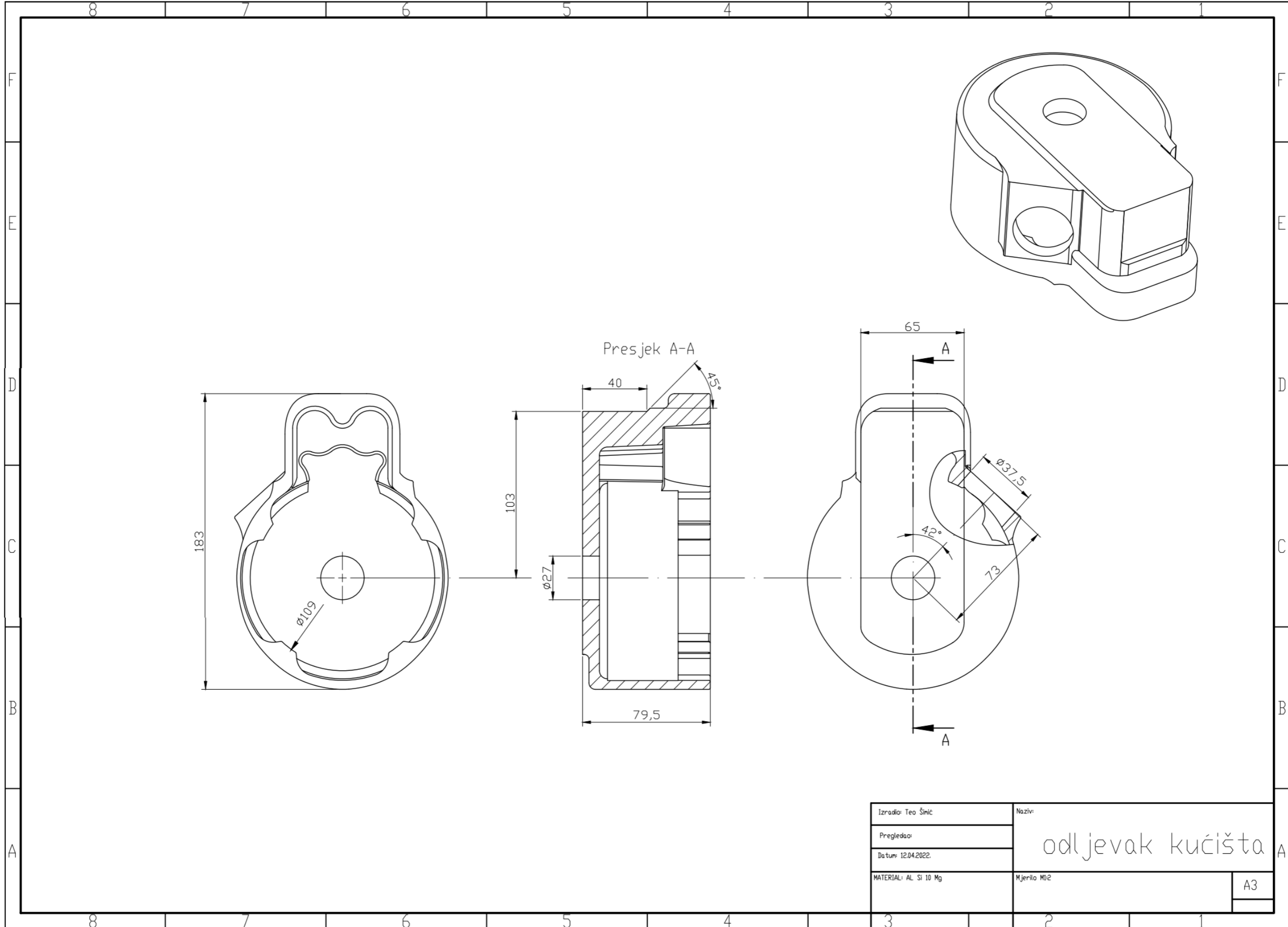
Materijal izratka je aluminijska legura sa oznakom AlSi10Mg. Ova legura se najčešće koristi za lijevanje, zbog dobrih svojstava lijevanja. Koristi se za lijevanje dijelova složene geometrije i za dijelove s tankim stijenkama. Tu legura karakteriziraju još neka dobra svojstva kao npr. dobra čvrstoća, tvrdoća i dinamička svojstva, te se koristi i za dijelove podložne velikim opterećenjima. Posjeduje dobru kombinaciju dobrih toplinskih svojstva i male su težine [1].

3.3 Odabir oblika ulaznog materijala izrade

Odabir oblika ulaznog materijala može se izvesti na više različitih načina ali nisu svi tehno-ekonomski pogodni i isplativi. Potrebno je odabrati optimalan oblik ulaznog materijala tj da je tehno-ekonomski pogodan i isplativ.

- a) Odljevak je najbolje rješenje, zbog toga jer je tehno-ekonomski isplativ. Lijevanje ima prednost pred drugim postupcima jer je moguća izrada jako kompliciranih oblika i zbog uštede materijala to jest nije potrebno obrađivati neke površine koje nisu bitne za funkcionalnost sklopa. Također je najbolji izbor zbog relativno velike količine dijelova koje treba proizvesti. Isto tako materijal koji se koristi za izradu kućišta je materijal koji je pogodan za lijevanje.

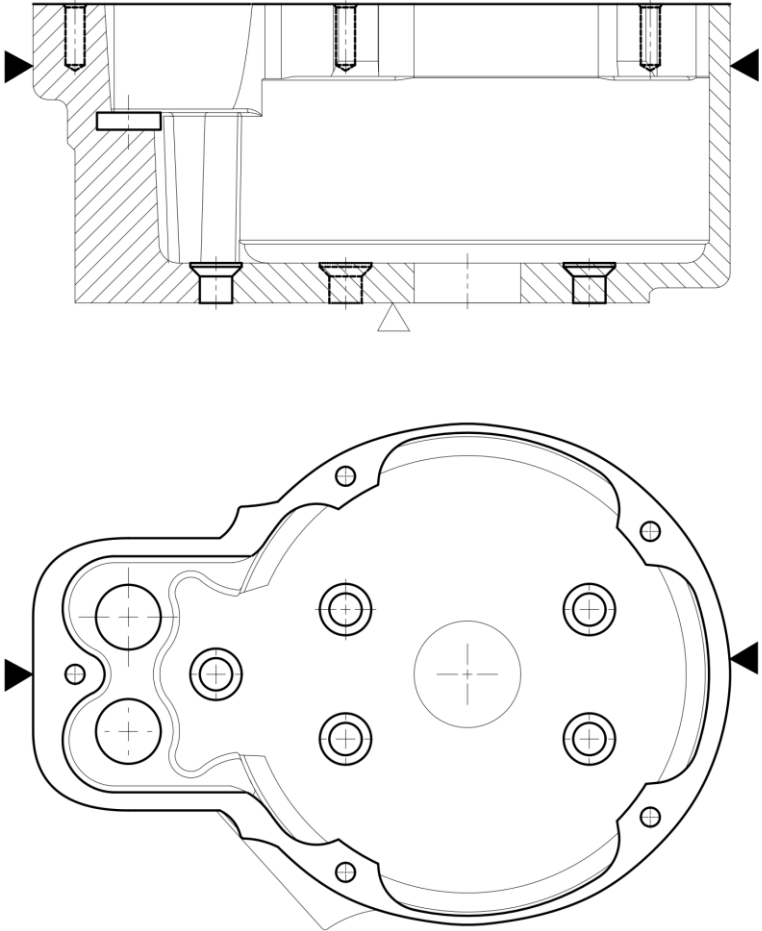
Nacrt odljevka dan je na slijedećoj stranici.



Izradio: Teo Šimić	Naziv: odljevnik kućišta
Pregledao:	Mjerilo 1:1
Datum: 12.04.2022.	
MATERIAL: AL. SI 10 Mg	A3

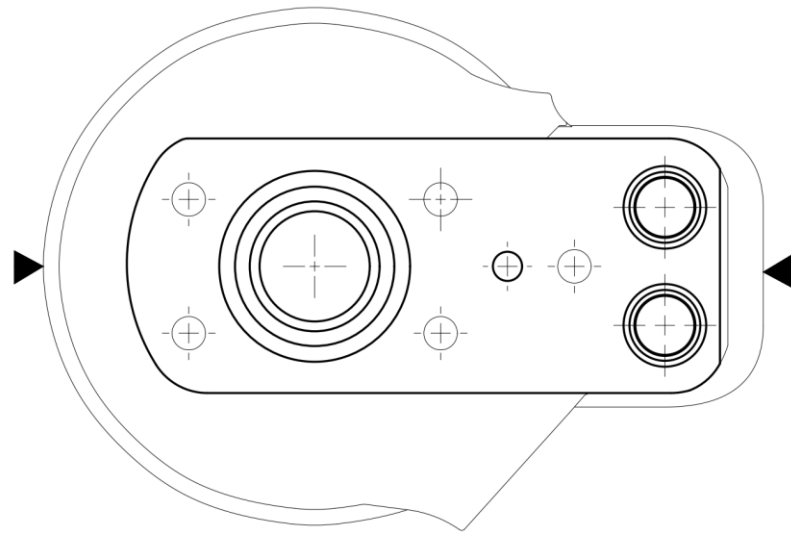
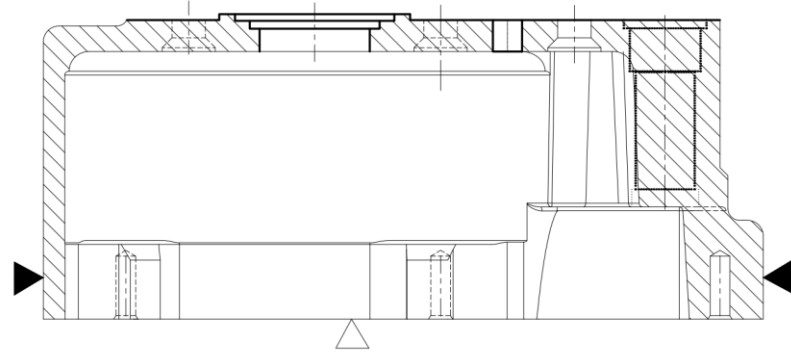
3.4 Strukturiranje tehnološkog procesa izrade kućišta

Strukturiranjem tehnološkog procesa određujemo redoslijed i sadržaj i aktivnost koje treba primijeniti za izradu kućišta.

Broj operacije	Vrsta operacije	Skica operacije	Alatni stroj
10	Glodanje (grubo, fino), bušenje		CNC vertikalna glodalica

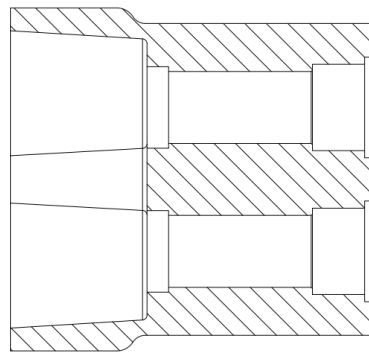
20

Glodanje
(grubo,
fino),
bušenje



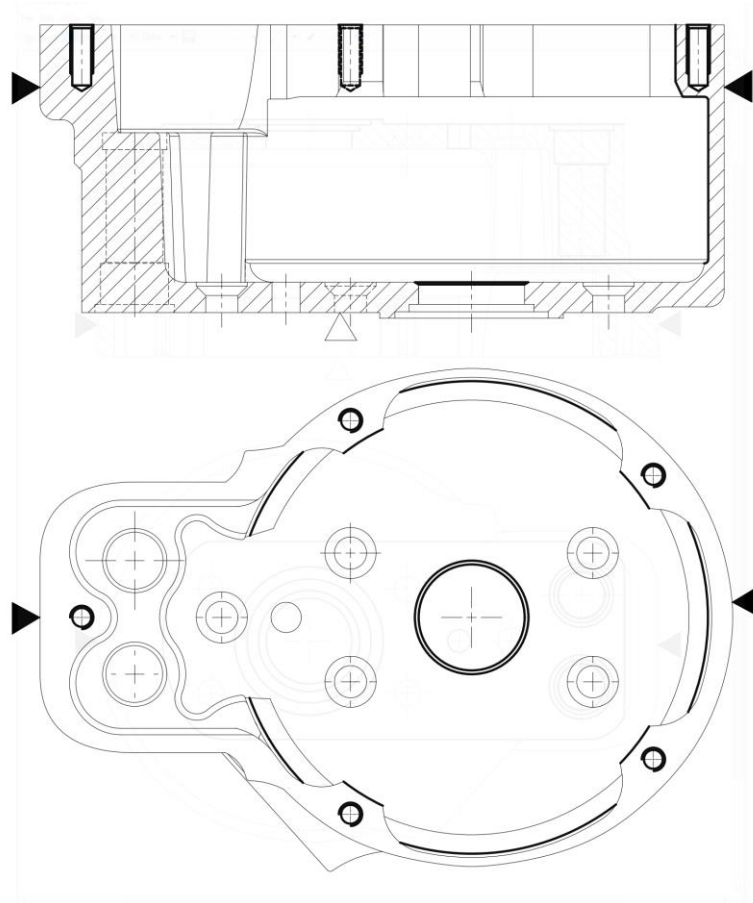
CNC
vertikalna
glodalica

Pogled A

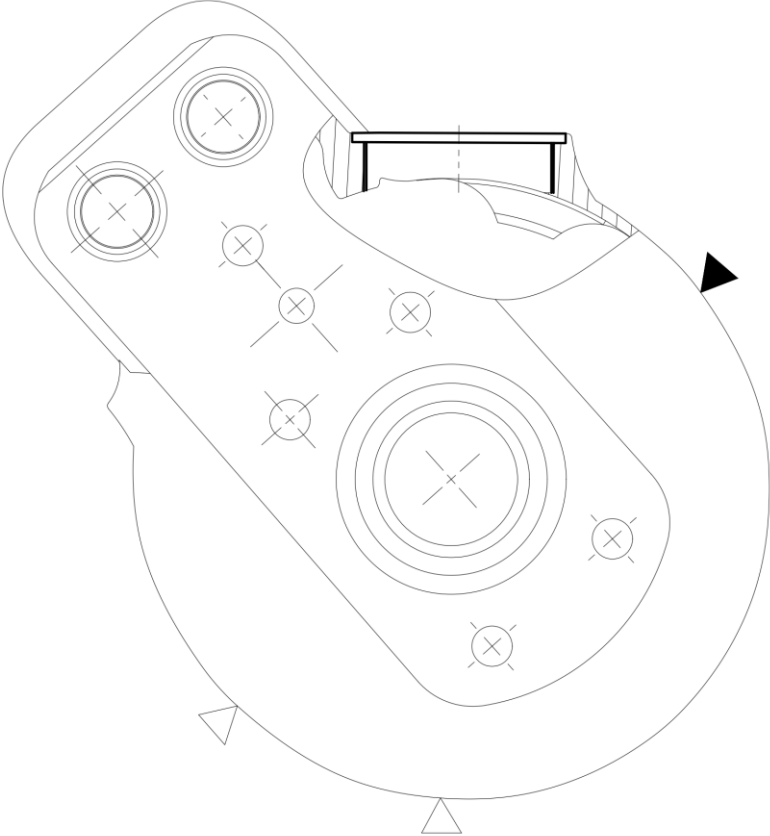


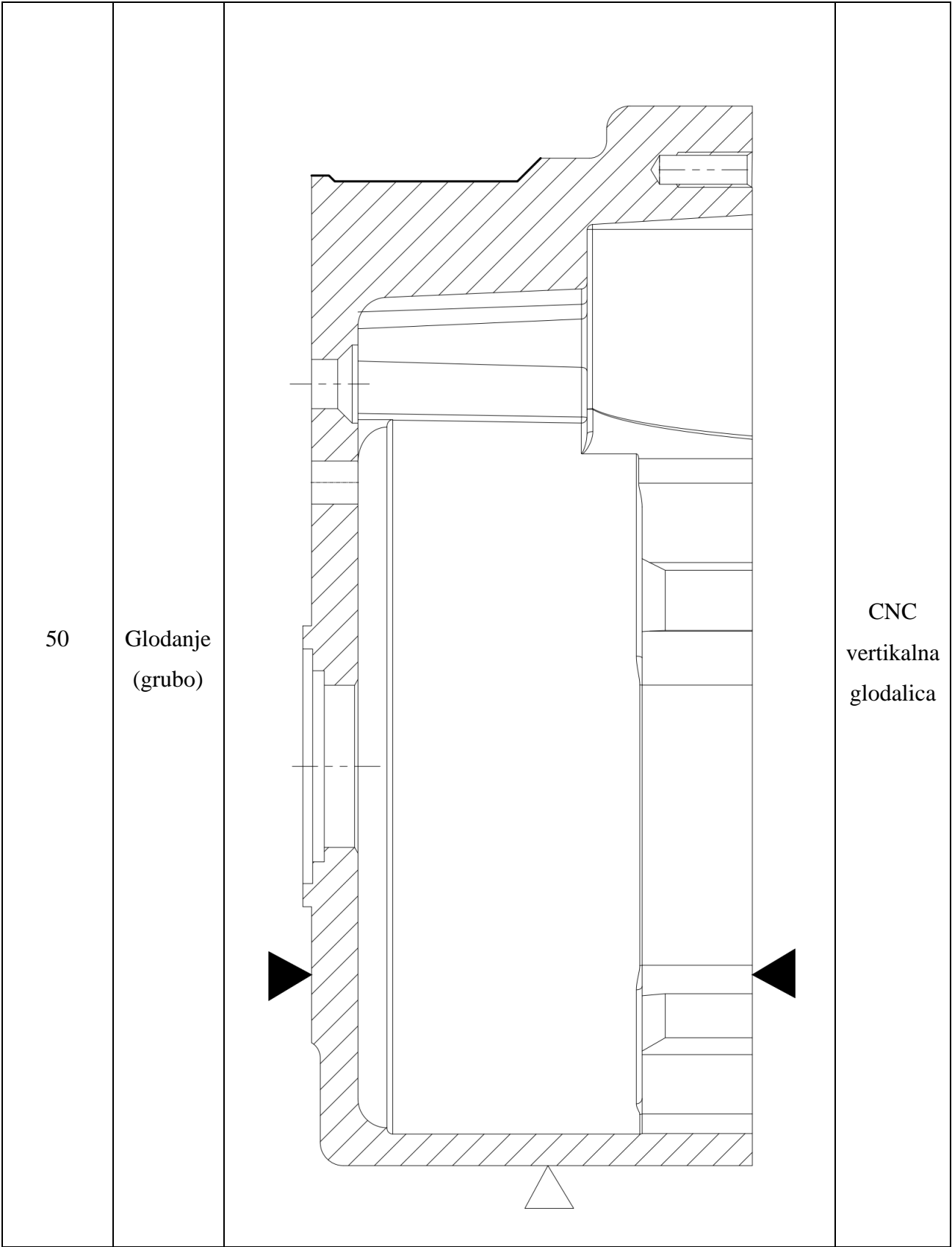
30

Glodanje
(grubo),
izrada
navoja



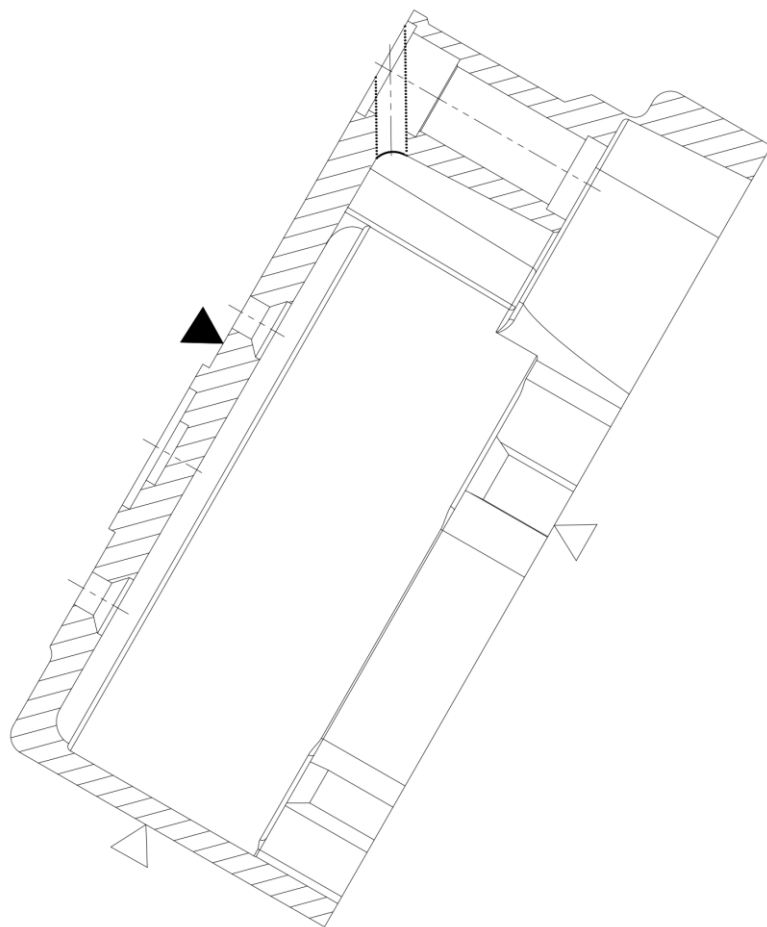
CNC
vertikalna
glodalica

<p>40</p>	<p>Glodanje (grubo, fino), izrada navoja</p>	 <p>The drawing shows a complex mechanical part with several features: a large central circular hole with concentric circles, several smaller holes with 'X' marks, and a complex outer profile. A vertical milling operation is highlighted with a thick black line and a black arrow pointing to the right. The operation is shown in a cross-sectional view, indicating the depth of the cut. There are also three small triangles pointing to specific locations on the part's surface.</p>	<p>CNC vertikalna glodalica</p>
-----------	--	--	---



60

Bušenje



CNC
vertikalna
glodalica

3.5 Izbor proizvodne opreme za izradu kućišta

S obzirom da imamo veliko serijsku proizvodnju potrebno je koristiti jednostavnije strojeve jer nam to smanjuje troškove izrade kućišta. Za izvođenje svih aktivnost-operacija koristit ćemo CNC vertikalnu glodalicu Haas-VF-2YT(slika 4.1).Ovaj stroj pruža izvanredne značajke ima široki raspon dostupnih opcija pomoću kojih se stroj može prilagoditi našim potrebama. Pomoću ovoga stroja moguće će biti odraditi sve zadane operacije i zahvate.



Slika 4.1 CNC vertikalna glodalica Haas-VF-2YT

Karakteristike Haas-VF-2YT:

- Hod po X, Y, Z: 762, 508, 508 mm
- tip glodalice: vertikalna
- maksimalna težina komada 1361 kg
- maksimalna brzina vrtnje 10000 min⁻¹
- nosač alata: magazin za 31 ala

4. Razrada tehnološkog procesa izrade kućišta

4.1 Operacija 10 – obrada donje strane dijela

Zahvat 1: Stegnuti izradak u poziciju za obradu

Alat: škrip

Tijekom stezanja izratka imamo tzv. ručno vrijeme koje se dijeli na dva vremena. Vrijeme je: vrijeme potrebno za izratka, a drugo vrijeme se odnosi na stezanje.

Uzimanje izratka:

$$t_{r1} = 0,25 \text{ min}$$

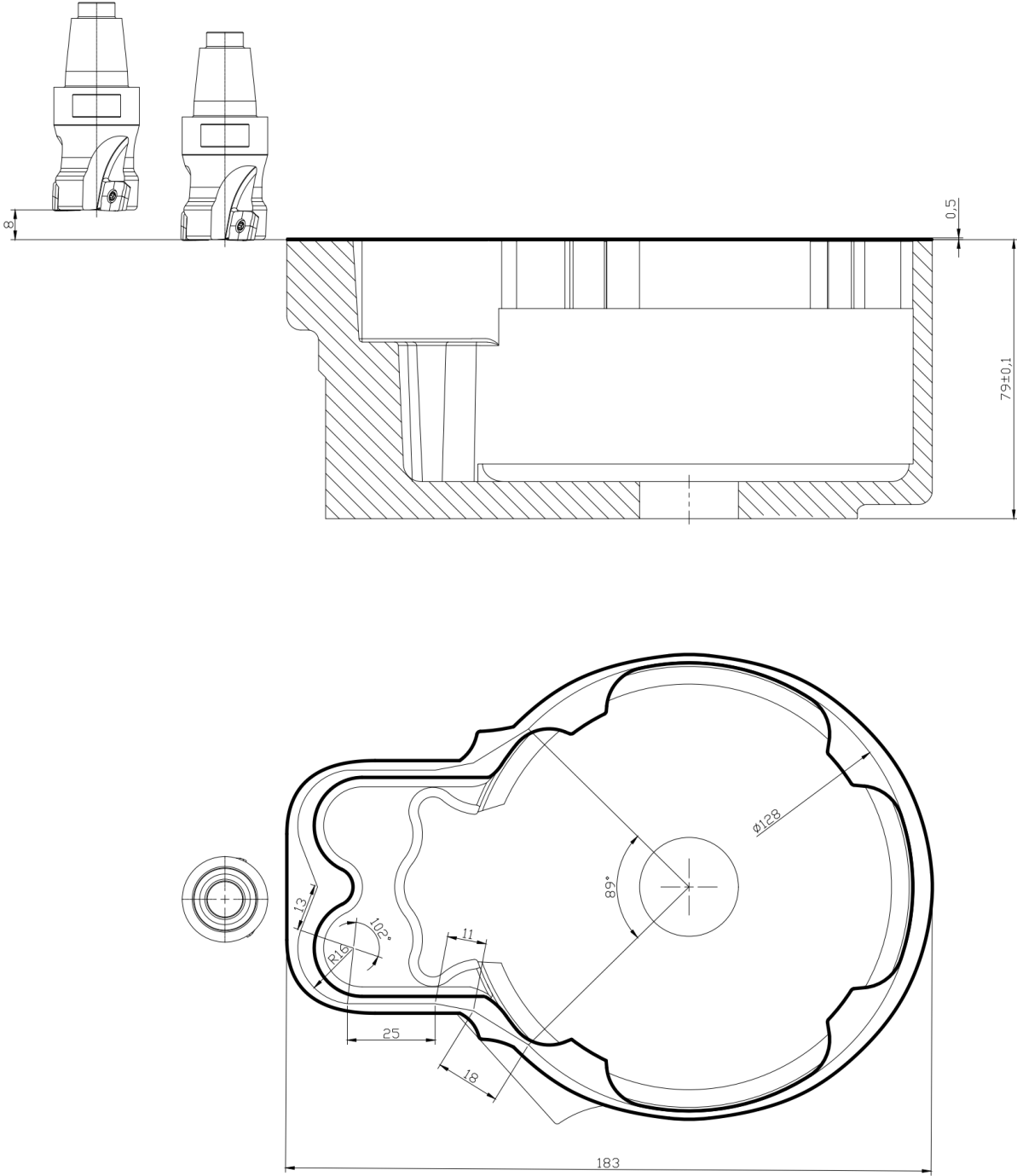
Stezanje izratka:

$$t_{r2} = 0,35 \text{ min}$$

Ručno vrijeme

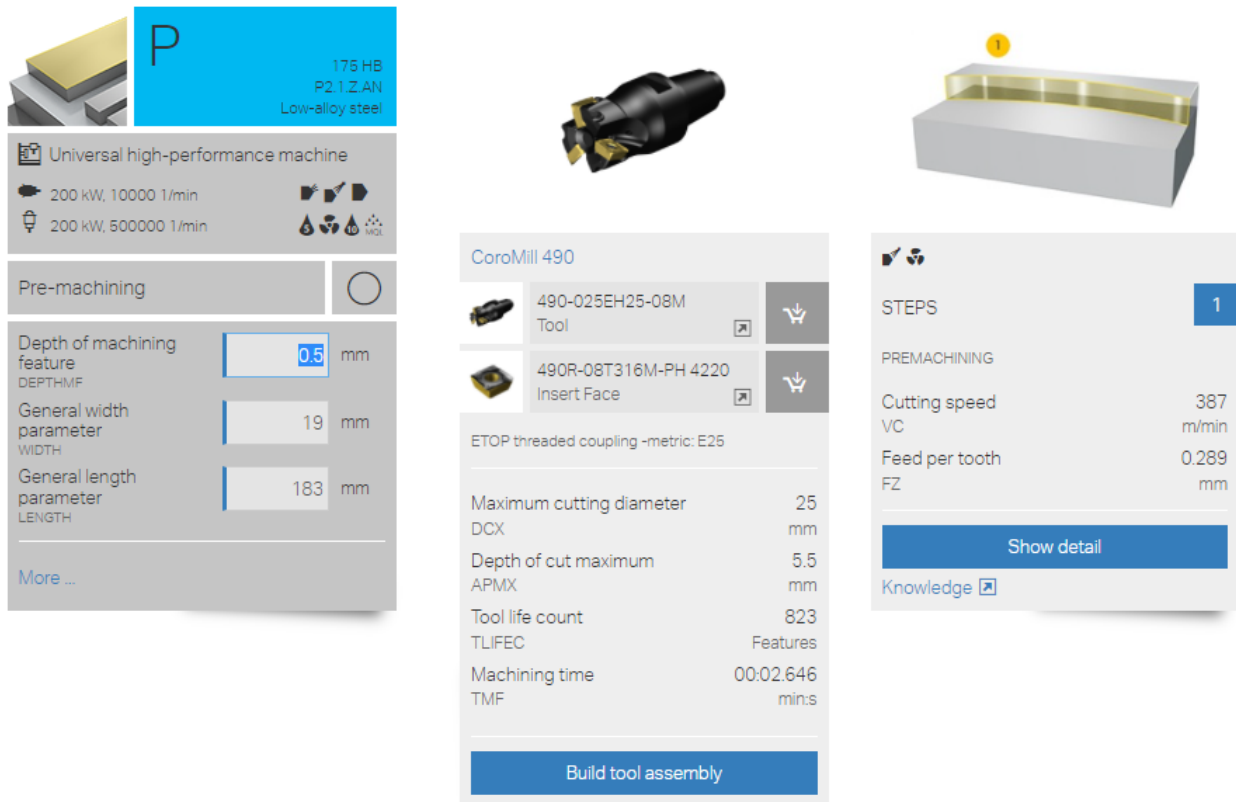
$$\begin{aligned} t_r &= t_{r1} + t_{r2} \\ t_r &= 0,25 + 0,35 \\ t_r &= 0,60 \text{ min} \end{aligned}$$

Zahvat 2: Poravnati čelo(grubo)



Slika 4.2 Skica zahvata 2, operacija 10

Alat: čeono glodalo: CoroMill R300-100Q32-16H
pločica: R300-1648M-PH 4330



Slika 4.3 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 2

Promjer glodala: $D = 25$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,289$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,289 \cdot 3 = 0,867$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 0,5$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 387$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 4,4 + 863,6 + 2 = 870 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot 64 \cdot \pi \cdot \frac{272}{180^\circ} + 18 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 25 \cdot 2 + 2 \cdot 2 \cdot 16 \cdot \pi \cdot \frac{104}{180^\circ} + 13 \cdot 2 + 8$$

$$l = 863,6 \text{ mm}$$

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{0,5 \cdot (25 - 0,5)} + 0,9$$

$$l_1 = 4,4 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 2 \text{ mm}$$

Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 387}{25 \cdot \pi} = 4927 \text{ okr/min}$$

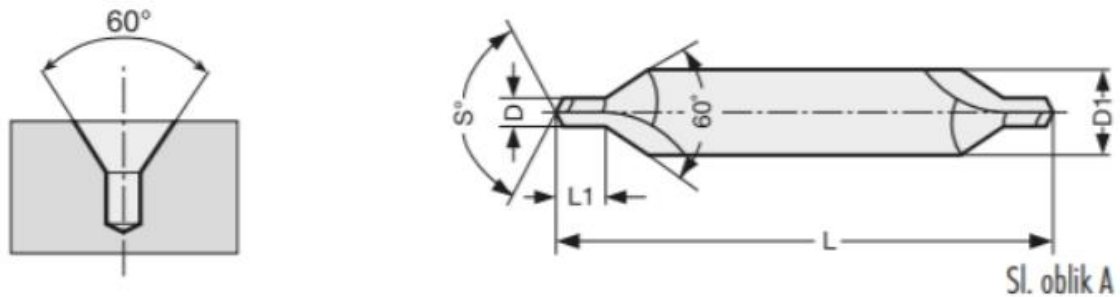
Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{871}{0,867 \cdot 4927} \cdot 1 = 0,2 \text{ min}$$

Ručno vrijeme: $t_r = 0,1 \text{ min}$ (pokretanje programa)

Zahvat 3: Zabušiti pet provrta

Alat: zabušivač 2,5/60 JUS.KD3.061



Slika 4.4 Zabušivač 2,5/60 JUS.KD3.061

Broj prolaza: $i = 5$

Posmak: $s = 0,14$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 3,5$ mm

Brzina rezanja: $v_c = 201$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 2 + 3,5 = 5,5 \text{ mm}$$

$$l = 3,5$$

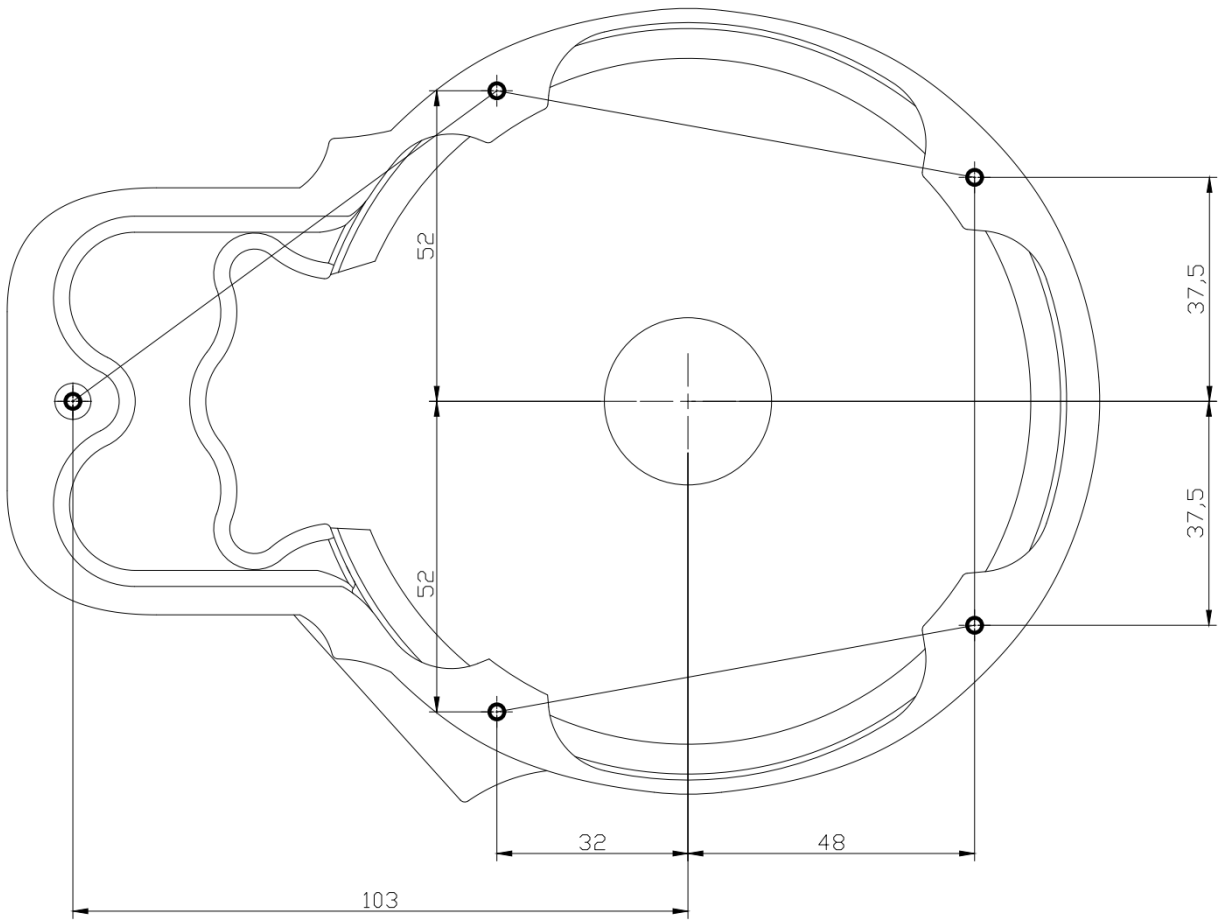
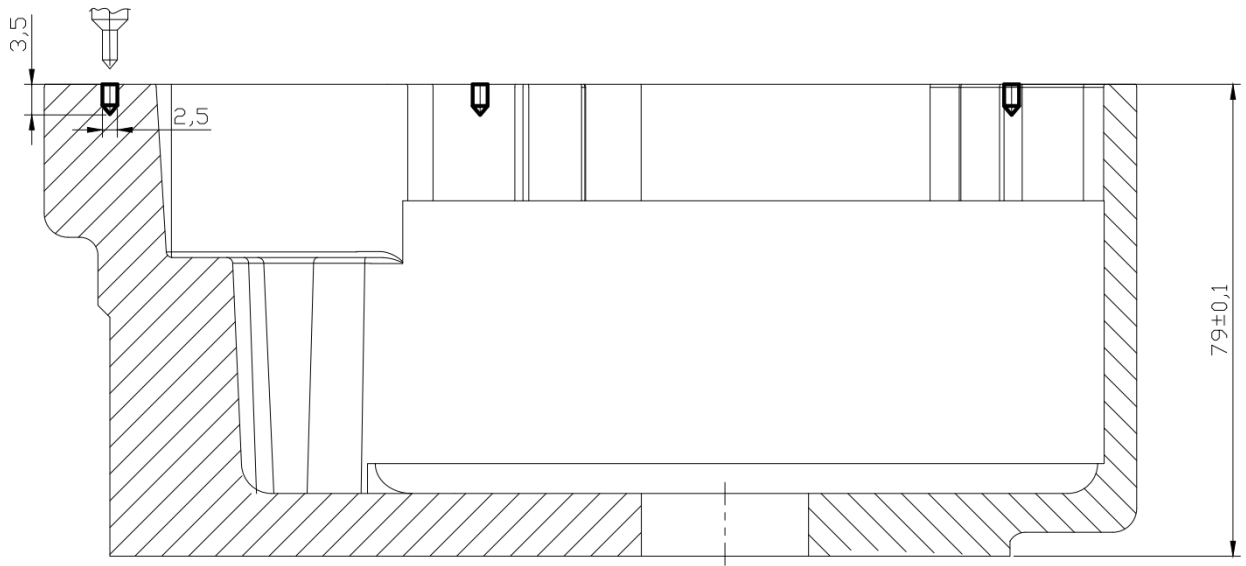
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 201}{8 \cdot \pi} = 7997 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{5,5}{0,14 \cdot 7997} \cdot 5 = 0,02 \text{ min}$$

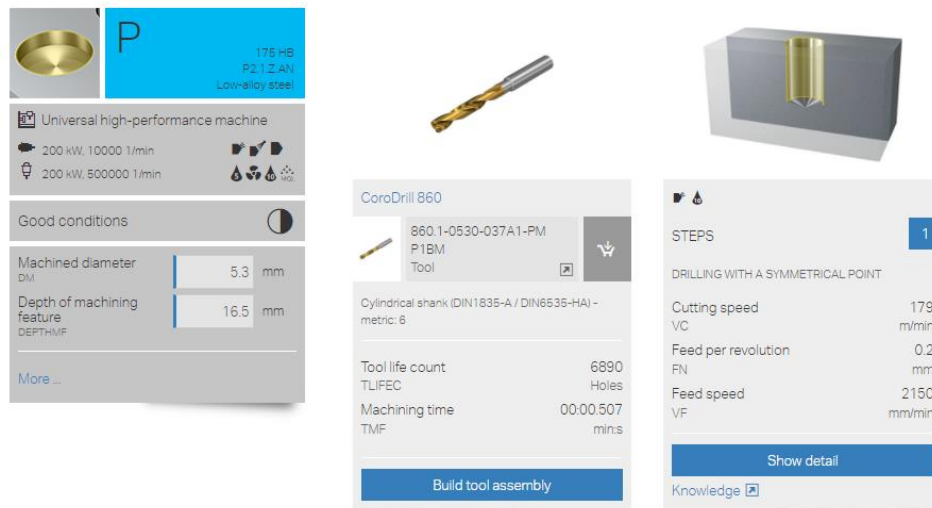
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2$ min (zamjena alata, pomak između pozicija provrta)



Slika 4.5 Skica zahvata 3, operacija 10

Zahvat 4: Bušiti pet provrta $\phi 5,3$ mm

Alat: svrdlo: 860.1-0530-037A1-PM P1BM



Slika 4.6 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 3

Promjer svrdla: $D = 5,3$ mm

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

Dubina rezanja: $a = 5$ mm

Broj prolaza: $i = 5$

Brzina rezanja: $v_c = 120$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l = 9,28 + 59,5 = 68,78$ mm

$$l = 5 + 2 + 12 + 2 + 18,5 + 4 \cdot 5 = 59,5 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{5,3}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 9,28 \text{ mm}$$

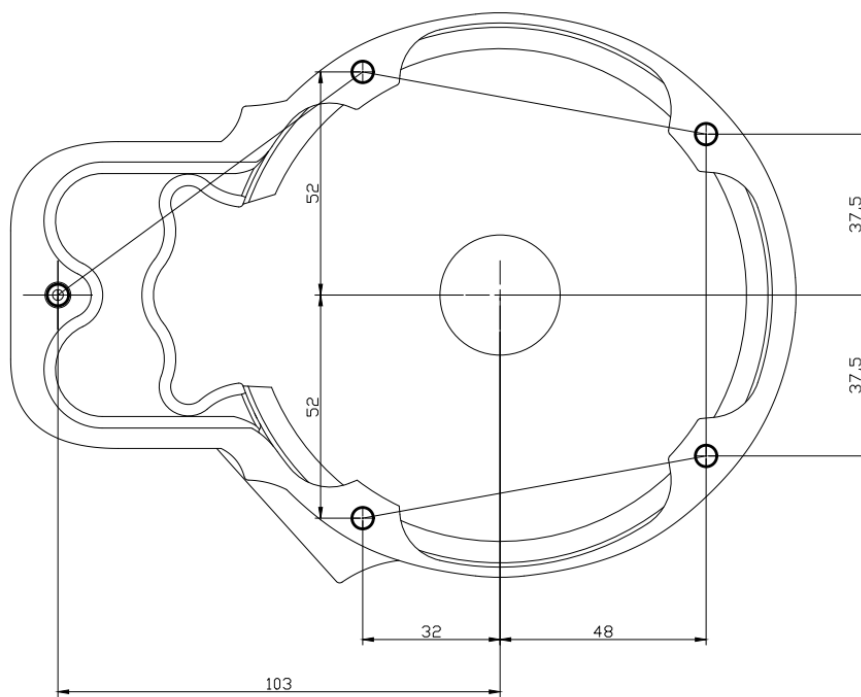
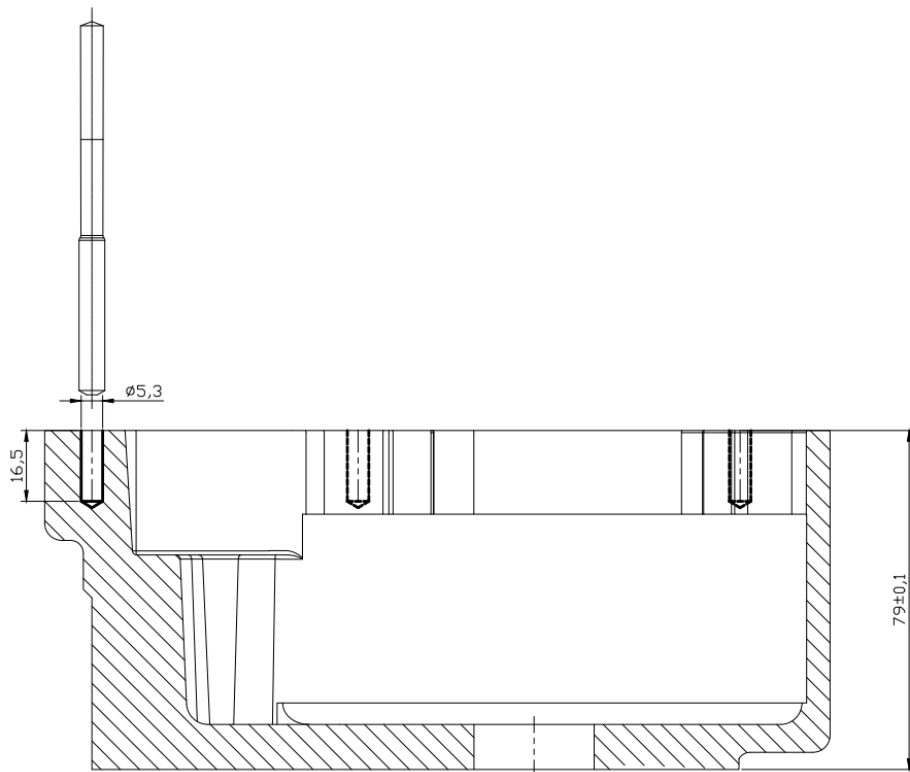
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 120}{5,3 \cdot \pi} = 7207 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{68,78}{0,2 \cdot 7207} \cdot 2 = 0,24 \text{ min}$$

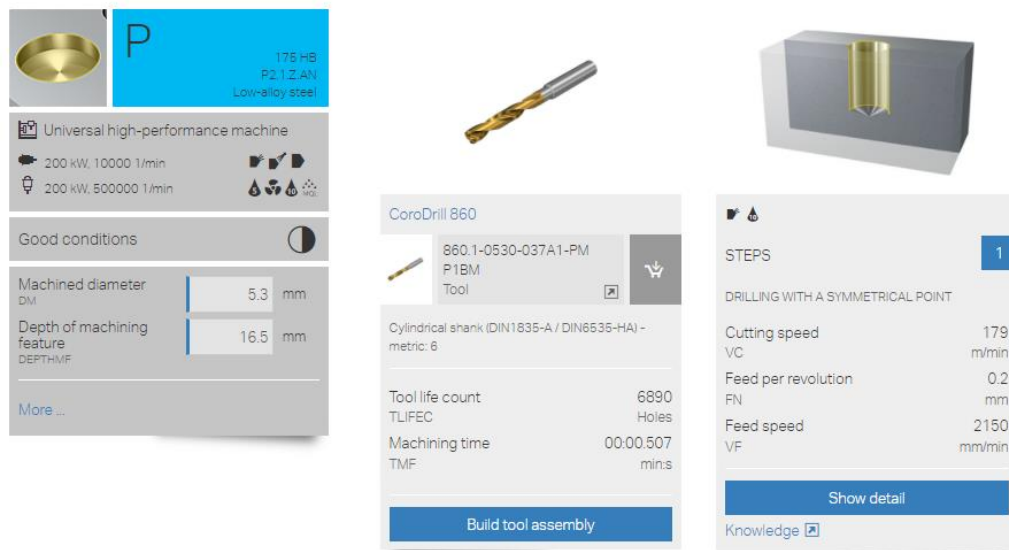
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2$ min (zamjena alata, posmak između pozicija provrta)



Slika 4.7 Skica zahvata 4, operacija 10

Zahvat 5: Zabušiti dva provrta $\phi 5,3$ mm

Alat: svrdlo: 860.1-0530-037A1-PM P1BM



Slika 4.8 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 4

Promjer svrdla: $D = 5,3$ mm

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

Dubina rezanja: $a = 16,5$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 120$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 9,28 + 10 + 0 = 19,28$ mm

$$l = 5 \cdot 2 = 10 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{5,3}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 9,28 \text{ mm}$$

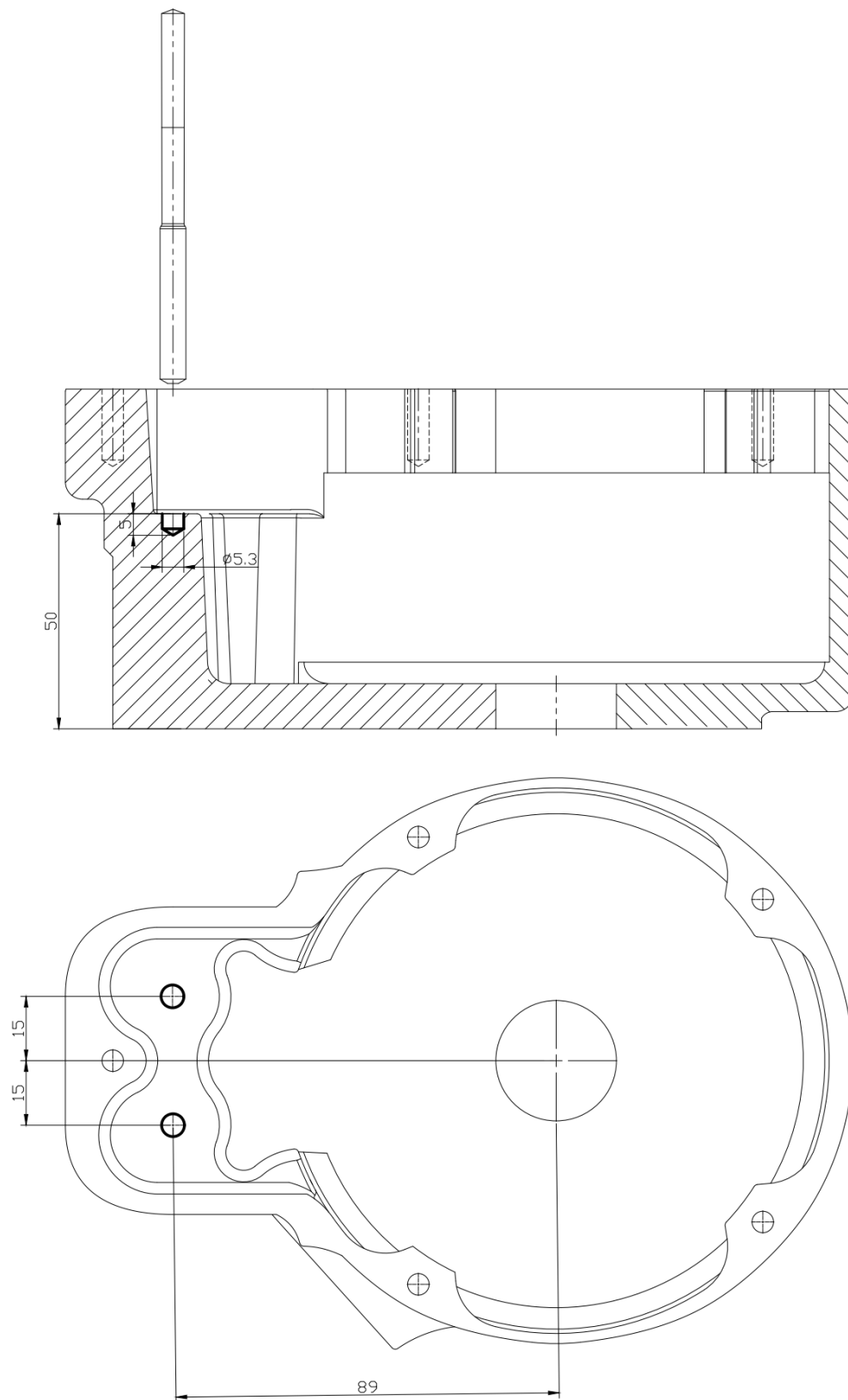
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 120}{5,3 \cdot \pi} = 7207 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{19,28}{0,2 \cdot 7207} \cdot 2 = 0,027 \text{ min}$$

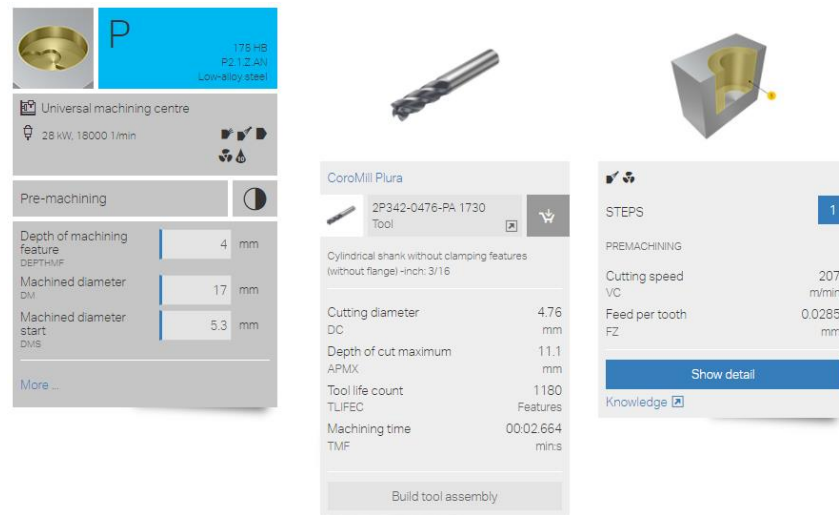
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ min (posmak između pozicija provrta)



Slika 4.9 Skica zahvata 5, operacija 10

Zahvat 6: Glodati dvije rupe $\varnothing 17$ mm

Alat: vretenasto glodalo: 2P342-0476-PA 1730



Slika 4.10 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 6

Promjer glodala: $D = 4,76$ mm

Broj zubi: $z = 4$

Posmak po zubu: $s_z = 0,0285$ mm/zubu

Posmak: $s = 4 \cdot 0,0285 = 0,144$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 4$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 145$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 3 + 58,68 + 3 = 216,77$ mm

$$l_1 = 3$$

$$l_2 = 3$$

$$l = 4 \cdot (2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)) + 8$$

$$l = 4 \cdot (2 \cdot (8,5 - 2,38) \cdot \pi + 2 \cdot (8,5 - 2,38)) + 8$$

$$l = 210,77 \text{ mm}$$

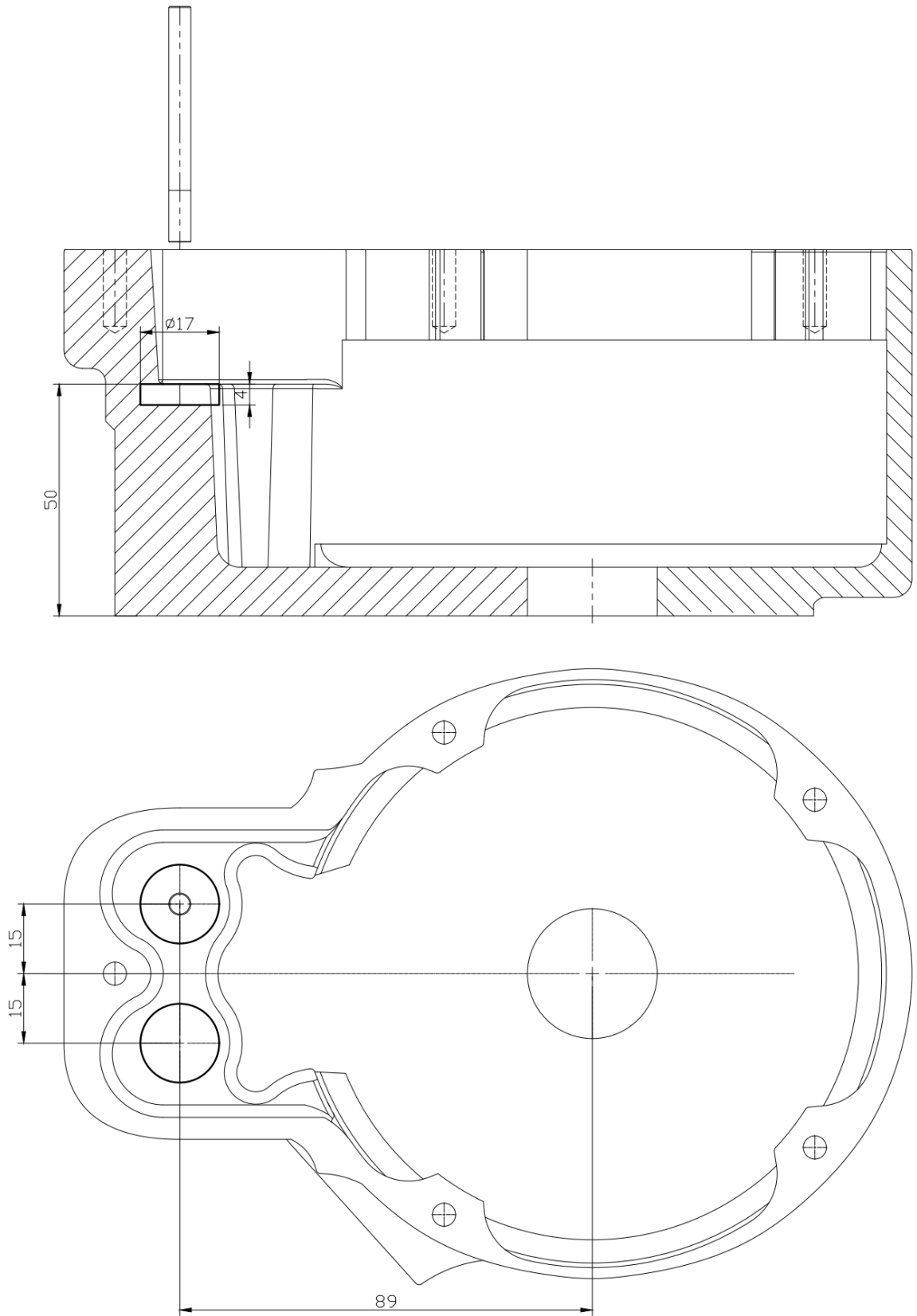
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 145}{4,76 \cdot \pi} = 3763 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{216,77}{0,32 \cdot 3763} \cdot 2 = 0,39 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_r = 0,1$ min (promjena alata)



Slika 4.11 Skica zahvata 6, operacija 10

Zahvat 7: Zabušiti pet provrta

Alat: zabušivač 2,5/60 JUS.KD3.061 slika 4.4

Broj prolaza: $i = 5$

Posmak: $s = 0,14$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 3,5$ mm

Brzina rezanja: $v_c = 201$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 2 + 3,5 = 5,5 \text{ mm}$$

$$l = 3,5$$

$$l_1 = 2$$

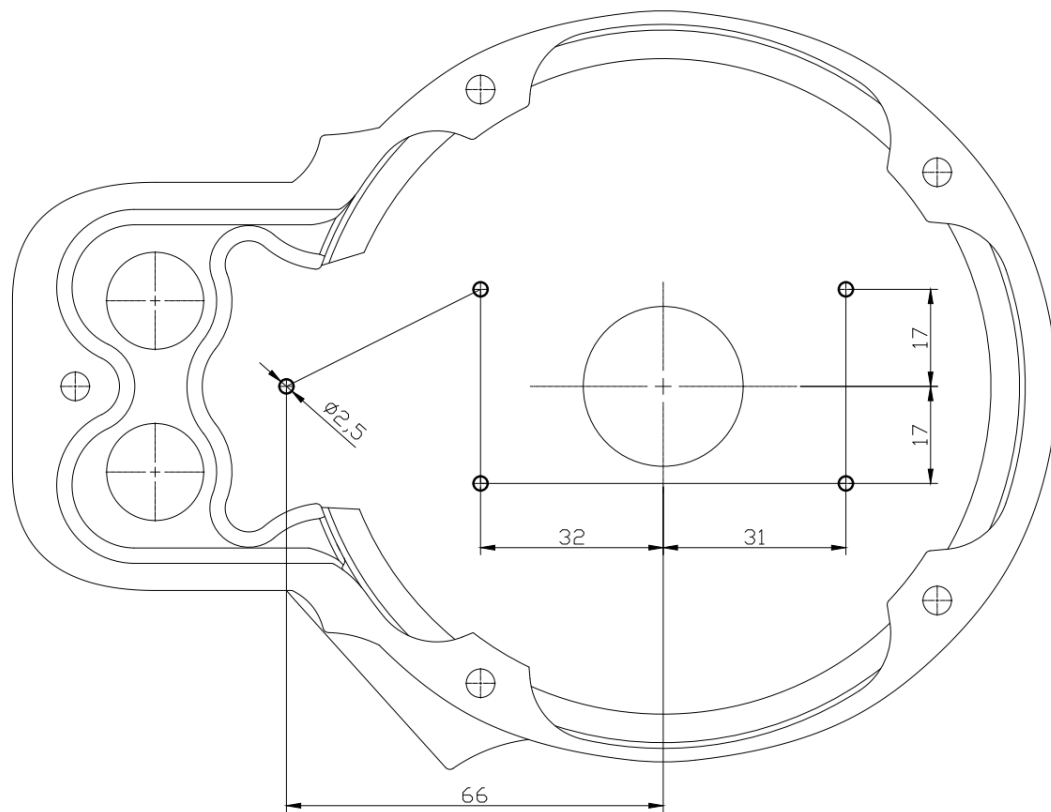
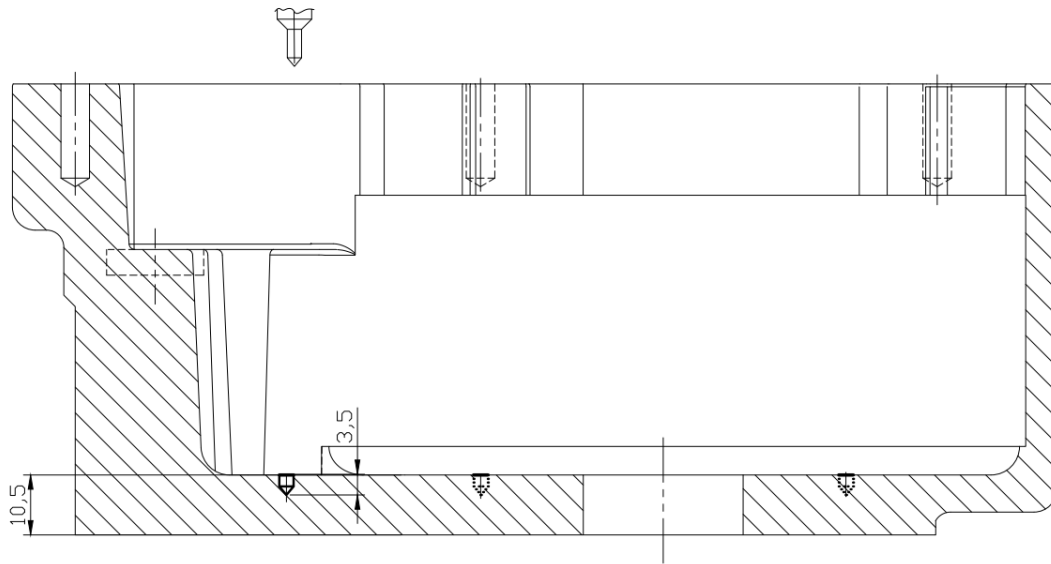
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 201}{8 \cdot \pi} = 7997 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{5,5}{0,14 \cdot 7997} \cdot 5 = 0,02 \text{ min}$$

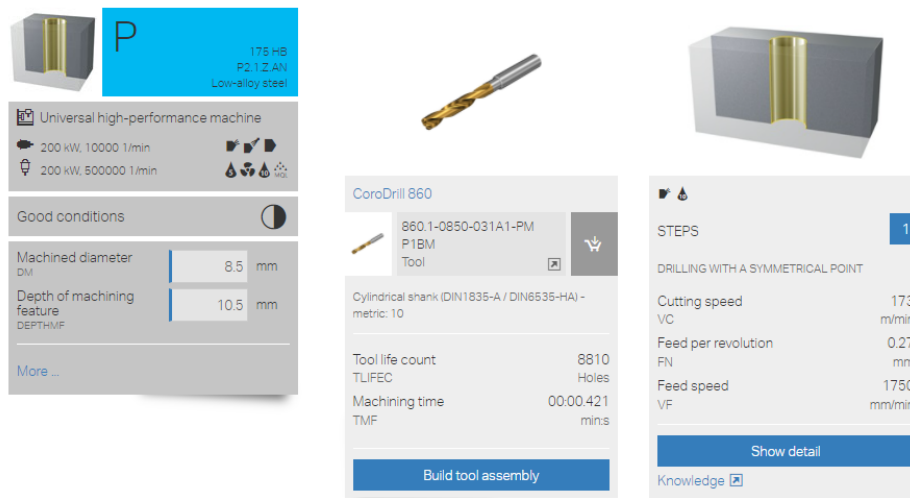
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2$ min (zamjena alata, pomak između pozicija provrta)



Slika 4.12 Skica zahvata 7, operacija 10

Zahvat 8: Bušiti pet provrta $\phi 8,5$

Alat: svrdlo: 860.1-0850-031A1-PM P1BM



Slika 4.13 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 8

Promjer svrdla: $D = 8,5$ mm

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

Dubina rezanja: $a = 10,5$ mm

Broj prolaza: $i = 5$

Brzina rezanja: $v_c = 179$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 14,27 + 14,5 + 3 = 31,78$ mm

$$l = 5 + 2 + 7,5 = 14,5 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{8,5}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 14,27 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

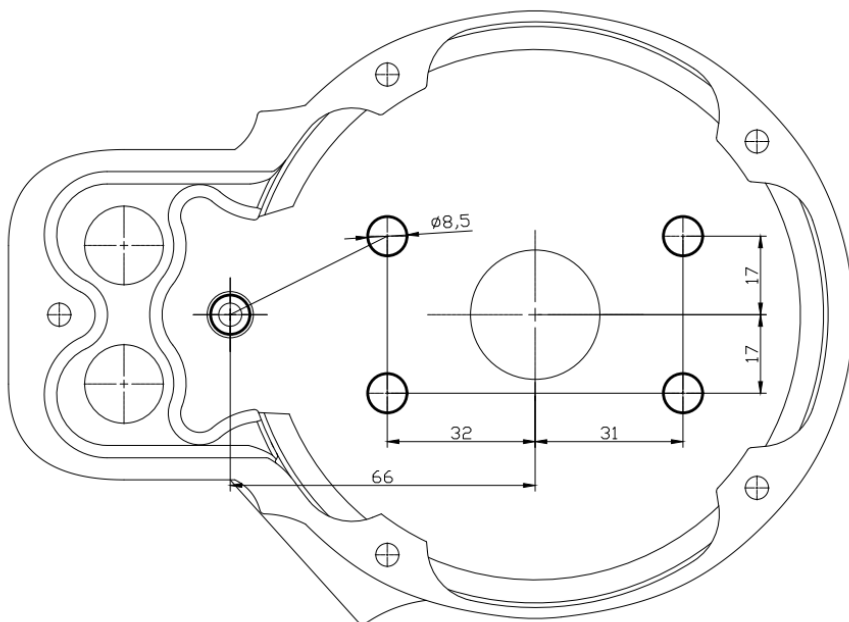
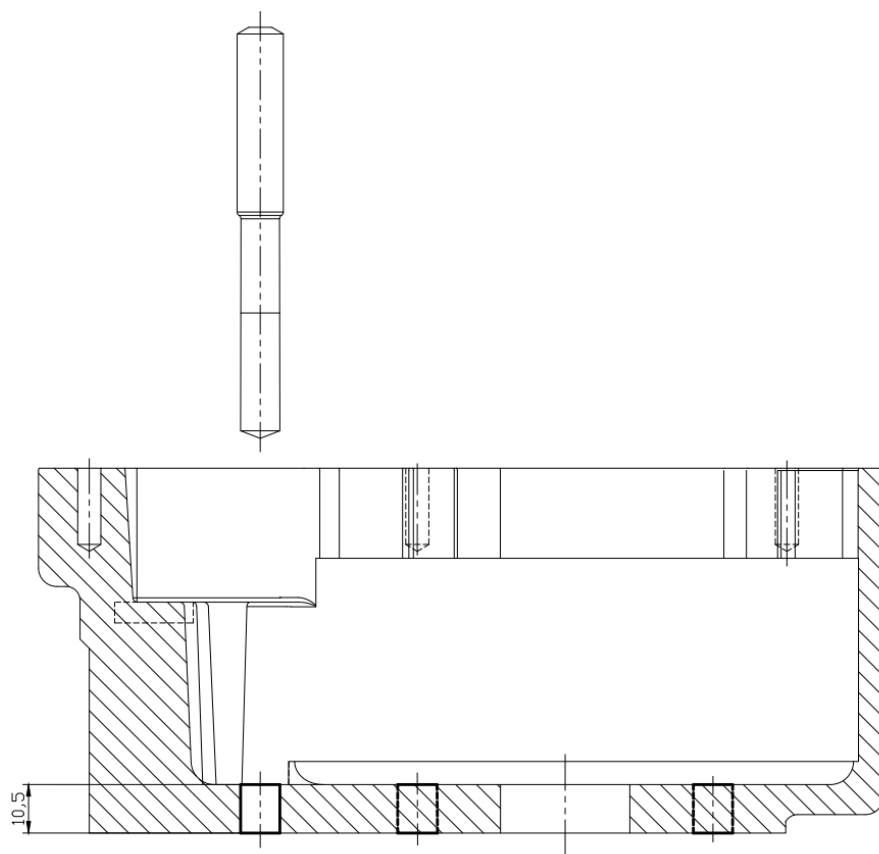
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 179}{8,5 \cdot \pi} = 6703 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{31,78}{0,27 \cdot 6703} \cdot 5 = 0,08 \text{ min}$$

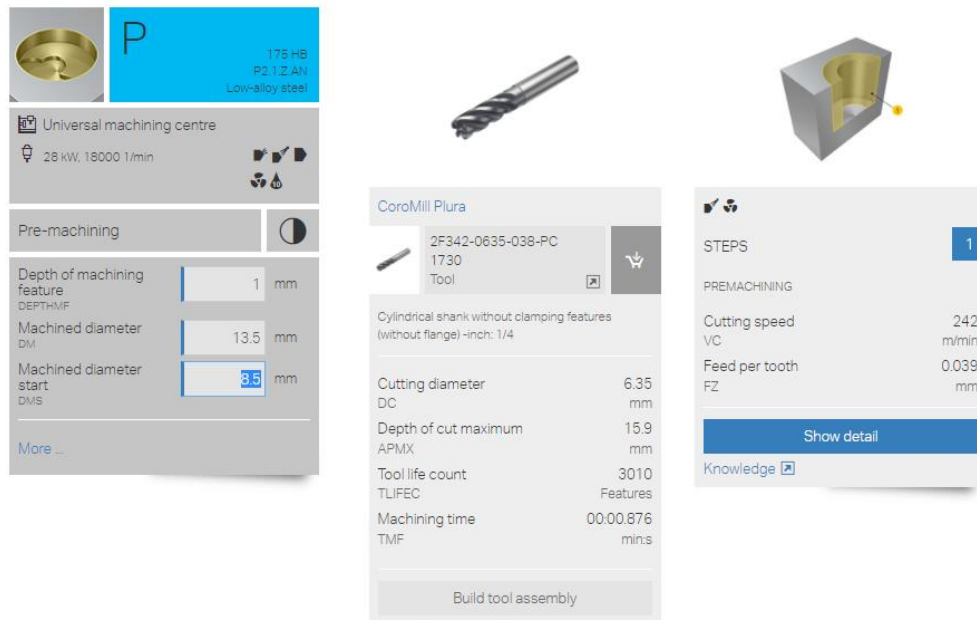
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2$ min (zamjena alata, pomak između pozicija provrta)



Slika 4.14 Skica zahvata 8, operacija 10

Zahvat 9: Glodati pet rupa Ø13,5 mm

Alat: vretenasto glodalo: 2F342-0635-038-PC 1730



Slika 4.15 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 9

Promjer glodala: $D = 6,35$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,039$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,039 \cdot 3 = 0,117$ mm/okr

Broj prolaza: $i = 5$

Dubina rezanja: $a = 1$ mm

Brzina rezanja: $v_c = 180$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 27,54 + 3 = 33,54 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$
$$l = 2 \cdot (6,5 - 3,175) \cdot \pi + 2 \cdot (6,5 - 3,175)$$
$$l = 27,54 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3$$

$$l_2 = 3$$

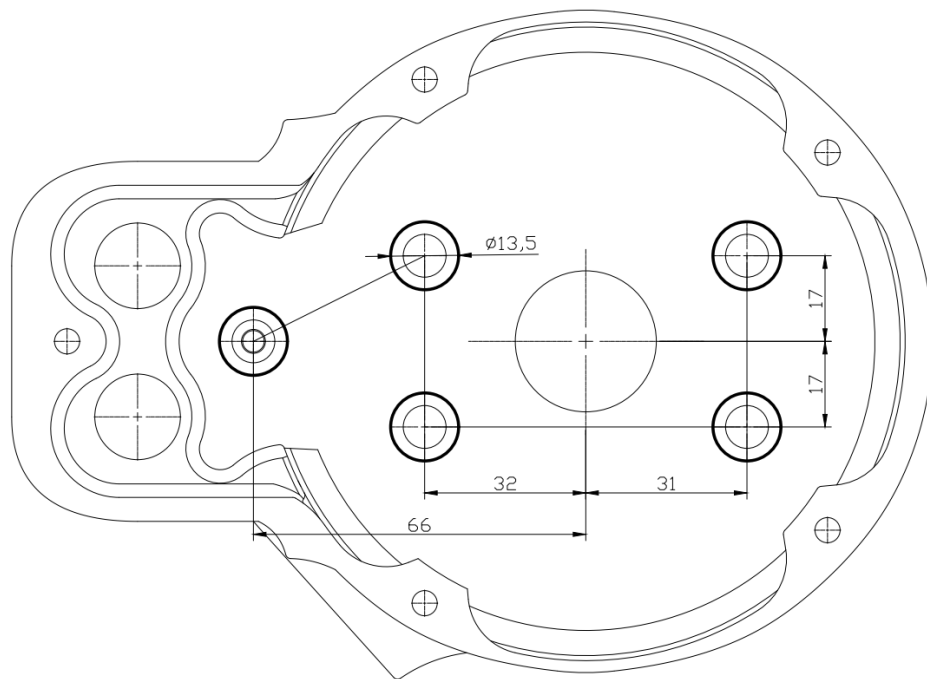
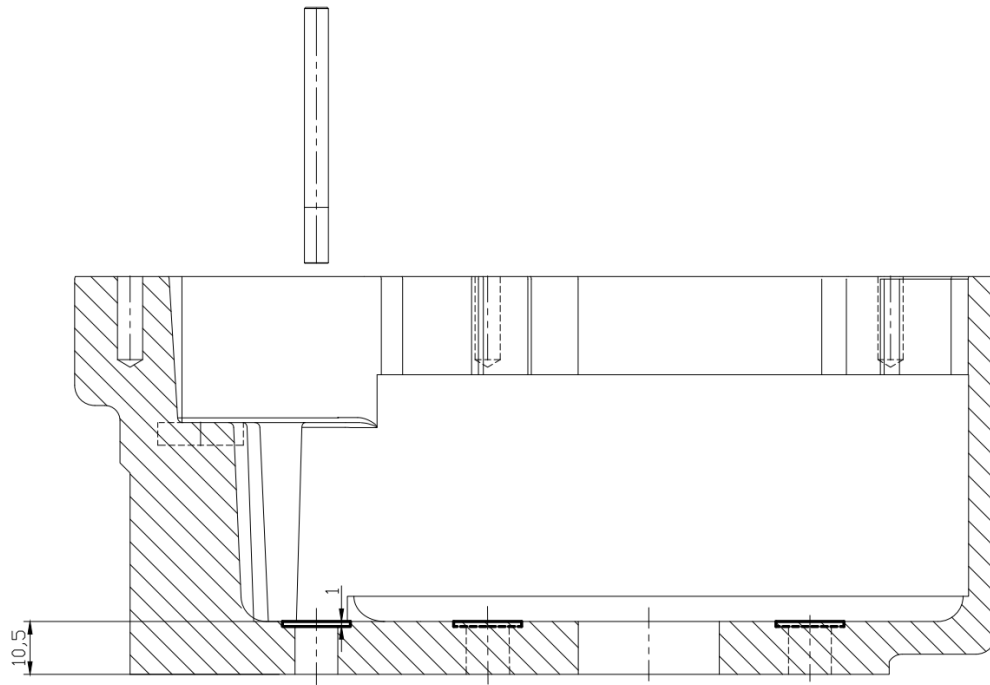
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 180}{6,35 \cdot \pi} = 9022 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{34,54}{0,117 \cdot 9022} \cdot 5 = 0,15 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2 \text{ min}$ (zamjena alata, pomak između pozicija provrta)



Slika 4.16 Skica zahvata 9, operacija 10

Zahvat 10: Upuštanje, $2,5/45^\circ$

Alat: upuštač: CoroMill 316-10CM210-10045G

Promjer upuštača: $D = 10 \text{ mm}$

Broj zubi: $z = 2$

Posmak po zubu: $s_z = 0,15 \text{ mm/zubu}$

Posmak: $s = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ mm/okr}$

Broj prolaza: $i = 5$

Brzina rezanja: $v_c = 170 \text{ m/min}$

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 1 + 14,49 + 2 = 17,49 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$

$$l = 2 \cdot (6,75 - 5) \cdot \pi + 2 \cdot (6,75 - 5)$$

$$l = 14,49 \text{ mm}$$

$$l_1 = 1$$

$$l_2 = 2$$

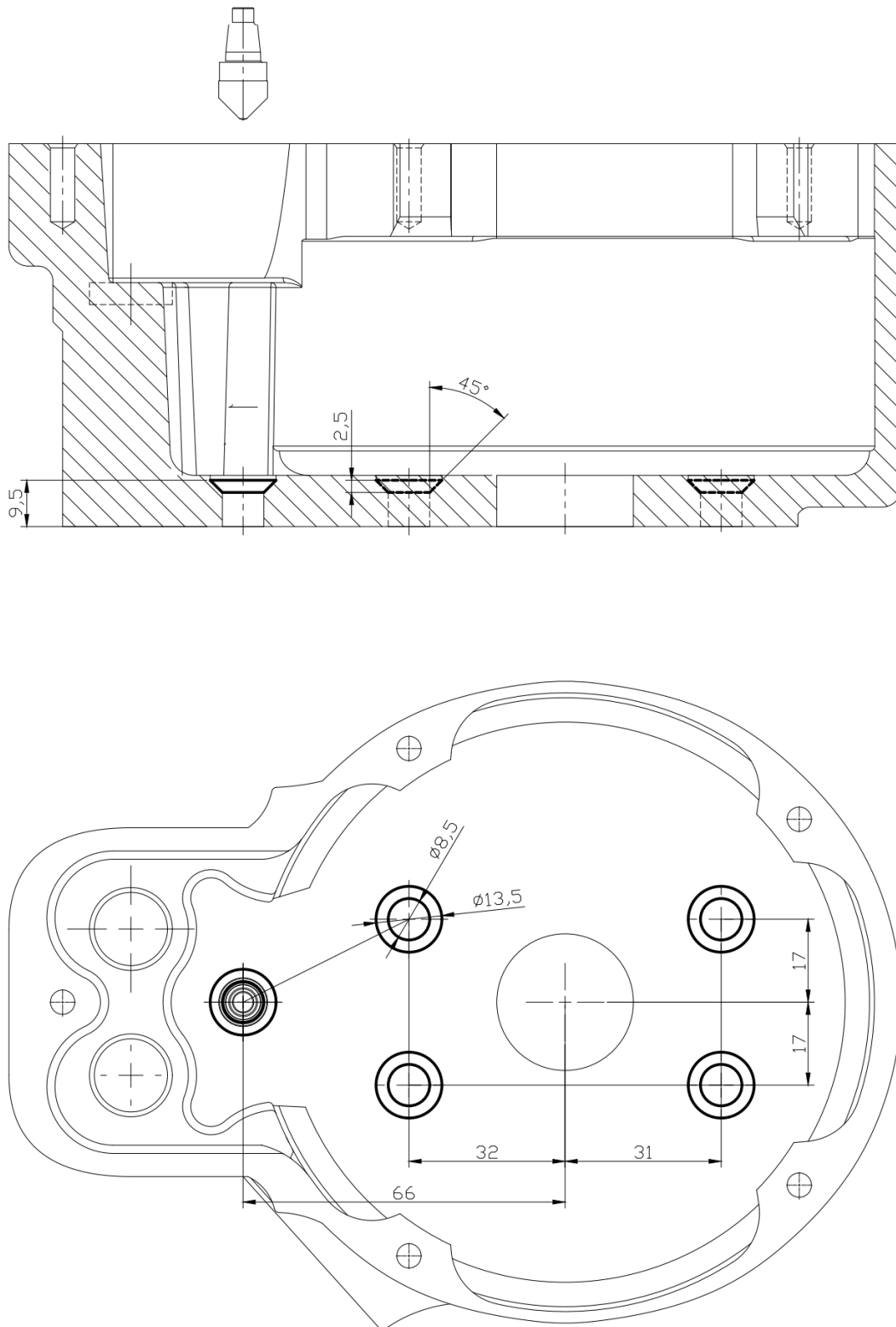
Brzina vrtnje:

$$n = 5411 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{17,49}{0,3 \cdot 5411} \cdot 5 = 0,05 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2 \text{ min}$ (zamjena alata, pomak između pozicija provrta)



Slika 4.17 Skica zahvata 10, operacija 10

Zahvat 11: Poravnati čelo(fino)

Alat: čeono glodalo: CoroMill R300-32EH25-12M

pločica: R300-1240E-PL 1130



Slika 4.18 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 11

Promjer glodala: $D = 32$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,26$

Posmak: $s = 0,226 \cdot 3 = 0,78$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 0,5$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 294$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 4,4 + 863,6 + 2 = 870 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot 64 \cdot \pi \cdot \frac{272}{180^\circ} + 18 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 25 \cdot 2 + 2 \cdot 2 \cdot 16 \cdot \pi \cdot \frac{104}{180^\circ} + 13 \cdot 2 + 8$$

$$l = 863,6 \text{ mm}$$

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{0,5 \cdot (25 - 0,5)} + 0,9$$

$$l_1 = 4,4 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 2 \text{ mm}$$

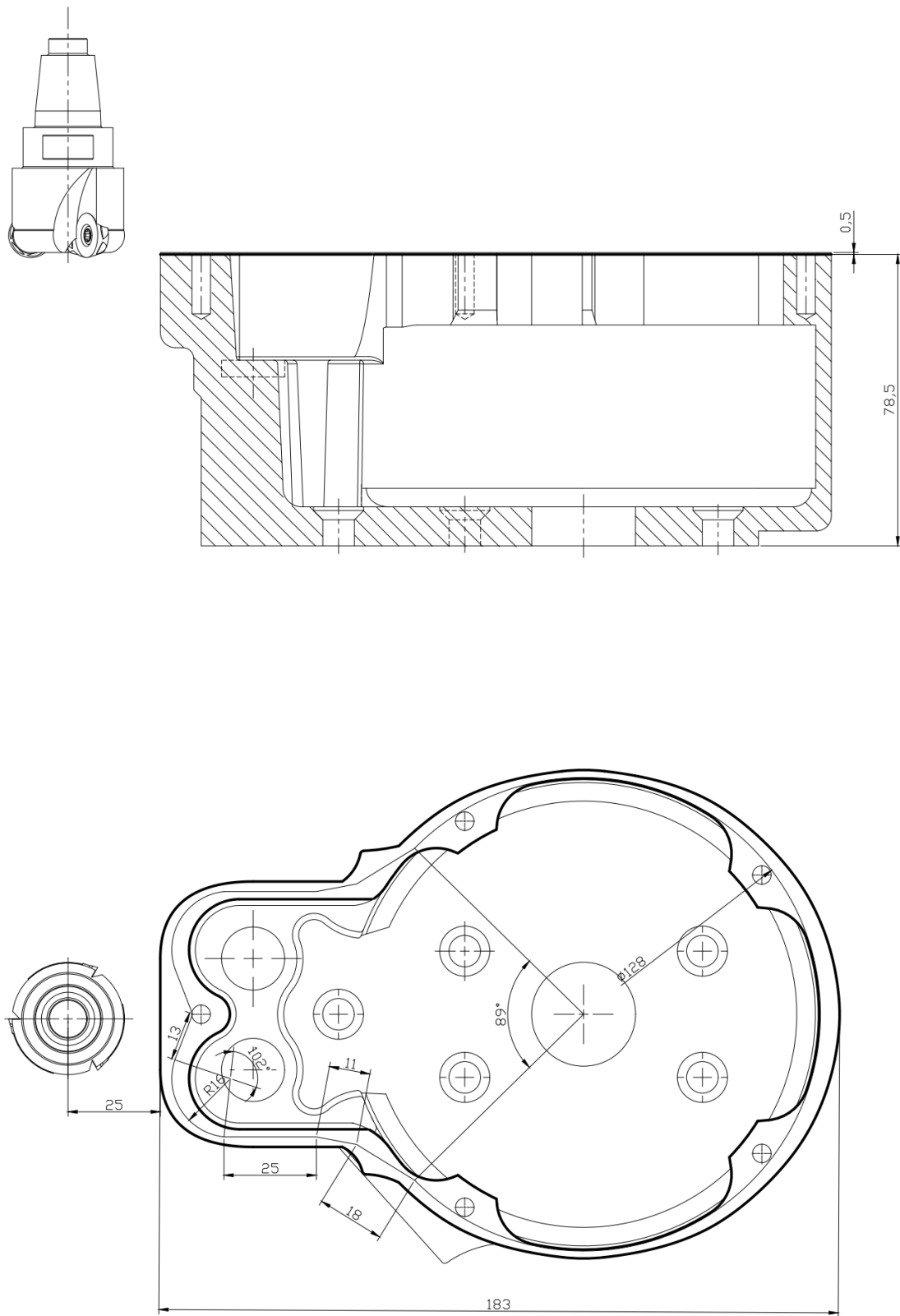
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 294}{32 \cdot \pi} = 2924 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{870}{0,78 \cdot 2924} \cdot 1 = 0,38 \text{ min}$$

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



Slika 4.19 Skica zahvata 11, operacija 10

Zahvat 12: Upustiti pet provrta $1/30^\circ$

Alat: Upuštač, CoroMill 316-12CM210-12030G 1730

Broj zubi: $z = 2$

Posmak po zubu: $s_z = 0,1$ mm/zubu

Posmak: $s = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 1$ mm

Broj prolaza: $i = 5$

Brzina rezanja: $v_c = 78,5$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 2 + 5 + 0 = 7 \text{ mm}$$

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

$$l_1 = 2$$

$$l_2 = 0$$

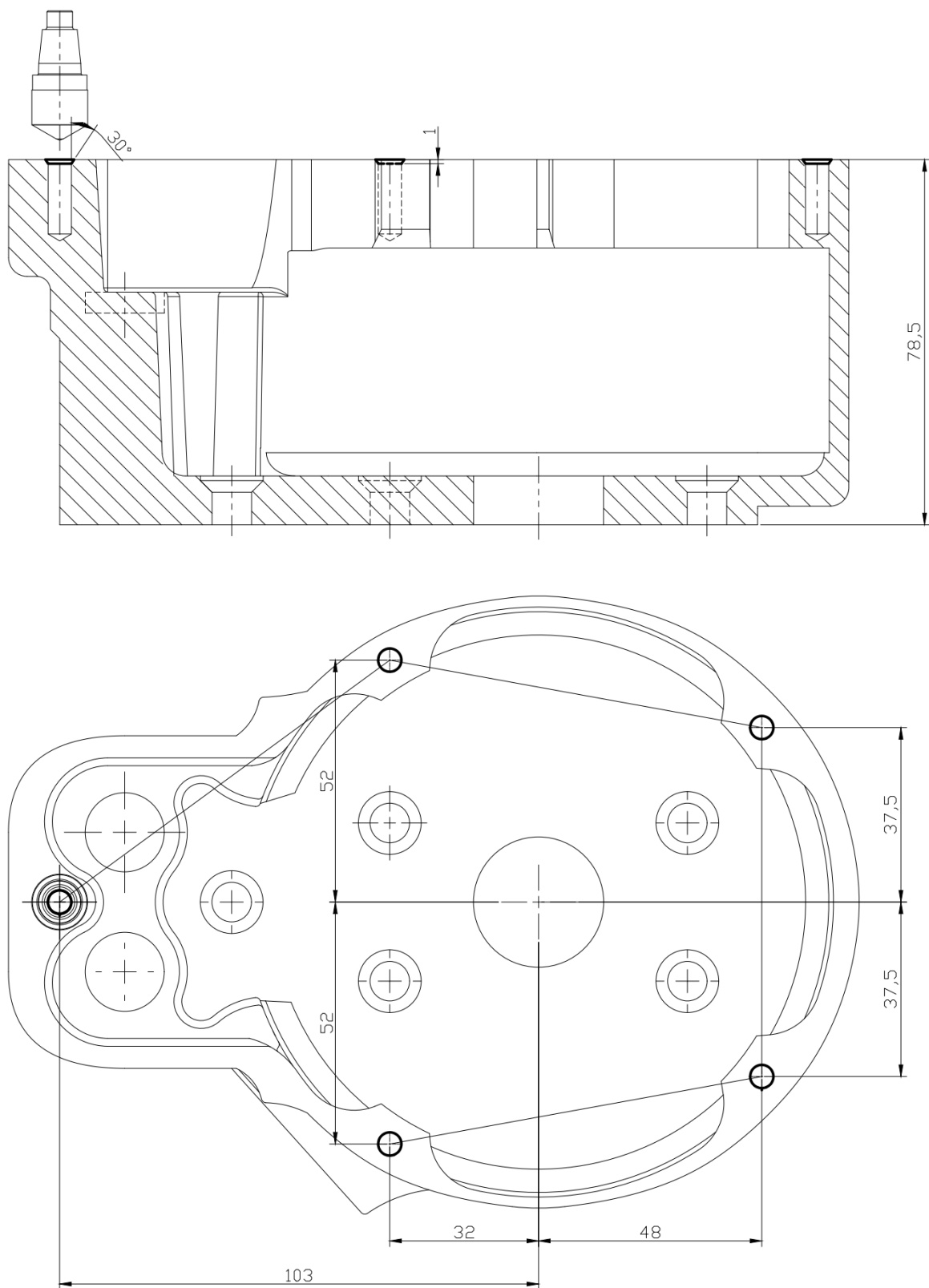
Brzina vrtnje:

$$n = 5000 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{7}{0,2 \cdot 5000} \cdot 5 = 0,035 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{\text{sp}} = 0,2$ min (zamjena alata, posmak između pozicije provrta)



Slika 4.20 Skica zahvata 12, operacija 10

Zahvat 13: Otpustiti

Otpuštanje radnog komada iz škripa

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

4.1.1 Ukupna vremena operacije 10

Ukupno strojno vrijeme:

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

$$\begin{aligned} \sum t_s &= 0,2 + 0,02 + 0,23 + 0,3 + 0,026 + 0,1 + 0,39 + 0,1 + 0,025 + 0,2 + 0,08 + 0,2 + 0,15 \\ &\quad + 0,2 + 0,05 + 0,2 + 0,38 + 0,1 + 0,035 + 0,2 \end{aligned}$$

$$\sum t_s = 3,32 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\sum t_r = 0,1 + 0,6 + 0,1$$

$$\sum t_r = 0,8$$

Vrijeme izrade:

$$t_i = t_s + t_r = 3,32 + 0,8$$

$$t_i = 4,12 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme:

$$t_d = t_i \cdot k_d = 4,12 \cdot 0,05$$

$$t_d = 0,206 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 10:

$$t_{10} = t_i + t_d = 4,12 + 0,206$$

$$t_{10} = 4,33 \text{ min}$$

4.2 Operacija 20 – obrada gornje strane dijela

Zahvat 1: Stegnuti izradak u poziciju za obradu

Alat: škrip

Tijekom stezanja izratka imamo tzv. ručno vrijeme koje se dijeli na dva vremena: vrijeme potrebno za uzimanje izratka, a drugo vrijeme se odnosi na stezanje.

Uzimanje izratka:

$$t_{r1} = 0,25 \text{ min}$$

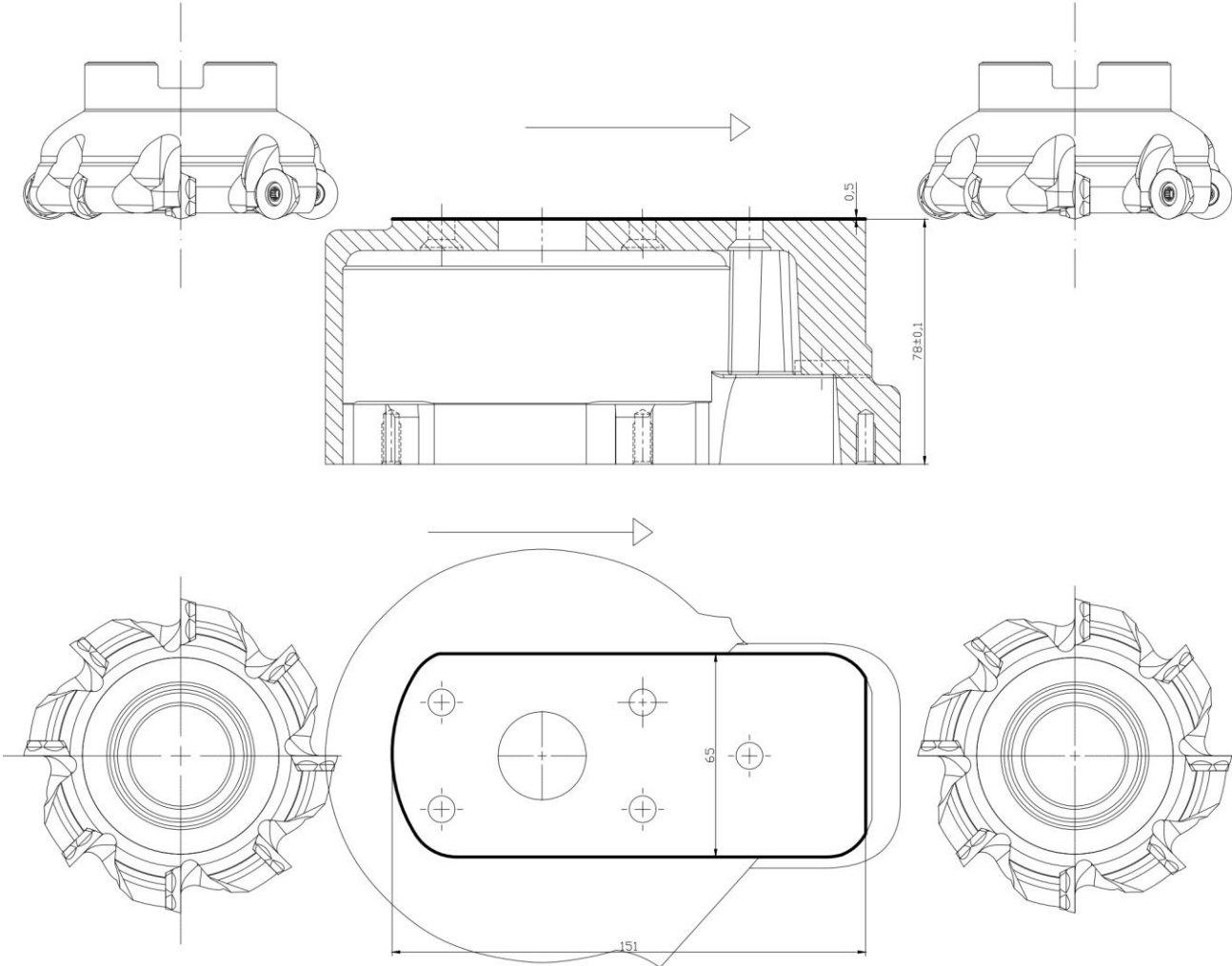
Stezanje izratka:

$$t_{r2} = 0,35 \text{ min}$$

Ručno vrijeme

$$\begin{aligned} t_r &= t_{r1} + t_{r2} \\ t_r &= 0,25 + 0,35 \\ t_r &= 0,60 \text{ min} \end{aligned}$$

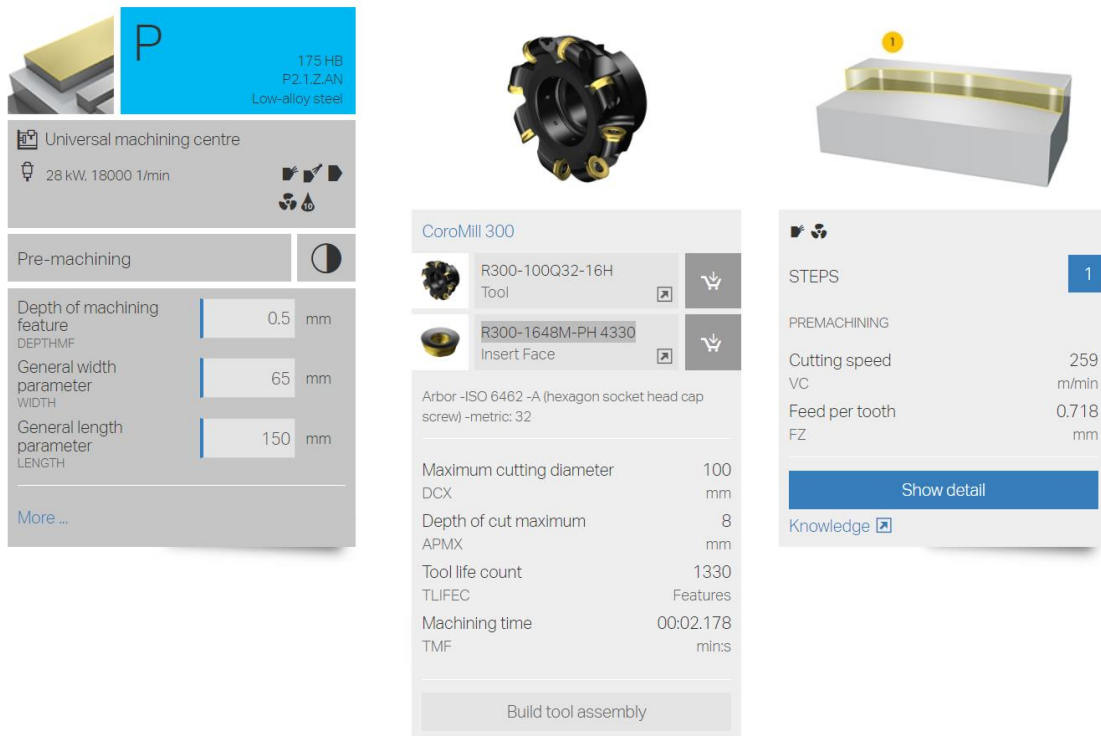
Zahvat 2: Poravnati čelo na kotu $78 \pm 0,1$ mm



Slika 4.21 Skica zahvata 2, operacija 20

Alat: čeono glodalo: CoroMill R300-100Q32-16H

pločica: R300-1648M-PH 4330



Slika 4.22 Izbor alata i režimi obrade -operacija 10 , zahvat 2

Promjer glodala: $D = 100$ mm

Broj zubi: $z = 8$

Posmak po zubu: $s_z = 0,718$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,718 \cdot 8 = 5,74$ mm/okr

Broj prolaza: $i = 1$

Dubina rezanja: $a = 0,5$ mm

Brzina rezanja: $v_c = 259$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 8 + 204 + 3 = 296 \text{ mm}$$

$$l = 67 \cdot 2 + 151 = 285$$

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{0,5 \cdot (100 - 0,5)} + 1$$

$$l_1 = 8 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 3 \text{ mm}$$

Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 259}{100 \cdot \pi} = 824 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

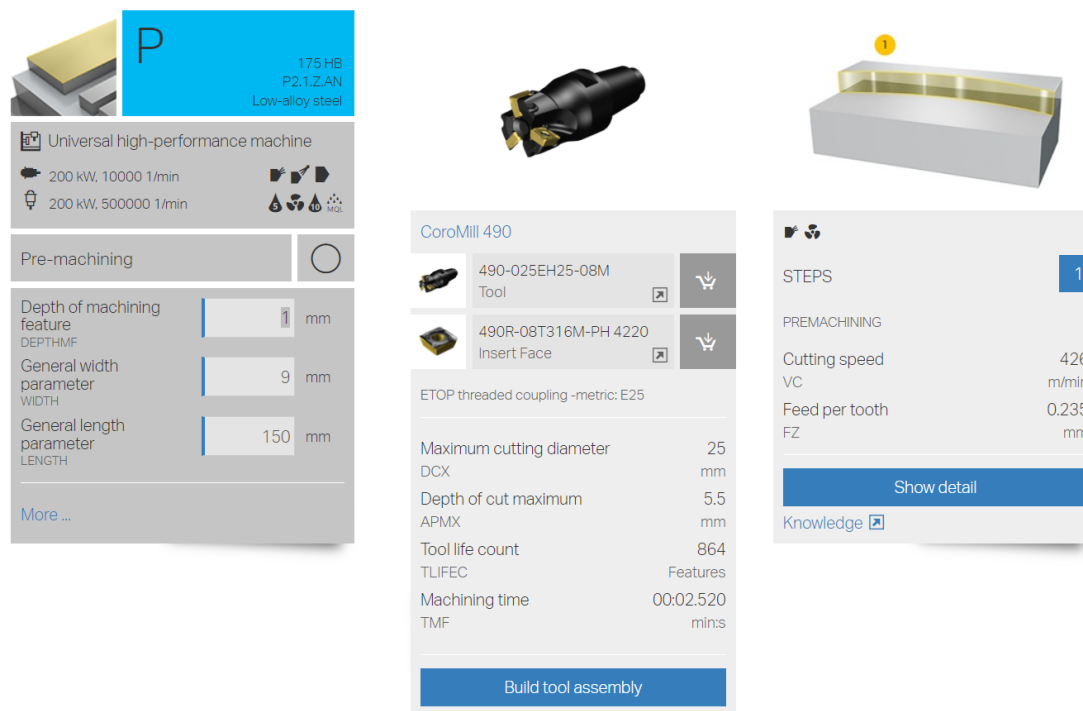
$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s_z \cdot n} \cdot i = \frac{296}{5,74 \cdot 824} \cdot 1 = 0,06 \text{ min}$$

Ručno vrijeme: $t_r = 0,1 \text{ min}$ (pokretanje programa)

Zahvat 3: Glodati otvoren džep

Alat: čeono glodalo: CoroMill 490-025EH25-08M

pločica: 490R-08T316M-PH 4220m



Slika 4.23 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 3

Promjer glodala: $D = 25$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,235$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,235 \cdot 3 = 0,705$ mm/okr

Broj prolaza: $i = 1$

Dubina rezanja: $a = 1$ mm

Brzina rezanja: $v_c = 426$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 5,9 + 683,43 + 3 = 692,33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l = & 45 \cdot 2 + \frac{37,86 \cdot \pi \cdot 68^\circ}{180} + 63,79 + 14,91 + \frac{8,81 \cdot \pi \cdot 170^\circ}{180} + 17,25 + 25,41 + 16,13 \\ & + \frac{37,31 \cdot \pi \cdot 31^\circ}{180} + 24,67 + 24,35 + 17,07 + \frac{11,24 \cdot \pi \cdot 179^\circ}{180} + 6205 + 13,83 \\ & + \frac{40,95 \cdot \pi \cdot 174^\circ}{180} + 12,6 + 40,64 = 683,43 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{0,5 \cdot (100 - 0,5)} + 1$$

$$l_1 = 5,9 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 3 \text{ mm}$$

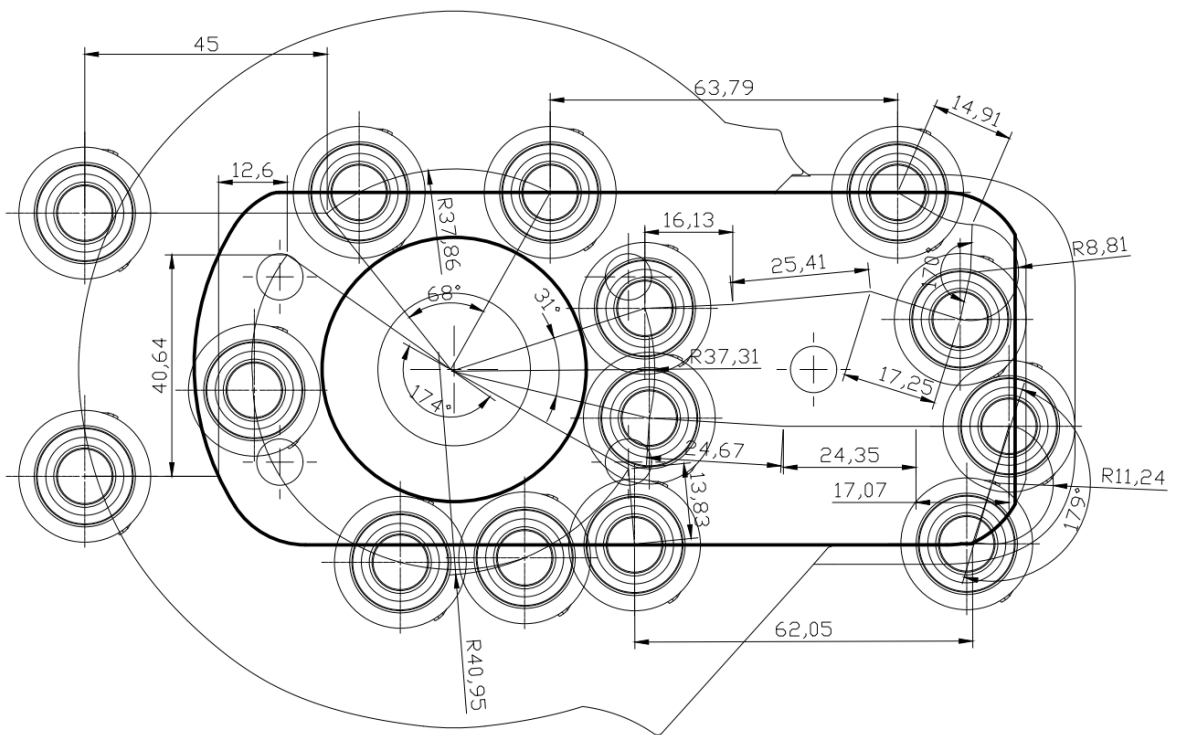
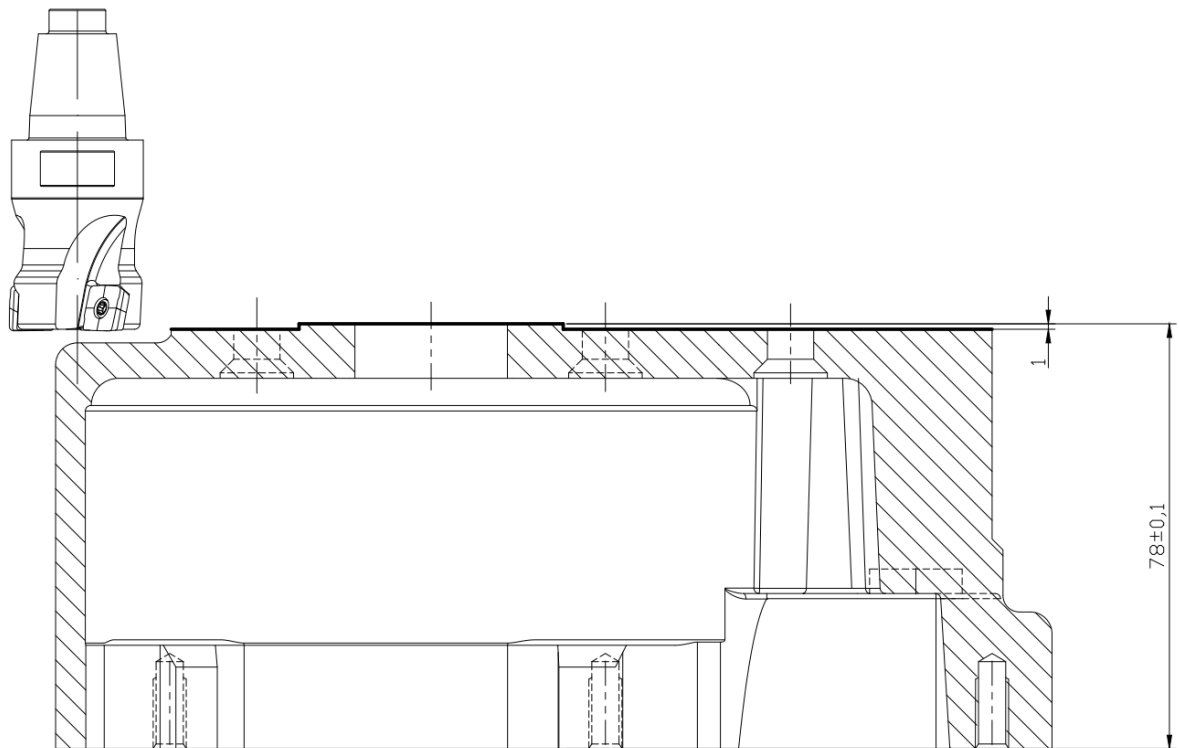
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 426}{25 \cdot \pi} = 5424 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

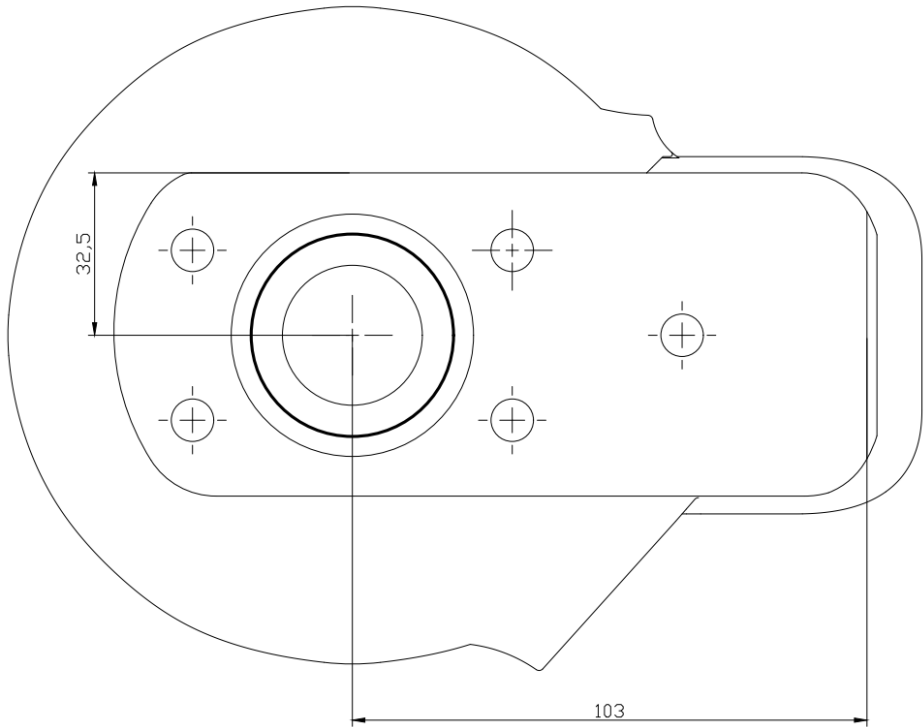
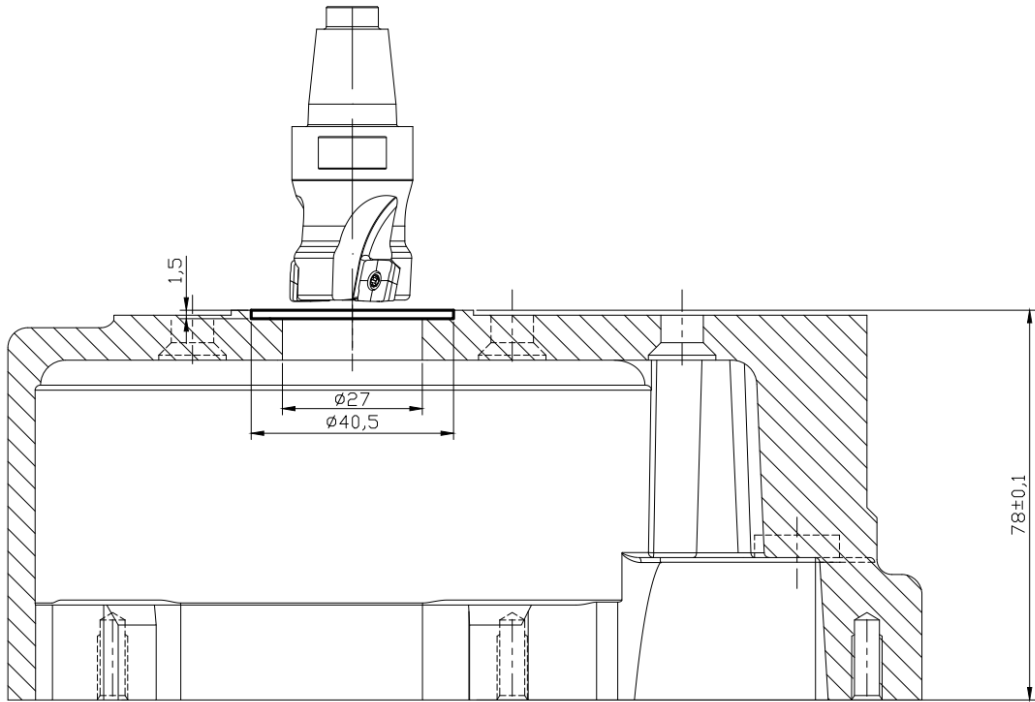
$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{692,33}{0,705 \cdot 5424} \cdot 1 = 0,18 \text{ min}$$

Pomoćno strojno vrijeme: $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$ (promjena alata)



Slika 4.24 Skica zahvata 3, operacija 20

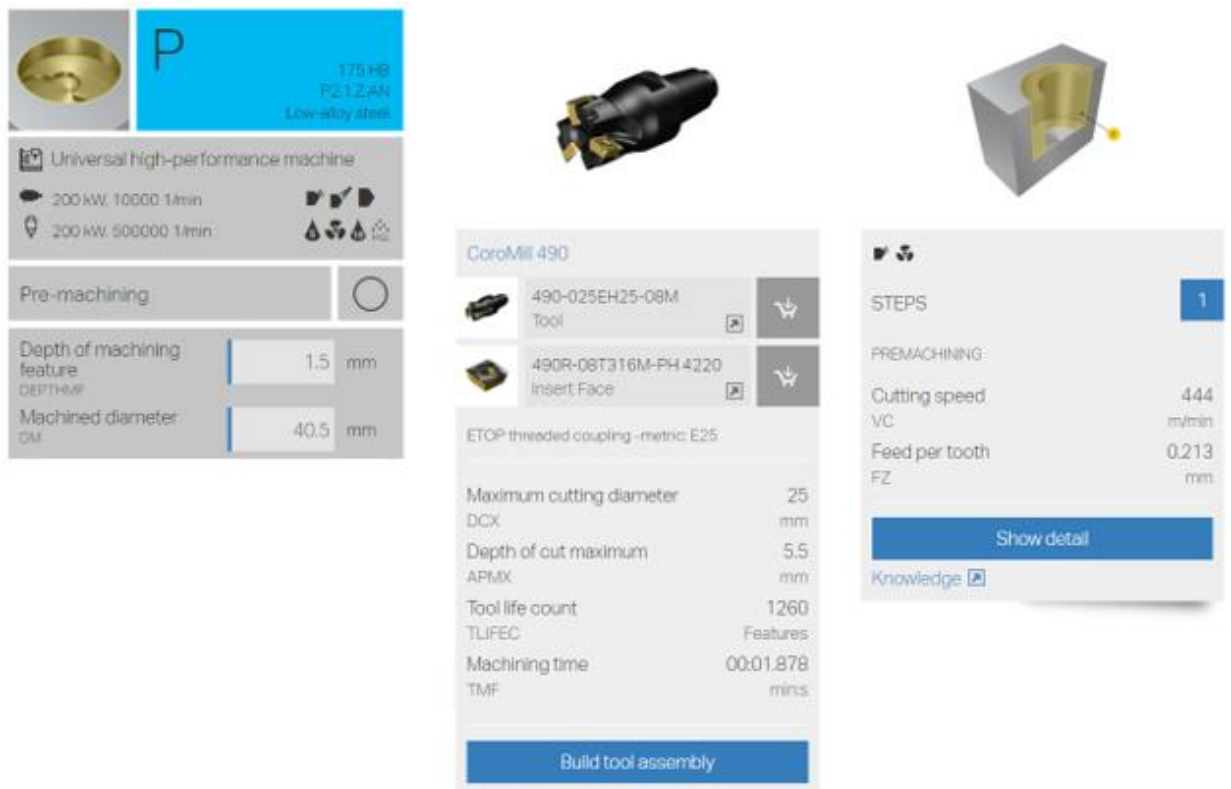
Zahvat 4: Glodati rupu $\varnothing 40,5$ mm



Slika 4.25 Skica zahvata 4, operacija 20

Alat: čeono glodalo: CoroMill 490-025EH25-08M

pločica: 490R-08T316M-PH 4220



Slika 4.26 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 4

Promjer glodala: $D = 25$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,213$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,213 \cdot 3 = 0,639$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 1,5$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 444$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 64,19 + 3 = 70,19 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$
$$l = 2 \cdot (20,25 - 12,5) \cdot \pi + 2 \cdot (20,25 - 12,5)$$
$$l = 64,19 \text{ mm}$$

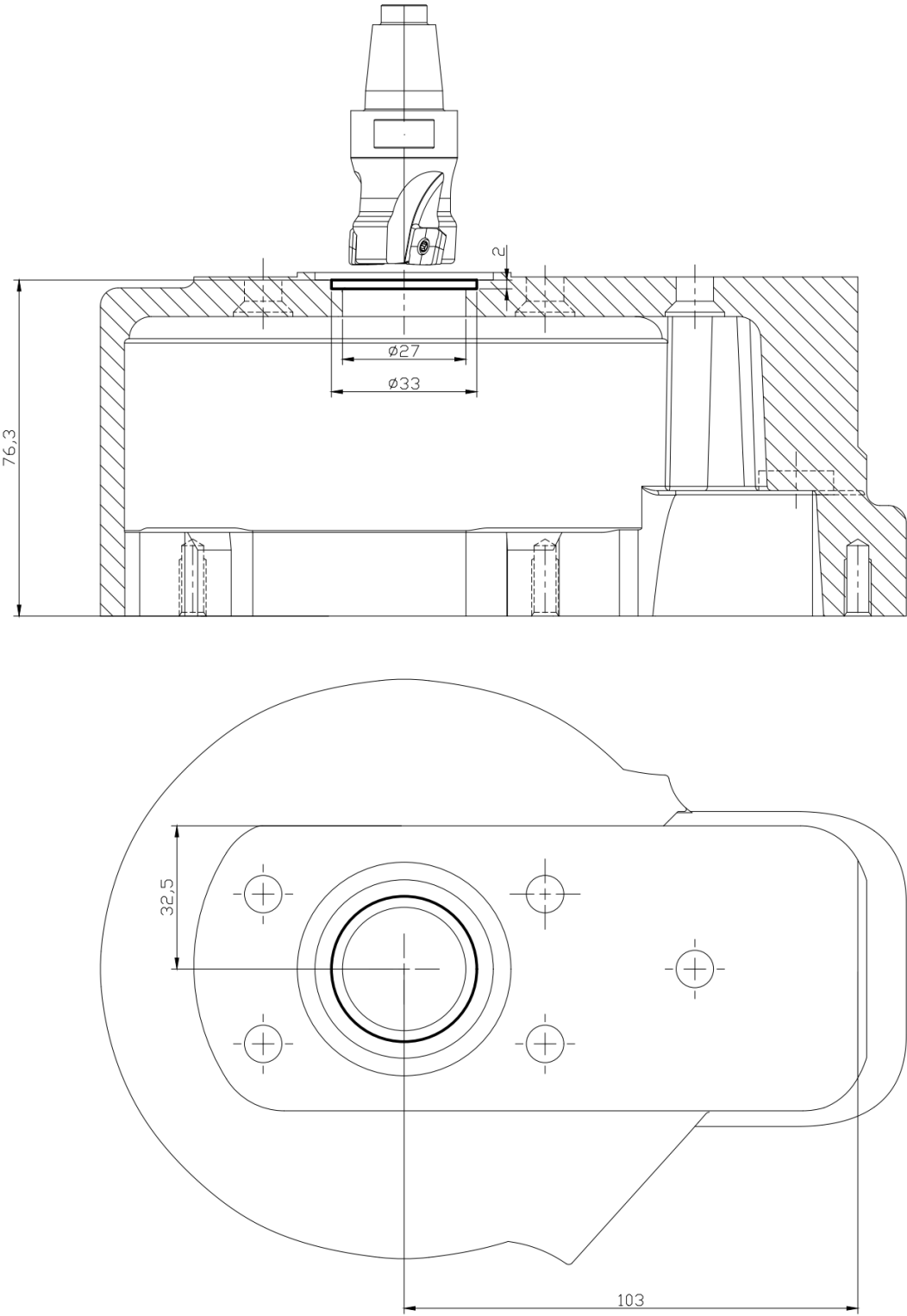
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 444}{25 \cdot \pi} = 5653 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{77,69}{0,639 \cdot 5653} \cdot 1 = 0,02 \text{ min}$$

Zahvat 5: Glodati rupu $\varnothing 33$ mm



Slika 4.27 Skica zahvata 5, operacija 20

Alat: čeono glodalo: CoroMill 490-025EH25-08M

pločica: 490R-08T316M-PH 4220

The screenshot displays a software interface for tool selection and machining parameters. On the left, a panel shows a 'Universal high-performance machine' with specifications: 200 kW, 10000 1/min and 200 kW, 500000 1/min. Below this, a 'Pre-machining' section includes a circular icon and input fields for 'Depth of machining feature DEPTHMF' (2 mm) and 'Machined diameter DM' (33 mm). The main area shows the 'CoroMill 490' tool assembly, including the '490-025EH25-08M Tool' and '490R-08T316M-PH 4220 Insert Face'. A table lists parameters: ETOP threaded coupling -metric: E25; Maximum cutting diameter DCX: 25 mm; Depth of cut maximum APMX: 5.5 mm; Tool life count TLIFEC: 2350 Features; Machining time TMF: 00:01.140 min:s. A 'Build tool assembly' button is at the bottom. On the right, a 'STEPS' panel shows 'PREMACHINING' with 'Cutting speed VC: 459 m/min' and 'Feed per tooth FZ: 0.302 mm'. A 'Show detail' button and a 'Knowledge' link are also visible.

Slika 4.28 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 5

Promjer glodala: $D = 25$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,302$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,302 \cdot 3 = 0,906$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 2,7$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 459$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 33,13 + 3 = 39,13 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$
$$l = 2 \cdot (16,5 - 12,5) \cdot \pi + 2 \cdot (16,5 - 12,5)$$
$$l = 33,13 \text{ mm}$$

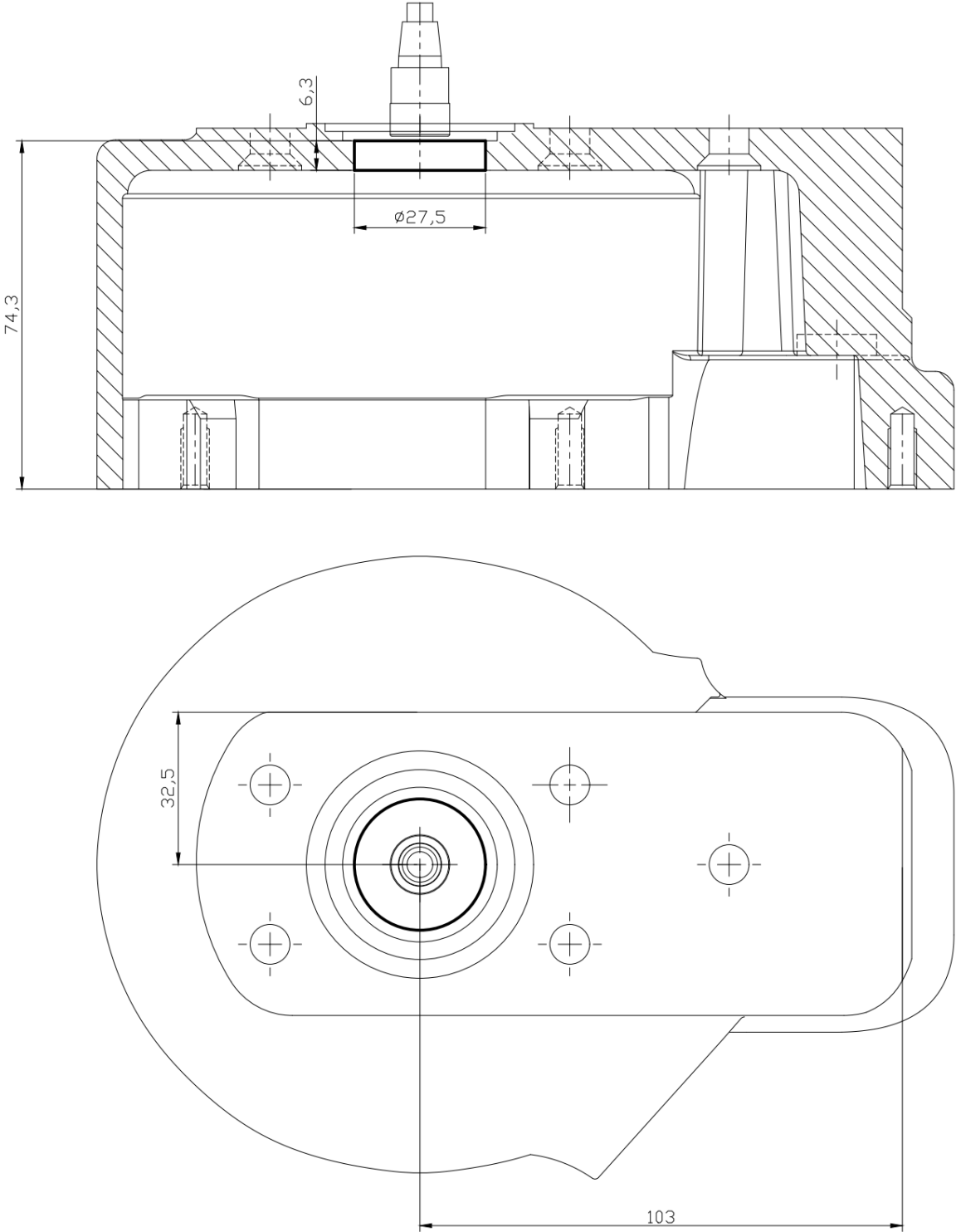
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 459}{25 \cdot \pi} = 5844 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{39,13}{0,906 \cdot 5844} \cdot 1 = 0,007 \text{ min}$$

Zahvat 6: Glodati rupu $\varnothing 27,5$ mm



Slika 4.29 Skica zahvata 6, operacija 20

Alat: čeono glodalo: CoroMill A316-12FM650-05004L 1730

The screenshot displays a software interface for tool selection and machining parameters. On the left, a panel shows a 'Universal machining centre' with a power of 28 kW and 18000 1/min. Below this, a 'Pre-machining' section is active, showing a 'Depth of machining feature' (DEPTHMF) of 6.3 mm, a 'Machined diameter' (DM) of 27.5 mm, and a 'Machined diameter start' (DMS) of 27 mm. A 'More ...' link is visible at the bottom of this panel.

The central panel, titled 'CoroMill 316', lists the selected tool 'A316-12FM650-05004L 1730' and an adaptor '392.EREH-16 12 010'. Below the tool list, the 'ETOP threaded coupling -inch: E12' is specified. A table of tool characteristics is shown:

Cutting diameter	12.7
DC	mm
Depth of cut maximum	7
APMX	mm
Tool life count	29300
TLIFEC	Features
Machining time	00:00.406
TMF	min:s

A 'Build tool assembly' button is located at the bottom of this panel.

On the right, a 'STEPS' panel shows 'PREMACHINING' as the first step. It lists the following parameters:

Cutting speed	362
VC	m/min
Feed per tooth	0.232
FZ	mm

A 'Show detail' button and a 'Knowledge' link are also present in this panel.

Slika 4.30 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 6

Promjer glodala: $D = 12,7$ mm

Broj zubi: $z = 6$

Posmak po zubu: $s_z = 0,232$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,232 \cdot 6 = 1,392$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 6,3$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 362$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 48,99 + 3 = 54,99 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$
$$l = 2 \cdot (13,75 - 6,35) \cdot \pi + 2 \cdot (13,75 - 6,35)$$
$$l = 48,99 \text{ mm}$$

Brzina vrtnje:

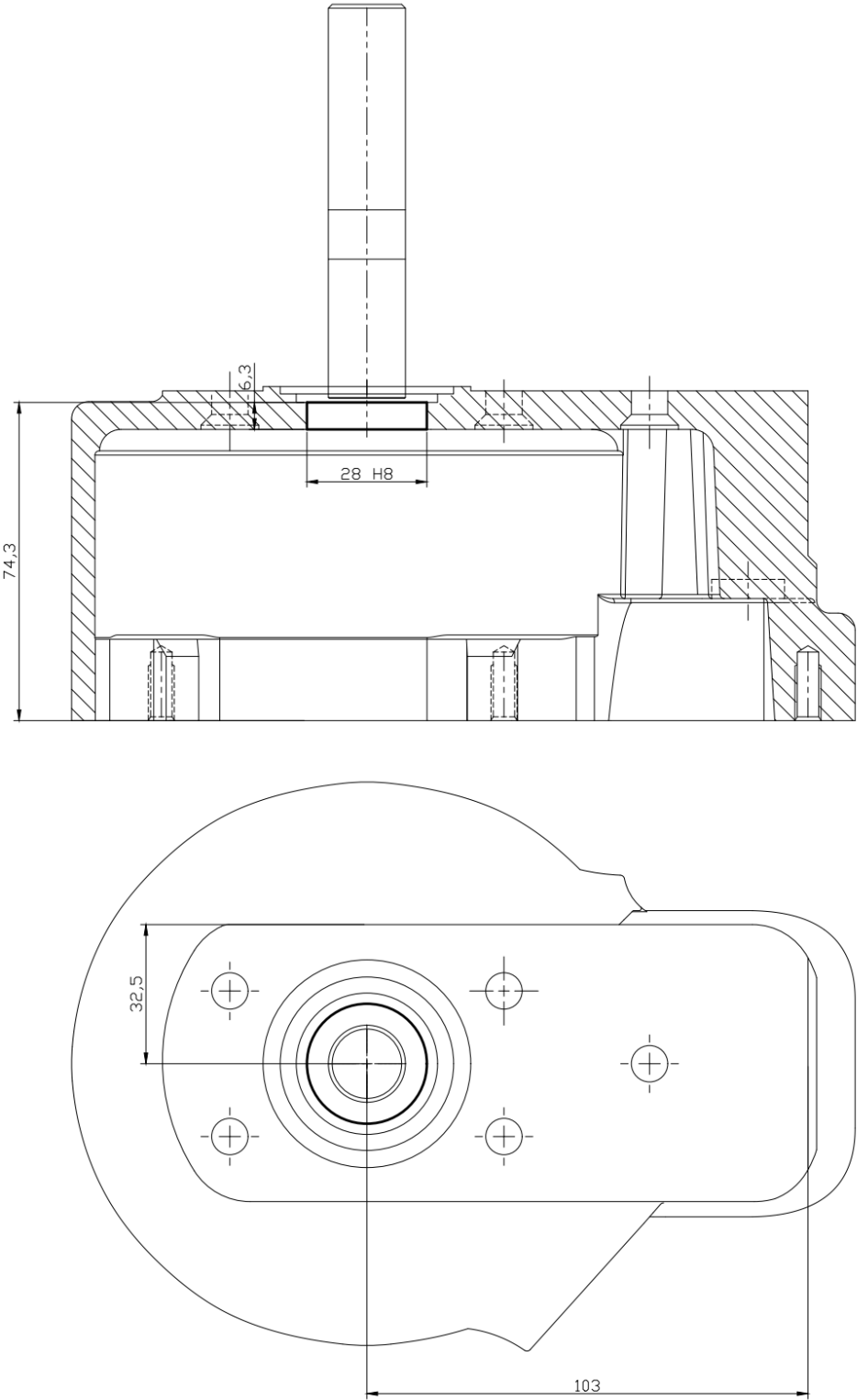
$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 362}{12,7 \cdot \pi} = 9073 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{54,99}{1,392 \cdot 9073} \cdot 1 = 0,004 \text{ min}$$

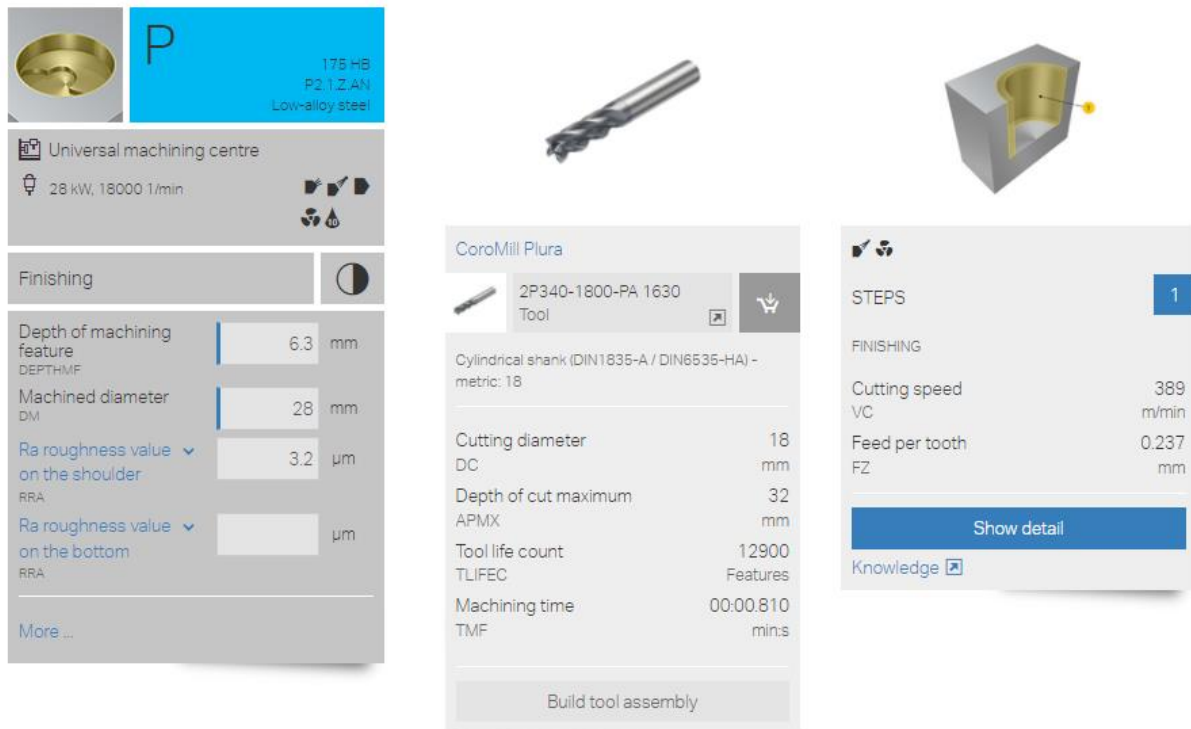
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ (zamjena alata)

Zahvat 7: Glodati rupu Ø28 H8



Slika 4.31 Skica zahvata 7, operacija 20

Alat: vretenasto glodalo: CoroMill Plura 2P340-1800-PA 1630



Slika 4.32 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 7

Promjer glodala: $D = 18$ mm

Broj zubi: $z = 4$

Posmak po zubu: $s_z = 0,237$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,237 \cdot 4 = 0,948$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 6,3$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 389$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 34,41 + 3 = 40,41 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l &= 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g) \\ l &= 2 \cdot (14 - 6,35) \cdot \pi + 2 \cdot (14 - 6,35) \\ l &= 34,41 \text{ mm} \end{aligned}$$

Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 389}{18 \cdot \pi} = 6879 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{40,41}{0,948 \cdot 6879} \cdot 1 = 0,006 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ (zamjena alata)

Zahvat 8: Zabušiti tri provrta

Alat: zabušivač 2,5/60 JUS.KD3.061 slika 4.4

Broj prolaza: $i = 3$

Posmak: $s = 0,14$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 3,5$ mm

Brzina rezanja: $v_c = 201$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l = 2 + 3,5 = 5,5 \text{ mm}$$

$$l = 3,5$$

$$l_1 = 2$$

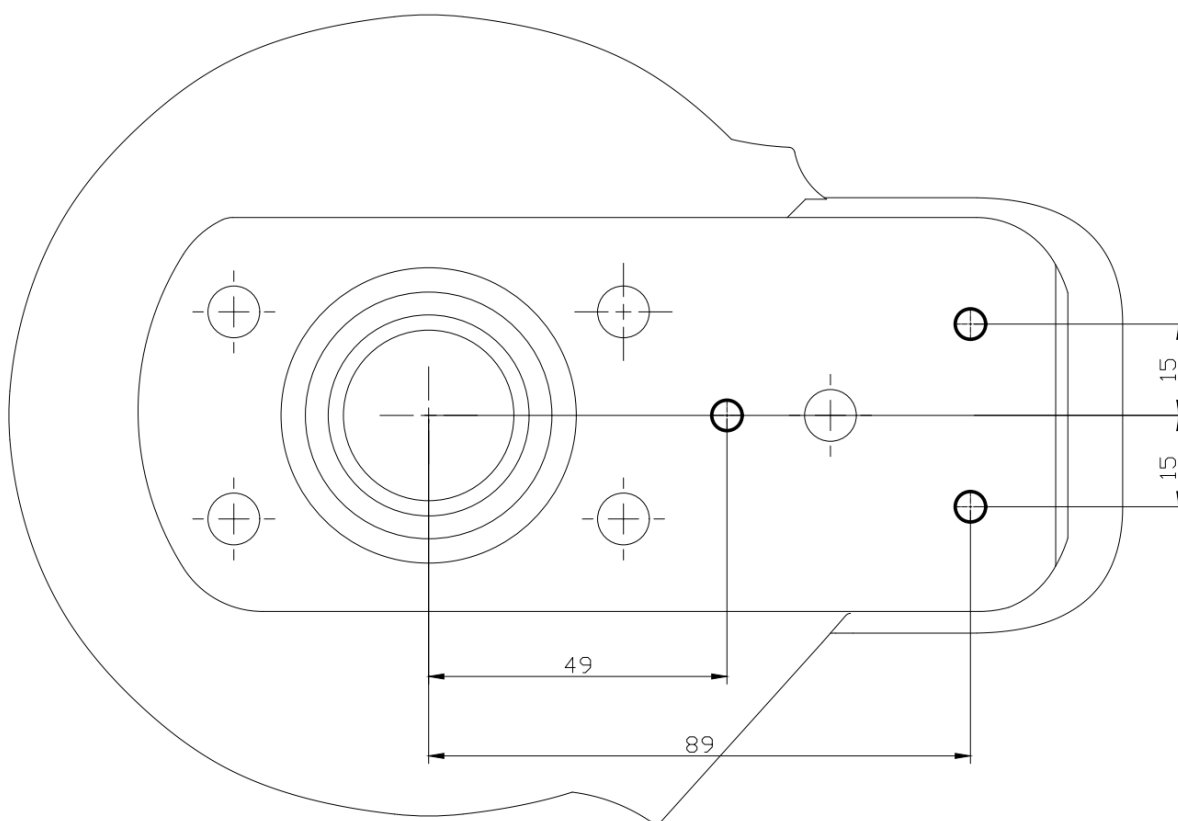
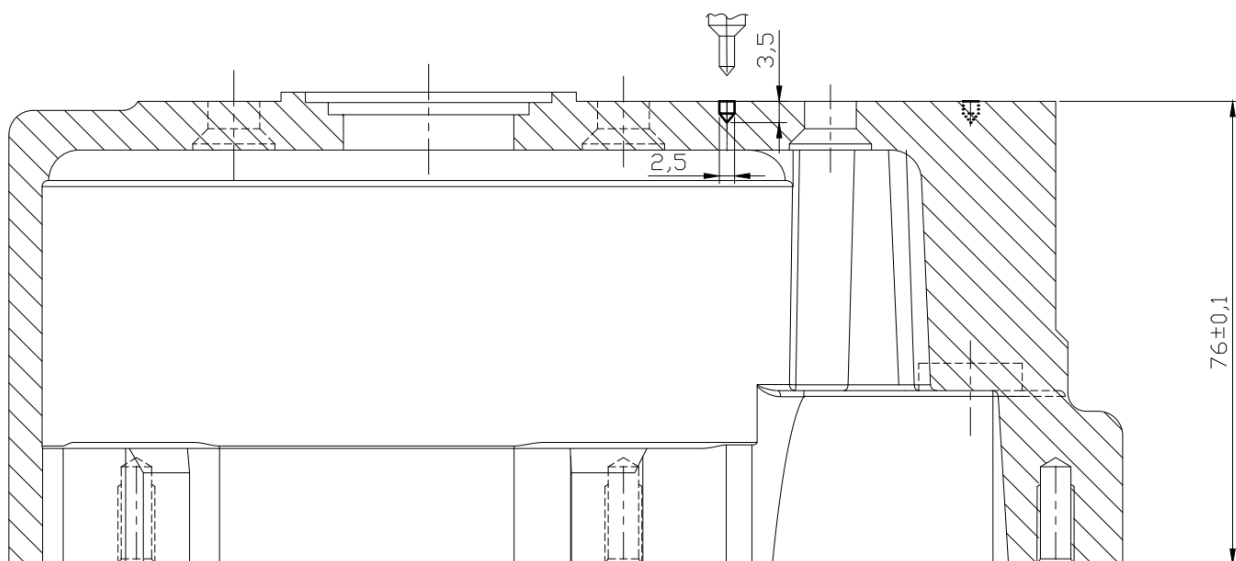
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 201}{8 \cdot \pi} = 7997 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{5,5}{0,14 \cdot 7997} \cdot 3 = 0,015 \text{ min}$$

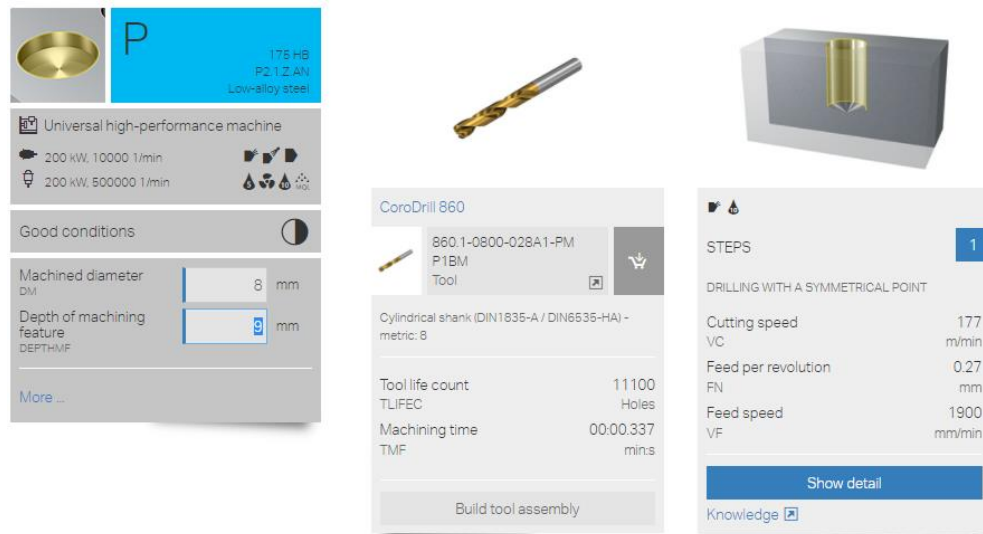
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,2$ min (zamjena alata, pomak između pozicija provrta)



Slika 4.33 Skica zahvata 8, operacija 20

Zahvat 9: Bušiti provrt $\phi 8$ mm

Alat: svrdlo: 860.1-0800-028A1-PM P1BM



Slika 4.34 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 9

Promjer svrdla: $D = 8,5$ mm

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

Dubina rezanja: $a = 9$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 177$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 13,5 + 14,5 + 3 = 31$ mm

$$l = 5 + 2 + 7,5 = 14,5 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{8}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 13,5 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

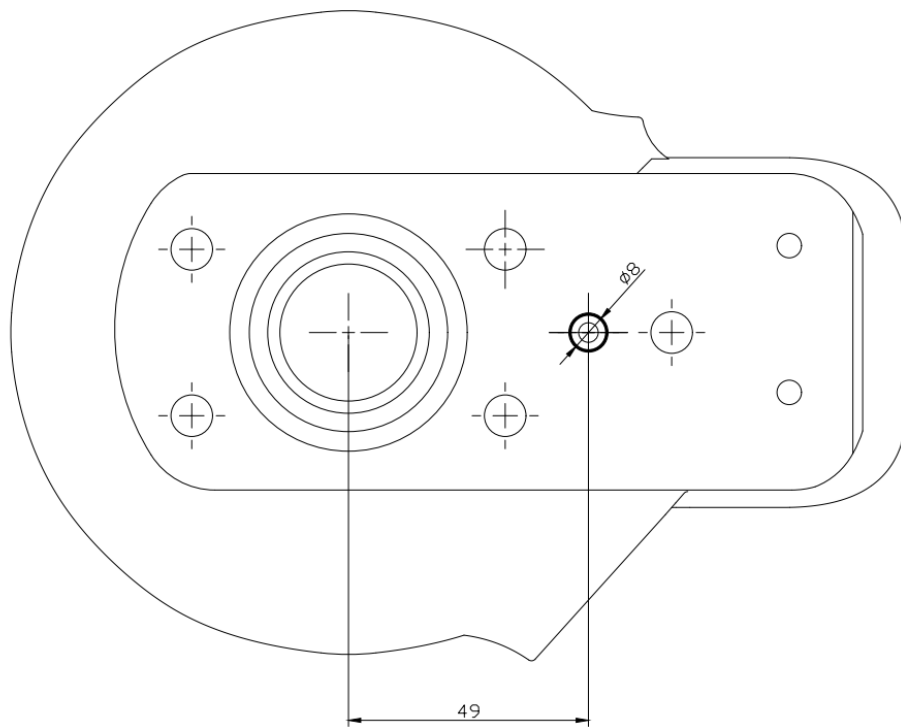
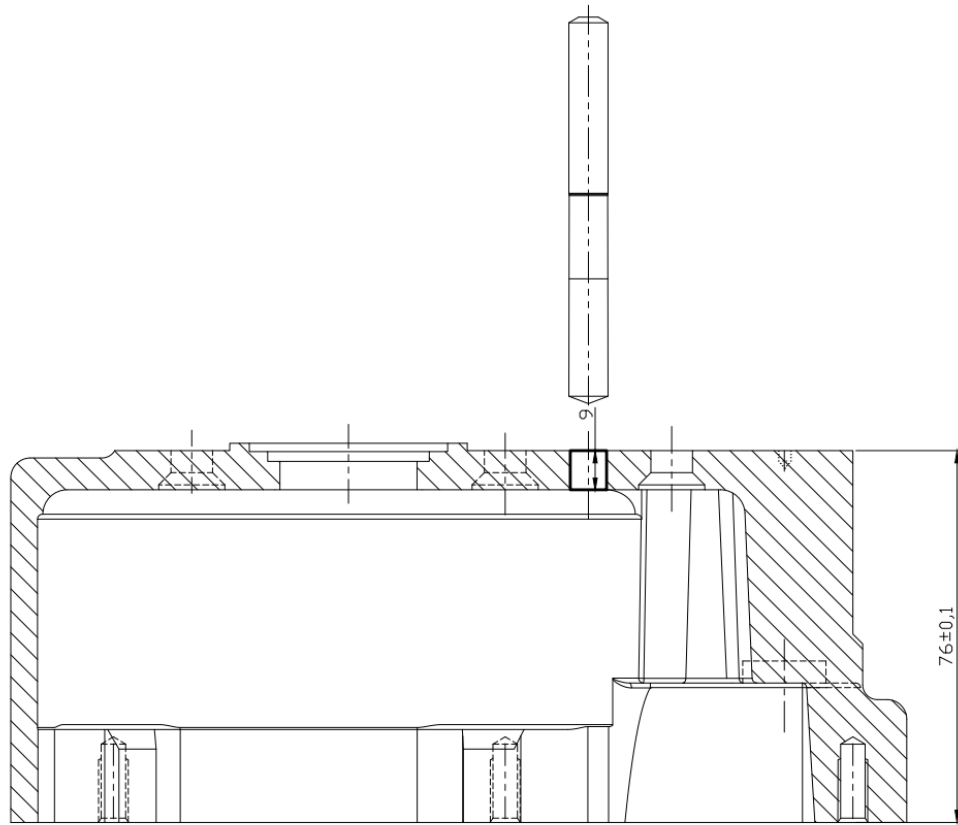
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 177}{8 \cdot \pi} = 7042 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{31}{0,27 \cdot 7042} \cdot 1 = 0,016 \text{ min}$$

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



Slika 4.35 Skica zahvata 9, operacija 20

Zahvat 10: Bušiti dva provrta $\phi 8$ mm

Alat: svrdlo: 860.1-0800-028A1-PM P1BM (slika 4.34)

Promjer svrdla: $D = 8,5$ mm

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

Dubina rezanja: $a = 43$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 177$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 13,5 + 53 + 3 = 69,5 \text{ mm}$$

$$l = 5 + 4 \cdot 9 + 10 = 53 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{8}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 13,5 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

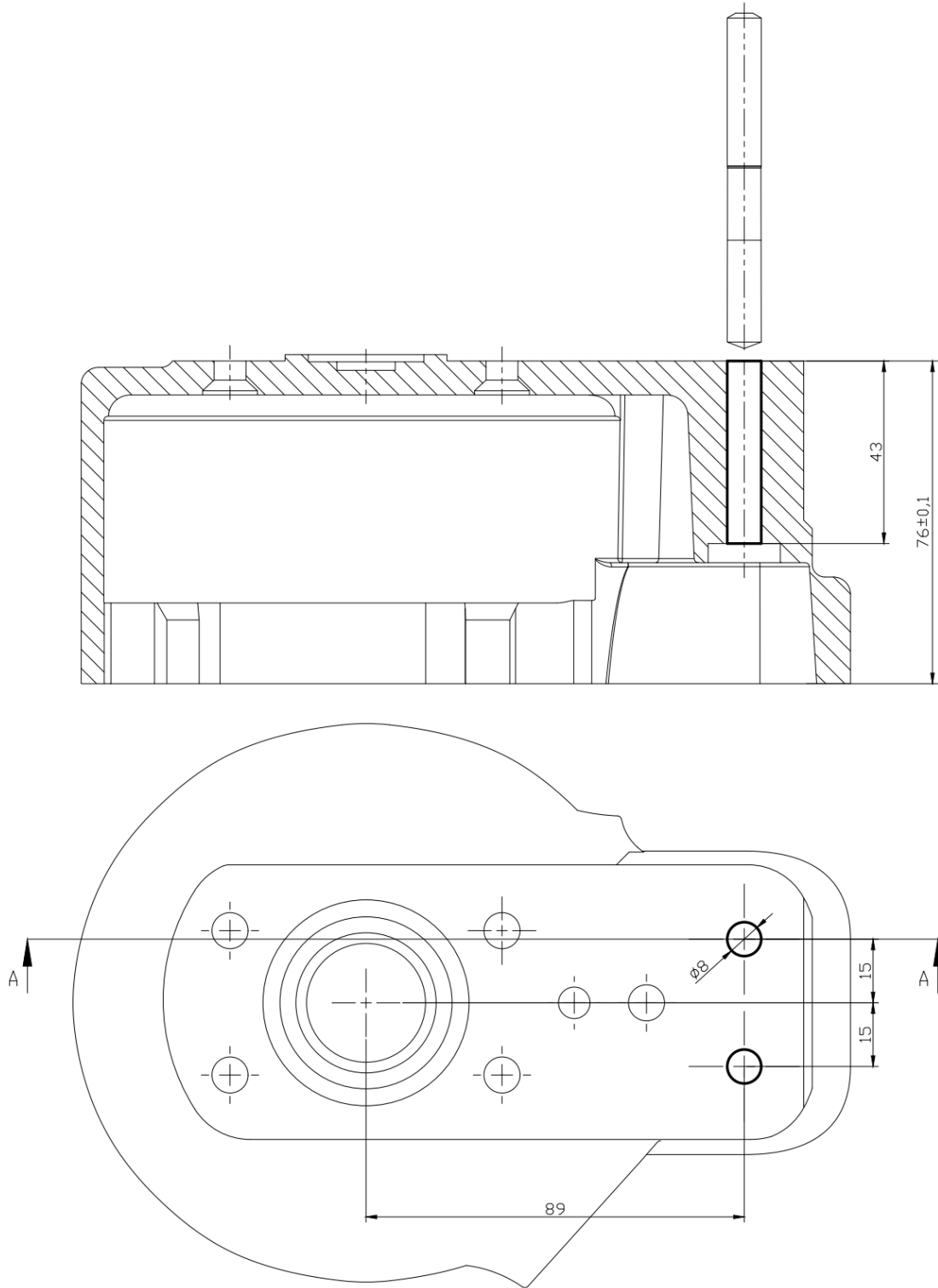
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 177}{8 \cdot \pi} = 7042 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{69,5}{0,27 \cdot 7042} \cdot 2 = 0,073 \text{ min}$$

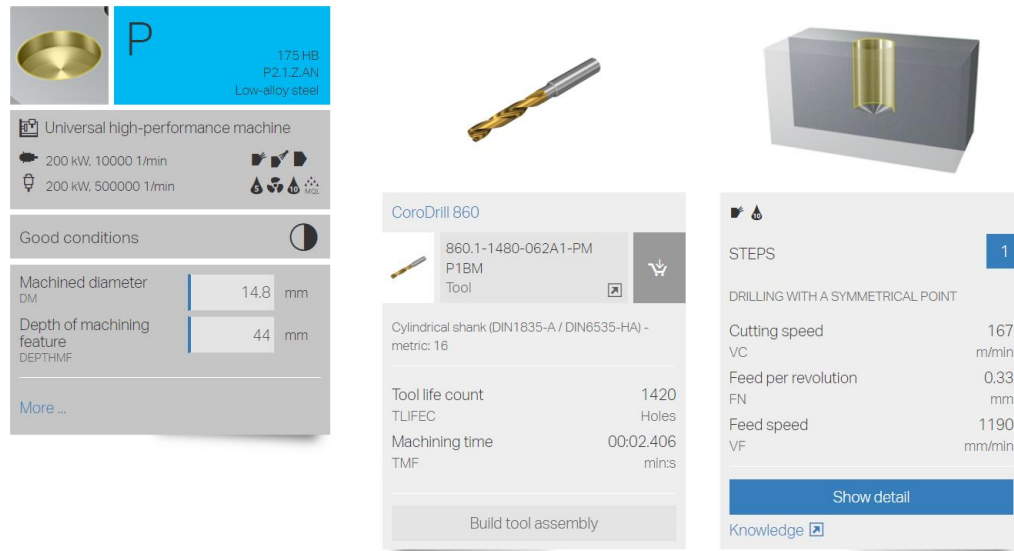
Strojno pomoćno vrijeme: $t_{\text{sp}} = 0,1$ min (zamjena alata)



Slika 4.36 Skica zahvata 10, operacija 20

Zahvat 11: Bušiti dva provrta $\phi 14,8$ mm

Alat: svrdlo: 860.1-1480-062A1-PM P1BM



Slika 4.37 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 11

Promjer svrdla: $D = 14,8$ mm

Posmak: $s = 0,33$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 43$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 167$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 13,5 + 53 + 3 = 69,5$ mm

$$l = 5 + 4 \cdot 9 + 10 = 53 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{8}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 13,5 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

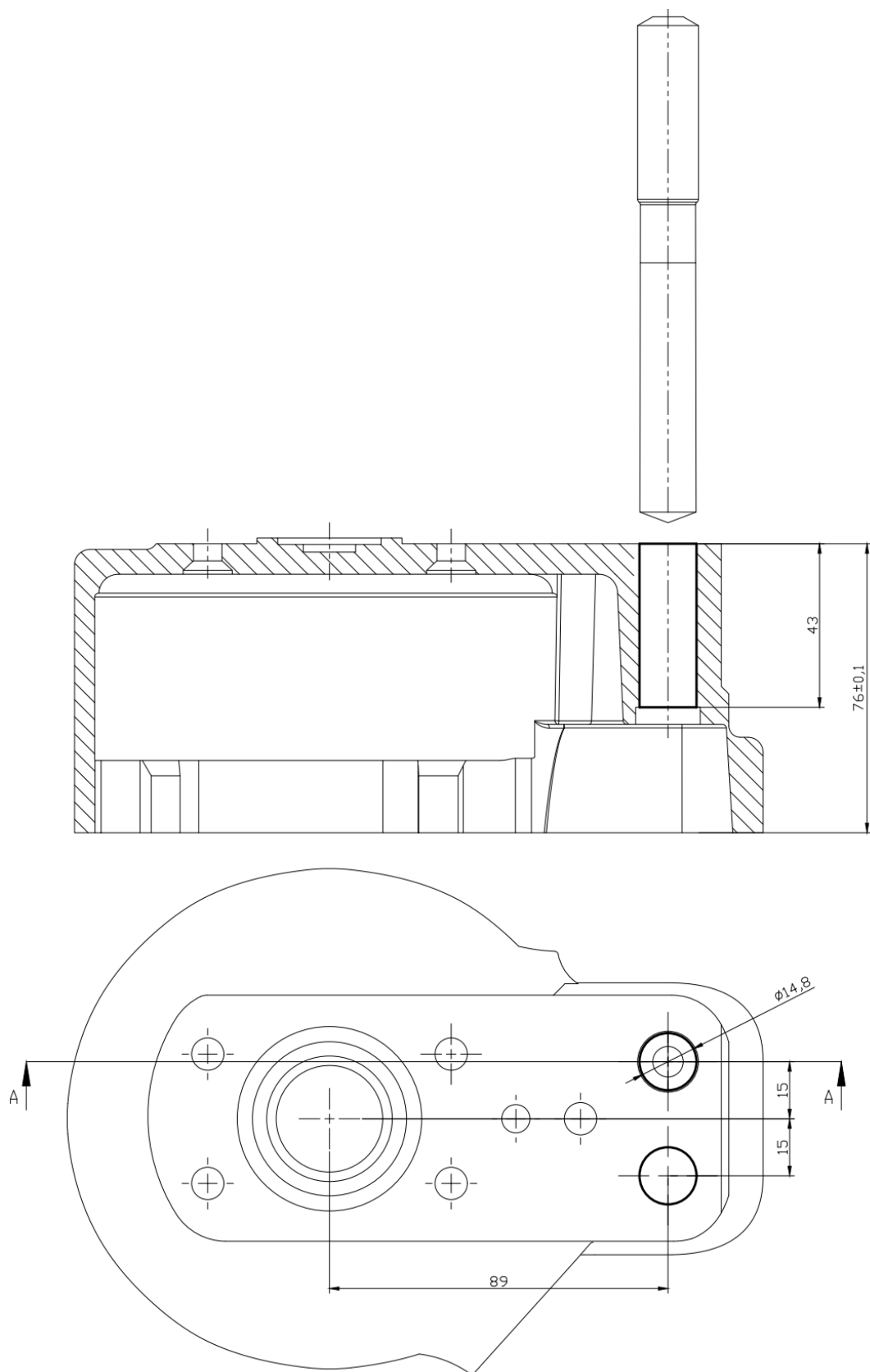
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 167}{8 \cdot \pi} = 6644 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{69,5}{0,33 \cdot 6644} \cdot 2 = 0,063 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ min (zamjena alata)



Slika 4.38 Skica zahvata 11, operacija 20

Zahvat 12: Glodati dvije rupe Ø18 mm

Alat: vretenasto glodalo: 2F342-1111-038-PC 1730

The screenshot displays a software interface for tool selection and machining parameters. It includes a material selection panel for 'Low-alloy steel' (175 HB, P2,1.Z.AN), a machine specification for 'Universal machining centre' (28 kW, 18000 1/min), and a 'Pre-machining' section with adjustable parameters: Depth of machining feature (14 mm), Machined diameter (18 mm), and Machined diameter start (14.8 mm). The central panel shows the selected tool 'CoroMill Plura' (2F342-1111-038-PC 1730) with its specifications: Cutting diameter (11.113 mm), Depth of cut maximum (25.4 mm), Tool life count (4450), and Machining time (00:01.056). The right panel shows the 'STEPS' section with 'PREMACHINING' parameters: Cutting speed (255 m/min) and Feed per tooth (0.0805 mm). A 'Show detail' button and a 'Knowledge' link are also visible.

Slika 4.39 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 12

Promjer glodala: $D = 11,1$ mm

Broj zubi: $z = 6$

Posmak po zubu: $s_z = 0,08$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,08 \cdot 6 = 0,48$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 14$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 255$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 28,57 + 3 = 34,57 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$

$$l = 2 \cdot (9 - 5,55) \cdot \pi + 2 \cdot (9 - 5,55)$$

$$l = 28,57 \text{ mm}$$

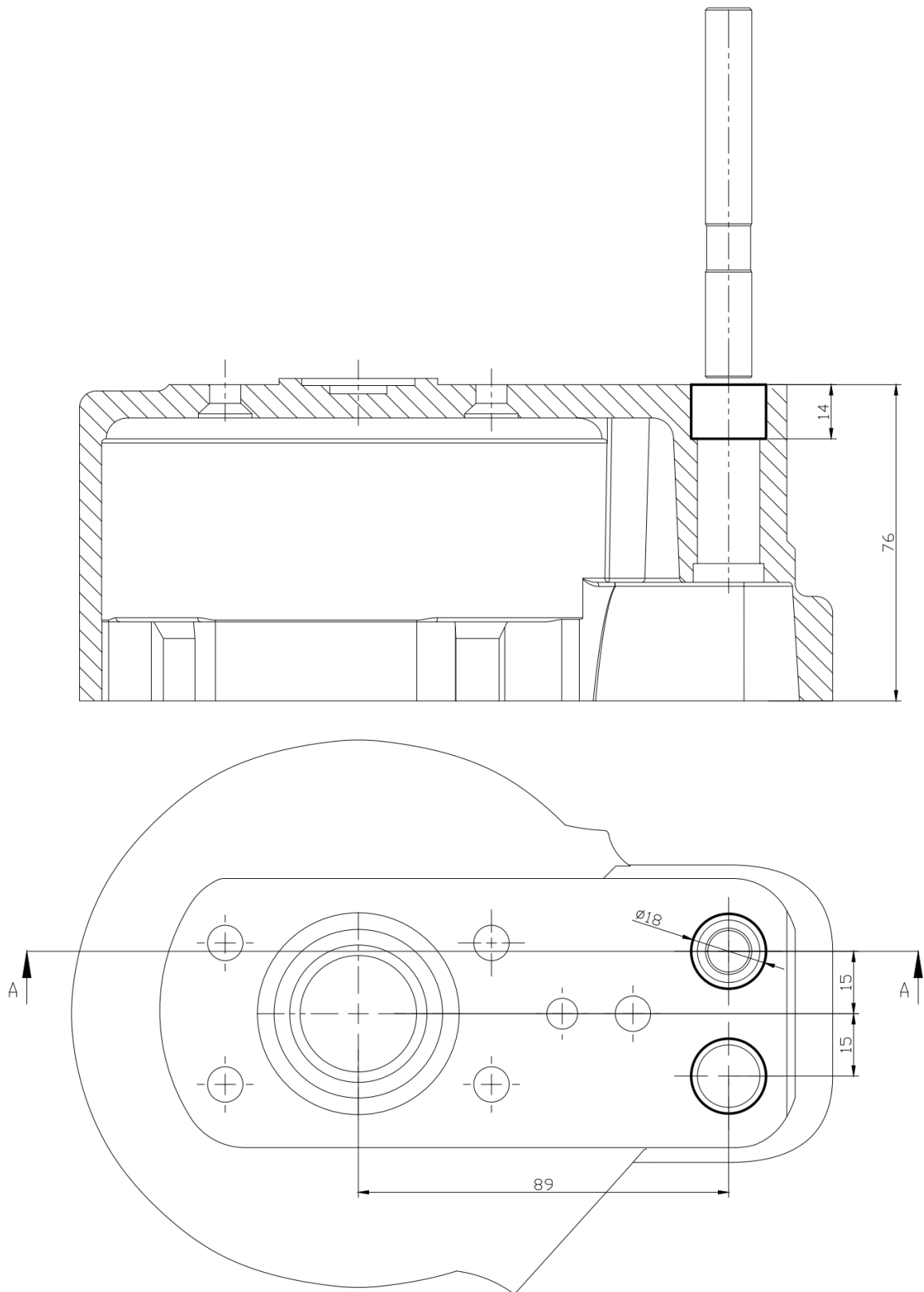
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 255}{11,1 \cdot \pi} = 6681 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{34,57}{0,48 \cdot 6681} \cdot 2 = 0,021 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ (zamjena alata)



Slika 4.40 Skica zahvata 12, operacija 20

Zahvat 13: Glodati dvije rupe $\varnothing 21$ mm

Alat: vretenasto glodalo: 2F342-1111-038-PC 1730 (slika 4.39)

Promjer glodala: $D = 11,1$ mm

Broj zubi: $z = 6$

Posmak po zubu: $s_z = 0,08$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,08 \cdot 6 = 0,48$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 3,1$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 255$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 41 + 3 = 47 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

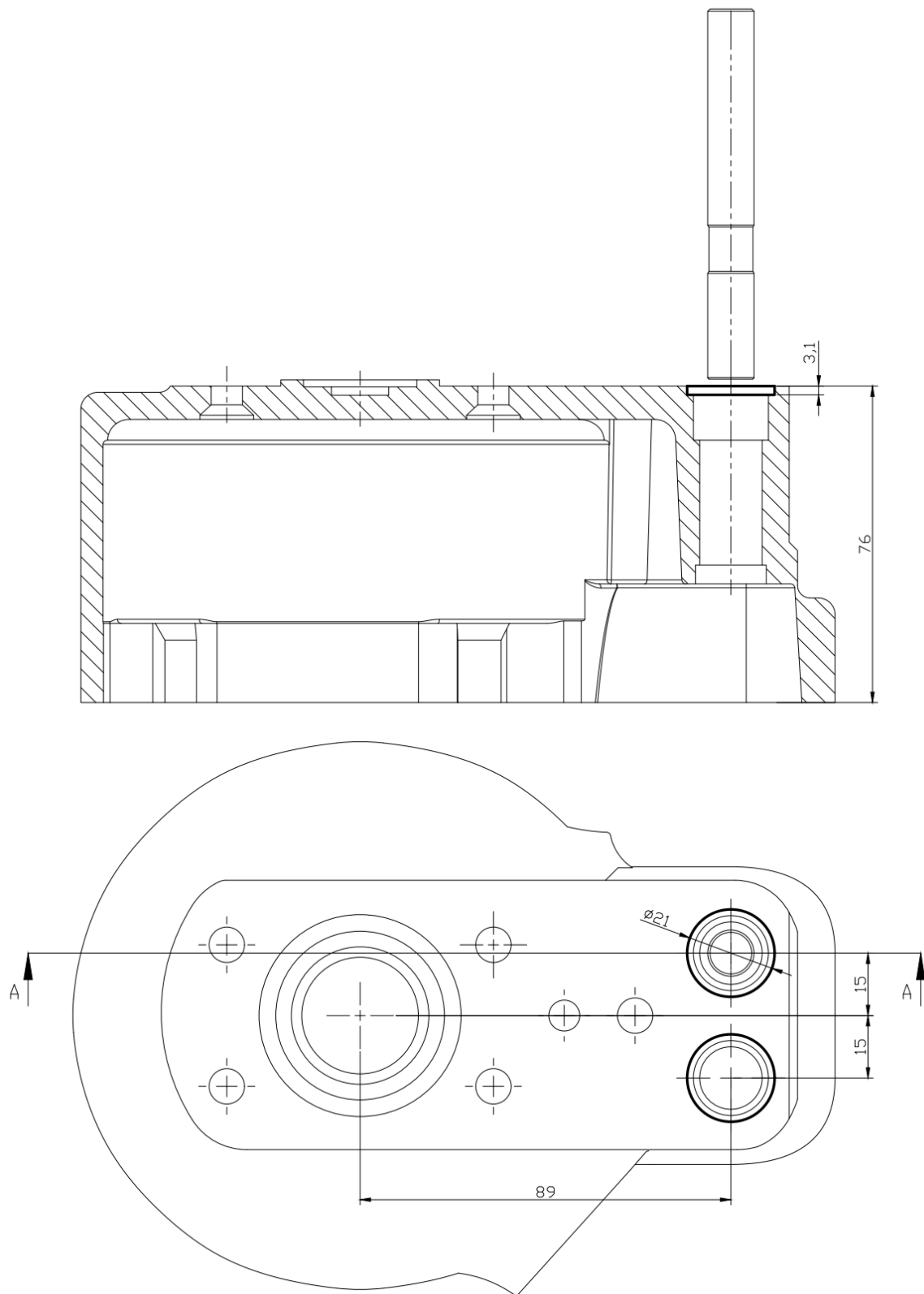
$$\begin{aligned} l &= 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g) \\ l &= 2 \cdot (10,5 - 5,55) \cdot \pi + 2 \cdot (10,5 - 5,55) \\ l &= 41 \text{ mm} \end{aligned}$$

Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 255}{11,1 \cdot \pi} = 6681 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

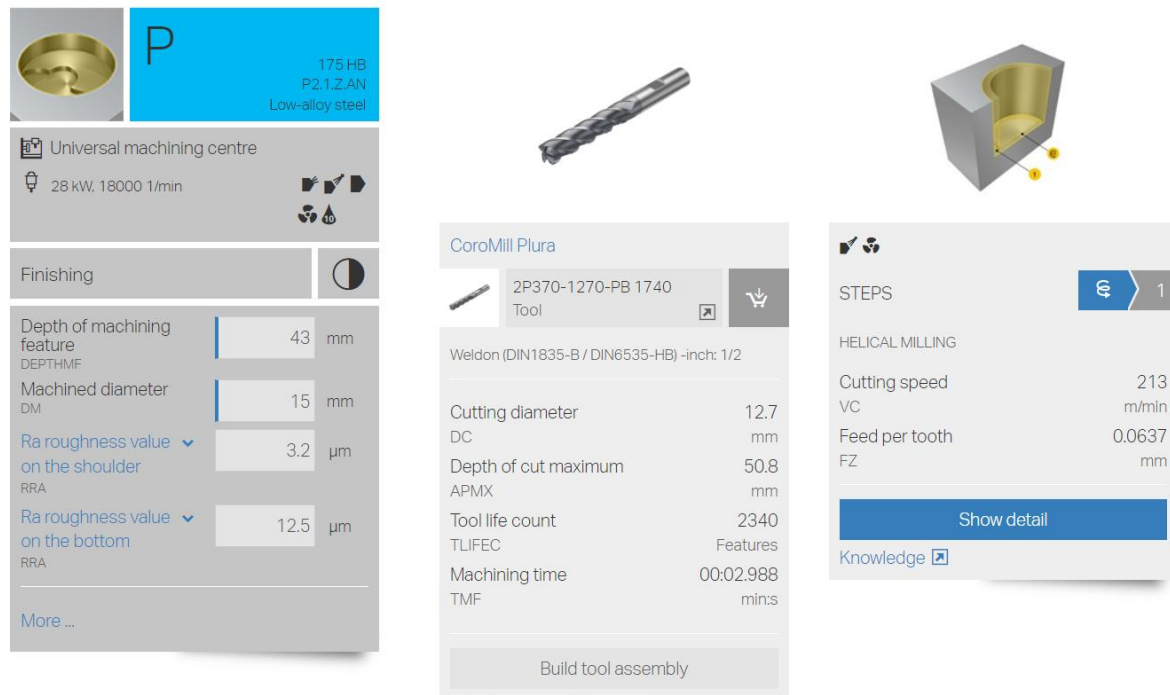
$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{47}{0,48 \cdot 6681} \cdot 2 = 0,029 \text{ min}$$



Slika 4.41 Skica zahvata 13, operacija 20

Zahvat 14: Razvrtavati dvije rupe Ø15 H11 mm

Alat: vretenasto glodalo: 2P370-1270-PB 1740



Slika 4.42 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 14

Promjer glodala: $D = 12,7$ mm

Broj zubi: $z = 4$

Posmak po zubu: $s_z = 0,063$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,063 \cdot 4 = 0,252$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 30$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 213$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 9,5 + 3 = 15,5 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$
$$l = 2 \cdot (7,5 - 6,35) \cdot \pi + 2 \cdot (7,5 - 6,35)$$
$$l = 15,5 \text{ mm}$$

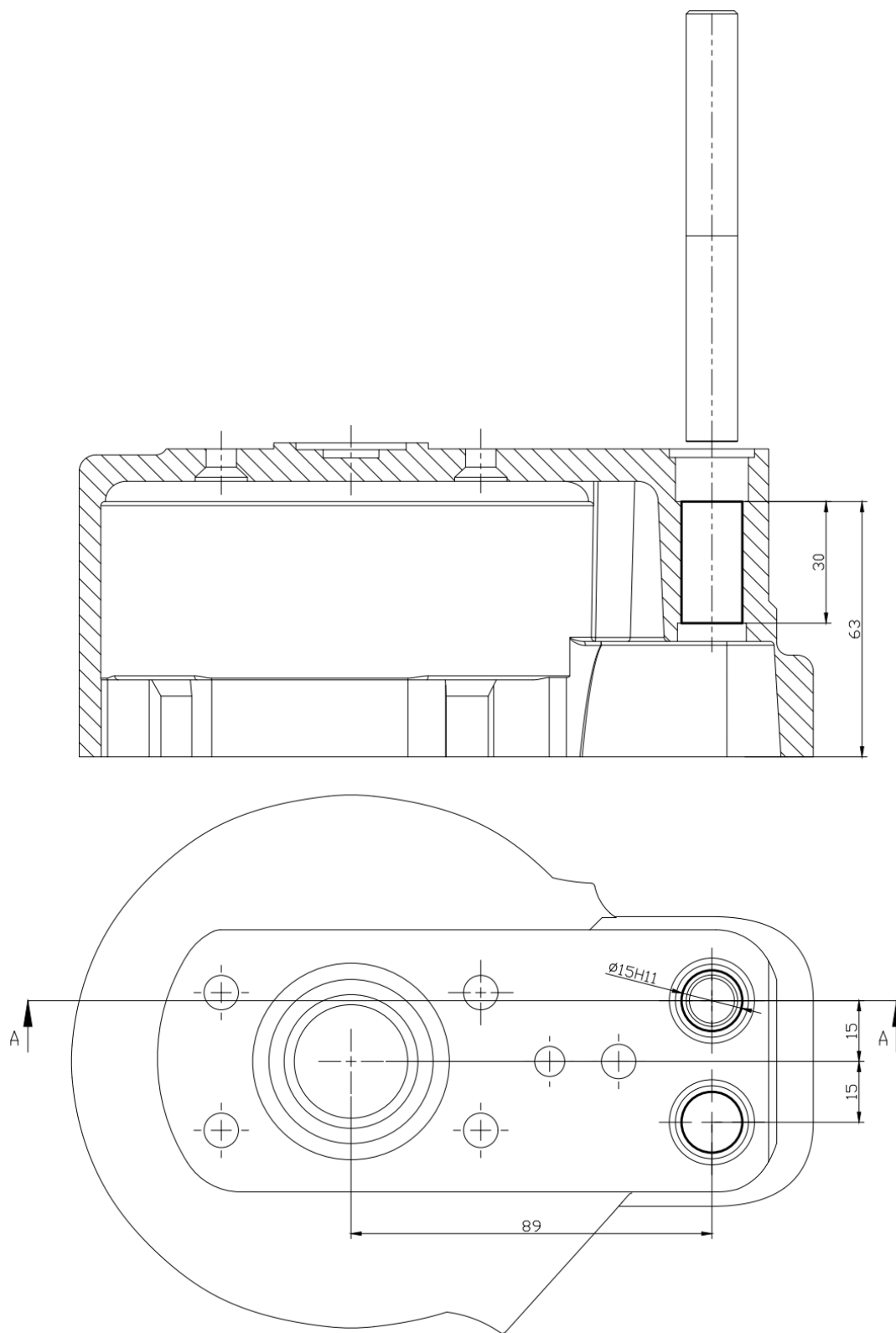
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 213}{12,7 \cdot \pi} = 5338 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{15,5}{0,252 \cdot 5338} \cdot 2 = 0,023 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{\text{sp}} = 0,1$ (zamjena alata)



Slika 4.43 Skica zahvata 14, operacija 20

Zahvat 15: Upustiti dva provrta $1/45^\circ$

Alat: upuštač, CoroMill 316-10CM210-10045G 1030

Broj zubi: $z = 2$

Posmak po zubu: $s_z = 0,15$ mm/zubu

Posmak: $s = 2 \cdot 0,15 = 0,3$ mm/okr

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 172$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 2 + 5 + 0 = 7 \text{ mm}$$

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

$$l_1 = 2$$

$$l_2 = 0$$

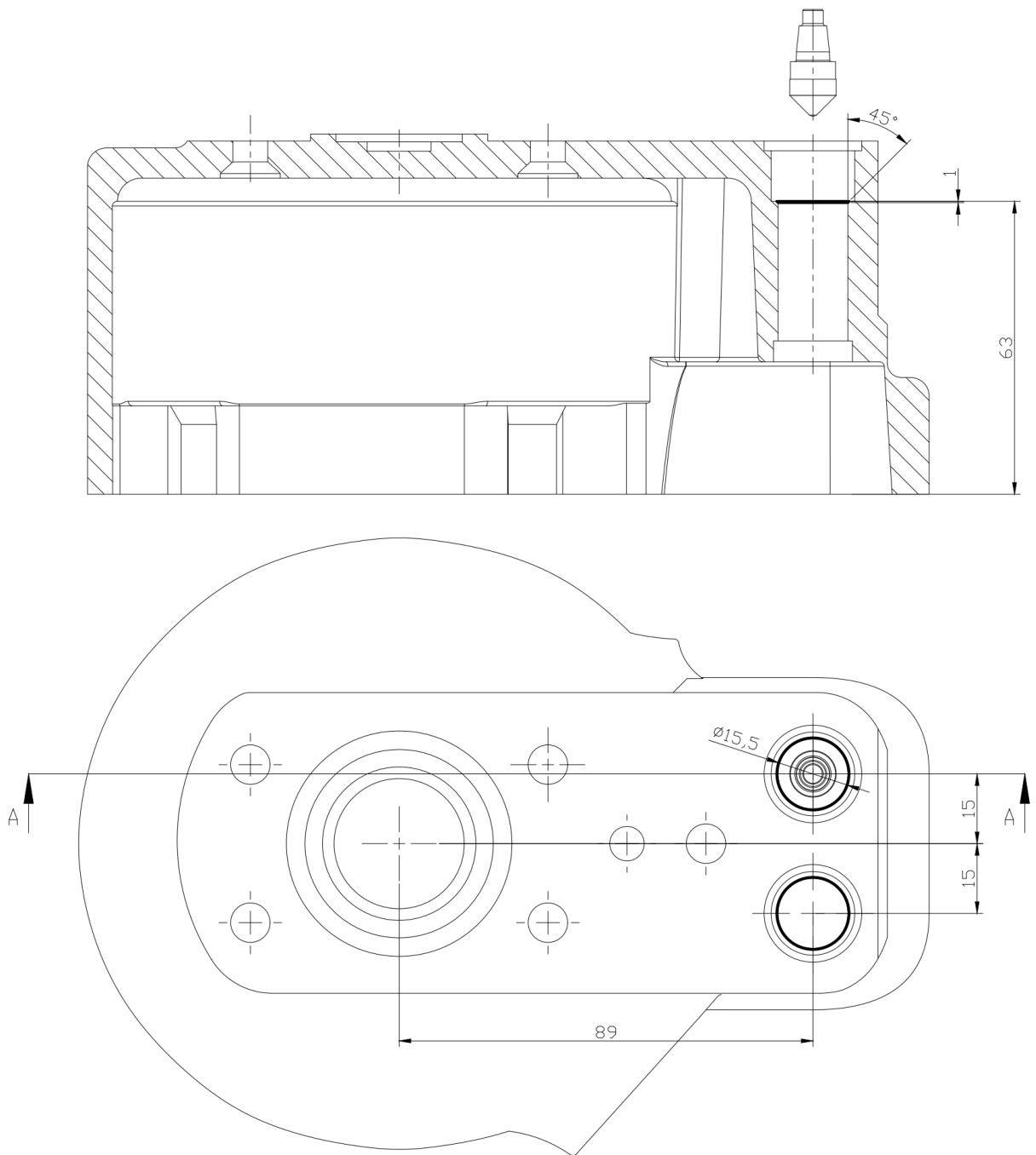
Brzina vrtnje:

$$n = 5500 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{7}{0,3 \cdot 5500} \cdot 2 = 0,008 \text{ min}$$

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

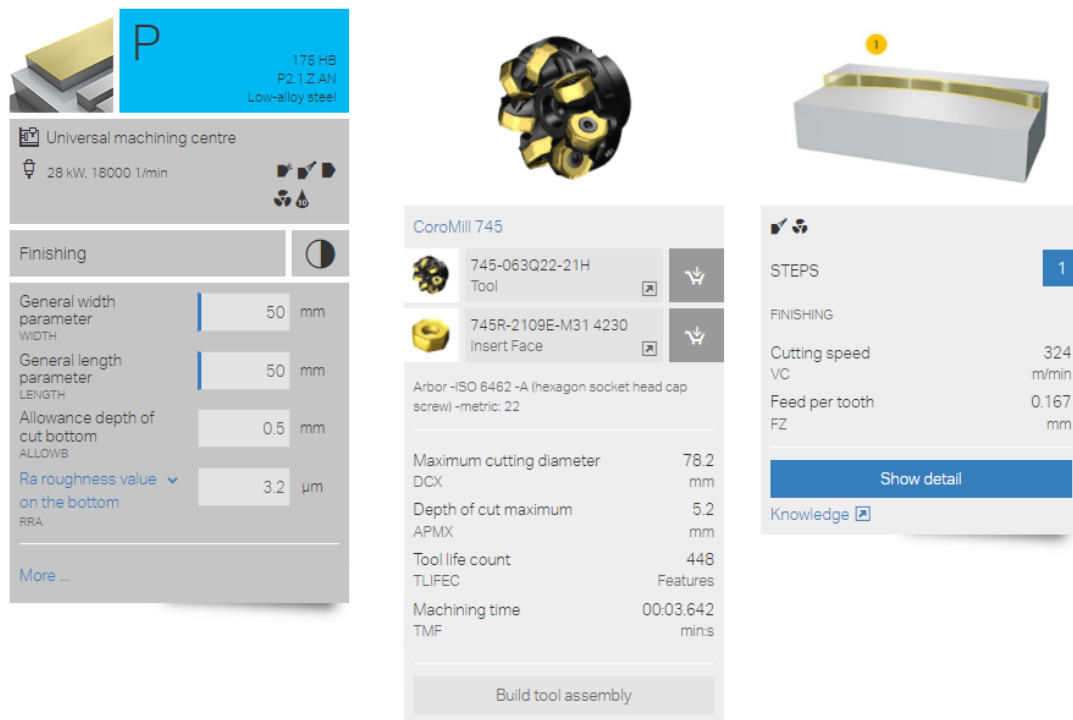


Slika 4.44 Skica zahvata 15, operacija 20

Zahvat 16: Poravnati čelo

Alat: čeono glodalo: CoroMill 745-063Q22-21H

pločica: 745R-2109E-M31 4230



Slika 4.45 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10 , zahvat 16

Promjer glodala: $D = 78,2$ mm

Broj zubi: $z = 7$

Posmak po zubu: $s_z = 0,167$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,167 \cdot 7 = 1,17$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 0,5$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 324$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 7,23 + 50 + 3 = 60,23 \text{ mm}$$

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

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{0,5 \cdot (78,2 - 0,5)} + 1$$

$$l_1 = 7,23 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 3 \text{ mm}$$

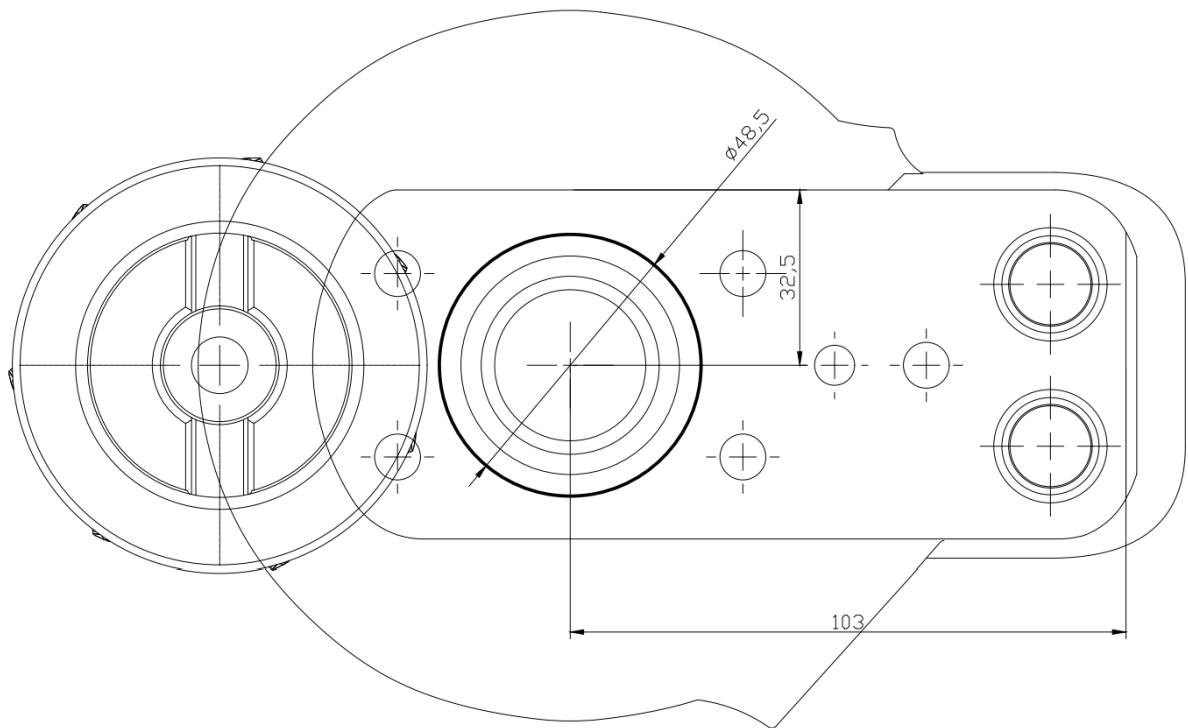
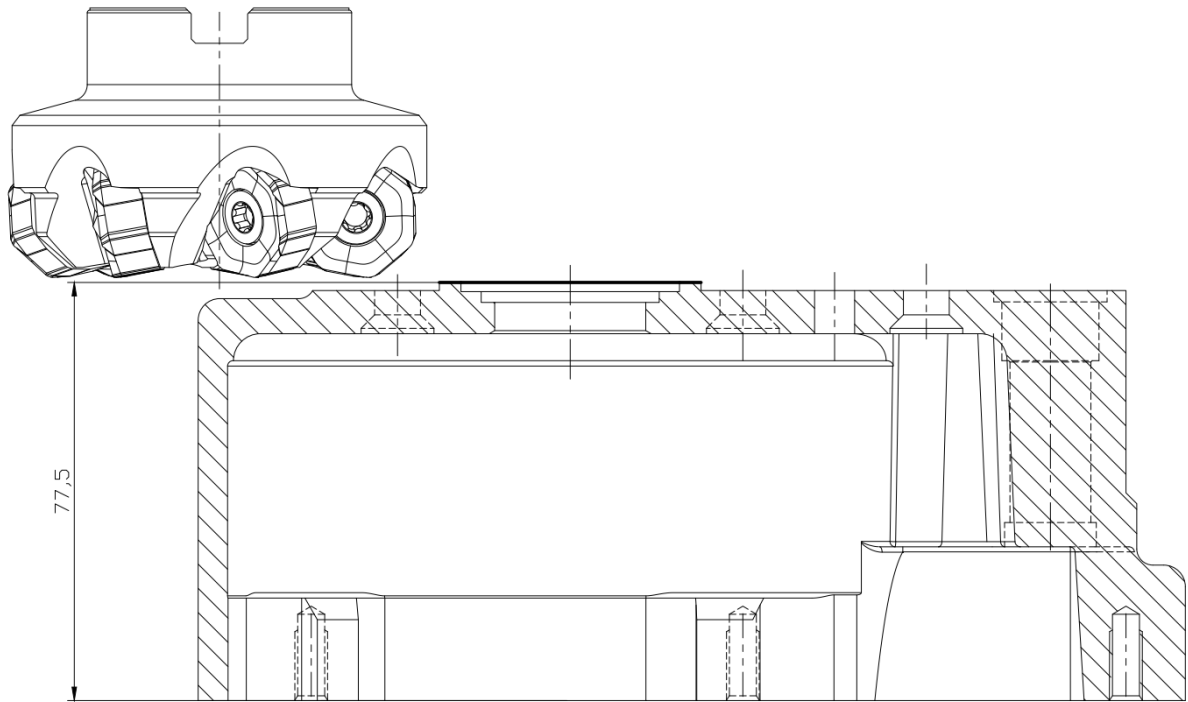
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 324}{78,2 \cdot \pi} = 1318 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

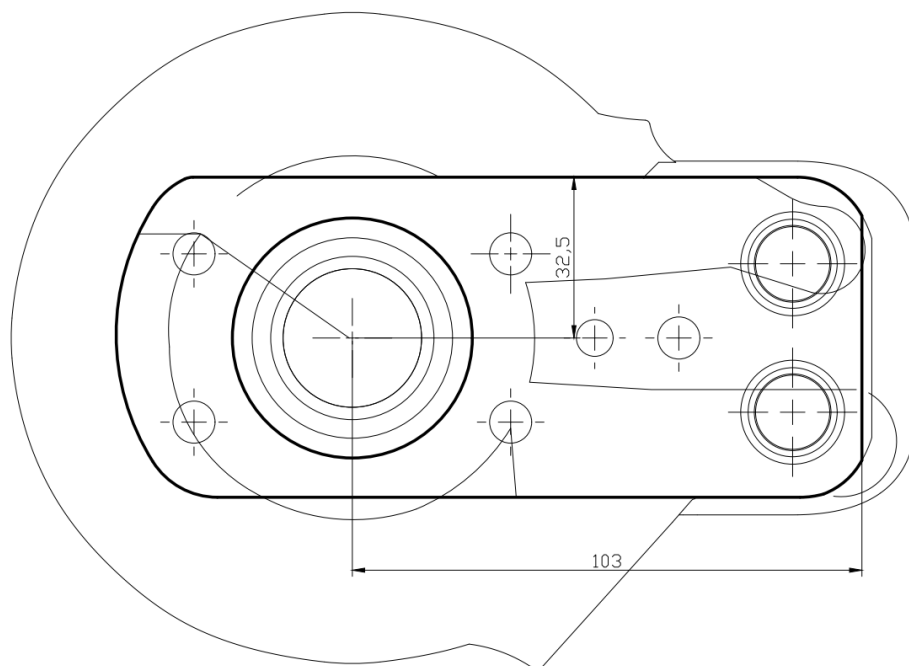
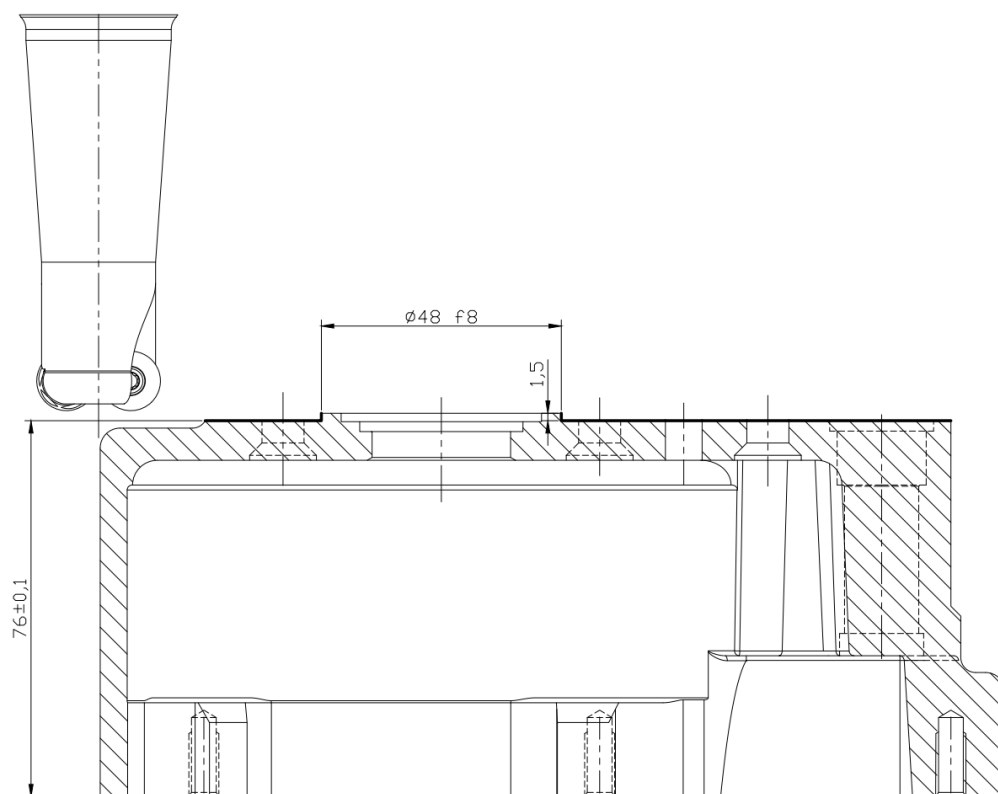
$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{60,23}{1,17 \cdot 1318} \cdot 1 = 0,039 \text{ min}$$

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



Slika 4.46 Skica zahvata 16, operacija 20

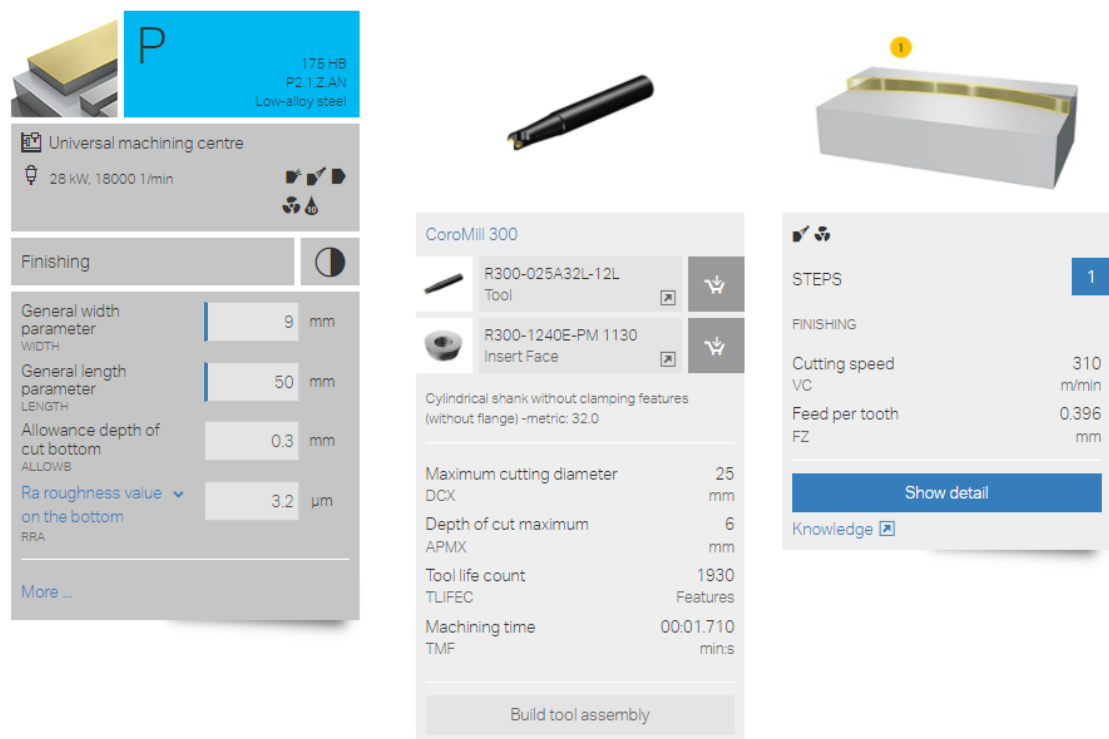
Zahvat 17: Fino glodati otvoreni džep



Slika 4.47 Skica zahvata 17, operacija 20

Alat: čeono glodalo: CoroMill R300-025A32L-12L

pločica: R300-1240E-PM 1130



Slika 4.48 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 17

Promjer glodala: $D = 25$ mm

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,396$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,396 \cdot 2 = 0,792$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 0,3$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 310$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 5,9 + 683,43 + 3 = 692,33 \text{ mm}$$
$$l = 45 \cdot 2 + \frac{37,86 \cdot \pi \cdot 68^\circ}{180} + 63,79 + 14,91 + \frac{8,81 \cdot \pi \cdot 170^\circ}{180} + 17,25 + 25,41 + 16,13$$
$$+ \frac{37,31 \cdot \pi \cdot 31^\circ}{180} + 24,67 + 24,35 + 17,07 + \frac{11,24 \cdot \pi \cdot 179^\circ}{180} + 6205 + 13,83$$
$$+ \frac{40,95 \cdot \pi \cdot 174^\circ}{180} + 12,6 + 40,64 = 683,43 \text{ mm}$$

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{0,5 \cdot (100 - 0,5)} + 1$$

$$l_1 = 5,9 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 3 \text{ mm}$$

Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 310}{25 \cdot \pi} = 3974 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{692,33}{0,792 \cdot 3947} \cdot 1 = 0,22 \text{ min}$$

Pomoćno strojno vrijeme: $t_{sp} = 0,1 \text{ min}$ (zamjena alata)

Zahvat 18: Otpustiti

Odpuštanje radnog komada iz škripa

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

Zahvat 19: Prekontrolirati svaki deseti izradak

Φ48 f8 Alat: Dvostrani kontrolni glatki čep Φ48 f8 DIN 2245

Φ28 H8 Alat: Dvostrani kontrolni glatki čep Φ28 H8 DIN 2245

Φ15 H11 Alat: Dvostrani kontrolni glatki čep Φ15 H11 DIN 2245

Vrijeme kontrole: $t_k = 1,4 \text{ min}/10 \text{ izradaka}$

4.2.1 Ukupna vremena operacije 20

Ukupno strojno vrijeme:

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

$$\begin{aligned} \sum t_s &= 0,03 + 0,18 + 0,1 + 0,019 + 0,1 + 0,007 + 0,1 + 0,0043 + 0,1 + 0,006 + 0,1 + 0,014 \\ &+ 0,20 + 0,016 + 0,1 + 0,07 + 0,1 + 0,063 + 0,1 + 0,021 + 0,1 + 0,029 + 0,023 \\ &+ 0,1 + 0,008 + 0,1 + 0,39 + 0,1 + 0,22 + 0,1 \end{aligned}$$

$$\sum t_s = 2,26 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\sum t_r = 0,1 + 0,6 + 0,1 + 0,14$$

$$\sum t_r = 0,94$$

Vrijeme izrade:

$$t_i = t_s + t_r = 2,26 + 0,94$$

$$t_i = 3,32 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme:

$$t_d = t_i \cdot k_d = 3,32 \cdot 0,05$$

$$t_d = 0,153 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 20:

$$t_{20} = t_i + t_d = 3,32 + 0,153$$

$$t_{20} = 3,36 \text{ min}$$

4.3 Operacija 30 – obrada donjeg dijela

Zahvat 1: stegnuti izradak u poziciju za obradu

Alat: škrip

Tijekom stezanja izratka imamo tzv. ručno vrijeme koje se dijeli na dva vremena: vrijeme potrebno za uzimanje izratka, a drugo vrijeme se odnosi na stezanje.

Uzimanje izratka:

$$t_{r1} = 0,25 \text{ min}$$

Stezanje izratka:

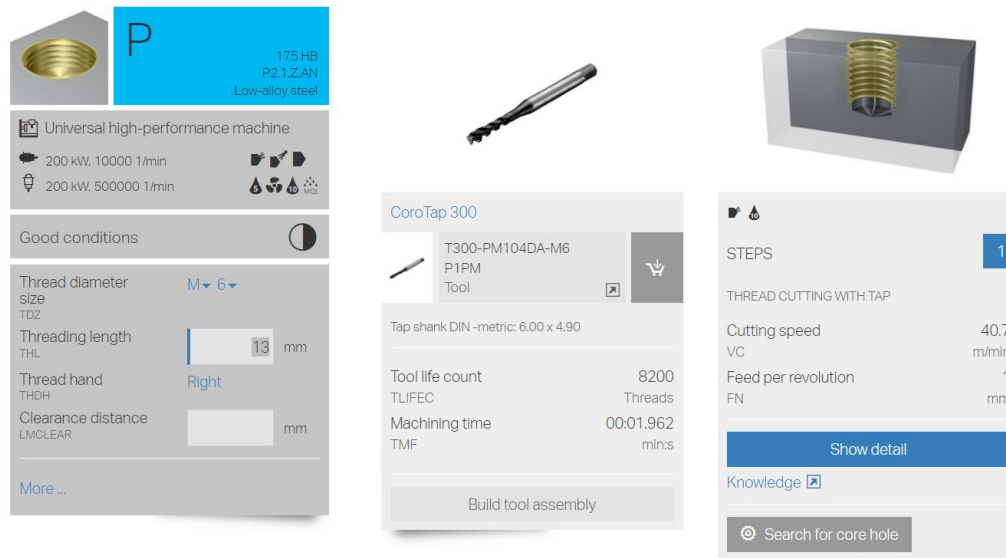
$$t_{r2} = 0,35 \text{ min}$$

Ručno vrijeme:

$$\begin{aligned} t_r &= t_{r1} + t_{r2} \\ t_r &= 0,25 + 0,35 \\ t_r &= 0,60 \text{ min} \end{aligned}$$

Zahvat 2: Urezati pet provrta M6

Alat: ureznik: T300-PM104DA-M6 P1PM



Slika 4.49 Izbor alata i režimi obrade – operacija 30, zahvat 2

Promjer svrdla: $D = 6 \text{ mm}$

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

Dubina rezanja: $a = 13 \text{ mm}$

Broj prolaza: $i = 5$

Brzina rezanja: $v_c = 40,7 \text{ m/min}$

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 2 + 13 + 0 = 15 \text{ mm}$

$$l = 13 \text{ mm}$$

$$l_1 = 2$$

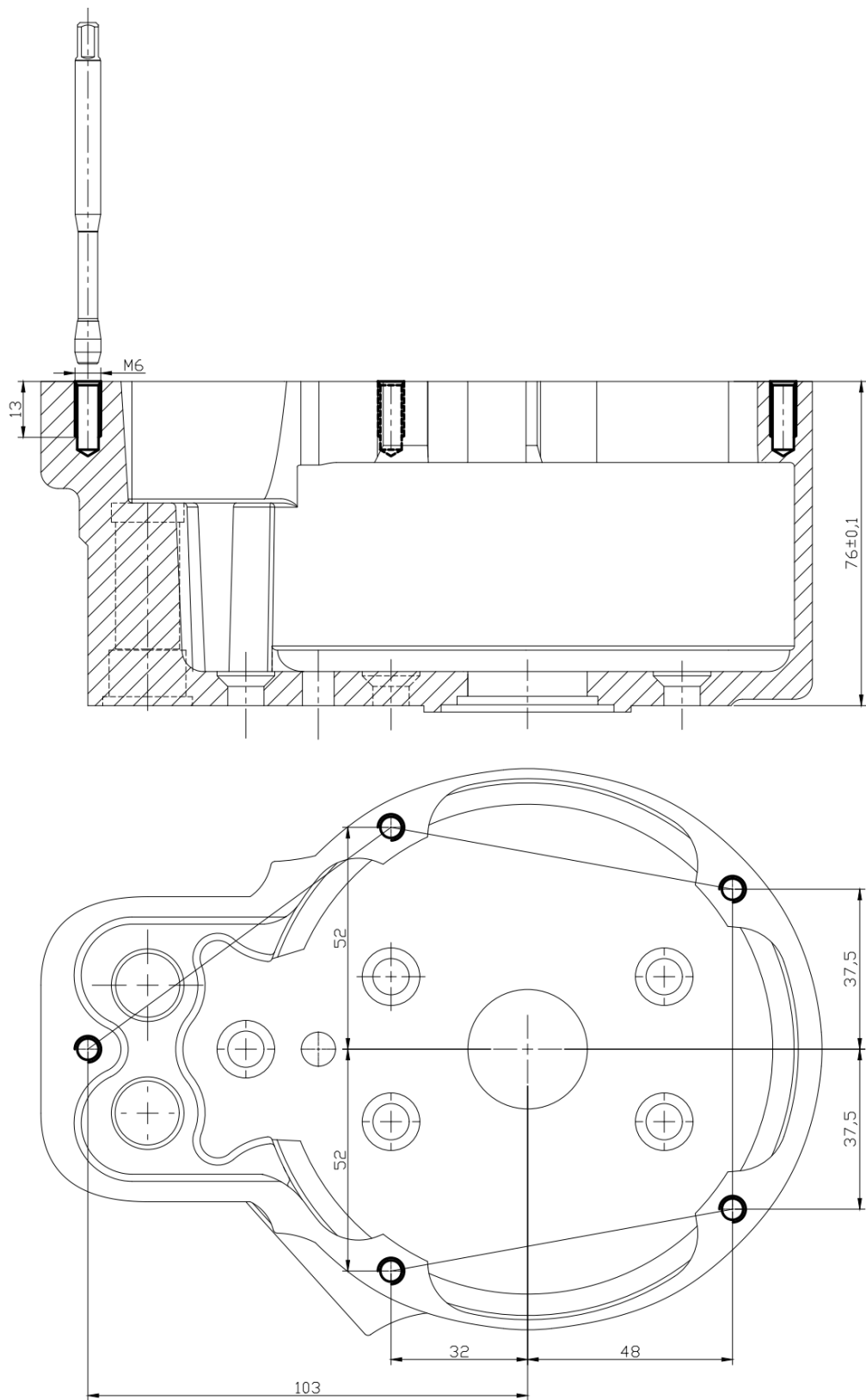
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 40,7}{6 \cdot \pi} = 2159 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{15}{1 \cdot 2159} \cdot 5 = 0,069 \text{ min}$$

Ručno vrijeme: $t_r = 0,1 \text{ min}$ (pokretanje programa)



Slika 4.50 Skica zahvata 2, operacija 30

Zahvat 3: Skositi provrt $1/30^\circ$

Alat: upuštač, CoroMill 316-12CM210-12030G 1730

Broj zubi: $z = 2$

Posmak po zubu: $s_z = 0,1$ mm/zubu

Posmak: $s = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 1$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 78,5$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 2 + 5 + 0 = 7 \text{ mm}$$

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

$$l_1 = 2$$

$$l_2 = 0$$

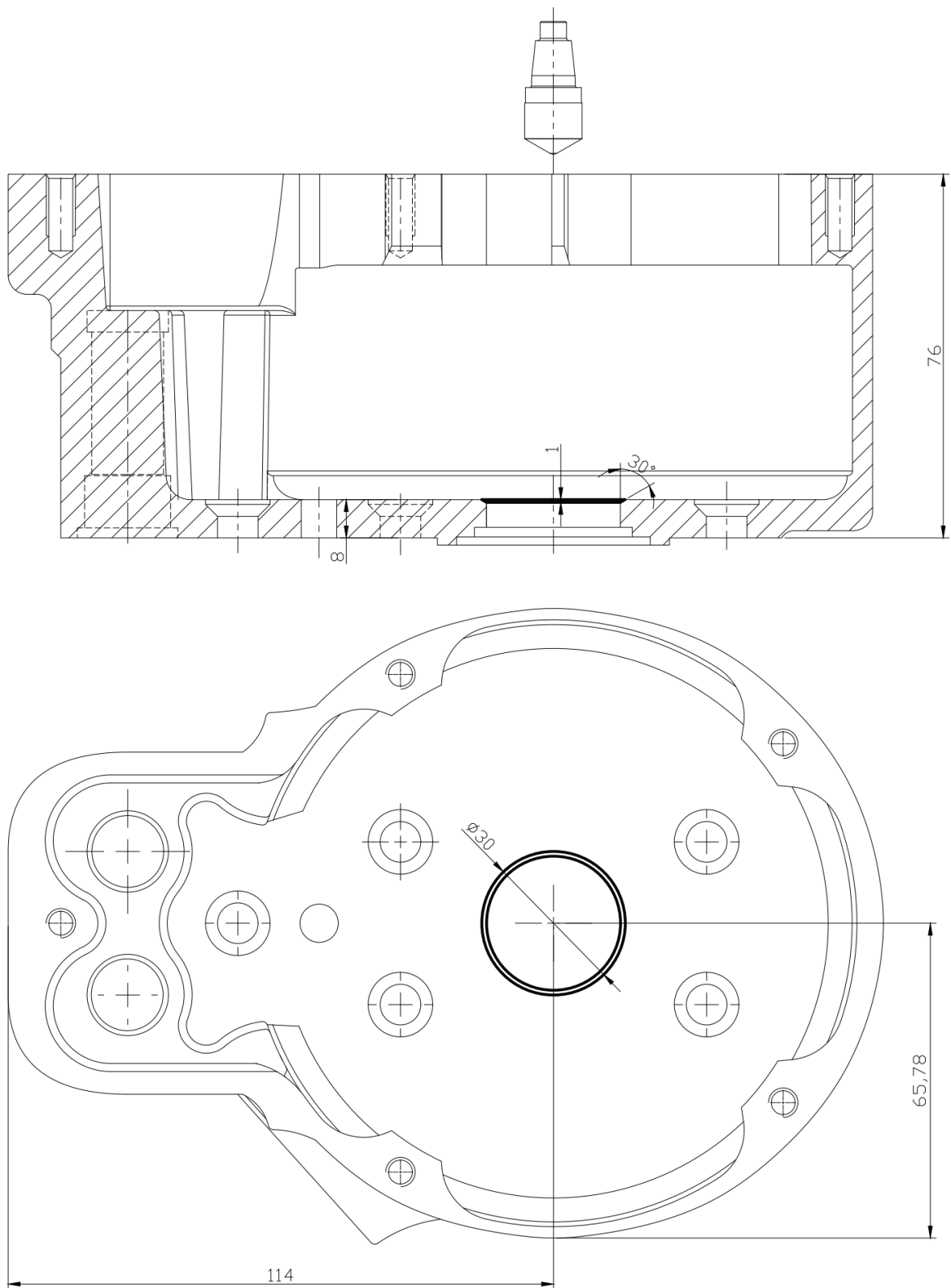
Brzina vrtnje:

$$n = 5000 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{7}{0,2 \cdot 5000} \cdot 1 = 0,007 \text{ min}$$

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



Slika 4.51 Skica zahvata 3, operacija 30

Zahvat 4: Glodati unutarnji dio kućišta

Alat: vretenasto glodalo: CoroMill R215.H4-16050EAC05H

Broj zubi: $z = 4$

Posmak po zubu: $s_z = 0,2$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,2 \cdot 4 = 0,8$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 1$ mm

Broj prolaza: $i = 4$

Brzina rezanja: $v_c = 190$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 10 + 31,48 + 10 = 51,48 \text{ mm}$$

$$l = 19 + \frac{55 \cdot \pi \cdot 13^\circ}{180^\circ} = 31,48$$

$$l_1 = 10 \text{ mm}$$

$$l_2 = 10 \text{ mm}$$

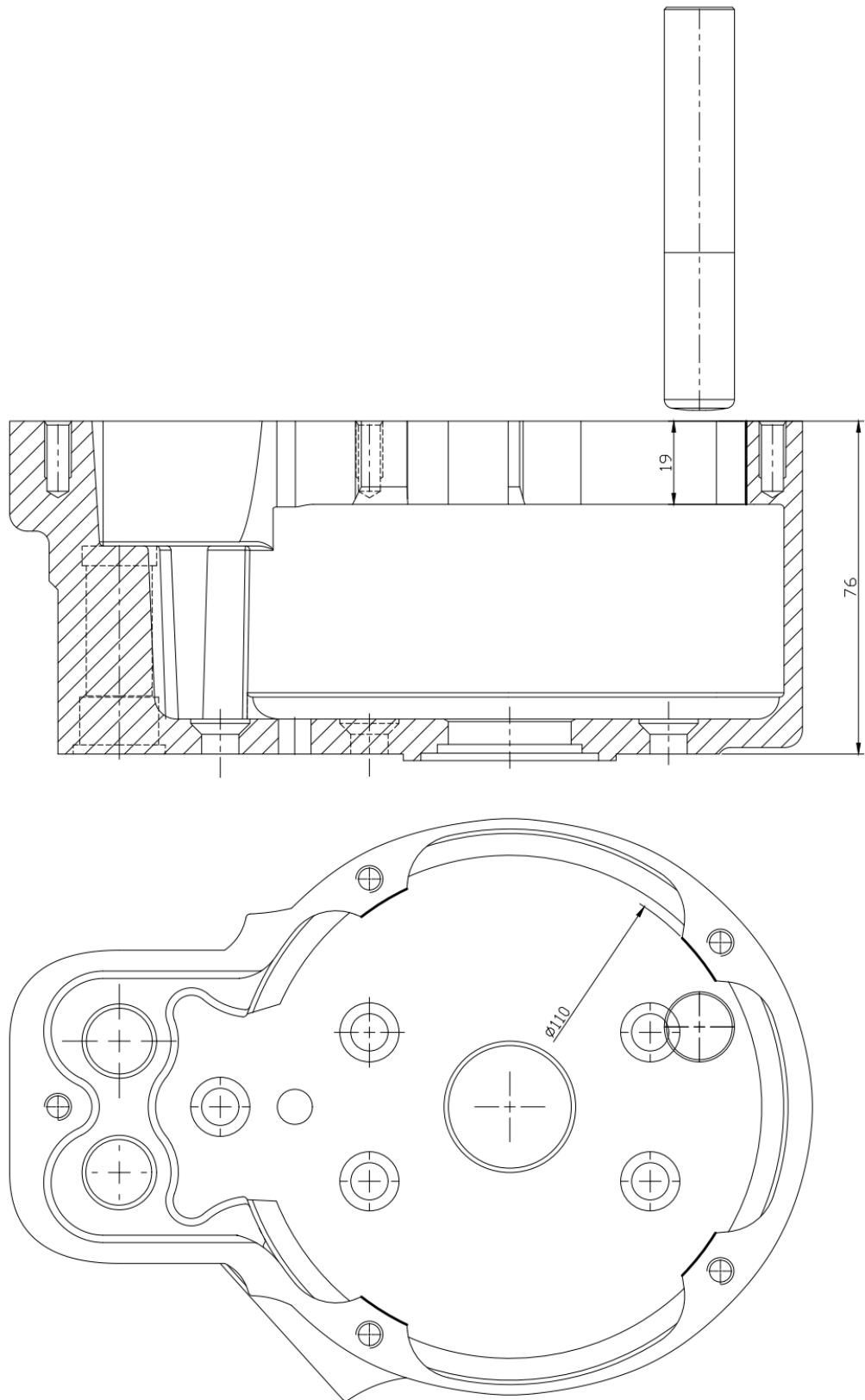
Brzina vrtnje:

$$n = 3779 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{115}{0,8 \cdot 3779} \cdot 4 = 0,068 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ min (zamjena alata)



Slika 4.52 Skica zahvata 4, operacija 30

Zahvat 5: Glodati unutarnji dio kućišta

Alat: T-glodalo: R331.35C-050A20DM080

Broj zubi: $z = 6$

Posmak po zubu: $s_z = 0,44$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,44 \cdot 6 = 2,64$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 0,5$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 374$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 27 + 2216,11 + 27 = 2270,11 \text{ mm}$$

$$l = 5,5 \cdot (2 \cdot R \cdot \pi) + 4,43$$

$$l = 5,5 \cdot (2 \cdot 64 \cdot \pi) + 4,43 = 2216,11$$

$$l_1 = 27 \text{ mm}$$

$$l_2 = 27 \text{ mm}$$

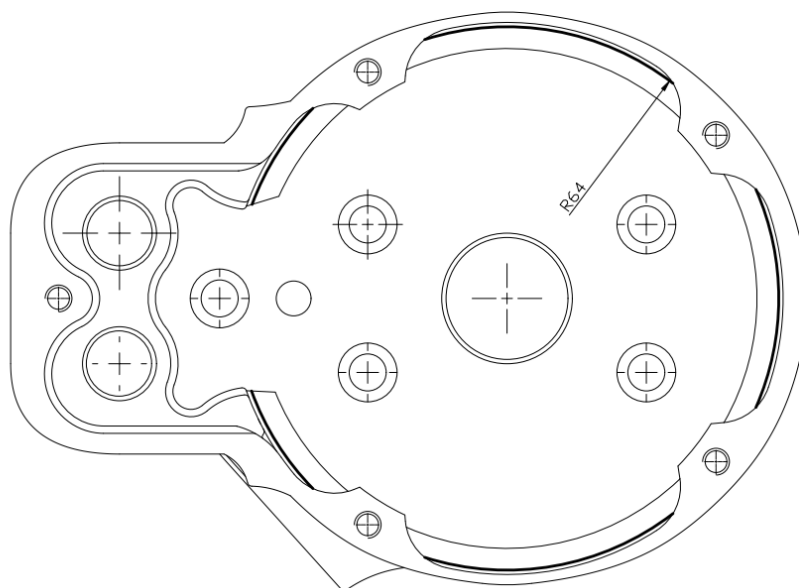
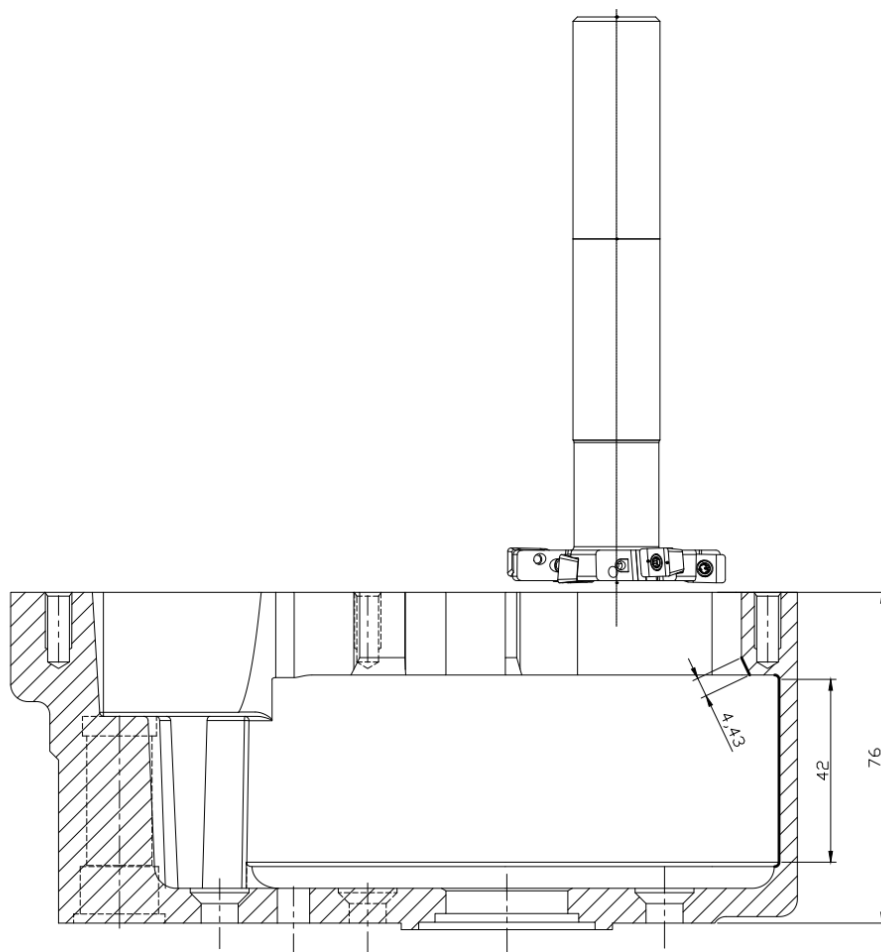
Brzina vrtnje:

$$n = 2381 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{2265,68}{2,64 \cdot 2381} \cdot 1 = 0,36 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ min (zamjena alata)



Slika 4.53 Skica zahvata 5, operacija 30

Zahvat 6: Otpustiti

Odpuštanje radnog komada iz škripa

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

Zahvat 7: Kontrolirati svaki deseti izradak

M6 Alat: Dvostrani kontrolni navojni čep M6x1 DIN 2280

Vrijeme kontrole: $t_k = 0,1 \text{ min}/10 \text{ izradaka}$

4.3.1 Ukupna vremena operacije 30

Ukupno strojno vrijeme:

$$\sum t_s = t_{sr} + t_{sp}$$
$$\sum t_s = 0,31 + 0,007 + 0,1 + 0,038 + 0,1 + 0,36 + 0,1$$

$$\sum t_s = 0,8 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\sum t_r = 0,1 + 0,6 + 0,1 + 0,14$$

$$\sum t_r = 0,94$$

Vrijeme izrade:

$$t_i = t_s + t_r = 0,8 + 0,94$$

$$t_i = 1,7 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme:

$$t_d = t_i \cdot k_d = 1,7 \cdot 0,05$$

$$t_d = 0,087 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 30:

$$t_{30} = t_i + t_d = 1,7 + 0,087$$

$$t_{30} = 1,83 \text{ min}$$

4.4 Operacija 40 – izrada navoja M40

Zahvat 1: stegnuti izradak u poziciju za obradu

Alat: škrip

Tijekom stezanja izratka imamo tzv. ručno vrijeme koje se dijeli na dva vremena: vrijeme potrebno za uzimanje izratka, a drugo vrijeme se odnosi na stezanje.

Uzimanje izratka:

$$t_{r1} = 0,25 \text{ min}$$

Stezanje izratka:

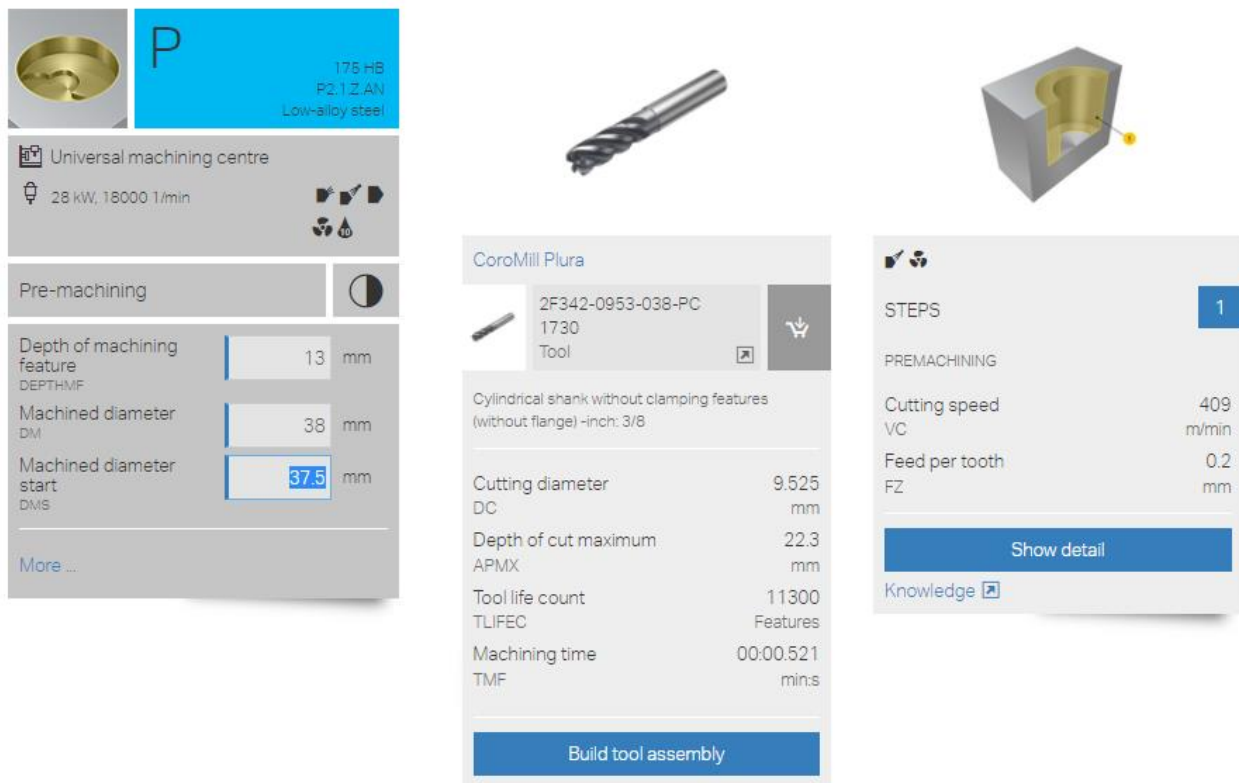
$$t_{r2} = 0,35 \text{ min}$$

Ručno vrijeme:

$$\begin{aligned} t_r &= t_{r1} + t_{r2} \\ t_r &= 0,25 + 0,35 \\ t_r &= 0,60 \text{ min} \end{aligned}$$

Zahvat 2: Glodati rupu Ø38 mm

Alat: vretenasto glodalo: 2F342-0953-038-PC1730



Slika 4.54 Izbor alata i režimi obrade - operacija 40, zahvat 2

Promjer glodala: $D = 9,5$ mm

Broj zubi: $z = 4$

Posmak po zubu: $s_z = 0,2$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,2 \cdot 4 = 0,8$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 13$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 280$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 118 + 3 = 124 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$

$$l = 2 \cdot (19 - 4,75) \cdot \pi + 2 \cdot (19 - 4,75)$$

$$l = 118 \text{ mm}$$

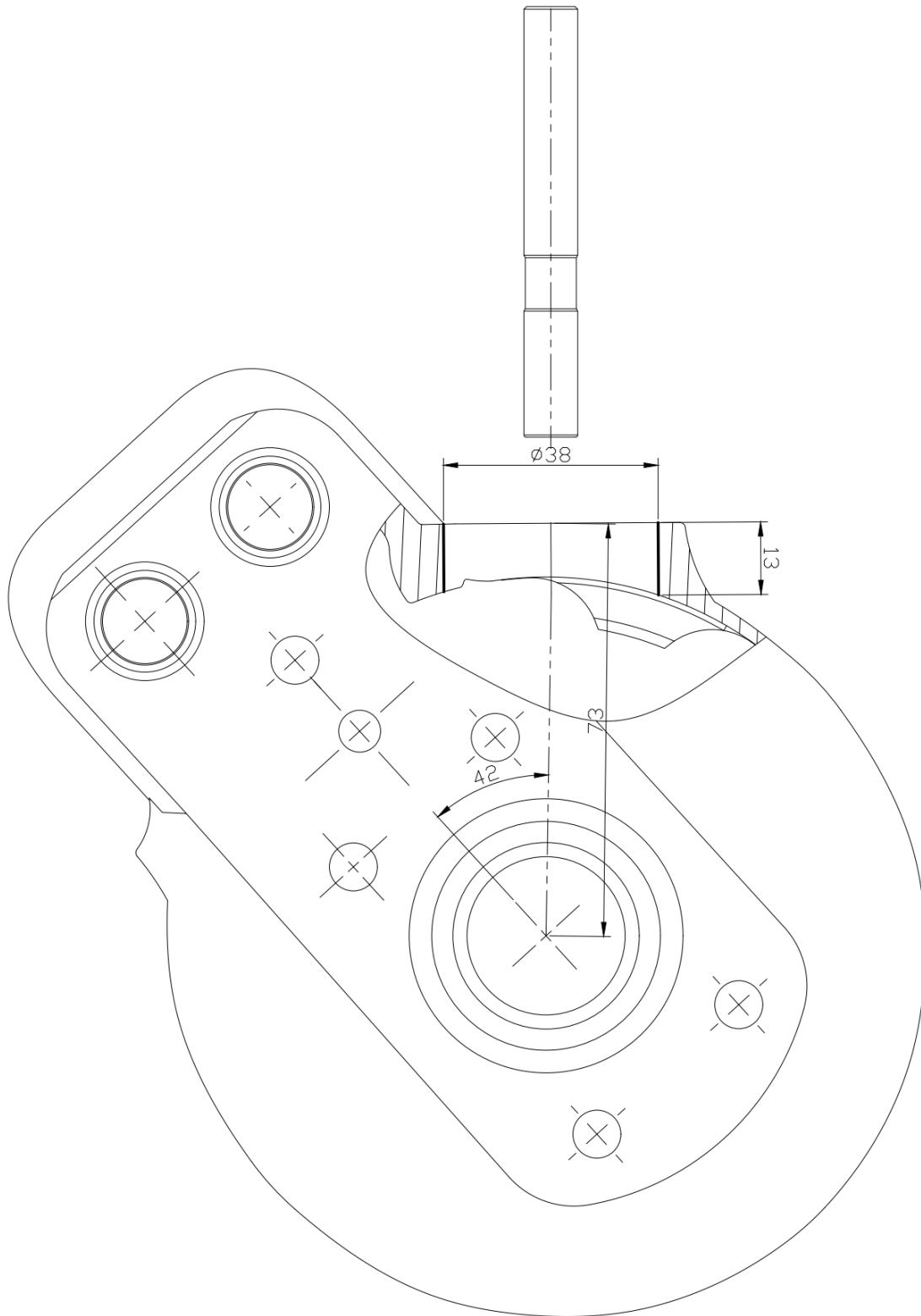
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 280}{9,5 \cdot \pi} = 9381 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{124}{0,8 \cdot 9381} \cdot 1 = 0,016 \text{ min}$$

Ručno vrijeme: $t_r = 0,1$ (pokretanje programa)



Slika 4.55 Skica zahvata 2, operacija 40

Zahvat 3: Glodati rupu $\varnothing 45$ mm

Alat: vretenasto glodalo: 2F342-0953-038-PC1730 (slika 4.55)

Promjer glodala: $D = 9,5$ mm

Broj zubi: $z = 4$

Posmak po zubu: $s_z = 0,2$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,2 \cdot 4 = 0,8$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 1,5$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 280$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 3 + 147 + 3 = 153 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$

$$l = 2 \cdot (22,5 - 4,75) \cdot \pi + 2 \cdot (22,5 - 4,75)$$

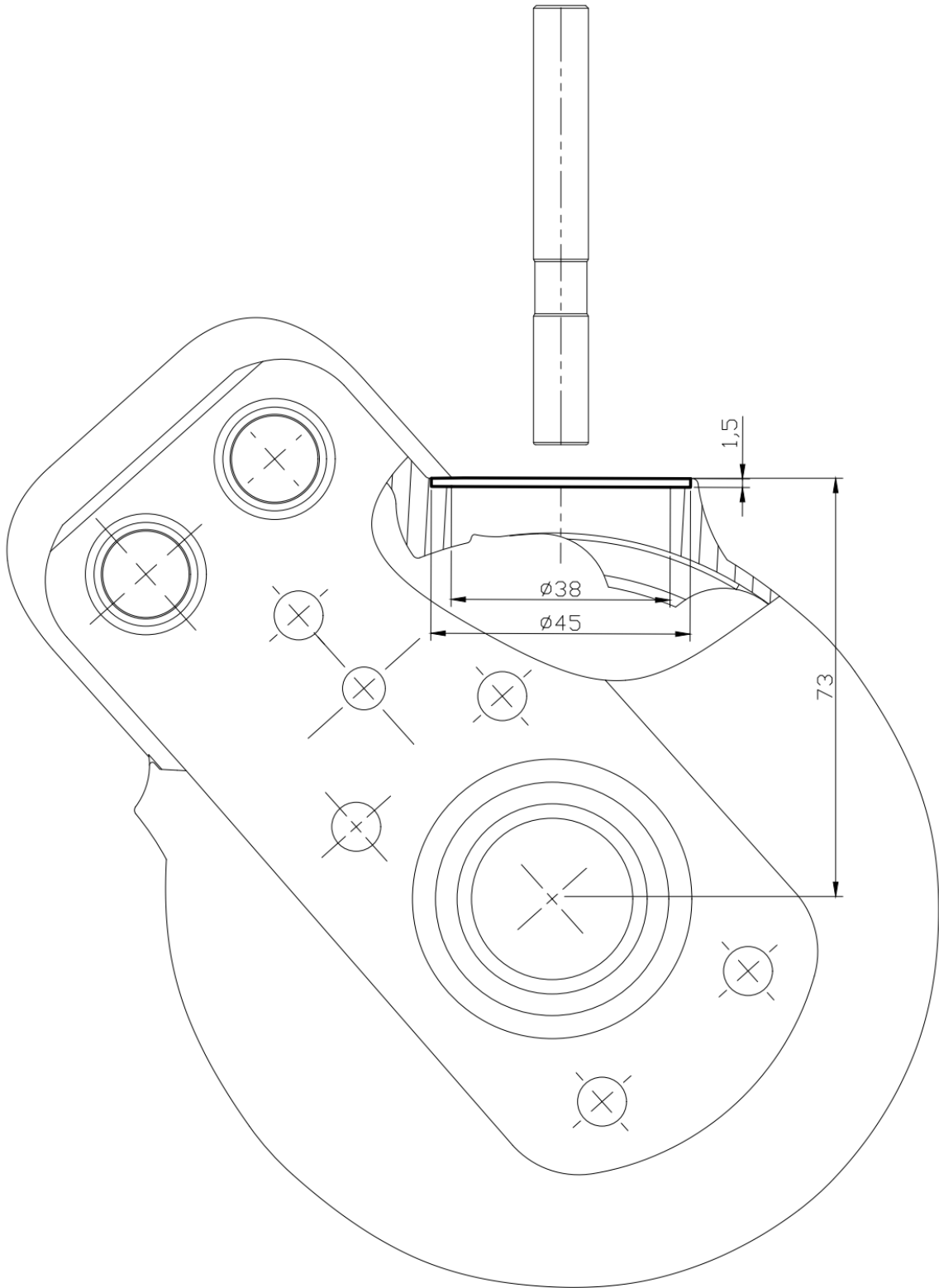
$$l = 147 \text{ mm}$$

Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 280}{9,5 \cdot \pi} = 9381 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

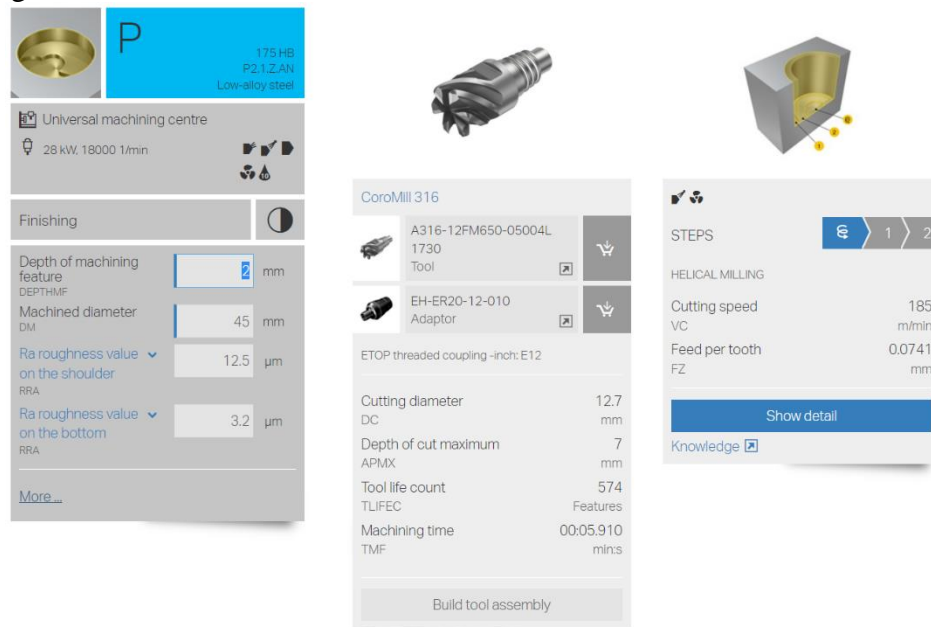
$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{153}{0,8 \cdot 9381} \cdot 1 = 0,02 \text{ min}$$



Slika 4.56 Skica zahvata 3, operacija 40

Zahvat 4: Fino glodati rupu Ø45 mm

Alat: čeono glodalo: A316-12FM650-05004L 1730



Slika 4.57 Izbor alata i režimi obrade - operacija 40, zahvat 4

Promjer glodala: $D = 12,7$ mm

Broj zubi: $z = 6$

Posmak po zubu: $s_z = 0,07$ mm/zubu

Posmak: $s = 0,07 \cdot 6 = 0,42$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 2$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 185$ m/min

Duljina obrade: $L = l_1 + l + l_2 = 3 + 133,7 + 3 = 139,7$ mm

$$l = 2 \cdot (R - R_g) \cdot \pi + 2 \cdot (R - R_g)$$
$$l = 2 \cdot (22,5 - 6,35) \cdot \pi + 2 \cdot (19 - 6,35)$$
$$l = 133,7 \text{ mm}$$

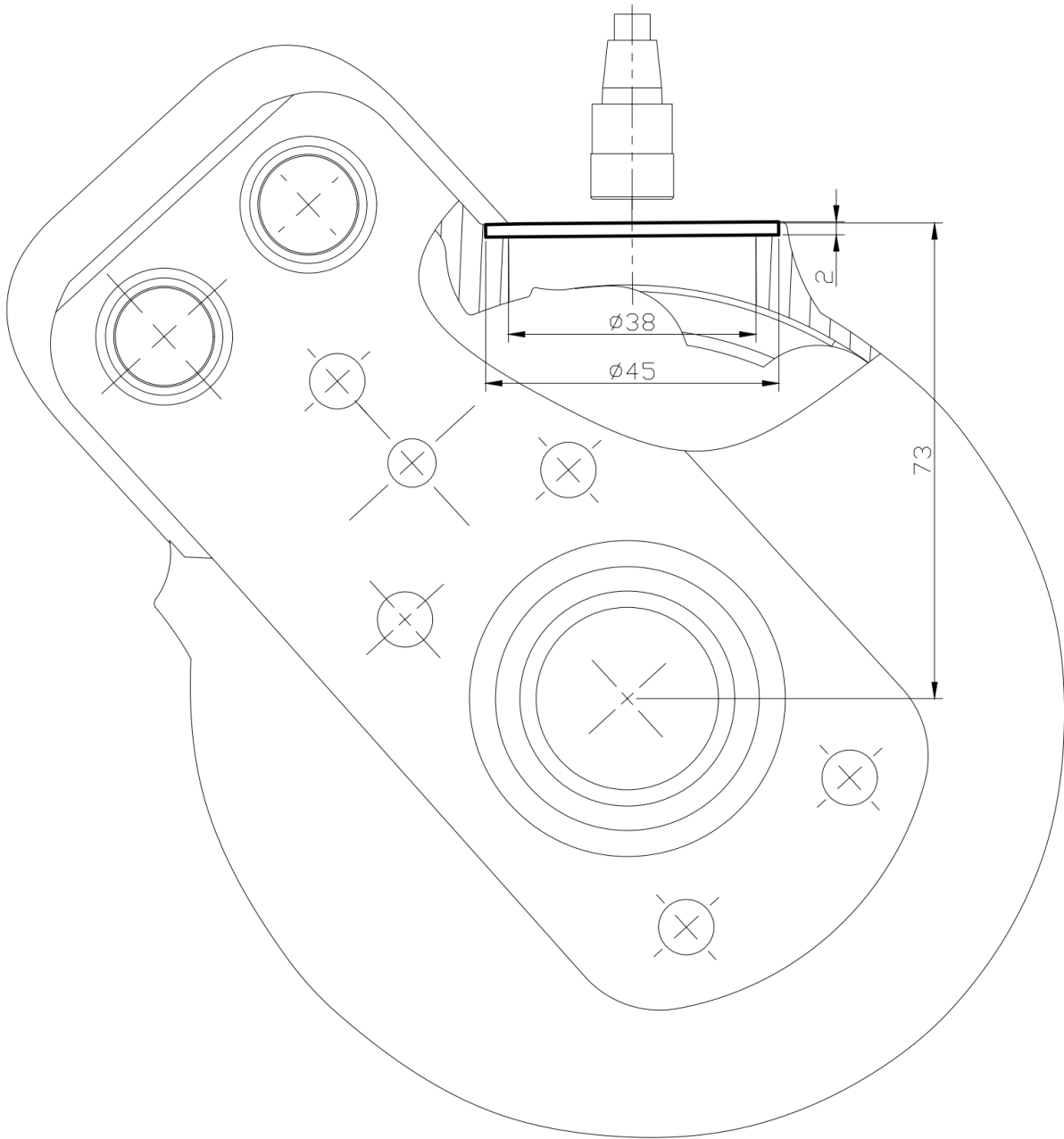
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 185}{12,7 \cdot \pi} = 4636 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{139,7}{0,42 \cdot 4636} \cdot 1 = 0,07 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_{sp} = 0,1$ (zamjena alata)



Slika 4.58 Skica zahvata 4, operacija 40

Zahvat 5: Urezati navoj M40x1,5

Alat: ureznik: GARANT, strojni ureznik M40 x 1.5

Posmak: $s = 0,16$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 13$ mm

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 280$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 2 + 9,5 + 4 = 15,5 \text{ mm}$$

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

$$l_1 = 2$$

$$l_2 = 4$$

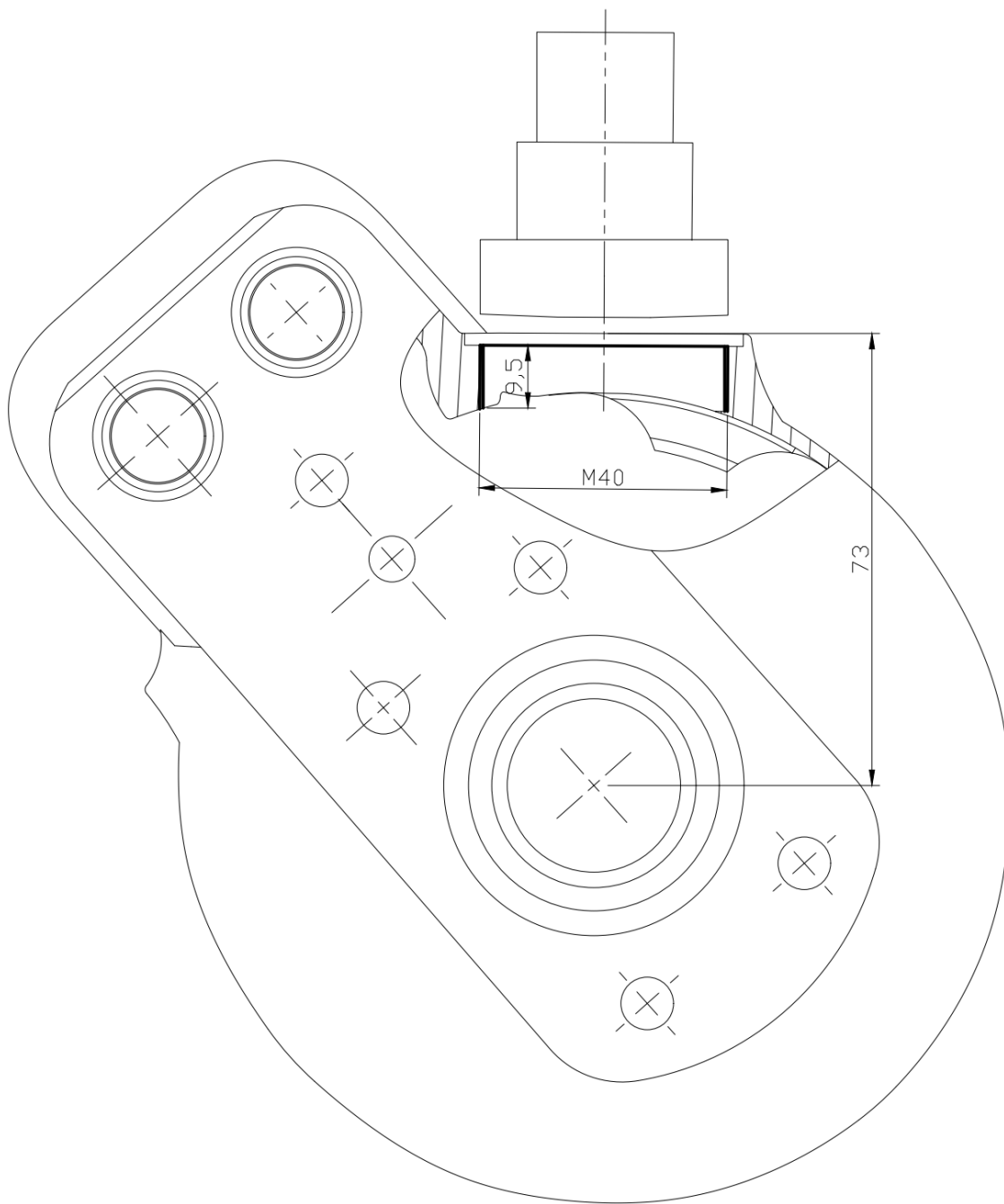
Brzina vrtnje:

$$n = 2228 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{67}{0,16 \cdot 2228} \cdot 1 = 0,043 \text{ min}$$

Strojno pomoćno vrijeme: $t_r = 0,1$ min (zamjena alata)



Slika 4.59 Skica zahvata 5, operacija 40

Zahvat 6: Otpustiti

Odpuštanje radnog komada iz škripa

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

Zahvat 7: Kontrolirati svaki deseti izradak

M40 Alat: Dvostrani kontrolni navojni čep M40x1,5 DIN 2280

Vrijeme kontrole: $t_k = 1,4 \text{ min}/10 \text{ izradaka}$

4.4.1 Ukupna vremena operacije 40

Ukupno strojno vrijeme:

$$\sum t_s = t_{sr} + t_{sp}$$
$$\sum t_s = 0,016 + 0,02 + 0,07 + 0,1 + 0,043 + 0,1$$
$$\sum t_s = 0,35 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\sum t_r = 0,1 + 0,6 + 0,1 + 0,14$$
$$\sum t_r = 0,94$$

Vrijeme izrade:

$$t_i = t_s + t_r = 0,35 + 0,94$$
$$t_i = 1,29 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme:

$$t_d = t_i \cdot k_d = 1,9 \cdot 0,05$$
$$t_d = 0,064 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 40:

$$t_{40} = t_i + t_d = 1,45 + 0,064$$
$$t_{40} = 1,35 \text{ min}$$

4.5 Operacija 50 – Glodanje otvorenog džepa

Zahvat 1: Stegnuti izradak u poziciju za obradu

Alat: škrip

Tijekom stezanja izratka imamo tzv. ručno vrijeme koje se dijeli na dva vremena: vrijeme potrebno za uzimanje izratka, a drugo vrijeme se odnosi na stezanje.

Uzimanje izratka:

$$t_{r1} = 0,25 \text{ min}$$

Stezanje izratka:

$$t_{r2} = 0,35 \text{ min}$$

Ručno vrijeme:

$$\begin{aligned} t_r &= t_{r1} + t_{r2} \\ t_r &= 0,25 + 0,35 \\ t_r &= 0,60 \text{ min} \end{aligned}$$

Zahvat 2: Glodati otvoren džep

Alat: čeono glodalo: CoroMill 490-025EH25-08M (slika 23.)

pločica: 490R-08T316M-PH 4220m

Promjer glodala: $D = 25 \text{ mm}$

Broj zubi: $z = 3$

Posmak po zubu: $s_z = 0,235 \text{ mm/zubu}$

Posmak: $s = 0,235 \cdot 3 = 0,705 \text{ mm/okr}$

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

Broj prolaza: $i = 1$

Brzina rezanja: $v_c = 426 \text{ m/min}$

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 5,9 + 126,2 + 3 = 135,1 \text{ mm}$$

$$l = 3 \cdot (3 + 1,41 + 32 + 5,66) = 126,2$$

$$l_1 = \sqrt{a \cdot (D - a)} + (1 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \sqrt{1 \cdot (25 - 0,5)} + 1$$

$$l_1 = 5,9 \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \text{ do } 5) = 3 \text{ mm}$$

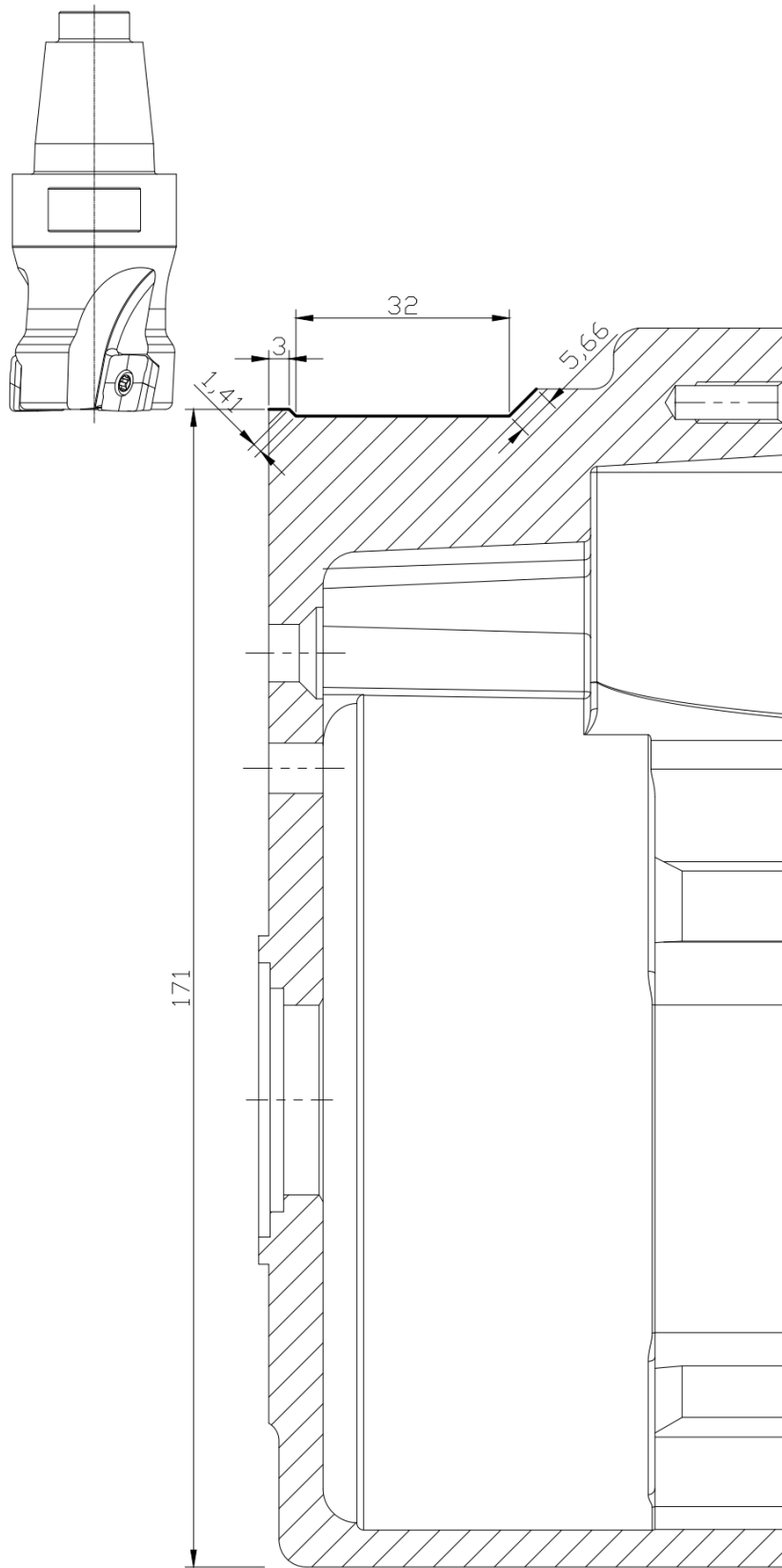
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 426}{25 \cdot \pi} = 5424 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{\text{sr}} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{135,1}{0,705 \cdot 5424} \cdot 1 = 0,035 \text{ min}$$

Ručno vrijeme: $t_r = 0,1 \text{ min}$ (pokretanje programa)



Slika 4.60 Skica zahvata 2, operacija 50

Zahvat 3: Otpustiti

Odpuštanje radnog komada iz škripa

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

4.5.1 Ukupna vremena operacije 50

Ukupno strojno vrijeme:

$$\sum t_s = 0,035$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\sum t_r = 0,1 + 0,6 + 0,1$$

$$\sum t_r = 0,8$$

Vrijeme izrade:

$$t_i = t_s + t_r = 0,035 + 0,8$$

$$t_i = 0,835 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme:

$$t_d = t_i \cdot k_d = 0,835 \cdot 0,05$$

$$t_d = 0,04 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 50:

$$t_{50} = t_i + t_d = 0,835 + 0,04$$

$$t_{50} = 0,877 \text{ min}$$

4.6 Operacija 60 – Bušenje rupe Ø6

Zahvat 1: stegnuti izradak u poziciju za obradu

Alat: škrip

Tijekom stezanja izratka imamo tzv. ručno vrijeme koje se dijeli na dva vremena: vrijeme potrebno za uzimanje izratka, a drugo vrijeme se odnosi na stezanje.

Uzimanje izratka:

$$t_{r1} = 0,25 \text{ min}$$

Stezanje izratka:

$$t_{r2} = 0,35 \text{ min}$$

Ručno vrijeme:

$$\begin{aligned} t_r &= t_{r1} + t_{r2} \\ t_r &= 0,25 + 0,35 \\ t_r &= 0,60 \text{ min} \end{aligned}$$

Zahvat 2: Bušiti dva provrta $\phi 6$ mm

Alat: svrdlo: 860.1-1480-062A1-PM P1BM

The screenshot displays a software interface for tool selection and machining parameters. It is divided into several sections:

- Material Properties:** Shows a brass-colored material with a hardness of 175 HB, identified as P2.1.Z.AN Low-alloy steel.
- Machine Information:** Lists 'Universal high-performance machine' with power ratings of 200 kW at 10000 1/min and 200 kW at 500000 1/min.
- Condition and Parameters:** Indicates 'Good conditions' and shows input fields for 'Machined diameter DM' (6 mm) and 'Depth of machining feature DEPTHMF' (26 mm).
- Tool Selection:** Features a 'CoroDrill 860' tool with ID '860.1-0600-037A1-PM P1BM Tool' and a 'Build tool assembly' button.
- Machining Parameters:** Lists 'Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) - metric: 6' and provides tool life (4190 TLIFEC holes) and machining time (00:00.822 TMF mins).
- Process Details:** Shows 'DRILLING WITH A SYMMETRICAL POINT' with a 'Show detail' button and a 'Knowledge' link.
- Performance Metrics:** Lists 'Cutting speed VC' at 177 m/min, 'Feed per revolution FN' at 0.22 mm, and 'Feed speed VF' at 2060 mm/min.

Slika 4.61 Izbor alata i režimi obrade - operacija 60, zahvat 2

Promjer svrdla: $D = 6$ mm

Posmak: $s = 0,22$ mm/okr

Dubina rezanja: $a = 26$ mm

Broj prolaza: $i = 2$

Brzina rezanja: $v_c = 177$ m/min

Duljina obrade:

$$L = l_1 + l + l_2 = 10,37 + 26 + 3 = 66,37 \text{ mm}$$

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

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + (0,5 \text{ do } 2)$$

$$l_1 = \frac{6}{2} \cdot \text{ctg}60^\circ + 1$$

$$l_1 = 10,37 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3 \text{ mm}$$

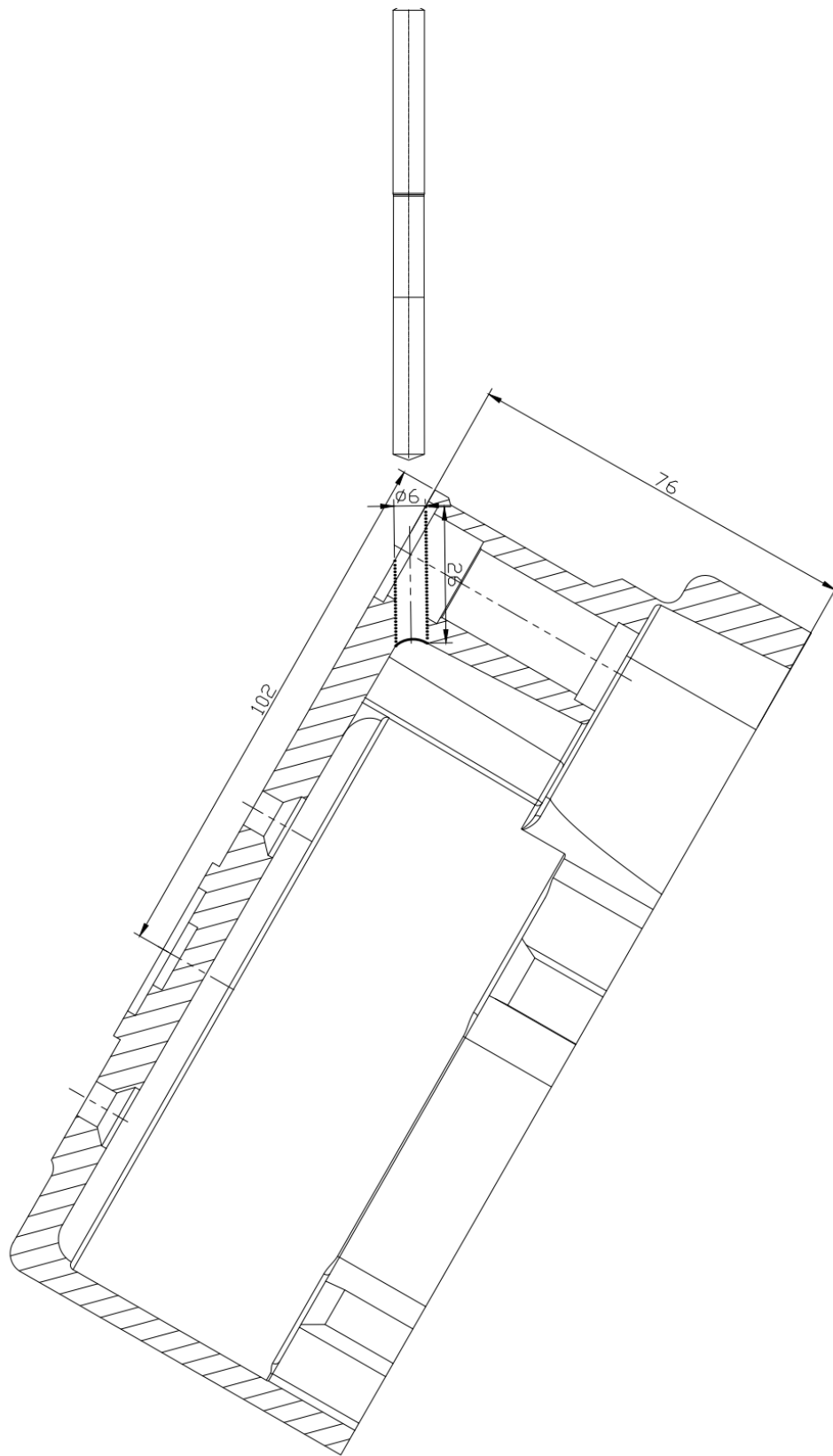
Brzina vrtnje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 177}{6 \cdot \pi} = 8859 \text{ okr/min}$$

Strojno vrijeme:

$$t_{sr} = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{66,37}{0,22 \cdot 8859} \cdot 2 = 0,068 \text{ min}$$

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



Slika 4.62 Skica zahvata 2, operacija 60

Zahvat 3: Otpustiti

Odpuštanje radnog komada iz škripa

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

4.6.1 Ukupna vremena operacije 60

Ukupno strojno vrijeme:

$$\sum t_s = 0,068 \text{ min}$$

Ukupno ručno vrijeme:

$$\sum t_r = 0,1 + 0,6 + 0,1$$

$$\sum t_r = 0,8$$

Vrijeme izrade:

$$t_i = t_s + t_r = 0,068 + 0,8$$

$$t_i = 0,868 \text{ min}$$

Dodatno vrijeme:

$$t_d = t_i \cdot k_d = 0,868 \cdot 0,05$$

$$t_d = 0,043 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme operacije 60:

$$t_{60} = t_i + t_d = 0,835 + 0,04$$

$$t_{60} = 0,911 \text{ min}$$

4.7 Ukupna vremena svih operacija

$$\begin{aligned} t &= t_{10} + t_{20} + t_{30} + t_{40} + t_{50} + t_{60} \\ t &= 4,33 + 3,36 + 1,83 + 1,35 + 0,877 + 0,911 \\ t &= 12,69 \text{ min} \end{aligned}$$

5. Tehnološka dokumentacija

5.1 Popis operacija

Ulazni materijal			POPIS OPERACIJA	TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA	
Oznaka: Al Si 10 Mg				Komada: 450000	List: 1
	Površinska:				Listova: 1
	Termička:				
	Oblik: Odljevak	Naziv dijela: Kućište			
	Dimenzija:	Broj nacрта: 4.1.01.06			
Operacija	t_{pz} [min]	t_o [min/ kom]	Opis operacije		
Radionica					
Stroj			Obraditi prema operacijskom listu broj 10.		
10	40	4,33			
Strojna obrada			Obraditi prema operacijskom listu broj 20.		
CNC vertikalna glodalica HASS VF 2YT					
20	40	3,36	Obraditi prema operacijskom listu broj 30.		
Strojna obrada					
CNC vertikalna glodalica HASS VF 2YT			Obraditi prema operacijskom listu broj 40.		
30	30	1,83			
Strojna obrada			Obraditi prema operacijskom listu broj 50.		
CNC vertikalna glodalica HASS VF 2YT					
40	30	1,35	Obraditi prema operacijskom listu broj 60.		
Strojna obrada					
CNC vertikalna glodalica HASS VF 2YT			Obraditi prema operacijskom listu broj 60.		
50	30	0,87			
Strojna obrada			Obraditi prema operacijskom listu broj 60.		
CNC vertikalna glodalica HASS VF 2YT					
60	30	0,911	Obraditi prema operacijskom listu broj 60.		
Strojna obrada					
CNC vertikalna glodalica HASS VF 2YT					

5.2 Operacijski listovi

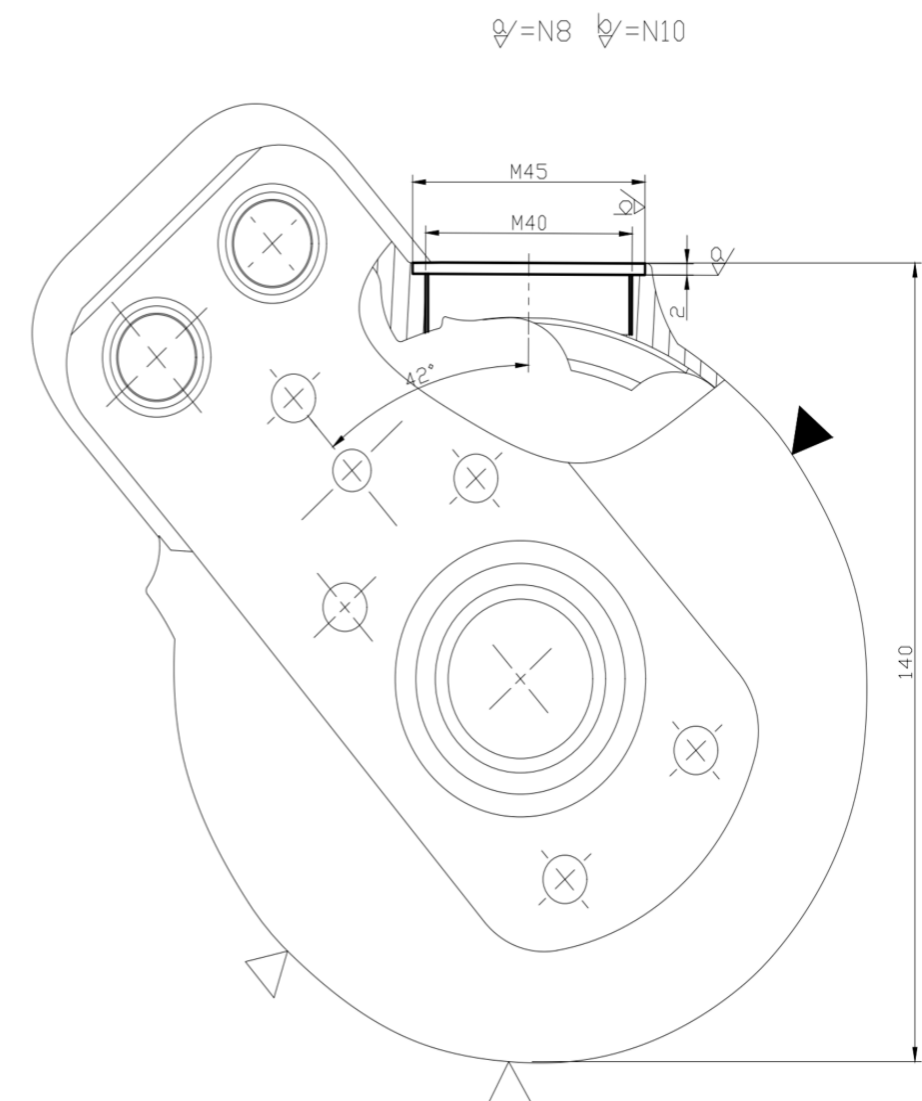
Tehnički fakultet Rijeka							Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List: 1			
Operacijski list							Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova: 1			
							Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija: 10			
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije				
	a	s	i	v	n	l	t _{sr} +t _{sp}	tr		Naziv	Oznaka					
1								0,6	Podignuti i stegnuti izradak	Škrip						
2	0,5	0,867	1	387	4927	870	0,2	0,1	Poravnati čelo(donje strane izratka), grubo	Čeono glodalo	R300-100Q32-16H					
3	3,5	0,14	5	201	7997	5,5	0,22		Zabušiti pet provrta	Zabušivač	JUS.KD3.061					
4	5	0,2	5	120	7207	68,78	0,44		Bušiti pet provrta $\Phi 5,3$ mm	Svrđlo	860.1-0530-037A1-PM					
5	16,5	0,2	2	120	7207	19,28	0,127		Zabušiti dva provrta $\Phi 5,3$ mm	Svrđlo	860.1-0530-037A1-PM					
6	4	0,144	2	145	3763	216,7	0,49		Glodati dvije rupe $\Phi 17$ mm	Vretenasto glodalo	2P342-0476-PA 1730					
7	3,5	0,14	5	201	7997	5,5	0,22		Zabušiti pet provrta	Zabušivač	JUS.KD3.061					
8	10,5	0,27	5	179	6703	31,78	0,28		Bušiti pet provrta $\Phi 8,5$ mm	Svrđlo	860.1-0850-031A1-PM					
9	1	0,117	5	180	9022	33,54	0,35		Glodati pet rupa $\Phi 13,5$ mm	Vretenasto glodalo	2F342-0635-038-PC 1730					
10	2,5	0,3	5	170	5411	17,49	0,25		Upustiti 5 provrta 2,5/45	Upuštač	316-10CM210-10045G					
11	0,5	0,78	1	294	2924	870	0,48		Poravnati čelo, fino	Čeono glodalo	R300-32EH25-12M					
12	1	0,2	5	78,5	4999	7	0,235		Upustiti 5 provrta 1/30	Upuštač	316-12CM210-12030G 1730					
13								0,1	Otpustit i odložiti izradak							
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio		Ovjerio	
							3,32	0,8	4,12	0,2	4,33	40	Ime: Teo Šimić		Ime:	
							Datum: 16.05.2022						Datum:			

Tehnički fakultet Rijeka							Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List:			
Operacijski list							Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova: 2			
							Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija: 20			
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije				
	a	s	i	v	n	l	tsp	tr		Naziv	Oznaka					
1								0,6	Podignuti i stegnuti izradak	Škrip						
2	0,5	5,74	1	259	824	296	0,06	0,1	Poravnati čelo(gornjeg dijela izratka), grubo	Čeono glodalo	R300-100Q32-16H					
3	1	0,705	1	426	5424	692,3	0,28		Glodati otvore džep	Čeono glodalo	490-025EH25-08M					
4	1,5	0,639	1	444	5653		0,02		Glodati rupu Φ40,5 mm	Čeono glodalo	490-025EH25-08M					
5	2,7	0,906	1	459	5844		0,007		Glodati rupu Φ33 mm	Čeono glodalo	490-025EH25-08M					
6	6,3	1,392	1	362	9073		0,104		Glodati rupu Φ27,5 mm	Vretenasto glodalo	A316-12FM650-05004L 1730					
7	6,3	0,948	1	389	6879		0,106		Glodati rupu Φ28 H8 mm	Vretenasto glodalo	2P340-1800-PA 1630					
8	3,5	0,14	3	201	7997		0,215		Zabušiti tri provrta	Zabušivač	JUS.KD3.061					
9	9	0,27	1	177	7042		0,116		Bušiti provrt Φ8 mm	Svrđlo	860.1-0800-028A1-PM P1BM					
10	43	0,27	2	177	7042		0,173		Bušiti dva provrt Φ8 mm	Svrđlo	860.1-0800-028A1-PM P1BM					
11	43	0,33	2	167	6644		0,163		Bušiti dva provrt Φ14,5 mm	Svrđlo	860.1-1480-062A1-PM P1BM					
12	14	0,48	2	255	6681		0,121		Glodati dvije rupe Φ18 mm	Vretenasto glodalo	2F342-1111-038-PC 1730					
13	3,1	0,48	2	255	6681		0,029		Glodati dvije rupe Φ21 mm	Vretenasto glodalo	2F342-1111-038-PC 1730					
14	30	0,252	2	213	5338		0,123		Razvrtati dvije rupe Φ15 H11 mm	Vretenasto	2P370-1270-PB 1740					
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio		Ovjerio	
							-	-	-	-	-	-	Ime: Teo Šimić		Ime:	
													Datum: 16.05.2022		Datum:	

Tehnički fakultet Rijeka							Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List: 2			
Operacijski list							Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova: 2			
							Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija: 20			
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata		Alat		Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	t _{sr} +t _{sp}	tr	Naziv	Oznaka						
15	1	0,3	2	172	5500	7	0,108		Upustiti dva provrta 1/45°	Upuštač	316-10CM210-10045G 1030					
16	0,5	1,17	1	324	1318	60,23	0,139	Poravnati čelo, fino	Čeono glodalo	745-063Q22-21H						
17	0,3	0,792	1	310	3974	692,3	0,32	Fino glodati otvoreni džep	Čeono glodalo	R300-025A32L-12L						
18							0,1	Otpustit i odložiti izradak								
19							1,4/10 min	Kontrolirati svaki 10.izradak	Dvostrani kontrolni glatki čep DIN 2245 (Ø48 f8, Ø28 H8, Ø15 H11)							
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio		Ovjerio	
							2,26	0,94	3,2	0,153	3,36	40	Ime: Teo Šimić Datum: 16.05.2022		Ime: Datum:	

Tehnički fakultet Rijeka							Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List: 1			
Operacijski list							Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova: 1			
							Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija: 30			
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata			Alat		Skica operacije		
	a	s	i	v	n	l	t _{sr} +t _{sp}	tr				Naziv	Oznaka			
1								0,6	Podignuti i stegnuti izradak			Škrip				
2	13	1	5	40,7	2159	15	0,069	0,1	Urezati pet provrta M6			Ureznak	T300-PM104DA-M6 P1PM			
3	1	0,2	1	78,5	4999	7	0,107		Skositi provrt 1/30°			Upuštač	316-12CM210-12030G 1730			
4	1	0,8	4	190	3779	51,48	0,068		Glodati unutarnji dio kućišta			Vretenasto glodalo	R215.H4- 16050EAC05H			
5	0,5	2,64	1	374	2381	2270, 1	0,36		Glodati unutarnji dio kućišta			T-glodalo	R331.35C- 050A20DM080			
6								0,1	Otpustiti i odložiti izradak							
7								1,4/10 min	Kontrolirati svaki 10.izratka			Dvostrani kontrolni navojni čep	M6x1 DIN 2280			
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio		Ovjerio	
							0,8	0,94	1,7	0,087	1,83	30	Ime: Teo Šimić Datum: 16.05.2022		Ime: Datum:	

Tehnički fakultet Rijeka							Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List: 1			
Operacijski list							Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova: 1			
							Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija: 40			
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata		Alat		Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	t _{sr} +t _{sp}	tr	Naziv	Oznaka						
1								0,6	Podignuti i stegnuti izradak	Škrip						
2	13	0,8	1	280	9381	124	0,016	0,1	Glodati rupu Ø38 mm	Vretenasto glodalo	2F342-0953-038-PC1730					
3	1,5	0,8	1	280	9381	153	0,2		Glodati rupu Ø45 mm	Vretenasto glodalo	2F342-0953-038-PC1730					
4	2	0,42	1	185	4636	139,7	0,07		Fino glodati rupu Ø45 mm	Čeono glodalo	A316-12FM650-05004L 1730					
5	13	0,16	1	280	2228	15,5	0,043		Urezati navoj M40x1,5	Ureznik	GARANT, strojni ureznik M40 x 1.5					
6								0,1	Otpustit i odložiti izradak							
7								1,4/10 min	Kontroliranje svakog 10. izratka	Dvostrani kontrolni navojni čep	M40x1.5 DIN 2280					
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio		Ovjerio	
							0,35	0,94	1,29	0,064	1,35	30	Ime: Teo Šimić Datum: 16.05.2022		Ime: Datum:	



Tehnički fakultet Rijeka		Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List:		1						
		Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova:		1						
Operacijski list		Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija:		50						
				Dimenzija:		Radiona: Strojna obrada										
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata		Alat		Skica operacije			
	a	s	i	v	n	l	t _{sr} +t _{sp}	tr	Naziv	Oznaka						
1								0,6	Podignuti i stegnuti izradak	Škrip						
2	1	0,705	1	426	5424	135,1	0,035	0,1	Glodati otvoren džep	Čeono glodalo	CoroMill 490- 025EH25-08M					
3								0,1	Otpustit i odložiti izradak							
UKUPNO:							ts	tr	ti	td	t0	tpz	Izradio		Ovjerio	
							0,04	0,8	0,835	0,041	0,877	30	Ime: Teo Šimić Datum: 16.05.2022		Ime: Datum:	

Tehnički fakultet Rijeka							Proizvod		Materijal		Radno mjesto		List: 1	
Operacijski list							Naziv: Kućište		Kvalitet: Al Si 10 Mg		Naziv: Vertikalna CNC glodalica		Listova: 1	
							Oznaka: 4.1.01.06		Oblik: Odljevak		Oznaka: Haas-VF-2YT		Operacija: 60	
		Dimenzija:		Radiona: Strojna obrada										
Zahvat	Režimi rada						Vrijeme		Opis zahvata	Alat		Skica operacije		
	a	s	i	v	n	l	t _{sr} +t _{sp}	tr		Naziv	Oznaka			
1								0,6	Podignuti i stegnuti izradak	Škrip				
2	26	0,22	2	177	8859	66,37	0,068	0,1	Bušiti dva provrta $\phi 6$ mm	Svrđlo	860.1-1480-062A1-PM P1BM			
3								0,1	Otpustiti i odložiti izradak					
UKUPNO:							t _s	t _r	t _i	t _d	t ₀	t _{pz}	Izradio	Ovjerio
							0,068	0,8	0,868	0,043	0,911	30	Ime: Teo Šimić Datum: 16.05.2022	Ime: Datum:

5.3 Popis alata

TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA			POPIS ALATA		Naziv dijela: Kučiste	Broj nacрта: 4.1.01.06	List: 1 Listova:
Broj oper.	Stezni alat		Rezni alat		Mjerni alat		
	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	
10	Škrip		Čeono glodalo $\Phi 25$	R300-100Q32-16H	Dvostrani	DIN 2245	
			Zabušivač	2,5/60 JUS.KD3.061	kontrolni		
			Svrdlo $\Phi 5,3$	860.1-0530-037A1-PM P1BM	glatki čep DIN		
			Vretenasto glodalo $\Phi 4,7$	2P342-0476-PA 1730	2245 ($\Phi 48$ f8,		
			Svrdlo $\Phi 8,5$	860.1-0850-031A1-PM P1BM	$\Phi 28$ H8, $\Phi 15$		
			Vretenasto glodalo $\Phi 6,35$	2F342-0635-038-PC 1730			
			Upuštač $\Phi 10$	316-10CM210-10045G			
			Čeono glodalo $\Phi 32$	R300-32EH25-12M			
			Upuštač $\Phi 12$	316-12CM210-12030G 1730			
20	Škrip		Čeono glodalo $\Phi 100$	R300-100Q32-16H			
			Čeono glodalo $\Phi 25$	490-025EH25-08M			
			Čeono glodalo $\Phi 12,7$	A316-12FM650-05004L 1730			
			Vretenasto glodalo $\Phi 18$	2P340-1800-PA 1630			
			Zabušivač	2,5/60 JUS.KD3.061			
			Svrdlo $\Phi 8$	860.1-0800-028A1-PM P1BM			
			Svrdlo $\Phi 14,8$	860.1-1480-062A1-PM P1BM			
			Vretenasto glodalo $\Phi 11,1$	2F342-1111-038-PC 1730			
			Vretenasto glodalo $\Phi 12,7$	2P370-1270-PB 1740			
			Upuštač $\Phi 10$	316-10CM210-10045G 1030			
			Čeono glodalo $\Phi 78,2$	745-063Q22-21H			
			Čeono glodalo $\Phi 78,2$	R300-025A32L-12L			
30	Škrip		Ureznik M6	T300-PM104DA-M6 P1PM	Dvostrani	M6x1 DIN 2280	
			Upuštač $\Phi 12$	316-12CM210-12030G 1730	kontrolni		
			Vretenasto glodalo $\Phi 16$	R215.H4-16050EAC05H	navojni čep		
			T-glodalo	R331.35C-050A20DM080			
40	Škrip		Vretenasto glodalo $\Phi 9,5$	2F342-0953-038-PC1730	Dvostrani	M40x1.5 DIN 2280	
			Čeono glodalo $\Phi 12,7$	A316-12FM650-05004L 1730	kontrolni navojni		
			Ureznik M40x1,5	GARANT, strojni ureznik	čep		
50	Škrip		Čeono glodalo $\Phi 25$	490-025EH25-08M			
60	Škrip		Svrdlo $\Phi 6$	860.1-1480-062A1-PM P1BM			

6. Izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja

Sirovac se može obrađivati raznim režimima obrade, ali samo jedna grupa režima će biti optimalna. Zbog toga postoje smjernice po kojima odabiremo optimalan režim obrade. Kod određivanja proizvodne i ekonomske brzine rezanja posmak i dubina rezanja odabiru se prvi jer najviše utječu na produktivnost. Uvijek se određuju tako da budu najveći mogući za dane uvjete. Nakon toga se odabire brzina rezanja. Pomoću brzine rezanja ostvaruje se optimalna ekonomičnost ili produktivnost. U praksi se nastoji birati brzina rezanja u području između ekonomske i produktivne brzine s tim da bude bliža ekonomskoj brzini rezanja, osim kod uskih grla kada se teži proizvodnoj brzini rezanja, [6].

Ekonomska i proizvodna brzina računaju se pomoću ekonomske i produktivne trajnosti oštrice. Ekonomska trajnost oštrice računa se prema izrazu (6.1):

$$T_e = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \cdot \frac{c_t}{c_1} \quad (6.1)$$

gdje je:

- T_e [min] - ekonomska trajnost oštrice,
- m - Taylorov eksponent,
- C_t [Njed/min] - troškovi vezani uz alat po jednom namještanju na stroj,
- C_1 [Njed/min] - trošak radnog mjesta po jedinici vremena.

Proizvodna trajnost oštrice računa se prema izrazu (6.2):

$$T_p = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \cdot t_z \quad (6.2)$$

gdje je:

- T_p [min] - proizvodna trajnost oštrice,
- m - Taylorov eksponent,
- t_z - vrijeme zamjene alata.

Troškovi vezani uz alat računaju se prema izrazu (6.3):

$$C_t = C_N + C_P + C_Z \text{ [Njed/oštrici]} \quad (6.3)$$

gdje je:

- C_N [Njed/1namj] - vrijednost otpisanih držača pločica, a ostvaruje se kroz 400 novih oštrica,
- C_P [Njed/1namj] - otpis vrijednosti pločica,
- C_Z [Njed/1namj] - trošak zamjene.

Potrebni su sljedeći podatci:

- Nabavna cijene jedne pločice: $C_{Npl} = 10$ Njed/kom
- Nabavna cijene držača pločice: $C_{Ndr} = 800$ Njed/kom
- Trošak jedinice vremena na stroju: $C_1 = 1$ Njed/kom
- Vrijeme zamjene/okretanje jedne pločice: $t_z = 1$ min

$$C_N = \frac{C_{Ndr}}{400} = \frac{800}{400} = 2 \text{ Njed/1namj}$$

Otpis vrijednosti pločica po jednom postavljanju računa se prema izraz (6.4):

$$C_P = \frac{z \cdot C_{Npl}}{N_0 \cdot f} \quad (6.4)$$

pri čemu je:

- N_0 - broj oštrica na pločici,
- f - faktor korekcije broja pločica radi lomova (10-15%),
- z - broj pločica.

Za jednu pločicu s jednom oštricom i faktorom korekcije $f = 0,9$:

$$C_P = \frac{1 \cdot 10}{1 \cdot 0,9} = 11,1 \text{ Njed/1namj}$$

Trošak zamjene računa se:

$$C_Z = z \cdot t_z \cdot C_1 = 1 \text{ Njed/1namj}$$

Ukupni troškovi vezani uz alat po namještanju iznose:

$$C_t = 2 + 11,1 + 1 = 14,1 \text{ Njed/1namj}$$

Za obradu Al Si 10 Mg tvrdim metalom vrijednost eksponenta m iznosi:

$$m = 0,41$$

Ekonomska trajnost oštrice:

$$T_e = \left(\frac{1}{0,41} - 1 \right) \cdot \frac{14,1}{1}$$

$$T_e = 20,29 \text{ min}$$

Proizvodna trajnost oštrice:

$$T_p = \left(\frac{1}{0,41} - 1 \right) \cdot 1$$

$$T_p = 1,44 \text{ min}$$

Brzina rezanja računa se pomoću Kronenbergovog izraza koji uzima u obzir međuzavisnosti između brzine rezanja, posmaka i dubine rezanja, [7]:

$$v = \frac{C_v \cdot \left(\frac{G}{5} \right)^{qv}}{A^{fv} \cdot \left(\frac{T_0}{60} \right)^m} \cdot \varphi$$

gdje je:

- C_v - Kronenbergova konstanta koja predstavlja brzinu rezanja za određeni materijal izratka i oštrice alata pri $A = 1 \text{ mm}^2$ i $a/s = 5$, trajnosti oštrice 60 min, $\kappa = 45^\circ$,
- G - odnos dubine rezanja i posmaka,
- A [mm^2] - poprečni presjek strugotine,
- T_0 [min] - postojanost oštrice,
- φ - koeficijent koji uzima u obzir geometriju alata,
- qv , fv , m - eksponenti.

Vrijednosti Kronenbergove konstante, ekponenata i koeficijenata, [7]:

$$- C_v = 180$$

$$- q_v = 0,095$$

$$- f_v = 0,095$$

$$- m = 0,41$$

$$- \varphi = 0,8 \text{ za } \kappa = 90^\circ$$

6.1 Izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja za jedan zahvat grube obrade

Odabran je zahvat 2, operacije 10 (grubo poravnanje čela)

Dubina rezanja: $a = 0,5$

Posmak: $s = 0,867$

Omjer dubine rezanja i posmak iznosi:

$$G = \frac{a}{s} = \frac{0,5}{0,867} = 0,576$$

Poprečni presjek iznosi:

$$A = a \cdot s = 0,5 * 0,867 = 0,4335 \text{ mm}^2$$

Ekonomska brzina rezanja:

$$v_e = \frac{C_v \cdot \left(\frac{G}{5}\right)^{q_v}}{A^{f_v} \cdot \left(\frac{T_0}{60}\right)^m} \cdot \varphi = \frac{180 \cdot \left(\frac{0,576}{5}\right)^{0,095}}{0,4335^{0,095} \cdot \left(\frac{20,29}{60}\right)^{0,41}} \cdot 0,8 = 198,04 \text{ m/min}$$

Produktivna brzina rezanja:

$$v_p = \frac{C_v \cdot \left(\frac{G}{5}\right)^{q_v}}{A^{f_v} \cdot \left(\frac{T_0}{60}\right)^m} \cdot \varphi = \frac{180 \cdot \left(\frac{0,576}{5}\right)^{0,095}}{0,4335^{0,095} \cdot \left(\frac{1,44}{60}\right)^{0,41}} \cdot 0,8 = 585,86 \text{ m/min}$$

6.2 Izračun proizvodne i ekonomske brzine rezanja za jedan zahvat fine obrade

Odabran je zahvat 16, operacije 20 (fino poravnanje čela)

Dubina rezanja: $a = 0,5$

Posmak: $s = 1,17$

Omjer dubine rezanja i posmak iznosi:

$$G = \frac{a}{s} = \frac{0,5}{1,17} = 0,42$$

Poprečni presjek iznosi:

$$A = a \cdot s = 0,5 \cdot 0,867 = 0,585 \text{ mm}^2$$

Ekonomska brzina rezanja:

$$v_e = \frac{C_v \cdot \left(\frac{G}{5}\right)^{q_v}}{A^{f_v} \cdot \left(\frac{T_0}{60}\right)^m} \cdot \varphi = \frac{180 \cdot \left(\frac{0,42}{5}\right)^{0,095}}{0,4335^{0,095} \cdot \left(\frac{20,29}{60}\right)^{0,41}} \cdot 0,8 = 192,18 \text{ m/min}$$

Produktivna brzina rezanja:

$$v_p = \frac{C_v \cdot \left(\frac{G}{5}\right)^{q_v}}{A^{f_v} \cdot \left(\frac{T_0}{60}\right)^m} \cdot \varphi = \frac{180 \cdot \left(\frac{0,42}{5}\right)^{0,095}}{0,4335^{0,095} \cdot \left(\frac{1,44}{60}\right)^{0,41}} \cdot 0,8 = 568,55 \text{ m/min}$$

7. Zaključak

Cilj ovog završnog rada bio je projektirati tehnološki proces kućišta u količini od 45000 kom/god. Započeli smo sa tehnološkom analizom s konstrukcijskog i tehnološkog stajališta. Time smo proučili nacrt. Zatim smo napravili analizu ulaznog materijala izrade, te smo iskustveno odabrali odljevak kao najbolje rješenje. Proces smo zatim raščlanili na 6 operacija. Sve operacije izveli smo na CNC-vertikalnim glodalicama. Ovaj projekt mogao se projektirati s drugačijim operacijama i zahvatima i strojevima. Izračunali smo takt proizvodnje koji iznosi 4,71 min/kom, što znači da niti jedna operacija ne smije trajati duže od izračunatog vremena. Vremena svih operacija su unutar izračunatog takta proizvodnje. Suma vremena svih operacija iznosi 12,69 min. Izradom ovog rada mnogo sam naučio o samim tehnološkim procesima, alatima, strojevima i režimima obrade. U radu je priložena i tehnološka dokumentacija koja obuhvaća popis operacija, operacijske listove i popis alata.

Izradom ovog završnog rada proširio sam svoje znanje stečeno na nastavi i dobio širu sliku o obradi metala. Za projektiranje tehnološkog procesa, uz sve znanje o strojevima i alatima, najbitnije je iskustvo. Naučio sam mnogo toga o stojevima za obradu metala i alatima koji se za to koriste i siguran sam da će mi to korisiti u budućnosti.

Literatura

- [1] <https://www.zare.it/en/materials/aluminium-alsi10mg> 5. ožujak 2022
- [2] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1982.
- [3] Gačanik, V., Vodnik, F.: Projektiranje tehnološkog procesa, Tehnička knjiga, Zagreb, 1967.
- [4] Unkić, F., Glavaš, Z.: Osnove lijevanja metala, Sisak, 2009.
- [5] Sandvik Coromant: vodič za odabir alata CoroPlus ToolGuide, s Interneta, <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/Pages/toolguide.aspx>, 1. svibanj 2022.
- [6] Perinić, M.: „Tehnološki procesi, predavanja“, Tehnički fakultet u Rijeci, 2018.
- [7] Rebec, B., „Rezni alati“, Tehnička knjiga Zagreb, 1972.

Sažetak

Tema ovog završnog rada je projektirati tehnološki proces za proizvodnju kućišta u količini od 45000 komada godišnje. Najprije je potrebno napraviti analizu dijela s konstrukcijskog i tehnološkog stajališta kako bi se odredio mogući oblik ulaznog poluproizvoda. Nakog toga potrebno je odabrati najoptimalniji oblik ulaznog poluproizvoda. U ovom slučaju to je odljevak zato što bi glodanje pravokutnog profila dalo previše odvojene čestice. Sljedeći korak je strukturiranje operacija i razrada svake operacije. Razradom svaku operaciju dijelimo na zahvate kako bismo mogli odrediti parametre zahvata i izračunati vrijeme svakog zahvata i operacije na kraju. Zatim slijedi izrada tehnološke dokumentacije, a to je: popis operacija, operacijski list, popis alata i popis strojeva. Na kraju je još potrebno izračunati ekonomsku i produktivnu brzinu rezanja kako bi se uvjerali da su parametri rezanja za pojedini zahvat dobro odabrani.

Ključne riječi: tehnološki proces, alat, operacija, zahvat, glodanje

Summary

The objective of this work is to design a technological process for the production of 45000 pieces of housings per year. First, it is necessary to analyze the construction of the observed part and conduct the analysis from a technological point of view to determine the possible form of input semi-finished products. It is necessary to select the most optimal form of input semi-finished product. In this case, this is a casting because the milling of the rectangular profile would result in too many leftovers. The next step is to analyze each of the operations used during the housing production. Therefore, each operation is divided into interventions in order to determine the intervention parameters and durations and also the duration of each operation. Furthermore, the technical documentation that consists of a list of operations, operating list, list of tools and list of machines must be defined. The final step is to calculate the economic and productive cutting speeds to ensure the proper selection of cutting parameters for a particular operation.

Keywords: technological process, tool, operation, procedure, milling

Popis tablica

Tablica 2.1 Stupnjevi površinske hrapavosti.....	2
Tablica 2.2 Nazivne mjere i dozvoljena odsuptanja.....	2

Popis slika

Slika 2.1 Izometrijski prikaz	3
Slika 4.1 CNC vertikalna glodalica Haas-VF-2YT.....	13
Slika 4.2 Skica zahvata 2, operacija 10	15
Slika 4.3 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 2	16
Slika 4.4 Zabušivač 2,5/60 JUS.KD3.061	18
Slika 4.5 Skica zahvata 3, operacija 10	19
Slika 4.6 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 3	20
Slika 4.7 Skica zahvata 4, operacija 10	21
Slika 4.8 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 4	22
Slika 4.9 Skica zahvata 5, operacija 10	23
Slika 4.10 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 6	24
Slika 4.11 Skica zahvata 6, operacija 10	25
Slika 4.12 Skica zahvata 7, operacija 10	27
Slika 4.13 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 8	28
Slika 4.14 Skica zahvata 8, operacija 10	29
Slika 4.15 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 9	30
Slika 4.16 Skica zahvata 9, operacija 10	32
Slika 4.17 Skica zahvata 10, operacija 10	34
Slika 4.18 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10, zahvat 11	35
Slika 4.19 Skica zahvata 11, operacija 10	37
Slika 4.20 Skica zahvata 12, operacija 10	39
Slika 4.21 Skica zahvata 2, operacija 20	42
Slika 4.22 Izbor alata i režimi obrade -operacija 10 , zahvat 2	43
Slika 4.23 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 3	45
Slika 4.24 Skica zahvata 3, operacija 20	47
Slika 4.25 Skica zahvata 4, operacija 20	48
Slika 4.26 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 4	49
Slika 4.27 Skica zahvata 5, operacija 20	51
Slika 4.28 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 5	52
Slika 4.29 Skica zahvata 6, operacija 20	54
Slika 4.30 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 6	55
Slika 4.31 Skica zahvata 7, operacija 20	57
Slika 4.32 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 7	58
Slika 4.33 Skica zahvata 8, operacija 20	61
Slika 4.34 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 9	62
Slika 4.35 Skica zahvata 9, operacija 20	63
Slika 4.36 Skica zahvata 10, operacija 20	65
Slika 4.37 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 11	66
Slika 4.38 Skica zahvata 11, operacija 20	67
Slika 4.39 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 12	68
Slika 4.40 Skica zahvata 12, operacija 20	70
Slika 4.41 Skica zahvata 13, operacija 20	72
Slika 4.42 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 14	73
Slika 4.43 Skica zahvata 14, operacija 20	75

Slika 4.44 Skica zahvata 15, operacija 20	77
Slika 4.45 Izbor alata i režimi obrade - operacija 10 , zahvat 16	78
Slika 4.46 Skica zahvata 16, operacija 20	80
Slika 4.47 Skica zahvata 17, operacija 20	81
Slika 4.48 Izbor alata i režimi obrade - operacija 20, zahvat 17	82
Slika 4.49 Izbor alata i režimi obrade – operacija 30, zahvat 2.....	87
Slika 4.50 Skica zahvata 2, operacija 30	88
Slika 4.51 Skica zahvata 3, operacija 30	90
Slika 4.52 Skica zahvata 4, operacija 30	92
Slika 4.53 Skica zahvata 5, operacija 30	94
Slika 4.54 Izbor alata i režimi obrade - operacija 40, zahvat 2	98
Slika 4.55 Skica zahvata 2, operacija 40	100
Slika 4.56 Skica zahvata 3, operacija 40	102
Slika 4.57 Izbor alata i režimi obrade - operacija 40, zahvat 4	103
Slika 4.58 Skica zahvata 4, operacija 40	104
Slika 4.59 Skica zahvata 5, operacija 40	106
Slika 4.60 Skica zahvata 2, operacija 50	111
Slika 4.61 Izbor alata i režimi obrade - operacija 60, zahvat 2	114
Slika 4.62 Skica zahvata 2, operacija 60	116