VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

ACADEMIA MARIBOR

ZASNOVA IN TEHNOLOGIJA IZDELAVE ORODJA ZA VLEK

Kandidat: Gašper Kregar

Vrsta študija: Študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: Dragan Gogić, mag. inž. metal. in mater.

Mentor v podjetju: Darko Dajčman, inž. str.

Lektor: Rosana Čop, univ. dipl. jezikosl. in prof. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Gašper Kregar potrjujem, da sem avtor diplomskega dela z naslovom ZASNOVA IN TEHNOLOGIJA IZDELAVE ORODJA ZA VLEK. Napisal sem ga pod mentorstvom Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana v skladu s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oziroma misli kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa ima za posledico tudi ukrepe Višje strokovne šole Academia Maribor v skladu z njenimi pravili,
- v skladu s členom 32.a ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Ljubljana, februar 2024 Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju Draganu Gogiću, mag. inž. metal. in mater., za ves čas, za podporo in za hitro odzivnost pri reševanju problemov in ovir ter za vse predano znanje in izkušnje. Zahvalil bi se tudi mentorju v podjetju Darku Dajčmanu, inž. str., za pomoč pri izdelavi diplomskega dela in za čas, ki mi ga je posvetil, zahvala pa tudi drugim članom kolektiva za ves čas, ki so mi ga namenili, in za znanje, ki so mi ga predali. Velik del zahvale pa gre tudi profesorjem nekaterih predmetov, saj sem od njih dobil trdne podlage za več vrst znanja, ki sem jih moral uporabiti pri izdelavi diplomskega dela.

POVZETEK

V tem diplomskem delu je predstavljen celoten proces od zasnove do izdelave končnega produkta. Podjetje Kovinarstvo Peter Porenta, s. p., se je z nakupom CNC rezkalnega obdelovalnega centra v aprilu 2023 osredotočilo na svojo lastno proizvodnjo orodij. S tem korakom je nastala potreba po razvoju nove tehnologije obdelave, prilagojene specifičnim materialom.

Metode obsegajo deskripcijo, kompilacijo, primerjalno metodo, dedukcijo in sintezo. Cilji diplomskega dela so: optimizacija orodij za izdelavo končnih izdelkov, zmanjšanje proizvodnih faz in raziskava različnih tehnologij obdelave kovin. Poseben poudarek je na prilagajanju tehnologije glede na lastnosti uporabljenih materialov. Podrobno je opisano 3D modeliranje orodja z uporabo SolidWorks, vključno s specifikacijami posameznih komponent, kakor so osnovne plošče, matrica, drsnik, zunanji nož in drugi deli. Poudarek je tudi na prilagoditvi oblikovanja za dve vrsti orodij, za orodje za vlek in za orodje za izsek. Izbira materialov za orodja temelji na njihovih fizikalnih in ekonomičnih lastnostih. Orodno jeklo 1.2379 se uporablja za ključne komponente zaradi visoke trdote in obrabne obstojnosti, medtem ko so druge komponente izdelane iz različnih materialov, kakor je aluminij 5083, zaradi specifičnih lastnosti, to sta nizka trdota in odpornost na korozijo.

Opisane so različne tehnologije: struženje, rezkanje, vrtanje, brušenje in žična erozija. Vsaka tehnologija je izbrana glede na svojo primernost za posamezne vidike izdelave orodja. Praktična uporaba različnih tehnologij je prikazana pri izdelavi orodij. Poudarek je na uporabi CNC obdelovalnega centra in na kombinaciji z drugimi obdelovalnimi tehnikami, kakor sta struženje in brušenje, ter na reševanju specifičnih izzivov, denimo pri zatikanju kosov. Diplomsko delo vključuje kontrolo orodja, sestavo, izdelavo kontrolnih risb, montažo na stroj in prve preizkuse.

Poudarjeni so korektivni ukrepi, ki so bili potrebni zaradi težav v procesu. Analizirani so časovni, finančni in kakovostni vidiki izbire tehnologij. Poudarek je na učinkovitem izkoriščanju strojnega parka, na optimizaciji stroškov in na zagotavljanju kakovosti izdelkov. Diplomsko delo prikazuje pomembnost načrtovanja, analize in komunikacije pri izdelavi orodij. Projekt je prinesel dragocene izkušnje in poudaril vlogo CNC tehnologije v sodobni proizvodnji.

Ključne besede: *konstruiranje, CAD, CAM, rezkanje, pločevina*

ABSTRACT

»Design and manufacturing technology for towing tools«

In this thesis, the entire process from design to production of the final product is presented. Kovinarstvo Peter Porenta, s. p., with the purchase of a CNC milling processing center in April 2023, focused on the production of tools in-house. This step led to the need for the development of new processing technology, tailored to specific materials. The methods include description, compilation, comparative method, deduction, and synthesis.

The aim of the thesis is the optimization of tools for the production of final products, reducing the number of production phases, and researching different metal processing technologies. Special emphasis is placed on adapting the technology according to the properties of the materials used. Detailed 3D modeling of the tool using SolidWorks is described, including the specifications of individual components such as base plates, die, slider, external knife, and other parts. The focus is on adapting the design for two types of tools: a drawing tool and a cutting tool. The choice of materials for the tools is based on their physical and economical properties. Tool steel 1.2379 is used for key components due to its high hardness and wear resistance, while other components are made from various materials, such as aluminum 5083, due to specific properties like low hardness and corrosion resistance. Various technologies such as turning, milling, drilling, grinding, and wire erosion are described. Each technology is chosen based on its suitability for certain aspects of tool manufacturing. The practical application of various technologies is shown in the example of tool production. The emphasis is on using a CNC machining center combined with other machining techniques such as turning and grinding, and on solving specific challenges like jamming of pieces.

The task includes tool control, assembly, production of control drawings, mounting on the machine, and initial tests. Corrective measures that were necessary due to problems in the process are emphasized. The temporal, financial, and quality aspects of technology choice are analyzed. The focus is on the effective use of the machine park, cost optimization, and ensuring the quality of products. The thesis demonstrates the importance of planning, analysis, and communication in toolmaking. The project has brought valuable experiences and highlighted the role of CNC technology in modern production.

Key words : *Designing, CAD, CAM, Milling, Sheet Metal*

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 9

1.1 Opis področja in opredelitev problema 9
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 9
1.3 Predpostavke in omejitve 9
1.4 Uporabljene raziskovalne metode 10

2 PREDSTAVITEV PODJETJA 11

2.1 Predstavitev podjetja KOVINARSTVO PETER PORENTA, S. P. 11

3 ZASNOVA ORODJA 12

3.1 3D izris orodja 12
3.1.1 Spodnja osnovna plošča 13
3.1.2 Matrica 14
3.1.3 Drsnik 14
3.1.4 Zunanji nož 16
3.1.5 Snemalec izsekane pločevine 16
3.1.6 Snemalec polizdelka 17
3.1.7 Zgornja osnovna plošča 18
3.1.8 Čepna plošča 20
3.1.9 Sestav orodja 20
3.2 Analiza izbire materialov za posamezne komponente in argumentiranje izbire 22
3.2.1 Orodno jeklo 1.2379 23
3.2.2 Orodno jeklo 1.1730 23
3.2.3 Aluminij 5083 23

4 PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJ OBDELAVE KOVIN 24

4.1 Struženje 24
4.2 Rezkanje 24
4.3 Vrtanje 25
4.4 Brušenje 27
4.5 Žična erozija 28

5 TEHNOLOGIJE IZDELAVE ORODIJ NA ZGLEDU 29

5.1 Struženje 29
5.2 Rezkanje in vrtanje 30
5.3 Žična erozija 34

5.4 BRUŠENJE 35

6 SKLEPNE FAZE IZDELAVE ORODJA 36

6.1 KONTROLA ORODJA 36
6.2 SESTAVA ORODJA 37
6.3 IZDELAVA KONTROLNE RISBE 38
6.4 MONTAŽA ORODJA 39
6.5 PRVI PREIZKUS ORODJA 40
6.6 KOREKTIVNI UKREPI 41
6.7 PREIZKUS ORODJA PO KOREKTIVNIH UKREPIH 44

7 ANALIZA IZBIRE TEHNOLOGIJ OBDELAVE 45

7.1 ČASOVNI VIDIK 45
7.2 FINANČNI VIDIK 46
7.3 KAKOVOSTNI VIDIK 48

8 SKLEP 49

9 VIRI, LITERATURA ..... NAPAKA! ZAZNAMEK NI DEFINIRAN.

KAZALO SLIK

SLIKA 1: POSTORI PODJETJA KOVINARSTVO PETER PORENTA, S. P. 11
SLIKA 2: PROTOTIP KONČNEGA IZDELKA, ZA KATEREGA SE IZDELUJE ORODJE 12
SLIKA 3: 3D MODEL SPODNJE OSNOVNE PLOŠČE 13
SLIKA 4: 3D MODEL MATRICE 14
SLIKA 5: 3D MODEL DRSNIKA 15
SLIKA 6: 3D MODEL ZUNANJEGA NOŽA 16
SLIKA 7: 3D MODEL SNEMALCA 17
SLIKA 8: 3D MODEL SNEMALCA POLIZDELKA 18
SLIKA 9: 3D MODEL ZGORNJE OSNOVNE PLOŠČE 19
SLIKA 10: 3D MODEL ČEPNE PLOŠČE 20
SLIKA 11:SESTAV VSEH KOMPONENT ORODJA 21
SLIKA 12: SESTAV SPODNJEGA DELA ORODJA 21
SLIKA 13: SESTAV ZGORNJEGA DELA ORODJA 22
SLIKA 14: SLIKA POSTOPKA STRUŽENJA 24
SLIKA 15: POSTOPEK REZKANJA 25
SLIKA 16: POSTOPEK VRTANJA 26
SLIKA 17: POSTOPEK BRUŠENJA 27
SLIKA 18: POSTOPEK ŽIČNE EROZIJE 28

SLIKA 19: KLASIČNA STRUŽNICA 29
SLIKA 20: CNC OBDELOVALNI CENTER SMEC PCV 430 30
SLIKA 21: REZKAR ZA OBDELAVO JEKEL 31
SLIKA 22: REZKAR ZA OBDELAVO ALUMINIJA 31
SLIKA 23: ZGLED CAM PROGRAMA V SOLIDCAMU 33
SLIKA 24: PROGRAM ZA PREVERJANJE PROCESIRANE G-KODE CIMCO 33
SLIKA 25: ZGLED KONČNE OBDELAVE 3D OBLIKE 34
SLIKA 26: KONČNA OBLIKA PLOČEVINE, ODREZANE NA NOŽ ORODJA ZA IZSEK 35
SLIKA 27: PLOSKOVNI BRUSILNI STROJ BSG 3060 PLC 35
SLIKA 28: KLJUNASTO MERILO INSIZE 36
SLIKA 29: GLOBINOMER INSIZE 36
SLIKA 30: 3D MERILNI STROJ CRYSTA-APEX V574 CNC CMM 37
SLIKA 31: SESTAVLJENO ORODJE PRED MONTAŽO NA STROJ 38
SLIKA 32:KONTROLNA RISBA ZA PROIZVODNJO KONTROLO 39
SLIKA 33: MONTAŽA ORODJA NA STROJ 40
SLIKA 34: RAZDIRANJE ORODJA ZA IZVEDBO KOREKCIJE NA ELEMENTU 42
SLIKA 35: POVEČANI DEL ORODJA 43
SLIKA 36: LEVA KOMPENZCIJA G41 NA ZGLEDU 43
SLIKA 37: INFORMATIVNI CENIK STROJNE URE, OBRTNO-PODJETNIŠKA ZBORNICA SLOVENIJE 46

KAZALO TABEL

TABELA 1: KEMIČNA SESTAVA V PROCENTIH TEŽE 32
TABELA 2: KOEFICIENT TEMPERATURNE RAZTEZNOSTI V MIKROMETRIH 32
TABELA 3: RAZMERJE TEMPERATURE (°C) IN TRDOTE (HRC) 32
TABELA 4: ZGLED UPORABLJENIH PARAMETROV NA REZILNEM ORODJU – REZKAR FI 10 PRI ENAKEM ODVZEMU 33
TABELA 5: KONTROLNI LIST ZA PREVERJANJE MER KOSA 40
TABELA 6: TABELA OCENE ČASA, PORABLJENEGA PRI IZDELAVI ORODJA 45
TABELA 7: TABELA ZDRUŽENEGA FINANČNEGA VIDIKA IZDELAVE ORODJA 47
TABELA 8: DRUGI STROŠKI PRI IZDELAVI ORODJA 47

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Podjetje Kovinarstvo Peter Porenta, s. p, ki se med drugim ukvarja z zasnovo in izdelavo orodij in je večino tehnologije izdelave prepuščalo zunanjim izvajalcem, je v aprilu 2023 kupilo CNC rezkalni obdelovalni center zaradi rasti potreb po svoji lastni proizvodnji orodij. Ker so se proizvodne kapacitete podjetja dvignile in smo se odločili, da bomo orodje v celoti izdelali v podjetju, je bilo treba izdelati in uvesti novo tehnologijo obdelave in zato raziskati posamezne značilnosti te tehnologije, pri tem pa upoštevati tudi značilnosti posameznih materialov.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je, optimalno zasnovati orodja za izdelavo končnega izdelka in ugotoviti, kakšno orodje mora to biti in koliko ga je treba, da bo končni izdelek narejen v čimmanj fazah. Predstavil in raziskal bi rad različne tehnologije za obdelavo kovin , da bodo ta orodja izdelana čimbolj optimalno. Izbrane tehnologije bi rad predstavil in argumentiral njihovo izbiro, obenem pa raziskal, katera sredstva so potrebna za uporabo teh tehnologij. Ker se obdelava razlikuje tudi glede na vrsto materiala, pa bi rad raziskal tudi razlike pri obdelavi posameznih materialov.

1.3 Predpostavke in omejitve

Omejitve pri izdelavi diplomskega dela bi lahko nastale iz več razlogov:

- Pomanjkanje literature – področje konstruiranja in tehnologij obdelave je večinoma predstavljeno na splošno, kajti vsako podjetje ima svoj notranji razvoj, s katerim si zagotavljajo konkurenčnost na trgu. V podjetju so osnove konstruiranja že znane in bolj razvite od tehnologije obdelave CNC rezkanja, ki jo bo treba raziskati na novo.
- Zamuda pri začetku izdelave – zaradi usklajevanja z kupcem se lahko zamakne potrditveni datum, ko sme orodje v izdelavo, in se zato čas, ki je namenjen za izdelavo, lahko skrajša oziroma ga zmanjka.
- Za izdelavo končnega izdelka eno orodje ne bo dovolj.

- **H1** Zagotovitev kompatibilnosti sestavnih komponent; ob dejstvu, da niso vse komponente orodja iz istega materiala, bodo v tehnologiji obdelave posamezne razlike.
- **H2** Obvladovanje različnih obdelovalnih tehnologij; pri izdelavi orodja je bilo treba uporabiti več različnih tehnologij.
- **H3** Obvladovanje tehnologij z odnašanjem materiala; zaradi oblik je bilo treba za izdelavo orodja uporabiti tudi tehnologijo žične erozije.
- **H4** Obvladovanje kompleksnosti CNC tehnologije in vpliv digitalizacije na večjo, učinkovitejšo in kakovostno bolj produktivno proizvodnjo; glavna tehnologija pri izdelavi orodja se bo izvajala na CNC rezkalnem centru, saj je potrebnega veliko vrtanja in rezkanja.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

- Metoda deskripcije (opisovanje posameznih pojmov, dejstev in pojavov).
- Metoda kompilacije (uporaba izpiskov, citatov, navedb drugih avtorjev).
- Primerjalna metoda (primerjava enakih ali podobnih dejstev, ugotavljanje podobnosti in razlik med njimi).
- Metoda dedukcije (logično sklepanje na temelju splošnih zaznav).
- Metoda sinteze (oblikovanje sklepov na podlagi svojih lastnih spoznanj).

2 PREDSTAVITEV PODJETJA

2.1 Predstavitev podjetja KOVINARSTVO PETER PORENTA, S .P.

Podjetje Kovinarstvo Peter Porenta, s. p., katerega prostore prikazuje (slika 1), je bilo ustanovljeno dne 1. 5. 1996. Primarna dejavnost podjetja je proizvodnja štancanje kovinskih izdelkov in polizdelkov. Kot primarno dejavnost pa razvijajo in izdelujejo tudi orodja za vlek in izsekovanje, in to znotraj podjetja s pomočjo zunanjih sodelavcev na področju mehanske obdelave. Podjetje ima v tem času enega zaposlenega in več občasnih sodelavcev.



Slika 1: Postori podjetja Kovinarstvo Peter Porenta, s. p.

Vir:
(https://www.google.com/maps/@46.0498454,14.5846725,3a,90y,187.33h,88.21t/data=!3m6!1e1!3m4!1sRyzSXPEbA5S8wp0FnLcZQw!2e0!7i13312!8i6656?hl=sl&entry=ttu)

3 ZASNOVA ORODJA

3.1 3D izris orodja

Za 3D modeliranje v podjetju uporabljajo CAD v sklopu programskega paketa SolidWorks, ki med drugim omogoča računalniško podprti 3D izris in konstruiranje. Ta 3D modelirnik omogoča oziroma vključuje modul za sestavljanje, 3D izris in izdelavo tehnične dokumentacije. Osnova za izdelavo orodja je načrt, ki se začne s 3D izrisom. Od stranke smo dobili prototip želenega končnega izdelka (slika 2) in v skladu s tem začeli oblikovati orodje. Glede na pretekle izkušnje smo izris naredili po komponentah in nato izdelali sestav orodja in s tem odpravili možne napake. Glede na želeni končni izdelek smo ugotovili, da bomo potrebovali dve orodji, eno za vlek in eno za izsek. Na srečo je za orodje za izsek podjetje že imelo podoben izdelek, tako da je bilo treba zamenjati samo nož in matrico. Orodje, ki ga bomo izdelovali, bo imelo funkcijo vleka, saj bomo vanj vstavljali polizdelek iz orodja za izsek. Večino komponent smo izbrali iz standardnega kataloga avstrijskega podjetja Meusburger, ki izdeluje standardne elemente s področja sestave orodij.

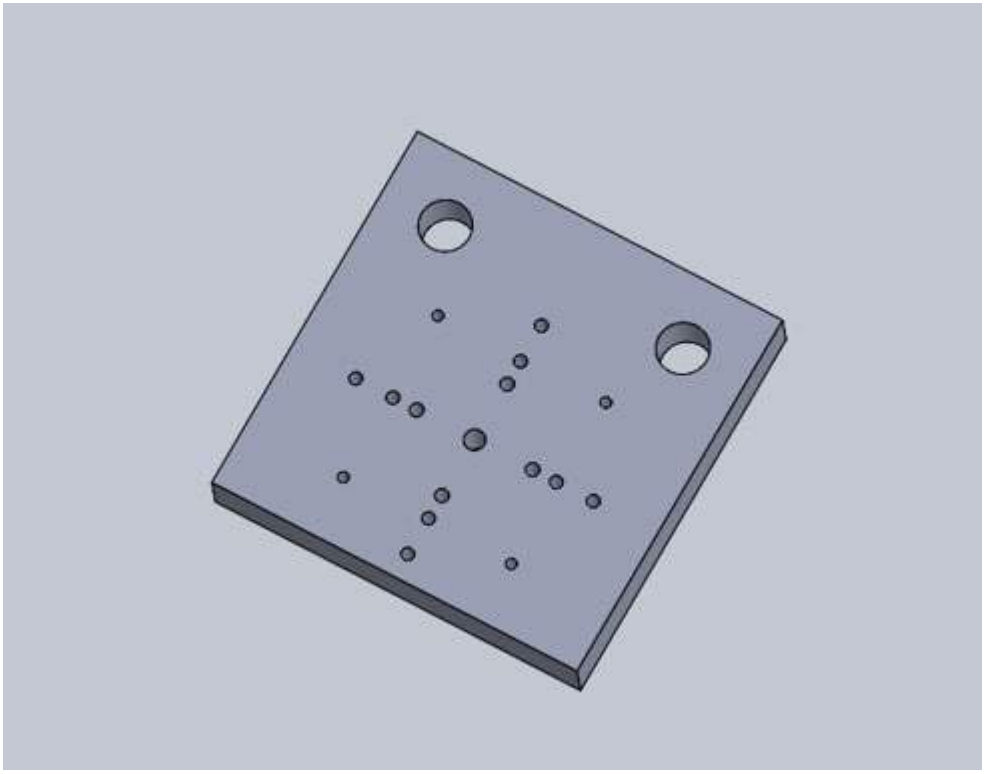


Slika 2: Prototip končnega izdelka, za katerega se izdeluje orodje

Vir: (Lastni vir)

3.1.1 Spodnja osnovna plošča

To je plošča, na kateri so pritrjeni preostali deli orodja. Na plošči so navadno izvrtine za priključke drugih komponent (slika 3). Na njej so zasnovane tudi izvrtine za vpetje vodilnih palic, ki skrbijo za to, da so vse komponente orodja na pravih pozicijah in da je orodje lahko pritrjeno na stroj. V našem primeru smo za obe orodji izbrali kar standardno ploščo podjetja Meusburger z dvema vodilnima stebroma, zadaj pa smo nanjo dodali potrebne izvrtine za pozicijske zatiče in luknje ter ugreznine za glave vijake. Pri orodju, ki ima funkcijo izsekovanja pločevine, pa smo uporabili že obstoječo osnovno ploščo. Na robovih ima velike stružene luknje, po katerih potekajo vodila, ki jo povezujejo z zgornjo osnovno ploščo in skrbijo, da se pozicijsko ne premakneta. Plošča je z vijaki prek tesnil direktno pritrjena na spodnji del stroja.

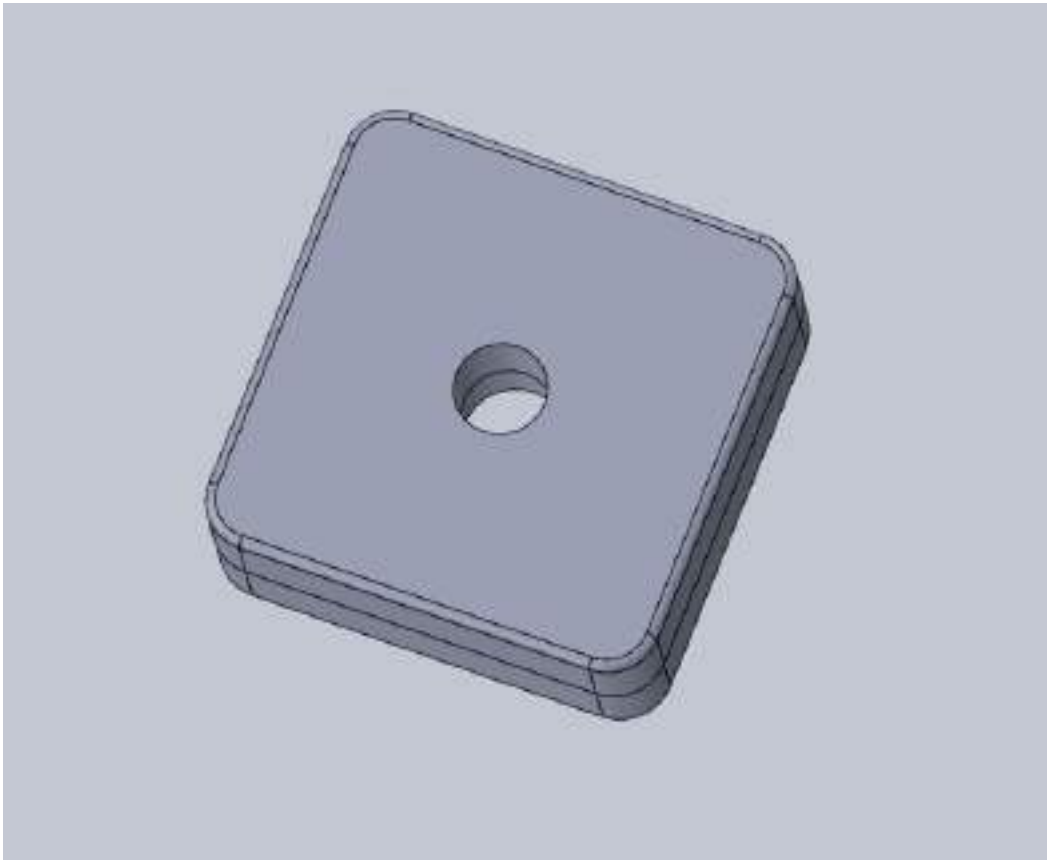


Slika 3: 3D model spodnje osnovne plošče

Vir: (Lastni vir)

3.1.2 Matrica

To je glavni del orodja, ki se uporablja za oblikovanje pločevine in je načeloma negativ želene oblike vlečene pločevine. Matrica je navadno izdelana iz trdega materiala, kakor je orodno jeklo, in ima obliko, ki določa končno obliko vlečenega kosa (slika 4). Pločevina leži med matrico in nasprotnim delom orodja, imenovanim drsnik. Obliko matrice smo določili tako, da smo upoštevali negativno obliko izdelka in ob tem prišteli še dvokratnik debeline pločevine, iz katere se izdeluje kos. Na zadnjem delu pa ima zatiče za pozicijo in navoje za vijake, s katerimi jo pritrdimo na zgornjo osnovno ploščo.



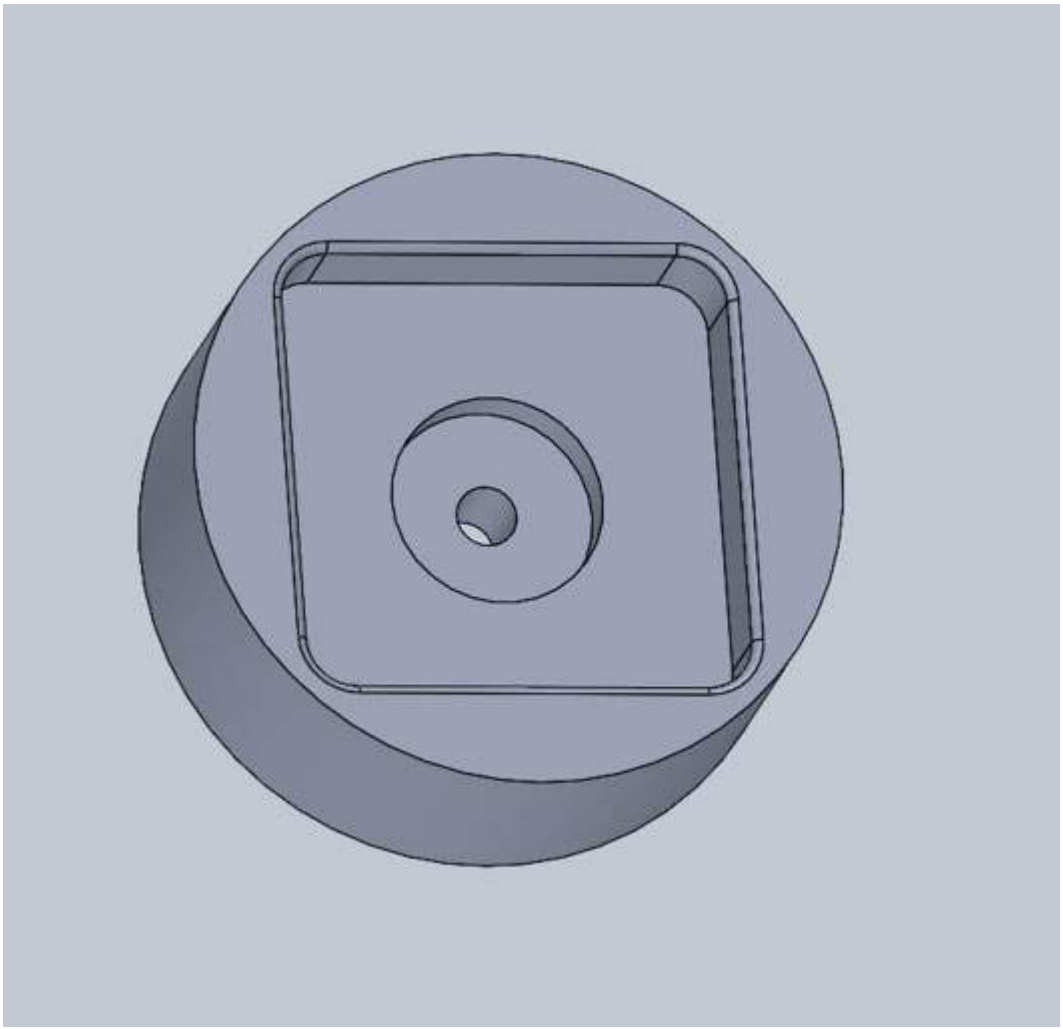
Slika 4: 3D model matrice

Vir: (Lastni vir)

3.1.3 Drsnik

Drsnik je nasprotni del matrice (slika 5) in pomaga pri oblikovanju pločevine. Lahko se premika navzgor in navzdol ali vodoravno glede na matrico. Skupaj z matrico ustvarja potrebno geometrijo za proces vleka. Kos smo izrisali tako, da smo zasnovali odprtino v

velikosti matrice in prišteli še dvokratnik debeline pločevine in potrebno zračnost. Zgornja robova drsnikov smo zaradi funkcije ojačitve in centriranja zasnovali z ostrega roba na radij R2. Na spodnjem delu pa ima – tako kakor matrica – pozicionirne zatiče, ki držijo pozicijo elementa in šrafure za trdno namestitev na spodnjo osnovno ploščo.

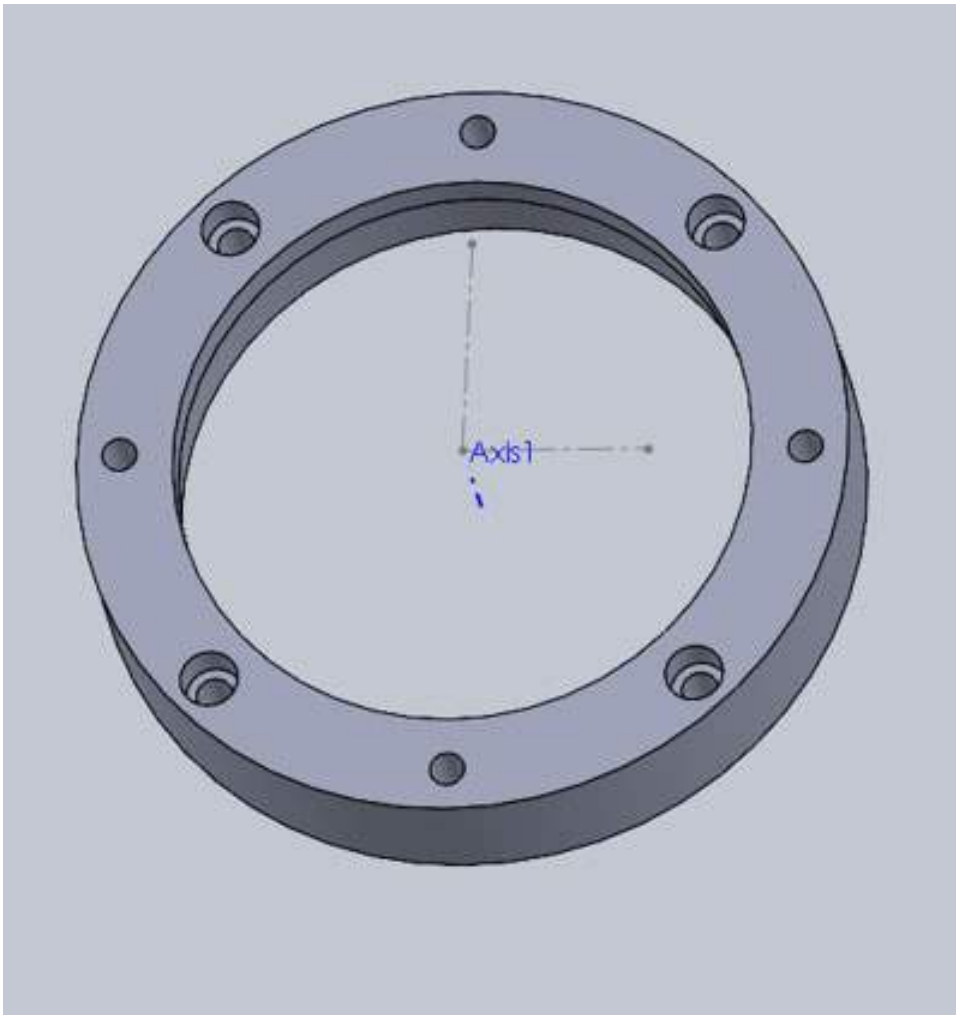


Slika 5: 3D model drsnika

Vir: (Lastni vir)

3.1.4 Zunanji nož

Zunanji nož (slika 6) ima funkcijo izseka odvečne pločevine okoli matrice. Ko orodje za vlek potegne pločevino, dobimo na robu ostanek, ki ga je treba mehansko odstraniti, saj nato polizdelek nadaljuje pot v drugo fazo, v kateri ga orodje za izsek odseka na končno obliko. Ima pozicionirne zatiče in izvrtine za vijake: pritrjujejo jo na vodila, ki jo premikajo.



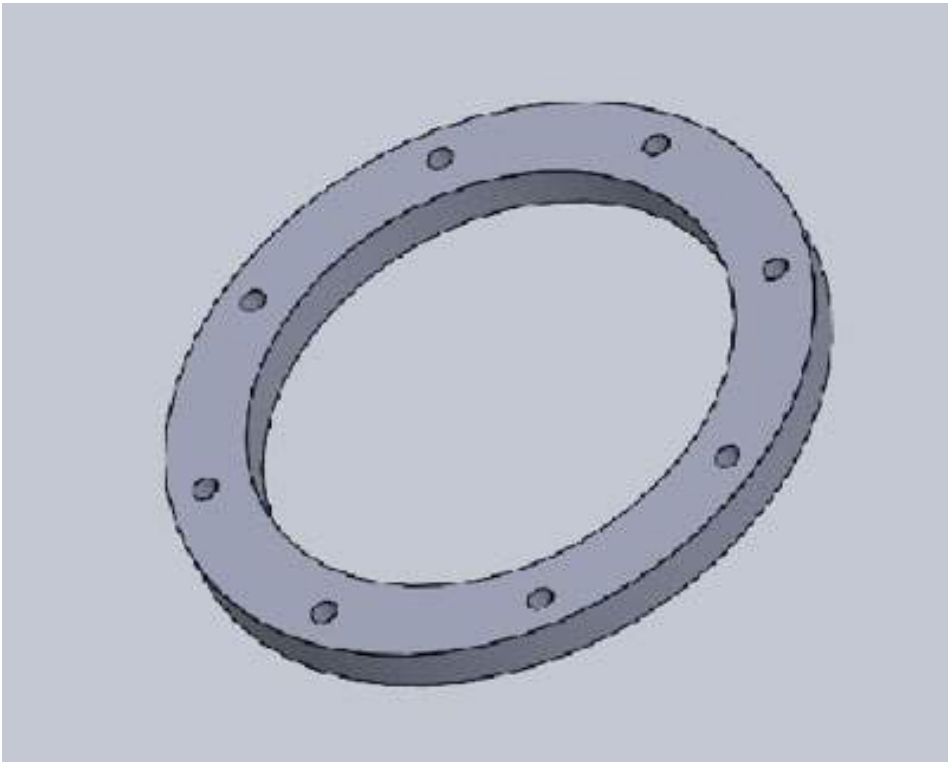
Slika 6: 3D model zunanjega noža

Vir: (Lastni vir)

3.1.5 Snemalec izsekane pločevine

Snemalec (slika 7) skrbi za to, da se izsek odvečne pločevine mehansko odstrani z matrice po končanem vleku, da lahko proces proizvodnje deluje nemoteno in brez zastojev. Zasnovan je

tako, da ima odprtino v velikosti zunanjih mer matrice in 0,025 mm zračnosti na steno. Po obliki ima okoli pozicionirne zatiče in navoje za pritrditev.

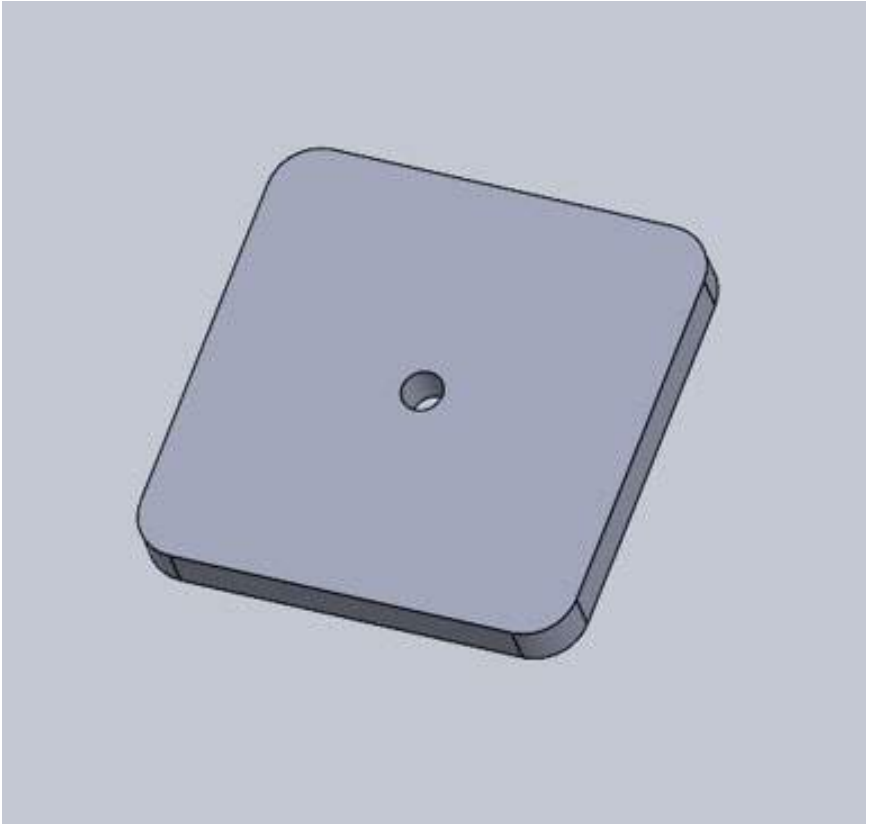


Slika 7: 3D model snemalca

Vir: (Lastni vir)

3.1.6 Snemalec polizdelka

Snemalec polizdelka (slika 8) poskrbi, da se polizdelek, ki je po vleku in odseku zataknjen v drsniku, sname. Zasnovan je tako, da ima na sredini izvrtino z navojem, v katerega je pritrjena vodilna palica, ki se na stroju lahko prilagaja: dvigne se ravno toliko, da iz drsnika odstrani pločevino.

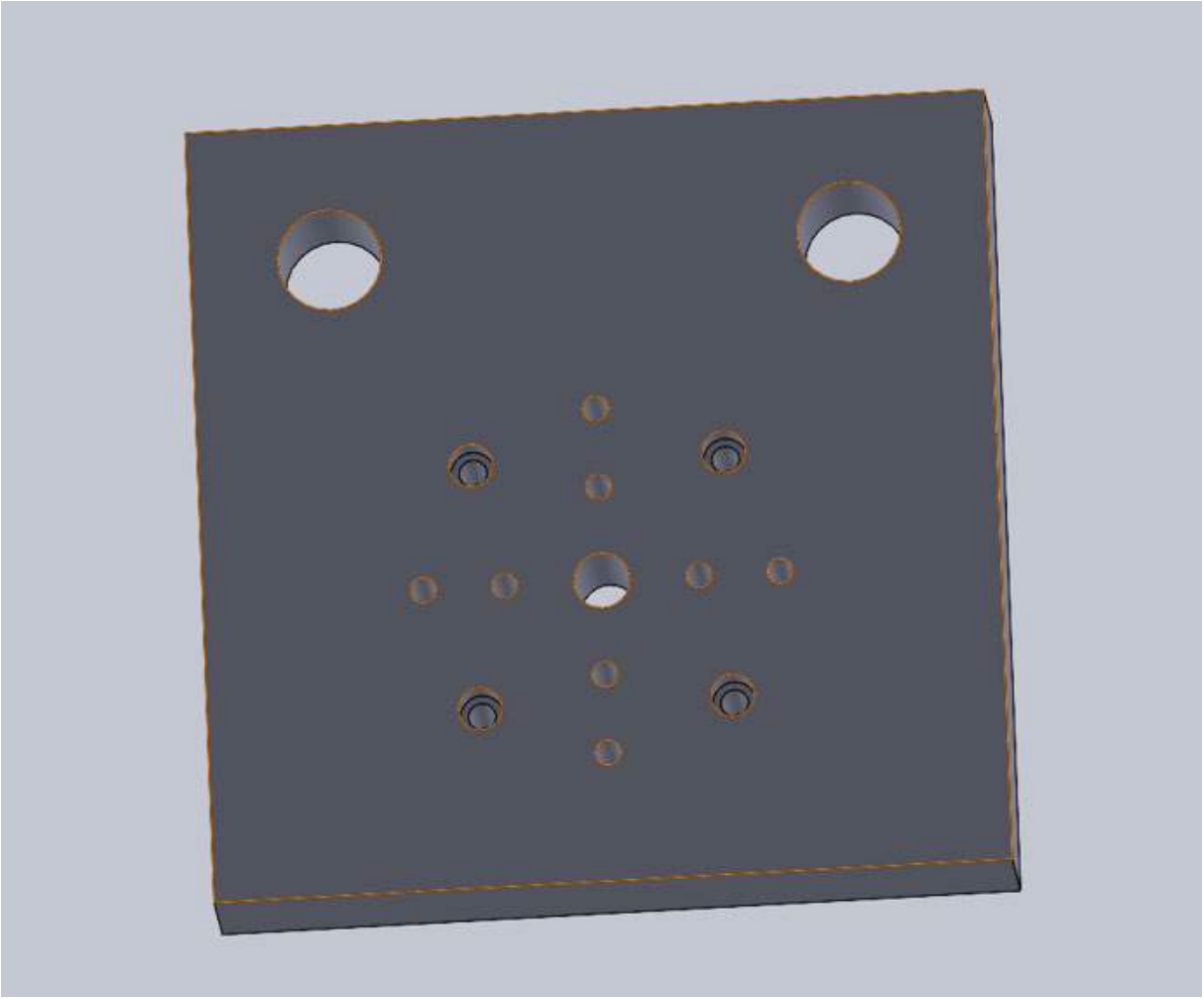


Slika 8: 3D model snemalca polizdelka

Vir: (Lastni vir)

3.1.7 Zgornja osnovna plošča

Tako kakor spodnja osnovna ima tudi zgornja plošča (slika 9) funkcijo pozicije in pritrjevanja komponent orodja in montaže na stroj, le s to razliko, da drži druge komponente. Enako kakor spodnja osnovna plošča ima velike stružene luknje fi 32, ki držijo orodje v poziciji. Ta element se pritrdi na drugo stran stroja.



Slika 9: 3D model zgornje osnovne plošče

Vir: (Lastni vir)

3.1.8 Čepna plošča

Čepna plošča (slika 10) je plošča, ki povezuje zgornjo osnovno ploščo in čep. S štirimi vijaki je pritajena na zadnji del osnovne plošče, na drugi starani pa ima čep. Ta čep je univerzalen za vsa orodja za to vrsto stroja: prek navoja M 20 je pritrjen na ploščo, na drugi strani pa je vpet v zgornji del stroja.

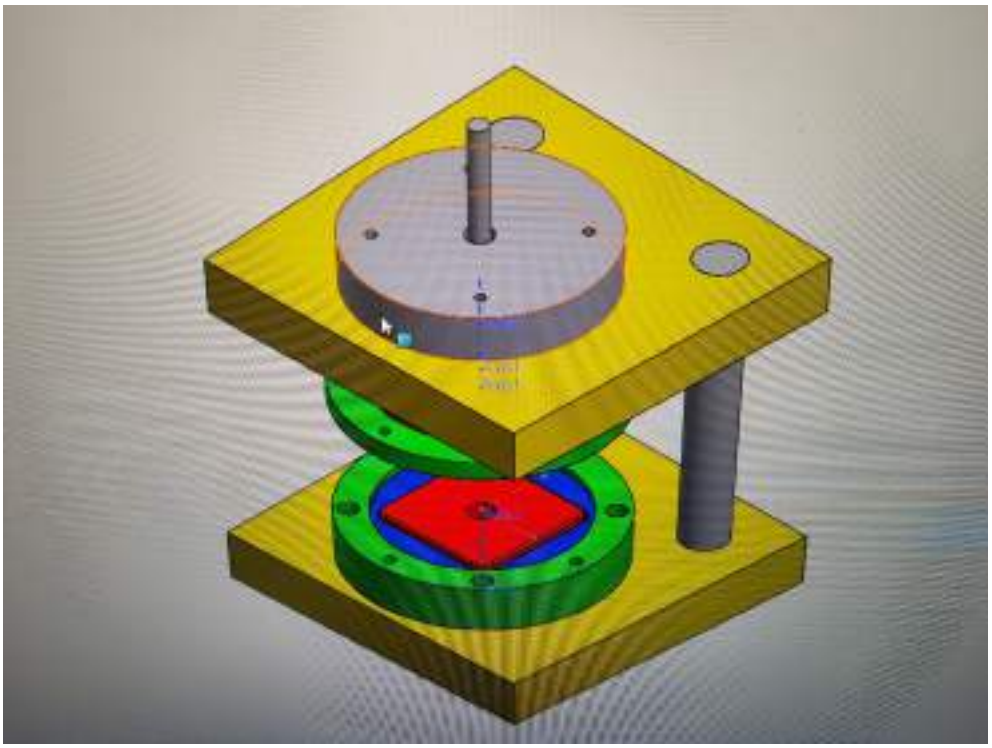


Slika 10: 3D model čepne plošče

Vir: (Lastni vir)

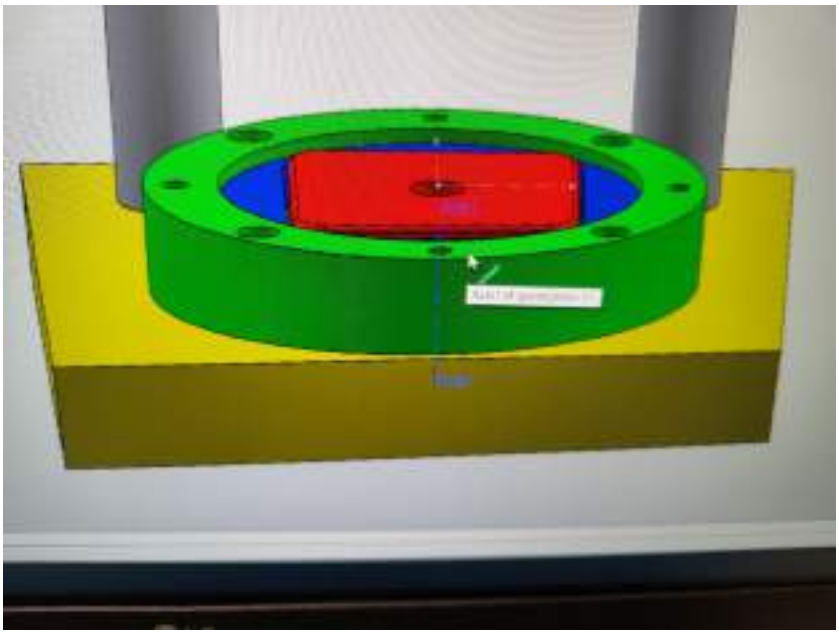
3.1.9 Sestav orodja

Po končanem 3D izrisu vseh komponent je treba te komponente združiti in izdelati sestav (slika 11) za lažjo predstavo o končnem izdelku. Izdelati je treba tudi analizo medsebojnega ujemanja komponent. V našem primeru smo poleg celotnega sestava zato naredili še 3D sestav spodnjega dela orodja (slika 12) in 3D sestav zgornjega dela orodja (slika 13). Ko se lotimo izdelave sestava, vidimo, ali nam manjka še kak element in ali se komponente med seboj lepo ujemajo, da ni nobenega neujemanja med sestavnimi deli.



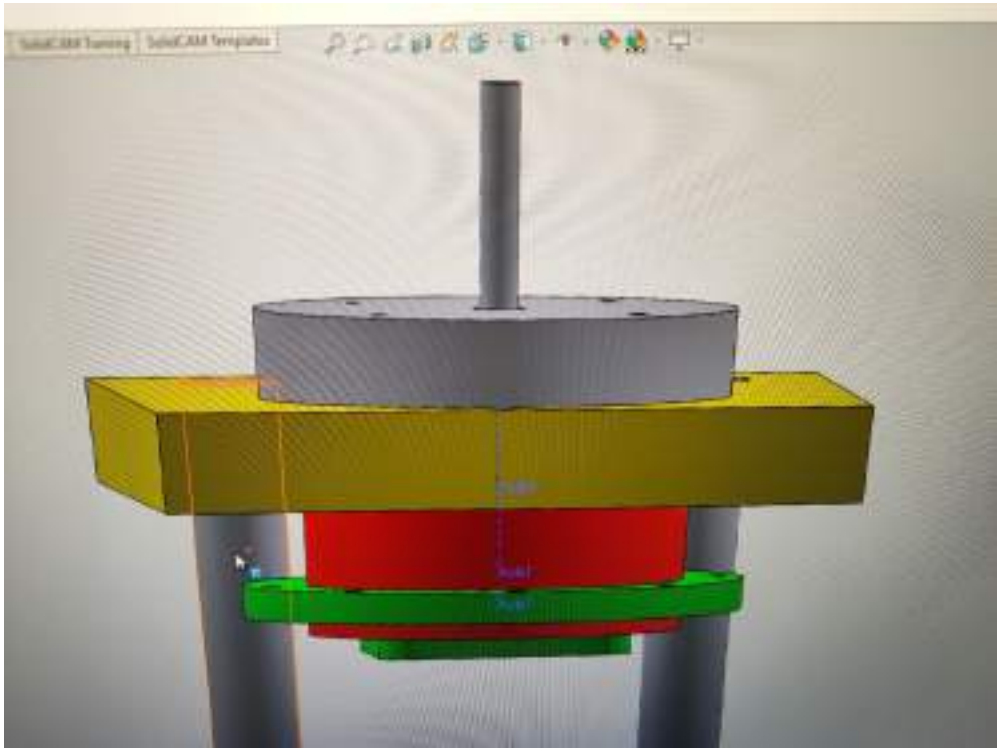
Slika 11:Sestav vseh komponent orodja

Vir: (Lastni vir)



Slika 12: Sestav spodnjega dela orodja

Vir: (Lastni vir)



Slika 13: Sestav zgornjega dela orodja

Vir: (Lastni vir)

3.2 Analiza izbire materialov za posamezne komponente in argumentiranje izbire

Glede na funkcijo posameznih komponent je s fizikalnega in ekonomičnega vidika treba preučiti in izbrati ustrezne materiale. Materiale smo izbirali na podlagi njihovih mehanski lastnosti, zlasti trdote in trdnosti.

»**Trdnost** je največja napetost, ki jo lahko prenese določen material, ne da bi prišlo do porušitve. Pri tem lahko delujejo zunanje sile na nateg, tlak upogib, uklon, strig, torzija ali pa je obremenitev kombinirana. Glede na preizkus s katerim merimo delujočo silo, razlikujemo med natezno, tlačno, strižno in upogibno trdnostjo.

Trdota je odpor materiala proti vdoru drugega telesa skozi njegovo površino. Merimo jo na razne načine in je relativna lastnost ter pomembna za oceno odpornosti proti obrabi.« (dr. mag. Marija Kisin, Materiali, 2010)

3.2.1 Orodno jeklo 1.2379

Orodno jeklo oznake 1.2379 sodi v skupino orodnih jekel za delo v hladnem. »Jekla za delo v hladnem vsebujejo visoko vsebnost kroma. Imajo visoko površinsko trdoto, dobro žilavost, trdnost ter zelo dobro obstojnost proti obrabi. Uporabljajo se za različna orodja za delo v hladnem, in sicer kot orodja za odrezovanje, merilna orodja.« (Kovintrade, 2023) Zaradi teh značilnosti smo ga uporabili za izdelavo matrice, drsnika, zunanjega noža in snemalca.

3.2.2 Orodno jeklo 1.1730

Jeklo C45N/1.1730 je srednje ogljično nelegirano orodno jeklo, ki ima sprejemljivo natezno trdnost. Jeklo C45 se lahko izboljša za dosego dobre površinske trdote z zmerno obrabno odpornostjo. Jeklo C45/1.1730 se pogosto uporablja za komponente, ki zahtevajo dobre obdelovalne lastnosti in obrabno obstojnost, vendar ne prenesejo višjih stroškov legiranih orodnih jekel. (Damatech, 2023) Orodno jeklo 1.1730 smo poleg čepne plošče uporabili za izdelavo osnovnih plošč orodja oziroma je ta material uporabilo že podjetje Meusburger, ki nam je dobavilo delno izdelane osnovne plošče.

3.2.3 Aluminij 5083

Aluminij 5083 je aluminijeva zlitina, ki se uporablja za izdelavo lahkih, trpežnih in odpornih konstrukcij, primernih za različne panoge. Zlitina je sestavljena iz aluminija, magnezija, mangana in cinka, ki ji dajejo svoje lastnosti. Aluminij 5083 ima visoko trdnost in odpornost na korozijo, to pa ga naredi idealnega za uporabo v morskih aplikacijah. Zlitina je bila razvita za uporabo v ladjedelništvu, v katerem se uporablja za izdelavo ladijskih trupov, nadgradenj in drugih delov, ki so izpostavljeni morski vodi. Poleg tega se ta aluminijeva zlitina uporablja tudi v drugih industrijskih panogah, kakor so letalska industrija, gradbeništvo in avtomobilska industrija. Uporablja se za izdelavo komponent, kakor so okvirji, strukture, rezervoarji in drugo. (Domino Trade, 2023)

Aluminij 5083 smo uporabili za snemalca polizdelka. Za ta material smo se odločili zaradi nizke trdote površine in s tem preprečili, da bi ob nastanku manjših strižnih napetosti povzročil deformacijo in poškodbe na površini izdelka. Poleg tega je odporen na korozijo, to pa je pri štancanju in vleku pomembno, saj se pločevina med obdelavo maže s petrolejem.

4 PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJ OBDELAVE KOVIN

4.1 Struženje

»Struženje (slika 14) je postopek z odvzemom materiala, pri katerem opravlja krožno glavno gibanje obdelovanec, orodje pa opravlja vzdolžna podajalna gibanja. Pri struženju zagotavljamo glavno krožno gibanje med obdelovancem in orodjem, ne glede nato, kdo ga opravlja. Zaradi osnovnega krožnega gibanja obdelovanca so obdelovanci narejeni s struženjem večinoma osno simetrično, njihova oblika pa je rezultat rotacije. Sodobne stružnice omogočajo več kombinacij gibanj na več prostorskih oseh, kar omogoča izdelavo zelo zahtevnih strojnih delov.« (Klemenšek, studentski.net, 2023)



Slika 14: Slika postopka struženja

Vir: (https://sumicarbide.com/meet-the-ultimate-turning-inserts-for-heat-resistant-and-exotic-alloys/)

4.2 Rezkanje

»Rezkanje (slika 15) je postopek odrezavanja z večrezilnimi orodji in s spremenljivim prerezom odrezka. V tehnološki proizvodnji je poleg struženja najbolj uporabljeni postopek odrezavanja. Glavno gibanje je vrtilno in ga vedno opravlja orodje, ki se imenuje rezkalo. Podajalna gibanja so lahko različna in so odvisna od izbranega načina rezkanja. Podajalno gibanj e(vf) je mogoče izbrati v treh koordinatnih smereh. Največkrat je premočrtno, lahko pa

je tudi vrtilno in ga običajno opravlja obdelovanec, pri nekaterih rezkalnih strojih pa opravlja podajalno gibanje tudi orodje. Lahko sta vključeni tudi dve podajalni gibanji hkrati in je potem eno od gibanj vrtilno.« (dr. mag. Marija Kisin, Tehnologija, 2011)



Slika 15: Postopek rezkanja

Vir: (Lastni vir)

4.3 Vrtanje

Vrtanje (slika 16) je postopek odrezovanja z dvorezilnim orodjem, ki se imenuje sveder in izdeluje izvrtino v polni material. Orodje opravlja glavno in podajalno gibanje. Glavno gibanje je vrtenje orodja okrog svoje osi, podajalno gibanje je premočrtno in v smeri osi orodja. Na stružnici ali pri vrtalno-rezkalnem stroju lahko glavno ali podajalno gibanje opravlja tudi obdelovanec. (dr. mag. Marija Kisin, Tehnologija, 2011)



Slika 16: Postopek vrtanja

Vir: (https://blog.eaglegroupmanufacturers.com/what-precision-machine-shops-do-drilling)

4.4 Brušenje

»Brušenje (slika 17) spada med postopke fine obdelave z odrezavanjem, s katerim lahko dosežemo veliko natančnost in izredno kvaliteto obdelane površine s točkovno omejeno plastifikacijo odrezka. Spada med postopke odrezavanja, pri katerem ima orodje – brus veliko število rezil (brusnih zrn), ki so nepravilne geometrijske oblike. Tako je lahko vsako abrazivno zrno drugače in drugačno usmerjeno, med seboj – zrna pa so povezana z vezivom. Zrna v brusu so neenakomerno porazdeljena in so v bistvu majhni cepilni klini, s katerimi odrezujemo kovino.« (Klemenšek, Studentski.net, 2023)



Slika 17: Postopek brušenja

Vir: (https://www.mmsonline.com/articles/machining-101-what-is-grinding)

4.5 Žična erozija

»Žična erozija (slika 18) (angl. Wire Electrical Discharge Machining ali angl. Wire Cut EDM) je tehnologija obdelave kovin (oziroma elektro-prevodnih materialov), kjer žica, debeline od 0,1 do 0,3 mm, navadno iz medenine, potopljena v dielektriku, erodira trde toplotno obdelane obdelovance. Žica potuje med dvema vodiloma, med njima pa je vstavljen obdelovanec, višine lahko tudi do 500 mm.« (Vidiš, 2018) »Konture lahko dosegajo visoke zahtevnosti po obliki in tolerančnih poljih. Navadno pride ta postopek v poštev pri operacijah na obdelovancih, kjer zaradi visoke trdote druge klasične obdelave niso primerne, pri obdelavi tankih reber, lukenj uvodov matric, orodja za preoblikovanje, orodja za brizganje itd.« (Vidiš, 2018)



Slika 18: Postopek žične erozije

Vir: (https://www.3erp.com/blog/sinker-edm-vs-wire-edm-main-differences-and-applications/)

5 TEHNOLOGIJE IZDELAVE ORODIJ NA ZGLEDU

Tehnologije izdelave oziroma obdelave smo poskušali čimbolj prilagoditi strojnemu parku podjetja, vendar smo za nekatere stvari še zmeraj potrebovali zunanjega partnerja oziroma izvajalca. Uporabili smo več različnih tehnologij obdelave, to je: rezkanje, struženje, brušenje in za predelavo orodja za odsek pri zunanjem partnerju tudi žično erozijo.

5.1 Struženje

Podjetje ima v strojnem parku svojo stružnico Prvomajska TVP 250 (slika 19). Z njo smo na grobo obdelali vse kose, ki imajo zunanjo okroglo obliko. Ker stružnica ne deluje na tehnologiji CNC in je primerna samo za obdelavo okroglin, smo pri vseh izvedenih operacijah pustili dodatek na končno mero vsaj 0,3 mm na steno.



Slika 19: Klasična stružnica

Vir: (https://www.bmwslo.com/topic/154193-obdelovalni-stroji-kovin-od-a-do-%C5%BE-stru%C5%BEnice-rezkalni-brusilni-cnc-stroji/page-13)

5.2 Rezkanje in vrtanje

Ker ima podjetje od maja 2023 nov CNC obdelovalni center SMEC PCV 430 (slika 20), smo večino obdelave naredili na tem stroju. Stroj je zaradi visoke natančnosti in ponovljivosti najboljša izbira za obdelavo elementov, ki imajo visoko geometrijsko in mersko toleranco. Obdelovalni center ima možnost implementiranja tako tehnologije rezkanja kakor tudi vrtanja, zato smo ga uporabili za oba namena. Pri tem je treba omeniti še, da smo glede na material izbrali različna rezilna orodja, in to na podlagi prevlek. V našem primeru smo izbirali med rezkarji za obdelavo jekel (slika 21) in rezkarji za obdelavo aluminija (slika 22).



Slika 20: CNC obdelovalni center SMEC PCV 430

Vir: (Lastni vir)



Slika 21: Rezkar za obdelavo jekel

Vir: (Lastni vir)



Slika 22:Rezkar za obdelavo aluminija

Vir: (Lastni vir)

Za izdelavo NC programov smo uporabili CAM program Solidcam (slika 23), za preverjanje kode pa program CIMCO (slika24). Vse surovce in vse delno obdelane kose s struženja smo naprej grobo premerili, da smo lahko definirali ostanek materiala, ki ga je še treba odstraniti, in tako uporabili pravilno tehniko rezkanja in vrtanja. Pri izdelavi smo upoštevali tudi dejstvo, da smo za izdelavo obrabi izpostavljenih delov orodja izbrali material orodno jeklo z oznako 1.2379, ki smo ga pri grobi obdelavi mehansko obdelali na dodatek približno 0,3 mm. Nato smo izdelali še program za fino obdelavo, s tem pa dosegli, da smo lahko po kaljenju popravili vse deformacije na kosu, ki jih je povzročila toplotna obdelava. Toplotna obdelava je specifičen postopek, s katerim se doseže zahtevani razpon snovnih lastnosti materiala, iz katerega so deli orodja narejeni; hkrati bo orodje v procesu produkcije izpostavljeno nekaterim obremenitvam. Lastnosti materiala 1.2379, kakor so kemična sestava (tabela 1), temperaturna razteznost (tabela 2) in trdota (tabela 3), so prikazani spodaj.

Tabela 1: Kemična sestava v procentih teže

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	DRUGO
[%]								
1,53	0,35	0,4	12	1	/	0,85	/	/

Vir: (SIJ Metal Ravne d.o.o., 2023)

Tabela 2: Koeficient temperaturne razteznosti v mikrometrih

Temperatura [°C]	20–100 °C	20–200 °C	20–300 °C	20–400° C	20–500 °C	20–600 °C	20–700 °C	20–800 °C
[µm]	9,8	11,7	12,1	12,8	12,9	13	13,2	13,5

Vir: (SIJ Metal Ravne d.o.o., 2023)

Tabela 3: Razmerje temperature (°C) in trdote (HRC)

Temp. [°C]	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	525 °C	550 °C	600 °C	700 °C
HRc	63	61	58	58	59	58	56	51	35

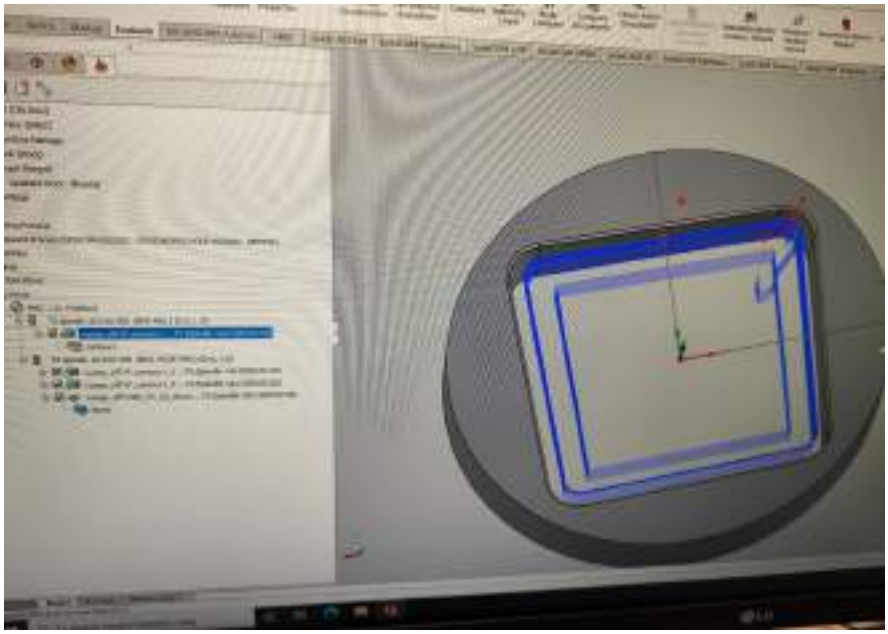
Vir: (SIJ Metal Ravne d.o.o., 2023)

Ker je to specifičen postopek, za katerega v podjetju nismo imeli virov oziroma potencialov, je bil izveden pri zunanjem izvajalcu, ki je z rezultati toplotne obdelave z delovnim potrdilom obdelave dokazoval ustreznost zahtevanih lastnosti. Nato je sledila fina obdelava, pri kateri pa smo zaradi spremembe lastnosti materiala po toplotni obdelavi uporabili tudi druge parametre števila obratov in hitrosti pomika kakor pri grobi; to na rezilnem orodju za jeklo premera 10 mm vidimo spodaj (tabela 4).

Tabela 4: Zgled uporabljenih parametrov na rezilnem orodju - rezkar fi 10 pri enakem odvzemu

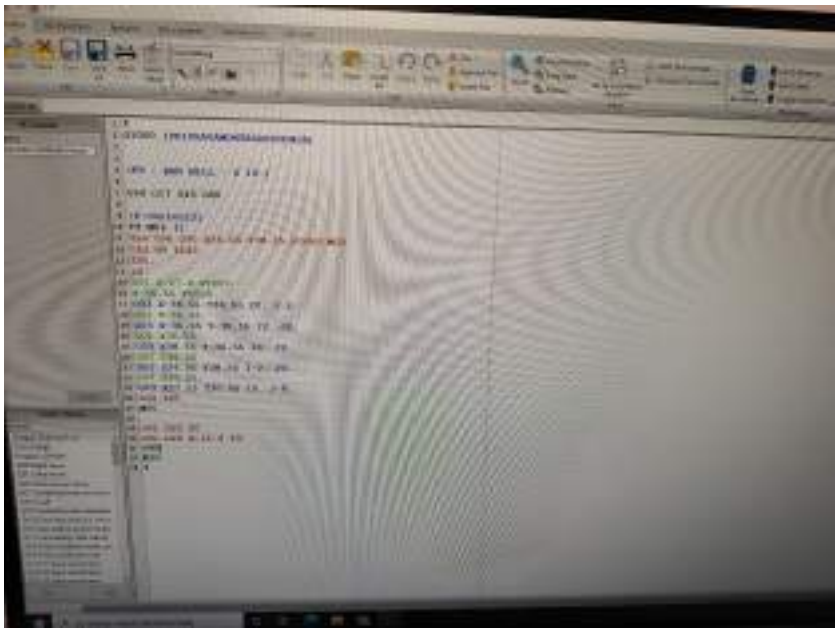
Parametri obdelave [*n/f*]:	**Tretma obdelave**	
	Groba obdelava – pred kaljenjem	Fina obdelava – po kaljenju
Število obratov na minuto (»n«)	5500	3200
Pomik v milimetrih na minuto (»*f*«)	3500	1400

Vir: (Lastni vir)



Slika 23: Zgled CAM programa v Solidcamu

Vir: (Lastni vir)



Slika 24: Program za preverjanje procesirane G-kode CIMCO

Vir: (Lastni vir)

Tehnologijo rezkanja in vrtanja smo uporabili pri izdelavi vseh delov orodja. Nekatere dele orodja (slika 25) oziroma ključne mere smo pozneje obdelali po procesu kaljenja zato, da smo lahko popravili morebitne deformacije, ki nastanejo v procesu kaljenja.



Slika 25: Zgled končne obdelave 3d oblike

Vir: (Lastni vir)

5.3 Žična erozija

Žične erozije na orodju, ki sem ga izdelovali – na orodju za vlek – nismo potrebovali, uporabili pa so jo pri predelavi orodja za odrezovanje, da so lahko dosegli obliko noža za odrezovanje končne oblike pločevine (slika 26).



Slika 26: Končna oblika pločevine, odrezana na nož orodja za izsek

Vir: (Lastni vir)

5.4 Brušenje

Podjetje ima v svojem parku ploskovni brusilni stroj BSG 3060 PLC (slika 27). Tehnologijo brušenja smo v našem primeru uporabili pri vseh kosih po grobi obdelavi in pred začetkom fine obdelave na CNC obdelovalnem stroju. S tem smo dosegli ravnost in pravokotnost stranic, to pa je ključnega pomena, da se lahko orodje sestavi in deluje kot celota.



Slika 27: Ploskovni brusilni stroj BSG 3060 PLC

Vir: (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.krollit.com%2Fsl%2Fploski-brusilni-stroji-bsg-3060-plc%2F4631%2F&psig=AOvVaw1resnJ9sSM9lfCbG7KRiQs&ust=1700679624072000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCIiSu9Lj1YIDFQAAAAAdAAAAABAS)

6 KONČNE FAZE IZDELAVE ORODJA

6.1 Kontrola orodja

Pomemben dejavnik pri izdelavi orodja je dimenzijska kontrola. Skozi ta postopek lahko že med izdelavo posameznih komponent ugotovimo napake oziroma merska odstopanja, ki jih je treba popraviti, in s tem preprečimo nadaljnje zaplete pri sestavljanju in preizkusu orodja. V našem primeru smo za sprotno kontrolo uporabljali kljunasto merilo (slika 28) in globinomer (slika 29), po obdelavi pa smo ključne mere preverili še na 3D merilnem stroju (slika 30).



Slika 28: Kljunasto merilo Insize

Vir: (https://www.wd-tehnik.si/oprema/merilna-tehnika/pomicna-merila/pomicno-merilo-digitalno-0-150mm-izdelek)



Slika 29: Globinomer Insize

Vir: (Lastni vir)

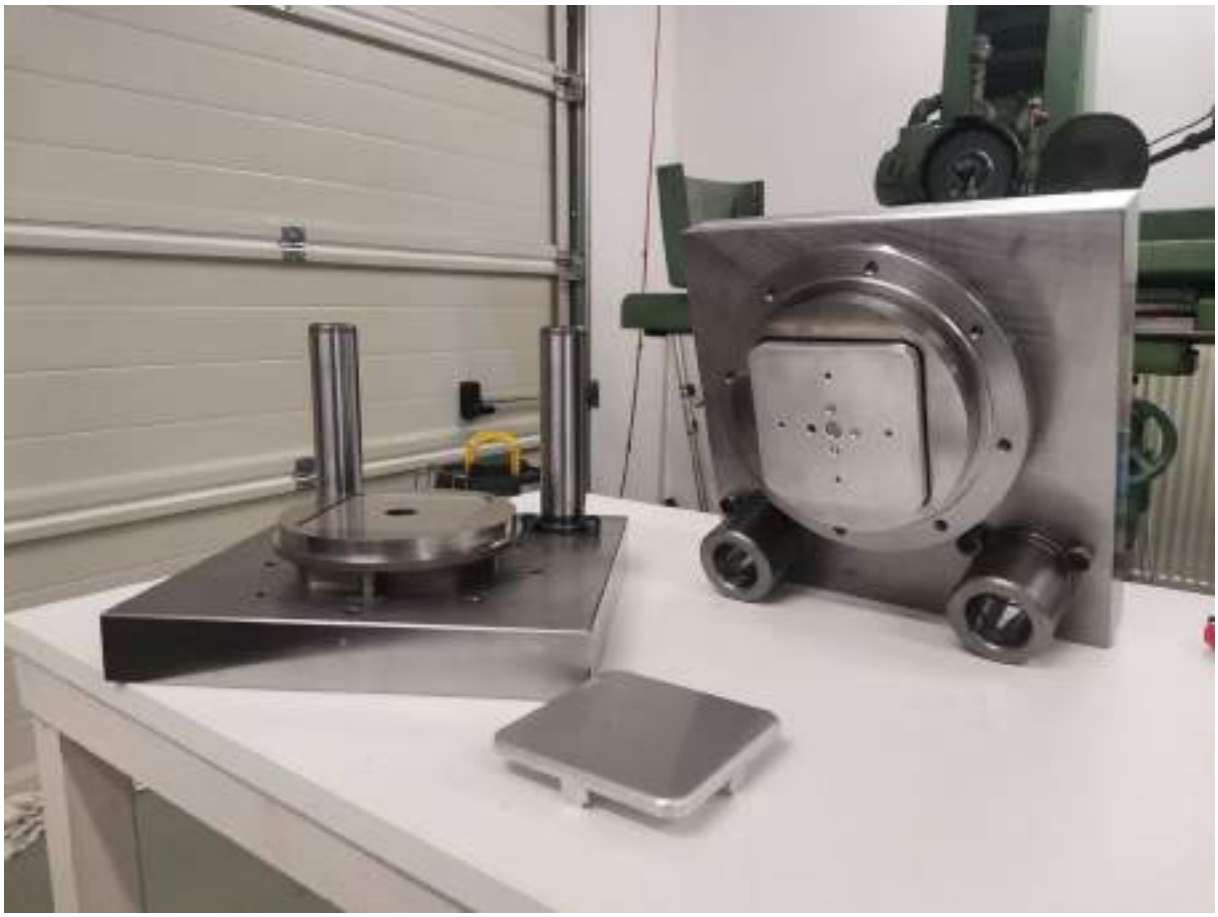


Slika 30: 3D merilni stroj CRYSTA-Apex V574 CNC CMM

Vir: (https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/CRYSTA-APEX%20S900%20Series/CRYSTA-Apex%20V574%20CNC%20CMM/$catalogue/mitutoyoData/PR/191-125/index.xhtml;jsessionid=90A04FA0E74C76078F6046D23B892D6D)

6.2 Sestava orodja

Po končani izdelavi je treba komponente sestaviti. Predtem smo izvedli kontrolo; tako naj bi zagotovili, da pri sestavi ne bodo nastali nepričakovani zapleti, saj bi lahko povzročili popolno razdiranje orodja, to bi pa vzelo veliko časa. Sestavljeno orodje (slika 31) nato preizkusimo ročno – namesto stroja ga sami premaknemo v smeri gibanja orodja.

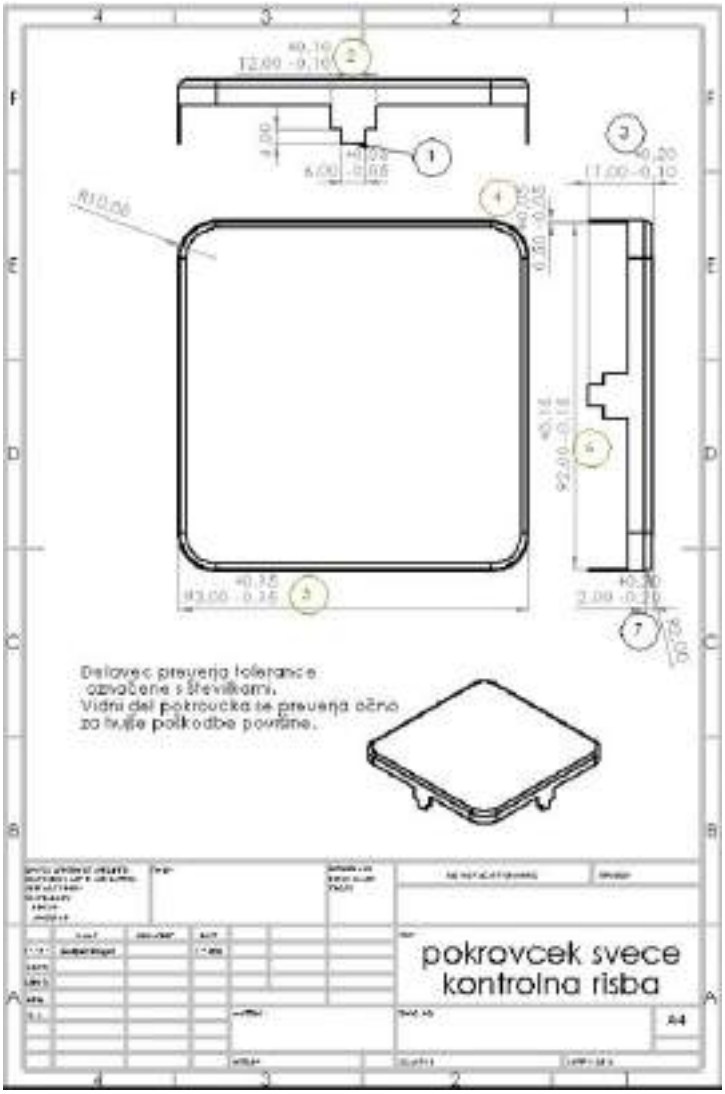


Slika 31: Sestavljeno orodje pred montažo na stroj

Vir: (Lastni vir)

6.3 Izdelava kontrolne risbe

Po sestavi orodja smo na podlagi kupčeve risbe z označenimi tolerancami naredili še risbo (slika 32) z označbo pomembnih mer (številke v oblačkih), ki jih mora delavec v proizvodnji preverjati v intervalu dogovorjene količine izdelanih kosov – v našem primeru smo se odločili za interval 1000 kosov.



Slika 32: Kontrolna risba za proizvodno kontrolo

Vir: (Lastni vir)

6.4 Montaža orodja

Po končani sestavi orodja je bilo orodje pripravljeno za montažo (slika 33). Pred montažo smo ponovno preverili, ali je orodje pravilno sestavljeno in ali ga lahko ročno premikamo v končne pozicije. Prav tako smo preverili, ali so v orodju vsi sestavni deli, in si pripravili potrebne komponete za motažo na stroj. Ker je teža orodja velika, smo pri montaži uporabili tudi pomožne elemente za dvig orodja na zahtevano višino.



Slika 33: Montaža orodja na stroj

Vir: (Lastni vir)

6.5 Prvi preizkus orodja

Pri prvem preizkusu orodja v delovanju je vse potekalo po načrtih. Kos je bil mersko ustrezen. To lahko razberemo s kontrolnega lista (tabela 5), ki je bil izdelan za interno uporabo za preverjanje izdelka. Nepravilnosti so se pokazale samo pri samem procesu oziroma poteku procesa. Kos oziroma polizdelek orodja se je namreč pri izmetu zatikal oziroma je nastalo trenje med pločevino kosa in drsnikom. To smo poizkusili rešiti s povečanjem mazanja – v našem primeru z dodajanjem petroleja, vendar se je težava ponavljala znova in znova, zato smo ocenili, da je treba ukrepati in stvar rešiti z mehansko obdelavo, kajti drugače proces proizvodnje ne bo potekal optimalno.

Tabela 5: Kontrolni list za preverjanje mer kosa

Kontrolni list		**Interval merjenja 1000 kosov**	
Mera [mm]	**Merska toleranca [mm]**		**Izmerjena mera [mm]**
	–	+	
6	0,05	0,05	6,03
12	0,1	0,1	12,05
17	0,1	0,2	17,12

0,5	0,05	0,05	0,48
93	0,15	0,15	9,.97
92	0,15	0,15	92,06
2	0,2	0,2	1,89
Vizualno	Pregled vtiskov na zunanji strani		V REDU

Vir: (Lastni vir)

6.6 Korektivni ukrepi

Po končanem prvem preizkusu smo se lotili popravil. Orodje je bilo treba spet razdreti (slika 34) in na CNC stroj vpeti element orodja, ki je potreboval poseg. Po krajšem posvetovanju smo ugotovili, da bi bilo treba med drsnikom in pločevino izdelka povečati zračnost, zato smo sklenili, da notranji del drsnika povečamo za 0,02 mm na steno (slika 35). Korekcije nismo naredili v CAM sistemu, vendar smo ga vstavili v stroj in v G kodi (slika 36) vstavili vrstico za korekcijo orodja v levo stran in vpisali negativno vrednost.



Slika 34: Razdiranje orodja za izvedbo korekcije na elementu

Vir: (Lastni vir)



Slika 35: Povečani del orodja

Vir: (Lastni vir)



Slika 36: Leva kompenzacija G41 na zgledu

Vir: (Lastni vor)

6.7 Preizkus orodja po korektivnih ukrepih

Po izvedbi korektivnih ukrepov smo orodje ponovno montirali na stroj in ponovno preizkusili njegovo delovanje. Izkazalo se je, da je popravek dosegel pričakovani učinek in da orodje deluje brezhibno. Med pločevino in drsnikom ni bilo povečanega ali neželenega trenja in izmet izdelka je deloval brezhibno.

7 ANALIZA IZBIRE TEHNOLOGIJ OBDELAVE

Za optimalni postopek izdelave orodij je bilo pri izbiri tehnologij obdelave treba upoštevati več vidikov, ki se med seboj prepletajo oziroma se prepleta njihov učinek. Velikokrat lahko enak končni rezultat oziroma obdelavo dosežemo z uporabo različnih tehnologij, vendar pa se s tem spremenijo časovne, finančne in kakovostne spremenljivke.

7.1 Časovni vidik

Pri izbiri tehnologije je zaradi več faktorjev to eden pomembnejših vidikov. Časovni vidik pride v poštev, ko delamo izračun zasedenosti strojev in roka izdelave. V interesu vsakega podjetja je, da svoj strojni park izkoristi do potankosti. Pri tem vidiku smo v našem primeru upoštevali proste kapacitete na strojih: zaradi največje zasedenosti CNC obdelovalnega centra v tem času, na primer, smo sklenili, da se izkoristijo proste kapacitete na stružnici in se kosi grobo obdelajo – kolikor možno – na tem stroju. Tako smo pred obdelavo za obe orodji skupaj naredili neko okvirno časovno oceno za tehnologije, implementirane znotraj podjetja, in nato ta čas primerjali z dejanskim (tabela 6). Pri tem je treba poudariti, da je zelo pomembno pri obdelavi upoštevati tudi čas priprave strojev in CAM programov.

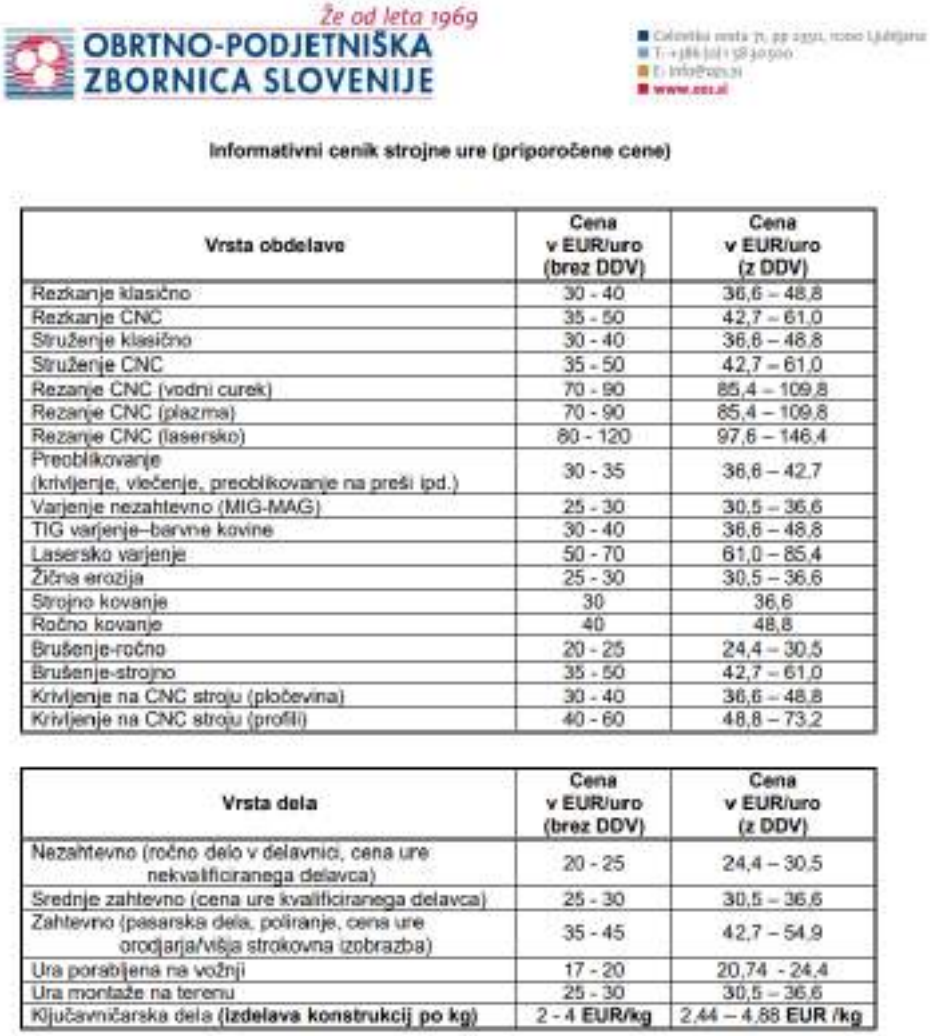
Tabela 6: Tabela ocene časa, porabljenega pri izdelavi orodja

Tehnologija obdelave	**Ocena časa [h]**	**Dejanski čas [h]**
Struženje	15	12
Rezkanje in vrtanje	30	32
Brušenje	4	5
Sestavljanje	8	10
Konstrukcija	15	18
Drugo (poprave, prevozi)	8	12
Skupaj:	**80**	**89**

Vir: (Lastni vir)

7.2 Finančni vidik

Finančni vidik je najpomembnejši od vseh vidikov. Ponavadi je tesno povezan s časovnim in kakovostnim vidikom in ju nekako tudi določa. V našem primeru smo pri izdelavi tehnologije obdelave upoštevali informativni cenik strojne ure Obrtno-gospodarske zbornice Slovenije (slika 37).



Že od leta 1969
OBRTNO-PODJETNIŠKA ZBORNICA SLOVENIJE

Informativni cenik strojne ure (priporočene cene)

Vrsta obdelave	Cena v EUR/uro (brez DDV)	Cena v EUR/uro (z DDV)
Rezkanje klasično	30 - 40	36,6 – 48,8
Rezkanje CNC	35 - 50	42,7 – 61,0
Struženje klasično	30 - 40	36,6 – 48,8
Struženje CNC	35 - 50	42,7 – 61,0
Rezanje CNC (vodni curek)	70 - 90	85,4 – 109,8
Rezanje CNC (plazma)	70 - 90	85,4 – 109,8
Rezanje CNC (lasersko)	80 - 120	97,6 – 146,4
Preoblikovanje (krivljenje, vlečenje, preoblikovanje na preši ipd.)	30 - 35	36,6 – 42,7
Varjenje nezahtevno (MIG-MAG)	25 - 30	30,5 – 36,6
TIG varjenje–barvne kovine	30 - 40	36,6 – 48,8
Lasersko varjenje	50 - 70	61,0 – 85,4
Žična erozija	25 - 30	30,5 – 36,6
Strojno kovanje	30	36,6
Ročno kovanje	40	48,8
Brušenje-ročno	20 - 25	24,4 – 30,5
Brušenje-strojno	35 - 50	42,7 – 61,0
Krivljenje na CNC stroju (pločevina)	30 - 40	36,6 – 48,8
Krivljenje na CNC stroju (profili)	40 - 60	48,8 – 73,2

Vrsta dela	Cena v EUR/uro (brez DDV)	Cena v EUR/uro (z DDV)
Nezahtevno (ročno delo v delavnici, cena ure nekvalificiranega delavca)	20 - 25	24,4 – 30,5
Srednje zahtevno (cena ure kvalificiranega delavca)	25 - 30	30,5 – 36,6
Zahtevno (pasarska dela, poliranje, cena ure orodjarja/višja strokovna izobrazba)	35 - 45	42,7 – 54,9
Ura porabljena na vožnji	17 - 20	20,74 - 24,4
Ura montaže na terenu	25 - 30	30,5 – 36,6
Ključavničarska dela (**izdelava konstrukcij po kg**)	2 - 4 **EUR/kg**	2,44 – 4,88 **EUR /kg**

Slika 37: Informativni cenik strojne ure, Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije

Vir:
(https://www.ozs.si/datoteke/ozs/sekcije/Valentina%20Melkic/KOVINARJI/Informativni%20cenik%20strojne%20ure,%208.10.2020.pdf)

Enako kakor za oceno časa smo tudi za finančni vidik naredili okvirni izračun znotraj tabele (tabela 7). Po dejanskem izračunu stroškov pa smo prišteli še strošek obrabe orodja po izkušnjah upoštevane 7 % urne postavke in strošek zunanjih obdelav, ki je nanesel 300,00 €, in tako dobili skupne stroške (tabela 8).

Tabela 7: Tabela združenega finančnega vidika izdelave orodja

Tehnologija obdelave	**Cena ure [EUR/h]**	**Ocena [h]**	**Dejanski [h]**	**Ocena stroška [EUR]**	**Dejanski strošek [EUR]**
Struženje	30	15	12	450	350
CNC rezkanje in vrtanje	40	30	32	1200	1280
Brušenje	40	4	5	160	200
Sestavljanje	25	8	10	200	125
Konstrukcija	35	15	18	525	630
Drugo (poprave, zunanji izvajalci in prevozi)		8	12	400	450
Skupaj:		**80**	**89**	**2935**	**3090**

Vir: (Lastni vir)

Tabela 8: Drugi stroški pri izdelavi orodja

	Obraba orodij [EUR]	**Stroški znotraj podjetja [EUR]**	**Skupaj [EUR]**
Dejanski strošek (EUR)	140,7	2010	2150,7

Vir: (Lastni vir)

7.3 Kakovostni vidik

Kakor že omenjeno, so vsi trije vidiki med seboj povezani. Pri kakovostnem vidiku smo v našem primeru upoštevali predvsem želene geometrijske, površinske in merske tolerance. Pri tem smo morali izbrati tehnologije, ki te zahteve lahko dosegajo, in jih pravilno implementirati predvsem v smislu izbire parametrov pri uporabi posameznih tehnologij obdelav.

8 SKLEP

Vsak začetek novega projekta v orodjarstvu je skok v neznano. Kljub izkušnjam ima vsak izdelek svoje posebnosti in izzive. Večinoma lahko pred začetkom dela stvari ocenimo, dejanske izzive in rešitve pa dosežemo ali do njih pridemo šele po začetku projekta.

V diplomskem delu sem na zgledu predstavil, kako podjetje od naročnika dobi zahtevo oziroma naročnik izrazi željo po optimizaciji proizvodnje nekega izdelka, kako se nato skupaj najde takšna rešitev, ki je optimalna tako za naročnika kakor tudi za izvajalca. Še pred začetkom smo se z naročnikom večkrat srečali in uskladili njegove zahteve z našimi finančnimi zahtevami in prek številnih sprememb na izdelku našli optimalno rešitev.

V osrednjem delu diplomskega dela je predstavljen potek izdelave orodja od konstrukcije in izbire tehnologije do dejanske implementacije. Začel sem s konstrukcijo, nato pa usmeril poudarek predvsem na tehnologijo izdelave skonstruiranega dela. Skozi analize sem našel najbolj optimalno izbiro tehnologij.

H1 Zagotovitev kompatibilnosti sestavnih komponent; ob dejstvu, da niso vse komponente orodja iz istega materiala, bodo v tehnologiji obdelave posamezne razlike.

Pri zasnovi in konstruiranju posameznih delov orodja sem po analizi ugotovil, da so nekateri materiali bolj primerni za posamezne komponente kakor drugi. S tem so dejansko nastale različne zahteve pri tehnologiji obdelave. Pri obdelavi sem uporabil različne parametre, zaradi različnih fizikalnih in kemijskih lastnosti materiala pri aluminiju 5083 pa sem celo moral uporabiti drugo rezilno orodje, namenjeno prav obdelavi aluminija.

H2 Obvladovanje različnih obdelovalnih tehnologij; pri izdelavi orodja je bilo treba uporabiti več različnih tehnologij.

Že od začetka je na podlagi izkušenj postalo jasno, da bo zaradi različnih oblik treba uporabiti več različnih tehnologij obdelave, saj ima vsaka oblika svoje zahteve. Predvsem sem po analizi tehnologij ugotovil, da je to ključnega pomena pri optimizaciji izdelave.

H3 Obvladovanje tehnologij z odnašanjem materiala; zaradi oblik je bilo treba za izdelavo orodja uporabiti tudi tehnologijo žične erozije.

Pri konstruiranju orodja je postalo jasno, da orodje s funkcijo vleka ne bo dovolj in da dveh funkcij v tem primeru zaradi pravokotne oblike ne bo mogoče združiti, zato je bilo treba znotraj podjetja predelati že orodje za izsek. Tako se je za predelavo matrice in noža uporabila

izključno tehnologija žične erozije ob dejstvu, da je surovec za izrez nožev in matric že kaljen in izbrušen.

H4 Obvladovanje kompleksnosti CNC tehnologije in vpliv digitalizacije na večjo, učinkovitejšo in kakovostno bolj produktivno proizvodnjo; glavna tehnologija pri izdelavi orodja se bo izvajala na CNC rezkalnem centru, saj je potrebnega veliko vrtanja in rezkanja. V sklepnem delu diplomskega dela so strnjeni podatki glede stroškovnega deleža pri sami izdelavi orodja. Upoštevajoč uporabljene operacije, se je pokazalo, da so skupi stroški izdelave znašali 5240,70 €, to se pa dejansko ujema s ceno obdelovalnih tehnologij, ki so bile uporabljene. Izdelava orodja je pokazala, da je CNC tehnologija danes ključnega pomena pri izdelavi tovrstnih kovinskih izdelkov. Kljub višjim stroškom urne obdelave nam CNC tehnologija s časovnega vidika prihrani veliko časa in doseže višjo kakovost izdelka, to pa je na koncu ključnega pomena za finančni vidik.

Ob izdelavi tega diplomskega dela sem pridobil veliko ključnih izkušenj za nadaljnje delovanje na tem področju. Jasno mi je, zakaj je načrtovanje vnaprej tako pomembno in zakaj si je dobro vzeti čas in stvari dobro analizirati in pripraviti vnaprej, saj vsaka poznejša sprememba vzame veliko časa in tudi zniža kakovost izdelka ter ga podraži. Spoznal sem tudi, kako pomembna je komunikacija s kupcem in z drugimi v podjetju, da se doseže optimalna rešitev za vse vpletene. Pomembno je komunicirati in sproti reševati probleme, saj se tako izognemo nesporazumom med podjetjem in stranko ali znotraj podjetja.

9 VIRI IN LITERATURA

Damatech. (25. Julij 2023). *Damatech*. Pridobljeno iz Damatech: https://www.damatech.com/sl/Poboljsana-jekla/C45N/16c45n-11730

Domino Trade. (25. julij 2023). *Dominotrade*. Pridobljeno iz Dominotrade: https://dominotrade.si/aluminij/aluminij-5083/

dr. mag. Marija Kisin, u. d. (2010). *Materiali.* Ljubljana: Zavor IRC, Ljubljana.

dr. mag. Marija Kisin, u. d. (2011). *Tehnologija.* Ljubljana: Zavod IRC Ljubljana.

dr. mag. Marija Kisin, u. d. (2011). *Tehnologija.* Ljubljana: Zavod IRC, Ljubljana.

Klemenšek. (25. julij 2023). *studentski.net*. Pridobljeno iz studentski.net: https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_odrezavanje__struzenje_01

Klemenšek. (25. julij 2023). *Studentski.net*. Pridobljeno iz Studentski.net: https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_odrezavanje__brusenje_01

Kovintrade. (25. Julij 2023). *Kovintrade*. Pridobljeno iz https://www.kovintrade.com/prodajni-program/metalurgija/orodna-in-specialna-jekla/

SIJ Metal Ravne d.o.o. (15. 9 2023). *Steelselector.sij.si*. Pridobljeno iz SIJ Group: https://steelselector.sij.si/steels/SIHARD_2379.html

Vidiš, A. (maj 2018). PROCESI ODREZAVANAJ ZA IZDELAVO DELOV PROGRESIVNEGA ORODJA. *Diplomsko delo*. Maribor, Maribor, Slovenija.