

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

Razvoj vpenjalne priprave za metalizacijo portalne osi

Kandidat: Matej Jesenek

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor – predavatelj: mag. Jože Ravničan, uni. dipl. ing. str.

Mentor v podjetju: Markus Kranabetter, dipl. inž. str.

Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Matej Jesenek sem avtor diplomskega dela z naslovom Razvoj vpenjalne priprave za metalizacijo portalne osi, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Jožeta Ravničana.

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 oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – 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 podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Šentilj, januar 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojim mentorjema za njihovo neprecenljivo pomoč in podporo pri pripravi diplomskega dela.

Najprej se zahvaljujem mag. Jožetu Ravničanu, mentorju na šoli, za njegovo strokovno usmeritev, dragocene nasvete in neomajno podporo skozi celoten proces raziskovanja in pisanja diplomskega dela. Njegova pripravljenost za odgovarjanje na vprašanja in usmerjanje pri vseh vidikih dela sta pripomogla k uspešni izvedbi mojega dela.

Posebno zahvalo namenjam Markusu Kranabetterju, dipl. inž. str., mentorju v podjetju BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH, za njegovo dragoceno pomoč in strokovno svetovanje pri razvoju in konstruiranju vpenjalne priprave. Njegovo znanje in izkušnje so pripomogli k poglobitvi mojega razumevanja področja in k uspešni izvedbi projekta.

Zahvaljujem se tudi vsem zaposlenim v podjetju BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH, ki so mi omogočili dostop do potrebnih virov in opreme ter prispevali k uspehu mojega dela.

Pomoč in podpora navedenih sta mi bili v veliko pomoč in sta pomembno prispevali k uspešni izvedbi tega projekta. Iskrena hvala vsem!

POVZETEK

V diplomskem delu z naslovom Razvoj vpenjalne priprave za metalizacijo portalne osi sem se osredotočal na oblikovanje in optimizacijo vpenjalne priprave, ki izboljšuje proces metalizacije v podjetju BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH. Glavni cilj raziskave je bil razviti pripravo, ki omogoča natančno, ponovljivo in ergonomično vpenjanje obdelovancev.

Takšna priprava je ključna za uspešno izvedbo metalizacijskih postopkov, ki zahtevajo visoko stopnjo natančnosti in zanesljivosti. V prvem delu diplomskega dela sem izvedel analizo obstoječih metod vpenjanja ter ovrednotil njihove prednosti in slabosti. Ta analiza je služila kot osnova za oblikovanje raziskovalnih vprašanj in hipotez o potencialnih možnostih procesa vpenjanja. Osredotočal sem se na izzive, povezane z natančnostjo, stabilnostjo in prilagodljivostjo priprave za vpenjanje, kar je privedlo do razvoja koncepta, ki izpolnjuje vse omenjene zahteve. Za zasnovanje vpenjalne priprave sem uporabil sodobna orodja CAD, s katerimi sem pripravil celovito tehnično dokumentacijo. Proces razvoja je vključeval tudi uporabo tehnologij CAM za pripravo proizvodnih procesov. Podrobno sem opisal posamezne faze izdelave prototipa, vključno z žaganjem, struženjem, varjenjem in rezkanjem. Po izdelavi prototipa sem pripravo testiral v realnih pogojih proizvodnje. Rezultati testiranj so pokazali, da nova vpenjalna priprava izpolnjuje predpostavke o natančnosti in ponovljivosti vpenjanja. Priprava je omogočala stabilno in učinkovito metalizacijo pri minimalnih vibracijah, kar je zelo pomembno za doseganje enakomerne in kakovostne površinske obdelave. Med glavne prednosti spadajo zmanjšanje stroškov, skrajšanje časa priprave obdelovancev in povečanje trajnosti priprave. Na podlagi ugotovitev sem pripravil priporočila za nadaljnje izboljšave priprave. Predlagal sem možnosti za avtomatizacijo nekaterih procesov, kar bi lahko dodatno povečalo produktivnost in natančnost. Prav tako sem izpostavil potrebe po nadaljnjih raziskavah na področju materialov in oblikovnih rešitev, ki bi lahko izboljšale odpornost priprave proti obrabi in njeno prilagodljivost za različne industrijske aplikacije. To diplomsko delo predstavlja prispevek k razvoju naprednih vpenjalnih priprav, ki izboljšujejo proizvodne procese v industriji metalizacije. Rezultati raziskave so neposredno uporabni v praksi in imajo potencial za širšo uporabo v industrijskih panogah, kjer sta zahtevani visoka natančnost in učinkovitost. Naloga ponuja tudi širša izhodišča za nadaljnje raziskave in razvoj na področju strojegradnje.

Ključne besede: *vpenjalna priprava, metalizacija, CAD, CAM, ergonomija, natančnost.*

ZUSAMMENFASSUNG

»Entwicklung einer Spannvorrichtung für die Metallisierung der Gantry-Welle«

In meiner Diplomarbeit mit dem Titel *Entwicklung einer Spannvorrichtung für die Metallisierung der Portalachse* konzentrierte ich mich auf die Konstruktion und Optimierung einer Spannvorrichtung, die den Metallisierungsprozess bei der Firma BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH verbessert. Das Hauptziel der Forschung war die Entwicklung einer Vorrichtung, die eine präzise, reproduzierbare und ergonomische Spannung der Werkstücke ermöglicht.

Eine solche Vorrichtung ist entscheidend für die erfolgreiche Durchführung von Metallisierungsprozessen, die ein hohes Maß an Genauigkeit und Zuverlässigkeit erfordern. Im ersten Teil der Arbeit analysierte ich bestehende Spannmethoden und bewertete deren Vor- und Nachteile. Diese Analyse diente als Grundlage für die Formulierung von Forschungsfragen und Hypothesen zu potenziellen Verbesserungen des Spannprozesses. Ich konzentrierte mich auf Herausforderungen in Bezug auf Genauigkeit, Stabilität und Anpassungsfähigkeit von Spannvorrichtungen, was zur Entwicklung eines Konzepts führte, das alle genannten Anforderungen erfüllt. Für die Konstruktion der Spannvorrichtung verwendete ich moderne CAD-Tools, mit denen ich eine umfassende technische Dokumentation erstellte. Besonderes Augenmerk legte ich auf ein Design, das eine schnelle Anpassung der Vorrichtung an unterschiedliche Größen und Formen von Werkstücken ermöglicht. Der Entwicklungsprozess umfasste auch den Einsatz von CAM-Technologien zur Vorbereitung der Fertigungsprozesse. Ich beschrieb detailliert die einzelnen Fertigungsphasen des Prototyps, einschließlich Sägen, Drehen, Schweißen und Fräsen. Dabei legte ich besonderen Wert auf die Ergonomie und Benutzerfreundlichkeit der Vorrichtung, da diese Eigenschaften entscheidend für die Steigerung der Produktivität und die Minimierung von Fehlern sind. Nach der Fertigstellung des Prototyps testete ich die Vorrichtung unter realen Produktionsbedingungen. Die Testergebnisse zeigten, dass die neue Spannvorrichtung die Anforderungen an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Spannung erfüllt. Die Vorrichtung ermöglichte eine stabile und effiziente Metallisierung bei minimalen Vibrationen, was entscheidend für eine gleichmäßige und qualitativ hochwertige Oberflächenbearbeitung ist. Die Analyse der Ergebnisse bestätigte auch die Vorteile der neuen Vorrichtung im Vergleich zu bestehenden Lösungen. Zu den Hauptvorteilen gehören die Kostensenkung, die Verkürzung der Vorbereitungszeit der Werkstücke und die Erhöhung der Haltbarkeit der Vorrichtung. Auf Grundlage der Ergebnisse

erstellte ich Empfehlungen für weitere Verbesserungen der Vorrichtung. Ich schlug Möglichkeiten zur Automatisierung bestimmter Prozesse vor, die die Produktivität und Genauigkeit weiter steigern könnten. Ebenso hob ich die Notwendigkeit weiterer Forschungen im Bereich Materialien und Designlösungen hervor, die die Verschleißfestigkeit der Vorrichtung sowie deren Anpassungsfähigkeit für verschiedene industrielle Anwendungen verbessern könnten. Diese Diplomarbeit leistet einen Beitrag zur Entwicklung fortschrittlicher Spannvorrichtungen, die die Produktionsprozesse in der Metallisierungsindustrie verbessern. Die Forschungsergebnisse sind direkt in der Praxis anwendbar und haben das Potenzial für eine breitere Anwendung in Industriebranchen, die hohe Präzision und Effizienz erfordern. Die Arbeit bietet auch umfassende Ansatzpunkte für weitere Forschung und Entwicklung im Maschinenbau.

Stichwort: *Spannvorrichtung, Metallisierung, CAD, CAM, Ergonomie, Präzision.*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	11
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	11
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	12
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	12
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	12
2	PREDSTAVITEV NAROČILA STORITVE IN PODJETJA	13
2.1	PREDSTAVITEV NAROČILA STORITVE.....	13
2.2	PREDSTAVITEV PODJETJA.....	15
2.3	METALIZACIJA	15
3	KONSTRUKCIJA VPENJALNE PRIPRAVE	21
3.1	TEHNIŠKA DOKUMENTACIJA ZA IZDELAVO PRIPRAVE (CAD)	23
3.2	MATERIAL.....	26
3.3	MATERIAL PROJEKTA.....	27
4	STROJNI ELEMENTI	28
4.1	VIIAČNE ZVEZE.....	28
4.2	NAVOJI.....	28
4.3	IZRAČUN TRDNOSTI VIJAKOV	28
4.4	VAROVANJE VIJAKOV	29
4.5	SIMULACIJA OZ. STATIČNA ANALIZA S POMOČJO PROGRAMA TOPSOLID	31
4.6	STATIČNA ANALIZA	36
4.7	KOSOVNICA PRIPRAVE	37
4.8	DOKUMENTACIJA ZA IZPELJAVO PROJEKTA (DELOVNI KORAKI).....	39
5	IZDELAVA PRIPRAVE IN POSTOPKI OBDELAVE (CAM).....	41
5.1	ŽAGANJE	42
5.1.1	<i>Postopek žaganja kovine</i>	<i>43</i>
5.2	STRUŽENJE (CNC).....	44
5.2.1	<i>Postopek CNC-struženja.....</i>	<i>45</i>
5.3	VARJENJE (MAG)	49
5.3.1	<i>Postopek varjenja izdelka z MAG.....</i>	<i>50</i>
5.4	REZKANJE (CNC).....	52
	Dejavniki, ki vplivajo na kakovost rezkanja.....	52
5.4.1	<i>Postopek rezkanja s CNC</i>	<i>53</i>
5.4.2	<i>Uporaba merilnih orodij pri izdelavi kosov.....</i>	<i>56</i>
5.4.3	<i>Postopek merjenja</i>	<i>58</i>

6	MONTAŽA PRIPRAVE NA VPENJALNO MIZO	60
6.1	UPORABA 5-TONKEGA MOSTNEGA DVIGALA PRI MONTAŽI PRIPRAVE	61
7	UPORABA VPENJALNE NAPRAVE V PRAKSI (METALIZACIJA Z ROBOTOM KUKA)	64
8	ANALIZA UPORABNOSTI NAPRAVE IN MOŽNOSTI IZBOLJŠAV	67
8.1	ANALIZA UPORABNOSTI	67
8.2	BTEC 2024 »TRAJNOST«	68
9	SKLEP	69
10	VIRI, LITERATURA.....	72
11	PRILOGE.....	73

KAZALO SLIK

SLIKA 1: CELOTNO PODVOZJE PORTALNE OSI S KOLESI	13
SLIKA 2: OBRABLJENO MESTO NA OBDELOVANCU	14
SLIKA 3: PORTALNA OS, PRIPRAVLJENA NA METALIZACIJO (IZVRTINA POVEČANA NA Ø 180,5 MM)	14
SLIKA 4: PRIMER METALIZACIJE IZ PRAKSE	16
SLIKA 5: SHEMA VISOKOHITROSTNEGA PLAMENSKEGA BRIZGANJA	17
SLIKA 6: SHEMA PLAZEMSKEGA BRIZGANJA	18
SLIKA 7: SHEMA OBLOČNEGA BRIZGANJA	19
SLIKA 8: PLAMENSKO BRIZGANJE Z ŽICO IN PRAHOM	20
SLIKA 9: 3D-MODEL PORTALNE OSI.....	22
SLIKA 10: CELOTNA KABINA, ROBOTSKA ROKA KUKA IN OSNOVNA VPENJALNA MIZA	24
SLIKA 11: 3D-MODEL OSNOVNE MIZE IN SPODNJE PLOŠČE, NA KATERO BO PRITRJEN OBDELOVANEC	25
SLIKA 12: PRIMER VIJAKA Z OZNAKO 8.8	29
SLIKA 13: UPORABLJENI STROJNI ELEMENTI V PROJEKTU	30
SLIKA 14: 3D-MODEL VPENJALNE PRIPRAVE S PODPORNIM STEBROM	32
SLIKA 15: STATIČNA ANALIZA BREZ PROTIUTEŽI (GREDI ZA BALANSIRANJE).....	33
SLIKA 16: KOMPLET 3D-MODEL VPENJALNE NAPRAVE IN OBDELOVANCA.....	34
SLIKA 17: KOSOVNICA	38
SLIKA 18: UPORABLJENA AVTOMATSKA PODAJALNA TRAČNA ŽAGA BEHRINGER.....	42
SLIKA 19: PRIPRAVA PROGRAMA V TOP SOLIDU	45
SLIKA 20: 3D-SIMULACIJA PRI ZUNANJEM STRUŽENJU	46
SLIKA 21: 3D-SIMULACIJA PRI VRTANJU	46
SLIKA 22: 3D-SIMULACIJA PRI NOTRANJEM STRUŽENJU	46
SLIKA 23: MERILNI STROJ ZA UMERJANJE ORODJA.....	47
SLIKA 24: OBDELAVA S CNC-STRUŽNICO	48
SLIKA 25: KONČNI IZDELKI STRUŽENJA	48
SLIKA 26: APARAT ZA VARJENJE	50
SLIKA 27: KONTROLNA PLOŠČA NA VARILNEM APARATU	51
SLIKA 28: VARJENJE OBDELOVANCA	51
SLIKA 29: PRIPRAVA V PROGRAMU TOP SOLIDU.....	53
SLIKA 30: SIMULACIJA V PROGRAMU CAM.....	54
SLIKA 31: REZKANJE OBDELOVANCA.....	55
SLIKA 32: KONČNI OBDELOVANEC	55
SLIKA 33: DIGITALNI ZUNANJI MIKROMETER 225–250 MM	56
SLIKA 34: NOTRANJI MIKROMETER 150–200 MM	56
SLIKA 35: UNIVERZALNO POMIČNO MERILO.....	57
SLIKA 36: NAVOJNI KALIBER M16	57

SLIKA 37: PRIKAZ VIJAČENJA OBDELOVANCA NA OBDELOVALNO MIZO	60
SLIKA 38: PRIMER MOSTNEGA DVIGALA	61
SLIKA 39: MONTAŽA IN CENTRIRANJE SPODNJE PLOŠČE ZA PRITRDITEV OBDELOVANCA_POZ15	62
SLIKA 40: KOMPLETNO NAMEŠČENA PRIPRAVA	63
SLIKA 41: METALIZACIJA Z ROBOTOM KUKA	64
SLIKA 42: POGLED NADZORNEGA PANELA	65
SLIKA 43: METALIZIRANI OBDELOVanci, PRIPRAVLJENI NA KONČNO OBDELAVO.....	66
SLIKA 44: KONČNI IZDELEK PO PONOvNI OBDELAVI.....	66

KAZALO TABEL

TABELA 1: PRIMERJAVA NAČINOV VPENJANJA.....	21
TABELA 2: TABELA NATEZNE TRDNOSTI ZA MATERIAL S355	26
TABELA 3: TABELA RAZTEZKA ZA MATERIAL S355	27
TABELA 4: SEZNAM DELOV V KOSOVNICI.....	38
TABELA 5: SEZNAM ELEMENTOV ZA RAZREZ	43
TABELA 6: MERILNI PROTOKOL ZA SPODNJO PLOŠČO ZA PRITRDITEV OBDELOVANCA _POZ8	59

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V diplomskem delu sem se osredotočil na razvoj vpenjalne priprave za metalizacijo portalne osi. Tema dela je bila izbrana zaradi specifičnega problema, s katerim se je soočalo podjetje BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH, kjer je bilo treba razviti vpenjalno pripravo, ki bo omogočila večjo učinkovitost in ponovljivost vpenjanja obdelovancev v procesu metalizacije. Izbira teme je bila motivirana s potrebo po optimizaciji tega pomembnega proizvodnega koraka, saj je bil postopek vpenjanja neizvedljiv na standardne vpenjalne priprave. Glavni cilj raziskave je bil razviti vpenjalno pripravo, ki bo omogočila enostavno, hitro in natančno vpetje obdelovancev ter zagotovila primernost za serijsko proizvodnjo, pri čemer bi bila hkrati tudi ergonomična in enostavna za uporabo.

Glavni del raziskave sem posvetil konstruiranju vpenjalnih naprav, pri čemer sem se osredotočil na razumevanje različnih vidikov, kot so ergonomija, optimizacija postopkov izdelave in različni načini vpetja obdelovancev na vpenjalno mizo.

V začetnem delu diplomskega dela sem predstavil podjetje BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH, njegovo dejavnost in opisal pomen metalizacije v industrijskem kontekstu. Proučil sem tudi teoretične osnove metalizacije, ki vključujejo različne vrste kovinskih prevlek, postopke nanašanja plasti in materialne lastnosti, ki so ključne za uspeh tega postopka. Ugotovil sem, da je uspeh metalizacije v veliki meri odvisen od natančnosti vpenjanja obdelovancev in stabilnosti njihove pozicije med obdelavo.

V nadaljevanju sem se osredotočil na procesa CAD (Computer-Aided Design) in CAM (Computer-Aided Manufacturing), ki sta bila pomembna za razvoj vpenjalne priprave. Z uporabo teh orodij sem lahko natančno načrtoval geometrijo priprave, hkrati pa preveril učinkovitost zasnove skozi simulacije in analize, ki so omogočile optimizacijo procesa izdelave. V fazi izdelave prototipa sem proučil različne tehnologije in postopke, ki so omogočili hitro in kakovostno izdelavo komponent vpenjalne priprave. Pomemben del raziskave je predstavljalo testiranje prototipa priprave. Po izgradnji sem izvedel preizkuse v realnih proizvodnih pogojih, s čimer sem preveril delovanje priprave.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je bil razviti vpenjalno pripravo za metalizacijo portalne osi, ki bi omogočila ponovljivo, natančno in ergonomsko vpetje obdelovancev. Cilj je bil optimizirati proizvodni proces v podjetju BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH ter s tem izboljšati kakovost in učinkovitost metalizacije.

Osnovne trditve diplomskega dela so bile:

- H1: Razvita vpenjalna priprava bi morala omogočiti serijsko proizvodnjo z natančno ponovljivostjo vpetja.
- H2: Naprava bi se morala vrteti skupaj z obdelovancem pri najmanj 40 obratih na minuto.
- H3: Vpetje z vijaki bi bilo najhitrejše, najzanesljivejše in cenovno najugodnejše.
- H4: Z uporabo te naprave bi bilo mogoče obnoviti že uporabljene izdelke in jih vrniti v ponovno uporabo, s čimer bi se prihranilo pri materialu in stroških izdelave novih komponent.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri raziskavi sem izhajal iz predpostavke, da bodo podatki, pridobljeni iz preizkusov vpenjalne priprave, zanesljivi in da bodo omogočili preverjanje hipotez. Predpostavljalo se je, da bo razviti sistem vpetja uspešno integriran v obstoječo proizvodno linijo podjetja, pri čemer ne bo prišlo do večjih težav pri prilagajanju obstoječe opreme.

Omejitve raziskave so bile povezane s časovnimi in finančnimi viri ter dostopnostjo potrebne opreme.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Za raziskavo sem uporabil kombinacijo teoretičnega in praktičnega pristopa. Teoretična izhodišča bodo zajemala pregled obstoječih znanj, konceptov in modelov v zvezi z vpenjalnimi napravami in metalizacijo. V raziskovalno-aplikativnem delu bom izvedel analizo trenutnih rešitev in diagnostiko težav ter snoval predlagane ukrepe za izboljšanje obstoječih metod. Raziskava bo vključevala tudi praktične teste prototipa naprave in analizo rezultatov

2 PREDSTAVITEV NAROČILA STORITVE IN PODJETJA

2.1 *Predstavitev naročila storitve*

Diplomsko delo je zajemalo razvoj vpenjalne priprave za metalizacijo portalne osi, ki je bila potrebna v podjetju BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH. Postopek metalizacije zahteva natančno in ponovljivo vpetje obdelovancev, saj lahko že majhna odstopanja povzročijo napake na končnem izdelku. Kupec je portalno os sam demontiral – gre za portalno os, ki je montirana na pogonski osi pri tramvaju. Zaradi obrabe ležajev se je kupec odločil, da bo ob menjavi ležajev obnovil tudi naležno območje, kjer je ležaj montiran.



SLIKA 1: CELOTNO PODVOZJE PORTALNE OSI S KOLESI

Vir: (Lastni vir, 2024)

To smo lahko omogočili s postopkom metalizacije premerov $\varnothing 180\text{ H6}$ v kabini, opremljeni z robotsko roko Kuka. Zaradi novega naročila in zaradi nepravilne oblike obdelovanca sem moral izdelati vpenjalno pripravo, da sem lahko obdelovanca pritrdil na obdelovalno mizo in izpeljal postopek metalizacije. Predhodno pa je bilo treba obrabljene izvrtine povečati s postopkom rezkanja na $\varnothing 180,45\text{--}180,55$. Rezkanje je zaradi naše zasedenosti opravil kooperant, nato pa je bilo treba izvrtine metalizirati in jih ponovno obdelati na tolerančno mero $\varnothing 180\text{ H6}$.



Slika 2: OBRABLJENO MESTO NA OBDELOVANCU

Vir: (Lastni vir, 2024)

Priprava bo morala omogočati enostavno vpetje obdelovanca, obenem pa zagotoviti visoko zanesljivost med serijsko proizvodnjo. Zaradi velikega obdelovanca in dokaj nepravilno porazdeljene teže sem morali skonstruirati vpenjalno pripravo, ki bo preprečevala kakršno koli deformacijo obdelovanca. Problem je bil torej v razvoju priprave, ki bi zadovoljila te zahteve ter izboljšala učinkovitost in natančnost v postopku metalizacije.



SLIKA 3: PORTALNA OS, PRIPRAVLJENA NA METALIZACIJO (IZVRTINA, POVEČANA NA Ø 180,5 MM)

Vir: (Lastni vir, 2024)

2.2 Predstavitev podjetja

Podjetje BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH se nahaja v sosednji Avstriji, v kraju Lannach. Ustanovljeno je bilo leta 1989 in trenutno zaposluje okrog 60 ljudi ter se ukvarja s petimi glavnimi dejavnostmi. Prva od petih glavnih dejavnosti je metalizacija novih in popravilo starih strojnih komponent. Druga in tretja sta CNC-struženje in CNC-rezkanje, prav tako gre za izdelavo novih strojnih komponent, kot so osi, puše, razni polži za ekstruderje in popravilo raznih starejših oziroma izrabljenih strojnih komponent. Večinoma izdelujejo prototipe oziroma male serije in so podpora metalizaciji v primeru potrebe po vpenjalnih oziroma zaščitnih pripravah. Največji možni premer obdelave je 1000 mm in dolžine 4500 mm oziroma maksimalno 7000 kg. Četrta je CNC-brušenje, kjer lahko obdelujejo metalizirane obdelovance v končni produkt. Peta je uravnoteženje. To se nanaša na postopek, ki se uporablja za uravnoteženje rotirajočih komponent, kot so gredi, kolesa ali drugi deli, ki se vrtijo, da se zmanjšajo vibracije ter zagotovita stabilnost in dolgoživost delovnega sistema.

2.3 Metalizacija

Metalizacija je tehnično in tehnološko pomemben postopek, pri katerem se na površino osnovnega materiala nanaša tanek sloj kovine ali kovinske zlitine. Gre za široko uporabljeno tehniko v industriji, ki omogoča izboljšanje funkcionalnih lastnosti osnovnega materiala, kot so odpornost proti obrabi, koroziji, toplotni obremenitvi ali kemičnim vplivom. Poleg tega metalizacija prispeva k optimizaciji mehanskih in fizikalnih lastnosti površin, kar je pomembno za delovanje izdelkov v zahtevnih obratovalnih pogojih.

Osnovni cilj metalizacije je ustvariti površinsko plast, ki ima specifične lastnosti, ki jih osnovni material sam po sebi ne ponuja. Med izboljšanimi lastnostmi so:

- **odpornost proti obrabi:** kovinska prevleka ščiti osnovni material pred mehanskimi poškodbami, ki nastanejo zaradi trenja, udarcev ali drgnjenja;
- **zaščita pred korozijo:** s kovinskim slojem, kot sta cink ali aluminij, je osnovni material zaščiten pred škodljivimi vplivi okolja, kot so vlaga, kisline ali sol;
- **toplotna odpornost:** kovinski sloji, kot so keramično-kovinske zlitine, povečujejo odpornost proti visokim temperaturam, kar je pomembno v letalski in avtomobilski industriji;

- **električna in toplotna prevodnost:** prevleke iz srebra, bakra ali zlata izboljšujejo električne in termične lastnosti materiala, kar je še posebej pomembno v elektroniki.

V našem podjetju lahko obdelujemo obdelovance do premera 3000 mm in dolžine 4000 mm oziroma teže 5000 kg ter izvajamo štiri različne vrste termične metalizacije:

- visokohitrostno plamensko brizganje;
- plazemsko brizganje;
- obločno brizganje;
- plamensko brizganje z žico in prahom.

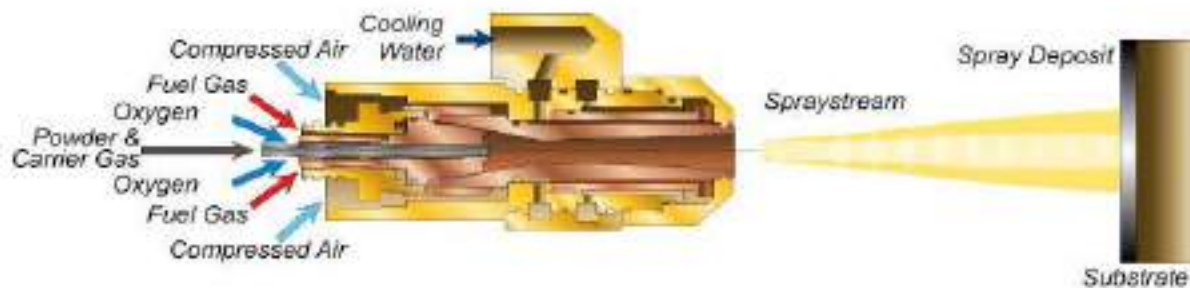


SLIKA 4: PRIMER METALIZACIJE IZ PRAKSE

Vir: (BVT, 2024)

1. Visokohitrostno plamensko brizganje

Je tehnologija termičnega brizganja, ki omogoča nanašanje kovinskih in nekovinskih prevlek z izjemno hitrostjo in natančnostjo. Ta metoda se uporablja za ustvarjanje izjemno čistih, gostih in homogenih slojev na površinah osnovnih materialov. (BVT, 2024)



SLIKA 5: SHEMA VISOKOHITROSTNEGA PLAMENSKEGA BRIZGANJA

Vir: (BVT, 2024)

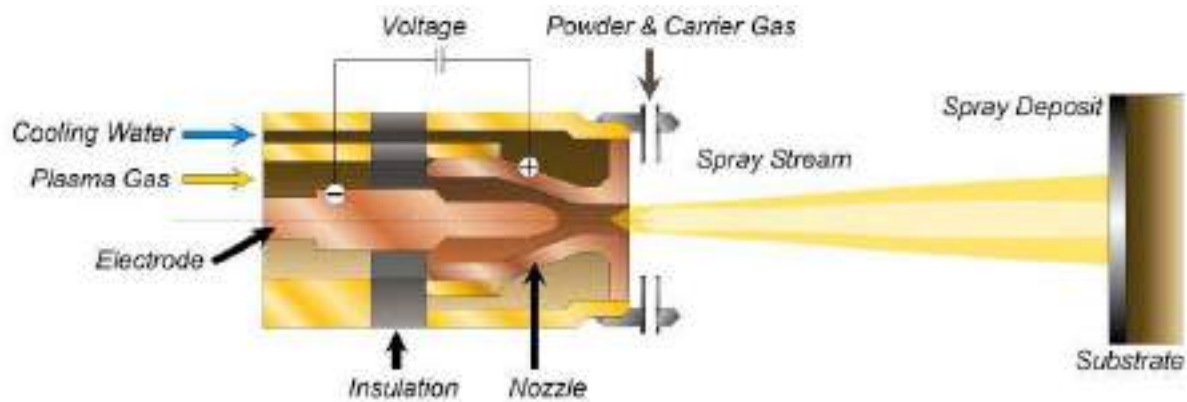
Glavne značilnosti:

- **visoka kemična čistost slojev:** brizganje poteka pri nadzorovanih pogojih, kar zagotavlja zelo čiste prevleke brez neželenih primesi;
- **trdota in gostota slojev:** sloji so mehansko zelo odporni, saj so kompaktni in brez por;
- **homogena struktura:** površina sloja je enakomerna in brez napak, kar izboljšuje funkcionalne lastnosti izdelka;
- **močna vezava s podlago:** zaradi visoke kinetične energije delcev se sloj močno oprime osnovnega materiala. (BVT, 2024)

Tipične uporabe:

- **drsne površine:** na primer batne palice, kjer sta potrebni nizka obraba in dolga življenjska doba;
- **tesnilne površine:** uporablja se za zaščito tesnil, kot so obroči in puše, pred obrabo in korozijo;
- **odpornost proti obrabi, eroziji in abraziji:** na primer v hidroenergetskih napravah, kjer so komponente izpostavljene stalnemu stiku z vodo in delci;
- **ventili:** za povečanje odpornosti proti obrabi in zagotavljanje dolgotrajne zanesljivosti. (BVT, 2024)

2. Plazemsko brizganje



SLIKA 6: SHEMA PLAZEMSKEGA BRIZGANJA

Vir: (BVT, 2024)

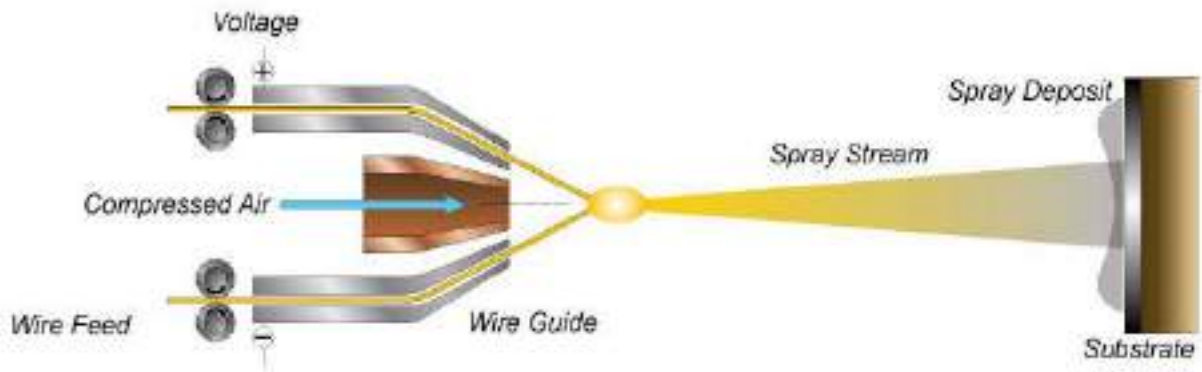
Glavni značilnosti:

- **najprilagodljivejši postopek termičnega brizganja:** omogoča dovolj energije za taljenje praktično vseh materialov, kar omogoča široko uporabo;
- **intenzivna vezava s podlago:** ustvari zelo trdno vezavo sloja z osnovnim materialom, kar izboljša obstojnost in funkcionalnost sloja. (BVT, 2024)

Tipične uporabe:

- **kemijska odpornost:** prevleke iz kromovega oksida za zaščito pred korozijo in kemikalijami;
- **toplotna izolacija:** sloji iz aluminijevega oksida za zaščito pred visokimi temperaturami;
- **funkcijski sloji:** kombinirane prevleke, kot je aluminij-titanov oksid, za posebne industrijske potrebe.
- **nedrseče površine:** prevleke na pogonskih valjih za boljši oprijem;
- **proti sprijemanju:** prevleke, ki zmanjšujejo adhezijo materialov na površini. (BVT, 2024)

3. Obločno brizganje



SLIKA 7: SHEMA OBLOČNEGA BRIZGANJA

Vir: (BVT, 2024)

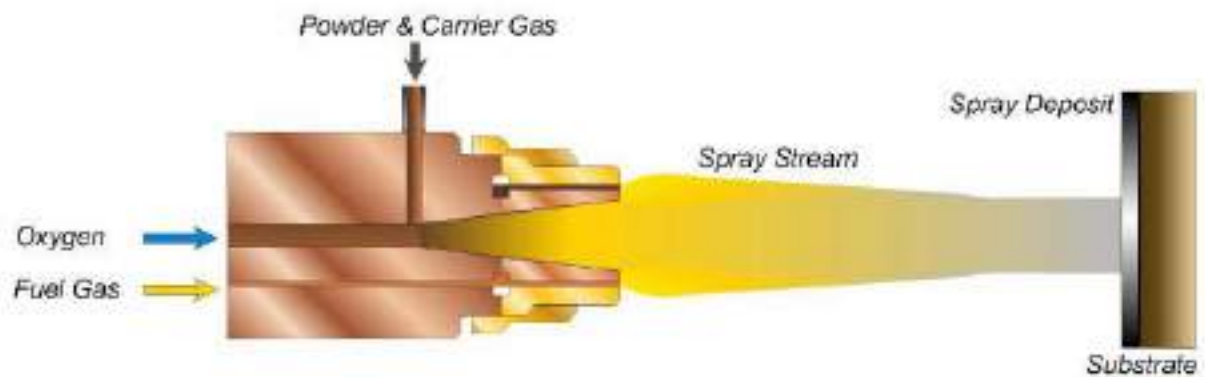
Glavni značilnosti:

- **visoka hitrost nanosa:** omogoča hitro in učinkovito nanašanje slojev;
- **uporaba le električno prevodnih žic:** ta postopek deluje samo z materiali, ki so električno prevodni, kot so različne kovine. (BVT, 2024)

Tipični uporabi:

- **zaščita pred korozijo:** prevleke, ki ščitijo materiale pred korozijo, na primer v morskem okolju ali pri izpostavljenosti vlagi;
- **drsni ležaji:** uporaba na delih, kjer so potrebni materiali z visoko odpornostjo proti obrabi in drsenju, kot so ležaji v mehanskih sistemih. (BVT, 2024)

4. Plamensko brizganje z žico in prahom



SLIKA 8: PLAMENSKO BRIZGANJE Z ŽICO IN PRAHOM

Vir: (BVT, 2024)

Glavni značilnosti:

- **visoka hitrost nanosa:** postopek omogoča hitro nanašanje materiala na površino;
- **izdelava zelo debelih slojev:** z uporabo tega postopka je mogoče nanesti debelejše plasti v primerjavi z drugimi tehnikami termičnega brizganja. (BVT, 2024)

Tipične uporabe:

- **popravila:** obnova poškodovanih ali obrabljenih delov z nanosom materiala za ponovno vzpostavitev prvotnih dimenzij;
- **metalske prevleke:** uporablja se za nanos kovinskih plasti na površino za zaščito pred korozijo, obrabo ali drugim vplivom;
- **izdelava osnovnih slojev za nadaljnje taljenje:** uporablja se kot osnova za nadaljnje postopke taljenja, kot so postopki varjenja ali sintranja. (BVT, 2024)

3 KONSTRUKCIJA VPENJALNE PRIPRAVE

Pri razvoju naprave sem posebno pozornost namenil enostavnosti uporabe, trajnosti materialov in prilagodljivosti naprave za različne velikosti obdelovancev. Vpenjanje je proces, ki zagotavlja stabilnost in natančnost obdelovanca med različnimi proizvodnimi postopki, kot so struženje, frezanje, varjenje ali metalizacija. Stabilno vpetje je ključno za doseg želeno kakovosti končnega izdelka, saj nepravilno vpet obdelovanec lahko povzroči napake, kot so deformacije, nepravilnosti v dimenzijah ali slaba kakovost površine. Vpenjalne priprave so zasnovane tako, da omogočajo natančno pozicioniranje obdelovancev in njihovo stabilno držanje med obdelavo. V industriji obstajajo različni sistemi vpenjanja, med katerimi so najbolj razširjeni vijachenje, hidravlično in pnevmatsko vpetje.

TABELA 1: PRIMERJAVA NAČINOV VPENJANJA

Kriterij	Vijačenje	Hidravlično vpetje	Pnevmatsko vpetje
Cena	Nizka (material in montaža poceni)	Visoka (zahteva črpalko in ventile)	Srednja (komponente so cenejše kot hidravlika)
Hitrost vpetja	Počasna (ročna montaža vijakov)	Zelo hitra	Hitrejša od vijačenja, a počasnejša od hidravlike
Časovna realizacija	Hitra (enostavna izdelava)	Dolga (zahteva kompleksne komponente)	Srednja (enostavnejša od hidravlike)
Zahtevnost izdelave	Nizka	Visoka	Srednja
Ponovljivost vpetja	Visoka	Visoka	Visoka

Vir: (Lastni vir, 2024)

Na podlagi tehničnih zahtev sem izbral metodo vijačenja priprave, ki omogoča stabilno pritrditev na vpenjalno mizo in zagotavlja ustrezno vrtljivost obdelovanca med procesom. Pri zasnovi je bila uporabljena programska oprema CAD, ki je omogočila natančno modeliranje in simulacije naprave pred njeno izdelavo.

Vijačenje je ena najpogostejših metod vpenjanja, ki se uporablja za pritrditev obdelovancev na vpenjalno mizo. Ta metoda vključuje uporabo vijakov, ki zagotavljajo mehansko povezavo med obdelovancem in vpenjalno napravo. Vijačenje omogoča natančno nastavitev sile, ki se uporablja za pritrditev obdelovanca, saj lahko z obračanjem vijaka prilagajamo stopnjo pritiska na obdelovanca.

Glavne prednosti vijačenja so:

- **enostavna uporaba:** postopek vijačenja je preprost, kar omogoča hitro prilagajanje obdelovancev različnim velikostim in oblikam;
- **visoka zanesljivost:** vijaki omogočajo zelo močno in stabilno vpenjanje, kar je ključno za zagotavljanje natančnosti pri obdelavi;
- **fleksibilnost:** vijačenje je primerno za širok spekter obdelovancev in se lahko uporablja v različnih proizvodnih procesih, kot so struženje, frezanje in montaža.

Vendar pa ima vijačenje tudi nekatere pomanjkljivosti, kot sta:

- **časovna zahtevnost:** vijačenje lahko traja dlje kot druge metode vpenjanja, še posebej pri večjih serijah proizvodnje;
- **mehanska obraba:** vijaki se sčasoma lahko obrabijo, kar vpliva na kakovost vpenjanja in natančnost.



SLIKA 9: 3D-MODEL PORTALNE OSI

Vir: (Lastni vir, 2024)

3.1 Tehniška dokumentacija za izdelavo priprave (CAD)

Kratika CAD pomeni računalniško podprto konstruiranje, pri katerem konstruktor za izdelavo ideje uporablja računalniške programe v kombinaciji s specifično strojno opremo. Sistemi CAD omogočajo zasnovo, modeliranje, simulacije in analize ter zagotavljajo natančne risbe in dokumentacijo, ki so potrebne za izdelavo fizičnih izdelkov. Ta tehnologija močno izboljša hitrost in natančnost pri ustvarjanju načrtov ter omogoča enostavno prilagajanje in izboljšanje zasnov. Konstruiranje izdelka je kompleksen proces, ki obsega številne faze, od začetnega snovanja do končne izdelave. V prvi fazi se izdelajo osnovne ideje in zasnove, ki jih konstruktorji razvijejo v podrobnejše modele. Pri tem se ustvarijo sklopi, ki so sestavljeni iz posameznih elementov in detajlov. Vsak delovni element mora biti skrbno zasnovan, da bo ustrezal funkcionalnim zahtevam ter omogočil enostavno proizvodnjo in montažo.

Z uporabo orodij CAD je mogoče izvajati tudi različne analize in ovrednotenje konstrukcije. To vključuje preverjanje mehanskih lastnosti, toplotnih obremenitev, napetosti in deformacij, kar omogoča simulacijo dejanskega delovanja izdelka v različnih pogojih brez potrebe po izdelavi prototipa. Tako se zmanjša možnost napak in optimizira zasnova izdelka pred začetkom proizvodnje. Poleg tega se lahko programi CAD uporabijo za ustvarjanje spiska materialov, načrtovanje proizvodnih procesov in pripravo dokumentacije za nadaljnje faze obdelave. Ko se pojavijo morebitne napake ali optimizacijske možnosti, lahko konstrukcija v sistemu CAD enostavno modificira. To omogoča hitre iteracije in prilagoditve brez potrebe po popolni ponovni izdelavi načrtov ali prototipov. Z naprednimi funkcijami, kot so 3D-modeliranje in analize, CAD pripomore k večji produktivnosti, zmanjšanju napak in optimizaciji stroškov pri razvoju novih izdelkov.

Sodobni sistemi CAD omogočajo tudi integracijo s sistemi CAM, kar omogoča neposredno prenos podatkov za proizvodnjo, to pa povečuje avtomatizacijo in zmanjšuje napake med prenosom načrtov v proizvodne naprave. V industriji so sistemi CAD ključni za optimizacijo procesov, saj omogočajo hitro prilagajanje, inovacije in boljše obvladovanje proizvodnih nalog.

Programska oprema CAD je danes nepogrešljiv del različnih industrijskih panog, kot so avtomobilska industrija, letalska industrija, gradbeništvo, elektronika, strojništvo in mnoge

druge, kjer sta natančnost in hitro prilagajanje zasnove ključnega pomena za uspeh na trgu. (TopSolid, 2023)

Za razvoj vpenjalne priprave sem uporabil programsko opremo **TopSolid v7** za računalniško podprto konstruiranje (CAD). S pomočjo programa TopSolid sem izdelal tehnično dokumentacijo naprave, ki je vključevala vse ključne dimenzije, tolerančne zahteve in izbor materialov. Programska oprema mi je omogočila izvedbo podrobnih simulacij in analizo, s čimer sem preveril trdnost in funkcionalnost naprave pred samo izdelavo.

Prvi korak pred začetkom konstrukcije sem izvedel s sestankom, ki je bil namenjen dogovoru, kje bomo obdelovanec obdelovali in kako izgleda naša osnovna vpenjalna miza. Na podlagi izračuna sem ugotovil, da za ta premer na obdelovancu potrebujemo 40 obratov na minuto. Ugotovil sem, da bo treba obdelovanec trdno vpeti na obdelovalno mizo.

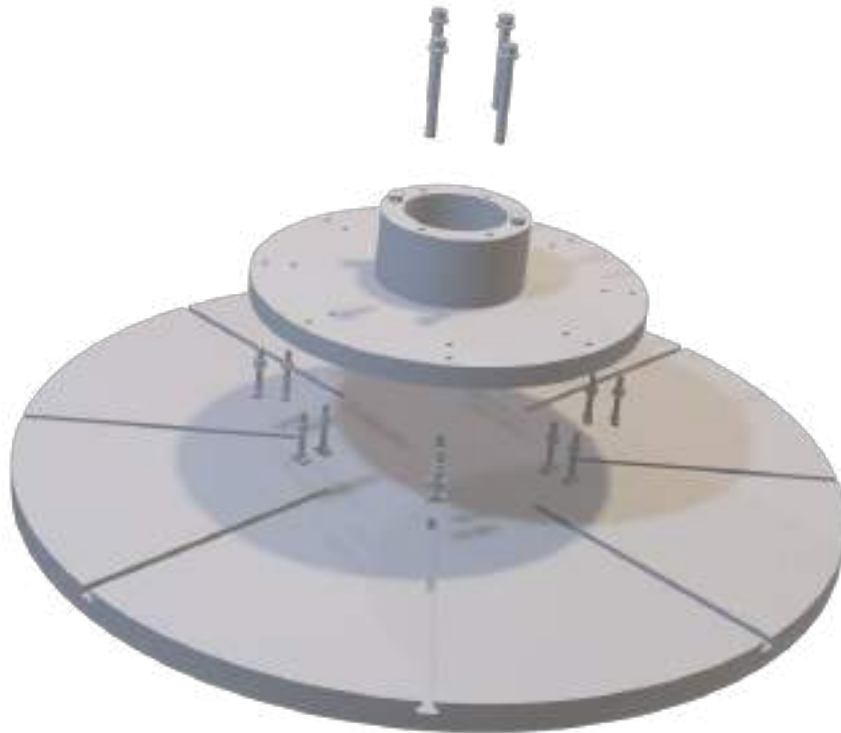


SLIKA 10: CELOTNA KABINA, ROBOTSKA ROKA KUKA IN OSNOVNA VPENJALNA MIZA

Vir: (Lastni vir, 2024)

Začel sem z 2D-skicami, ki so bile potrebne za nadaljnje ustvarjanje 3D-modelov. Med delom na posameznih delih sem uporabljal funkciji ekstrudiranja in vrtenja, da sem ustvaril končni 3D-model. Na podlagi pridobljenih načrtov obdelovanca in pregleda dejanskega obdelovanca sem se odločil, da bom obdelovanec privijačil na vmesni element, ki sem ga poimenoval

spodnja plošča. Osnovna miza ima T-utore, ki so namenjeni za pritrjevanje različnih obdelovancev.



SLIKA 11: 3D-MODEL OSNOVNE MIZE IN SPODNJE PLOŠČE, NA KATERO BO PRITRJEN OBDELOVANEK

Vir: (Lastni vir, 2024)

Ko so bili vsi sestavni deli ustvarjeni kot 3D-modeli, TopSolid omogoča njihovo združitev v sklop, kar imenujemo tudi sestavljanje (assembly modeling). S pomočjo različnih ukazov sem dele pravilno postavil, da sem dosegel zahtevano funkcionalnost. Tehniške risbe, izdelane v TopSolidu, so služile kot osnova za kasnejšo izdelavo posameznih komponent, saj so omogočale natančno določitev delovnih postopkov, potrebnih za doseg zahtevanih specifikacij. Z risbami je bil omogočen tudi pregled nad celotnim procesom sestave naprave.

3.2 Material

Pri načrtovanju komponent je pomembno izbrati primeren material za projekt. Materiali, kot je S355, v naravi ne obstajajo in jih je treba predelati iz naravnih virov. Pri izbiri ustreznega materiala je treba upoštevati vse zahteve, ki jih mora komponenta zdržati med uporabo. Lastnosti materialov se delijo na glavne skupine:

- fizikalne lastnosti,
- mehansko-tehnološke lastnosti,
- lastnosti izdelave,
- kemijsko-tehnološke lastnosti.

Materiale razdelimo na tri glavne skupine: kovine, nekovine in kompozite, pri čemer vsaka skupina vsebuje nadaljnje podskupine.

Jeklo S355 je evropski standardni konstrukcijski razred jekla po EN 10025-2: 2004, material S355 pa je razdeljen na štiri glavne kakovosti razredov:

- S355JR (1.0045);
- S355J0 (1.0553);
- S355J2 (1.0577);
- S355K2 (1.0596). (GneeSteelGroup, 2008)

Mehanske lastnosti jekla S355 so prikazane v spodnji tabeli.

Natezna trdnost

TABELA 2: TABELA NATEZNE TRDNOSTI ZA MATERIAL S355

Jekla	Jeklena stopnja	S355 – natezna trdnost ($\geq \text{N/mm}^2$)		
		D <>	$3 \leq d \leq 100$	$100 < d \leq \infty$
S355	S355JR	510–680	470–630	450–600
	S355J0 (S355JO)			
	S355J2			
	S355K2			

Vir: (GneeSteelGroup, 2008)

Raztezek

TABELA 3: TABELA RAZTEZKA ZA MATERIAL S355

		Elongacija ($\geq$ %); debelina (d) mm				
Jekla	Jeklena stopnja	$3 \leq d \leq 40$	$40 < d = \text{''} >$	$63 < d = \text{''} >$	$100 < d = \text{''} \leq \text{''} >$	$150 < d = \text{''} \leq \text{''} >$
S355	S355JR	22	21	20	18	17
	S355J0 (S355JO)					
	S355J2					
	S355K2	20	19	18	18	17

VIR: (GneeSteelGroup, 2008)

3.3 Material projekta

Za projekt je bil izbran jekleni material S355J2, ki se zaradi svoje vzdržljivosti pogosto uporablja v strojništvu. Ta material ustreza zahtevam po trdnosti, vzdržljivosti in obdelovalnosti, kar je pomembno za komponente, kot je priprava za metalizacijo.

4 STROJNI ELEMENTI

4.1 *Vijačne zveze*

Vijačne zveze so ene najpogostejše uporabljenih povezav v strojništvu. Pri tej vrsti povezave je na primer vijak z zunanjim navojem sklopljen z delom z notranjim navojem, kar zagotavlja stabilno povezavo. Prednost vijačnih zvez je, da jih je mogoče enostavno razstaviti in ponovno sestaviti. Vijaki se uporabljajo v širokem spektru, od gospodinjskih naprav do kompleksnih CNC-strojev. Za zanesljivost povezav je pomembna izbira ustreznih vijakov in matic, ki se izračunajo glede na zahteve in obremenitve. V našem primeru sem uporabil vijake za privijačenje obdelovanca na spodnjo ploščo in povezavo dodatnega stebra.

4.2 *Navoji*

Pri tem projektu so bili izdelani trije tipi navojev: M16, M14 in M12. Navoj M16 se uporablja za povezavo obdelovanca na spodnjo ploščo za pritrditev obdelovanca_poz15, M12 za montažo priprave na delovno mizo, M14 pa za povezavo priprave na obdelovanec. Za lažje vzdrževanje in uporabo so bili določeni metrični navoji, ki so standardni in enostavni za nadomestitev.

4.3 *Izračun trdnosti vijakov*

Trdnost vijakov je označena z dvema številkama, ki določata natezno trdnost in mejo plastičnosti. Te oznake so pomembne za zagotavljanje varnosti pri uporabi. Na primer vijak z oznako 8,8 ima ustrezno trdnost za standardne aplikacije.

V skladu z ustreznimi standardi so razredi učinkovitosti vijakov 3,6, 4,6, 4,8, 5,6, 6,8, 8,8, 9,8, 10,9 in 12,9, med katerimi so vijaki razredov 8,8 in vsi nadaljnji izdelani iz legiranega jekla, ki ima nizko ali srednjo vsebnost ogljika, ter so nato toplotno obdelani (kaljenje, popuščanje). Na splošno so ti znani kot vijaki visoke trdnosti, medtem ko so ostali znani kot navadni vijaki. Oznaka stopnje zmogljivosti vijaka je sestavljena iz dveh delov, ki predstavljata nazivno vrednost natezne trdnosti ter razmerje med mejo tečenja in natezno trdnostjo materiala vijaka. (Fabiani, 2017)



SLIKA 12: PRIMER VIJAKA Z OZNAKO 8,8

VIR: (GneeSteelGroup, 2008)

Izbral sem vijak visoke trdnosti, razreda zmogljivosti 10,9. Material po toplotni obdelavi:

- nazivna natezna trdnost materiala vijaka doseže 1000 MPa;
- upogibno razmerje materiala vijaka je 0,9;
- nazivna meja tečenja materiala vijaka je do $1000 \times 0,9 = 900$ MPa.

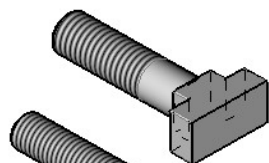
4.4 Varovanje vijakov

Vijaki so lahko dinamično ali statično obremenjeni, kar lahko povzroči popuščanje prednapetosti, posledično pa se lahko vijak sčasoma samodejno sprostí. Da bi preprečili to težavo, se uporabljajo varovanja vijakov. Namen varovanja vijakov je preprečiti, da bi se spoj samodejno razrahljal. Obstajajo tri osnovne vrste varovanj za trajno zagotavljanje varnosti spojev pod obremenitvijo:

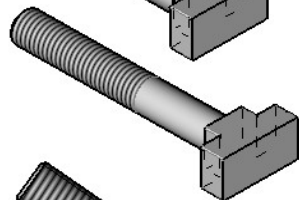
- varovanja s prisilnim zaklepom;
- varovanja s trenjem;
- varovanje z lepljenjem.

V našem primeru sem se zaradi vibracij in toplotne obdelave odločil za varovanje s trenjem. To sem dosegel z namestitvijo vzmetnih podložk na vijake.

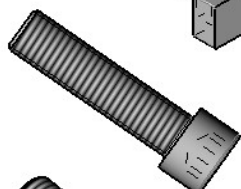
POTREBNI STROJNI ELEMENTI



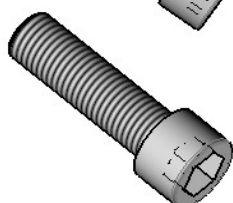
T-vijak s kvadratno glavo DIN 186 - B M14 x 55-10.9



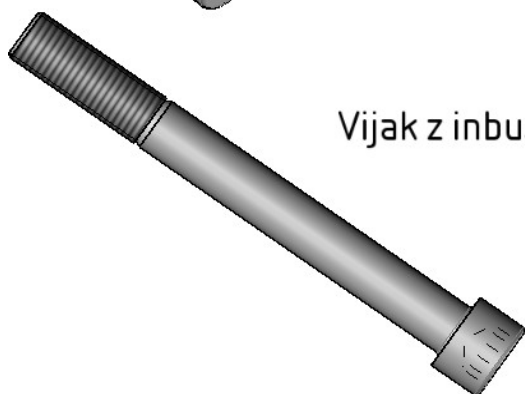
T-vijak s kvadratno glavo DIN 186 - B M12 x 150-10.9



Vijak z inbus glavo DIN912 - M14x55 - 10.9



Vijak z inbus glavo DIN912 - M16x55 10.9



Vijak z inbus glavo DIN912 - M16x150 - 10.9



Šestroba matica DIN 6915 - M14



Ukrivljene vzmetne podložke DIN 137 A M14



Šestroba matica DIN 6915 - M12



Ukrivljene vzmetne podložke DIN 137 A M12



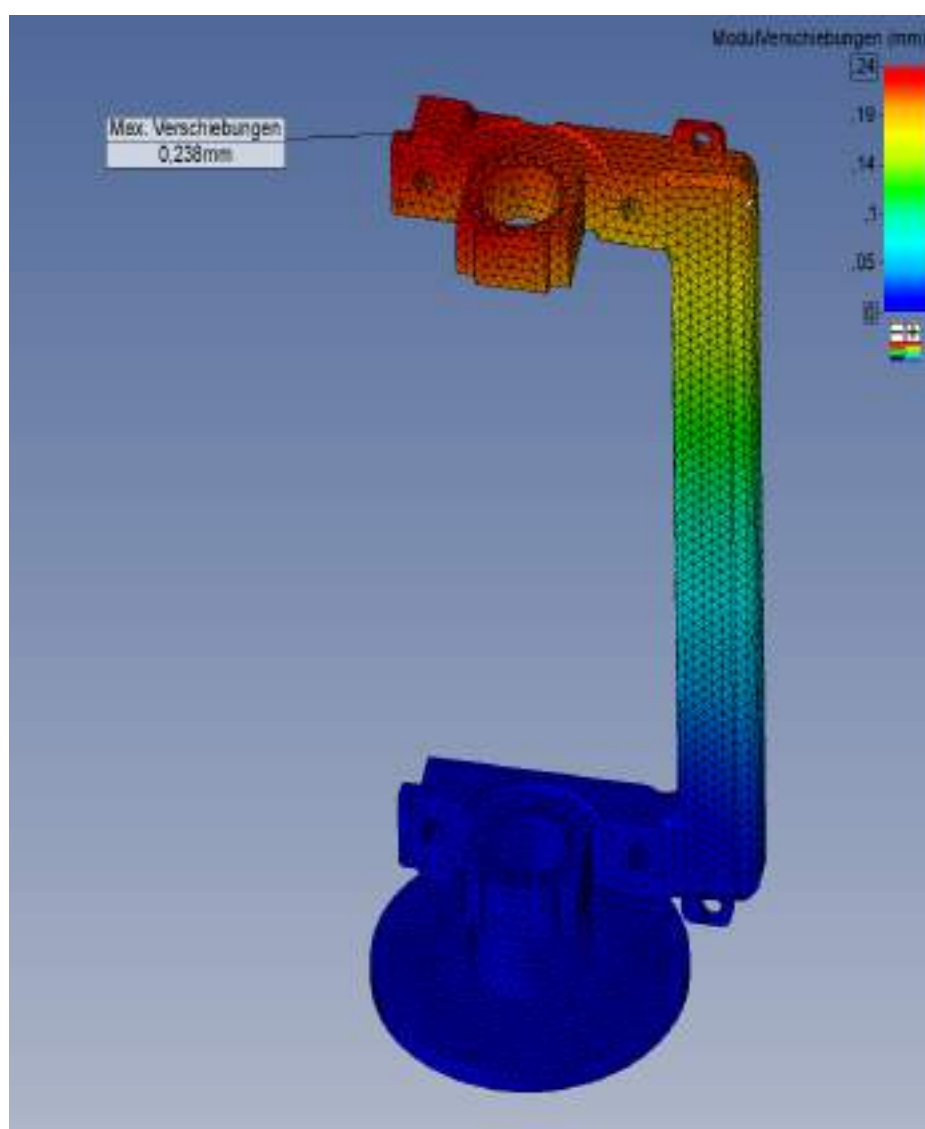
Ukrivljene vzmetne podložke DIN 137 A M16

SLIKA 13: UPORABLJENI STROJNI ELEMENTI V PROJEKTU

Vir: (Lastni vir, 2024)

4.5 Simulacija oziroma statična analiza s pomočjo programa TopSolid

V programu za statično analizo sem najprej določil material konstrukcije in material obdelovanca, nato sem določil točke, kjer je konstrukcija vpeta. Zaradi našega pogoja sem moral določiti os vrtenja in določiti hitrost 40 obratov na minuto. V tem primeru mi je simulacija pokazala, da obstaja možnost deformacije in možnost premikanja obdelovanca v zgornjem predelu obdelovanca. Zaradi metalizacije tega predela sem moral dodatno zavarovati obdelovanec s podpornim stebrom, saj bi bila kakovost metalizacije in vpenjanja obdelovanca neponovljiva oziroma neprimerna za serijsko proizvodnjo.



SLIKA 18: STATIČNA ANALIZA BREZ PODPORNEGA STEBRA

Vir: (Lastni vir, 2024)

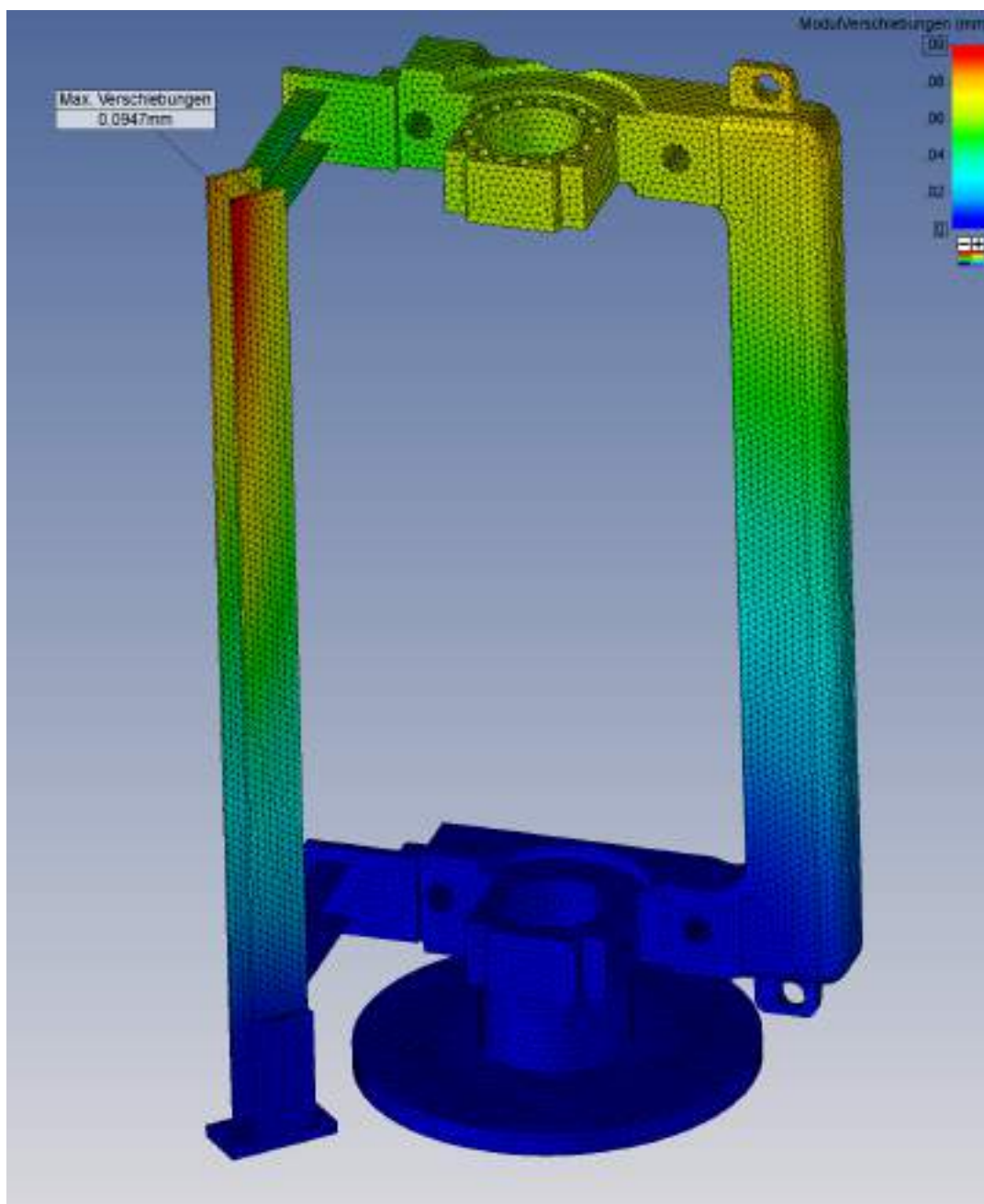
Vrnil sem se v fazo konstruiranja in dodal podporni steber. Za podporni steber sem izbral profil HEB100 in za stransko povezavo UPE100, povezavo na obdelovanca pa sem omogočil s ploščami, v katere sem zvrtil izvrtine, in jih privijačil nanj. Zaradi metalizacije na levi in desni strani obdelovanca sem moral podporni steber skonstruirati tako, da se je lahko z enim obratom spet vpel v spodnji HEB100. Podporni steber je varjena konstrukcija, ki jo v ležečem stanju privijačimo na obdelovanca.



SLIKA 14: 3D-MODEL VPENJALNE PRIPRAVE S PODPORNIM STEBROM

Vir: (Lastni vir, 2024)

Ponovno sem naredil simulacijo statične analize in vse parametre predpostavil enako kot v zgornjem primeru. Rezultat je pokazal, da se je deformacija znatno zmanjšana, vendar je še vedno velik del sil deloval na obdelovanca.



SLIKA 15: STATIČNA ANALIZA BREZ PROTIUTEŽI (GREDI ZA URAVNOTEŽENJE)

Vir: (Lastni vir, 2024)

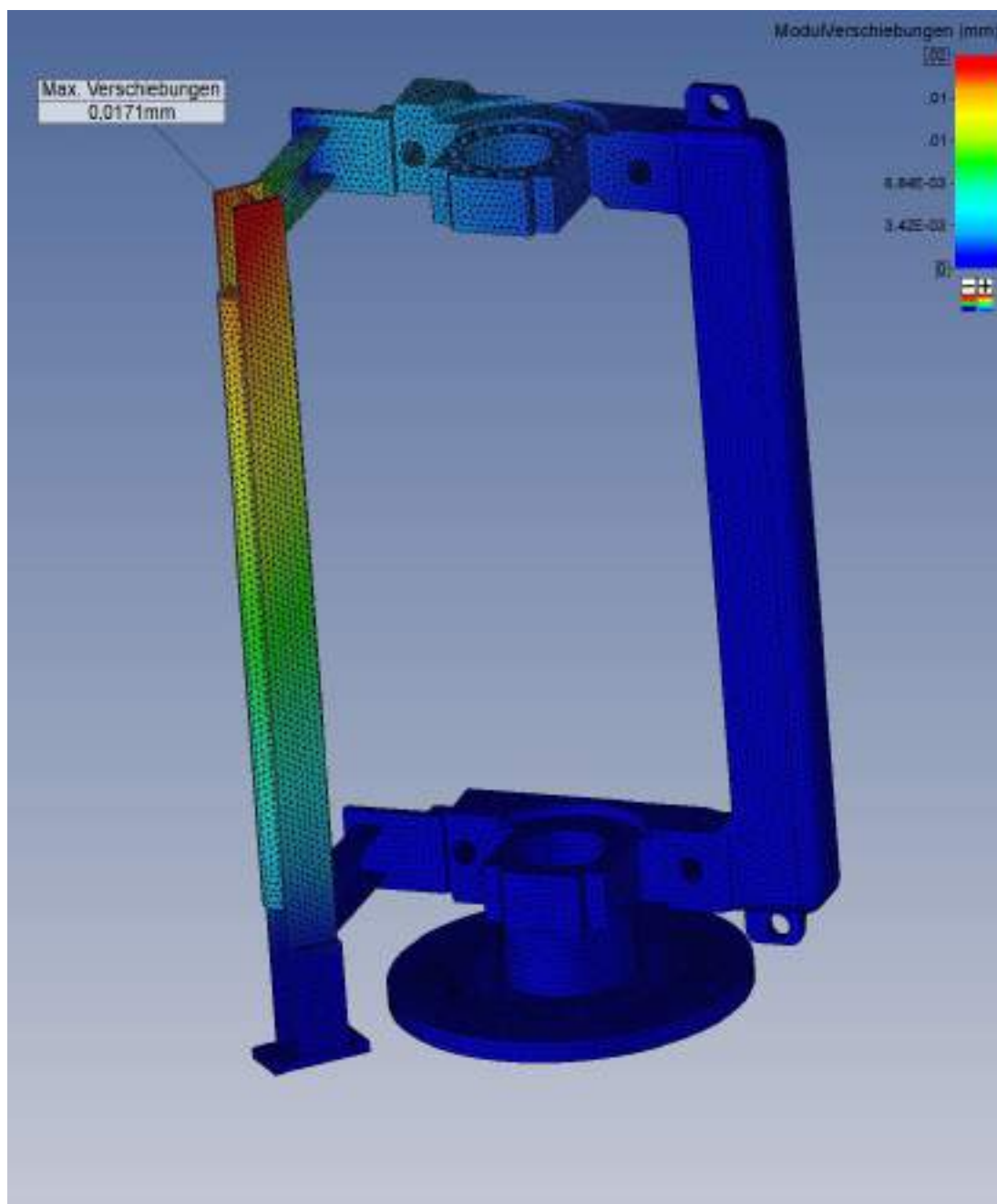
Ugotovil sem, da teža obdelovanca ni pravilno porazdeljena, zato sem moral dodati uteži, da sem konstrukcijo uravnotežil, s tem pa sem konstrukcijo prav tako tudi ojačal. Vrnil sem se h konstrukciji in dodal na podporni steber dve uteži, premera 70 mm in dolžine 1200 mm. Uteži smo zavarili na podporni steber.



SLIKA 16: KOMPLETNI 3D-MODEL VPENJALNE NAPRAVE IN
OBDELOVANCA

Vir: (Lastni vir, 2024)

Ponovno sem zagnal simulacijo. Po dodani uteži se je deformacija na obdelovancu skoraj popolnoma izničila. Dobil sem konstrukcijo, ki omogoča mirno vrtenje in skoraj ničelne deformacije na obdelovancu.



SLIKA 20: STATIČNA ANALIZA KONČNE KONSTRUKCIJE S PROGRAMOM TOPSOLID

Vir: (Lastni vir, 2024)

4.6 Statična analiza

1. Izračun centrifugalne sile

Kot sem že omenil, sem moral izračunati centrifugalno silo, ki nastane zaradi vrtenja. To sem storil z naslednjo formulo:

$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Pri tem so:

$$m = 553 \text{ kg (masa)}$$

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{RPM}{60} = 2\pi \cdot \frac{40}{60} \approx 4,1888 \text{ rad/s (kotna hitrost pri 40 RPM)}$$

$$r = 0,65 \text{ m (radij)}$$

Z izračunom sem dobil:

$$F_c = 553 \cdot (4,1888)^2 \cdot 0,65$$

$$F_c = 553 \cdot 17,54 \cdot 0,65 \approx 6317,2 \text{ N}$$

2. Izračun napetosti zaradi centrifugalne sile

Ker ima komponenta ob vrtenju obliko diska, bom predpostavil, da napetost deluje vzdolž zunanega roba komponente. Če predpostavim, da so centrifugalne sile porazdeljene na celotno površino diska, bom moral izračunati napetosti, ki nastanejo zaradi teh sil.

Za izračun napetosti σ , ki nastane zaradi centrifugalne sile, moram upoštevati presek materiala (površino, skozi katero se prenaša sila). Za krog z radijem r je površina preseka:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0,65)^2 \approx 1,327 \text{ m}^2$$

Napetost σ je torej:

$$\sigma = \frac{F_c}{A} = \frac{6317,2}{1,327} = 4754,4 \text{ Pa}$$

3. Izračun varnostnega faktorja (SF)

Varnostni faktor SFSF se izračuna kot razmerje med dovoljenimi napetostmi materiala in dejanskimi napetostmi. Za material S355J2 je največja dovoljena napetost (meja tečenja) približno **355 MPa** (355,000,000 Pa).

Zato bom varnostni faktor izračunal kot: $SF = \frac{\sigma_{dovoljena}}{\sigma} = \frac{355000000}{4757,4} = 74,7$

Povzetek:

- **centrifugalna sila:** 6317,2 N;
- **napetost:** 4754,4 Pa;
- **varnostni faktor:** 74,7.

Interpretacija

Varnostni faktor je zelo visok (74,7), kar pomeni, da je komponenta precej varna glede na materialne lastnosti S355J2 in vrtenje pri 40 RPM. To kaže, da so napetosti, ki nastanejo pri teh obratih, precej pod mejo tečenja materiala, kar pomeni, da ne bo prišlo do popuščanja ali poškodbe materiala zaradi rotacije.

4.7 Kosovnica priprave

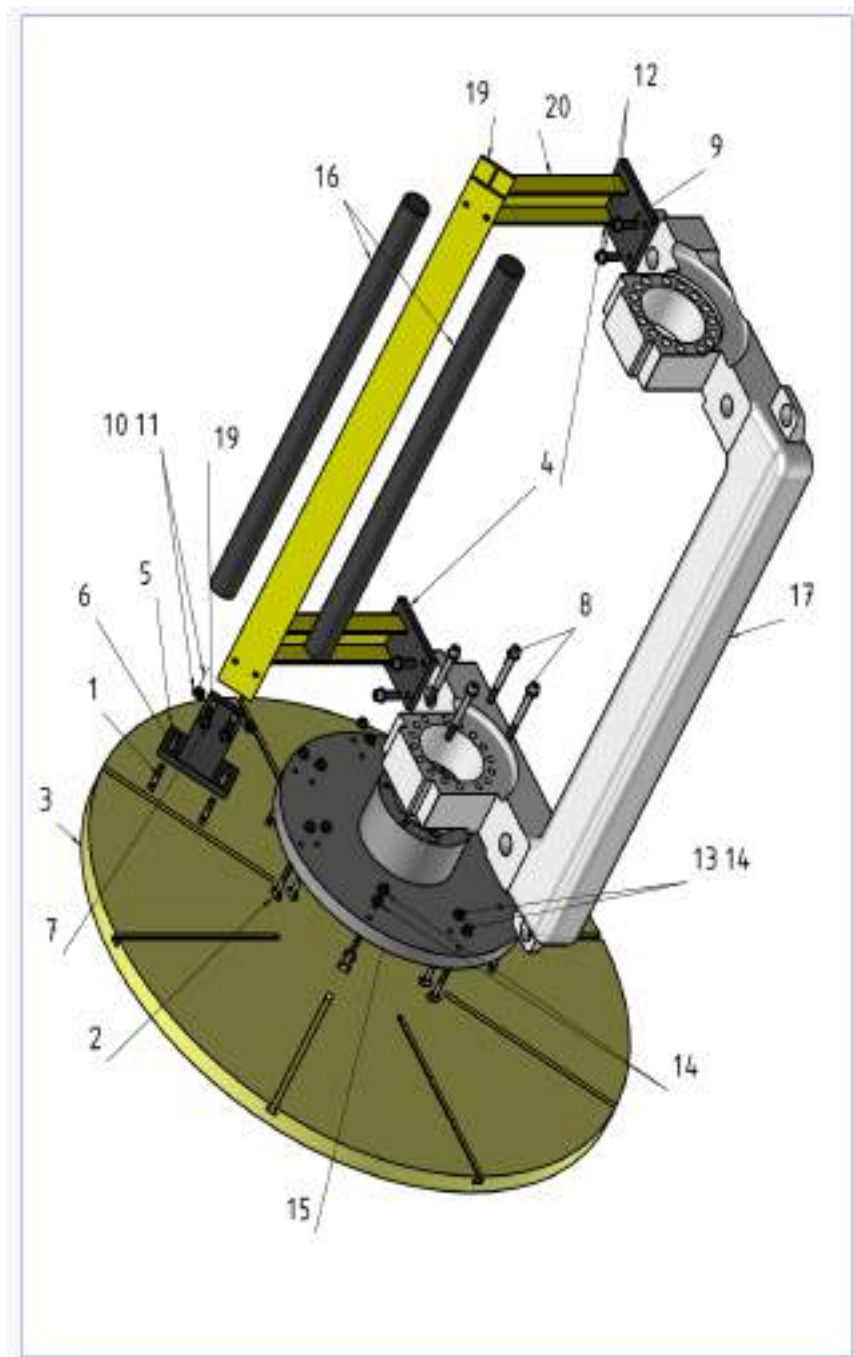
Kosovnica je dokument v inženiringu, proizvodnji in vzdrževanju, ki vsebuje seznam vseh potrebnih delov in komponent za sestavo določenega izdelka ali sistema. Njena glavna funkcija je zagotavljanje jasnega pregleda nad sestavnimi deli, kar omogoča učinkovito načrtovanje, proizvodnjo in sledenje materialom.

Spodnja kosovnica je tudi pomoč pri montaži, saj sem natančno opisal, kje vsak del stoji in kako ga privijamo. Kot je razvidno, je spodnji del plošče pritrjen s T-vijaki na osnovno vpenjalno ploščo. Na spodnjo ploščo je pritrjen obdelovanec, ki je privijačen z vijaki. Nato je dodana konstrukcija HEB, ki je prav tako privijačena z vijaki.

TABELA 4: SEZNAM DELOV V KOSOVNICI

Vir: (Lastni vir, 2024)

Št.	Ime dela
1	T-vijak s kvadratno glavo DIN 186 - B M14 x 55- 10.9
2	T-vijak s kvadratno glavo DIN 186 - B M12 x 150- 10.9
3	Miza stroja
4	Plošča_20010020_2x_poz6
5	Plošča_20010020_2x_poz5
6	Plošča_20015020_2x_poz4
7	Vijak z inbus glavo DIN912 - M14x55 - 10.9
8	Vijak z inbus glavo DIN912 - M16x150 10.9
9	Vijak z inbus glavo DIN912 - M16x55 10.9
10	Vijak z inbus glavo DIN912 - M14x55 - 10.9
11	Ukrivljene vzmetne podložke DIN 137 A M14
12	Ukrivljene vzmetne podložke DIN 137 A M16
13	Ukrivljene vzmetne podložke DIN 137 A M12
14	Šestroba matica DIN 6915 - M12
15	Spodnja plošča za pritrnitev obdelovanca_poz8
16	Gred za balansiranje_Ø70_poz7
17	PA_F-0-101504-G
18	Profil_HEB100_poz1
19	Profil_HEB100_2x_poz2
20	Profil_UPE100_2x_poz3



SLIKA 17: KOSOVNICA

Vir: (Lastni vir, 2024)

4.8 Dokumentacija za izpeljavo projekta (delovni koraki)

Pri izpeljavi projekta sem pripravil podrobno dokumentacijo, ki je vključevala vse potrebne delovne korake za izdelavo vpenjalne priprave. Ta dokumentacija je bila ključna za zagotavljanje kakovosti izdelka in za optimizacijo celotnega procesa izdelave. Vse faze so bile natančno dokumentirane, da bi zagotovili usklajenost z načrtom in omogočili enostavno sledenje ter izvajanje nalog v različnih fazah produkcije. Dokumentacija je obsegala zaporedje izdelovalnih postopkov, ki so začeli z začetnimi pripravljalnimi deli, kot sta izbira materiala in priprava delovnih prostorov. V tem začetnem delu sem vključil specifikacije materialov, ki so bili uporabljeni za izdelavo posameznih komponent vpenjalne priprave, in določil potrebne dimenzije za vsako komponento. To je omogočilo natančno pripravo za nadaljnje faze obdelave.

Naslednji korak v procesu je bil rezanje in oblikovanje komponent. V tem delu je bilo treba uporabiti ustrezne stroje, kot so žage, stroje za upogibanje in stiskanje ter postopke, ki zagotavljajo natančnost pri oblikovanju posameznih delov. Vsaka komponenta je bila prilagojena specifičnim zahtevam projekta, da bi omogočila enostavno sestavljanje celotne naprave. Za to fazo so bile v dokumentaciji podrobno opisane uporaba CNC-strojev in druge specifične tehnike, ki so zagotovile visoko natančnost obdelave.

Ko so bile komponente pripravljene, je sledilo varjenje. Ta faza je bila pomembna za zagotavljanje trdnosti in stabilnosti celotne konstrukcije. V dokumentaciji sem vključil podrobna navodila za izvedbo varilnih del, vključno z vrstami varjenja, nastavki in varilnimi materiali, ki so bili uporabljeni za doseg optimalnih lastnosti varjenih spojev. Vsi postopki so bili zasnovani tako, da so zagotavljali trdnost in kakovost varilnih spojin, ki so ključne za zanesljivost naprave. Končna strojna obdelava z uporabo CNC-strojev je bila naslednji korak, kjer sem se osredotočil na doseganje natančnosti in visoke kakovosti površin. V tem delu sem uporabil različne postopke, kot sta struženje in frezanje, ki so omogočili doseganje predpisanih dimenzij in površinskih kakovosti. Tehnologija računalniškega numeričnega krmiljenja (CNC) je omogočila hitro in ponovljivo obdelavo, kar je bilo pomembno za ohranjanje visoke kakovosti proizvodnje in zagotavljanje točnosti vseh komponent.

Zadnja faza v procesu je bila montaža končnega izdelka, kjer so bile vse pripravljene komponente sestavljene v celoten sistem. Montaža je vključevala pravilno pozicioniranje in povezovanje delov ter preverjanje delovanja vseh mehanizmov. Po montaži sem izvedel testiranje delovanja naprave v realnih pogojih, kjer sem preveril stabilnost vpenjanja, učinkovitost delovanja ter morebitne popravke in optimizacije, ki so bili potrebni za doseg želenih rezultatov.

Dokumentacija je služila kot priročnik za izdelavo priprave in je omogočila nemoten potek projekta. Vse faze izdelave so bile skrbno dokumentirane, kar je omogočilo natančno sledenje napredku in hitro reševanje morebitnih težav, ki so se pojavile med izdelavo. Poleg tega je dokumentacija zagotovila doslednost v postopkih, kar je bilo ključno za zagotavljanje kakovosti končnega izdelka in za uspešno dokončanje projekta v dogovorjenih rokih.

5 IZDELAVA PRIPRAVE IN POSTOPKI OBDELAVE (CAM)

V tem poglavju so opisani izdelava vpenjalne priprave in postopki obdelave, ki so bili uporabljeni za izdelavo posameznih komponent naprave. Postopki obdelave so bili izbrani glede na specifične zahteve projekta ter vključujejo žaganje, struženje, varjenje in rezkanje. Za natančno izdelavo in zagotavljanje kakovosti komponent sem uporabil tehnologijo CAM. **CAM** pomeni računalniško podprto proizvodnjo. Gre za uporabo računalniške programske opreme za načrtovanje, upravljanje in izvajanje proizvodnih procesov. CAM omogoča avtomatizacijo številnih proizvodnih korakov, kar povečuje natančnost, učinkovitost in ponovljivost v proizvodnji.

1. **Generiranje orodnih poti:** programska oprema CAM pretvori 3D-modele ali CAD-datoteke v orodne poti, ki usmerjajo gibanje strojev, kot so CNC-rezkalni stroji, stružnice, rezalni stroji ali 3D-tiskalniki.
2. **Simulacija:** pred začetkom dejanske proizvodnje omogoča simulacijo procesa, da se preveri pravilnost orodnih poti, zaznajo morebitne napake ali kolizije in optimizirajo parametri obdelave.
3. **G-koda:** programska oprema CAM generira G-kodo, ki je jezik, ki ga uporabljajo CNC-stroji za izvajanje specifičnih ukazov (npr. gibanje osi, nastavitve hitrosti rezkanja ali vrtnja).
4. **Povezava s CNC-stroji:** CAM omogoča neposredno povezavo med računalnikom in strojem, kar omogoča hitro prenašanje podatkov in zmanjšuje potrebo po ročnih vnosih.
5. **Optimizacija proizvodnje:** pomaga pri optimizaciji parametrov, kot so hitrost podajanja, rezanje materiala in izbira orodij, da se zmanjšata poraba materiala in čas obdelave.

5.1 Žaganje

Postopek žaganja je bil uporabljen za začetno oblikovanje in razrez večjih kosov materiala na primerne dimenzije. S pomočjo žage za kovine sem natančno izrezal posamezne dele iz osnovnega materiala, kar je omogočilo nadaljnjo obdelavo. Žaganje je bilo izvedeno v skladu z načrti in dimenzijami, določenimi v tehničnih risbah, kar je zagotavljalo ustrezno pripravo materiala za naslednje faze obdelave.

Žaganje kovine je obdelovalni postopek, ki se uporablja za razrez kovinskih materialov na želene dimenzije in oblike. Ta postopek vključuje uporabo žage, ki je specializirana za obdelavo kovinskih materialov, ter omogoča natančno in učinkovito odstranitev kovine z obdelovanca. Žaganje kovine je ključno v številnih industrijah, vključno z gradbeno, avtomobilsko, letalsko in metalurško industrijo.



SLIKA 18: UPORABLJENA AVTOMATSKA PODAJALNA TRAČNA ŽAGA BEHRINGER

Vir: (Lastni vir, 2024)

TABELA 5: SEZNAM ELEMENTOV ZA RAZREZ

SEZNAM ELEMENTOV	KOLIČINA (kom)	DOLŽINA (mm)
Profil_HEB100_poz1	1	1570 mm
Profil_HEB100_poz2	2	100 mm
Profil_UPE100_poz3	2	430 mm
Plošča_200*150*20_poz4	2	200 mm
Plošča_200*100*20_poz5	2	200 mm
Plošča_200*100*20_poz6	2	200 mm
Ø 70x1200_za_poz7	2	1200 mm
Ø 265x145_za_poz8	1	145 mm

Vir: (Lastni vir, 2024)

5.1.1 Postopek žaganja kovine

Postopek žaganja kovine vključuje naslednje korake:

- **priprava orodja in obdelovanca:** kovinski material se pripravi za rezanje, kar vključuje pravilno namestitev na delovno mizo ali držalo. Žaga se nastavi za delo s kovino, kar vključuje izbiro ustreznega rezalnega mehanizma in nastavitve hitrosti rezanja;
- **nastavitev parametrov:** pomembno je določiti ustrezne parametre žaganja, kot so hitrost rezanja, tlak na rezilo, globina reza in smer reza. Ti parametri se prilagodijo glede na vrsto kovine, debelino in zahteve reza;
- **izvedba reza:** žaga se aktivira in začne rezati kovino. Med postopkom je treba natančno spremljati napredek, da se zagotovi, da rez poteka v skladu z določenimi specifikacijami. Uporabljajo se lahko hladilna sredstva za zmanjšanje trenja, hlajenje orodja in preprečevanje pregrevanja materiala;
- **kontrola kakovosti:** po končanem rezanju se izdelek preveri za točnost dimenzij in kakovost površine. Preverjanje vključuje merjenje dimenzij in pregled površinske kakovosti, da se zagotovi, da je izdelek skladen z načrtovanimi specifikacijami.

5.2 *Struženje (CNC)*

CNC-struženje je sodoben in avtomatiziran postopek obdelave materialov, ki temelji na računalniškem numeričnem krmiljenju. Postopek se začne s pripravo programa, ki ga običajno ustvarimo s pomočjo programske opreme CAD/CAM. Ta programska oprema omogoča načrtovanje in simulacijo poti orodja glede na zahtevane dimenzije in obliko končnega izdelka. V tem koraku definiramo vse parametre obdelave, kot so hitrost vrtenja, podajanje orodja in globina reza.

Ko je program pripravljen, sledi nastavitev stroja. Operater vstavi obdelovanca v CNC-stružnico in ga ustrezno pritrdi, da prepreči premikanje med obdelavo. Hkrati izbere in namesti ustrezna orodja za obdelavo, pri čemer poskrbi za njihovo natančno pozicioniranje glede na koordinatni sistem stroja. Pravilna nastavitev je ključna za dosego želene natančnosti.

Zagon obdelave se izvede s pomočjo naloženega programa, ki krmili vse gibe stroja. Orodje se vrti okoli obdelovanca, pri čemer računalnik precizno upravlja hitrost vrtenja, premikanje orodja in odstranjevanje materiala. Celoten proces je avtomatiziran, kar zagotavlja natančnost in ponovljivost izdelkov, ne glede na kompleksnost njihove oblike. Ko je obdelava zaključena, sledi faza kontrole kakovosti. Izdelki se natančno izmerijo z merilnimi orodji, kot so merilne ure, mikrometri ali tridimenzionalni optični skenerji, da se preveri, ali ustrezajo načrtovanim dimenzijam in tolerancam. V primeru odstopanj je mogoče program prilagoditi in izvesti popravke.

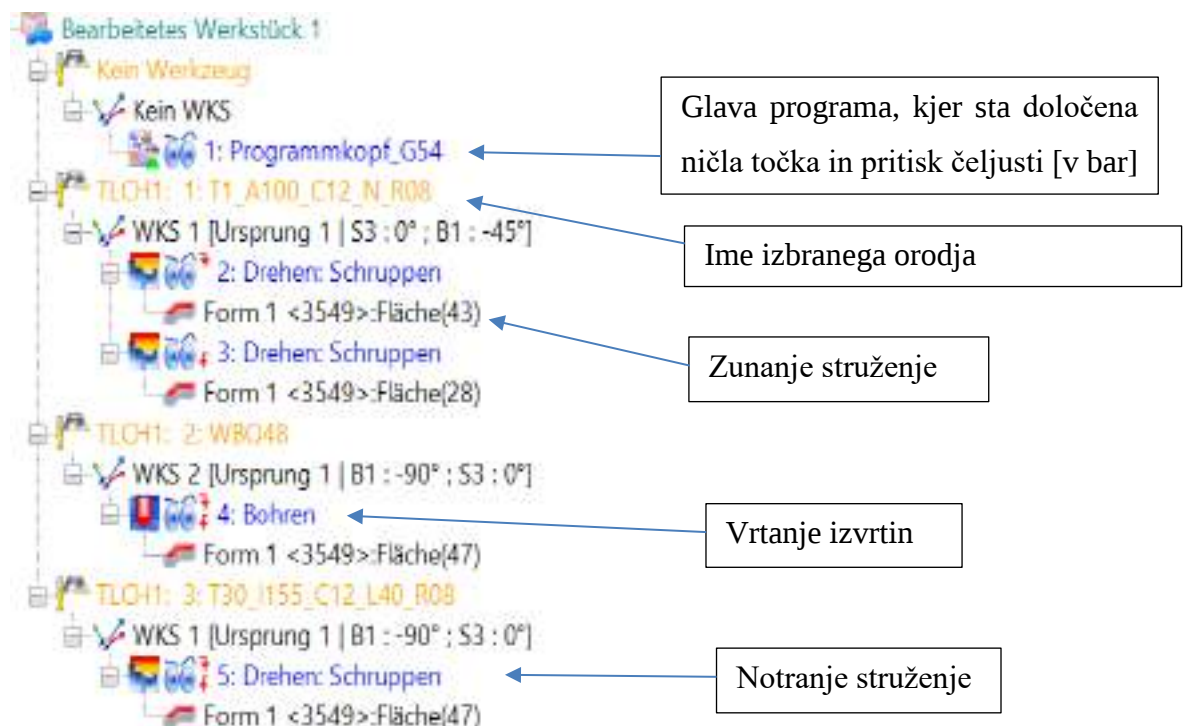
CNC-struženje je zaradi svoje natančnosti in avtomatizacije nepogrešljivo v sodobni industriji. Omogoča izdelavo kompleksnih in zahtevnih komponent, kar je še posebej pomembno v sektorjih, kot so avtomobilska industrija, letalska industrija ter proizvodnja medicinskih pripomočkov in orodij.

Struženje je bilo izvedeno z uporabo CNC-strojev, kar je omogočilo natančno obdelavo okroglih komponent vpenjalne priprave. Tehnologija CNC je omogočila visoko stopnjo natančnosti pri oblikovanju in obdelavi komponent, kar je bilo pomembno za dosego zelenih specifikacij in toleranc. Struženje je vključilo izdelavo valjastih delov in detajlno obdelavo površin.

5.2.1 Postopek CNC-struženja

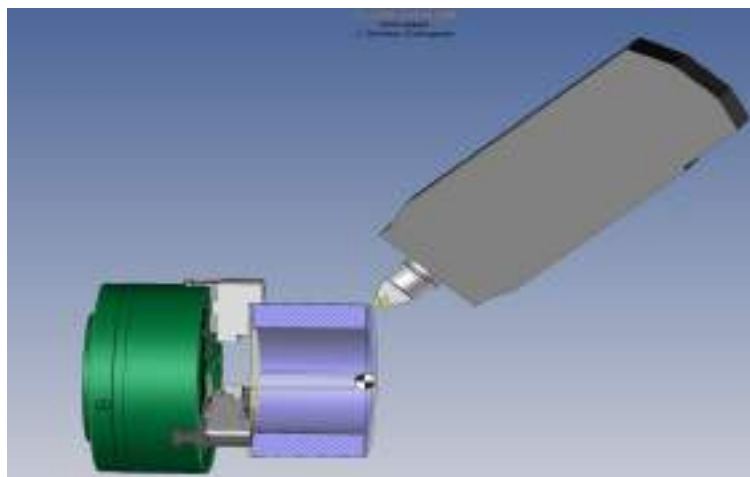
CNC-struženje vključuje več korakov:

- **Programiranje:** najprej sem sestavil CNC-program, ki vključuje vse podatke o poteku obdelave, parametrih orodja, hitrosti vrtenja in premikanju orodja. Ta program je napisan v G-kodi, ki se uporablja za nadzor CNC-strojev. Program sem po končanem postopku generiral v G-kodo.



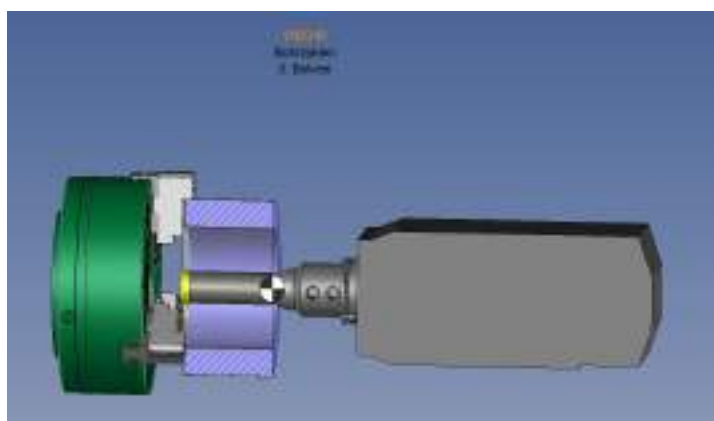
SLIKA 19: PRIPRAVA PROGRAMA V PROGRAMU TOPSOLID

Vir: (Lastni vir, 2024)



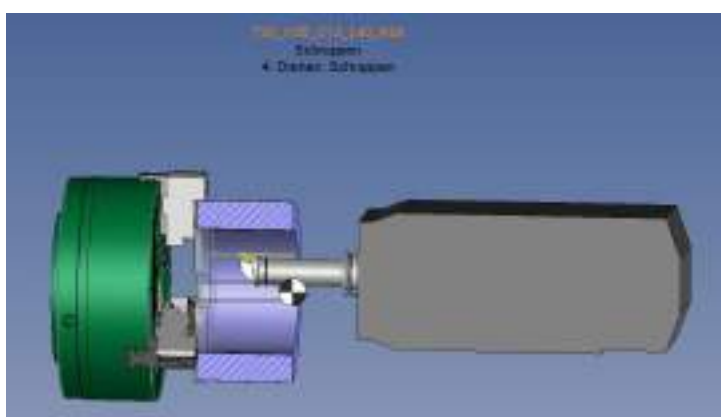
SLIKA 20: 3D-SIMULACIJA PRI ZUNANJEM STRUŽENJU

Vir: (Lastni vir, 2024)



SLIKA 21: 3D-SIMULACIJA PRI VRTANJU

Vir: (Lastni vir, 2024)



SLIKA 22: 3D-SIMULACIJA PRI NOTRANJEM STRUŽENJU

Vir: (Lastni vir, 2024)

- **Nastavitev stroja:** orodje in obdelovanca sem namestil na stružnico. Obdelovanec je pritrjen na vreteno, ki omogoča njegovo vrtenje, orodje za struženje pa je nastavljeno v pravem položaju za začetek obdelave. Prvi korak sem opravil s 3D-tipalom in določil ničlo točko G54. Nato sem s pomočjo merilnega stroja umeril potrebna orodja in jih namestil na stroj.



SLIKA 23: MERILNI STROJ ZA UMERJANJE ORODJA

Vir: (Lastni vir, 2024)

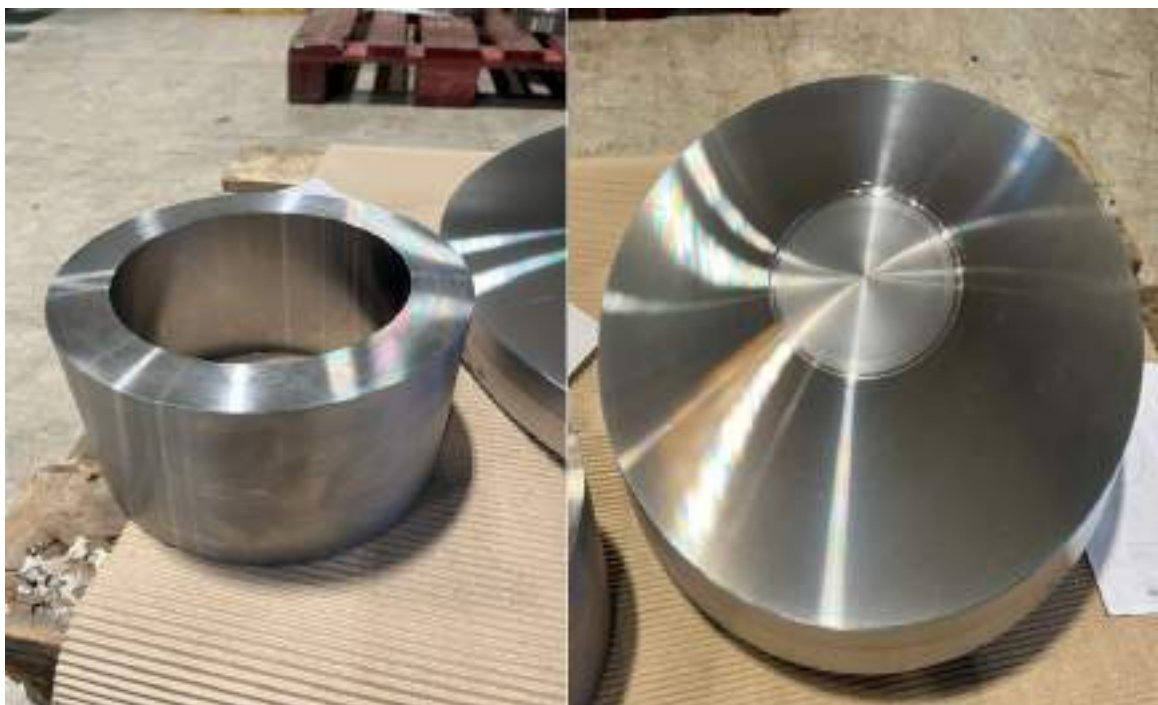
- **Obdelava:** Ko je CNC-stroj nastavljen in program naložen, se začne postopek obdelave. CNC-stroj avtomatsko izvaja programirane ukaze, pri čemer orodje za struženje odstranjuje material iz obdelovanca. Med procesom sem pogosto uporabljal hladilno tekočino za zmanjšanje trenja in preprečevanje pregrevanja.



SLIKA 24: OBDELAVA S CNC-STRUŽNICO

Vir: (Lastni vir, 2024)

- **Kontrola kakovosti:** po končani obdelavi sem izdelek preveril za natančnost dimenzij in površinske kakovosti. Uporabljajo se različni merilni instrumenti za zagotavljanje skladnosti z načrtovanimi specifikacijami. Spodnja dva izdelka sta bila pripravljena za varjenje.



SLIKA 25: KONČNI IZDELKI STRUŽENJA

Vir: (Lastni vir, 2024)

5.3 Varjenje (MAG)

Varjenje z MAG (Metal Active Gas), znano tudi kot varjenje z MIG (Metal Inert Gas), je postopek varjenja, ki se uporablja za trajno povezovanje kovinskih materialov z uporabo aktivnega plina in varilne žice. Ta postopek je znan po svoji preprostosti in učinkovitosti ter se široko uporablja v industrijah, kot so avtomobilska, gradbena in kovinska predelava. Varjenje z MAG omogoča visoko stopnjo avtomatizacije in zagotavlja dobro kakovost varilnega spoja.

Vir: (Iskra, 1990)

Postopek varjenja z MAG

Varjenje z MAG temelji na ustvarjanju električnega obloka med varilno žico, ki se avtomatsko dovaja, in osnovnim materialom. Oblok povzroči taljenje tako osnovnega materiala kot dodatne žice, kar omogoča ustvarjanje močnega in trajnega varilnega spoja. Aktivni plin, ki obdaja varilno območje, služi kot zaščita pred oksidacijo in drugimi atmosferskimi vplivi, hkrati pa vpliva na lastnosti zvara.

Za uspešno izvajanje varjenja MAG je pomembna pravilna nastavitve parametrov, kot so:

- hitrost podajanja žice;
- napetost električnega obloka;
- tok varjenja;
- pretok zaščitnega plina.

Prav tako je pomembna izbira ustrezne varilne žice glede na osnovni material in zahtevane lastnosti spoja.

Varjenje z metodo MAG je bilo uporabljeno za povezovanje različnih komponent priprave. Ta metoda varjenja je omogočila trdno in zanesljivo povezavo kovinskih delov ter zagotavljanje dolge življenjske dobe naprave. Postopek je bil izveden v skladu s standardi kakovosti, pri čemer je bila posebna pozornost namenjena preprečevanju deformacij in zagotavljanju visoke kakovosti varov.



SLIKA 26: APARAT ZA VARJENJE

Vir: (Lastni vir, 2024)

5.3.1 Postopek varjenja izdelka z MAG

Postopek varjenja z MAG vključuje več korakov, ki so:

- **Priprava orodja in obdelovanca:** obdelovanca sem pripravil za odstranitev morebitnih nečistoč in rje. Varilni stroj sem nastavil in pripravil za delo, kar vključuje nastavitev vrste plina, hitrosti dovajanja žice in električne moči.
- **Nastavitev parametrov:** nastavil sem parametre varjenja, vključno z napetostjo, tokom in hitrostjo dovajanja žice. Ti parametri se prilagodijo glede na vrsto materiala in debelino obdelovancev.



SLIKA 27: KONTROLNA PLOŠČA NA VARILNEM APARATU

Vir: (Lastni vir, 2024)

- **Izvedba varjenja:** varilec je začel z varjenjem, pri čemer se ustvarja električni lok med varilno žico in obdelovancem. Varilna žica se dovaja skozi šobo in taljeni material se združi. Plin se uporablja za zaščito območja varjenja pred zrakom.



SLIKA 28: VARJENJE OBDELOVANCA

Vir: (Lastni vir, 2024)

- **Kontrola kakovosti:** po zaključku varjenja sem spoje preveril za kakovost in trdnost. To je vključevalo pregled površinske kakovosti, trdnost spoja in pregled morebitnih napak, kot so poroznosti ali razpoke.

5.4 Rezkanje (CNC)

Rezkanje s CNC je postopek obdelave, ki se uporablja za natančno odstranjevanje materiala iz obdelovanca s pomočjo rezalnih orodij, ki jih upravlja računalniško krmiljenje. Ta postopek omogoča izdelavo kompleksnih oblik in natančnih komponent z visokim nivojem ponovljivosti in natančnosti. CNC-rezkanje se uporablja v številnih industrijskih panogah, vključno z avtomobilsko, letalsko, strojno in proizvodno industrijo. (Oromat, d. o. o., 2024)

Rezkanje vključuje rotacijo rezalnega orodja, ki odstranjuje material z obdelovanca. Računalniško krmiljenje zagotavlja natančno gibanje orodja v treh osnovnih oseh (X, Y, Z), kar omogoča izdelavo zapletenih 3D-oblik. Pri naprednejših strojih lahko dodamo dodatne osi (npr. 4. ali 5. os), kar omogoča še večjo fleksibilnost in zmogljivost pri obdelavi kompleksnih komponent.

Dejavniki, ki vplivajo na kakovost rezkanja

1. **Izbira materiala:** material obdelovanca mora biti primeren za rezkanje in mora zagotavljati zahtevane mehanske lastnosti.
2. **Orodje za rezkanje:** geometrija, material in prevleka orodja vplivajo na učinkovitost in kakovost obdelave.
3. **Parametri obdelave:** hitrost vrtenja, pomik orodja in globina rezanja so ključni parametri, ki vplivajo na končni rezultat.
4. **Stabilnost obdelovanca:** ustrezno vpenjanje obdelovanca je pomembno za preprečevanje vibracij in doseganje visoke natančnosti.

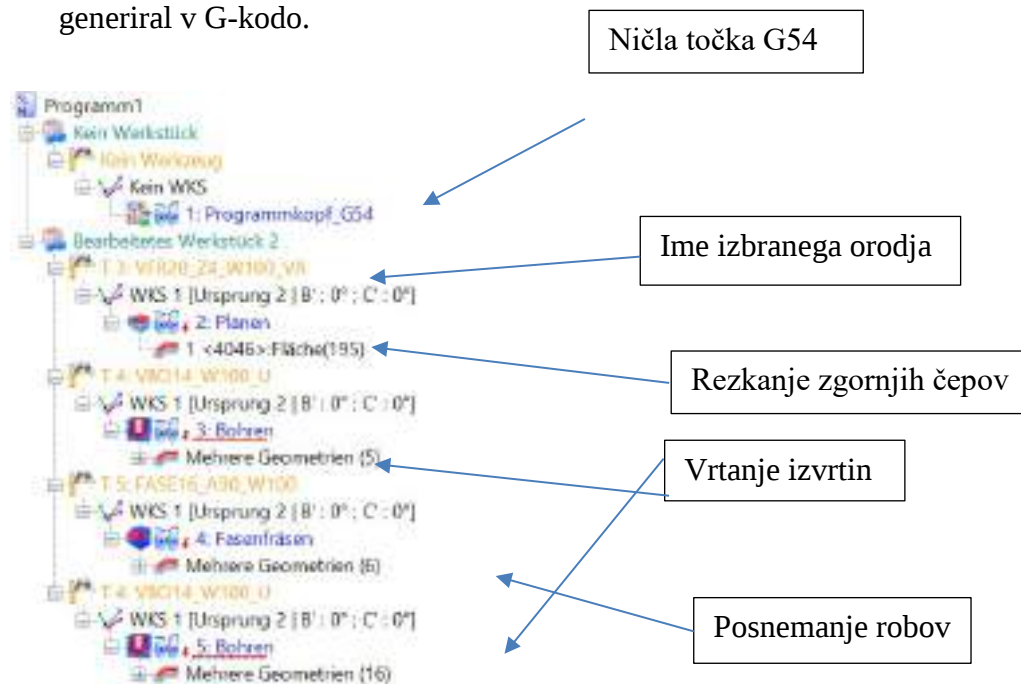
CNC-rezkanje je nepogrešljiv postopek v sodobni industriji zaradi svoje zanesljivosti, natančnosti in prilagodljivosti. S stalnim razvojem tehnologij, kot so napredne programske rešitve CAM, avtomatizacija procesov in uporaba novih materialov, CNC-rezkanje postaja še bolj učinkovito in ključno za številne proizvodne panoge.

Rezkanje je bilo izvedeno z uporabo CNC-rezkalnih strojev, kar je omogočilo natančno obdelavo ploskih in kompleksnih površin ter oblikovanje posebnih geometrijskih detajlov na komponentah. Ta postopek je bil pomemben za doseg zahtevane natančnosti in kakovosti površin ter za prilagoditev delov na specifične zahteve vpenjalne priprave.

5.4.1 Postopek rezkanja s CNC

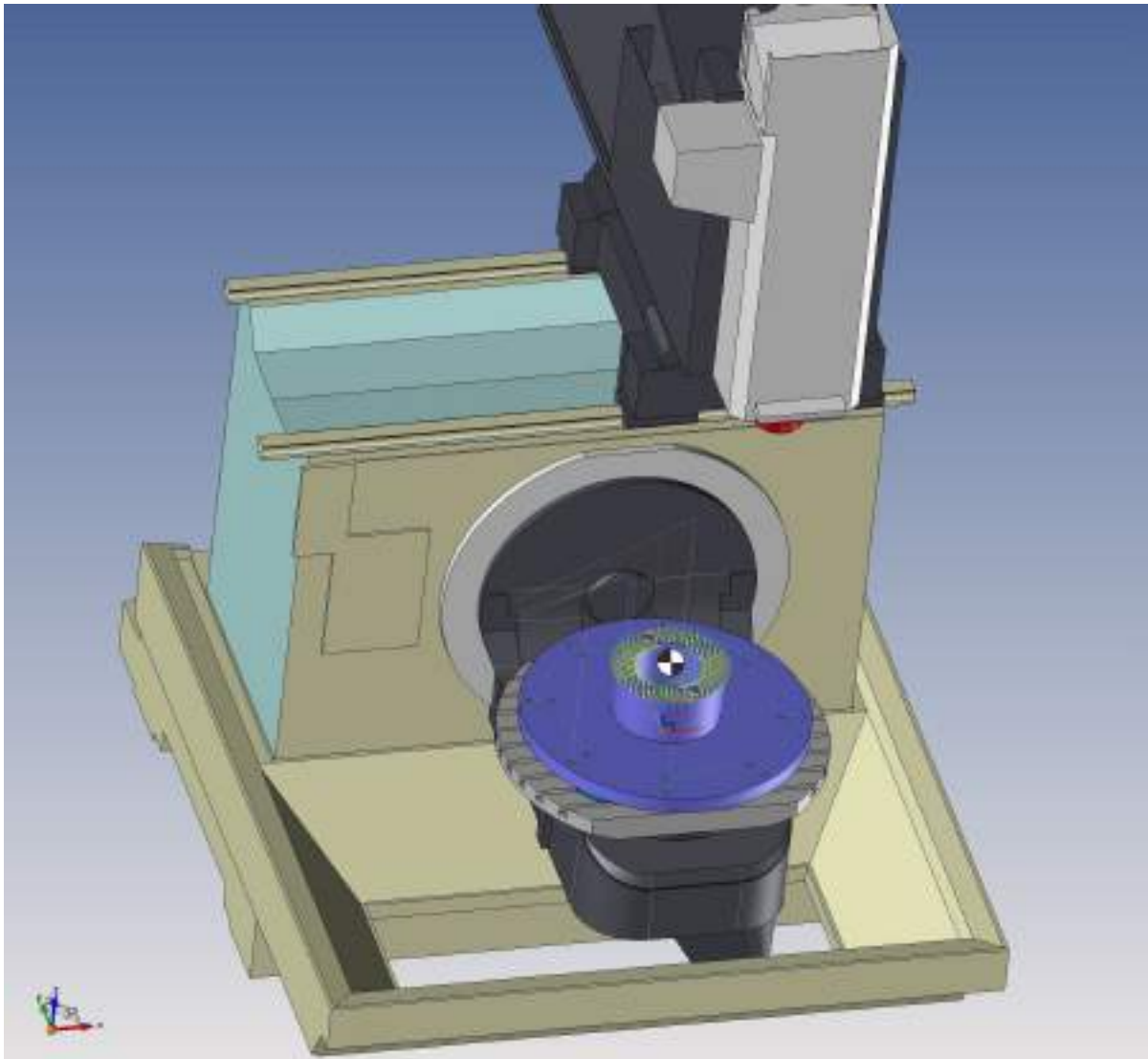
Postopek rezkanja s CNC vključuje več ključnih korakov:

- **Programiranje:** najprej sem sestavil program CNC, ki vključuje vse podatke o poteku obdelave, parametrih orodja, hitrosti vrtenja in premikanju orodja. Ta program je napisan v G-kodi, ki se uporablja za nadzor CNC-strojev. Program sem po končanem postopku generiral v G-kodo.



SLIKA 29: PRIPRAVA V PROGRAMU TOPSOLID

Vir: (Lastni vir, 2024)



SLIKA 30: SIMULACIJA V PROGRAMU CAM

Vir: (Lastni vir, 2024)

- **Priprava orodja in obdelovanca:** obdelovanca sem namestil na delovno mizo CNC-stroja in ga ustrezno pritrdil. Rezkalno orodje sem namestil na vreteno stroja in ga preveril za pravilno delovanje.
- **Nastavitev parametrov:** program CNC sem naložil v stroj. Parametri, kot so hitrost vretena, globina reza, hitrost pomika in smer gibanja orodja, sem nastavil glede na vrsto materiala in zahtevane specifikacije.
- **Izvedba rezkanja:** CNC-stroj začne obdelavo z izvajanjem programiranih gibanj rezkalnega orodja, ki odstranjuje material iz obdelovanca v skladu z načrtovanimi specifikacijami. Postopek je popolnoma avtomatiziran, kar omogoča visoko natančnost in ponovljivost.



SLIKA 31: REZKANJE OBDELOVANCA

Vir: (Lastni vir, 2024)

- **Kontrola kakovosti:** z merilnimi orodji se po zaključku rezkanja preveri natančnost dimenzij in morebitne napake ali nepravilnosti na izdelku.



SLIKA 32: KONČNI OBDELOVANEK

Vir: (Lastni vir, 2024)

5.4.2 Uporaba merilnih orodij pri izdelavi kosov

Pri izdelavi elementov za pripravo sem uporabil različna merilna orodja, ki so omogočila natančno preverjanje dimenzij obdelovancev. Za zagotavljanje kakovosti in skladnosti s tehničnimi zahtevami sem uporabljal naslednja merilna orodja:

- **Digitalni zunanji mikrometer (225–250 mm):** merjenje zunanjih premerov večjih valjastih obdelovancev.



SLIKA 33: DIGITALNI ZUNANJI MIKROMETER (225–250 MM)

Vir: (Mitutoyo, 2024)

- **Notranji mikrometer (150–200 mm):** merjenje notranjih premerov izvrtin.



SLIKA 34: NOTRANJI MIKROMETER (150–200 MM)

Vir: (Mitutoyo, 2024)

- **Univerzalno pomično merilo (0–200 mm):** merjenje različnih dimenzij, kot so dolžine, širine in globine.



SLIKA 35: UNIVERZALNO POMIČNO MERILO

Vir: (Mitutoyo, 2024)

- **Navojni kaliber M16:** preverjanje natančnosti izdelanih navojnih lukenj M16.



SLIKA 36: NAVOJNI KALIBER M16

Vir: (Mitutoyo, 2024)

5.4.3 Postopek merjenja

1. **Priprava na merjenje:** pred začetkom merjenja sem se prepričal, da so merilna orodja čista in pravilno nastavljena. Mikrometre sem umeril, pomično merilo pa preveril na kontrolnem vzorcu. Vzpostavljena je bila tudi stabilna temperatura okolja, da bi se izognil vplivom toplotne razteznosti.
2. **Merjenje zunanjih dimenzij:** z digitalnim zunanjim mikrometrom sem meril premer večjih cilindričnih obdelovancev. Mikrometer sem postavil pravokotno na merjeno površino, da sem preprečil napake zaradi nepravilne lege. Vrednost sem odčital na digitalnem zaslonu in jo primerjal s predpisano dimenzijo.
3. **Merjenje notranjih dimenzij:** notranji mikrometer sem uporabil za preverjanje premera izvrtin. Mikrometer sem previdno vstavil v izvrtino in ga poravnal s središčno linijo. S pomočjo vijaka sem dosegel stik merilnih čeljusti z notranjo površino in odčital vrednost.
4. **Univerzalna merjenja:** z univerzalnim pomičnim merilom sem izmeril različne dimenzije, kot so dolžine, širine in globine utorov. Merilo sem držal v pravilnem položaju, da sem zagotovil natančne meritve, in rezultate sproti zapisoval.
5. **Preverjanje navojev:** za preverjanje navojev sem uporabil navojni kaliber M16. Kaliber sem privijal v navojno izvrtino, dokler ni dosegel ustrezne globine.

Z uporabo teh merilnih orodij sem preveril, da so vsi izdelani kosi ustrezali tehničnim zahtevam in tolerancam. Pravilno merjenje je bilo pomembno za doseg kakovostnih rezultatov in zanesljivo delovanje končnega izdelka.

Tabele za **merilni protokol za spodnjo ploščo za pritrditev obdelovanca _poz8:**

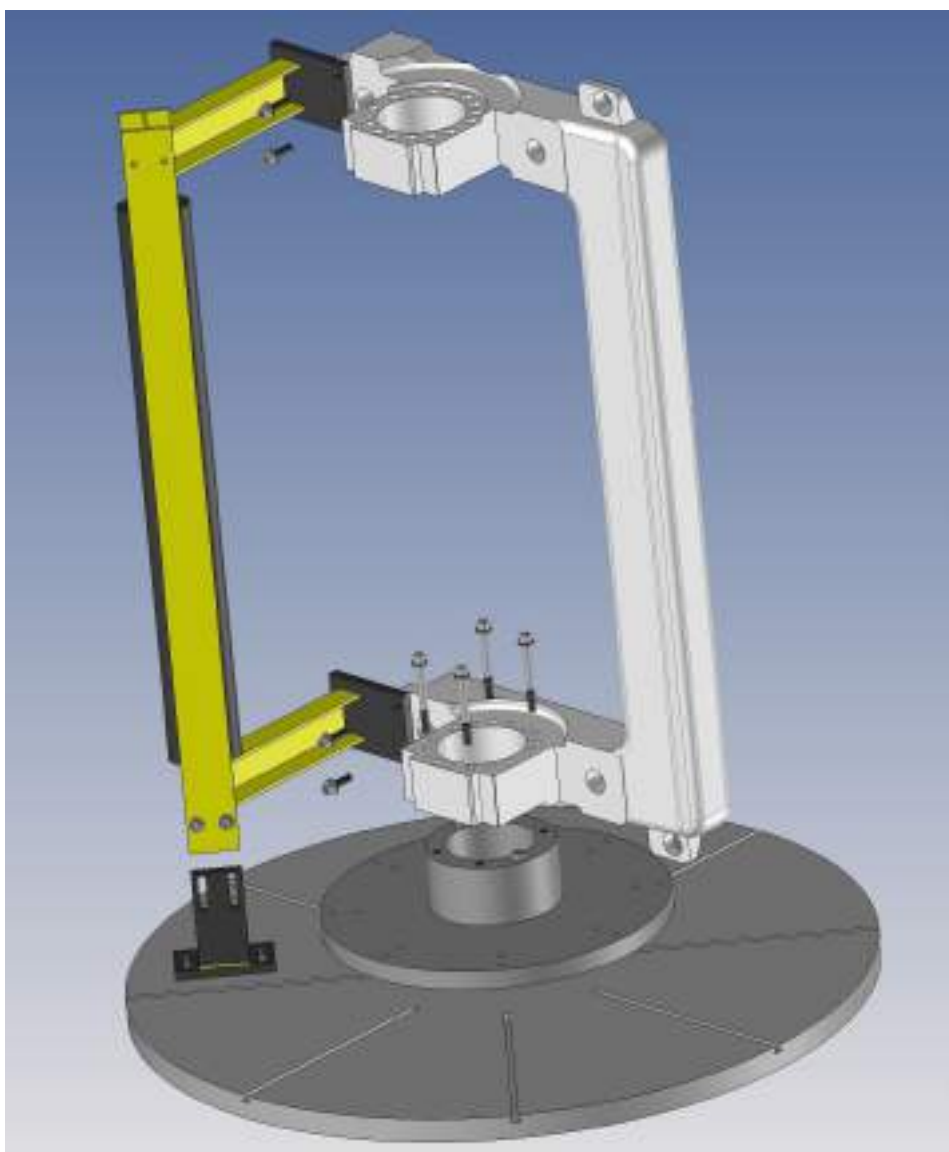
Št.	Merilna dimenzija	Nominalna vrednost (mm)	Tolerance (mm)	Izmerjena vrednost (mm)	Uporabljeno merilno orodje	Opomba
1	Zunanji premer valja	263	$\pm 0,3$	263,1	Digitalni zunanji mikrometer (225–250 mm)	
2	Notranji premer izvrtine	182	$\pm 0,3$	182,05	Notranji mikrometer (150–200 mm)	
3	Dolžina obdelovanca	180	$\pm 0,10$	180	Univerzalno pomično merilo (0–200 mm)	
4	Navojna izvrtina M16	Standard ISO 965-1	–	OK	Kaliber M16	Preverjeno brez zračnosti

TABELA 6: MERILNI PROTOKOL ZA SPODNJO PLOŠČO ZA PRITRDITEV OBDELOVANCA _POZ8

Vir: (Lastni vir, 2024)

6 MONTAŽA PRIPRAVE NA VPENJALNO MIZO

Za montažo priprave na vpenjalno mizo sem uporabil dvigalo, saj je bila priprava težja in večja od običajnih komponent, kar je zahtevalo dodatno pozornost pri postopku montaže. Najprej sem s pomočjo dvigala natančno namestil spodnjo ploščo priprave na vpenjalno mizo, ki je bila pomembna za stabilnost celotne strukture. Spodnja plošča je bila pritrjena na mizo s 16 vijaki M12, kar je omogočilo trdno in varno pritrditev. Tako sem zagotovil preprečevanje kakršnih koli premikov med obdelavo in zagotavljanje visoke natančnosti pri montaži obdelovanca. Nato sem dodal podporni steber ter ga privijačil na obdelovanca in delovno mizo.



SLIKA 37: PRIKAZ VIJAČENJA OBDELOVANCA NA OBDELOVALNO MIZO

Vir: (Lastni vir, 2024)

6.1 Uporaba 5-tonskega mostnega dvigala pri montaži priprave

Za montažo priprave na vpenjalno mizo sem uporabil mostno dvigalo s kapaciteto 5 ton, ki je omogočilo enostavno in varno manipulacijo. Mostno dvigalo je bilo izbrano zaradi svoje zmogljivosti in fleksibilnosti, saj omogoča natančno premikanje težkih predmetov v različnih smereh ter možnost dvigovanja velikih tež, kot je bila moja priprava. Zasnova mostnega dvigala omogoča vertikalno dvigovanje in spuščanje, kar je bilo pomembno pri pritrditvi spodnje plošče priprave na vpenjalno mizo.

Pri uporabi mostnega dvigala sem upošteval vse varnostne ukrepe, saj je manipulacija s težkimi komponentami lahko nevarna brez ustreznega nadzora in pozornosti. Dvigalo je bilo natančno postavljeno nad pripravo, ki je bila nato dvignjena in prenesena na pravo mesto za pritrditev. Z uporabo dvigala sem zagotovil, da je bila priprava pravilno nameščena na mizo, brez tveganja poškodb ali napak pri montaži. Kombinacija zmogljivega mostnega dvigala in skrbne obdelave pripomočkov za nameščanje je omogočila hitro in učinkovito montažo, hkrati pa sem zagotovil visoko stopnjo natančnosti pri pritrditvi vseh komponent. To je pomembno za zagotavljanje pravilnega delovanja priprave med nadaljnjimi fazami obdelave in metalizacije.

Zaradi kapacitete 5 ton mostno dvigalo omogoča tudi uporabo pri težjih obdelovancih in pripravi za kompleksnejše naloge, kar povečuje produktivnost in natančnost v industrijskih procesih.



SLIKA 38: PRIMER MOSTNEGA DVIGALA

Vir: (Ilirik, 2014)

Po pritrditev spodnje plošče sem natančno namestil obdelovanec, pri čemer sem moral biti pozoren, da je bil v pravilnem položaju glede na zahteve obdelave. Za to sem uporabil specifične naprave za nameščanje, ki so omogočile, da je bil obdelovanec nameščen v optimalnem položaju za nadaljnje faze obdelave. Ko je bil obdelovanec pravilno postavljen, sem v nadaljevanju prilagodil in pritrdil preostale komponente konstrukcije priprave, vključno z dodatnimi opornimi elementi, ki so pripomogli k stabilnosti in natančnosti celotne priprave.



SLIKA 39: MONTAŽA IN CENTRIRANJE SPODNJE PLOŠČE ZA PRITRDITEV OBDELOVANCA_POZ15

Vir: (Lastni vir, 2024)

Celoten postopek montaže je bil izveden s skrbnim upoštevanjem vseh varnostnih ukrepov in standardov, da bi zagotovil tako varnost operaterja kot tudi natančnost obdelave. Zasnova in izvedba montaže sta omogočili učinkovito in varno pripravo za nadaljnje faze metalizacije, kar je pomembno za doseg želenih lastnosti končnega izdelka.



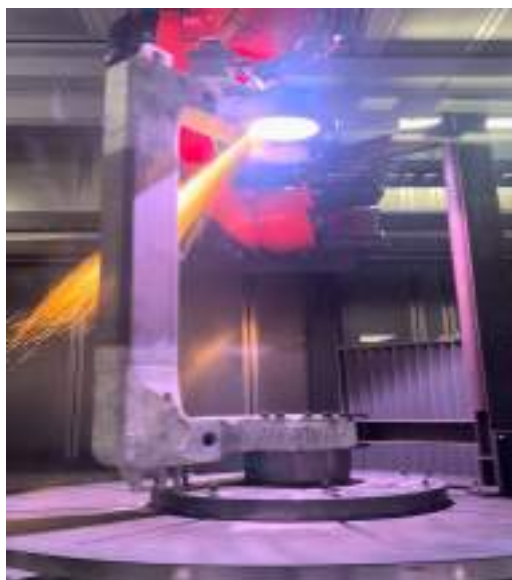
SLIKA 40: KOMPLETNO NAMEŠČENA PRIPRAVA

Vir: (Lastni vir, 2024)

7 UPORABA VPENJALNE NAPRAVE V PRAKSI (METALIZACIJA Z ROBOTOM KUKA)

V postopku metalizacije z uporabo robota KUKA sem uporabil natančno vpenjalno napravo, ki je omogočila stabilno pritrditev obdelovanca med obdelavo. Postopek metalizacije je potekal v več fazah, pri katerih je bila vpenjalna naprava pomembna za zagotavljanje natančnosti in kakovosti obdelave.

Najprej sem pripravil vpenjalno napravo, ki je bila zasnovana tako, da omogoča obratno vrtenje obdelovanca s hitrostjo 40 obratov na minuto. Ta hitrost vrtenja je bila izbrana, da omogoči enakomerno nanašanje materiala po površini obdelovanca, hkrati pa prepreči morebitno neenakomernost pri nanosu metalizacijskega materiala. Vpenjalna naprava je omogočila, da je bil obdelovanec stabilno pritrjen na vpenjalni mizi, kar je bilo ključno za zagotavljanje pravilne pozicije med obdelavo. Medtem ko se je obdelovanec vrtel s predpisano hitrostjo, je robot KUKA izvajal natančne vertikalne gibe, ki so bili usmerjeni na površino obdelovanca. Robot je bil programiran za natančno premikanje in gibanje v treh dimenzijah, da je omogočil dosleden nanos materiala na obdelovano površino. Vertikalni gibi robota so omogočili, da je bil material enakomerno nanesen na celotno površino, pri čemer je bil robotu dodeljen specifičen vzorec gibanja, ki je zagotavljal optimalen rezultat.



SLIKA 41: METALIZACIJA Z ROBOTOM KUKA

Vir: (Lastni vir, 2024)

Med postopkom metalizacije je robot nadzoroval proces s pomočjo senzorjev, ki so spremljali višino in debelino nanosa materiala. Robot KUKA je bil opremljen z napravo za nanosa metalizacijskega materiala, ki je bila usmerjena neposredno na obdelovanca. Material v obliki kovinskega prahu se je segreval in nanos izvajal tako, da je bil material taljen in nanesen na površino obdelovanca v plasteh. Ta postopek zagotavlja visoko kakovost metalizacije, saj omogoča enakomeren premaz in preprečuje nastanek napak, kot so nepravilnosti ali pomanjkanje pokritosti na površini.



SLIKA 42: POGLED NADZORNEGA PANELA

Vir: (Lastni vir, 2024)

Vse faze postopka so bile nadzorovane in usklajene z uporabo programske opreme, ki je omogočila natančno usklajevanje gibov robota in hitrosti vrtenja obdelovanca. Vpenjalna naprava je zagotavljala stabilnost in natančnost, medtem ko je robot KUKA izvajal kompleksne naloge, ki so zahtevale visoko stopnjo avtomatizacije in natančnosti.

Postopek metalizacije z robotom KUKA in vpenjalno napravo je omogočil izdelavo kovinskih premazov na obdelovancu. Poleg tega je ta postopek povečal produktivnost in zmanjšal napake, ki bi se lahko pojavile pri ročni metalizaciji.



SLIKA 43: METALIZIRANI OBDELOVanci, PRIPRAVLJENI NA KONČNO OBDELAVO

Vir: (Lastni vir, 2024)



SLIKA 44: KONČNI IZDELEK PO PONOvNI OBDELAVI

Vir: (Lastni vir, 2024)

8 ANALIZA UPORABNOSTI NAPRAVE IN MOŽNOSTI IZBOLJŠAV

V tej analizi bom pregledal uporabnost naprave v trenutnem industrijskem okolju, ocenil njeno učinkovitost, zanesljivost in natančnost ter identificiral možnosti za izboljšave, ki bi pripomogle k povečanju produktivnosti in kakovosti obdelave. Analiza bo temeljila na izkušnjah, pridobljenih med delovanjem naprave, in vključevanju povratnih informacij uporabnikov ter tehnoloških trendov v industriji.

8.1 *Analiza uporabnosti*

Analiza uporabnosti naprave se osredotoča na njeno delovanje v praksi, predvsem pri izvajanju nalog metalizacije. Pomembni dejavniki, ki vplivajo na uporabnost naprave, vključujejo enostavnost namestitve, stabilnost in natančnost delovanja ter učinkovitost procesa.

- **Stabilnost in zanesljivost:** naprava se je izkazala kot stabilna in zanesljiva pri vseh izvedenih postopkih, kar je omogočilo nemoten potek metalizacije. Vpenjalna naprava zagotavlja trdno pritrditev obdelovanca, kar pripomore k visoki natančnosti obdelave, robot KUKA pa omogoča natančno izvedbo vertikalnih gibov. To je še posebej pomembno pri nanašanju tankih slojev materiala, kjer je lahko vsak premik ključnega pomena za končni rezultat.
- **Enostavnost uporabe:** ob upoštevanju avtomatiziranega sistema, ki vključuje robotske manipulacije, se uporabniki niso soočali z večjimi težavami pri uporabi naprave. Usposabljanje uporabnikov za pravilno nastavljanje in programiranje robota je potekalo hitro, saj je programska oprema omogočala intuitivno nastavljanje parametrov, kot sta hitrost vrtenja obdelovanca in gibanje robota.
- **Učinkovitost in produktivnost:** postopek metalizacije je bil izveden hitro in natančno, kar je pripomoglo k večji produktivnosti. Ker je robot sposoben izvajati naloge brez človeškega posredovanja, je zmanjšal možnost napak in povečal doslednost pri obdelavi.

8.2 BTEC 2024 »Trajnost«

Trajnostna naravnost v industrijskih procesih postaja vse bolj pomembna, tako z vidika okoljske odgovornosti kot z vidika ekonomskih koristi. V okviru analize uporabnosti naprave bom proučil, kako se njena uporaba ujema z načeli trajnosti, kot so zmanjšanje porabe energije, zmanjšanje odpadkov in optimizacija materialne uporabe.

- **Energijska učinkovitost:** naprava, vključno z mostnim dvigalom in robotom KUKA, deluje v okviru predpisanih energetsko učinkovitih standardov. Uporaba naprednih tehnologij, kot so natančni senzorji in optimizirana programska oprema, omogoča zmanjšanje porabe energije med postopkom metalizacije. Robot KUKA, na primer, je programiran za izvajanje nalog z minimalno porabo energije, kar zmanjšuje skupno energetsko porabo naprave.
- **Zmanjšanje materialnih odpadkov:** ker postopek metalizacije uporablja tehniko nanašanja materiala v tankih slojih, je količina materialnega odpadka minimalna v primerjavi z drugimi metodami, kot so ročno nanašanje ali druge zastarele tehnologije. To pripomore k večji trajnosti, saj se zmanjšata potreba po nepotrebnem materialu in vpliv na okolje.
- **Zmanjšanje ogljičnega odtisa:** v povezavi z BTEC 2024 in trajnostnimi cilji v industriji bi bilo mogoče razmisliti o nadaljnjem razvoju naprave z uvedbo naprednih tehnologij za zmanjšanje emisij CO₂. To vključuje uporabo recikliranih materialov v metalizacijskih postopkih in integracijo naprednih filtrov za zmanjšanje onesnaževalcev v okolju.
- **Dolgotrajna vzdržnost naprave:** naprava je zasnovana za dolgo življenjsko dobo, kar zmanjšuje potrebo po pogostih zamenjavah delov in s tem potrebo po novih virih. Prav tako so materiali, ki so uporabljeni pri izdelavi naprave, optimizirani za dolgotrajno uporabo, kar prispeva k trajnostnemu razvoju.

Z analizo uporabnosti in možnostmi izboljšav se lahko optimizira obstoječi postopek metalizacije in poveča njegova trajnost, kar ima dolgoročne koristi tako za okolje kot za ekonomijo podjetja.

9 SKLEP

V diplomskem delu sem se osredotočil na razvoj in izdelavo vpenjalne priprave za metalizacijo portalne osi, pri čemer sem se soočil z več izzivi, ki jih prinaša potreba po zagotavljanju natančnega, ponovljivega in ergonomičnega vpenjanja obdelovancev. Ta naloga je bila še posebej zahtevna zaradi kompleksnosti postopka metalizacije in specifičnih potreb podjetja BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH, kjer je ta priprava namenjena praktični uporabi. Glavni cilj projekta je bil razviti vpenjalno pripravo, ki bo omogočala natančno obdelavo in optimizacijo proizvodnih procesov.

V pripravi na razvoj sem izvedel podrobne raziskave in analize ter uporabil napredne tehnologije CAD in CAM, s čimer sem zagotovil, da bo rešitev tehnično napredna, funkcionalna in učinkovita. Razvoj vpenjalne naprave je zahteval skrbno izbiro in izvedbo postopkov obdelave, vključno z žaganjem, struženjem, varjenjem in rezkanjem, saj so bili ti pomembni za doseg potrebne natančnosti in trajnosti priprave. Poleg tega sem veliko pozornosti namenil ergonomiji naprave, saj je bil cilj zagotoviti ne le natančno vpenjanje, temveč tudi enostavnost uporabe, kar bi omogočilo večjo produktivnost in zmanjšanje napak med delom.

Tehnične risbe, ki sem jih ustvaril v programu TopSolid, so omogočile natančno načrtovanje vseh potrebnih komponent naprave. S pomočjo teh naprednih orodij sem natančno določil dimenzije, tolerance in oblike komponent, kar je omogočilo uspešno izvedbo proizvodnje in montaže. Risbe so bile podlaga za natančno izdelavo in montažo vseh delov naprave, kar je pomembno pripomoglo k zagotovitvi želene funkcionalnosti in kakovosti.

Ko so bile komponente pripravljene in sestavljene, sem izvedel obsežne preizkuse naprave, katerih rezultati so jasno potrdili pravilnost postavljene hipoteze. Prvič, priprava je omogočila serijsko proizvodnjo z izjemno natančnostjo ponovljivosti vpenjanja, kot je bilo predvideno v prvi hipotezi (H1). Sistem je omogočil enostavno in hitro ponovitev vpenjalnega procesa, kar je bilo velikega pomena za izboljšanje produktivnosti in zmanjšanje napak v proizvodnji.

Poleg tega so preizkusi pokazali, da priprava omogoča vrtenje obdelovancev pri najmanj 40 obratih na minuto, kar je potrdilo drugo hipotezo (H2). Ta rezultat je bil ključnega pomena za uspešno izvedbo metalizacije, saj omogoča stabilno in varno vrtenje obdelovancev med obdelavo, s čimer je bilo zagotovljeno ohranjanje kakovosti površinske obdelave. Ta uspeh pri

zagotavljanju stabilnosti pri višjih obratih je pokazal, da je priprava primerna za visoko zahtevne proizvodne procese.

Vpenjanje z vijaki je bilo identificirano kot najhitrejši, najzanesljivejši in cenovno najugodnejši način, kar potrjuje tretjo hipotezo (H3). Preizkusi so pokazali, da ta metoda omogoča hitro in učinkovito vpenjanje, brez zapletov pri montaži ali demontaži, kar je omogočilo povečanje produktivnosti v podjetju. Hkrati je bilo mogoče doseči visoko stopnjo ponovljivosti, saj so bili vsi postopki vpenjanja izredno dosledni, kar je omogočilo optimizacijo celotnega proizvodnega postopka.

Še posebej pomemben je bil rezultat, ki potrjuje četrto hipotezo (H4), da je z uporabo te priprave mogoče obnoviti že uporabljene izdelke in jih vrniti v ponovno uporabo. Ta rezultat ni le prispeval k večji trajnosti proizvodnega procesa, ampak je tudi omogočil prihranke pri materialu in stroških izdelave novih komponent. Obnova obdelovancev omogoča podjetju zmanjšanje odpadkov, kar je v današnjem industrijskem okolju zelo pomembno za doseg večje trajnosti in zmanjšanje vpliva na okolje. Ta element je prav tako pomemben za znižanje stroškov in povečanje konkurenčnosti podjetja.

Prihodnje raziskave bi lahko vključile dodatne izboljšave vpenjalne priprave, predvsem na področju avtomatizacije postopka vpenjanja, da bi zmanjšali potrebo po ročnem delu, kar bi še povečalo učinkovitost in zmanjšalo možnost napak pri izvedbi. Prav tako bi bilo smiselno raziskati širšo uporabo priprave za druge vrste obdelovancev in postopke, kar bi omogočilo širšo aplikacijo v industriji in povečanje fleksibilnosti proizvodnih linij. Dodatne raziskave bi lahko vključevale optimizacijo materialov, s čimer bi še povečali življenjsko dobo priprave in zmanjšali stroške vzdrževanja.

Z razvojem in izvedbo te vpenjalne priprave smo prispevali k pomembnemu izboljšanju proizvodnih procesov v podjetju BVT Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH. Ta priprava ne omogoča le večje produktivnosti in natančnosti, temveč tudi prispeva k večji trajnosti in optimizaciji uporabe materialov. Poleg tega smo pridobili dragoceno znanje in izkušnje, ki bodo koristili pri nadaljnjem delu na področju konstruiranja in obdelave vpenjalnih priprav. Ta projekt je prispeval k izboljšanju konkurenčnosti podjetja na trgu, saj omogoča večjo fleksibilnost in večjo produktivnost v proizvodnji. V prihodnosti bomo ta znanja uporabili za nadaljnji razvoj naprednih rešitev, ki bodo še izboljšale proizvodne procese in pripomogle k večji trajnosti industrijske proizvodnje.

H1: Razvita vpenjalna priprava omogoča serijsko proizvodnjo z natančno ponovljivostjo vpetja. (Hipoteza je potrjena.)

H2: Naprava se vrti skupaj z obdelovancem pri najmanj 40 obratih na minuto. (Hipoteza je potrjena.)

H3: Vpetje z vijaki je najhitrejše, najzanesljivejše in cenovno najugodnejše. (Hipoteza je potrjena.)

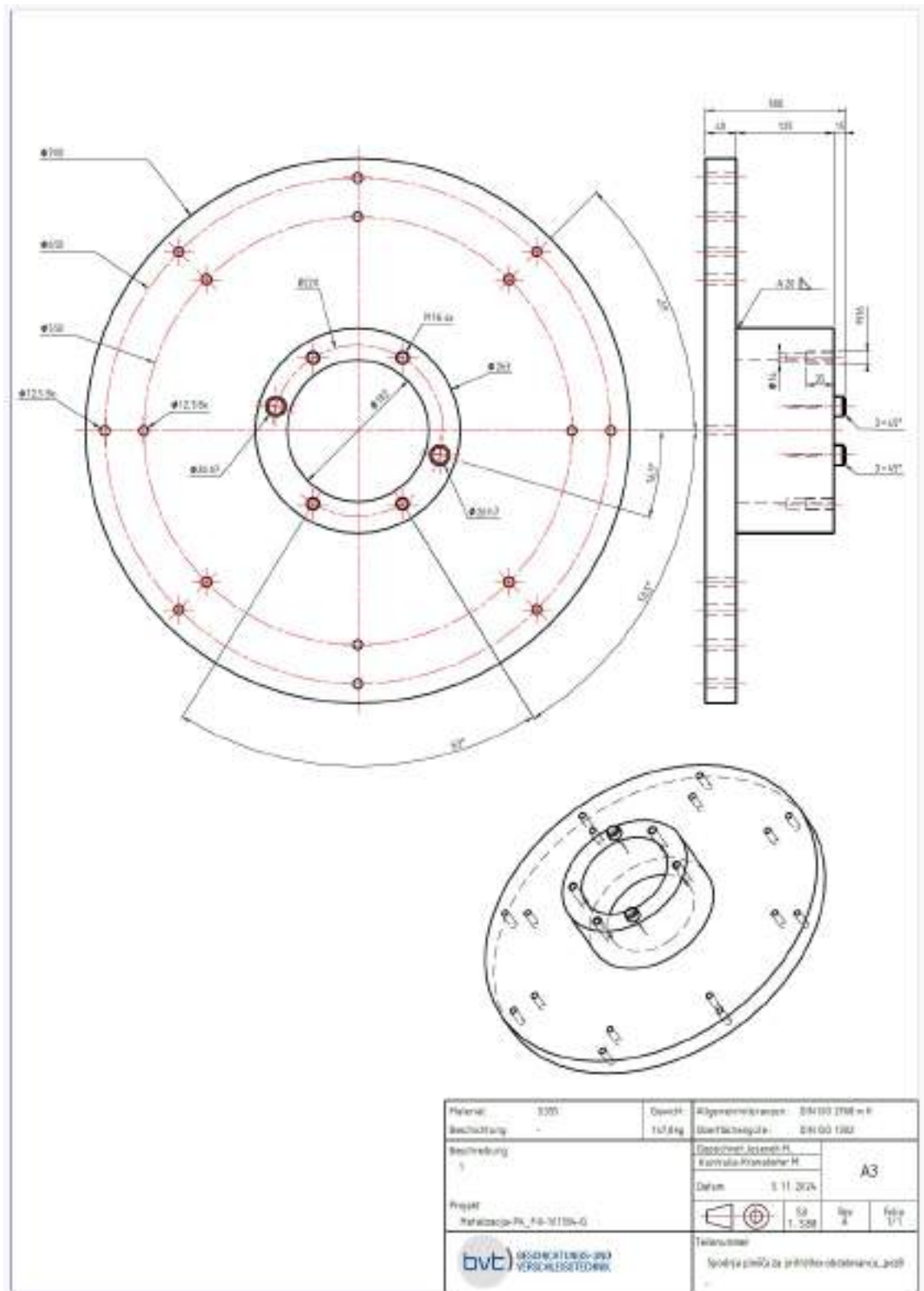
H4: Z uporabo te naprave je mogoče obnoviti že uporabljene izdelke in jih vrniti v ponovno uporabo, kar omogoča prihranek pri materialu in stroških izdelave novih komponent. (Hipoteza je potrjena.)

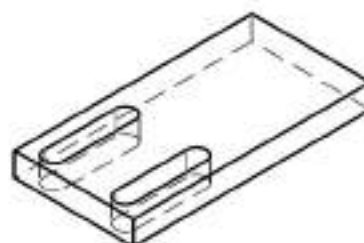
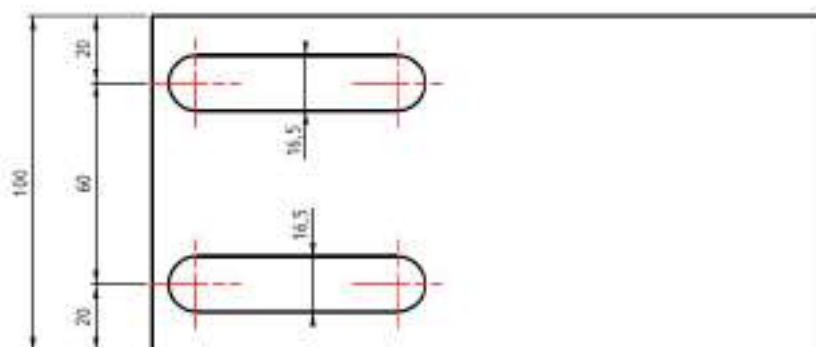
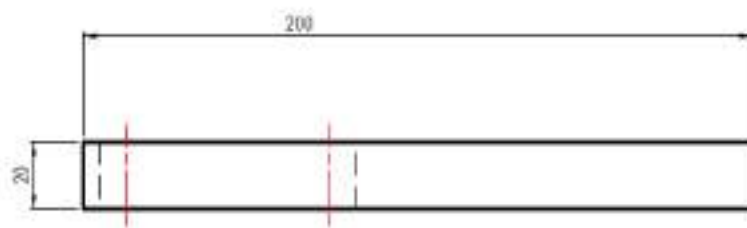
10 VIRI, LITERATURA

- Arnes. (2007). *arnes.si*. Pridobljeno iz Tolerance in ujemi: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www2.arnes.si/~afirma/pouk/1/tko/ujemi.pdf
- BVT. (2024). BVT. Pridobljeno iz Beschichtungs- und Verschleißtechnik GmbH: <https://www.bvt-koller.at/de/bvt>
- CadCam. (2017). CADCAM. Pridobljeno iz <https://www.cadcam-group.eu/sl/>
- Fabiani, A. (2017). *Metal oprema*. Pridobljeno iz Katalog vijakov: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://metaloprema.si/_sh/image/Dokumenti/Katalogi/METALOPREMA-katalog-vijakov-1-2017.pdf
- GneeSteelGroup. (2008). *si.baogangsteelpipe.com*. Pridobljeno iz Gnee Pipe: <https://si.baogangsteelpipe.com/info/s355-steel-mechanical-properties-53196765.html>
- Ilirik. (2014). *Ilirik d.o.o.* Pridobljeno iz ilirik.si: <https://ilirik.si/industrijsko-dvigalo/>
- Iskra. (1990). *Iskra varjeneje*. Pridobljeno iz <https://iskra-varjenje.si/blog/novica202001a/>
- Janez, T. (2006). Metalizacija za obnovo površin in izboljšanje mehanskih lastnosti. Ljubljana: Članek.
- Josip, G., Marjan, R., & Ivan, P. (2001). Metalizacija nasedov kotalnega ležaja kolesne dvojice. Ljubljana: Peispevek na konferenci.
- Mitutoyo. (2024). Mitutoyo. Pridobljeno iz Mitutoyo Europe GmbH: <https://mitutoyo.eu/>
- Oromatd.o.o. (2024). *Oromat.si*. Pridobljeno iz <https://oromat.si/sl/1-splosno-o-celnem-rezkanju/>
- TopSolid. (2023). Pridobljeno iz <https://www.topsolid.com/de>

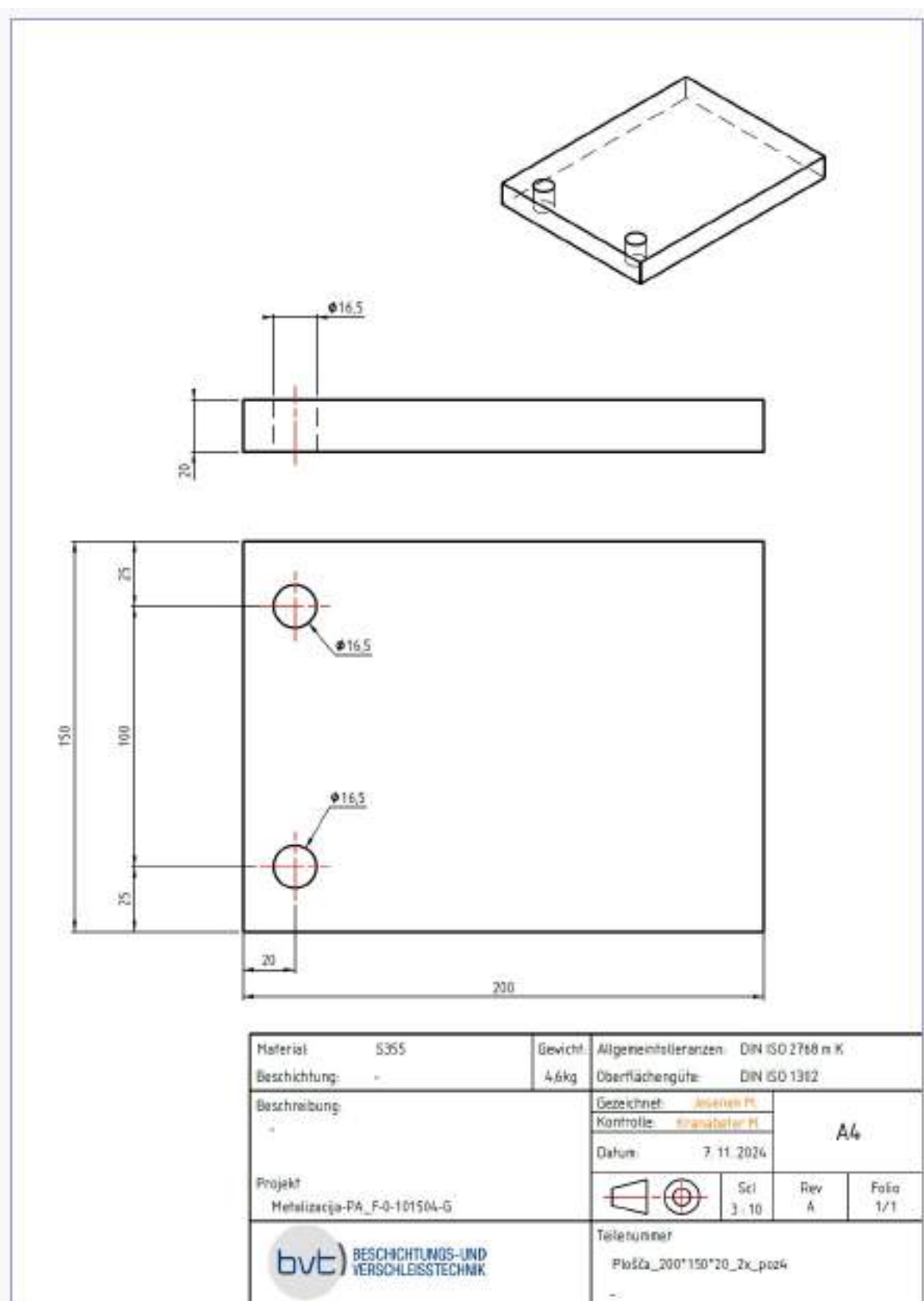
11 PRILOGE

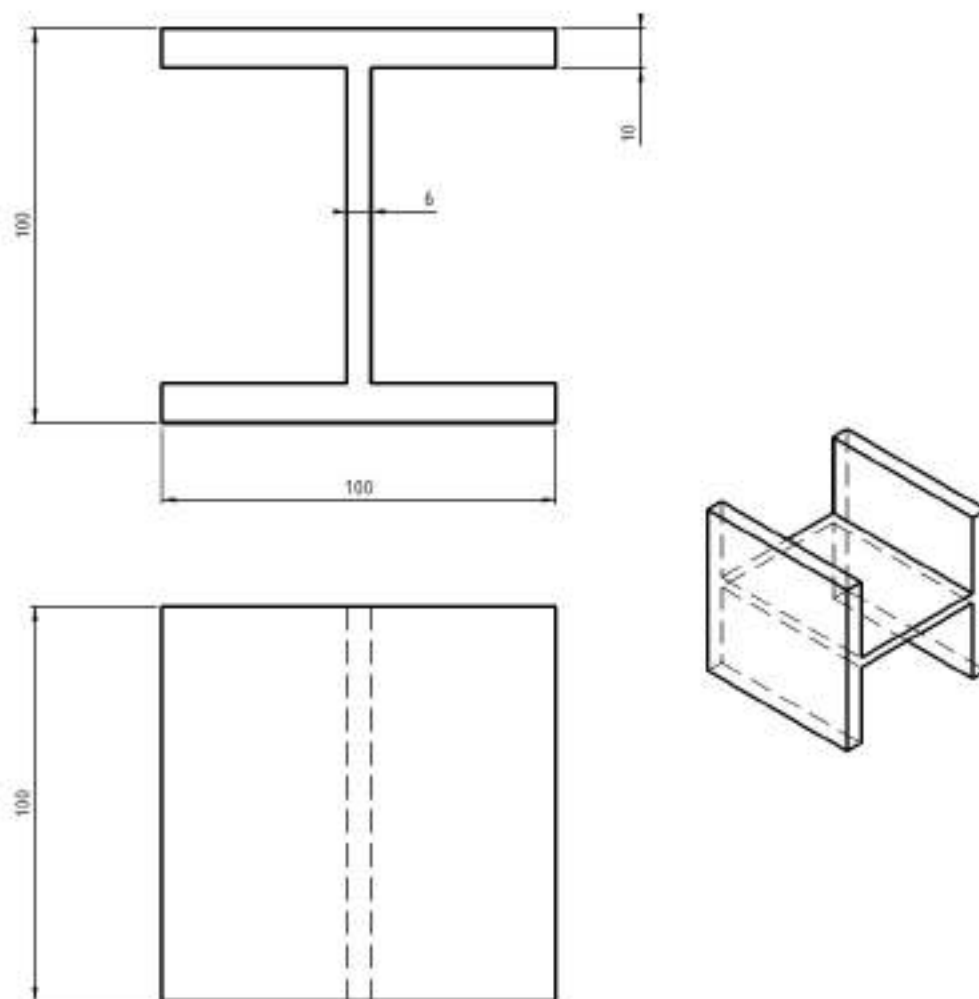
Priloga 1: Načrti za izdelavo priprave za metalizacijo

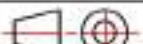


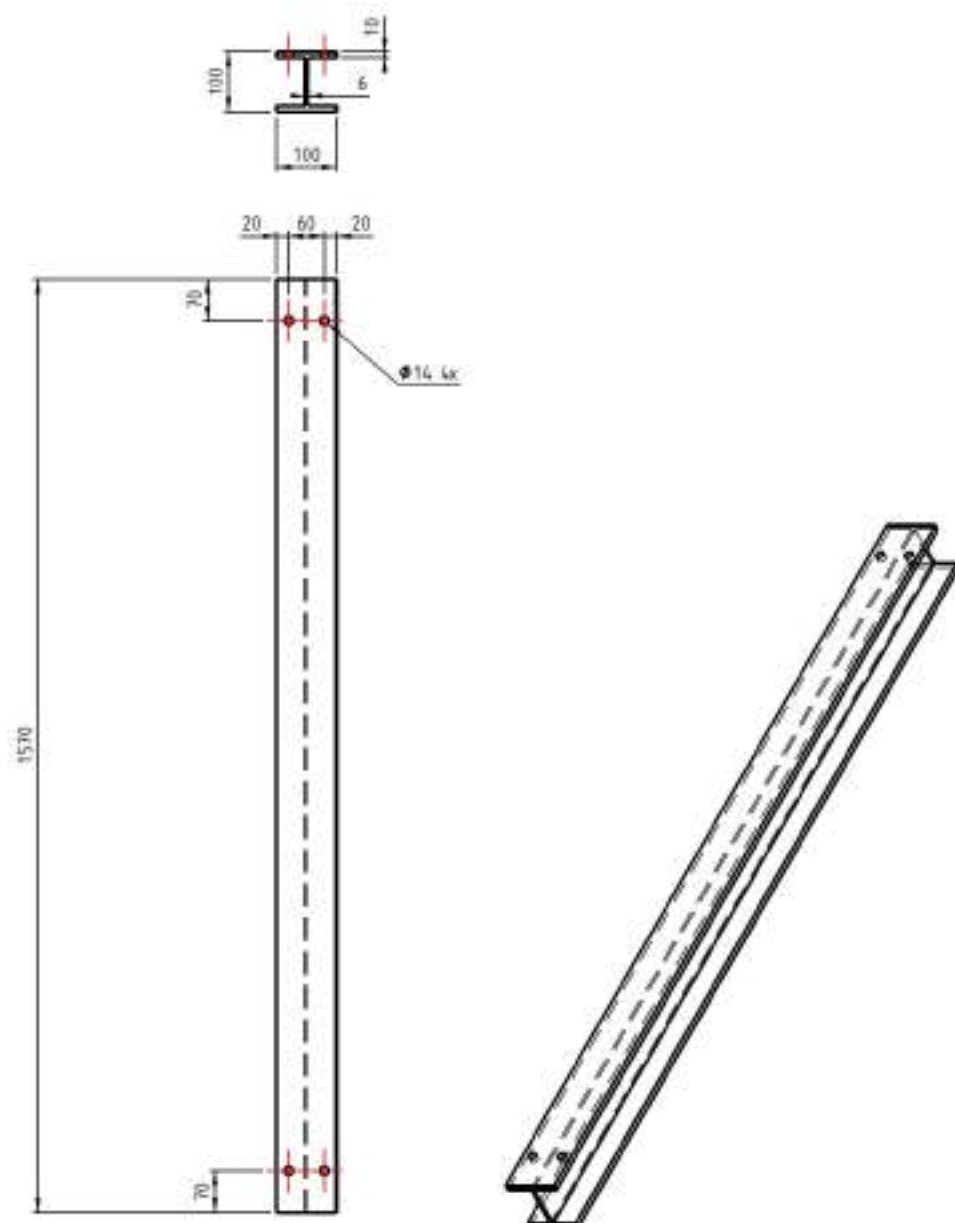


Material: S355	Gewicht: 2,8kg	Allgemeintoleranzen: DIN ISO 2768 m K			
Beschichtung: -		Oberflächengüte: DIN ISO 1302			
Beschreibung: -		Gezeichnet: Jovanek M.	A4		
		Kontrolle: Kranjčič M.			
		Datum: 1.11.2024			
Projekt: Metalizacija-PA_F-0-101504-G			Sc1 3:10	Rev A	Folio 1/1
 BESCHÜTTUNGS-UND VERSCHLEISSTECHNIK		Teilenummer: Plöšča_200*100*20_2x_poz6 -			

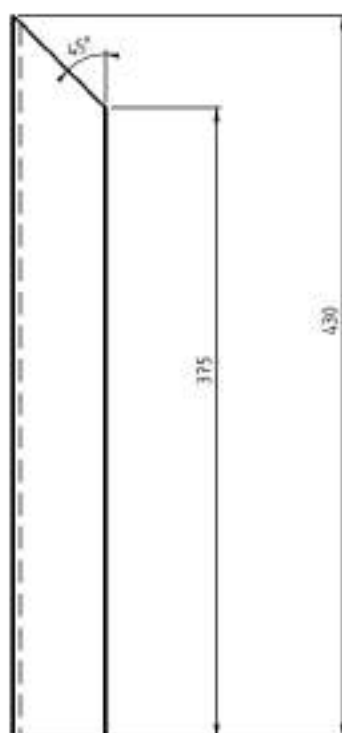


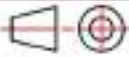


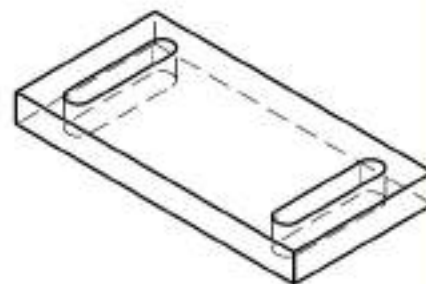
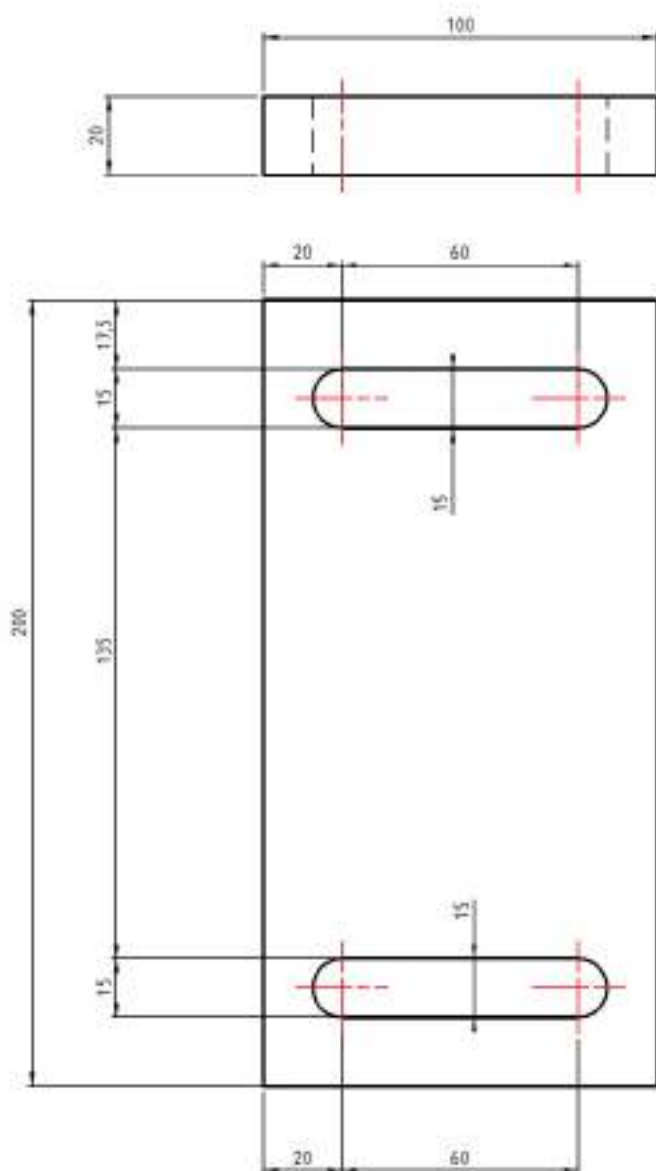
Material	S355	Gewicht	Allgemeintoleranzen: DIN ISO 2768 m K							
Beschichtung	-	1,9kg	Oberflächengüte: DIN ISO 1302							
Beschreibung HEB100			Gezeichnet: Jeserle H		A4					
			Kontrolle: Kranzhofer H							
			Datum: 5.11.2024							
Projekt Metallizacija-PA_F-0-101504-G					Soll		Riss		Folio	
					7 - 10		A		1/1	
 BESCHICHTUNGS-UND VERSCHLEISSTECHNIK			Teilenummer							
			Profil_HEB100_2x_pos2							

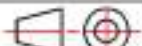


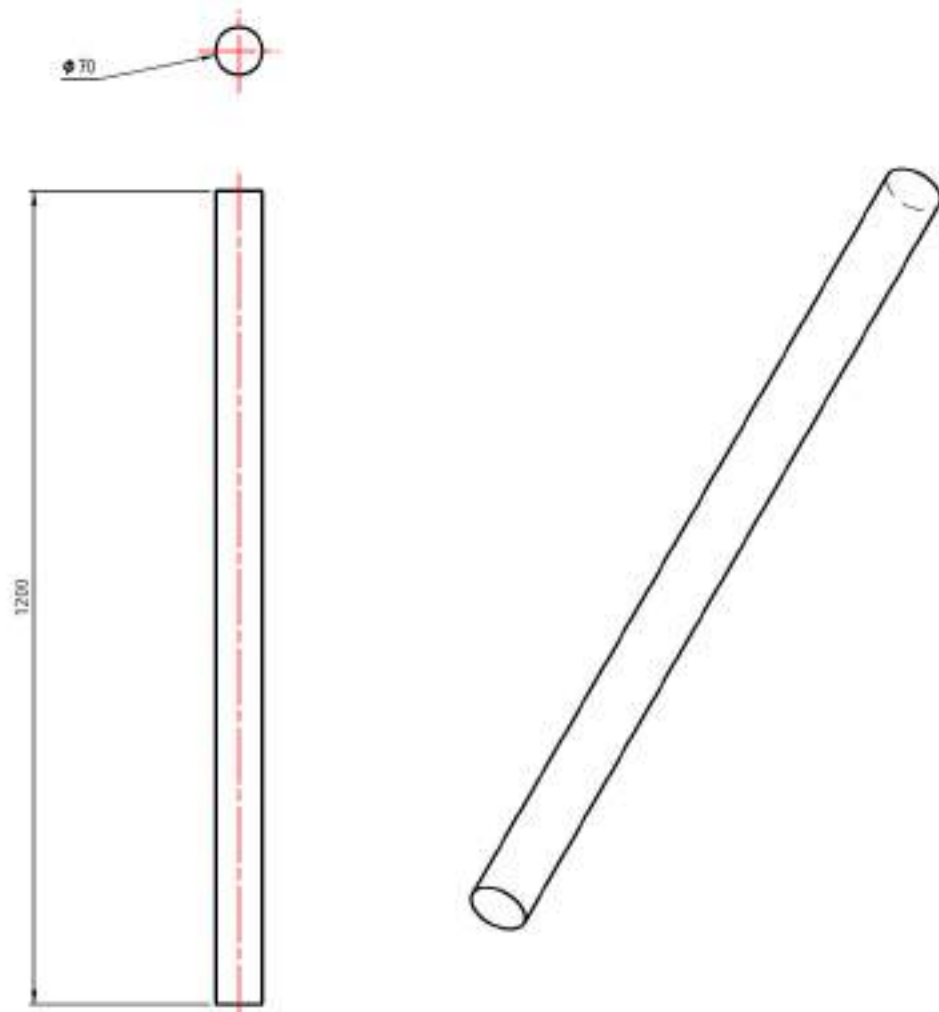
Material:	S355	Gewicht:	30,5kg	Allgemeintoleranzen:	DIN ISO 2768 m K		
Beschichtung:	-			Oberflächengüte:	DIN ISO 1302		
Beschreibung:	HEB100			Gezeichnet:	Josefek M.		A4
				Kontrolle:	Kranjčević M.		
				Datum:	5. 11. 2024		
Projekt:	Metalizacija-PA_F-D-101504-G				Sci	Rev	Folio
					7. 10	A	1/1
 BESCHÜTTUNGS-UND VERSCHLEISSTECHNIK				Teilenummer Profil_HEB100_p021 -			



Material: S355	Gewicht: 3,9kg	Allgemeintoleranzen: DIN ISO 2768 m K			
Beschichtung: -		Oberflächengüte: DIN ISO 1302			
Beschreibung: UPE100		Gezeichnet: <i>Jasenek H.</i>	A4		
		Kontrolliert: <i>Kranzbehr H.</i>			
Projekt Metalizacija-PA_F-0-101504-G		Datum: 5.11.2024			
			Sk1 1:5	Rev A	Folio 1/1
 BESCHÜTTUNGS-UND VERSCHLEISSTECHNIK		Teilenummer Profil_UPE100_2x_paz3 -			



Material:	S355	Gewicht:	Allgemeintoleranzen: DIN ISO 2768 m K			
Beschichtung:	-	2,8kg	Oberflächengüte: DIN ISO 1302			
Beschreibung: -			Gezeichnet: <i>Jasenak M.</i>		A4	
			Kontrolle: <i>Klanabeter M.</i>			
			Datum: 6. 11. 2024			
Projekt Metalizacija-PA_F0-1(1504-G)				Sch 7:10	Rev A	Folio 1/1
 BESCHÜTTUNGS-UND VERSCHLEISSTECHNIK						
			Teilenummer: Platka_200*100*20_2x_poz5 -			



Materijal: S355	Gewicht: 36,3kg	Allgemeintoleranzen: DIN ISO 2768 m K			
Beschichtung: -		Oberflächengüte: DIN ISO 1302			
Beschreibung: Ballastwelle_D70	Gezeichnet: <u>Jesenek M</u>		A4		
	Kontrolle: <u>Kranabeller M</u>				
	Datum: 5. 11. 2024				
Projekt: Metalizacija-PA_F-0-101504-G			Std. 3.25	Rev. A	Folio 1/1
 BESCHICHTUNGS-UND VERSCHLEISSTECHNIK		Teilenummer			
		Gred za balansiranje_070_Poz?			