

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
STROJNIŠTVO

Noel ČRNČEC

VARILNI POZICIONER

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2025

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
STROJNIŠTVO

Noel ČRNČEC

VARILNI POZICIONER

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

WELDING POSITIONER

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2025

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju in svojim najbližjim za vso pomoč ter podporo pri izdelavi te diplomske naloge.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Noel Črnčec, rojen 13.6.2025 v Mariboru, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa strojništvo izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom *Varilni pozicioner* avtorsko delo.

V diplomskem delu so vsi uporabljeni viri in literatura konkretno navedeni; teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Diplomsko delo je lektorirala Nataša Klis, profesorica slovenščine, ključno dokumentacijsko informacijo sem prevedel Noel Črnčec.

Kraj in datum: _____

Lastnoročni podpis študenta/-ke: _____

MENTORSTVO

Diplomsko delo je zaključek Višješolskega strokovnega študija, smer strojništvo, opravljeno je bilo na Tehniškem šolskem centru Maribor, Višji strokovni šoli.

Študijska komisija Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole je za mentorja diplomskega dela imenovala Andreja Mikložiča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: _____

Član/mentor: _____

Član: _____

Član/somentor: _____

Datum diplomskega izpita: _____

POVZETEK

V diplomski nalogi je predstavljen celoten postopek izdelave varilnega pozicionerja – naprave, ki omogoča lažje, natančnejše in varnejše varjenje rotacijskih ter nerodnih kovinskih obdelovancev. Opisane so idejna zasnova naprave, izbira materialov ter mehanska in funkcionalna zasnova posameznih komponent. Sledijo opisi priprave tehnične dokumentacije, izdelave sestavnih delov ter končne montaže sistema. Prav tako je predstavljen tudi postopek zaščite in barvanja komponent, kar bistveno vpliva na obstojnost in vizualni videz naprave. V zaključku so podani rezultati delovanja pozicionerja, morebitne izboljšave ter ocena uporabnosti v realnem proizvodnem okolju.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	621.791(043.2)
KG	varjenje/samostojno delo/priprava za varjenje/kovina
AV	ČRNČEC, Noel
SA	MIKLOŽIČ, Andrej (mentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2025
IN	VARILNI POZICIONER
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	XI, 54 str., 67 sl., 49 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	<i>Diplomsko delo obravnava načrtovanje in izdelavo varilnega pozicionerja – naprave, ki izboljšuje natančnost, varnost ter učinkovitost pri varjenju okroglih obdelovancev. Predstavljeni so ključni tehnološki postopki (modeliranje, obdelava, varjenje, barvanje) ter celoten potek izdelave od idejne zasnove do končne montaže. Delo se zaključi z analizo delovanja in uporabnosti ter možnostmi izboljšav naprave.</i>

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd

DC 621.791(043.2)

CX welding/independent work/preparation for welding/metal

AU ČRNČEC, Noel

AA MIKLOŽIČ, Andrej (mentor)

PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12

PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College

PY 2025

TI WELDING POSITIONER

DT Graduation Thesis (Higher vocational studies)

NO XI, 54 p., 67 fig., 49 ref.

LA sl

AL sl/en

AB *The thesis presents the design and construction of a welding positioner – a device that improves accuracy, safety, and efficiency in welding round workpieces. It outlines key technological processes (modeling, machining, welding, painting) and the complete development workflow from concept to final assembly. The thesis concludes with an analysis of the device's performance, usability, and potential improvements.*

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA	II
IZJAVA O AVTORSTVU	III
MENTORSTVO	IV
POVZETEK	V
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	VI
KEY WORDS DOCUMENTATION	VII
KAZALO VSEBINE	VIII
KAZALO SLIK	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA	1
1.2.1 Namen diplomskega dela	1
1.2.2 Cilj diplomskega dela	1
2 TEORETIČNI DEL	2
2.1 3D-MODELIRANJE	2
2.1.1 Področja 3D-oblikovanja	3
2.2 2D DOKUMENTACIJA	4
2.3 TEHNOLOGIJA	5
2.3.1 Odrezavanje	5
2.3.1.1 Rezkanje	7
2.3.1.2 Struženje	10
2.3.1.3 Vrtanje	16
2.3.2 Varjenje	18
2.3.2.1 MMA-varjenje	18
2.3.2.2 MIG/MAG-varjenje	21
2.3.2.3 TIG-varjenje	24
2.3.3 Barvanje	25
3 IZDELAVA VARILNEGA POZICIONERJA	26
3.1 KONSTRUIRANJE IZDELKA	26
3.1.1 Izdelava 3D-modelov	27
3.1.2 Izdelava delavniške dokumentacije	28
3.1.3 Preračun vrtilnih razmerij	36
3.1.4 Električno vezje	37
3.2 OBDELAVA IN IZDELAVA POZICIJ	38
3.2.1 Razrez materila	38
3.2.2 Struženje	40
3.2.3 Rezkanje	42

3.2.4 Varjenje.....	45
3.2.5 Barvanje.....	49
4 ZAKLJUČEK.....	50
5 VIRI.....	51
PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer 3D-modela	2
Slika 2: Primer tehnične dokumentacije	4
Slika 3: Primer ročnega odrezavanja (piljenje)	5
Slika 4: Postopki strojnega odrezavanja	5
Slika 5: Obodno rezkanje	7
Slika 6: Čelno rezkanje	7
Slika 7: Vrste rezkalnih orodij	8
Slika 8: Univerzalni rezkalni stroj	8
Slika 9: Obdelovalni center	9
Slika 10: Univerzalni primež	9
Slika 11: Zunanje in notranje struženje	10
Slika 12: Vrste struženja glede na stružni nož	10
Slika 13: Geometrija stružnega noža	11
Slika 14: Sestava stružnega noža	12
Slika 15: HSS stružni nož	13
Slika 16: Stružni nož s prispajkano rezalno ploščico	13
Slika 17: Držalo za rezalne ploščice	14
Slika 18: Klasična univerzalna stružnica	15
Slika 19: Vijačni sveder	16
Slika 20: Deli vijačnega svedra	17
Slika 21: Sveder z menjalnimi ploščicami	17
Slika 22: Oplaščene elektrode	18
Slika 23: Prikaz MMA-varjenja	20
Slika 24: Prikaz MIG/MAG-varjenja	21
Slika 25: Vpliv varilne napetosti na oblok	22
Slika 26: Pulzni prehod	23
Slika 27: Prikaz TIG-varjenja	24
Slika 28: Barvanje kovin	25
Slika 29: Primer končnega izdelka	26
Slika 30: 3D-model	27
Slika 31: Exploded pogled	27
Slika 32: Varilni pozicioner/kosovnica	28
Slika 33: Centralni del/kosovnica	29
Slika 34: Centralni del/načrt	29
Slika 35: Ležaj 1/načrt	30
Slika 36: Osna cev/načrt	30
Slika 37: Os 1/načrt	31
Slika 38: Os 2/načrt	31
Slika 39: Pokrov centralnega dela/načrt	32
Slika 40: Ogrodje/kosovnica	32
Slika 41: Ležaj \varnothing 25/načrt	33
Slika 42: Ogrodje/načrt	33
Slika 43: Podnožje/načrt	34
Slika 44: Stružna glava/kosovnica	34

Slika 45: Adapter za stružno glavo/načrt	35
Slika 46: Električno vezje	37
Slika 47: Laserski stroj	38
Slika 48: Razpored pozicij za laserski razrez	38
Slika 49: Pot laserja med izrezom	39
Slika 50: Laserski izrez	39
Slika 51: Laserska komora med razrezom	39
Slika 52: Klasična stružnica	40
Slika 53: Adapter za stružno glavo	41
Slika 54: Leva in desna os	41
Slika 55: Vz dolžno struženje	41
Slika 56: Zarisan položaj ležaja	43
Slika 57: Umerjanje stroja s 3D-tasterjem	43
Slika 58: Umerjanje orodja s pomočjo 3D-tipala	43
Slika 59: G-koda za umerjanje orodja	44
Slika 60: Končni izdelek rezkanja	44
Slika 61: Sestavljanje varjenca	46
Slika 62: Kontrola soosnosti lukenj	46
Slika 63: Točkovno zavarjen varjenec	47
Slika 64: Zavarjen varjenec	47
Slika 65: MIG/MAG-var	48
Slika 66: Pobrušeni zvari/končan zvarjenec	48
Slika 67: Končni izdelek	49

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Problem, ki ga obravnava ta študija, je povezan z učinkovitostjo in zanesljivostjo varilnega procesa. Pri uporabi varilnega pozicionerja se osredotočamo predvsem na njegovo uporabo, kot so izboljšanje produktivnosti, natančnosti in varnosti pri varjenju predvsem okroglih varjencev.

1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

1.2.1 Namen diplomskega dela

Namen diplomske naloge je izdelati kar se da tehnično dovršen in zmogljiv varilni pozicioner, ki bo med varjenjem predvsem okroglih profilov v veliko pomoč, ter raziskati njegovo uporabo za domačo in nadaljnjo industrijsko rabo, analizirati njegovo vlogo pri izboljšanju produktivnosti, natančnosti ter varnosti varilnih postopkov. S to diplomsko nalogo želim predvsem razumeti prednosti in omejitve uporabe varilnega pozicionerja.

1.2.2 Cilj diplomskega dela

Cilj diplomskega dela je zasnovati in skonstruirati lasten varilni pozicioner za domačo uporabo, raziskati vpliv pozicionerja na natančnost, produktivnost in kakovost varjenja, spoznati tehnologije izdelave izdelka od zasnove do končne uporabe ter pri tem ugotoviti in odpraviti morebitne napake, ki bi se med samim procesom izdelave lahko pojavile.

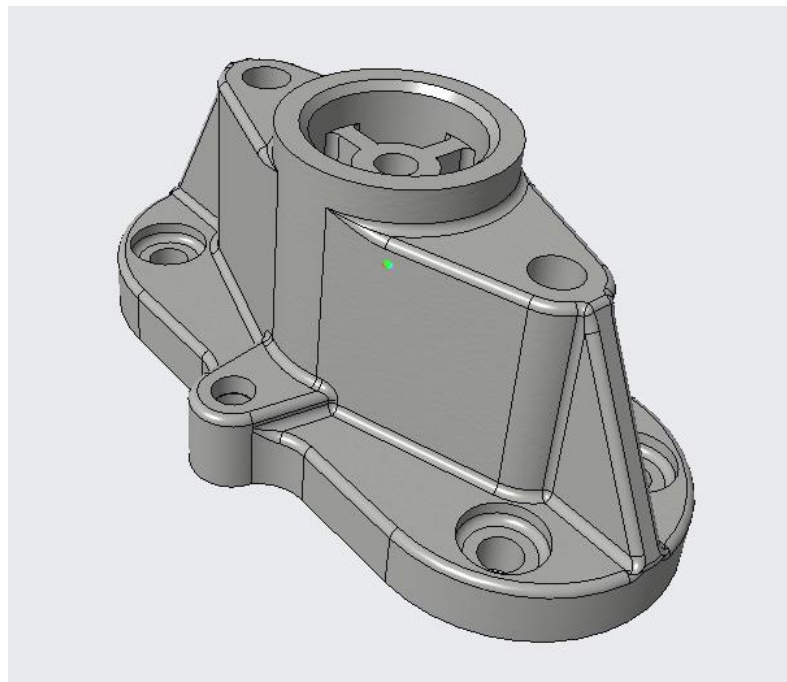
2 TEORETIČNI DEL

Začetek izdelave izdelka je ključen korak v procesu konstruiranja. Najprej je vedno potrebna ideja oz. začetna predstava, kaj izdelati in kako bo zadeva delovala ter izgledala. Ta faza običajno vključuje več različnih dejavnikov, ki so podrobneje opisani v nadaljevanju.

2.1 3D-MODELIRANJE

3D-modeliranje je digitalni način vizualizacije idej, znan tudi kot 3D-risanje ali 3D-oblikovanje. Pri tem postopku skico, risbo ali fotografijo pretvorimo v tridimenzionalno digitalno obliko. To dosežemo z uporabo specializiranih računalniških programov. Končni rezultat je 3D-model, ki fizično obliko predstavlja s pomočjo točk v tridimenzionalnem prostoru. Te točke so povezane z različnimi geometrijskimi elementi, kot so trikotniki, linije in krivulje. 3D-modeli nastanejo na več načinov – lahko jih ustvarimo ročno, s pomočjo algoritmov ali jih pridobimo s skeniranjem. Najpogosteje jih uporabljamo v 3D-grafiki in računalniško podprtem načrtovanju (CAD). S časom so postali uporabni tudi pri 3D-tiskanju. Oseba, ki se ukvarja s 3D-modeliranjem, je lahko 3D-oblikovalec, načrtovalec ali konstruktor, pogosto pa združuje vse te vloge (Chemets, 2025).

Slika 1: Primer 3D-modela



2.1.1 Področja 3D-oblikovanja

Spodaj je navedenih nekaj običajnih primerov 3D-oblikovanja. Ker so ti modeli včasih videti povsem realistično, večina ljudi niti ne pomisli, da gre za upodobljeno sliko. To so:

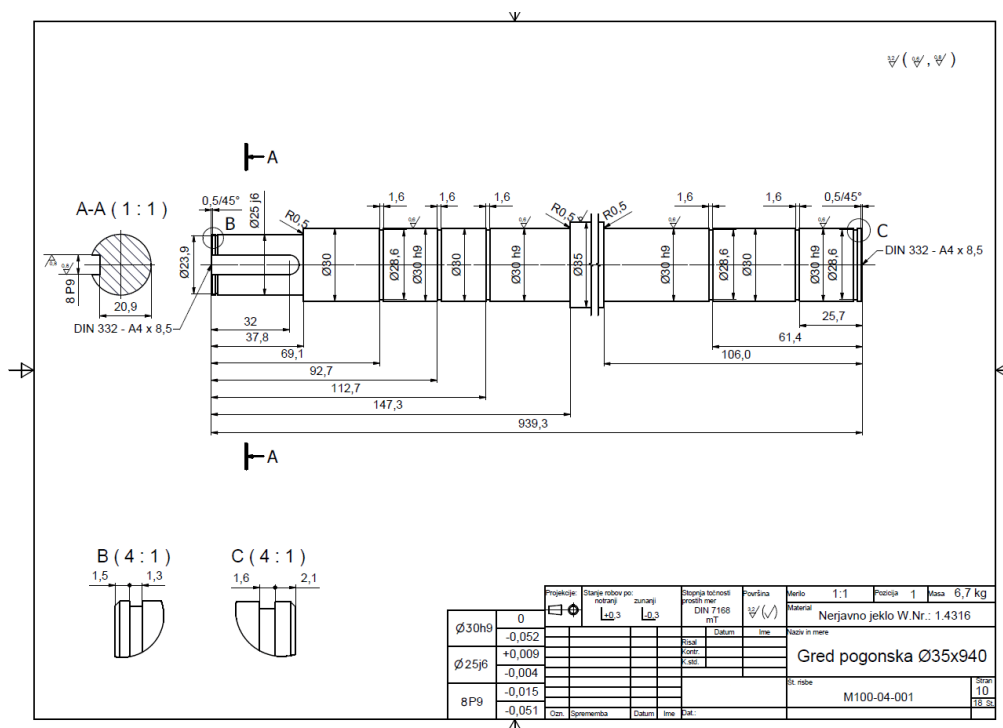
- Zabava in mediji: 3D-oblikovanje je nepogrešljivo pri ustvarjanju vizualnih učinkov, animacij in računalniških iger. Danes so povsem običajne tudi televizijske oddaje, ustvarjene izključno s 3D-programi.
- Arhitektura in nepremičnine: Arhitekti in oblikovalci uporabljajo to oblikovanje za realistično prikazovanje zgradb, notranjosti in okolice. Takšni modeli so zelo učinkoviti pri predstavitvah strankam, investitorjem in javnosti.
- Industrijsko oblikovanje in proizvodnja: S 3D-oblikovanjem lahko hitro razvijemo prototipe, vizualiziramo ideje in preizkusimo funkcionalnost izdelkov še pred proizvodnjo. Omogoča več iteracij brez fizičnih stroškov.
- Avtomobilska in aeronavtična industrija: 3D-tehnologija se uporablja pri oblikovanju, testiranju in trženju vozil. Realistične 3D-simulacije omogočajo preizkuse še pred izdelavo in se pogosto uporabljajo v oglasih.
- Medicina in zdravstvo: 3D-modeli organov, kosti in tkiv pomagajo pri diagnozi, kirurškem načrtovanju in raziskavah. Omogočajo natančnejši vpogled in pripravo na medicinske posege.
- Navidezna in nadgrajena resničnost (VR/AR): 3D-oblikovanje je osnova za ustvarjanje interaktivnih doživetij v VR in AR, ki se uporabljajo v različnih industrijah – od zabave do izobraževanja.
- Izobraževanje in usposabljanje: V učnem procesu nam omogoča interaktivne predstavitve pri predmetih, kot so biologija, geografija ali zgodovina. Pogosta je uporaba v simulacijah, npr. za trening pilotov (Adobe, 2025).

2.2 2D DOKUMENTACIJA

»Tehnična dokumentacija predstavlja dokumente, v katerih so informacije povezane s tehnološkimi postopki za praktično izvedbo. V to dokumentacijo običajno prištevamo: različne tehniške načrte, skice, posnetke stanja, preračune, opise delovnih postopkov ali faz izvedbe, popise sestavnih elementov, evidence dela ... Vsi ti dokumenti so pomoč pri izvajanju in kasnejši analizi izvedbe določenega projekta« (Jovan, 2011).

Tehnična dokumentacija je sestavljena iz pisnih in grafičnih dokumentov. Pisni dokumenti vključujejo opise postopkov izvedbe, sezname elementov in materialov, navodila ter standarde. Grafični dokumenti pa obsegajo tehnične risbe, načrte, sheme in diagrame. Skupaj zagotavljajo celovite informacije, potrebne za načrtovanje, izdelavo in vzdrževanje tehničnih sistemov ali izdelkov (Arnes, 2025).

Slika 2: Primer tehnične dokumentacije



Vir: (Vidovič, 2021)

2.3 TEHNOLOGIJA

2.3.1 Odrezavanje

Odrezavanje je postopek, pri katerem s pomočjo ročnih ali mehanskih orodij odvezemamo material osnovnemu obdelovancu ali sorovcu. S tem postopkom lahko dosegamo ozke tolerance in dobro obdelovalno površino. Ta tehnologija je pomembna v številnih panogah, vključno z industrijo, gradbeništvom, s proizvodnjo, z avtomobilsko industrijo, medicino in še več. Postopek odrezavanja lahko razdelimo na številne načine, v grobem pa ga delimo na ročno in strojno odrezavanje:

- Ročno odrezavanje: je primerno za manjša dela oz. takrat, kadar natančnost ni tako pomembna. V to kategorijo spadajo orodja, kot so žage, pile, kotni brusilniki ...

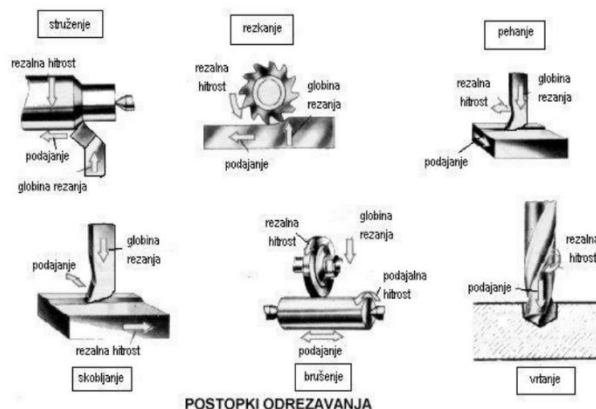
Slika 3: Primer ročnega odrezavanja (piljenje)



Vir: (Hoffmann Group, 2025)

- Strojno odrezavanje: je postopek, za katerega potrebujemo posebne stroje (stružnice, rezkalni stroji, vrtalni stroji, pehalni stroji ...) in strojna orodja (stružni nož, rezkalna glava, sveder, povrtalo, grezilo ...). Ti stroji omogočajo hitro natančno in kvalitetno obdelavo kovin in se večinoma uporabljajo v industrijske namene.

Slika 4: Postopki strojnega odrezavanja



Vir: (Prah, 2015)

Na proces odrezavanja vpliva veliko parametrov, od katerih je odvisen obdelovalni proces, obenem pa so lahko odvisni tudi drug od drugega. Proces odrezavanja bo uspešen in učinkovit, le če so vsi parametri za obdelovalni proces pravilno izbrani in usklajeni med seboj.

Odrežavanje kovine je prav zato zelo kompleksen proces z veliko procesnimi spremenljivkami:

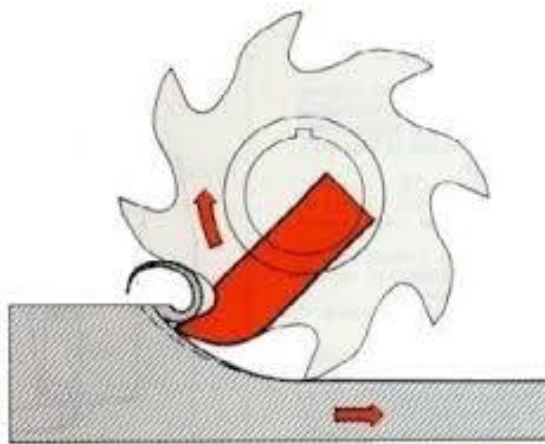
- Hitrost rezanja (Cutting Speed): To je hitrost gibanja rezalnega orodja vzdolž površine obdelovanca. Hitrost rezanja je ključna za učinkovitost procesa odrezavanja, saj vpliva na hitrost odstranjevanja materiala.
- Podajalna hitrost (Feed Rate): Podajalna hitrost se nanaša na hitrost, s katero se rezalno orodje pomika v smer rezanja. Pravilno nastavljena podajalna hitrost je pomembna za doseganje želene kakovosti rezanja.
- Globina rezanja (Depth of Cut): To je pomik orodja v obdelovanec. Pravilna nastavitve globine rezanja je ključna za preprečevanje preobremenitve orodja in doseganje zelenih rezultatov.
- Material obdelovancev: Različne vrste kovin imajo različne lastnosti, vključno s trdoto, togostjo in toplotno prevodnostjo. Te lastnosti vplivajo na izbiro orodja, hitrost rezanja in druge spremenljivke procesa odrezavanja.
- Vrsta rezalnega orodja: Obstaja več vrst rezalnih orodij. Izbor pravilnega orodja je odvisen od vrste kovine, debeline materiala in zahtev končnega izdelka.
- Hlajenje in mazanje (Coolant and Lubrication): Pri odrezavanju kovine se pogosto uporabljajo tekočine, kot so olja ali emulzije, za hlajenje rezalnega orodja in zmanjšanje trenja med orodjem ter materialom.
- Toleranca rezanja: Toleranca se nanaša na dovoljeno odstopanje od želene dimenzije končnega izdelka. Natančnost in kakovost rezanja sta odvisni od pravilne nastavitve tolerance.
- Oblika rezalnega roba: Oblika rezalnega roba orodja lahko vpliva na končni izgled in lastnosti odrezane kovine. Različne oblike rezalnih robov so primerne za različne aplikacije (Šircelj, in drugi, 2011).

2.3.1.1 Režkanje

Režkanje je postopek odrezavanja, pri katerem opravlja orodje rezkalo rotacijsko glavno gibanje, podajalna gibanja pa so lahko premočrtna ali rotacijska. Po navadi opravlja podajalna gibanja obdelovanec. Režkanje največ uporabljamo za obdelavo ravnih površin. S posebnimi oblikami rezkal lahko obdelujemo tudi ukrivljene površine – s kopirnim režkanjem lahko oblikujemo poljubno oblikovane površine, če pa uporabljamo profilna rezkala, dobimo tudi v prerezu oblikovane površine. Glede na to, kako se orodje dotika obdelovanca, ločimo:

- Valjasto režkanje: Je režkanje z zobmi na obodu. Rezkalo se obdelovanca dotika s svojim obodom. Prerez odrezka se med delom spreminja, zato obremenitev rezkala ni enakomerna.

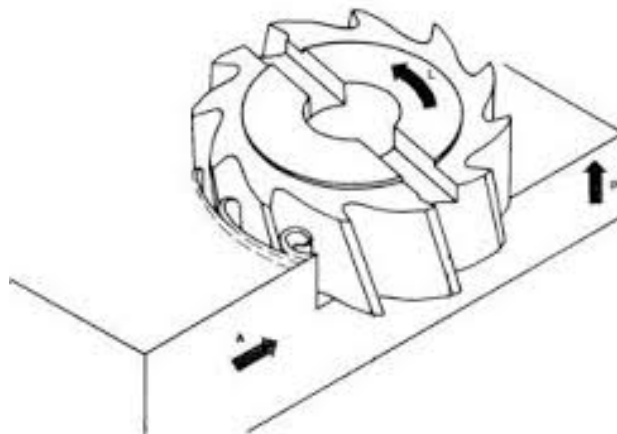
Slika 5: Obodno režkanje



Vir: (Prah, 2015)

- Čelno režkanje: Je režkanje z zobmi na čelu – rezkalo se obdelovanca dotika s svojim čelom. Odrezek ima enakomeren prerez.

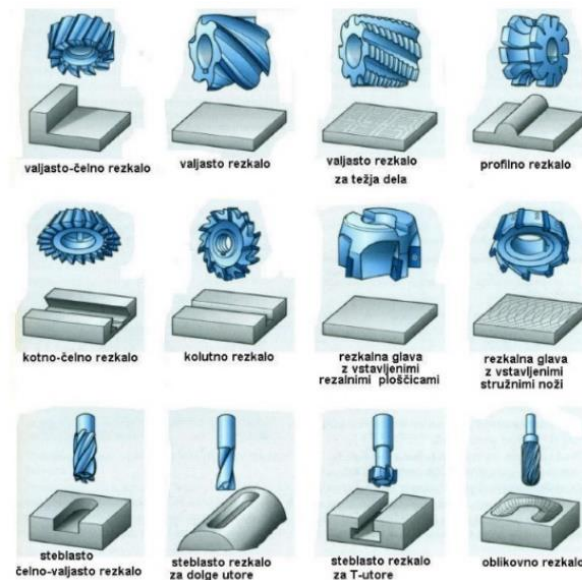
Slika 6: Čelno režkanje



Vir: (Prah, 2015)

Rezkala so orodja z glavnim rotacijskim gibanjem, ki delajo vedno z večjim številom rezil, ki pa večji del poti ne režejo in se zato lahko ohlajajo. Rezila so podobna stružnim nožem. Termično so manj obremenjena kot stružni noži, zato pa so mnogo bolj obremenjena s mehničnimi udarci. Za vpetje rezkal je pomembna tudi oblika zob, ki so lahko ravni ali usmerjeni po vijačnici. Tako jih lahko označujemo z levo in desno vijačnico, kakor vijake z desnim in levim navojem.

Slika 7: Vrste rezkalnih orodij



Vir: (Šircelj, 2024)

V glavnem ločimo dve vrsti rezkalnih strojev, in sicer:

- Univerzalni frezalni stroj: Uporaben je za majhne obdelovance v malih serijah in v orodjarstvu. Obdelujemo lahko vertikalno ali horizontalno. Delovna miza se premika v x in z osi, vrtilna glava pa v y osi.

Slika 8: Univerzalni rezkalni stroj



Vir: (Varesi, 2014)

- Obdelovalni centri: Obdelovalni centri imajo nameščene različne sisteme za vpenjanje in menjavanje orodij, numerično kontrolo za krmiljenje podajalnih in glavnih gibanj. To omogoča večinoma avtomatski način dela. Revolverska glava omogoča namestitev več orodij, ki se med obdelavo enostavno menjajo.

Slika 9: Obdelovalni center



Vir: (Premzl trade, 2025)

Obdelovalni centri nam omogočajo mnoge postopke odvzemanja materiala, kot so frezanje, vrtanje, izdelavo navojev in specialne obdelave.

Vpenjanje obdelovancev je mogoče z univerzalnim primežem, ki se uporablja za vpenjanje obdelovancev z ravnimi ploskvami, z vrtilno ploščo, ki omogoča rotacijo obdelovanca, z nagibno mizo, ki omogoča vpetje zahtevnejših obdelovancev ter rezkanje poševnin, z vpenjalno glavo, ki omogoča vpetje obdelovancev valjastih oblik ter z delilnikom, ki omogoča različna deljenja krožnih gibanj med samim delom. Vse to uporabljamo pri frezanju zahtevnejših oblik na klasičnih strojih, kjer zahtevnih gibanj ne moremo programirati. Tako lahko na klasičnih strojih frezamo šesterorobe, zobnike, verižnike ... (Prah, 2025).

Slika 10: Univerzalni primež

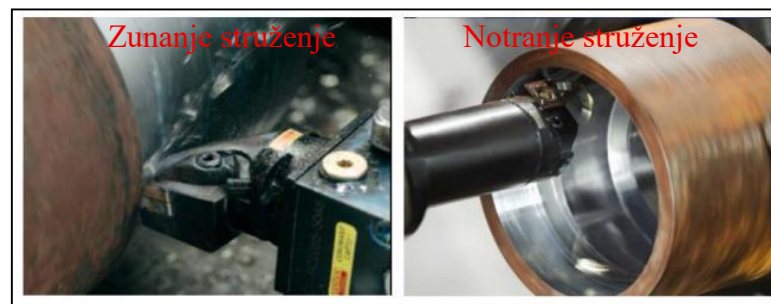


Vir: (Premzl trade, 2025)

2.3.1.2 Struženje

Struženje spada med klasične metode odrezavanja, pri katerih material odstranjujemo z enim rezilom in v neprekinjenem gibanju. Gre za najpogosteje uporabljen postopek obdelave valjastih kosov, čeprav lahko z njim obdelujemo tudi ravne površine ali nepravilne oblike, če orodje med delom niha. Pri struženju se obdelovanec vrti, orodje pa se premika vzdolž ali pravokotno nanj ter postopoma odstranjuje odvečni material. Ko želimo obdelati bolj zapletene oblike, se orodje lahko premika po določeni krivulji. Pomembna značilnost struženja je, da gre za postopek z enim rezilom, kar pomeni, da vsebuje orodje le eno rezalno površino. Struženje predstavlja približno 40 % vseh postopkov obdelave z odrezavanjem, zato je tudi eden izmed najbolj raziskanih postopkov. Pri tem vrtenje vedno opravlja obdelovanec, medtem ko je orodje tisto, ki opravlja podajalno gibanje. Glede na lego stružnega noža ločimo dve vrsti struženja, in sicer zunanje in notranje struženje:

Slika 11: Zunanje in notranje struženje

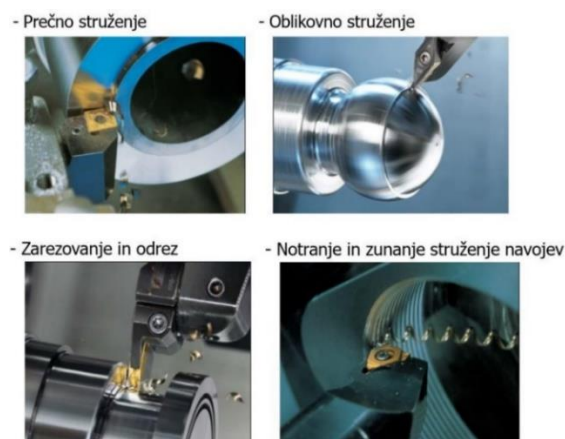


Vir: (Prah, 2015)

Glede na gibanje stružnega noža ločimo:

- prečno ali čelno struženje,
- vzdolžno struženje,
- struženje po konturah.

Slika 12: Vrste struženja glede na stružni nož



Vir: (Prah, 2015)

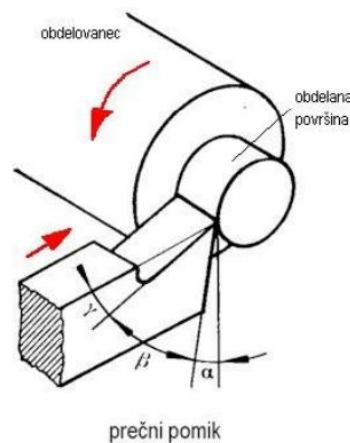
Glede na kvaliteto površine pa ločimo:

- grobo struženje (kvaliteta obdelave površine N11),
- srednje struženje (kvaliteta obdelave površine N9),
- fino struženje (kvaliteta obdelave površine N7).

Vplivne veličine na rezalne sile:

- Vpliv obdelovanega materiala: Ko ima material večjo natezno trdnost, se povečajo tudi rezalne sile, ki jih potrebujemo pri obdelavi. Vendar to povečanje ni povsem sorazmerno – večja trdnost ne pomeni nujno enako večjih sil, a vpliv je vsekakor opazen.
- Vpliv oblike rezalnega roba na orodju: Če cepilni kot (γ) povečamo za eno stopinjo, se pri obdelavi jekla rezalne sile zmanjšajo za 1 do 2 %. Pri tem pa moramo biti seveda previdni, saj če je cepilni kot prevelik, postane rezilni rob orodja tanjši in bolj občutljiv na poškodbe. Prosti kot (α) pa vpliva na rezalne sile predvsem takrat, ko je premajhen. Majhen prosti kot povzroča trenje med orodjem in obdelovancem, kar povečuje rezalne sile. Če pa je prosti kot (α) prevelik, se zmanjša kot klina (β), kar oslabi rezilo in poveča nevarnost, da se odlomi. Če je nastavni kot (κ) premajhen, začne nož pri obdelavi poskakovati oziroma »drdrati«, kar povzroči, da je površina obdelovanca groba. Ko ta kot povečujemo, se glavna rezalna sila sprva zmanjšuje (do kota približno 60°), nato pa spet začne naraščati. Pri večjih kotih se sicer poveča podajalna sila (F_s), vendar se odrivna sila (F_a) zmanjša.

Slika 13: Geometrija stružnega noža



Vir: (Prah, 2015)

- Obrabljenost rezalnega roba: Ko se rob obrablja, se rezalne sile lahko povečajo tudi do 25 %. Hrapava površina rezila otežuje odtekanje odrezkov, kar dodatno poveča sile. Splošno pravilo pravi, da se za vsakih 0,1 mm obrabe rezalna sila poveča za približno 10 %.
- Zaokroženost rezalne konice: Če je konica bolj zaobljena, se povečata glavna in odrivna sila, podajalna sila pa se zmanjša.

- Vpliv prereza odrezka: Večji kot je prerez odrezka, večje so tudi rezalne sile. Če podvojimo podajanje (s), se rezalne sile povečajo za približno 20 do 85 %. Če podvojimo globino rezanja (a), se rezalna sila skoraj podvoji. Tudi pri enakem prerezu odrezka ima vpliv razmerje med globino rezanja in podajanjem (a:s). Na primer, prerez z razmerjem 20:1 povzroča večjo glavno silo kot prerez z razmerjem 2:1.
- Vpliv rezalne hitrosti: Rezalno hitrost izračunamo po enačbi: $v = d \times \pi \times n$, kjer je d premer, n število vrtljajev. Pri določenih rezalnih hitrostih (pri jeklu med 50 in 80 m/min) so rezalne sile največje, nato pa začnejo padati, saj material postane bolj plastičen in lažje obdelovan.
- Vpliv hlajenja in mazanja: Hlajenje in mazanje imata majhen vpliv na zmanjšanje rezalnih sil. Učinkovitejše je ciljno mazanje s šobami, saj omogoča, da sredstvo vsaj delno pride do rezalnega območja. Vendar hlajenja in mazanja ne uporabljamo zaradi manjših sil, ampak predvsem zato, da podaljšamo življenjsko dobo orodja in olajšamo odvajanje odrezkov.
- Vpliv rezalnega materiala: Oslojeni in fino zrnati rezalni materiali povzročajo manj trenja, zato so tudi rezalne sile manjše. Prav tako so fino obdelane rezalne površine in ostri robovi učinkovitejši, saj zmanjšujejo upor pri rezanju (Prah, 2025).

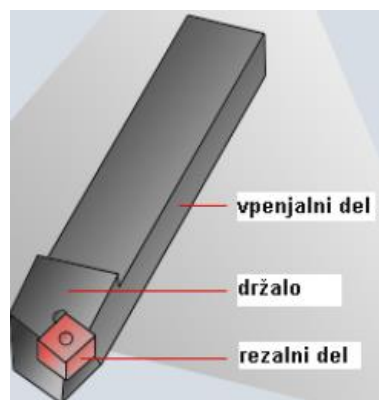
Orodja za struženje so sestavljena iz treh glavnih delov:

- Rezalni del: Namenjen je odrezovanju materiala. To je tisti del, ki pride v stik z obdelovancem.
- Držalo orodja: Omogoča pritrnitev rezalnega dela na stroj.
- Povezovalni del: Služi za povezavo orodja z vpenjalnim sistemom na stružnici.

Orodja ločimo tudi glede na smer rezanja na leva in desna ter po obliki preseka držala, ki je lahko: kvadratni, pravokotni, okrogli ali trapezni.

Manjša orodja so pogosto izdelana v enem kosu iz hitroreznega jekla. V takem primeru orodje enostavno izbrusimo iz trdne jeklene palice (stružca). Da čim bolj izkoristimo material, lahko tudi stružce vpenjamo v posebne držaje, kar je bolj ekonomično.

Slika 14: Sestava stružnega noža



Vir: (Prah, 2015)

Za struženje obstaja zelo veliko različnih orodij, saj ta postopek omogoča različne vrste obdelav. Glede na uporabo in sestavo ločimo več vrst:

- Stružni noži iz hitroreznega jekla (HSS): Nekoč zelo razširjeni, danes pa jih vse bolj nadomeščajo sodobnejša orodja.

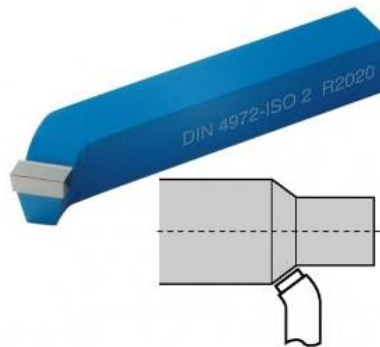
Slika 15: HSS stružni nož



Vir: (Almo, 2025)

- Orodja s prispajkano rezalno ploščico: Ta orodja imajo rezalni del iz karbidne trdine ali drugih trdih materialov, spojen na nosilni del. Ponuja večjo trdnost in obstojnost pri višjih hitrostih.

Slika 16: Stružni nož s prispajkano rezalno ploščico



Vir: (Almo, 2025)

- Držala z vpenjalnimi sistemi za rezalne ploščice: To je danes najpogostejši sistem. Držala so posebej oblikovana za natančno in hitro menjavo standardiziranih rezalnih ploščic, ki jih pritrdimo z vijaki, vzmetmi ali drugimi mehanizmi.

Slika 17: Držalo za rezalne ploščice



Vir: (WD-Tehnik, 2025)

Stružnice delimo glede na njihovo namembnost in konstrukcijo. Ena najpogosteje uporabljanih je univerzalna stružnica, ki omogoča širok nabor obdelovalnih postopkov, kot so struženje, vrtanje, rezkanje in pehanje. Primerna je za raznovrstna orodja in se pogosto uporablja v delavnicah in pri izobraževanju zaradi svoje vsestranskosti.

Revolverske stružnice so namenjene izdelavi večjih serij obdelovancev. Njihova glavna prednost je revolveraska glava, v katero je vpetih več orodij. Ta omogoča hitro menjavo orodij brez zaustavitve stroja. Revolverske stružnice so lahko ročno ali avtomatsko krmiljene.

Čelne stružnice uporabljamo za obdelavo velikih kosov, ki imajo večji premer (tudi nad 1500 mm) in majhno debelino (do približno 400 mm). Njihova konstrukcija omogoča dober pregled nad delom in enostavno odstranjevanje ostružkov. Glavno vreteno je nameščeno vodoravno, kar pa prinaša tudi slabost – ob večjih obremenitvah lahko natančnost obdelave nekoliko trpi.

Pri vertikalnih oziroma karuselskih stružnicah je glavno vreteno postavljeno navpično, delovna miza pa leži vodoravno. Zaradi take postavitve je vpenjanje večjih obdelovancev enostavnejše, dosežena pa je tudi večja natančnost obdelave. Te stružnice se pogosto uporabljajo v serijski proizvodnji. Njihova različica, to je karuselna stružnica, omogoča še več možnosti uporabe, saj se jo lahko nadgradi za rezkanje, brušenje, izdelavo zobnikov ipd.

Za velikoserijsko in masovno proizvodnjo pa uporabljamo avtomatske stružnice, ki imajo vse gibe avtomatizirane. Danes prevladujejo CNC-stružnice (Computer Numerical Control), kjer je obdelava popolnoma računalniško vodena. Poznamo enovretenske in večvretenske stroje – več kot ima stroj vreten, bolj je produktiven. Prednosti CNC-strojov so številne: omogočajo programiranje obdelave, optimizacijo rezalnih parametrov, shranjevanje programov, spremljanje in prilagajanje procesa ter povezavo z načrtovalskimi sistemi (npr. CAD/CAM). CNC-tehnologija tako omogoča visoko stopnjo avtomatizacije, natančnosti in ponovljivosti (Prah, 2025).

Slika 18: Klasična univerzalna stružnica



Vir: (Varesi, 2015)

2.3.1.3 Vrtanje

Vrtanje je postopek, s katerim v material izdelamo izvrtino oziroma luknjo. To naredimo s pomočjo svedra, ki je glavno orodje za vrtanje. Najpogosteje vrtamo na vrtnih strojih, lahko pa tudi na stružnicah, rezkalnih strojih ali specialnih strojih. Pri klasičnem vrtanju se sveder vrtil (izvaja glavno rotacijsko gibanje) in se hkrati premika naprej (izvaja podajalno gibanje), medtem ko obdelovanec miruje. Če pa vrtamo na stružnici, se vrtil obdelovanec, sveder pa miruje ali se le premika naprej. Značilnost vrtanja je, da se oblika odrezka ne spreminja med posameznimi obrati. Spremenimo jo lahko le z večjim ali manjšim podajanjem svedra (Prah, 2025).

Svedri so orodja, ki jih uporabljamo za vrtanje lukenj. Večina svedrov ima dve enaki rezili, zato jih imenujemo dvorezilni svedri. Obstajajo tudi izjeme, kot so svedri za globoko vrtanje, kjer je globina večja od osemkratnika premera svedra – ti imajo lahko le eno rezilo ali pa dve neenaki rezili. Vrste svedrov so:

- Svedri iz hitroreznega jekla (HSS): Najbolj pogosto uporabljeni v industriji. Odlikujejo jih dobra odpornost na visoke temperature in obrabo, zato so zanesljivi tudi pri nestabilnih pogojih obdelave. So cenovno dostopni in primerni za različne namene.
- Karbidni svedri: Uporabljamo jih za bolj zahtevno in hitro vrtanje v trde materiale. Imajo dolgo življenjsko dobo, vendar so občutljivi na vibracije zaradi svoje krhkosti. So idealni za dolgotrajne in natančne obdelave.
- Stopničasti svedri: Omogočajo vrtanje lukenj različnih premerov brez menjave orodja, zato so posebej uporabni za pločevino in plastiko.
- Središčni svedri: Služijo za točno določanje središča vrtanja in zagotavljajo, da se glavni sveder ne izmika.
- Stožčasti svedri: Uporabljamo jih za širjenje obstoječih izvrtin v stožčasto obliko, pogosto pri pripravi lukenj za vpenjalne elemente.
- Vijačni sveder: Najpogosteje uporabljan, saj je primeren za vrtanje plitvih, valjastih lukenj v poln material. Uporabljajo se za vrtanje v kovino, plastiko in les – gre za orodje za grobo obdelavo, vendar so luknje, ki jih z njim izvrtamo, dovolj natančne in okrogle za veliko vsakdanjih potreb. Poznamo dve glavni izvedbi vijačnega svedra, in sicer za manjše premere uporabljamo svedre z valjastim držajem, za večje premere pa svedre s stožčastim držajem. (Prah, 2025)

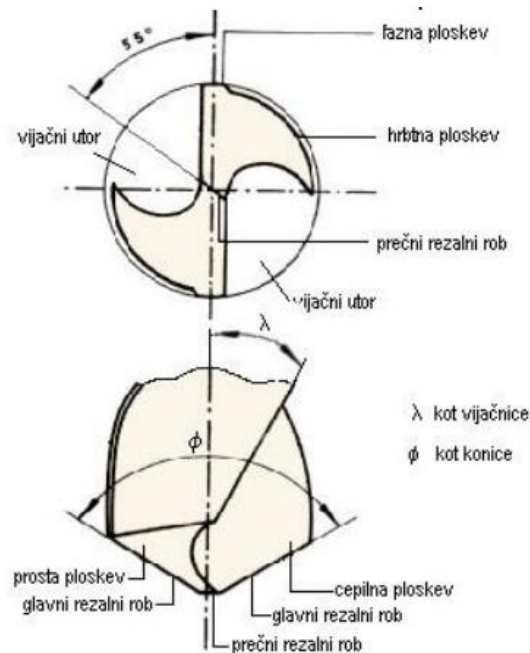
Slika 19: Vijačni sveder



Vir: (Prah, 2015)

Vrh vijáčnega svedra ima dve enaki rezili. Na sliki lahko vidimo poimenovanja posameznih delov svedra. Značilnost vijáčnega svedra sta dva spiralna utora, ki služita za odvajanje odrezkov. Ta utora ustvarita dva ravna rezalna roba. Utora morata biti dovolj globoka, da med njima ostane jedro, ki svedru daje trdnost. Proti držalu postajata vedno bolj plitva, saj se jedro odebeli. Spiralna utora sta navadno zrezkana in zbrušena. Kot spirale (kot vijáčnice) je odvisen od vrste materiala, ki ga vrtamo. Prav tako se glede na material prilagaja tudi kot konice svedra. (Klemenšek, 2025)

Slika 20: Deli vijáčnega svedra



Vir: (Prah, 2015)

- Svedri z menjalnimi ploščicami: Imajo jekleno telo in zamenljive rezalne robove iz karbida. Najbolj se uporabljajo pri vrtanju z večjimi premeri, saj omogočajo prilagoditev rezalnega dela glede na material. So zelo učinkoviti pri velikoserijski proizvodnji, saj znižujejo stroške in omogočajo enostavno menjavo obrabljenih ploščic.

Slika 21: Sveder z menjalnimi ploščicami



Vir: (Walter Tools, 2025)

2.3.2 Varjenje

Varjenje je postopek spajanja dveh materialov, ki se s pomočjo toplote, pritiska ali pa v kombinaciji obeh spojita v eno celoto. To lahko izvajamo z ali brez dodajanja materiala. Pri varjenju je vir toplote električni oblok, ki ga ustvarja varilna naprava. Spoj materialov temelji na temperaturi, ki jo ustvari električni oblok. Tak postopek varjenja se imenuje elektroobložno varjenje. Poznamo več vrst varjenja, ki so opisana v nadaljevanju.

2.3.2.1 MMA-varjenje

MMA-varjenje, poznano tudi pod pojmom ročno obložno varjenje s kovinsko elektrodo (ang. Manual Metal Arc welding) ali obložno varjenje s prekritimi elektrodami, je eden izmed najpogostejših in najbolj priljubljenih postopkov varjenja. Za to vrsto varjenja potrebujemo električno energijo, ki ustvarja oblok med kovinsko elektrodo in osnovnim materialom, kar povzroči taljenje elektrode in osnovnega materiala. Elektroda je prevlečena s talilom, ki se med varjenjem raztaplja in tvori zaščitni plin ter žlindro, ki ščiti varilni bazen pred oksidacijo in kontaminacijo. Po zaključenem varu nastalo žlindro odstranimo s površine vara (SQS, 2024).

Slika 22: Oplaščene elektrode



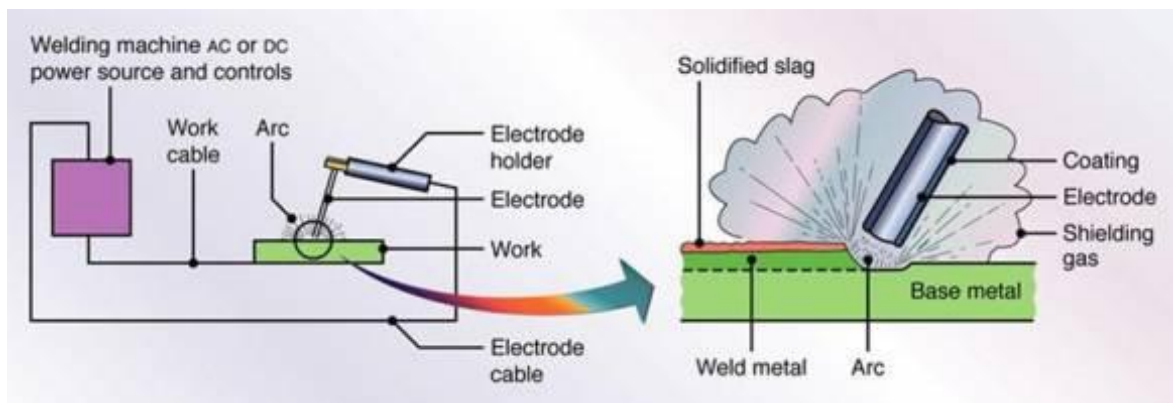
Vir: (Mercur, 2025)

Ločimo tri glavne vrste elektrod, in sicer bazične, rutilne in celulozne elektrode, ki bodo tudi podrobneje predstavljene:

- **Bazične elektrode:** Varjenje z bazično elektrodo je nekoliko zahtevnejše. Ker zaščitni plini pri tej elektrodi niso tako učinkoviti kot pri celuloznih in rutilnih elektrodah, je pomembno, da oblok ostane čim krajši. Končni zvar pa se ponaša z odličnimi mehanskimi lastnostmi. Sestavljene so iz bazičnih elementov, kot sta kalcijev karbonat in kalcijev fluorid. Ti elementi pomagajo ohranjati lok med varjenjem in izboljšajo lastnosti varjenja. Njihove lastnosti so:
 - Visoka trdnost zvara: Bazične elektrode ustvarjajo zvarne spoje, ki so izjemno trdni in odporni na razpoke, kar jih naredi idealne za zahtevne industrijske aplikacije.
 - Globoko prodiranje: Te elektrode omogočajo globoko prodiranje v koren zvarnega spoja, kar je še posebej uporabno pri varjenju debelih materialov.
 - Stabilen lok: Bazične elektrode zagotavljajo stabilen lok med varjenjem, kar olajša delo varilca in omogoča dosledne rezultate.
 - Odporne na vplive vetra: Zaradi svoje stabilne ovojnice so bazične elektrode manj občutljive na vplive vetra in lahko zagotavljajo kakovostne zvarne spoje tudi v vetrovnih razmerah.
 - Primerne za visokotemperaturna varjenja: Zaradi svojih posebnih lastnosti so bazične elektrode primerne za varjenje pri visokih temperaturah, na primer pri varjenju jekla.
- **Rutilne elektrode:** Rutilne elektrode so med najpogosteje uporabljenimi elektrodami pri ročnem obločnem varjenju. Ime "rutil" izhaja iz rutilne prevleke (titanovega dioksida), ki je prisotna v oplaščenju teh elektrod. Ta prevleka pomaga stabilizirati lok med varjenjem in zagotavlja zaščito taline. Njihove glavne značilnosti so:
 - Stabilen lok: Rutilna prevleka omogoča stabilen in enostaven lok med varjenjem, kar olajša delo varilca.
 - Enostavno upravljanje: Te elektrode so primerne za različne varilske položaje, vključno s horizontalnim, navpičnim in prečnim varjenjem, kar omogoča večjo prilagodljivost pri različnih projektih.
 - Dobro oblikovanje korena: Rutilne elektrode običajno ustvarjajo gladko in estetsko privlačno korenino zvarnega spoja, kar izboljšuje videz končnega varjenega izdelka.
 - Primernost za tanke materiale: Zaradi stabilnega loka in zmerne prodora so rutilne elektrode idealne za varjenje tanjših materialov

- **Celulozne elektrode:** Celulozne elektrode so vrsta elektrod, ki se pogosto uporabljajo pri ročnem obločnem varjenju. Ime "celulozna" izvira iz njihove zgodovinske sestave, saj so bile te elektrode nekoč izdelane z dodatkom celuloznih vlaken v opláščenju. Vendar večina sodobnih celuloznih elektrod celuloznih vlaken ne vsebuje več. Celulozne elektrode se običajno uporabljajo za varjenje jekla in so znane po svojih izjemnih zmogljivostih pri varjenju v težkih položajih, kot sta navzgor ali navpično varjenje nad glavo. Te elektrode ustvarjajo globoko prodirajočo toploto, kar olajša oblikovanje korena zvarnega spoja. Celulozne elektrode so primerne za uporabo z enosmernim tokom (DCEN – Direct Current Electrode Negative) in omogočajo dober prodor ter stabilen lok. Zaradi občutljivosti na spremembe dolžine loka je potrebno, da varilec natančno nadzoruje dolžino loka med varjenjem. Pomembno je tudi poudariti, da so celulozne elektrode občutljive na vlago. Pred uporabo jih je treba temeljito posušiti, da se prepreči nastanek poroznih zvarnih spojev (SQS, 2024).

Slika 23: Prikaz MMA-varjenja

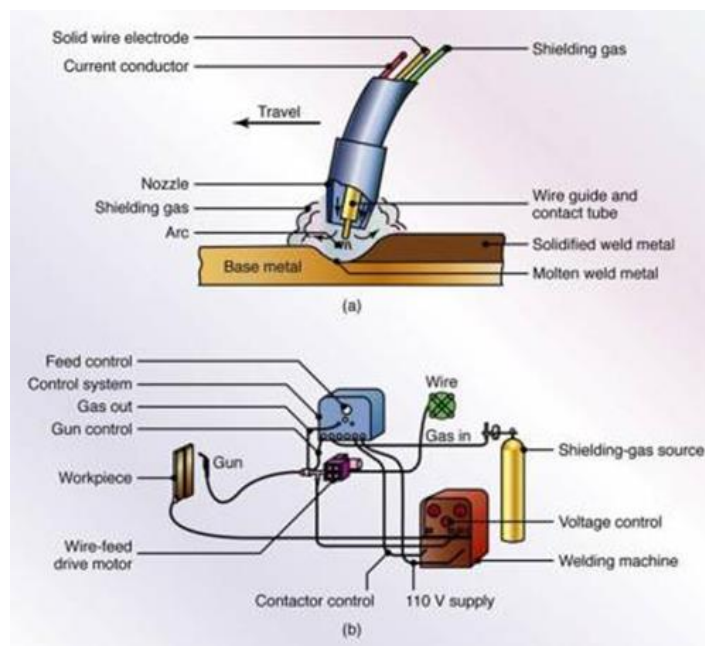


Vir: (Kovinc, 2025)

2.3.2.2 MIG/MAG-varjenje

Varjenje MIG/MAG (Metal Inert Gas in Metal Active Gas) je postopek varjenja z golo varilno žico v zaščitni atmosferi plina. Zaradi svoje uporabnosti in neprimerljive produktivnosti je MIG-varjenje aluminija, železa in pločevine najbolj razširjen postopek v industriji. Varjenje poteka tako, da varilec med varjenjem drži v eni roki gorilnik, kjer služi za prehod električnega toka na žico kontaktna šoba, za dovod plina pa plinska šoba. Ob pritisku na stikalo varilec vklopi varilni tok in zaščitni plin. V primerni oddaljenosti med elektrodo in varjencem nastane oblok. Oblok je lahko iz zaščitnega plina CO₂, 13 % CO₂ + Ar + 3 % O₂ ali corgon – 82 % Ar in 18 % CO₂ (Kovinc, 2025).

Slika 24: Prikaz MIG/MAG-varjenja



Vir: (Kovinc, 2025)

Pri CO₂-varjenju uporabljamo enosmerni tok, kjer je pozitivni (+) pol priključen na elektrodo oziroma varilno žico. To zagotavlja stabilen oblok in velik uvar. Pri varjenju aluminija in njegovih zlitin ta nastavitev omogoča učinkovit čistilni efekt, saj razbija oksidno plast na površini materiala, kar zagotavlja kakovostne zveze (SQS, 2024).

Povečanje varilne napetosti ob nespremenjenih varilnih parametrih povzroči daljši oblok in večji premer kapljic. Če pa z zviševanjem varilne napetosti hkrati povečamo hitrost dovajanja žice, bodo kapljice manjše (SQS, 2024).

Slika 25: Vpliv varilne napetosti na oblok



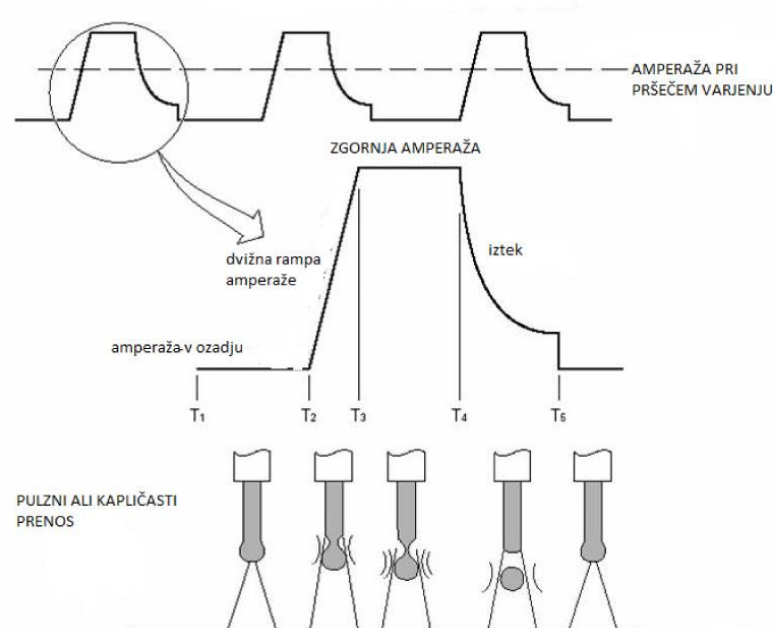
Vir: (SQS, 2024)

Vrsta prehoda dodatnega materiala skozi oblok je odvisna predvsem od napetosti in jakosti varilnega toka ter vrste uporabljenega zaščitnega plina. Različne oblike prehodov se uporabljajo glede na debelino in vrsto osnovnega materiala, obliko spoja ter položaj varjenja. Obstaja pet vrst prehodov dodatnega materiala skozi oblok:

- **Kratkostični prehod:** Pri kratkostičnem prehodu žica 20- do 100-krat na sekundo sklence električni krog s talilno kopeljo, kar povzroča izmenično prižiganje in ugašanje obloka, pri čemer se žica stalno dotika zvarjenca ter se tali. Ta način varjenja uporablja tanke žice, nizko napetost (pod 20 V) in CO₂ kot zaščitni plin, kar omogoča varjenje tankih materialov z majhnim vnosom toplote in minimalnimi deformacijami, primerno za prisilne lege ter nelegirana in nerjavna jekla.
- **Grobokapljičasti prehod:** Pri grobokapljičastem prehodu debelejšje kapljice, večje od premera varilne žice, letijo v talilno kopel brez stalnega kratkega stika, pri čemer okoli 100 kapljic na sekundo včasih sklence kratek stik, prehod pa se pojavi pri jakosti toka nad 150 amperov in napetosti nad 20 V. Ta način varjenja se uporablja za kotne in temenske zveze na nelegiranih in malo legiranih jeklih v zaščiti CO₂ ali Ar/CO₂ mešanic, pri čemer CO₂ povzroča močno brizganje, medtem ko mešanica z inertnim plinom omogoča prehod z manj obrizgi.

- **Pršeci prehod:** Pršeci prehod materiala, kjer so kapljice enake ali manjše od premera žice, dosežemo pri varjenju jekla z mešanicami plinov Ar ali He (nad 80 %) in pri varjenju neželeznih kovin v zaščiti Ar ali He, pri čemer CO₂ povzroča grobokapljičasti prehod z brizganjem. Pri visokih tokovih kapljice (100–300 na sekundo) razbijejo vrh žične elektrode v obliki konice, medtem ko pri še višjih tokovih nastane rotirajoči prehod, kjer se staljeni del oblikuje v spiralo.
- **Rotirajoči prehod:** Pri še višjih varilnih tokovih nastane rotirajoči prehod materiala, kjer staljeni konični del žice prevzame obliko spirale, kar je posledica popačenih sil v magnetnem polju obloka. Spirala ustvari stabilno magnetno polje, kar omogoča varjenje z visokimi tokovi, primerno za debelejšje materiale, predvsem polnilne in kotne zware.
- **Pulzni prehod:** Pulzirajoči prehod nastane, ko se varilni tok v določenih intervalih poveča s tokovnimi sunki, kar omogoča natančnejši prenos kapljic z žice v talilno kopel. S tem postopkom se ustvari 60–120 kapljic na sekundo brez kratkih stikov. Pulziranje je mogoče doseči le v zaščitnem plinu z več kot 80 % argona, kar preprečuje nastanek obrizgov. Ta tehnika omogoča varjenje tanjših materialov in uporabo žic večjih premerov v vseh varilnih položajih (SQS, 2024).

Slika 26: Pulzni prehod



Vir: (SQS, 2024)

2.3.2.3 TIG-varjenje

TIG-varjenje, znano tudi kot varjenje z volframovo elektrodo in zaščitnim plinom (Tungsten Inert Gas welding), je izjemno natančen postopek, ki omogoča varjenje kovin in zlitin z zelo visokimi tališči, saj lahko temperature dosežejo do 6000 °C. Ta metoda zagotavlja visokokakovostne zveze z uporabo žlahtnega plina, ki var ščiti pred oksidacijo in atmosferskimi vplivi, kar omogoča večji nadzor nad varom ter zagotavlja močnejše in bolj kakovostne zveze, brez izgub materiala. TIG-varjenje je priljubljeno pri varjenju tankih materialov, cevovodov in v orodjarstvu ter je nepogrešljivo v industrijah, kot sta letalstvo ter vesoljski program. Pogosto se uporablja tudi v kozmetični in živilski industriji, kjer so potrebni posebni higienski standardi. Metoda omogoča, da ima zvar skoraj identično sestavo kot osnovni material, s čimer zagotavlja izjemno odpornost proti koroziji in razpokam tudi dolgoročno. Kljub temu da je TIG-varjenje zelo zahtevno zaradi potrebe po vzdrževanju kratke razdalje med volframovo elektrodo in varjencem, nudi vrhunske rezultate kot so močni, natančni in kakovostni zvari (Kovinc, 2025).

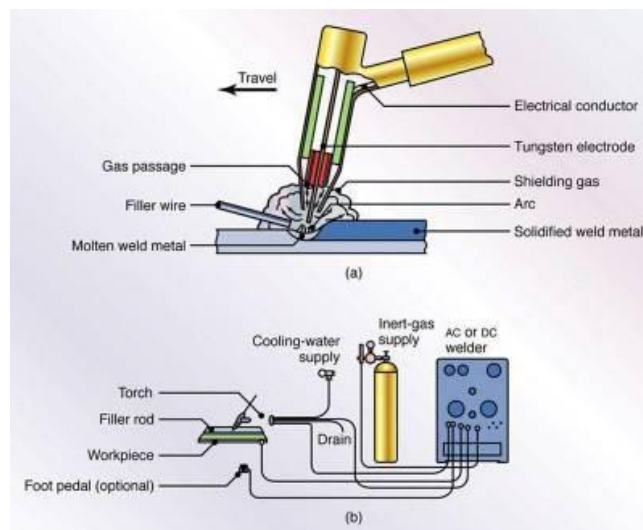
Atmosferski zaščitni plini, ki jih pri tem postopku lahko uporabljamo, so:

- Argon (Ar),
- Helij (He),
- Helij + Argon (He + Ar).

Poznamo več kvalitet argona. Najpogostejše so kvalitete 4.6, 4.8 in 5.0. Višja kot je številka, večji je odstotek argona v plinu:

- Argon 4.6: 99,996 % Ar,
- Argon 4.8: 99,998 % Ar,
- Argon 5.0: 99,999 % Ar.

Slika 27: Prikaz TIG-varjenja



Vir: (Kovinc, 2025)

2.3.3 Barvanje

Barvanje kovin je postopek nanosa zaščitnega in dekorativnega sloja na kovinske površine. Ta sloj ščiti kovino pred korozijo, obrabo in vplivi okolja ter izboljšuje njen videz. Obstaja več tehnik in vrst premazov za barvanje kovin. Pravilna priprava površine in izbira ustrezne metode ter materialov so ključni za kakovostno barvanje kovin in s tem podaljševanje njihove življenjske dobe. Koraki pri barvanju kovin so:

1. Priprava površine:

- Čiščenje: Odstranitev umazanije, maščobe, olja in rje.
- Brušenje: Glajenje površine za boljši oprijem barve.
- Uporaba osnovnega premaza: Nanos osnovnega sloja za izboljšanje oprijema in zaščito pred korozijo.

2. Nanos barve:

- Metoda: Izbira primerne metode nanašanja barve glede na velikost in obliko predmeta.
- Plasti: Nanos več slojev barve za enakomeren in trpežen premaz.

3. Strjevanje:

- Čas: Pustiti, da se vsak sloj posuši, preden nanesemo naslednjega.
- Pečenje: Pri praškastem barvanju in nekaterih drugih tehnikah je potrebno strjevanje v peči.

4. Zaključek:

- Preverjanje: Pregled končnega rezultata za morebitne napake.
- Popravki: Odprava napak in nanos dodatnih slojev, če je potrebno.

Pravilna priprava površine in izbira ustrezne metode ter materialov so ključni za kakovostno barvanje kovin, ki bo zagotovilo dolgotrajno zaščito in estetski videz (Kupibarve, 2025).

Slika 28: Barvanje kovin



Vir: (Freepik, 2025)

3 IZDELAVA VARILNEGA POZICIONERJA

3.1 KONSTRUIRANJE IZDELKA

Pred samim konstruiranjem in sestavo izdelka si lahko na spletu pogledamo podobne izdelke, ki jih lahko kupimo v trgovinah in tako imenovane DIY-projekte (Do It Yourself oz. naredi si sam). Pri samem izbiranju izdelka je varilni pozicioner moral biti:

- majhen zaradi majhne domače delavnice,
- prenosljiv zaradi možne potrebe po uporabi izdelka na terenu,
- imeti možnost vpenjanja daljših cevi skozi stružno glavo,
- imeti možnost vpenjanja cevi skozi stružno glavo minimalno $\varnothing 40$,
- imeti 240 V enofazni električni priklop,
- imeti možnost nastavljanja vrtljajev.

Izmed mnogih pozicionerjev je kriterijem na koncu najbolj ustrezal izdelek, ki ga je naredil YouTube kanal Made In Poland.

Slika 29: Primer končnega izdelka



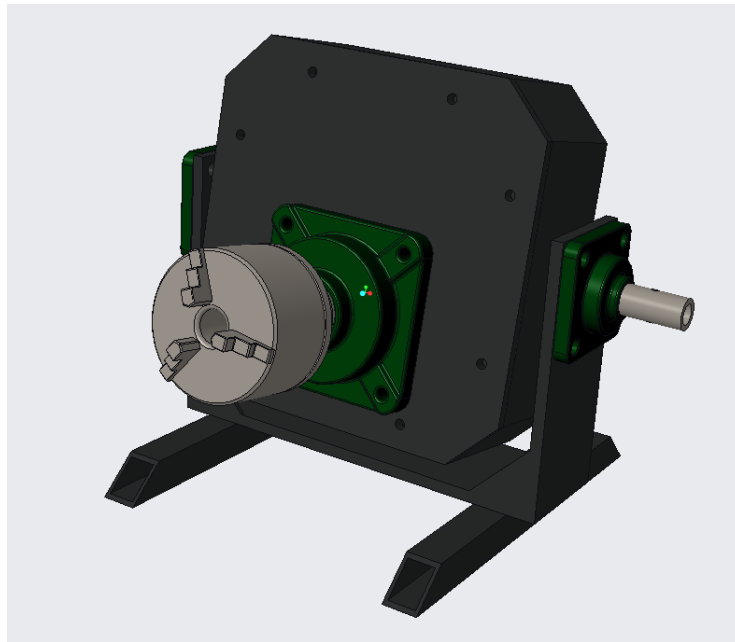
Vir: (Poland, 2025)

Konstruiranje se je začelo s podrobnim ogledom videa, v katerem je prikazano, kako je izdelal varilni pozicioner. Ker se na posnetku ne specificirajo mere, so se prilagodile glede na velikost ležajnega ohišja in velikost elektromotorja. Velikost ležajev se je določila glede na želen notranji premer cevi. Se pravi, ker je bila želja, da se lahko čez cev potisne vsaj $\varnothing 40$ ali več, je potrebam ustrezal ležaj z notranjim premerom $\varnothing 50$, v katerega pride vstavljena cev $\varnothing 50 \times 2$ mm. Vsa konstrukcija je sestavljena iz železnih plošč oznake S235 (jeklo 1.0038), debeline 8 mm.

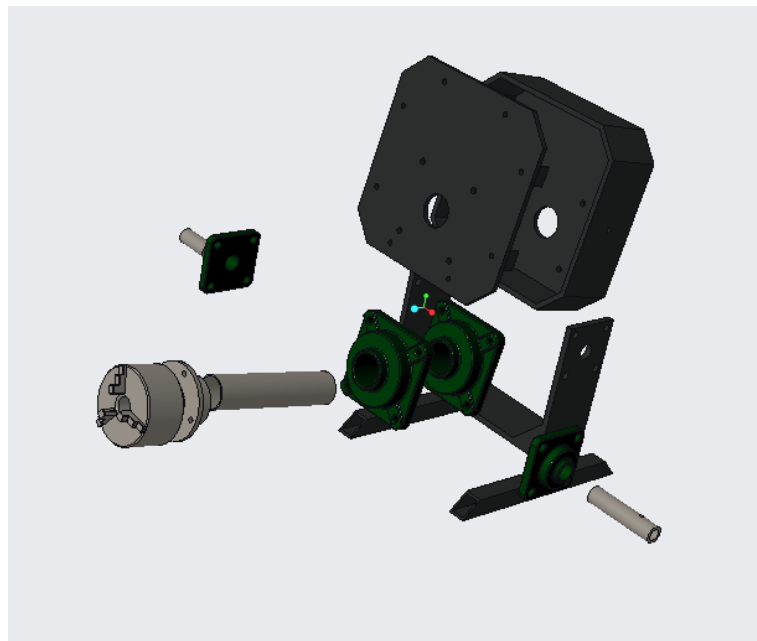
3.1.1 Izdelava 3D-modelov

Celoten izdelek je bil, kot je že bilo navedeno, konstruiran v programu Creo Parametric, kjer je bil narejen tudi načrt za vsak posamezen del. Deli pozicionerja so bili najprej narisani v partu in nato sestavljeni v assemblyju. Part predstavlja enega izmed tipov 3D-modeliranja, kjer se preko sketcha (2D) nariše želena oblika, ki se nato s funkcijo Extrude izvleče v prostor, s čimer nastane 3D-model. Tako part kot sketch nudita širok nabor orodij za risanje tudi bolj kompleksnih sestavov. V assemblyju pa se vsi narisani parti združijo v eno celoto s pomočjo različnih ukazov, kot so: coincident, parallel, cylindrical, distance, fix, default in drugi.

Slika 30: 3D-model



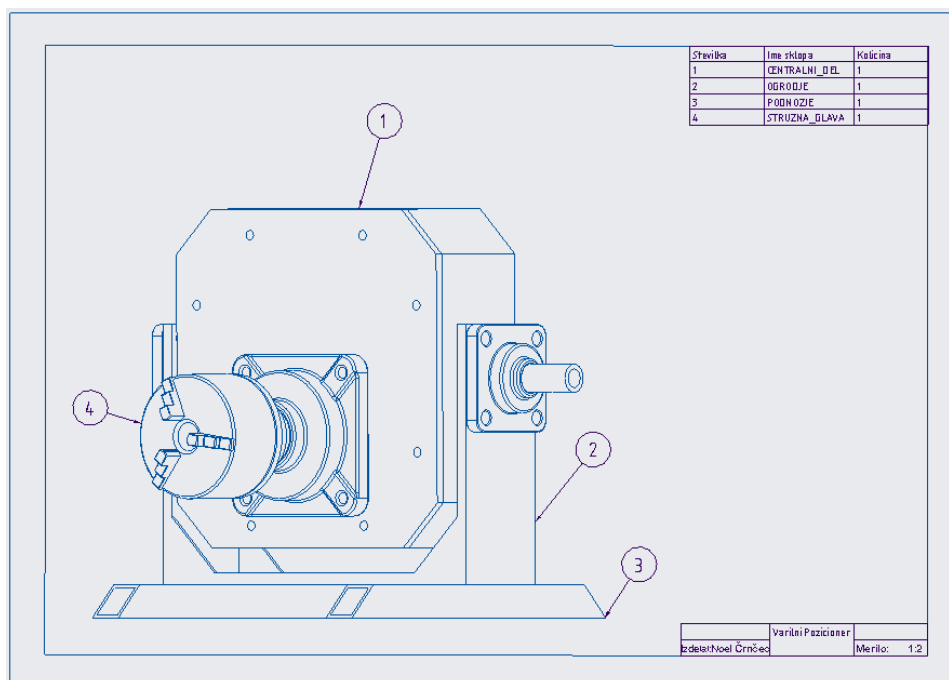
Slika 31: Exploded pogled



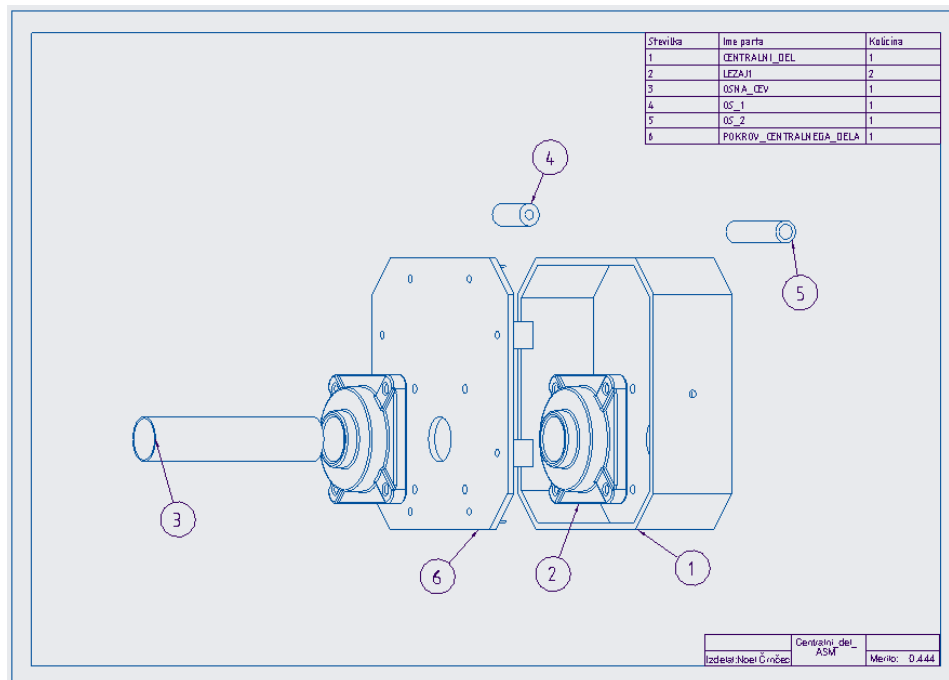
3.1.2 Izdelava delavniške dokumentacije

Delavniška risba v strojništvu je tehnična risba, ki prikazuje, kako je treba nek strojni del pravilno izdelati. Narejena je tako, da jo lahko razumejo delavci v proizvodnji, strojniki in CNC-operaterji. Vsebuje vse potrebne podatke za izdelavo: obliko dela, njegove mere, materiale, površinsko obdelavo ter posebne zahteve, kot so navoji, toleranca in varjenje. Risba običajno prikazuje več pogledov na del: sprednji, zgornji, stranski in po potrebi prerez (rez), da se vidi notranjost. Vsi ti pogledi so narisani natančno in v merilu, pogosto v razmerju 1:1 ali 1:2. Vse dimenzije so jasno označene, poleg njih pa tudi dovoljeni odkloni – to so tako imenovane tolerance, ki določajo, koliko se lahko končna mera razlikuje od idealne. Na risbi je tudi naslovna legenda (ali blok), kjer so zapisani osnovni podatki, kot so ime izdelka, datum risanja, risalec, material, masa in številka risbe. Včasih so dodane tudi opombe, kot so navodila za montažo, zaščito površin (npr. cinkanje) ali opozorila (npr. "ne lakiraj naležnih površin"). Delavniška risba mora biti narejena v skladu z mednarodnimi standardi (npr. ISO), da je razumevanje enotno ne glede na to, kje se izdelek izdeluje. Takšne risbe običajno nastanejo na osnovi 3D-modela v računalniškem programu (npr. SolidWorks, Inventor, Creo Parametric), nato pa se pretvorijo v 2D-tehnično risbo. Glavni namen delavniške risbe je, da omogoči natančno in enotno izdelavo mehanskega dela brez nepotrebnih vprašanj ali nejasnosti.

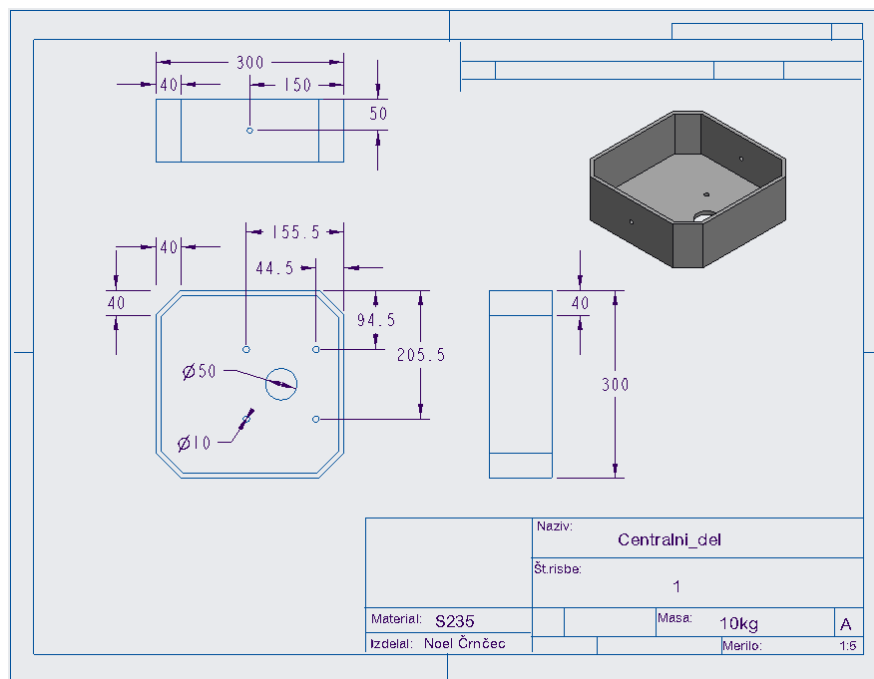
Slika 32: Varilni pozicioner/kosovnica



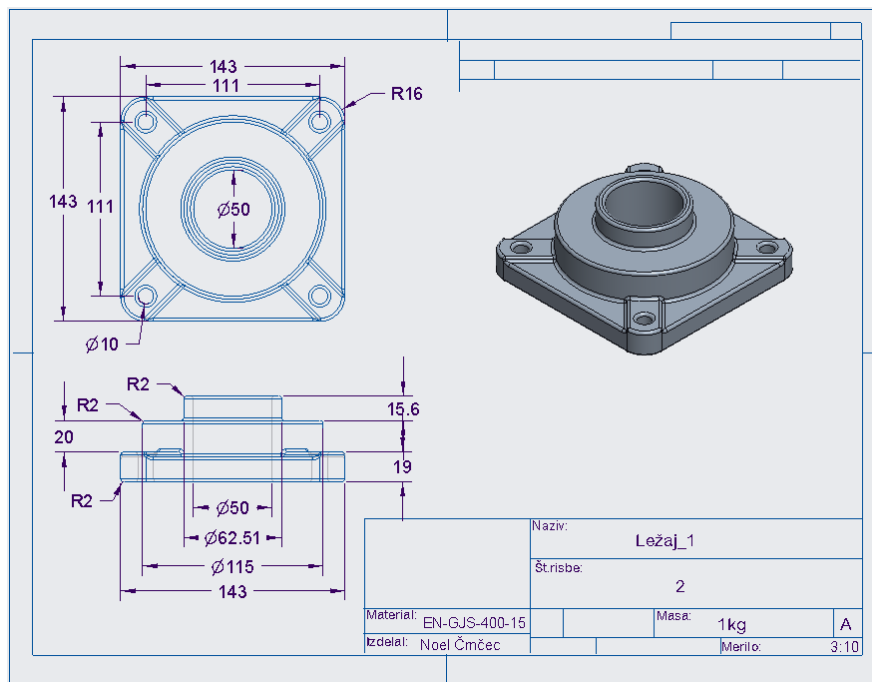
Slika 33: Centralni del/kosovnica



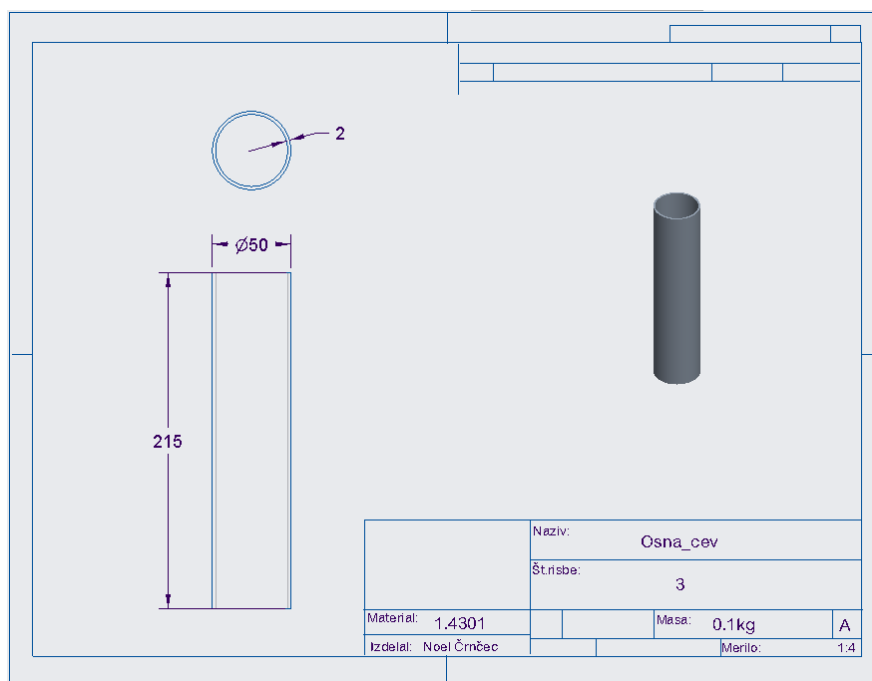
Slika 34: Centralni del/načrt



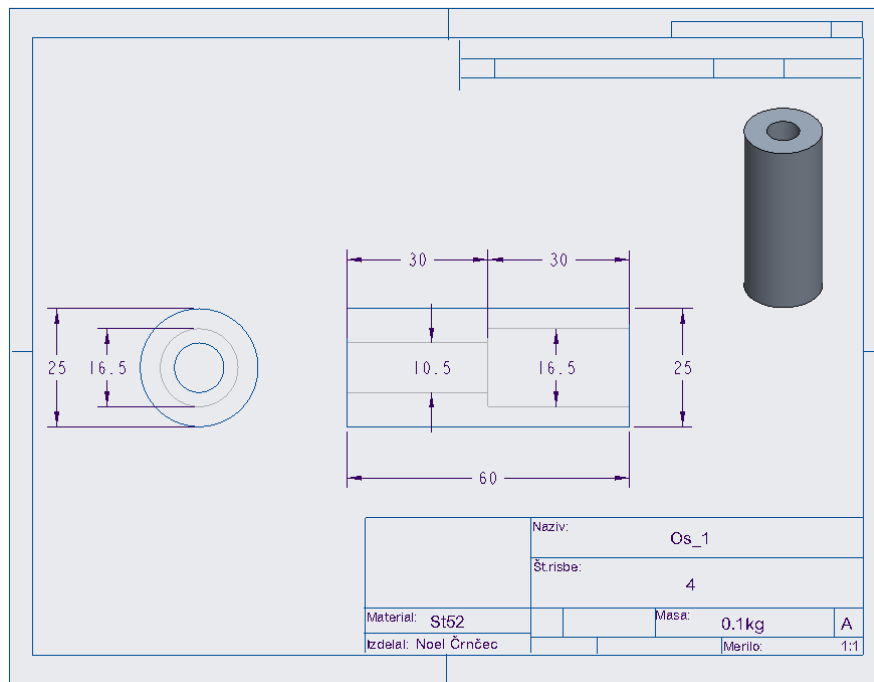
Slika 35: Ležaj 1/načrt



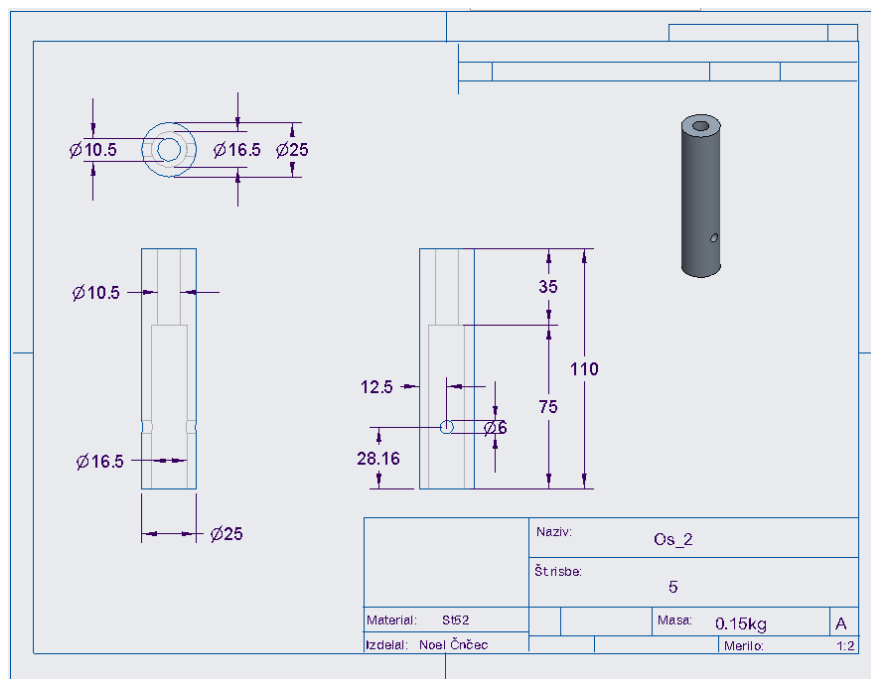
Slika 36: Osna cev/načrt



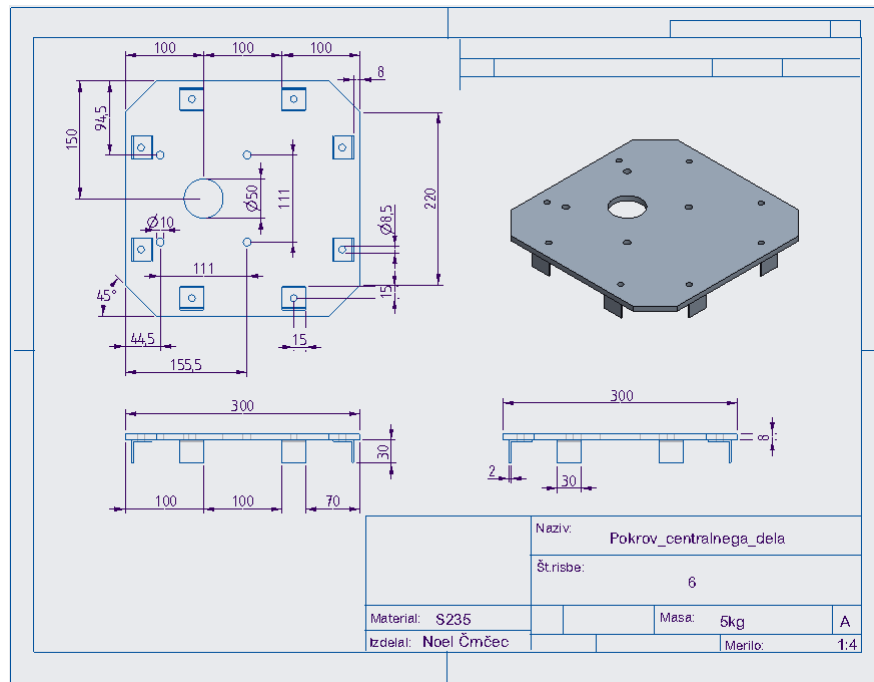
Slika 37: Os 1/načrt



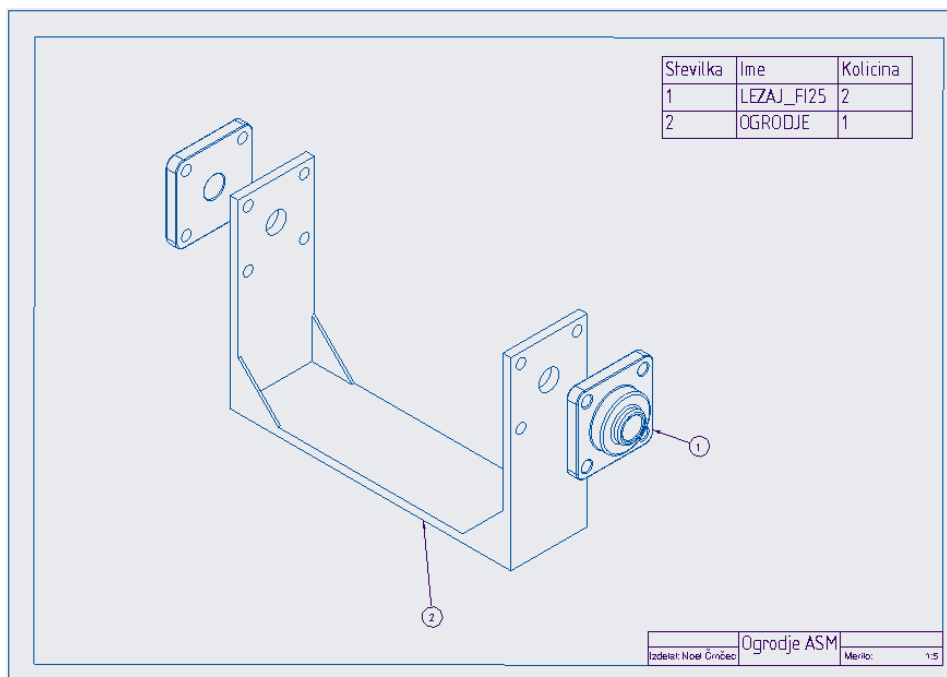
Slika 38: Os 2/načrt



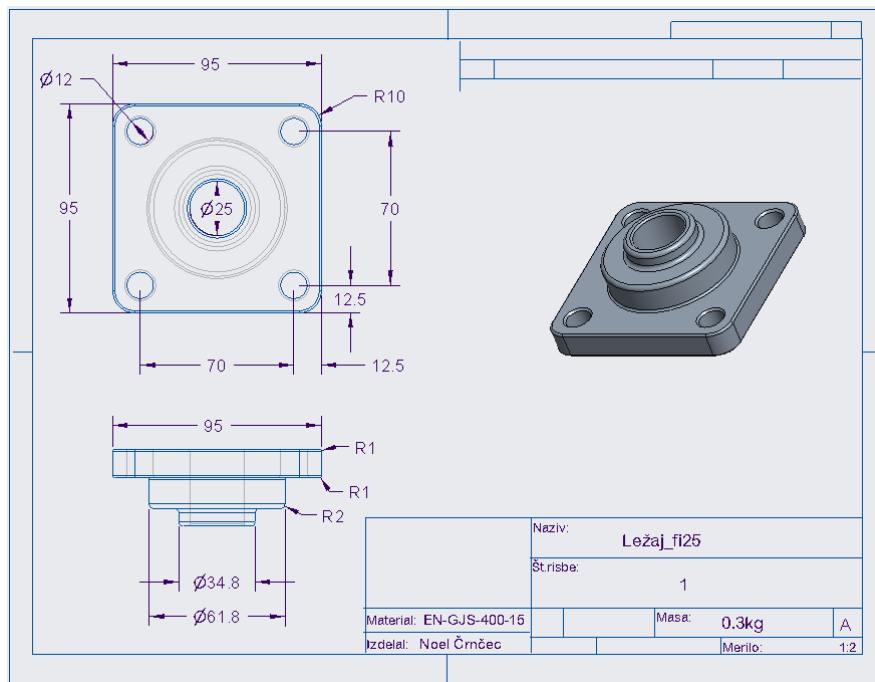
Slika 39: Pokrov centralnega dela/načrt



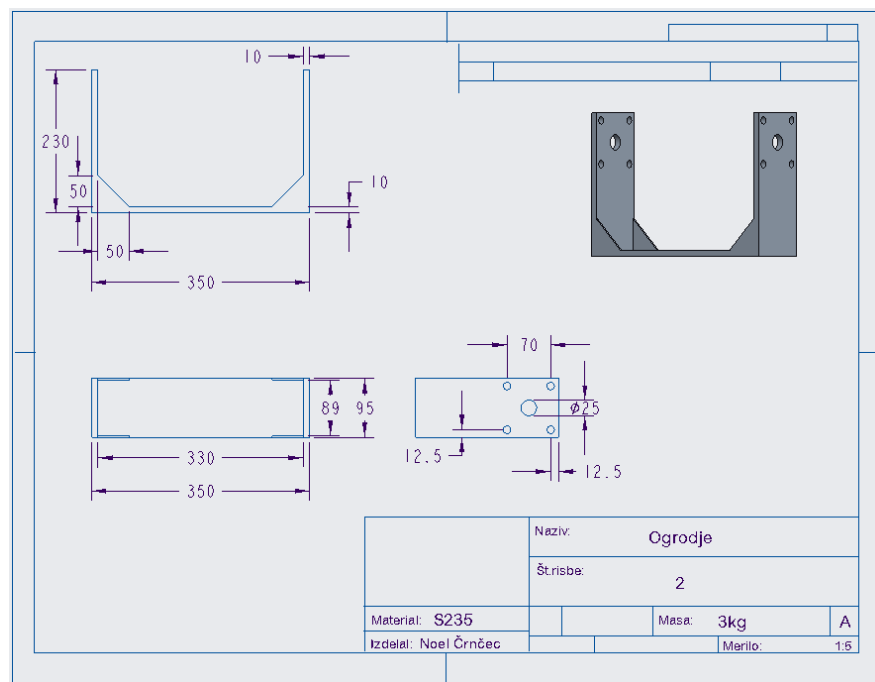
Slika 40: Ogrodje/kosovnica



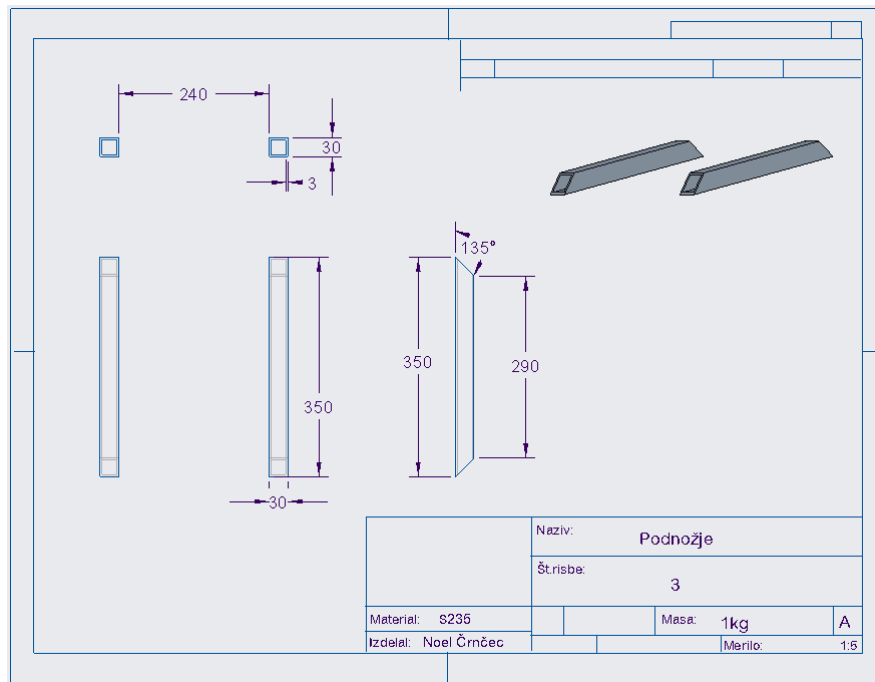
Slika 41: Ležaj $\varnothing 25$ /načrt



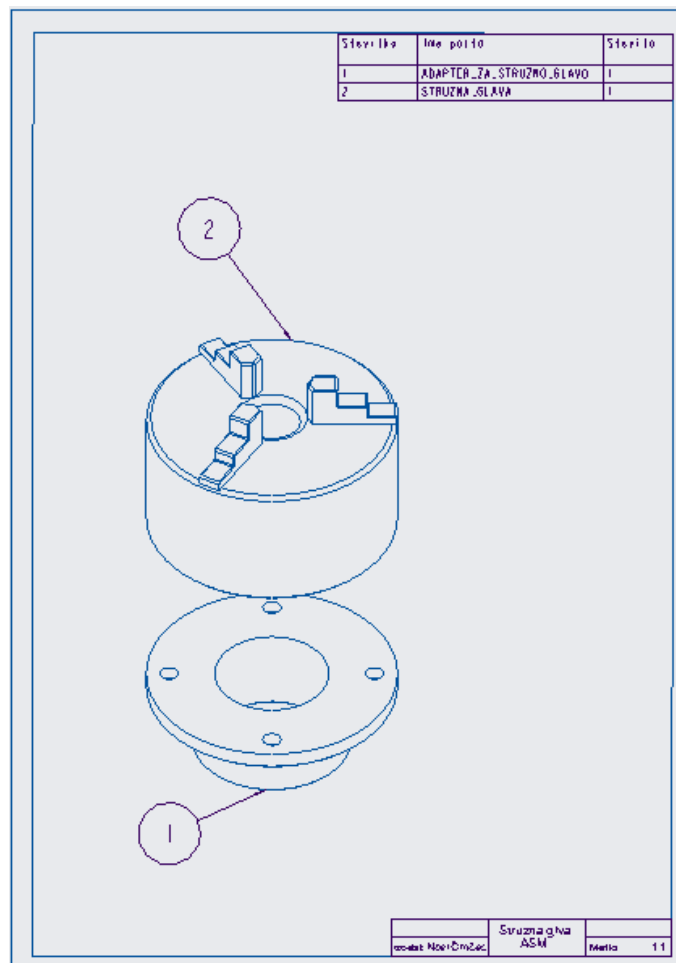
Slika 42: Ogrodje/načrt



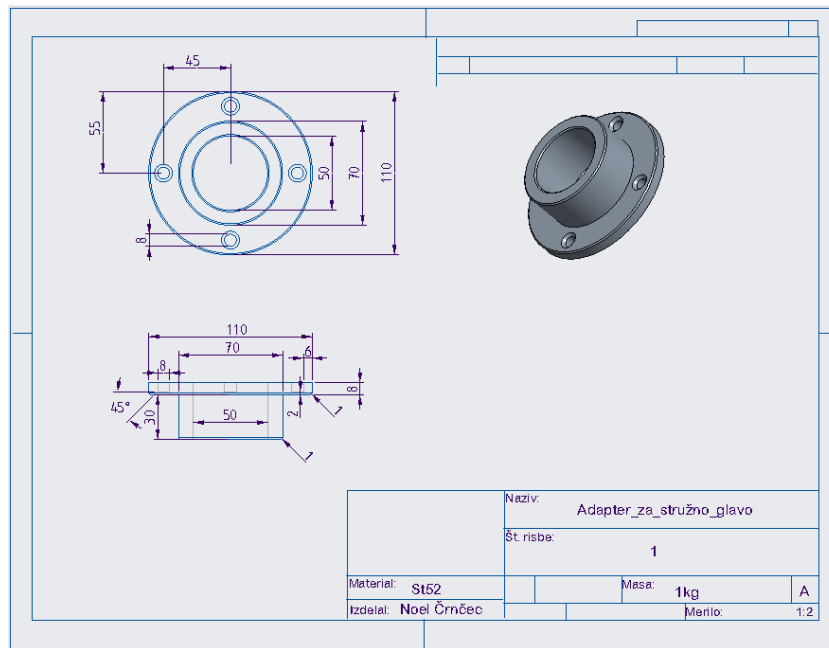
Slika 43: Podnožje/načrt



Slika 44: Stružna glava/kosovnica



Slika 45: Adapter za stružno glavo/načrt



3.1.3 Preračun vrtilnih razmerij

Najprej določimo, kateri zobnik je pogonski in kateri gnani. Nato preštejemo število zob na obeh zobnikih. Vrtilno razmerje izračunamo tako, da število zob gnanega zobnika delimo s številom zob pogonskega zobnika. Tako dobimo razmerje, ki pove, kolikokrat se gnani zobnik zavrti glede na eno vrtenje pogonskega zobnika. Če je vrtilno razmerje večje od 1, se gnani zobnik vrti počasneje, če je manjše od 1, pa se vrti hitreje. Pri zaporednem prenosu z več zobniki moramo vsako vrtilno razmerje pomnožiti z naslednjim.

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{z2}{z1}$$

i – vrtilno (prestavno) razmerje

$n1$ – število vrtljajev vhodnega zobnika (pogonski)

$n2$ – število vrtljajev izhodnega zobnika (gnan)

$z1$ – število zob vhodnega zobnika (pogonski)

$z2$ – število zob izhodnega zobnika (gnan)

- Lasten primer:

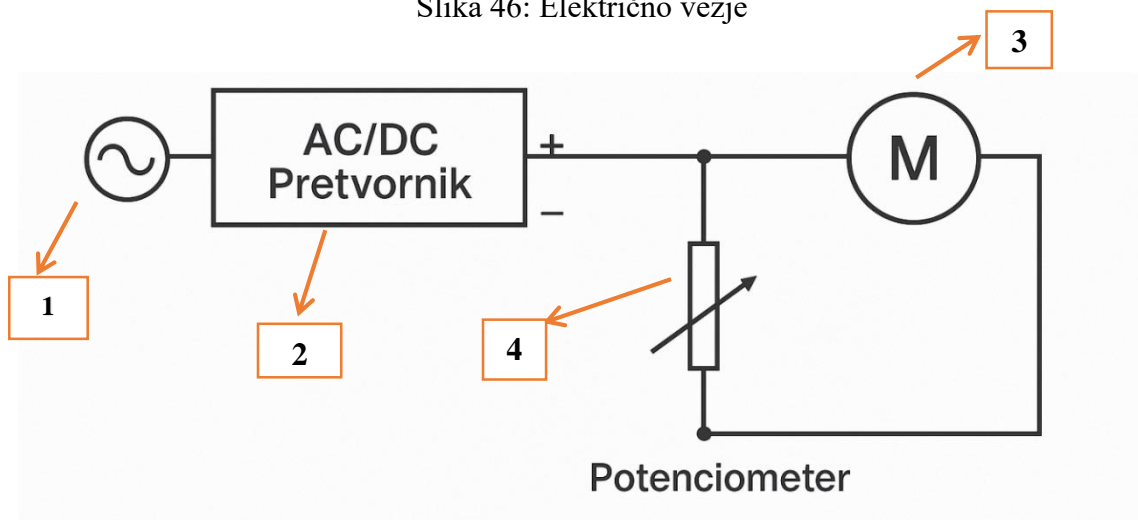
$$i = \frac{z2}{z1} = \frac{30}{8} = 3.75$$

Iz enačbe lahko ugotovimo, da bo gnani zobnik opravil 3.75 rotacije, medtem ko bo pogonski zobnik opravil 1 rotacijo.

3.1.4 Električno vezje

Električno vezje omogoča regulacijo hitrosti enosmernega motorja. Električna iz vtičnice najprej vstopi v AC/DC-pretvornik, ki izmenični tok spremeni v enosmerni. Ta enosmerna napetost nato poganja motor. V vezju je vključen tudi potenciometer, ki omogoča nastavljanje hitrosti vrtenja motorja. Ko zavrtimo potenciometer, spremenimo upor v vezju, s tem pa tudi tok, ki gre do motorja. Če je tok večji, se motor vrti hitreje, če je tok manjši, pa počasneje. Na ta način lahko preprosto uravnavamo delovanje motorja.

Slika 46: Električno vezje



1. AC-vir
2. AC/DC-pretvornik
3. Motor (M)
4. Potenciometer

3.2 OBDELAVA IN IZDELAVA POZICIJ

3.2.1 Razrez materiala

V prvotnem načrtu je bilo predvideno, da bo material razrezan s kotno brusilko, vendar se je kasneje pokazala možnost razreza z laserjem, ki je bila tudi izbrana. To ima številne prednosti kot so:

- hitrejši razrez materiala,
- natančnost razreza +/- 0.1 mm,
- oblike, narisane s pomočjo 3D-programa,
- maksimalna poraba materiala,
- ničelno vdihovanje prahu.

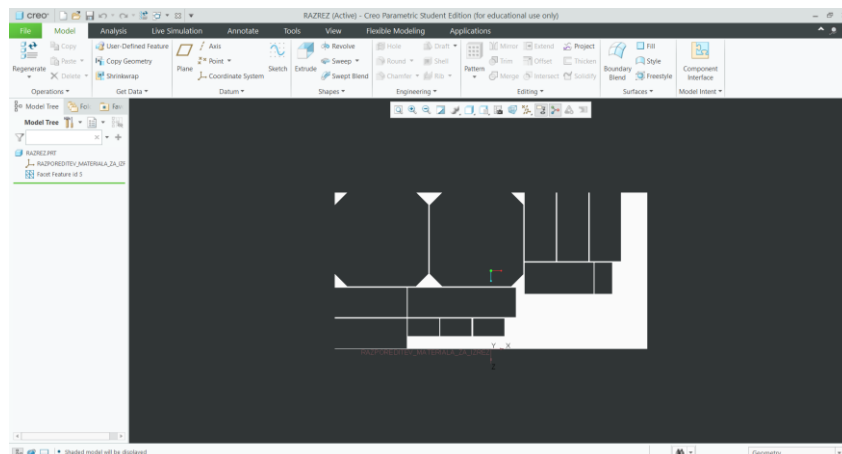
Slika 47: Laserski stroj



Vir: (Appliedmachinery, 2025)

Delo se je začelo z izrisom pozicij v programu Creo Parametric. Ker so bile pozicije že narisane v fazi konstruiranja, se je odprl nov Part, v katerem se je narisala plošča, iz katere se bo izrezal material. Na list papirja so se izpisale vse pozicije in količine, saj je bilo več enakih pozicij. Glede na mere posameznih kosov in s pomočjo programa so se komadi čim bolj racionalno razporediti po plošči, da bi se zmanjšala količina odpadnega materiala.

Slika 48: Razpored pozicij za laserski razrez



Sprva se je poskušala prenesti DXF-datoteka, kreirana v programu Creo Parametric z drugega računalnika, vendar prenos zaradi neznanih razlogov ni uspel, zato je padla odločitev, da se pozicije ponovno nariše na računalniku, preko katerega se rišejo vsi laserski izrezi, s programom SolidWorks. Narisane pozicije so se shranile kot DXF-datoteka in se prenesle v program za laserski izrez. Ena izmed prednosti tega programa je, da računalnik samodejno razporedi pozicije tako, da nastane čim manj odpada. Sam postopek rezanja je trajal manj kot deset minut, kar je bistveno hitreje, kot če bi material rezal s kotnim brusilnikom. Po končanem rezanju se je počakalo, da so se kosi ohladili, nato pa so se zaradi varnosti posneli robovi.

Slika 49: Pot laserja med izrezom



Slika 50: Laserski izrez



Slika 51: Laserska komora med razrezom



3.2.2 Struženje

Obdelovalni proces se je izvajal na klasični univerzalni stružnici. Komad se je najprej vrezal na želeno mero s tračno žago. Pri rezanju se je upošteval dogovorjeni obdelovalni dodatek + 0,2 mm. Odrezanemu obdelovancu so se posneli robovi s kotno brusilko. Vpenjal se je v štiričeljustno vpenjalno glavo. Umerjanje se je izvajalo s pomočjo merilne ure in plastičnega kladiva. Pripravil se je nabor stružnih nožev in svedrov, potrebnih za izdelavo komada:

- 45° zunanji, desni nož;
- 90° zunanji, desni nož;
- 90° notranji, desni nož;
- sredilni sveder;
- sveder $\varnothing 6$, $\varnothing 15$, $\varnothing 30$, $\varnothing 45$.

Slika 52: Klasična stružnica



Obdelovalni parametri:

- »n« je simbol za število vrtljajev – torej, kolikokrat se orodje ali obdelovanec zavrti v eni minuti. To je fizikalna količina, ki jo pogosto omenjamo v tehničnih navodilih, izračunih in opisu obdelovalnih parametrov.

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} = \frac{150 \text{ m/min} \times 1000}{\pi \times 110 \text{ mm}} = 434 \text{ vrt/min}$$

- V_c je običajno kratica za rezalno hitrost pri obdelavi kovin, kot so struženje, rezkanje ali vrtanje. Rezalna hitrost je hitrost, s katero se rezalni rob giblje glede na obdelovanec, izražena je v metrih na minuto (m/min).

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{\pi \times 110 \times 434}{1000} = 150 \text{ m/min}$$

- »f« je simbol za pomik, ki pove, koliko se orodje premakne naprej pri vsakem obratu stroja.

$$f = \frac{V_f}{n} = \frac{150}{434} = 0,3 \text{ mm/vrt}$$

Slika 53: Adapter za stružno glavo



Slika 54: Leva in desna os



Slika 55: Vzdolžno struženje



3.2.3 Rezkanje

Med samo izdelavo se je pojavila tudi potreba po rezkanju. Na centralnem delu pozicionerja, skozi katerega je potekala cev, je bilo treba zvrtni luknjo premera 50 mm, skozi ogrodje, ki je nosilo centralni del, pa luknjo premera 25 mm. Sprva se je uporabila kronska žaga za železo premera 51 mm, vendar se je hitro ugotovilo, da so bili razpoložljivi vrtalni stroji prešibki. Postopek se je nadaljeval tako, da sta se plošči centralnega dela točkovno zavarili skupaj, da so bile luknje med seboj soosne. Enako se je naredilo tudi s ploščami ogrodja (luknja 25 mm). Delo se je začelo z izrisom in programiranjem stroja preko 2D-programa. Programiranje se je izvajalo s pomočjo sodelavca, ki je že poznal stroj in njegove idealne parametre. Za orodje se je izbralo štirirezni trdokovinski rezkar premera deset milimetrov. Parametri za rezkanje so bili naslednji:

- vrtljaji: $n = 2400$ vrt/min,
- pomik: $V_f = 800$ mm/min,
- globina reza: 1 mm,
- vrsta rezkanja: spiralno potopno.

Sledila je priprava mize in stroja na vpenjanje obdelovanca. Strojna miza se je najprej temeljito pobrusila z vodobrusnim kamnom, da so se odpravile morebitne nepravilnosti. Brezhibnost obdelovalne mize je bila zelo pomembna, saj so bili s tem zagotovljeni najboljši pogoji za natančno obdelavo obdelovanca. Nato je sledilo vpenjanje obdelovalnih plošč. Ker so bile plošče prevelike, da bi jih bilo mogoče neposredno vpeti v obdelovalni primež, je bilo potrebno poiskati drugačno rešitev. Odločilo se je, da se bodo plošče fiksirale s pomočjo podlog in vpenjalnih prečk. Najprej so se poiskale štiri podloge, ki so bile dovolj visoke, da je pod ploščami ostalo dovolj prostora za rezkar. V utore na mizi sta se vstavili dve T-utorni matici in se v njiju privijačili M10 navojni palici. Obdelovalno ploščo se je nato položilo na podloge in se jo fiksiralo s pomočjo vpenjalnih prečk. Sprednji del vpenjalne prečke se je postavilo na obdelovanec, pod zadnji del pa nastavljive podloge, ki so bile nastavljene nekoliko višje od višine obdelovanca. Tako se tlačne sile, ki nastanejo pri zategovanju, prenesejo na obdelovanec in ne na podloge. Ko je bil obdelovanec varno vpet, je bilo potrebno umeriti še obdelovanec in orodje. Umerjanje se je izvajalo s pomočjo 3D-tasterja, ki ima infrardečo konico, s katero se previdno dotika obdelovanca. Center luknje se je umeril tako, da se je predhodno zvrtno luknjo premera 15 mm, skozi katero se je spustila palčka 3D-tasterja in se dotaknila vseh štirih strani. Tako je stroj dobil točko, iz katere je moral izhajati. Nato se je poklical rezkar premera 10 mm, za katerega je bilo potrebno vpisati približno dolžino orodja v krmilnik stroja. Približna mera se je vpisala, saj se je nato zagnal program za umerjanje orodja, kjer se je rezkar približal 3D-tasterju in se umeril na desetinko milimetra natančno. Po končanem umerjanju se je še preverila emulzija za hlajenje in program za obdelavo se je lahko zagnal. Končna mera lukenj je bila:

- $\varnothing 50 \pm 0.1$ mm,
- $\varnothing 25 \pm 0.1$ mm.

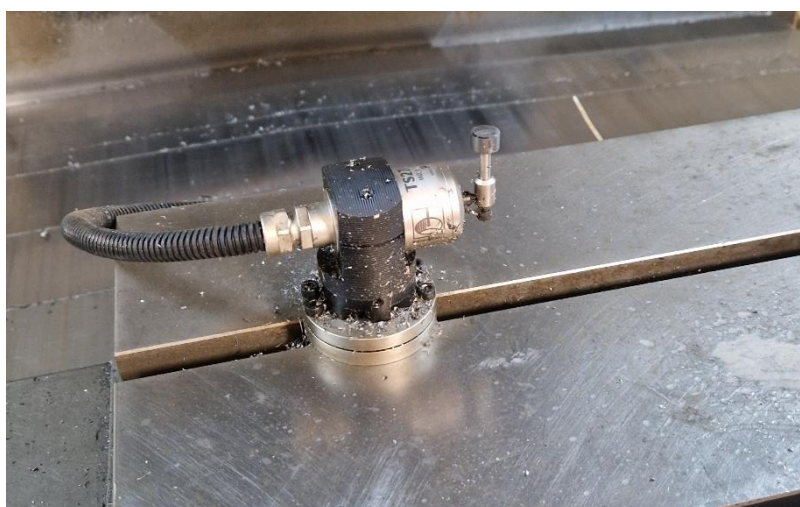
Slika 56: Zarisan položaj ležaja



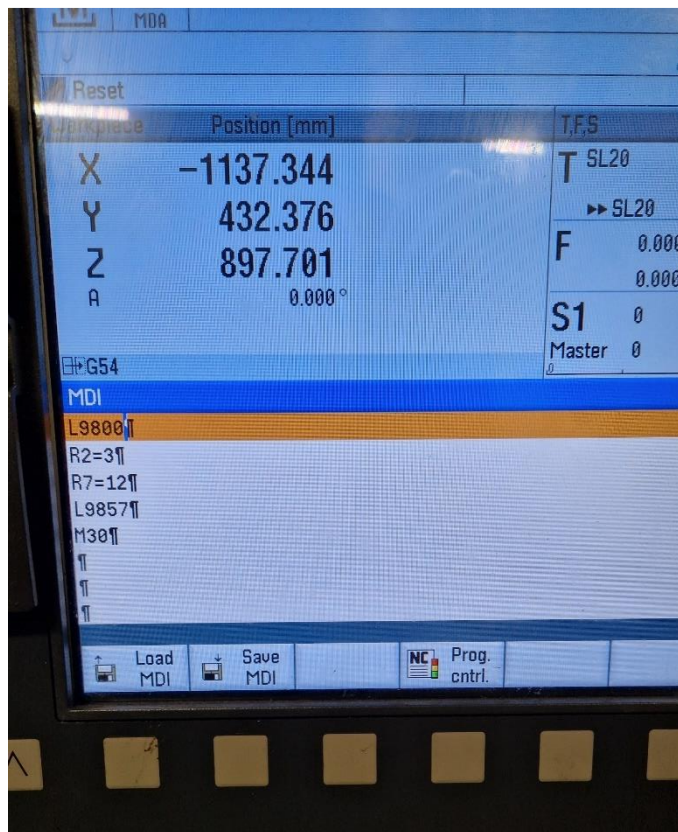
Slika 57: Umerjanje stroja s 3D-tasterjem



Slika 58: Umerjanje orodja s pomočjo 3D-tipala



Slika 59: G-koda za umerjanje orodja



Slika 60: Končni izdelek rezkanja



3.2.4 Varjenje

Varjenje je bilo eno izmed najpomembnejših metod dela pri tem projektu. Izvajalo se je po postopku MAG (Metal Activ Gas), kar pomeni, da se je uporabljal zaščitni plin – mešanica Argona in CO₂ (Ar 82 % in CO₂ 18 %). Eden izmed najpomembnejših postopkov pred varjenjem je bila priprava varilnega materiala oz. varjenca. Sicer to bolj velja za TIG-postopek varjenja, predvsem pri aluminiju, kjer lahko že najmanjša nečistoča vpliva na strukturo vara. Obdelovanec se je pripravil tako, da so se vsi robovi, na katerih se ni varilo, posneli (zaoblili) s kotno brusilko in brusnim diskom (polirko). To se je naredilo predvsem iz varnostnih razlogov, da ne pride do ureznine ali kakšne druge poškodbe. Nato je sledilo brušenje faz na predelih soležnih zvarov. Faza pri varjenju se naredi zato, da se doseže boljša penetracija v sam material. To je pomembno predvsem pri varjenju debelejših materialov, kjer se brez faze ne more priti do same sredine materiala in se v večini primerov material samo »nalaga« na površino varjenca. To se nato odraža kot zelo šibak var. Varilna faza se brusi pod kotom 45° do polovice varjenega materiala.

Primer: Soležno varimo 2 plošči debeline 10 mm. V tem primeru naredimo fazo 5/45° (5 mm globoko pod kotom 45°).

Faze so se brusile samo na stranicah, kjer se je varilo soležno, saj pri varjenju kotnega vara faza ni bila potrebna. Sledilo je sestavljanje varjenca, pri čemer so bili v največjo pomoč magnetni kotniki, ki so omogočali lažje varjenje vertikalnih delov pozicionerja. Deli varjenca so se najprej točkovno zavarili in nastavili na zelene mere. Ker se je varilo samo na zunanji strani varjenca, so se vse plošče pred varjenjem nagnile za 1–2 mm navznoter, saj se z varjenjem in toploto najprej povzroči raztezanje materiala, ob ohlajanju pa sledi krčenje. Kar se tiče nastavitve stroja, ni bilo nič zahtevnega, saj je bil uporabljen stroj sinergijski. To pomeni, da ima stroj že programsko nastavljene ustrezne parametre glede na:

- debelino materiala, ki ga varimo,
- ampere,
- volte ,
- »a« zvara (a = debelina kotnega zvara).

Najpomembnejša stvar med samim varjenjem je, da se vzdržuje konstanten oblok med varjencem in varilno pištolo. Paziti je treba na enakomerno pomikanje pištole v smeri potiskanja ali vlečenja vara. Preden se pristopi k varjenju dejanskega izdelka, se lahko nastavitve preizkusijo na odpadnem materialu enake debeline. Pozornost se nameni predvsem dvema lastnostma:

- prevelika emparaža (slab nadzor nad oblokom, možnost preboja materiala),
- premajhna emparaža (dodajalni material se kopiči na varjencu in ne prodre v sam material).

Po končanem varjenju se je varjenec pustil, da se počasi ohladi. Ko je bil na dotik hladen, se je z brusno ploščo na kotni brusilki pobrusil var.

Slika 61: Sestavljanje varjenca



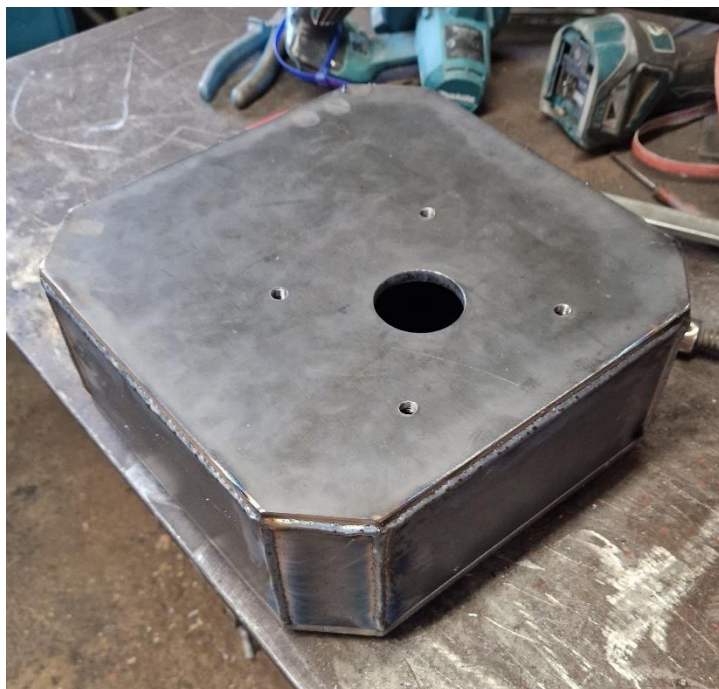
Slika 62: Kontrola soosnosti lukenj



Slika 63: Točkovno zavarjen varjenec



Slika 64: Zavarjen varjenec



Slika 65: MIG/MAG-var



Slika 66: Pobrušeni zvari/končan zvarjenec



3.2.5 Barvanje

Pri barvanju varilnega pozicionerja se je najprej izvedla delna razstavitev celotnega stroja. Odstranili so se predvsem tisti deli, ki bi oteževali dostop do površin ali jih ni bilo potrebno barvati. Komponente, kot so reduktor in ležaji, so se zaščitile z maskirnim trakom in folijo. Tudi pri tem postopku se je najprej pristopilo k pripravi. Vse kovinske površine, predvidene za barvanje, so se temeljito očistile z razmaščevalcem in po potrebi pobrusile z brusnim papirjem granulacije P240–P320. Na ta način so se odstranili ostanki rje in olja ter se je ustvarila hrapava površina za boljši oprijem barve. Po brušenju se je nanesele siv antikorozijski temeljni premaz in počakalo se je, da se je izdelek popolnoma posušil. Nato se je uporabila industrijska črna barva na osnovi emajla, odporna na mehanske obremenitve in predvsem na vročino. Barvanje se je izvedlo z brizgalno pištolo, s čimer se je dosegel enakomeren nanos brez sledi čopiča. Nanašala sta se dva sloja barve z vmesnim časom sušenja. Po končanem barvanju in popolnem sušenju so se zaščitni trakovi odstranili, stroj pa ponovno sestavil. Na koncu se je preverilo vse vijake, priključke in gibljive dele ter zagotovilo, da barva ni prišla na kakršne koli funkcionalne površine. Rezultat je bil čisto in enakomerno pobarvan pozicioner z industrijsko črno površino, pripravljen za uporabo v domači delavnici.

Slika 67: Končni izdelek



4 ZAKLJUČEK

Skozi celoten proces izdelave varilnega pozicionerja se je pokazalo, da je za uspešno izvedbo projekta ključno tako dobro načrtovanje, kot tudi natančna izvedba vsake posamezne faze. Od idejne zasnove in izdelave 3D-modela, do tehnične dokumentacije, izbire ustreznih materialov, mehanske obdelave, varjenja ter končne zaščite in barvanja, je bilo treba pri vsakem koraku upoštevati tehnične zahteve, varnostne smernice in funkcionalnost končnega izdelka. Varilni pozicioner je bil zasnovan z namenom izboljšanja delovnih pogojev pri varjenju predvsem cevastih oziroma rotacijskih obdelovancev. Njegova izdelava je zahtevala razumevanje različnih tehnologij, kot so struženje, rezkanje, vrtanje, varjenje in barvanje. Vse faze so bile izvedene premišljeno in usklajeno, končni rezultat pa je delujoč pozicioner, ki ustreza predvidenim tehničnim zahtevam ter omogoča bolj stabilno, varno in natančno delo pri varjenju. Z izvedbo projekta so se potrdile prednosti uporabe pozicionerja v manjših delavnicah, obenem pa se je skozi izkušnje prepoznalo tudi nekaj možnih izboljšav, kot so priklop elektromotorja za upravljanje reduktorja, držalo za varilno pištolo, možnost priklopa nožne pedalke, prefinjeno vrtilno razmerje ... Celoten proces je služil kot odlična priložnost za poglobitev znanja s področja strojništva, predvsem na področju konstruiranja, obdelovalnih tehnologij in praktične izvedbe kompleksnejšega sistema. Varilni pozicioner je pripravljen za uporabo in predstavlja uporabno rešitev za domačo ali manjšo industrijsko rabo.

5 VIRI

Adobe. 2025. Kaj je 3D-oblikovanje. *Adobe.com*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] <https://www.adobe.com/si/products/substance3d/discover/what-is-3d-modeling.html>.

Almo. 2025. HSS stružni nož. *Almo.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.almo.si/struzni-nozi-hsse>.

—. **2025.** Trdorezilni stružni nož HM. *Almo.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.almo.si/trdokovinski-struzni-nozi-hm/ukrivljen-struzni-noz-din4972-hm-p2530>.

Appliedmachinery. 2025. Laserski stroj. *Appliedmachinery.com*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.appliedmachinery.com.au/yawei-hlf-1530-3kw.html>.

Arnes. 2025. Tehnična dokumentacija. *Arnes.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 15. Avgust 2024.] https://www2.arnes.si/~sspjplav/Sola/Predmeti/Leto/INFORMACIJSKE%20TEHNOLOGIJE%20IN%20PODJETNISTVO/TEORIJA/II_Tehnicna%20dokumentacija.pdf.

Chemets. 2025. 3D modeliranje. *Chemets.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] <https://chemets.si/storitve/3d-modeliranje/>.

Freepik. 2025. Barvanje kovin. *Freepik.com*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] https://www.freepik.com/free-photo/worker-spraying-powder-paint-from-gun-side-view_33755349.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=29ad0194-d3c5-49e0-8416-2ea13b07bfaa&query=painting+metal.

Hoffmann Group. 2025. Ključavničarske pile. *Hoffmann Group*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.hoffmann-group.com/SI/sl/hsi/p/4007220009154->.

Jovan, Ivan. 2011. Tehnično risanje in dokumentacija. *Resitve.sio.si*. [Elektronski] 2011. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] https://resitve.sio.si/wp-content/uploads/sites/7/2019/11/Tehnicno_risanje_in_dokumentacija-Jovan.pdf.

Klemenšek. 2025. Vrtanje. *Dijaški.net*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_odrezavanje__vrtanje_02.

Kovinc. 2025. MAG-varjenje. *Kovinc.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 17. September 2024.] <https://www.kovinc.si/wiki/mag-varjenje>.

—. **2025.** MIG-varjenje. *Kovinc.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.kovinc.si/wiki/mig-varjenje>.

—. **2025.** Obločno varjenje. *Kovinc.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.kovinc.si/wiki/oblocno-varjenje>.

—. **2025.** TIG varjenje. *Kovinc.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 18. September 2024.] <https://www.kovinc.si/wiki/tig-varjenje>.

—. **2025.** TIG-varjenje. *Kovinc.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.kovinc.si/wiki/tig-varjenje>.

Kupibarve. 2025. Strokovni članek. *Kupibarve.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 18. September 2024.] <https://www.kupibarve.si/strokovni-clanek-barvanje-kovine>.

Merkur. 2025. Varilni pribor in dodatki. *Merkur.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.merkur.si/elektroda-elektrode-inox-r-22-12-3-fe-4-00-mm-dolzina-350mm/>.

Poland, Made in. 2025. Primer končnega izdelka. *YouTube*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.youtube.com/watch?v=BaUO8CMOS5I&t=588s>.

Prah. 2025. Režkanje. *Prah.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2159/rezkanje.pdf>.

—. **2025.** Struženje. *Prah.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2160/struzenje.pdf>.

—. **2025.** Struženje. *Prah.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2160/struzenje.pdf>.

—. **2015.** Struženje. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2160/struzenje.pdf>.

—. **2015.** Struženje. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2160/struzenje.pdf>.

—. **2015.** Struženje. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2160/struzenje.pdf>.

—. **2015.** Struženje. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2160/struzenje.pdf>.

—. **2015.** Tehnologija odrezavanja. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2161/tehnologija%20odrezavanja.pdf>.

—. **2015.** Tehnologija odrezavanja. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2161/tehnologija%20odrezavanja.pdf>.

—. **2015.** Tehnologija odrezavanja. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2161/tehnologija%20odrezavanja.pdf>.

—. **2025.** Vrtanje. *Prah.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2162/vrtanje.pdf>.

—. **2015.** Vrtanje. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2162/vrtanje.pdf>.

—. **2015.** Vrtanje. *Prah.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2162/vrtanje.pdf>.

—. **2025.** Vrtanje. *Prah.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.prah.si/Files/Images/2162/vrtanje.pdf>.

Premzl trade. 2025. CNC rezkalni center. *Premzl-trade.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.premzl-trade.si/novi-stroji/kovinskoobdelovalni-stroji/cnc-rezkalni-centri/rezkalni-center-vmc-1050-simens-sinumerik-808d-advenced>.

—. **2025.** Primeži. *Premzl-trade.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.premzl-trade.si/novi-stroji/kovinskoobdelovalni-stroji/oprema-za-kovinskoobdelovalne-stroje/primezi/primez-univerzalni-ums-100>.

SQS. 2024. Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 17.. September 2024.] <https://www.sqs.si/najboljse-elektrode-za-varjenje/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 17. September 2024.] <https://www.sqs.si/kako-izbrati-pravi-varilni-aparat/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.sqs.si/kaj-je-mig-mag-varjenje-in-kaksne-so-njegove-prednosti/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.sqs.si/kaj-je-mig-mag-varjenje-in-kaksne-so-njegove-prednosti/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 17. September 2024.] <https://www.sqs.si/najboljse-elektrode-za-varjenje/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 17. September 2024.] <https://www.sqs.si/kaj-je-mig-mag-varjenje-in-kaksne-so-njegove-prednosti/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 17. September 2024.] <https://www.sqs.si/kaj-je-mig-mag-varjenje-in-kaksne-so-njegove-prednosti/>.

—. **2024.** Prispevki. *SQS.si*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 17. September 2024.] <https://www.sqs.si/kaj-je-mig-mag-varjenje-in-kaksne-so-njegove-prednosti/>.

Šircelj, Dušan in Drobnič, Anton. 2011. Tehnologija. *Šolski center Postojna*. [Elektronski] 2011. [Navedeno: 15. September 2024.] https://www.skupnost-vss.si/impletum/docs/Skriti_dokumenti/Tehnologija-Drobnic_Sircelj.pdf.

Šircelj, Dušan. 2024. Tehnologija. *Frezanje*. [Elektronski] 2024. [Navedeno: 19. September 2024.] <http://dusan.sts.si/frezanje/>.

Varesi. 2015. Klasična univerzalna stružnica. *Varesi.si*. [Elektronski] 2015. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <http://www.varesi.si/trgovina/stroji-za-obdelavo-kovin/stru%C5%BEnice/univerzalna-stru%C5%BEnica-profi-1000180-hd-s-triosnimi-merilnimi-letvami-sino>.

—. **2014.** Rezkalni stroj. *Varesi.si*. [Elektronski] 2014. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <http://www.varesi.si/trgovina/stroji-za-obdelavo-kovin/razkalni-stroji/univerzalni-rezkalni-stroj-model-ufm-125-gt-s-triosnimi-merilnimi-letvami-sino>.

Vidovič, Srečko. 2021. Priprava cevnih spojev. *Tehnolog-programer CNC strojev za odrezavanje kovin*. [Elektronski] Februar 2021. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] https://www.tscmb.si/wp-content/uploads/2021/02/Tehnolog-programer-CNC-strojev-za-odrezovanje-kovin-521_8_2021.pdf.

Walter Tools. 2025. Svedri z izmenljivimi ploščicami. *Walter-Tools.com*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.walter-tools.com/sl-si/search/product/d4140-05-14.00f16-b>.

WD-Tehnik. 2025. Držalo za rezalne ploščice. *WD-Tehnik.si*. [Elektronski] 2025. [Navedeno: 31. Avgust 2025.] <https://www.wd-tehnik.si/oprema/rezalno-orodje/struzni-izstruzni-nozi/struzni-nozi-z-zamenljivimi-ploscicami/struzni-noz-za-rezanje-zunanjih-navojev---desni-izdelek>.

