

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

Izdelava vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev

Kandidat: Ožbej Bračko

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

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

Mentor v podjetju: Tomaž Tomažič, dipl. inž. str.

Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Ožbej Bračko sem avtor diplomskega dela z naslovom Izdelava vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev, ki sem ga napisal pod mentorstvom Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – 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.

Maribor, april 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Na tem mestu se iskreno zahvaljujem vsem, ki so me na kakršen koli način podpirali in spodbujali pri pisanju diplomskega dela ter v celotnem obdobju študija.

Najprej se zahvaljujem mentorju Draganu Gogiću, mag. inž. metal. in mater., za strokovno vodenje, dragocene nasvete in potrpežljivost skozi celoten proces raziskovanja in pisanja.

Zahvaljujem se tudi podjetju Mega-Metal, d. o. o., za uporabo internega gradiva in podporo pri raziskavi.

Posebno zahvalo namenjam družini, še posebej ženi Petri, ki mi je ves čas stala ob strani, me spodbujala in verjela vame tudi v trenutkih, ko sem sam dvomil. Hvala za neizmerno podporo, ljubezen in razumevanje.

Iskrena hvala tudi staršem za vso podporo in spodbudo skozi vsa leta šolanja. Hvala za vso pomoč in vztrajnost, ki sta mi bili v veliko oporo.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava razvoj, implementacijo in optimizacijo vpenjalnih priprav v okviru proizvodnih procesov podjetja Mega-Metal, d. o. o. Uvodni del vključuje opredelitev raziskovalnega področja, namena, ciljev in osnovnih trditev s ključnimi predpostavkami in omejitvami. Sledi predstavitev podjetja, vključno z organizacijsko strukturo in tehnološko opremljenostjo strojnega parka, namenjenega mehanski obdelavi kovin.

Teoretični del raziskave zajema podrobno analizo razvoja vpenjalnih priprav skozi različna zgodovinska obdobja, od prvih mehanskih rešitev do sodobnih visokotehnoloških sistemov. Opisana je klasifikacija vpenjalnih naprav, ki vključuje ročne, strojne, hidravlične, pnevmatske, magnetne, vakuumске, modularne in hitro menjajoče sisteme. Opravljena je analiza obstoječega stanja, identificirane so tehnične omejitve in podani so konkretni predlogi za izboljšave na podlagi ugotovljenih pomanjkljivosti.

Praktični del raziskave obsega razvoj, konstruiranje in izdelavo optimizirane vpenjalne priprave z uporabo programskih oprem SolidWorks in Mastercam. Podrobno je opisan tehnološki proces izdelave, ki vključuje postopke varjenja, vertikalnega struženja, rezkanja, vrtanja ter toplotnih in kemičnih obdelav, s ciljem izboljšanja mehanskih lastnosti in vzdržljivosti vpenjalne priprave.

Rezultati implementacije nove vpenjalne priprave kažejo pomembne časovne prihranke. Čas vpenjanja se je skrajšal s 30 na 20 minut, kar predstavlja 33,3-% prihranek, čas obdelave pa se je zmanjšal s 3 ur na 2 uri in 40 minut, kar pomeni 11,1-% prihranek. Ob upoštevanju tedenske proizvodnje štirih kosov to pomeni letni prihranek 75 ur, kar ustreza skoraj 10 delovnim dnevom.

Zaključni del diplomskega dela obravnava dolgoročno vzdrževanje in možnosti nadaljnjih nadgradenj sistema, ki bi lahko še dodatno izboljšale učinkovitost. Pristop k optimizaciji vpenjalnih sistemov omogoča večjo konkurenčnost podjetja, nižje stroške proizvodnje in izboljšano kakovost končnih izdelkov, kar je ključnega pomena v sodobni industriji.

Poleg analize razvoja in klasifikacije vpenjalnih naprav vključuje tudi štiri potrjene hipoteze, ki poudarjajo pomen analize pri zmanjševanju napak, optimizacije za hitrejšo vpenjanje, prilagodljivosti priprav za uporabo na različnih strojih in rednega vzdrževanja za zagotavljanje trajnosti.

Ključne besede: *vpenjalna priprava, tveganje, skladnost, vrste vpenjal, vzdrževanje.*

ABSTRACT

Manufacturing of a clamping fixture for electric motor housings

The thesis deals with the design, implementation, and optimization of clamping fixtures within the production processes of the company Mega-Metal d.o.o. The introductory part includes the definition of the research area, objectives, and fundamental hypotheses, along with key assumptions and limitations. This is followed by a presentation of the company, including its organizational structure and the technological equipment of its machining park dedicated to metal machining.

The theoretical part of the research provides a detailed analysis of the development of clamping fixtures through various historical periods, from early mechanical solutions to modern high-tech systems. A classification of clamping devices is presented, including manual, machine, hydraulic, pneumatic, magnetic, vacuum, modular, and quick-change systems. An analysis of the current state has been carried out, technical limitations have been identified, and concrete proposals for improvements have been made based on the identified shortcomings.

The practical part of the thesis involves the development, design, and manufacturing of an optimized clamping fixture using SolidWorks and Mastercam software. The technological manufacturing process is described in detail, including welding, vertical turning, milling, drilling, as well as thermal and chemical treatments aimed at improving the mechanical properties and durability of the clamping fixture.

The results of the implementation of the new clamping fixture show significant time savings. The clamping time has been reduced from 30 to 20 minutes, representing a 33.3% reduction, while the machining time has decreased from 3 hours to 2 hours and 40 minutes, resulting in an 11.1% reduction. Considering the weekly production of four pieces, this translates to annual savings of 75 hours, equivalent to almost 10 working days.

The final part of the thesis discusses long-term maintenance and potential future system upgrades that could further enhance efficiency. The approach to optimizing clamping systems enables greater competitiveness, lower production costs, and improved final product quality, which is of crucial importance in modern industry.

In addition to the analysis of the development and classification of clamping devices, the thesis also includes four confirmed hypotheses emphasizing the importance of analysis in

reducing errors, optimization for faster clamping, adaptability of fixtures for use on different machines, and regular maintenance to ensure durability.

Keywords: *clamping fixture, risk, compliance, types of clamps, maintenance.*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	10
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	11
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	12
1.3.1	<i>Predpostavke</i>	12
1.3.2	<i>Omejitve.....</i>	12
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	13
2	PREDSTAVITEV PODJETJA	14
2.1	PODJETJE MEGA-METAL, D. O. O.....	14
2.2	ORGANIZACIJSKA STRUKTURA PODJETJA	16
2.3	STROJNI PARK 2. DELA PROIZVODNJE (MEHANSKA OBDELAVA)	18
3	ANALIZA VPENJAL IN TRENUTNO STANJE.....	22
3.1	VPENJALA SKOZI ZGODOVINO	22
3.1.1	<i>Zgodnje oblike vpenjal.....</i>	22
3.1.2	<i>Srednji vek in izum delovnih miz</i>	23
3.1.3	<i>Industrijska revolucija in mehanizacija.....</i>	23
3.1.4	<i>20. stoletje: standardizacija in napredek v tehnologiji.....</i>	24
3.1.5	<i>Sodoben razvoj in visoka natančnost.....</i>	25
3.1.6	<i>Prihodnost vpenjalnih tehnologij</i>	26
3.2	VRSTE VPENJALNIH NAPRAV	26
3.2.1	<i>Ročni primeži (mehanični primeži).....</i>	27
3.2.2	<i>Strojni primeži</i>	27
3.2.3	<i>Hidravlična vpenjala</i>	28
3.2.4	<i>Pnevmatska vpenjala</i>	29
3.2.5	<i>Magnetna vpenjala</i>	29
3.2.6	<i>Vakuumska vpenjala</i>	30
3.2.7	<i>Modularna vpenjala</i>	31
3.2.8	<i>Hitro menjajoča vpenjala (Quick-change systems)</i>	32
3.3	PREGLED IN OCENA OBSTOJEČIH VPENJAL.....	33
3.4	IDENTIFIKACIJA TEŽAV	35
3.5	PRVOTNI NAČIN VPENJANJA	36
3.6	ZAHTEV IN PREDLOGI ZA IZBOLJŠAVE	39
4	IZDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE	41
4.1	SNOVANJE IN OPIS VPENJALNE PRIPRAVE	41
4.2	SOLIDWORKS IN MASTERCAM	47

4.3	TEHNOLOGIJA OBDELAV PRI PRIPRAVI ZA VPENJANJE.....	48
4.3.1	Varjenje	48
4.3.2	Vertikalno struženje.....	49
4.3.3	Rezkanje.....	49
4.4	TOPLLOTNE IN KEMIČNE OBDELAVE NA PRIPRAVI.....	51
5	IMPLEMENTACIJA IZBOLJŠAV	54
5.1	KORIST UPORABE VPENJALNE PRIPRAVE.....	55
5.2	ČASOVNI PRIHRANKI PRI UPORABI NOVE VPENJALNE PRIPRAVE.....	57
5.3	OCENA TVEGANJA	60
5.4	OCENA SKLADNOSTI	64
5.5	TESTIRANJE PRIPRAVE V REALNIH POGOJIH.....	65
6	TRAJNOST VPENJALNE PRIPRAVE	67
6.1	REDNO VZDRŽEVANJE.....	68
6.2	NAČRTOVANJE PRIHODNIH NADGRADENJ	69
7	SKLEP	71
8	VIRI IN LITERATURA	73

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	LOGOTIP PODJETJA MEGA-METAL, D. O. O.	14
SLIKA 2:	ENOTA MM1	15
SLIKA 3:	ENOTA MM2	15
SLIKA 4:	ORGANIGRAM.....	16
SLIKA 5:	STARA DELOVNA MIZA Z INTEGRIRANIMI PRIMEŽI	23
SLIKA 6:	PRVI CNC-STROJ IZ LETA 1952.....	25
SLIKA 7:	3D-TISKALNIK	26
SLIKA 8:	ROČNI PRIMEŽ	27
SLIKA 9:	STROJNI PRIMEŽ.....	28
SLIKA 10:	HIDRAVLIČNA VPENJALA.....	29
SLIKA 11:	ELEKTROPERMANENTNA MAGNETNA MIZA.....	30
SLIKA 12:	VAKUUMSKA PLOŠČA	31
SLIKA 13:	MODULARNI VPENJALNI SISTEM	31
SLIKA 14:	VPENJALNI TRN ORODJA	32
SLIKA 15:	VPENJALNI ELEMENTI.....	33
SLIKA 16:	PRIPRAVLJALNA SHEMA PO STAREM NAČINU.....	37
SLIKA 17:	VPETI OBDELOVANEC NA PODLOGAH V PREREZU	38
SLIKA 18:	NAČRT VPENJALNE PRIPRAVE V SOLIDWORKSU.....	41

SLIKA 19: VPENJALNA PRIPRAVA BREZ VPENJALNIH ELEMENTOV	44
SLIKA 20: PRIPRAVA Z VPENJALNIMI ELEMENTI	45
SLIKA 21: VPENJALO Z VIJAKOM	45
SLIKA 22: GANTOGRAM	46
SLIKA 23: SOLIDWORKS	47
SLIKA 24: VARJENJE PO POSTOPKU MIG/MAG	48
SLIKA 25: VERTIKALNA STRUŽNICA	49
SLIKA 26: REZKANJE	50
SLIKA 27: VRTANJE	51
SLIKA 28: V PREREZU PRIKAZANA VPENJALNA PRIPRAVA	54
SLIKA 29: TOS 13.3	55
SLIKA 30: VERTIKALNA STRUŽNICA	57
SLIKA 31: TESTIRANJE VPENJALNE PRIPRAVE	66
SLIKA 32: VPENJALNA PRIPRAVA	68

KAZALO TABEL

TABELA 1: STROJNI PARK	20
TABELA 2: KOSOVNICA	43
TABELA 3: TABELA ČASOVNIH PRIHRANKOV	59
TABELA 4: TEDENSKI IN LETNI PRIHRANEK	60
TABELA 5: OCENA TVEGANJA	63

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V današnjem času, ko se tehnologija nenehno razvija, sta izdelava in optimizacija različnih komponent v industriji postali ključnega pomena za povečanje učinkovitosti, kakovosti in zanesljivosti. Elektromotorji kot osrednji del številnih mehanskih sistemov zahtevajo natančno obdelavo in pravilno vpenjanje za zagotavljanje optimalnega delovanja. V tem kontekstu je izdelava vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev postala pomembna tema, ki združuje inženirsko znanje, inovativne pristope in sodobne tehnologije.

Vpenjalna priprava je naprava, ki omogoča natančno in varno držanje komponent med obdelavo. Pri elektromotorjih, kjer so tolerance zelo majhne, je pravilno vpenjanje ključno za zagotavljanje kakovosti končnega izdelka. Vsaka nepravilnost v postopku obdelave lahko vodi do napak, ki vplivajo na delovanje motorja, zmanjšajo njegovo življenjsko dobo ali celo povzročijo okvare. Zato je razvoj učinkovitih in natančnih vpenjalnih sistemov nujen korak k izboljšanju proizvodnih procesov.

V tem projektu se bomo osredotočili na proces izdelave vpenjalne priprave, ki bo specifično prilagojena za ohišje elektromotorjev. Ta priprava mora upoštevati različne dimenzije in oblike ohišij, ki se uporabljajo v industriji, ter omogočiti enostavno in hitro prilagoditev.

V sodobni industriji se uporabljajo različne tehnike obdelave, kot so struženje, frezanje in vrtanje. Vsaka od teh tehnik zahteva specifične vpenjalne rešitve, ki omogočajo, da se delo izvaja učinkovito in brez napak. Naša vpenjalna priprava bo zasnovana tako, da bo omogočila enostavno menjavo med različnimi obdelovalnimi procesi, kar bo prispevalo k povečanju produktivnosti.

Poleg konstrukcije vpenjalne priprave bomo raziskali tudi vprašanja ergonomije in varnosti. Priprava mora biti zasnovana tako, da jo lahko enostavno uporabljajo operaterji brez dodatnega tveganja za poškodbe. Upoštevali bomo tudi vidike, kot sta časovna učinkovitost in enostavna prilagoditev, kar bo omogočilo hitro preklapljanje med različnimi nalogami in povečevanje fleksibilnosti v proizvodnji.

Pomembno je tudi, da se zavedamo vpliva naprednih tehnologij, kot sta računalniško podprto načrtovanje (CAD) in 3D-tiskanje, na proces izdelave vpenjalnih priprav. Te tehnologije nam

omogočajo hitrejšo prototipiranje in optimizacijo oblik, kar lahko znatno skrajša čas razvoja in poveča natančnost končnega izdelka.

Na koncu uvoda bomo poudarili pomen izdelave vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev v širšem kontekstu industrijske proizvodnje. S pravilnim pristopom in inovativnimi rešitvami lahko dosežemo pomembne izboljšave v procesih, ki ne povečajo le učinkovitosti, temveč tudi prispevajo k trajnostnemu razvoju in konkurenčnosti podjetij na trgu.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je raziskati in razviti inovativno vpenjalno pripravo za obdelavo ohišij elektromotorjev, ki bo povečala natančnost, učinkovitost in varnost pri proizvodnji. V sodobni industriji je zanesljivost elektromotorjev ključnega pomena, zato je pravilna obdelava ohišij, ki omogoča natančno in učinkovito delo, nujna. Pridobljeno znanje skozi študij strojništva želim implementirati neposredno v proizvodni proces. S tem diplomskim delom želim prispevati k razvoju tehnologij, ki izboljšujejo proces proizvodnje elektromotorjev in omogočajo večjo konkurenčnost podjetij v tej panogi.

Cilj diplomskega dela je izboljšati učinkovitost, funkcionalnost in trajnost vpenjalne priprave. Z njo želim doseči optimizacijo procesa ob kakovostni, zanesljivi in varni uporabi priprave. Razviti želim rešitve za prilagajanje vpenjalnih priprav za različne velikosti materialov in obdelovalnih postopkov.

Z raziskovanjem in preverjanjem teh hipotez želim prispevati k razvoju učinkovitih rešitev za obdelavo ohišij elektromotorjev, kar bo prispevalo k izboljšanju celotnega proizvodnega procesa in kakovosti izdelkov. S tem diplomskim delom se bom osredotočil na konkretne izzive, s katerimi se soočajo podjetja pri obdelavi ohišij, in iskal rešitve, ki bodo odgovarjale potrebam sodobne industrije.

Hipoteze diplomskega dela so:

- H1: Ustrezno opravljena analiza pripomore k zmanjševanju napak, kot sta nepravilno vpenjanje in neenakomerna obdelava.
- H2: Optimiziranje priprave bo prispevalo k lažjemu in hitrejšemu vpenjanju za operaterja.
- H3: Isto vpenjalno pripravo bo mogoče uporabiti na dveh različnih strojih.
- H4: Redno vzdrževanje, pravilna uporaba in nadgradnja vpenjalne priprave pomenijo zagotovljen učinek trajnosti.

1.3 Predpostavke in omejitve

1.3.1 Predpostavke

- Dostopnost materialov: Predpostavljamo, da bodo materiali, potrebni za izdelavo vpenjalne priprave, enostavno dostopni in da ne bodo povzročili dodatnih zamud v proizvodnem procesu.
- Tehnološka podpora: predvidevamo, da bodo obstoječe tehnologije za obdelavo in testiranje priprave zadostovale zahtevam, kar pomeni, da ne bo potrebnih dodatnih investicij v nove naprave.
- Usposobljenost osebja: predpostavljamo, da bo osebje, ki bo delalo s pripravo, ustrezno usposobljeno za njeno uporabo, kar bo zagotovilo pravilno delovanje in varnost pri delu.
- Standardizacija: predvidevamo, da bodo ohišja elektromotorjev sledila standardiziranim dimenzijam, kar bo olajšalo načrtovanje in izdelavo vpenjalne priprave.
- Skladnost z regulativami: predpostavljamo, da bo nova vpenjalna priprava ustrezala vsem relevantnim industrijskim standardom in varnostnim predpisom.

1.3.2 Omejitve

- Časovni okvir: omejen časovni okvir za raziskavo in razvoj lahko vpliva na globino analize in testiranja prototipa, kar lahko omeji rezultate in priporočila.
- Finančni viri: omejeni proračun za razvoj in testiranje lahko vpliva na izbiro materialov in tehnologij, kar lahko vodi do kompromisov v funkcionalnosti.
- Kompleksnost oblik: raznolikost oblik in dimenzij ohišij elektromotorjev lahko predstavlja izziv pri zasnovi univerzalne vpenjalne priprave, kar lahko omeji njeno prilagodljivost.
- Dostop do podatkov: omejen dostop do podatkov. Zaradi varovanja podatkov s strani podjetja Mega-Metal, d. o. o., ne bom navajal natančnih podatkov naročnika in podjetja.
- Tehnološke omejitve: nekatere napredne tehnologije, kot so pametni senzorji, lahko omejijo funkcionalnost priprave.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

- Literarna analiza: pregled obstoječih znanstvenih in tehničnih člankov, standardov in smernic, povezanih z vpenjanjem in obdelavo elektromotorjev. Ta analiza pomaga razumeti trenutne prakse in trende v industriji.
- Intervjuji in ankete: zbiranje mnenj in izkušenj operaterjev ter inženirjev, ki se ukvarjajo z obdelavo elektromotorjev. Ta kvalitativna metoda omogoča vpogled v praktične izzive in potrebe uporabnikov.
- Praktična testiranja: implementacija in testiranje vpenjalne priprave v proizvodnem okolju za analizo učinkovitosti in možnosti prilagoditev na podlagi povratnih informacij.
- Metoda dedukcije: logično sklepanje na temelju splošnih zaznav.
- Metoda sinteze: oblikovanje zaključkov na osnovi lastnih spoznanj.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA

2.1 Podjetje Mega-Metal, d. o. o.

Podjetje Mega-Metal, d. o. o., katerega logotip prikazuje slika 1, je družinsko podjetje s sedežem v Rušah, ustanovljeno leta 1994.



Slika 1: Logotip podjetja Mega-Metal, d. o. o.

Vir slike 1: <https://www.mega-metal.si/sl>

Od skromnih začetkov kot varilnica z majhnim številom zaposlenih smo se razvili v vodilno podjetje na področju obdelave kovin in danes zaposlujeemo skoraj 250 kvalificiranih delavcev. Z več kot 13.500 m² proizvodnih površin, opremljenih z najsodobnejšo tehnologijo, ponujamo širok spekter kakovostnih celostnih rešitev.

Naša proizvodnja zajema celoten spekter dejavnosti, ki vključuje pripravo, sestavo, varjenje, žarjenje, peskanje, lakiranje in mehansko obdelavo, vključno z rezkanjem, struženjem in obdelavo na karuselih. S sodobnimi žerjavi zagotavljamo učinkovit transport produktov po celotnem proizvodnem procesu.

Od ustanovitve smo polirali, mehansko obdelali in predmontirali več tisoč elektromotorjev ter druge ključne komponente, kot so statorsegmenti in podnožja za obdelovalne stroje. Naša proizvodnja vključuje izdelavo tako enostavnih delov, težkih 1 kg, kot tudi kompleksnih komponent, ki dosežejo dimenzije 3.500 mm x 3.500 mm x 20.000 mm in težo do 30 ton. Naši izkušeni strokovnjaki so razvili več sto prototipov, kar kaže na našo prilagodljivost in inovativnost.

V letu 2017 smo uvedli proizvodnjo rotorjev za elektromotorje, kar je dodatno razširilo našo ponudbo. Sledili smo trendom digitalizacije in v letu 2020 začeli s pripravami na digitalizacijo podjetja. Od leta 2022 aktivno moderniziramo naše procese in uvajamo avtomatizacijo, kar nam omogoča nadaljnjo rast in izboljšanje kakovosti.

Podjetje je razdeljeno na dve enoti. V prvi enoti proizvodnje MM1 so oddelki konstrukcije, priprave, izdelave rotorjev, varjenja, žarjenja, peskanja, brušenja, kontrole in lakiranja (slika 2). (Mega-Metal d. o. o., 2022)



Slika 2: Enota MM1

Vir slike 2: <https://www.mega-metal.si/en/news/mega-metal-corporate-video>

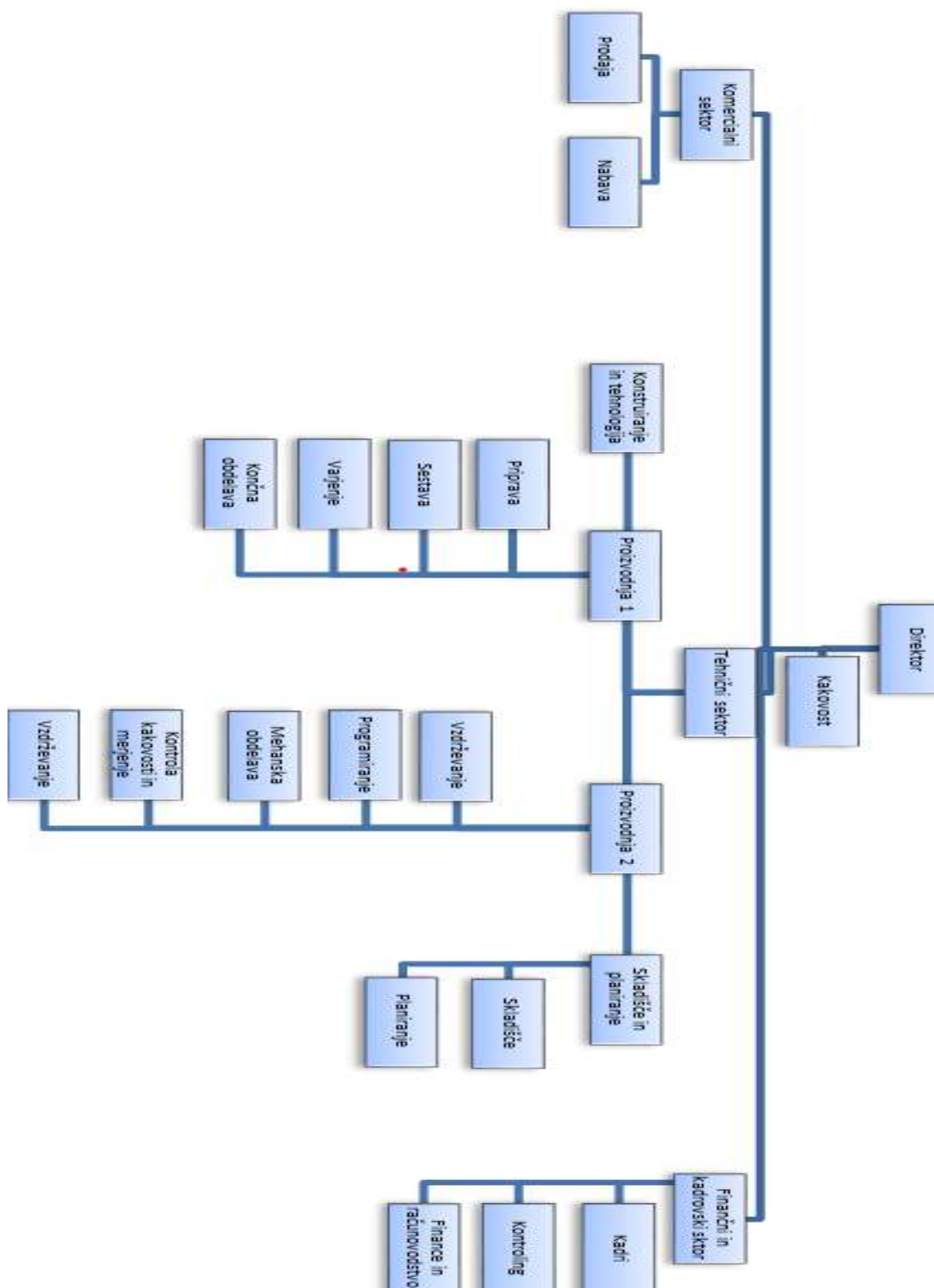
V 2. enoti proizvodnje MM2 (slika 3) so oddelek programiranja, orodjarna, mehanske obdelave in kontrole obdelovancev.



Slika 3: Enota MM2

Vir slike 3: <https://www.mega-metal.si/en/news/mega-metal-corporate-video>

2.2 Organizacijska struktura podjetja



Slika 4: Organigram

Vir slike 4: Podjetje Mega-Metal, d. o. o.

Organizacijska struktura podjetja Mega-Metal je zasnovana tako, da omogoča učinkovito delovanje in prilagodljivost v dinamičnem okolju mehanske obdelave. Struktura je razdeljena na več ključnih oddelkov, ki sodelujejo pri doseganju skupnih ciljev podjetja (slika 4).

- Uprava

Uprava je na vrhu organizacijske strukture ter je odgovorna za strateško načrtovanje in odločanje o ključnih usmeritvah podjetja. Sestavlja jo ekipa vodilnih menedžerjev, ki usklajujejo delo vseh oddelkov ter skrbijo za dolgoročno rast in razvoj podjetja.

- Oddelek za proizvodnjo

Ta oddelek je srce podjetja in vključuje vse procese, povezane z mehansko obdelavo. Zaposleni v tem oddelku vključujejo operaterje računalniško krmiljenih (CNC) strojev, inženirje za obdelavo in nadzornike proizvodnje. Oddelek je odgovoren za zagotavljanje kakovosti in natančnosti pri izdelavi komponent.

- Oddelek za kakovost

Oddelek za kakovost je ključen za zagotavljanje, da vsi izdelki ustrezajo mednarodnim standardom in zahtevam strank. Vključuje inženirje kakovosti, ki izvajajo redne preglede, teste in kontrole ter spremljajo postopke zagotavljanja kakovosti.

- Raziskave in razvoj

Ekipa za raziskave in razvoj se osredotoča na inovacije in izboljšave proizvodnih procesov ter novih tehnologij. Sodelujejo pri razvoju novih izdelkov in optimizaciji obstoječih postopkov, kar podjetju omogoča, da ostane konkurenčno na trgu.

- Prodaja in marketing

Oddelek za prodajo in marketing je odgovoren za komunikacijo s strankami, iskanje novih priložnosti in promocijo izdelkov podjetja. Zaposleni v tem oddelku tesno sodelujejo z drugimi oddelki, da bi razumeli potrebe strank in prilagodili ponudbo.

- Administracija in finance

Ta oddelek skrbi za upravljanje finančnih virov podjetja, računovodstvo, plače in splošno administrativno podporo. Njihovi nalogi sta tudi priprava finančnih poročil in načrtovanje proračuna.

- Človeški viri

Oddelek za človeške vire je odgovoren za upravljanje kadrov, zaposlovanje, usposabljanje in razvoj zaposlenih. Skrbi za ohranjanje pozitivne delovne kulture in zagotavljanje, da so zaposleni ustrezno usposobljeni za svoje naloge.

- Tehnična podpora in vzdrževanje

Ekipa za tehnično podporo in vzdrževanje je odgovorna za ohranjanje in popravilo strojev ter opreme. Zagotavljajo, da so vsi proizvodni procesi nemoteni in da oprema deluje z največjo učinkovitostjo.

Organizacijska struktura podjetja Mega-Metal omogoča učinkovito sodelovanje med različnimi oddelki, kar pripomore k doseganju skupnih ciljev in ohranjanju visoke kakovosti storitev. S poudarkom na inovacijah, kakovosti in prilagodljivosti se podjetje uspešno prilagaja potrebam trga in strank ter ostaja konkurenčno v industriji mehanske obdelave.

2.3 Strojni park 2. dela proizvodnje (mehanska obdelava)

Podjetje Mega-Metal je podjetje, ki se uvršča med vodilne ponudnike mehanske obdelave v Sloveniji. Strojni park je zasnovan tako, da zadostuje zahtevam sodobne proizvodnje in omogoča širok spekter obdelovalnih postopkov. S sodobno opremo in naprednimi tehnologijami zagotavljajo visoko kakovost, natančnost in učinkovitost pri izdelavi različnih komponent. Strojni park podjetja Mega-Metal vključuje različne vrste CNC-strojev, ki so ključnega pomena za doseg natančnosti in fleksibilnosti. Med glavnimi stroji so CNC-frezalni in stružni stroji, ki omogočajo obdelavo kovinskih in nekovinskih materialov v različnih oblikah in dimenzijah. Njihovi CNC-frezalni stroji so opremljeni z več osmi, kar omogoča obdelavo kompleksnih geometrij in oblik, kar je še posebej pomembno za industrije, kjer so potrebni natančni deli. CNC-stružni stroji v podjetju Mega-Metal omogočajo učinkovito obdelavo okroglih in cilindričnih komponent. Z naprednimi funkcijami, kot so avtomatski menjalniki orodij, zagotavljajo hitro in natančno obdelavo, kar zmanjšuje čas proizvodnje in povečuje produktivnost. Poleg CNC-opreme podjetje razpolaga tudi s klasičnimi obdelovalnimi stroji, kot so vrtalni, brusilni in rezkalni stroji, ki se še vedno uporabljajo za specifične naloge ali manjše serije proizvodnje. Podjetje Mega-Metal se nenehno trudi slediti najnovejšim trendom in tehnologijam v industriji. To pomeni, da redno vlagajo v nadgradnjo svojega strojnega parka in usposabljanje zaposlenih. Uporaba sodobnih programskih orodij za načrtovanje in simulacijo proizvodnje omogoča optimizacijo procesov

in zmanjšanje odpadkov. S pomočjo programske opreme CAD/CAM lahko hitro prilagodimo projekte zahtevam strank in povečamo učinkovitost proizvodnje. Ena od ključnih inovacij, ki jih je podjetje Mega-Metal uvedlo, je implementacija avtomatizacije v proizvodne procese. Uporaba robotov in avtomatiziranih delovnih celic omogoča hitrejšo proizvodnjo in zmanjšuje možnost napak, kar je še posebej pomembno v panogah, kjer je natančnost odločilnega pomena.

Kakovost je v podjetju Mega-Metal ključnega pomena. Strojni park je opremljen z različnimi sistemi za nadzor kakovosti, ki zagotavljajo, da vsak izdelek izpolnjuje stroge standarde. Uporaba merilnih orodij in naprav za kontroliranje dimenzij, oblik in površinske kakovosti omogoča, da se morebitne napake odkrijejo že med proizvodnjo.

Podjetje je certificirano po mednarodnih standardih, kar pomeni, da se redno preverjajo procesi in sistemi. To zagotavlja, da so izdelki skladni z najnovejšimi standardi kakovosti, kar povečuje zaupanje strank in krepi njihov ugled na trgu. Ena od prednosti podjetja Mega-Metal je njihova sposobnost prilagajanja potrebam strank. Njihov strojni park omogoča hitro prilagoditev proizvodnih procesov, kar pomeni, da lahko enostavno preklapljammo med različnimi projekti in serijami. Ta prilagodljivost je še posebej pomembna v današnjem hitrem in dinamičnem poslovnem okolju, kjer so stranke pogosto zahtevne in iščejo hitre rešitve. V podjetju Mega-Metal se zavedajo, da so zadovoljne stranke ključ do uspeha. Zato si prizadevajo, da bi bili vedno odzivni in fleksibilni, kar omogoča hitro obravnavo naročil in prilagoditve glede na specifične potrebe strank. (Mega-Metal d. o. o., 2022) Strojni park prikazuje tabela 1.

Tabela 1: Strojni park

Obdelovalni stroji	Dimenzije mize ali premer struženja	Velikost ali teža obdelovanca	Os X	Os Y	Os Z
MCV 1220 FA TAJMAC - ZPS	1200 mm x 1000 mm	3000 kg	1000 mm	800 mm	600 mm
TOS Maxima I MC	1800 mm x 2200 mm	16000 kg	4000 mm	3000 mm	1000 mm + 700 mm
TOS WRD 130 Q/12	2500 mm x 1800 mm (vrtljive mize)	20000 kg	12000 mm	3000 mm	800 mm + 560 mm
TOS WHQ 13.8 CNC	2500 mm x 1800 mm	12000 kg	4000 mm	3000 mm	1250 mm + 800 mm
TOS WHQ 105 CNC	1400 x 1400 mm	4000 kg	1800 mm	1250 mm	1250 mm + 630 mm
TOS WHN 130MC CNC	1600 x 1600 mm	8000 kg	3000 mm	2500 mm	1250 mm + 800 mm
CHEVALIER FCL – 40160	Ø 650 mm	4000 kg	3000 mm		

TOS Hostivar BUT 63/3000	Ø 650 mm	2000 kg	3200 mm		
VERTIKALNA STRUŽNICA VEMAC SCT25 / 33 - CNC - MS - 01	Ø 3000 mm	20000 kg	2800 mm		
VERTIKALNA STRUŽNICA VEMAC VTL 1250 - z gonilnim orodjem / osjo C	Ø 1840 mm	16000 kg	1100 mm		

Vir tabele 1: Podjetje Mega-Metal, d. o. o.

3 ANALIZA VPENJAL IN TRENUTNO STANJE

3.1 Vpenjala skozi zgodovino

Vpenjala so nepogrešljiv del obdelovalnih orodij, ki so skozi zgodovino igrala ključno vlogo v razvoju različnih obrti, industrijskih panog in tehnologij. Od starodavnih ročnih orodij do sodobnih visoko natančnih obdelovalnih strojev vpenjala omogočajo varno pritrditev obdelovanca za obdelavo. Razvoj teh naprav je tesno povezan z napredkom v metalurgiji, inženirstvu in industriji, saj so nenehne potrebe po učinkovitejši in natančnejši obdelavi privedle do vedno bolj sofisticiranih rešitev.

3.1.1 Zgodnje oblike vpenjal

Najzgodnejša orodja, ki so jih ljudje uporabljali za obdelavo materialov, so temeljila na osnovnih ročnih tehnikah. V tem obdobju so zgodnja vpenjala večinoma temeljila na stiskanju in fiksiranju materialov z ročno silo ali osnovnimi pripomočki. Pred razvojem kovinskih orodij so ljudje uporabljali lesene ali kamnite pripomočke za pritrditev delov, ki so jih želeli obdelovati. Takšna orodja niso omogočala visoke natančnosti, vendar so bila primerna za preproste naloge, kot je oblikovanje lesa ali kosti.

V času starih civilizacij, kot so Egipčani, Grki in Rimljani, so že obstajale osnovne naprave za fiksiranje obdelovancev. Na primer Rimljani so za izdelavo orodij in orožja uporabljali kovinske klešče in druge preproste mehanične naprave, ki so omogočale pritrditev predmetov med obdelavo. V tej dobi so bile ročne spretnosti ključnega pomena, saj so mojstri uporabljali ročne prijeme in klešče za obvladovanje materialov. Vendar je bila to v veliki meri omejena in neprimerna tehnika za kompleksnejše obdelovalne procese, ki so se pojavili v kasnejših stoletjih.

3.1.2 Srednji vek in izum delovnih miz

V srednjem veku so obrtniki začeli uporabljati preproste delovne mize s primeži, ki so omogočale stabilnejšo pritrditev obdelovancev. Razvoj kovaških in mizarskih tehnik je zahteval natančnejšo in stabilnejšo pritrditev, zato so primeži postali nepogrešljiv del orodjarstva. Kovači so pri obdelavi železa potrebovali močno orodje za pritrditev, medtem ko so mizarji razvijali bolj sofisticirane tehnike za izdelavo pohištva in drugih izdelkov iz lesa. Prvi primeži so bili kovinski ali leseni, primer katerih je na sliki 5, njihova konstrukcija pa je bila zelo preprosta. Sestavljali sta jih dve čeljusti, ki sta stisnili obdelovanca, da je bil med delom stabilen. Te naprave so bile nameščene na delovne mize, ki so bile zasnovane tako, da so bile dovolj stabilne za dolgotrajno in zahtevno uporabo. Primeži so se večinoma uporabljali pri ročnem obdelovanju lesa in kovin, njihova oblika pa se je skozi stoletja le malo spreminjala.



Slika 5: Stara delovna miza z integriranimi primeži

Vir slike 5: <https://www.jorns.swiss/en/news/a-short-history-of-bending-machines-part-1>

3.1.3 Industrijska revolucija in mehanizacija

Prava revolucija v razvoju vpenjal se je zgodila z začetkom industrijske revolucije v 18. in 19. stoletju. Ta doba je prinesla ogromne tehnološke in industrijske spremembe, vključno z mehanizacijo proizvodnih procesov. Obrtniki so postali industrijski delavci, ročno orodje pa so nadomestili stroji, kar je povečalo potrebo po bolj sofisticiranih vpenjalnih napravah.

Z razvojem parnih strojev in drugih novih tehnologij so se pojavile prve stružnice in vrtalni stroji, ki so zahtevali natančno vpetje obdelovanca. Vpenjala so bila zdaj ključnega pomena za proizvodne procese, saj so omogočala stabilno in varno obdelavo kovin ter drugih materialov. V tem obdobju so se pojavile prve mehanske vpenjalne naprave, ki so bile izdelane iz jekla in so bile zasnovane za uporabo na strojih, kot so stružnice, rezkalni in vrtalni stroji.

Prvi mehanični primeži in vpenjalne naprave iz tega obdobja so bili zasnovani na principu vzvodov in vijačnih mehanizmov, ki so omogočali močno in natančno pritrditev obdelovanca. Medtem ko so ročne tehnike še vedno igrale pomembno vlogo, so stroji omogočali serijsko proizvodnjo, kar je zahtevalo zanesljivejše in hitrejše načine za vpenjanje materialov. (Brittanica, 2024)

3.1.4 20. stoletje: standardizacija in napredek v tehnologiji

S prihodom 20. stoletja je industrijska proizvodnja dosegla nove višave. Povečana potreba po množični proizvodnji med svetovnimi vojnami je spodbudila razvoj standardiziranih vpenjalnih naprav in orodij. Vpenjala, ki so bila zdaj izdelana po natančnih specifikacijah, so omogočala zamenljivost delov in večjo učinkovitost v proizvodnji.

Na začetku 20. stoletja so se pojavili prvi hidravlični in pnevmatski primeži, ki so omogočali še hitrejše in močnejše vpenjanje. To je bilo še posebej pomembno v letalski in avtomobilski industriji, kjer sta bili potrebni visoka natančnost in ponovljivost. Hidravlični in pnevmatski sistemi so postali standardni pri proizvodnji težkih industrijskih komponent, kjer ročno vpenjanje ni bilo več dovolj učinkovito.

Razvoj CNC-stroj strojev v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja (slika 6) je še dodatno spremenil način, kako so vpenjala uporabljena v industriji. CNC-stroji so zahtevali izjemno natančnost in prilagodljivost, kar je povzročilo razvoj vpenjalnih naprav, ki so omogočale hitro menjavo obdelovancev in avtomatizirano vpenjanje. V tem obdobju so se uveljavili modularni primeži, ki so omogočali prilagodljivost in učinkovitost pri obdelavi različnih velikosti in oblik obdelovancev. (Machiningconceptserie, 2023)



Slika 6: Prvi CNC-stroj iz leta 1952

Vir slike 6: <https://machiningconceptserie.com/history-of-cnc-machining/>

3.1.5 Sodoben razvoj in visoka natančnost

V zadnjih desetletjih je razvoj vpenjal usmerjen v visoko natančnost, avtomatizacijo in optimizacijo proizvodnih procesov. Z napredkom v strojništvu, materialih in digitalnih tehnologijah se danes uporabljajo vpenjalni sistemi, ki omogočajo mikronsko natančnost. Na primer magnetna vpenjala omogočajo hitrejšo in varnejšo pritrditev kovinskih obdelovancev brez mehanskih stikov, kar zmanjša možnost deformacij obdelovanca.

Poleg tega se vedno bolj uporabljajo vakuumška vpenjala, ki so posebej uporabna pri obdelavi krhkih in tankih materialov, kot so kompoziti, steklo in plastika. Vakuumsko vpenjanje omogoča enakomerno pritrditev po celotni površini, kar preprečuje morebitne poškodbe materiala med obdelavo.

Sodobni proizvodni obrati, zlasti v visokotehnoloških panogah, kot so vesoljska industrija, medicinska oprema in elektronika, uporabljajo vpenjala, ki so integrirana v popolnoma avtomatizirane procese. Robotske roke in avtomatizirani sistemi za menjavo orodij omogočajo brezhibno delovanje brez človeškega posredovanja, kar povečuje učinkovitost in zmanjšuje napake.

3.1.6 Prihodnost vpenjalnih tehnologij

Tehnologija vpenjal se bo v prihodnosti še naprej razvijala v smeri večje avtomatizacije, natančnosti in prilagodljivosti. Razvoj materialov, kot so zlitine z nizkim trenjem in napredne polimerne zmesi, bo omogočil izdelavo še bolj vzdržljivih in natančnih vpenjalnih sistemov. Prav tako se pričakuje večja uporaba naprednih senzorjev in umetne inteligence v proizvodnih procesih, kar bo omogočalo spremljanje in prilagajanje vpenjanja v realnem času.

3D-tiskanje vpenjalnih sistemov (slika 7), ki omogoča hitro prilagajanje specifičnim oblikam in velikostim obdelovancev, že danes postaja realnost, prihodnje inovacije pa bodo še dodatno skrajšale čas priprave in izboljšale natančnost. Pojav prilagodljivih vpenjal, ki se lahko hitro preoblikujejo glede na obliko obdelovanca, bo prinesel nove možnosti za proizvodnjo po meri in hitrejšo prilagoditev procesov.



Slika 7: 3D-tiskalnik

Vir slike 7: <https://www.3dtiskalnik.si/prihodnost3Dtiskanja.html>

3.2 Vrste vpenjalnih naprav

Vpenjalne naprave so ključnega pomena v obdelovalnih in proizvodnih procesih, saj omogočajo varno in natančno pritrditev obdelovancev med obdelavo. Glede na vrsto obdelave, material obdelovanca in želeno natančnost so se skozi čas razvile številne vrste vpenjalnih naprav, ki ustrezajo specifičnim potrebam industrije. Spodaj je pregled najpogostejših vrst vpenjalnih naprav.

3.2.1 Ročni primeži (mehanični primeži)

Ročni primeži (slika 8) so ene najstarejših in najpogostejše uporabljenih vpenjalnih naprav, ki se uporabljajo predvsem v mizarskih in kovinarskih delavnicah. So preproste naprave, ki omogočajo pritrditev obdelovanca na delovno mizo. Ročni primeži imajo dve čeljusti – ena je fiksna, druga pa premična, ki jo upravljamo z vijačnim mehanizmom.

Lesni primeži: uporabljajo se predvsem v lesarski industriji in omogočajo stabilno vpetje lesenih obdelovancev. Pogosto so pritrjeni na delovne mize.

Kovinski primeži: ti primeži so zasnovani za obdelavo kovin in so robustnejši. Pogosto jih uporabljajo pri brušenju, rezanju ali vrtanju kovinskih kosov.



Slika 8: Ročni primež

Vir slike 8: <https://www.almo.si/strojni-in-rocni-primezi/rocni-primez-iz-sive-litine>

3.2.2 Strojni primeži

Strojni primeži (slika 9) so posebna vrsta vpenjalnih naprav, zasnovanih za uporabo na strojih, kot so stružnice, rezkalni stroji, vrtalni stroji in podobno. Te naprave so robustne, pogosto imajo mehanske, hidravlične ali pnevmatske mehanizme, ki zagotavljajo močno in varno vpetje obdelovanca med delom.

Rezkalni primeži: uporabljajo se na rezkalnih strojih za držanje obdelovanca med rezkanjem. Te naprave omogočajo natančno vpetje, kar je ključno za izdelavo kompleksnih oblik.

Stružni primeži: ti primeži so nameščeni na stružnicah in omogočajo rotacijo obdelovanca med obdelavo. Najpogosteje uporabljeni so trije ali štirje čeljustni primeži, ki omogočajo centriranje obdelovanca za simetrično obdelavo.



Slika 9: Strojni primež

Vir slike 9: <https://uniquevices.com/products-item/universal-machine-vice-code-no-u313/>

3.2.3 Hidravlična vpenjala

Hidravlična vpenjala (slika 10) uporabljajo tekočino pod pritiskom za pritrditev obdelovanca. Ta vrsta vpenjal je primerna za zahtevnejše aplikacije, kjer je potrebna velika sila za pritrditev. Pogosto se uporabljajo v težki industriji, kjer sta potrebni velika stabilnost in natančnost pri obdelavi kovinskih delov.

Hidravlični primeži za obdelovalne stroje: namenjeni so vpetju velikih in težkih obdelovancev na CNC-strojih. Uporaba hidravlične sile omogoča hitro in zanesljivo vpenjanje, kar je še posebej pomembno v množični proizvodnji.

Hidravlična orodja za preoblikovanje: uporabljajo se pri postopkih, kot sta stiskanje in preoblikovanje kovin, kjer je pomembno, da obdelovanec med postopkom ostane v točno določenem položaju.



Slika 10: Hidravlična vpenjala

Vir slike 10: https://www.ame.com/vektek-fixture-clamps?__hstc=40800253.c4a577029c49e44b73bd3bee6fa38565.1725926400333.1725926400334.1725926400335.1&__hssc=40800253.1.1725926400336&__hsfp=2420521548

3.2.4 Pnevmatika vpenjala

Pnevmatika vpenjala delujejo na podoben način kot hidravlična, vendar uporabljajo stisnjen zrak namesto tekočine za ustvarjanje pritiska. Ta vrsta vpenjalnih naprav je še posebej priljubljena v proizvodnih linijah, kjer sta pomembni hitrost in avtomatizacija procesov.

Pnevmatika primeži: uporabljajo se predvsem v avtomatiziranih proizvodnih linijah, kjer je potrebna hitra in učinkovita menjava obdelovancev. Prednost teh primežev je, da omogočajo zelo hitro vpenjanje in sprostitve, kar povečuje produktivnost.

Pnevmatika orodja za montažo: Uporabljajo se za držanje komponent med montažo, še posebej v avtomobilski in elektronski industriji.

3.2.5 Magnetna vpenjala

Magnetna vpenjala so idealna za uporabo pri kovinskih obdelovancih, saj omogočajo pritrditev brez mehanskega stika. To zmanjšuje možnosti za deformacije ali poškodbe obdelovanca, kar je še posebej pomembno pri občutljivih delih ali pri obdelavi tankih kovin.

Elektromagnetna vpenjala: delujejo na osnovi elektromagnetnega polja, ki ga ustvarimo z električno napetostjo. Uporabljajo se predvsem na brusilnih strojih, saj omogočajo hitro in enostavno pritrditev pločevinastih in drugih kovinskih materialov.

Permanentna magnetna vpenjala (slika 11): uporabljajo trajne magnetne in ne potrebujejo električne energije za delovanje. Pogosto se uporabljajo tam, kjer sta potrebni visoka zanesljivost in varnost, saj magnet ostane močan tudi v primeru izpada električne energije.



Slika 11: Elektropermanentna magnetna miza

Vir slike 11: <https://estra.si/products/elektropermanentna-magnetna-miza-ep50-304-436-mm-x-315-mm>

3.2.6 Vakuumska vpenjala

Vakuumska vpenjala so idealna za pritrditev tankih, krhkih ali neprevodnih materialov, kot so steklo, plastika ali kompoziti. Uporabljajo se predvsem v industrijah, kjer je potrebna obdelava občutljivih materialov brez tveganja za njihovo poškodbo.

Vakuumske plošče (slika 12): plošče ustvarjajo vakuum pod obdelovancem, kar zagotavlja enakomerno pritrditev po celotni površini. Te naprave so še posebej primerne za obdelavo velikih ploščastih materialov, kot so steklo, plastika ali kompoziti.

Vakuumske primeži za CNC-stroje: omogočajo hitro in natančno pritrditev obdelovancev, kar je pomembno pri obdelavi velikih serij ali kompleksnih oblik.



Slika 12: Vakuumska plošča

Vir slike 12: <https://www.3erp.com/blog/find-the-best-way-to-load-your-workpiece-for-cnc-machining/>

3.2.7 Modularna vpenjala

Modularna vpenjala so prilagodljivi sistemi (slika 13), ki jih lahko prilagodimo glede na velikost in obliko obdelovanca. Ti sistemi so še posebej uporabni v situacijah, kjer se pogosto spreminja oblika ali velikost obdelovancev, saj omogočajo hitro prilagoditev vpenjalnega sistema.

Modularni primeži za obdelovalne stroje: sistem sestavlja več komponent, ki jih lahko po potrebi zamenjamo ali prilagodimo, da ustrezajo različnim aplikacijam. Ti primeži so priljubljeni v CNC-obdelovalnih centrih, kjer se hitra menjava obdelovancev in prilagodljivost štejeta kot velika prednost.

Modularna orodja za montažo: uporabljajo se v proizvodnih procesih, kjer sta potrebni visoka fleksibilnost in prilagodljivost glede na različne velikosti in oblike komponent.



Slika 13: Modularni vpenjalni sistem

Vir slike 13: <https://anemo.eu/hardware/imao/standard-fixtures/modular-pull-clamping-system>

3.2.8 Hitro menjajoča vpenjala (Quick-change systems)

Sodobne proizvodne zahteve po večji hitrosti in učinkovitosti so pripeljale do razvoja hitro menjajočih vpenjal. Ta vpenjalna naprava omogoča hitro in enostavno menjavo orodij (slika 14), kar bistveno zmanjša čas priprave in poveča produktivnost.

Sistemi za hitro menjavo orodij: uporabljajo se v CNC-obdelovalnih centrih in drugih avtomatiziranih sistemih, kjer je treba pogosto menjavati orodja ali obdelovance.



Slika 14: Vpenjalni trn orodja

Vir slike 14: <https://www.bright-tools.com/products/din-69871-quick-change-tapping-chuck/>

Vpenjalne naprave so se razvijale glede na potrebe inženirstva in industrije, od preprostih ročnih primežev do naprednih sistemov, ki zagotavljajo natančno, hitro in varno pritrditev obdelovancev. Različne vrste vpenjal omogočajo optimizacijo proizvodnih procesov ter povečujejo učinkovitost in kakovost obdelave.

3.3 Pregled in ocena obstoječih vpenjal

Pregled obstoječih vpenjal je treba opraviti z vidika varnosti, natančnosti, enostavnosti uporabe in vzdržljivosti. Zaradi teh dejavnikov smo bili primorani sprejeti odločitev, ali je treba prilagoditi obstoječo opremo ali pa jo zamenjati z naprednejšimi sistemi za izboljšanje učinkovitosti in zmanjšanje tveganja za poškodbe in napake pri vpenjanju elektromotorjev. Da bi ostali konkurenčni na trgu, je ključnega pomena, da se nenehno prilagajamo in izboljšujemo tako tehnologijo kot znanje, ki smo ga pridobili ali se ga naučili. Za doseg te ciljev moramo zagotoviti visoko kakovost izdelkov in čim krajši čas izdelave.

V nadaljevanju bom predstavil izboljšavo vpenjalnega sistema, ki omogoča hitrejši postopek vpenjanja. Prejšnji način vpenjanja je bil namreč zelo časovno zahteven. Z izboljšanim sistemom smo uspeli skrajšati čas, potreben za pripravo obdelovanca in njegovo centriranje, kar je bistveno povečalo produktivnost. Pri starejšem postopku vpenjanja smo čas, potreben za nastavitev, zmanjšali za približno eno tretjino. Namen nove vpenjalne priprave je, da enega od obdelovancev stabilno zadrži v natančno določeni legi na obdelovalni mizi, s čimer prepreči premikanje obdelovanca pod vplivom delovnih sil med obdelavo. Pri tem je zelo pomembno, da pozicija obdelovanca ostane natančno določena skozi celoten proces obdelave. Vpenjanje mora zagotavljati visoko stopnjo natančnosti in ponovljivosti. Za oba sistema vpenjanja, tako starega kot novega, uporabljamo mehanske vpenjalne naprave, prikazane na sliki 15, ki vključujejo standardna vpenjala, vijake in matice.



Slika 15: Vpenjalni elementi

Vir slike 15: <https://www.hoffmann-group.com/GB/en/houk/p/375410-14%402FM12>

V tem procesu smo obdelovali ohišje elektromotorja za vetrne elektrarne. Za vpenjanje smo uporabili standardne vijake, utorne T-matice, podporne vijake M20 in standardna vpenjala. Za podloge smo uporabili brušene podloge, ki smo jih zlagali v vertikali po dva kosa. Njihova višina je bila 400 mm. Čas, potreben za pripravo obdelovanca, je znašal približno 30 minut. V obeh primerih smo imeli možnost obdelave obdelovanca z vseh strani. Ker je naročnik želel povečati število izdelkov, smo se morali prilagoditi in najti rešitve za hitrejšo proizvodnjo obdelovanca.

Togi vpenjalni elementi so ključni sestavni deli, ki se uporabljajo za trdno pritrditev in podporo obdelovancev med različnimi obdelovalnimi procesi. Njihova glavna naloga je zagotoviti stabilnost in natančnost, kar je še posebej pomembno pri CNC- in strojni obdelavi ter drugih industrijskih aplikacijah. Togi vpenjalni elementi imajo svoje prednosti in slabosti, ki jih je pomembno upoštevati pri izbiri in uporabi v industrijskih aplikacijah, kot sta CNC- in strojna obdelava. V nadaljevanju so navedene nekatere ključne prednosti in slabosti togih vpenjalnih elementov.

Prednosti togih vpenjalnih elementov:

- togi vpenjalni elementi zagotavljajo visoko stopnjo natančnosti pri pozicioniranju obdelovancev. To je ključno za doseg natančnih dimenzij in toleranc pri obdelavi;
- ti elementi nudijo odlično stabilnost in preprečujejo premike obdelovancev med obdelovalnim procesom, kar zmanjšuje tveganje za napake;
- togi vpenjalni elementi so običajno izdelani iz trdnih materialov, kot sta jeklo ali aluminij, kar povečuje njihovo trajnost in odpornost proti obrabi;
- zaradi svoje togosti ti elementi učinkovito zmanjšujejo vibracije med obdelavo, kar pripomore k boljši kakovosti končnih izdelkov;
- uporaba togih vpenjalnih elementov omogoča dosledno ponavljanje procesov, kar je ključno za proizvodne linije, ki zahtevajo visoko stopnjo ponovljivosti;
- mnogi togi vpenjalni sistemi omogočajo hitro in enostavno pritrditev obdelovancev, kar povečuje učinkovitost proizvodnje.

Slabosti togih vpenjalnih elementov:

- togi vpenjalni elementi so običajno zasnovani za specifične obdelovance in morda ne bodo primerni za različne vrste materialov ali oblike;
- togi vpenjalni elementi, zlasti tisti, izdelani iz jekla, so lahko težki, kar lahko vpliva na skupno težo in dinamiko obdelovalnega stroja;
- kakovostni togi vpenjalni elementi so pogosto dražji od manj robustnih alternativ, kar lahko poveča stroške proizvodnje;
- čeprav sta togost in stabilnost prednosti, lahko zahtevata natančno nastavljanje in pozicioniranje, kar lahko poveča čas nastavitve in kompleksnost;
- pri nepravilni uporabi ali napakah pri namestitvi lahko togi vpenjalni elementi povzročijo poškodbe obdelovancev ali opreme;
- če je treba prilagoditi postavitev obdelovanca, lahko sprememba zahteva dodatno delo in čas, kar zmanjša učinkovitost. (Ravničan, 2021)

3.4 Identifikacija težav

Identifikacija težav pri vpenjalnih pripravah za ohišja elektromotorjev je ključna za zagotavljanje natančnosti, zanesljivosti in učinkovitosti proizvodnega procesa. Te težave se lahko pojavijo na različnih ravneh, vključno z natančnostjo obdelave, kakovostjo izdelka, življenjsko dobo orodij in produktivnostjo. Ena najpogostejših težav je netesno ali neenakomerno vpenjanje, kar se kaže v premikanju obdelovanca med obdelavo, kar vodi do napačnih mer ali poškodb izdelka. To se lahko zgodi zaradi neustrezne konstrukcije vpenjalne priprave, slabe pritrditve obdelovanca ali obrabe vpenjalnih elementov. Težavo lahko identificiramo z vizualnim pregledom pritrdilnih elementov, merjenjem tolerance med obdelovanci in preizkušanjem stabilnosti obdelovanca pod obremenitvijo. Pogosta težava so tudi obraba ali poškodbe vpenjalnih elementov, kar povzroča vibracije orodja ali obdelovanca ter vodi v slabšo kakovost površine in neenakomerne mere obdelovanca. Vzrok za to je dolgotrajna uporaba brez ustreznega vzdrževanja ali uporaba neakovostnih materialov. Identifikacija te težave se izvaja z rednim pregledovanjem stanja priprav, merjenjem z merilnimi orodji in analizo vibracij z ustreznimi senzorji. Druga težava je nepravilno poravnanje obdelovanca, kar se kaže v neenakomernih rezih, odstopanju toleranc na različnih

mestih obdelovanca in težavah pri montaži elektromotorjev. Ta težava je posledica napačne postavitve obdelovanca v pripravo, slabo zasnovane priprave ali neustreznih centrirnih orodij. Problem lahko identificiramo s preverjanjem osi poravnave z merilnimi napravami, kot so laserski ali optični merilniki, ter uporabo šablon za hitro preverjanje natančnosti vpetja.

Vibracije med obdelavo so še ena pogosta težava, ki vodi do slabše kakovosti površine, krajše življenjske dobe orodij in neenakomernih rezov. Te vibracije so pogosto posledica slabe trdnosti priprave, prevelikih rezalnih parametrov ali obrabe komponent. Težavo lahko identificiramo z uporabo vibracijskih senzorjev in pregledom stabilnosti priprave. Težave se lahko pojavijo tudi zaradi dolgotrajne menjave obdelovancev, kar zmanjšuje produktivnost, saj priprava zahteva preveč ročnega dela ali dodatne nastavitve. Problem se lahko odkrije s spremljanjem časa ciklov pri menjavi obdelovancev in preverjanjem učinkovitosti uporabe hitro zamenljivih priprav.

Včasih je priprava preprosto neprimerna za določeno vrsto obdelave, kar povzroča obrabo orodij, napačne mere in slabo kakovost površinske obdelave. Ta težava nastane zaradi neoptimizirane priprave za specifično vrsto postopka, kot so struženje, vrtanje ali rezkanje, ter jo lahko identificiramo z analizo kakovosti končnega izdelka in primerjavo s specifikacijami.

Pomanjkanje vzdrževanja in čiščenja vpenjalnih priprav vodi do nabiranja umazanije, kovinskih ostružkov in olja, kar poslabša vpenjanje in natančnost obdelave. Identifikacija tega problema vključuje redne preglede, čiščenje in vzdrževanje priprav ter preverjanje kopičenja materiala v ključnih točkah. Ne nazadnje lahko težave povzroči nezadostna togost priprave, kar povzroča prekomerne deformacije obdelovanca, ki posledično vplivajo na natančnost in kakovost obdelave. Ta problem nastane zaradi neustrezne moči priprave glede na velikost in težo obdelovanca. Identifikacija te težave poteka z analizo deformacij po obdelavi in simulacijami s pomočjo orodij za analizo trdnosti.

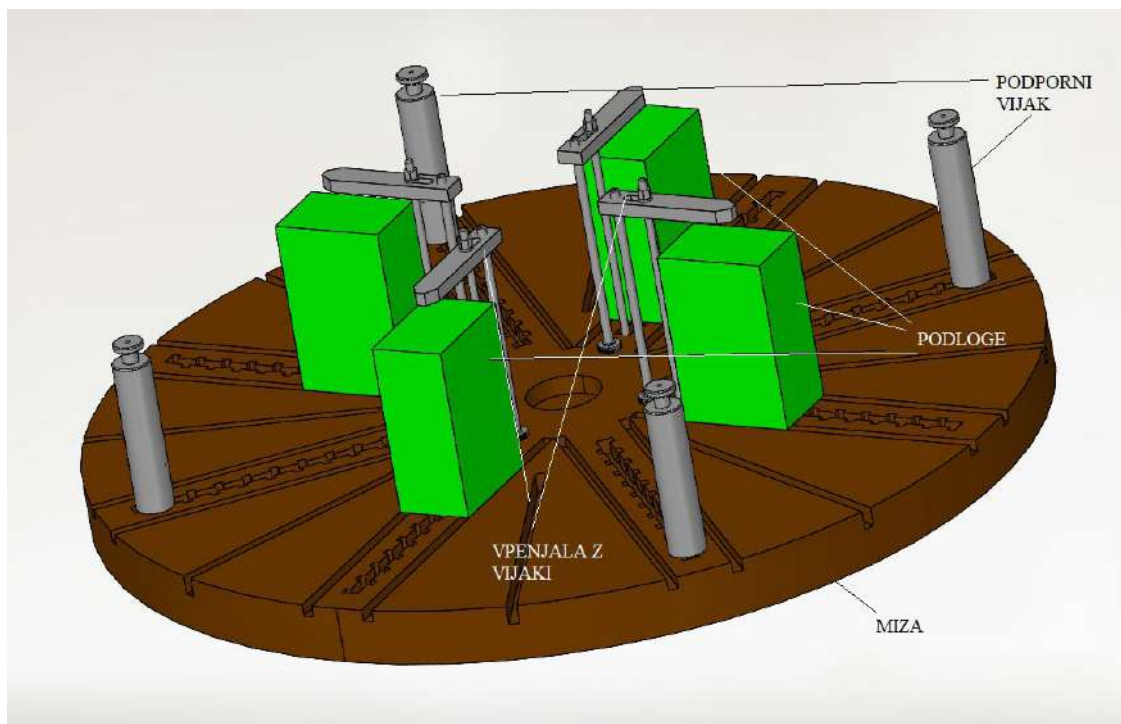
Za učinkovito reševanje vseh teh težav sta pomembna redno opazovanje in beleženje napak.

3.5 Prvotni način vpenjanja

Pri obdelavi velikih in zahtevnih obdelovancev smo se srečali z izzivom učinkovitega vpenjanja in priprave na obdelavo. Obdelava je potekala na vertikalno-horizontalnem stroju TOS WHQ 13.3, ki je opremljen s sistemom krmiljenja HEIDENHAIN TNC 530 I. Stroj omogoča obdelavo obdelovancev z največjimi dimenzijami 4000 mm x 3000 mm x 2500 mm

in težo do 12.000 kg, pri čemer se obremenitev mize v središču lahko poveča na 16.000 kg. Naš obdelovanec je meril približno 3000 mm v višino, zaradi česar je priprava vpenjanja zahtevala posebno pozornost.

Za vpenjanje smo uporabili podloge dimenzij 460 mm x 200 mm x 150 mm, kar vidimo na sliki 16, podporne podloge dolžine 460 mm ter vijake dolžine 550 mm in podporne vijake dolžine 500 mm. Višina podpornih podlog je bila prilagojena zaradi privarjenih nog na obdelovancu, kar je omogočilo obdelavo vseh njegovih strani. Vpenjanje je temeljilo na standardnih vijakih, T-maticah, podpornih vijakih M20 in standardnih vpenjalih, kar je prikazano na sliki 15. Kljub skrbnemu načrtovanju in natančni pripravi je bil čas, porabljen za centriranje in postavitve obdelovanca, približno pol ure. Ta dolgotrajni postopek se je izkazal za učinkovitega, vendar je zaradi omejenega časa oteževal obdelavo več kosov.



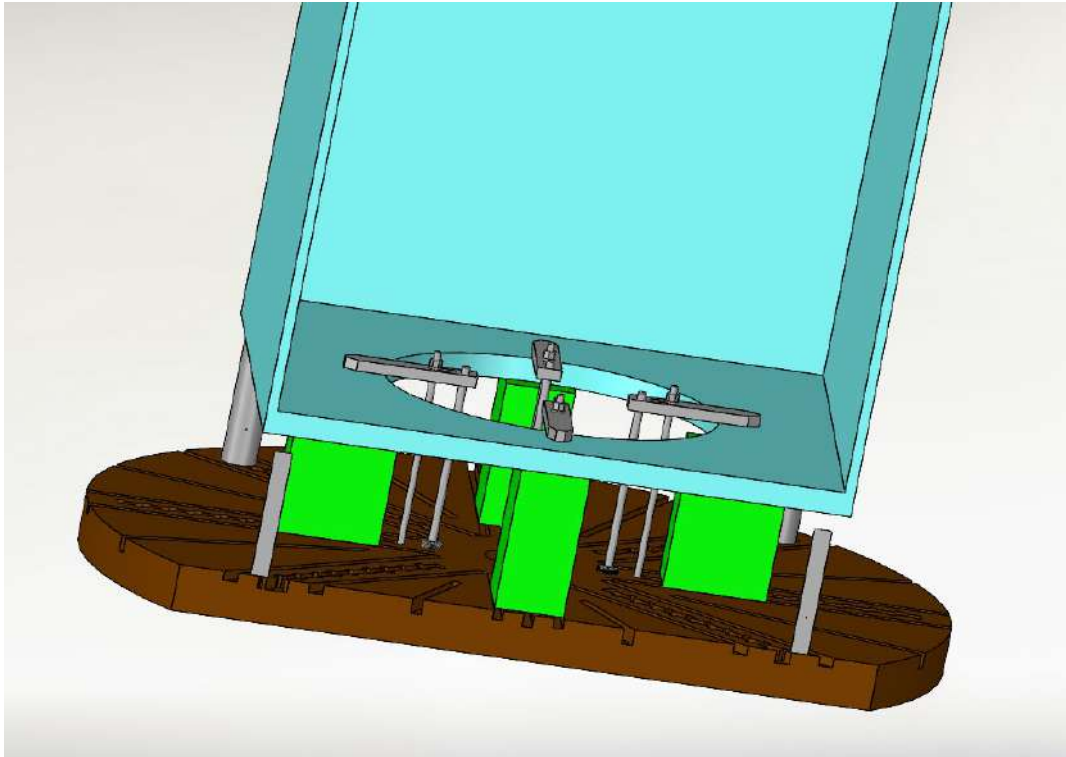
Slika 16: Pripravljalna shema po starem načinu

Vir slike 16: lasten vir

Ker je naročnik zahteval večje število identičnih obdelovancev, smo morali analizirati postopke in poiskati rešitve za povečanje učinkovitosti. Hitrejše vpenjanje in krajša priprava sta bila ključna cilja, saj je časovna omejitev predstavljala največjo oviro. Pri tem smo ugotovili, da prav dolgotrajno vpenjanje najbolj zavira našo produktivnost.

Načrti za obdelovance so bili pripravljani v programu Mastercam, kar je omogočalo natančno vizualizacijo in prilagoditve glede na zahteve. Program je bil nepogrešljiv pri snovanju

podlog, podpor in drugih vpenjalnih elementov, ki so bili prilagojeni specifičnim dimenzijam obdelovanca. Kljub temu je bila priprava zahtevna, saj je bilo treba visokim podporam prilagoditi privarjene noge, kar je zahtevalo dodatno natančnost.



Slika 17: Vpeti obdelovanec na podlogah v prerezu

Vir slike 17: lasten vir

V prvotni zasnovi (slika 17) je vpenjanje omogočalo obdelavo obdelovanca z vseh strani, kar je bistveno za doseganje zahtevane kakovosti. Vendar pa so postopki prilagajanja za vsak posamezen kos predstavljali ozko grlo v proizvodnji. Da bi skrajšali čas priprave, smo analizirali alternativne pristope, ki bi omogočali večjo avtomatizacijo ali uporabo prilagodljivejših vpenjalnih rešitev. Optimizacija teh postopkov bi lahko bistveno zmanjšala čas priprave in povečala produktivnost, kar je ključnega pomena pri namenski proizvodnji večjih serij. Naš cilj je bil najti ravnovesje med natančnostjo in hitrostjo, kar bi omogočilo učinkovitejšo izvedbo obdelave.

V prihodnje razmišljamo o razvoju specializiranih vpenjal, ki bi omogočala standardizirano postavitev obdelovancev in zmanjšala čas ročne nastavitve. To bi izboljšalo tako učinkovitost kot ponovljivost postopkov.

3.6 Zahteve in predlogi za izboljšave

Pri izboljšavi vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev je pomembno upoštevati več ključnih zahtev in predlogov.

Zahteve:

- natančnost: vpenjalna priprava mora omogočati visoko natančnost vpetja, da se zagotovita pravilna poravnava in dimenzioniranje ohišja;
- stabilnost: priprava mora biti robustna in stabilna, da prenese obremenitve med obdelavo brez premikov;
- enostavna uporaba: hitro in enostavno vpenjanje ter sproščanje obdelovancev, da se poveča učinkovitost dela;
- prilagodljivost: možnost prilagajanja za različne dimenzije in oblike ohišij elektromotorjev;
- materiali: uporaba trajnih in odpornih materialov za dolgotrajno uporabo in zmanjšanje obrabe;
- varnost: vpenjalna naprava mora biti zasnovana z mislijo na varnost operaterja.

Predlogi za izboljšavo:

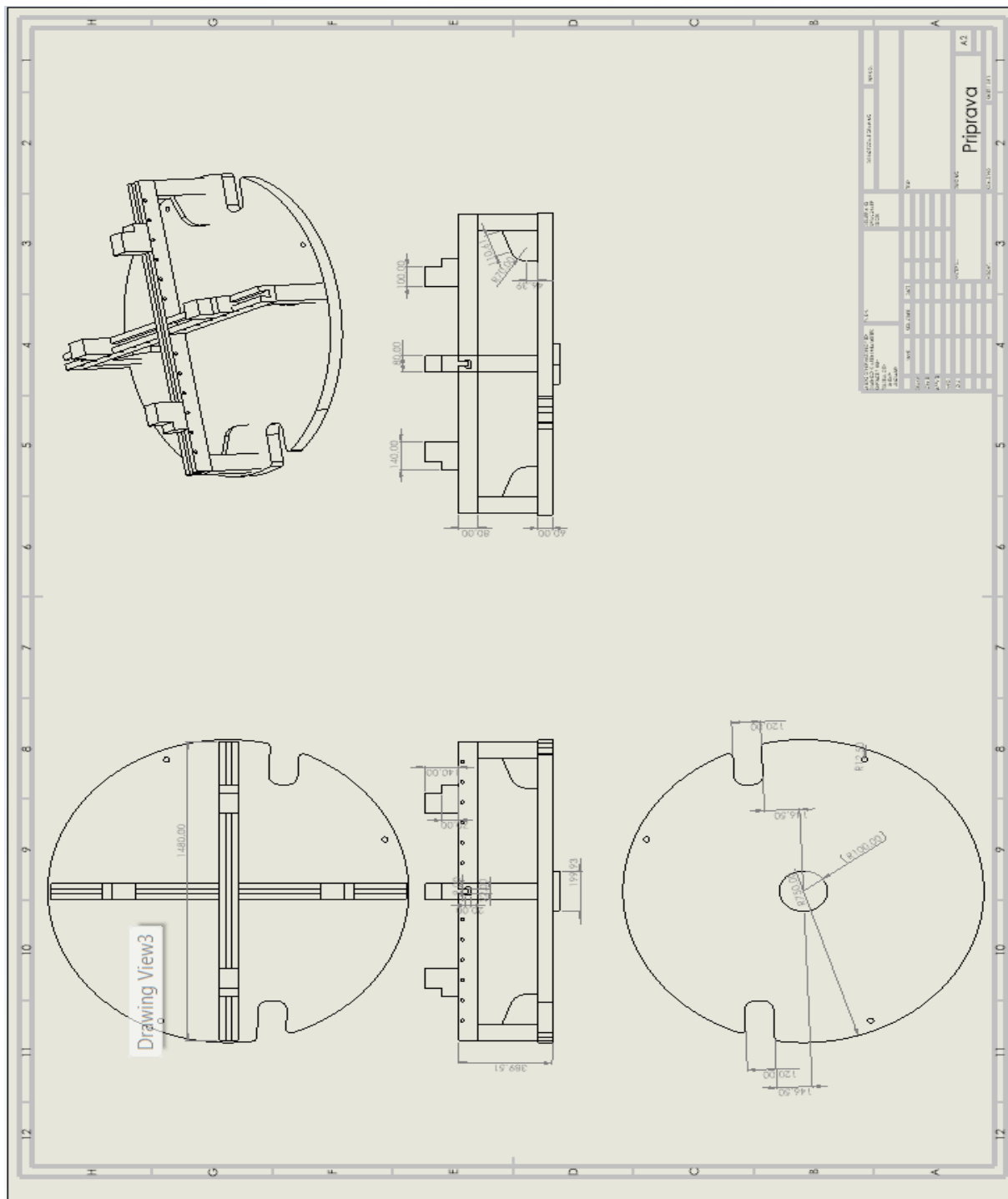
- modularna zasnova: uvedba modularnih komponent, ki omogočajo hitro prilagoditev za različne obdelovance;
- uporaba pnevmatskih ali hidravličnih sistemov: za povečanje sile vpenjanja in enostavnejše upravljanje;
- inovativni mehanizmi za centriranje: uporaba centrirnih obročev ali samocentrirnih primežev, ki omogočajo natančno postavitev obdelovanca;
- integracija merilnih sistemov: uporaba senzorjev za spremljanje natančnosti vpenjanja in detekcijo morebitnih premikov;

- ergonomska zasnova: uporabniški vmesniki, ki olajšajo rokovanje in zmanjšajo fizični napor operaterjev;
- preizkus in optimizacija: izvedba testiranja in analize obstoječih rešitev za identifikacijo potencialnih izboljšav;
- izobraževanje operaterjev: usposabljanje zaposlenih o najboljših praksah za uporabo in vzdrževanje vpenjalne priprave.

Z upoštevanjem teh zahtev in predlogov lahko izboljšate učinkovitost, natančnost in varnost pri obdelavi ohišij elektromotorjev.

4 IZDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE

4.1 Snovanje in opis vpenjalne priprave



Slika 18: Načrt vpenjalne priprave v SolidWorksu

Vir slike 18: lasten vir

Snovanje priprave, ki je razvidna iz slike 18, se začne z izdelavo osnovne plošče, ki smo jo izrezali na plazemskem razrezu. Ta plošča predstavlja temelj celotne priprave, na katero kasneje privarimo podporne elemente s kotniki. Ti kotniki bodo nosili vodila, ki imajo ključno vlogo pri namestitvi in nastavitvi premičnih čeljusti. Vodila omogočajo premikanje čeljusti, ki jih bomo prilagajali glede na velikost notranjega premera obdelovanca. To prilagajanje se bo izvajalo z vpenjanjem čeljusti s pomočjo vijakov, kar omogoča fleksibilnost pri delu z različnimi dimenzijami obdelovancev. Čeljusti smo izdelali na WHQ-stroju, nato pa jih na karuselskem stružnem stroju obdelali na natančno mero, kar zagotavlja, da bodo popolnoma skladne z zahtevami priprave.

Ta priprava ima ključno prednost, saj omogoča lažje in natančnejše določanje ničelne izhodiščne točke obdelovanca, kar izboljša natančnost nadaljnje obdelave. V procesu načrtovanja smo uporabljali programsko orodje SolidWorks, ki nam je omogočilo avtomatski izris načrta na ustrezen format. Načrt smo izdelali v formatu A2, kar ustreza zahtevam projekta in zagotavlja dovolj prostora za podroben prikaz vseh komponent.

Plošča vsebuje tri izvrtine, skozi katere bomo pripravo trdno vpenjali na mizo. V sredini plošče je snemljivi čep, ki nam omogoča postavitev priprave v natančno središče mize, kar je pomembno za pravilno poravnavo celotnega sistema. Spodnji del plošče smo obdelali, prav tako zgornja vodila in utore za T-matice, kar omogoča varno pritrditev različnih komponent in stabilno delo. Za sestavo priprave smo uporabili konstrukcijsko nizkolegirano jeklo S355J2, ki zagotavlja zadostno trdnost in trajnost, hkrati pa omogoča enostavno obdelavo.

Na podlagi tehničnega načrta se je izdelala kosovnica, saj ta določa, kaj vse mora zajemati.

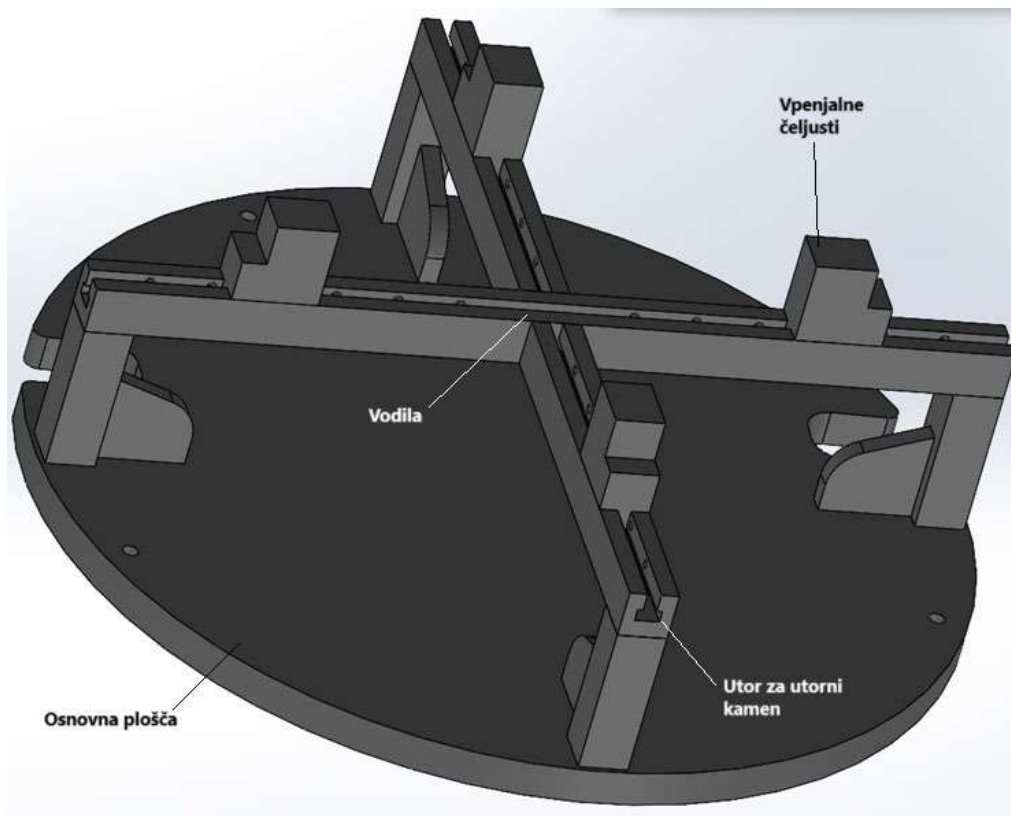
Tabela 2: Kosovnica

			Oznaka:		Številka risbe:		List:
					2-015		
			Za: MO Ruše		Številka izdelka: 2-015		Datum: 1. 1. 2023
Poz. št.	Št. kosov.	Oznaka	Besedilo / dimenzija naročila (debelina / širina / dolžina)	DIN / dobavi telj	Material	Opomba	Teža (kg)
1	1	Osnovna plošča	D 1500 x 60		S355J2		811
2	4	Podloga 1	250 x 80 x 80		S355J2		50
3	4	Podloga 2	150 x 300 x 30		S355J2		16
4	2	Vodilo	80 x 80 x 1480		1.2312	Nitrat (globina 0,6 mm)	114
5	4	Čeljusti	80 x 140 x 180		1.2842	H: 54 + 2 HRc kaljeno	46

Vir tabele 2: Lasten vir

Kosovnica (tabela 2) je ključni dokument v proizvodnji, ki podrobno opisuje vse materiale, komponente in sklope, potrebne za izdelavo določenega izdelka. Uporablja se v številnih panogah, zlasti v strojništvu, proizvodnji in elektroniki, za organizacijo, načrtovanje in izvedbo proizvodnega procesa.

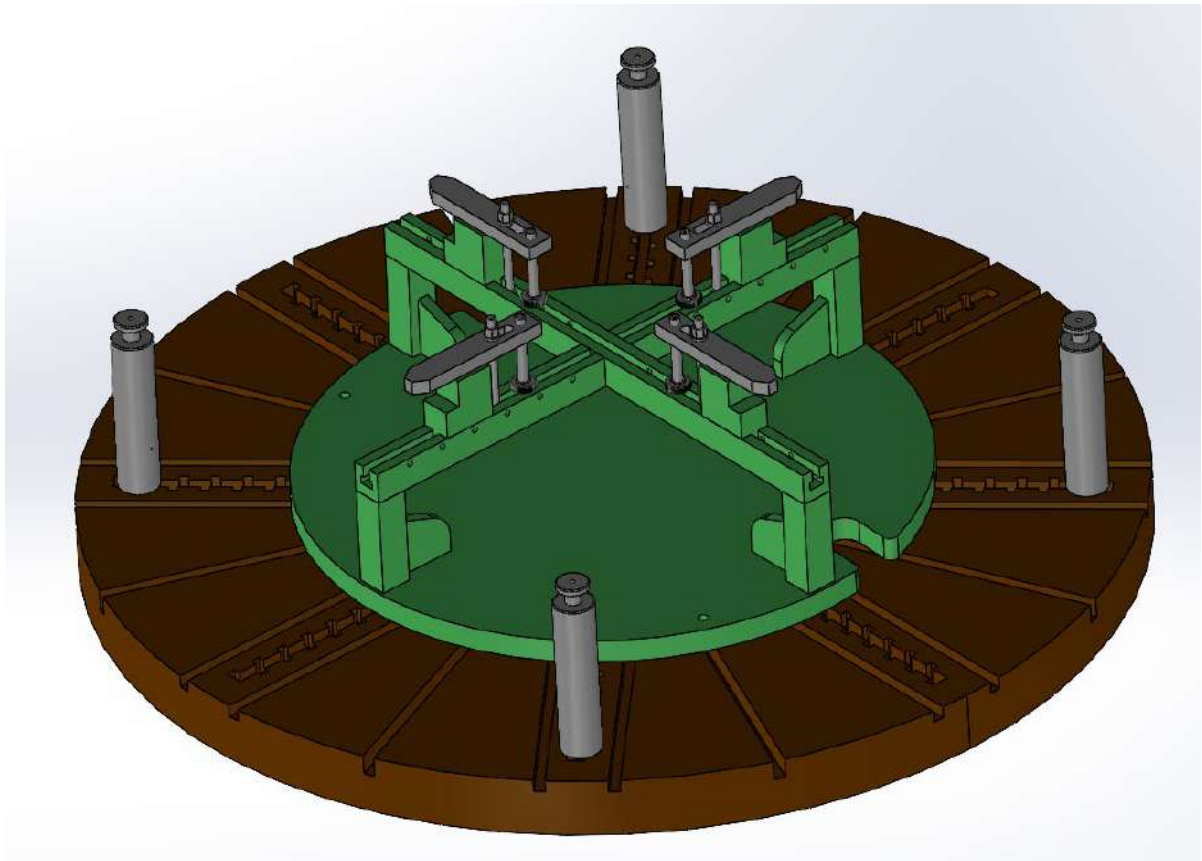
Vodila, prikazana na sliki 19, smo kasneje nitrirali na globino 0,6 mm, za kar smo uporabili jeklo 1.2312, medtem ko smo čeljusti kalili iz jekla 1.2842 s trdoto 54 + 2 HRc. To zagotavlja manjšo obrabo čeljusti, kar podaljšuje življenjsko dobo priprave in zmanjšuje potrebo po pogostem vzdrževanju. Vsi ti postopki so skrbno izvedeni na namenskem stroju, kjer smo uporabljali ustrezna rezalna orodja za doseganje optimalnih rezultatov.



Slika 19: Vpenjalna priprava brez vpenjalnih elementov

Vir slike 19: lasten vir

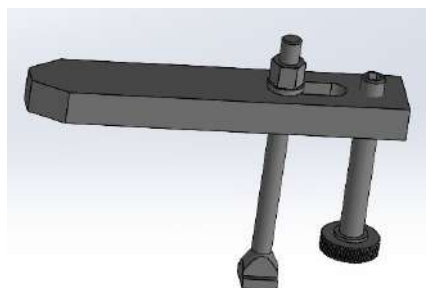
Pri izdelavi priprave (slika 20) smo posebno pozornost namenili tudi ergonomiji in praktičnosti pri uporabi. Na primer snemljivi čep omogoča enostavno montažo in demontažo, medtem ko so premične čeljusti zasnovane tako, da omogočajo hitro in enostavno prilagajanje brez potrebe po zapletenih nastavitvah. Na ta način priprava ne izboljšuje le natančnosti pri obdelavi obdelovancev, ampak tudi olajša in pospeši delo operaterja.



Slika 20: Priprava z vpenjalnimi elementi

Vir slike 20: Lasten vir

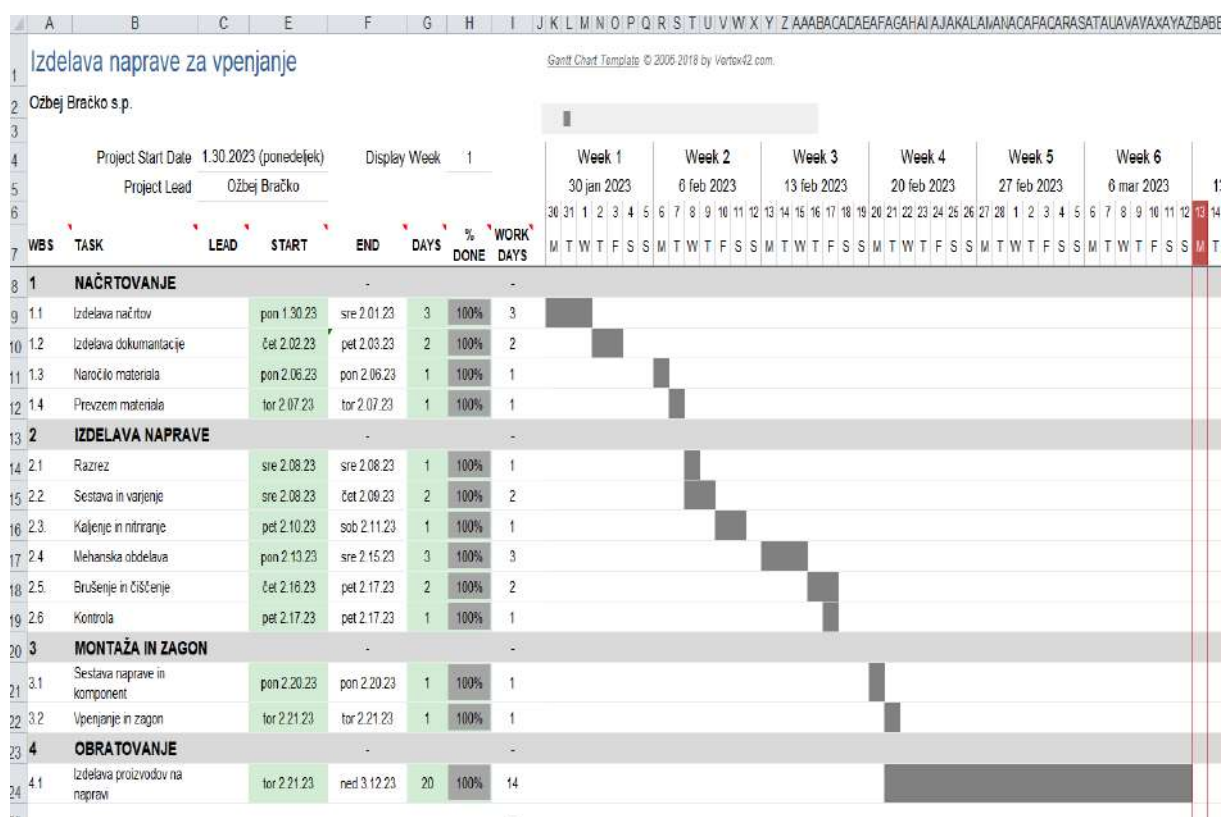
Uporaba kakovostnih materialov in natančna obdelava vseh komponent zagotavljata, da bo priprava dolgotrajna in zanesljiva, kar je ključno za njeno vsakodnevno uporabo v industrijskem okolju. Program SolidWorks nam je pomagal optimizirati zasnovo, s čimer smo zagotovili, da je vsak element pripravljen za enostavno montažo in dolgotrajno uporabo. Za vpenjanje smo še vedno uporabili mehanske vpenjalne elemente (slika 21) zaradi velikosti dimenzije in teže obdelovanca.



Slika 21: Vpenjalo z vijakom

Vir slike 21: Lasten vir

Gantogram, katerega prikaz je na sliki 22 za projekt vpenjalne priprave elektromotorjev, je grafični prikaz časovnega načrta, ki vizualizira ključne naloge in njihovo trajanje v okviru celotnega projekta. Vsaka naloga, kot so analiza zahtev, določitev specifikacij, modeliranje CAD, izdelava komponent, sestava in testiranje, je prikazana kot vodoravna vrstica. Dolžina vrstice označuje trajanje naloge, njen položaj pa določa, kdaj se naloga začne in konča. Na primer analiza zahtev se začne prvi dan projekta in traja pet dni, medtem ko se izdelava komponent začne šele po zaključku modeliranja CAD. Gantogram jasno ponazarja zaporedje in medsebojne odvisnosti nalog. Nekateri naloge, kot je testiranje, so odvisne od predhodnih faz, medtem ko se druge, kot sta določitev specifikacij in pridobivanje materiala, lahko izvajajo vzporedno. Ta struktura omogoča učinkovito načrtovanje virov, kot so orodja, materiali in osebje, ter pomaga zmanjšati zastoje in optimizirati časovno porabo. Ena od ključnih prednosti gantograma je možnost sledenja napredku projekta. Na podlagi tega lahko vodje projektov preverjajo, ali naloge potekajo skladno s časovnim načrtom, in po potrebi prilagodijo urnik. Gantogram zato služi kot pomembno orodje za preglednost, koordinacijo in uspešno izvedbo projekta vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev.



Slika 22: Gantogram

Vir slike 22: lasten vir

4.2 SolidWorks in Mastercam

SolidWorks, katerega logotip je na sliki 23, je zmogljiva programska oprema za 3D CAD (računalniško podprto načrtovanje), ki jo razvija Dassault Systèmes in se uporablja za ustvarjanje, simulacijo in upravljanje izdelkov v številnih industrijah. Uporablja se za načrtovanje delov in sklopov, simulacijo obremenitev in termalnih lastnosti ter za izdelavo tehničnih risb. Ponuja širok nabor funkcij, vključno z oblikovanjem pločevine, struktur, površin in kalupov. S pomočjo naprednih simulacijskih orodij omogoča preverjanje obremenitev, toplotnih analiz in optimizacijo materialov že v fazi načrtovanja. Ena izmed ključnih prednosti SolidWorksa je njegova intuitivnost, zaradi katere je primeren tako za začetnike kot za izkušene strokovnjake. Omogoča tudi integracijo z Dassaultovo platformo 3DEXPERIENCE, kar podpira sodelovalno delo v oblaku, kar je ključno za hitrejši razvoj izdelkov in izboljšano učinkovitost. SolidWorks izboljšuje produktivnost, zmanjšuje stroške in čas izdelave ter optimizira razvoj izdelkov z napredno tehnologijo za analizo in simulacijo. (3ds, 2024)



Slika 23: SolidWorks

Vir slike 23: <https://www.schoolofit.co.za/solidworks-courses/> (21. 10. 2024)

Mastercam je vodilna programska oprema za CAM (računalniško podprta proizvodnja), zasnovana za hitro in natančno CNC-programiranje. Sestavljen je iz modulov za 2D- in 3D-risanje, površinsko modeliranje in solid modele, ki jih lahko povežete z drugimi sistemi CAD. Njegovi napredni moduli podpirajo različne tehnike obdelave, vključno z rezkanjem, struženjem in žično erozijo, pa tudi specializirane postopke, kot so obdelava lesa, graviranje in visokohitrostno rezkanje. Mastercam omogoča preprosto in učinkovito programiranje

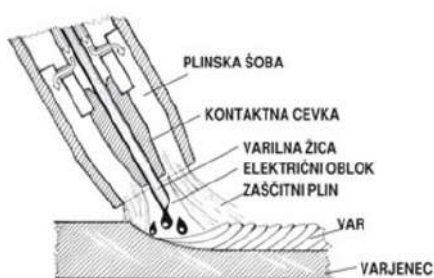
CNC-strojev ter prilagoditve za rezanje z laserjem, vodnim curkom ali plamenom. (Camincam, 2024)

4.3 Tehnologija obdelav pri pripravi za vpenjanje

Tehnologija obdelave je širok pojem, ki zajema različne postopke in tehnike, ki se uporabljajo za oblikovanje, predelavo in izboljšanje materialov, predvsem kovin in plastike za doseg določenih dimenzij, oblik in lastnosti. V sodobni industriji je obdelava materialov ključna za proizvodnjo različnih komponent, ki se uporabljajo v številnih aplikacijah, od avtomobilov do elektronike. Sledi obširnejši pregled najpomembnejših tehnologij obdelave.

4.3.1 Varjenje

Varjenje je proces, pri katerem se dva ali več delov poveže s pomočjo toplote, ki jo običajno ustvarja električni tok, plamen ali laserska energija. Ta tehnika se široko uporablja v industriji za izdelavo struktur in komponent iz kovin, kot so jeklo, aluminij in druge zlitine. Pomembno je pravilno pripraviti materiale, kar vključuje čiščenje površin in usklajevanje robov. Varjenje zahteva tudi ustrezno zaščito, kot so varovalna očala in zaščitna obleka, saj lahko proces povzroči iskrenje in škodljive pline. Različne vrste varjenja, kot so MIG (slika 24), TIG ali elektrodno varjenje, ponujajo različne prednosti in se uporabljajo glede na potrebe projekta. Kakovost varjenja je ključna za moč in trajnost končnega izdelka.



Slika 24: Varjenje po postopku MIG/MAG

Vir slike 24: <https://www.prochrom-comp.si/izobrazevalne-strani/rezila2/varjenje> (25. 11. 2024)

4.3.2 Vertikalno struženje

Struženje je način oblikovanja stvari z rezanjem delov materiala. Večinoma se uporablja za izdelavo okroglih predmetov, kot so cevi ali kolesa, lahko pa tudi ravne površine. Obstajajo novejšje metode, ki lahko ustvarijo različne oblike, vendar morajo biti običajno še vedno nekoliko okrogle. (Jereb, Tehnologija obdelave za oblikovalca kovin, 1997)

Obdelovanec se vrti okoli navpične osi, medtem ko se rezalno orodje premika navpično in horizontalno. Ta tehnika je še posebej primerna za obdelavo večjih in težjih delov, saj omogoča boljšo stabilnost in natančnost. Postopek zahteva natančno nastavitev rezalnih parametrov, kot so hitrost vrtenja, globina reza in hitrost pomika, da se doseže optimalna obdelava. Uporaba ustreznih hladilnih sredstev je prav tako ključna za ohranjanje kakovosti površin in življenjske dobe rezil. Vertikalno struženje (slika 25) je zelo učinkovito, kar omogoča visoko produktivnost in natančnost.



Slika 25: Vertikalna stružnica

Vir slike 25: <https://www.mega-metal.si/sl/karuseli>

4.3.3 Rezkanje

Rezkanje je obdelovalni proces, pri katerem se material odstranjuje z obdelovanca s pomočjo rezkalnega orodja, ki se vrti in premika v različnih smereh. Ta metoda omogoča oblikovanje kompleksnih geometrij, kot so utori, žlebovi in različne površinske oblike, ki jih vidimo na sliki 26. Rezkalne stroje je mogoče razdeliti na različne vrste, vključno s horizontalnimi in vertikalnimi rezkalnimi stroji ter CNC-rezkalnimi stroji, ki omogočajo avtomatizacijo in visoko natančnost. Med rezkanjem je pomembno upravljanje parametrov, kot sta hitrost

rezanja in globina reza, saj ti vplivajo na kakovost površin in hitrost obdelave. Uporaba hladilnih sredstev pomaga preprečiti pregrevanje orodja in podaljša njegovo življenjsko dobo. Rezkanje se uporablja v različnih industrijah za izdelavo natančnih delov in komponent.

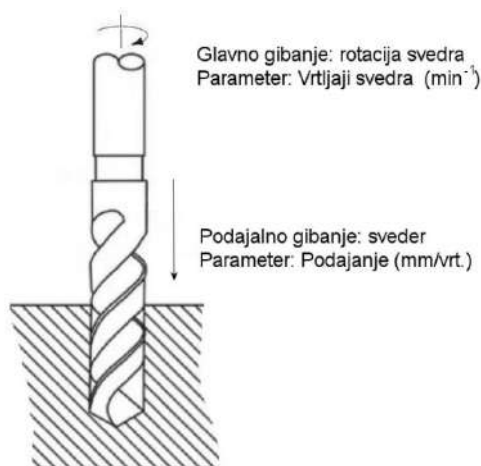


Slika 26: Rezkanje

Vir slike 26: <https://www2.arnes.si/~lmarus/suss/arhiv/suss-arhiv-000319.html> Vrtanje (25. 11. 2024)

Vrtanje je postopek odrezavanja, ki je prikazan na sliki 27. Z orodjem, ki mu pravimo sveder, izvrtamo valjaste izvrtine. Pri vrtanju glavno gibanje običajno izvaja orodje, ki se hkrati premika vzdolž svoje osi proti mirujočemu obdelovancu. Sveder tako opravlja tako rezalno kot podajalno gibanje.

Ta tehnika se pogosto uporablja za ustvarjanje natančnih in dobro končanih lukenj za vijake, gredi ali druge povezovalne elemente. Vrtalne naprave lahko segajo od enostavnih ročnih vrtalnikov do naprednih CNC-vrtalnih strojev, ki omogočajo visoko natančnost in avtomatizacijo. Pomembno je izbrati pravo vrsto vrtala, odvisno od materiala in premera luknje, saj napačna izbira lahko vodi do poškodbe materiala ali slabe kakovosti lukenj. Uporaba hladilnih sredstev pri vrtanju je prav tako ključna za zmanjšanje trenja in preprečevanje pregrevanja orodja. Vrtanje je temeljna tehnika v mnogih proizvodnih procesih, saj omogoča ustvarjanje funkcionalnih delov s specifičnimi zahtevami.



Slika 27: Vrtanje

Vir slike 27: <http://dusan.sts.si/vrtanje/>

Varjenje, struženje, rezkanje in vrtanje so ključni postopki obdelave materialov, ki omogočajo pridobivanje natančnih in funkcionalnih delov.

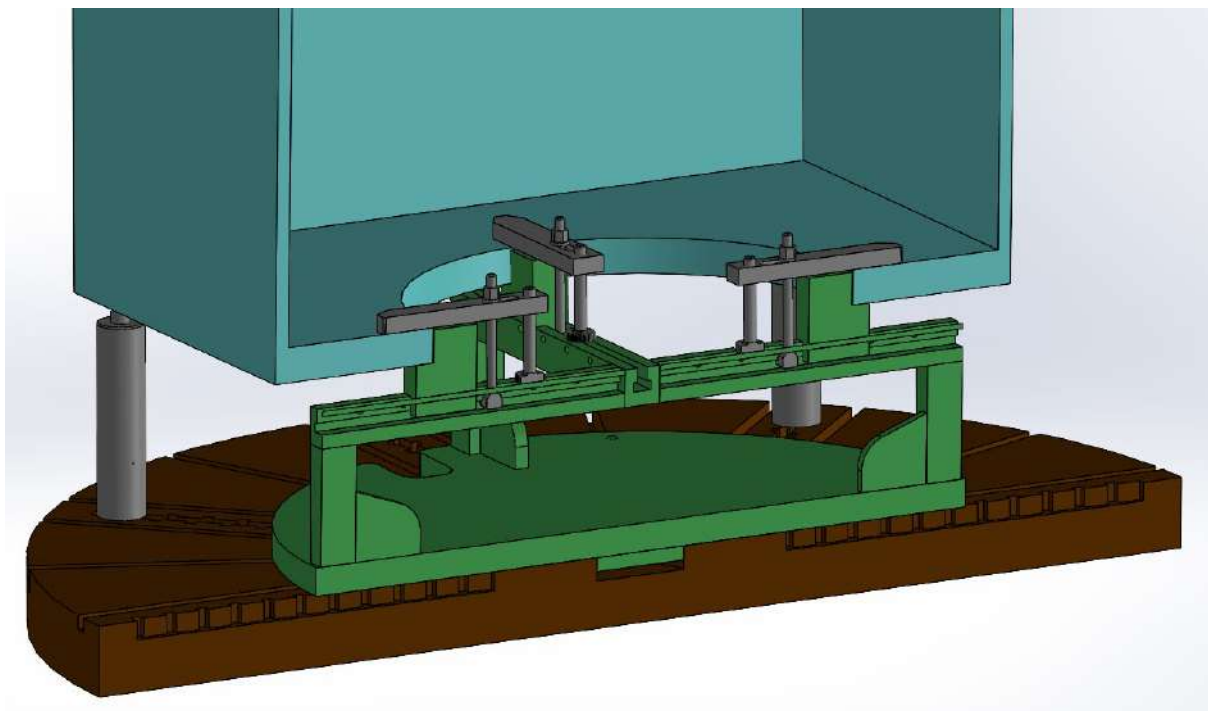
4.4 Toplotne in kemične obdelave na pripravi

Pri obdelavi vpenjalne priprave za elektromotorje so žarjenje, kaljenje in nitriranje ključni postopki za doseganje specifičnih mehanskih in površinskih lastnosti, ki omogočajo dolgo življenjsko dobo in natančnost. Žarjenje se uporablja za odpravo notranjih napetosti, izboljšanje obdelovalnosti in stabilizacijo dimenzij. Pri tem se priprava segreje na temperaturo med 500 in 700 °C, nato pa se počasi ohladi, da se preprečijo deformacije. Kaljenje zagotavlja visoko trdoto in odpornost proti obrabi, kar je pomembno za površine, ki so podvržene visokim obremenitvam. Priprava se segreje nad kritično temperaturo, običajno med 800 in 900 °C, nato pa se hitro ohladi v mediju, kot sta olje ali voda, s čimer se ustvari trda martenzitna struktura. Po kaljenju je pogosto potrebno popuščanje, ki zmanjša krhkost in izboljša duktilnost. Nitriranje je postopek površinske obdelave, ki poveča trdoto in odpornost proti koroziji ter obrabi, kar je pomembno za dele, ki so v stiku z drugimi komponentami elektromotorja. Ta postopek ne povzroča znatnih deformacij, zato je primeren za komponente, ki morajo ohraniti visoko dimenzijsko stabilnost. Vse tri metode so ključne za zagotavljanje trajnosti, natančnosti in funkcionalnosti vpenjalnih priprav za elektromotorje.

- **Žarjenje** je toplotna obdelava kovin, pri kateri material segrejemo na določeno temperaturo in ga nato počasi ohlajamo. Namen žarjenja je izboljšati mehanske in fizikalne lastnosti materiala, kot so zmanjšanje trdote, povečanje duktilnosti, odprava notranjih napetosti, izboljšanje mikrostrukture in priprava za nadaljnjo obdelavo. Postopek vključuje segrevanje materiala na želeno temperaturo, izotermno držanje na tej temperaturi in počasno ohlajanje, običajno v peči ali na zraku, da preprečimo nove napetosti. Temperatura in trajanje sta odvisna od vrste materiala in ciljev obdelave. Med pogostimi vrstami žarjenja so popuščanje, kjer material postane mehkejši in duktilnejši, normalizacija, ki izboljša mikrostrukture in homogenost, ter rekristalizacijsko žarjenje, namenjeno odpravi posledic plastične deformacije. Žarjenje je ključni postopek za pripravo materialov, kot so jekla, aluminijeve in bakrove zlitine, na različne industrijske uporabe. (Jereb, Osnove kovinarstva in strojništva, 1998)
- **Kaljenje** je postopek toplotne obdelave kaljivih jekel, pri katerem se jeklo segreje na temperaturo v območju avstenita, nato pa se hitro ohladi, kar povzroči nastanek zelo trde martenzitne mikrostrukture. Namen kaljenja je povečati trdoto in mehansko trdnost materiala, pogosto na račun zmanjšane duktilnosti. Ta proces se pogosto uporablja pri jeklih in drugih kovinah, ki vsebujejo zadostne količine ogljika ali legirnih elementov. Med kaljenjem se spremeni mikrostruktura materiala. Ko se jeklo segreje nad temperaturo kritične točke, se njegova struktura pretvori v avstenit. Z nenadnim ohlajanjem (v vodi, olju ali drugi hladilni tekočini) se avstenit spremeni v martenzit, ki je izredno trda in krhka struktura. Če je treba kaljeno jeklo narediti bolj duktilno in zmanjšati notranje napetosti, se pogosto izvede dodatni postopek, imenovan popuščanje. Kaljenje se uporablja za orodja, rezalne robove, zobnike in druge komponente, ki zahtevajo visoko trdoto in odpornost proti obrabi. Za optimalne rezultate je treba natančno nadzorovati temperaturo, čas segrevanja in hitrost ohlajanja, saj nepravilnosti lahko vodijo do razpok ali deformacij. (Kraut, 1994)
- **Nitriranje** je obogatenje jekla z dušikom, pri čemer se njegova površina utrdi. (Jereb, Osnove kovinarstva in strojništva, 1998) Nitriranje se izvaja pri nižjih temperaturah (običajno med 480 in 590 °C) kot drugi postopki površinske obdelave, kar zmanjšuje nevarnost deformacij obdelovanca. Proces vključuje difuzijo atomskega dušika v površinsko plast kovine, kjer ta reagira z določenimi elementi, kot so aluminij, krom ali molibden, da tvori trde nitridne spojine. Nitriranje je še posebej učinkovito pri jeklih z dodatki legirnih elementov, ki tvorijo stabilne nitridne spojine. Obstaja več vrst nitriranja,

med katerimi so najpogostejši plinsko nitiranje (uporablja amonijak kot vir dušika), plazemsko nitiranje (nitiranje v vakuumu z uporabo električnega plazemskega loka) in solno nitiranje (kopeli z dušikovimi solmi). Globina nitirane plasti je odvisna od trajanja obdelave, temperature in vrste materiala, običajno pa znaša od 0,1 do 0,6 mm, pri dolgotrajnih postopkih lahko doseže tudi večje globine. Nitiranje se uporablja pri izdelavi strojnih delov, kot so zobniki, gredi, batni obroči in orodja, kjer so potrebne izboljšane površinske lastnosti brez ogrožanja notranjih mehanskih lastnosti jedra materiala. (Jereb, Osnove kovinarstva in strojništva, 1998)

5 IMPLEMENTACIJA IZBOLJŠAV



Slika 28: V prerezu prikazana vpenjalna priprava

Vir slike 28: lasten vir

Implementacija izboljšav, kot jo vidimo na sliki 28 zgoraj, na vpenjalni pripravi za ohišja elektromotorjev se začne z natančno analizo trenutnega stanja. Pregledati je treba delovanje obstoječe priprave, identificirati morebitne težave pri vpenjanju in zbrati podatke o natančnosti, času ciklov ter stopnji izmeta. Pomemben vir informacij so tudi povratne informacije operaterjev, ki lahko opozorijo na težave, povezane z ergonomijo, zanesljivostjo ali kompleksnostjo uporabe priprave. Po analizi se določi ključne probleme, kot so nezadostna ponovljivost vpenjanja, prepočasen delovni cikel ali ergonomija, ki otežuje delo. Nato sledi razvoj tehničnih rešitev, ki lahko vključujejo optimizacijo oblike vpenjalnih elementov, vgradnjo hitrejših zapornih mehanizmov ali uporabo sodobnih materialov za izboljšanje vzdržljivosti. Pomemben del implementacije je izdelava prototipa, ki omogoča testiranje predlaganih izboljšav v realnih delovnih pogojih. Med testiranjem se preveri učinkovitost novih rešitev glede na natančnost, čas cikla in uporabniško izkušnjo. Po potrditvi rezultatov sledi uvedba izboljšav v redno proizvodnjo, kar vključuje tudi izobraževanje osebja in prilagoditev delovnih postopkov.

Na koncu je nujno spremljati delovanje nadgrajene priprave in zbrati povratne informacije, da se zagotovi dolgoročna učinkovitost in po potrebi omogoči nadaljnje izboljšave.

5.1 Korist uporabe vpenjalne priprave

Uporaba vpenjalne priprave za ohišja elektromotorjev je ključnega pomena pri zagotavljanju natančnosti, učinkovitosti in ponovljivosti obdelave. Gre za specializiran pripomoček, ki omogoča stabilno držanje obdelovanca med procesi, kot so vrtanje, struženje, rezkanje in brušenje. Še posebej pomembna je uporaba vpenjalnih priprav v industrijskih panogah, kjer elektromotorji predstavljajo sestavni del strojev in naprav. Uporabljala se bo na CNC-stroju TOS 13.3, ki je prikazan na sliki 29. Vpenjalna priprava omogoča pravilno pozicioniranje in trdno pritrditev obdelovanca, kar preprečuje premike ali vibracije, ki bi lahko vplivale na natančnost obdelave ali povzročile poškodbe. Poleg tega priprava bistveno poveča hitrost proizvodnje, saj zmanjšuje potrebo po ročnem nastavljanju in preverjanju položaja.



Slika 29: TOS 13.3

Vir slike 29: <https://www.tosvarnsdorf.cz/en/whr-13> (9. 12. 2024)

Primarna prednost uporabe vpenjalne priprave je povečana natančnost. S takšnim pripomočkom je mogoče doseči mikrometrsko točnost, kar je ključno pri izdelavi ohišij elektromotorjev, kjer je treba zagotavljati izjemno točne dimenzije in tolerančna območja.

Poleg tega omogoča izboljšano ponovljivost, saj zagotavlja izdelavo enakih komponent v serijski proizvodnji brez odstopanj. Stabilno pritrjen obdelovanec pa bistveno poveča tudi varnost obdelave, saj zmanjšuje tveganje za poškodbe orodja, stroja ali operaterja. S tem se hkrati prihrani čas in znižajo stroški proizvodnje, saj se zmanjša potreba po ročnem delu in omogoči večja avtomatizacija procesov. Vpenjalne priprave za ohišja elektromotorjev so običajno zasnovane tako, da se prilagajajo specifičnim dimenzijam in oblikam obdelovanca. Lahko vključujejo elemente, kot so vpenjalne čeljusti za trdno držanje, pozicijski zatiči za natančno orientacijo, hidravlični ali pnevmatski aktuatorji za hitro pritrditev ali sprostitve ter vgrajeni senzorji za zaznavanje pravilnega pozicioniranja in spremljanje procesa. Materiali, iz katerih so te priprave izdelane, morajo biti trdni in odporni proti obrabi, na primer kaljeno jeklo.

Uporaba vpenjalnih priprav je razširjena v različnih fazah proizvodnje ohišij elektromotorjev, kot so vrtanje odprtin za vijake ali kable, kjer je natančna lega ključnega pomena, struženje za oblikovanje zunanjih ali notranjih površin, rezkanje za izdelavo utorov ter brušenje za doseganje gladkih površin in zmanjšanje odstopanj. Sekundarno lahko pripravo uporabljamo tudi na karusel stroju, ki je prikazan na sliki 30, za notranje vertikalno struženje. To se je izkazalo tudi kot namen same priprave. V sodobnih proizvodnih linijah, ki pogosto uporabljajo CNC-stroje, je natančno pozicioniranje obdelovancev nujno. Vpenjalne priprave so zato pogosto integrirane z avtomatskimi sistemi za podajanje materialov, kar omogoča neprekinjeno proizvodnjo brez človeškega posredovanja. To je še posebej pomembno pri velikoserijski proizvodnji elektromotorjev, kjer so hitrost, kakovost in stroškovna učinkovitost ključni dejavniki konkurenčnosti.



Slika 30: Vertikalna stružnica

Vir slike 30: Lasten vir

Uporaba vpenjalne priprave za ohišja elektromotorjev tako predstavlja nepogrešljiv del sodobne industrijske proizvodnje. Omogoča natančno, ponovljivo in učinkovito obdelavo, hkrati pa zmanjšuje tveganja in stroške. S prilagoditvijo specifičnim potrebam proizvodnega procesa pripomore k doseganju visokih standardov kakovosti in ohranjanju konkurenčnosti na trgu.

5.2 Časovni prihranki pri uporabi nove vpenjalne priprave

Eden izmed ključnih kazalnikov uspešnosti nove vpenjalne priprave je časovni prihranek pri vpenjanju in obdelavi ohišja elektromotorjev. V nadaljevanju so podrobno prikazani podatki o prihrankih, izraženih v minutah, odstotkih in celotnem prihranjenem času na eno in več izdelanih enot. Povzetek časovnih prihrankov prikazuje tabela 3.

1. Čas vpenjanja pred in po izboljšavi

Prej: 30 minut

Zdaj: 20 minut

Prihranek: 10 minut

Izračun odstotnega prihranka pri času vpenjanja:

$$\text{Prihranek} = \frac{\text{prejšnji čas} - \text{trenutni čas}}{\text{prejšnji čas}} * 100 = \frac{30-20}{30} * 100 = 33,33 \%$$

2. Čas obdelave pred in po izboljšavi

Prej: 3 ure (180 minut)

Zdaj: 2 uri in 40 minut (160 minut)

Prihranek: 20 minut

Izračun odstotnega prihranka pri času obdelave:

$$\text{Prihranek} = \frac{\text{prejšnji čas} - \text{trenutni čas}}{\text{prejšnji čas}} * 100 = \frac{180-160}{180} * 100 = 11,11 \%$$

3. Skupni časovni prihranek na enoto

Časovna učinkovitost na posamezno enoto vključuje tako vpenjanje kot obdelavo:

Prej: 3 ure in 30 minut (210 minut)

Zdaj: 3 ure (180 minut)

Prihranek: 30 minut

Skupni odstotek prihranka:

$$\text{Prihranek} = \frac{\text{prejšnji čas} - \text{trenutni čas}}{\text{prejšnji čas}} * 100 = \frac{210 - 180}{210} * 100 = 14,29 \%$$

Tabela 3: Tabela časovnih prihrankov

Faza	Prejšnji čas	Trenutni čas	Prihranek (min)	Prihranek (%)
Vpenjanje	30 minut	20 minut	10 minut	33,33 %
Obdelava	180 minut	160 minut	20 minut	11,11 %
Skupaj	210 minut	180 minut	30 minut	14,29 %

Vir tabele 3: Lasten vir

Ker vpenjalno pripravo nastavljamo le enkrat tedensko, je treba ločeno obravnavati prihranek pri vpenjanju in obdelavi.

Tedenski prihranek pri vpenjanju

Prejšnji čas za vpenjanje: 30 minut (nastavljamo enkrat tedensko)

Trenutni čas za vpenjanje: 20 minut (nastavljamo enkrat tedensko)

Prihranek na teden: $30 - 20 = 10$ minut

Tedenski prihranek pri obdelavi

Ker obdelamo 4 kose na teden, prihranek pri obdelavi velja za vsak kos posebej.

Prejšnji čas obdelave na kos: 180 minut

Trenutni čas obdelave na kos: 160 minut

Prihranek na kos: $180 - 160 = 20$ minut

Tedenski prihranek (4 kosi): $4 \times 20 = 80$ minut

Skupni tedenski prihranek

Skupni tedenski prihranek = prihranek pri vpenjanju + prihranek pri obdelavi

$10 + 80 = 90$ minut = 1 ura in 30 minut

Letni prihranek

Število tednov na leto: 50 (upoštevamo 2 tedna dopusta)

Letni prihranek: $50 \times 90 = 4.500$ minut = 75 ur = približno 9,4 delovnega dneva

Povzetek prihrankov prikazuje tabela 4.

Tabela 4: Tedenski in letni prihranek

Obdobje	Prihranek v minutah	Prihranek v urah	Prihranek v delovnih dneh
Tedensko	90 minut	1,5 ure	0,19 dneva
Letno (50 tednov)	4.500 minut	75 ur	9,4 dneva

Vir tabele 4: Lasten vir

Z optimizacijo vpenjalne priprave in zmanjšanjem časa obdelave prihranimo:

1 uro in 30 minut tedensko, 75 ur letno (približno 9,4 delovnega dneva).

To pomeni skoraj 2 dodatna tedna proizvodnje brez povečanja delovnih ur.

5.3 Ocena tveganja

Pri napravi smo naredili tudi oceno tveganja našega stroja s pripravo, pri kateri smo vključili:

- navodila in opis stroja;
- informacije o specifikacijah stroja in standardih;
- podatke o preteklih dogodkih in nesrečah na stroju.

Prepoznati smo morali tudi vse nevarnosti stroja in naprave, kot so:

- preizkušanje in testiranje;
- vklop stroja z napravo;
- izklop stroja z napravo;
- ustavitev v sili;
- usposabljanje in programiranje.

Stroj je v vseh merilih pridobil uspešno in varno oceno. Seveda če se postopka lotiš na način, kot je bil prikazan. Vpenjanje priprave naj bo vedno v sredini mize in privijačeno s štirimi vijaki po njenem obodu. To je dovolj trdno za vpenjanje obdelovanca nanjo.

Ocena tveganja je v Sloveniji zakonsko predpisan postopek, ki ga določa Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1). Po zakonu je delodajalec dolžan identificirati in oceniti tveganja, povezana z delovnimi procesi, delovnimi sredstvi in delovnim okoljem, ter sprejeti ukrepe za njihovo obvladovanje. Pri tem mora upoštevati tako specifične značilnosti dejavnosti kot tudi zakonske in tehnične smernice za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. V primeru vpenjalnih priprav za obdelavo ohišij elektromotorjev je ocena tveganja pomembna zaradi potencialno nevarnih situacij, povezanih z mehanskimi, hidravličnimi in ergonomskimi dejavniki. Ocena tveganja mora vključevati identifikacijo vseh možnih nevarnosti, ki bi lahko vplivale na zdravje in varnost delavcev, ter analizo verjetnosti in posledic teh nevarnosti. Na podlagi tega se oblikuje načrt ukrepov, s katerimi se tveganja odpravijo ali zmanjšajo na sprejemljivo raven. Pri uporabi vpenjalnih priprav je treba upoštevati tveganja, kot so poškodbe zaradi nepravilne uporabe, okvare priprav, mehanske poškodbe obdelovanca, izpostavljenost vibracijam in stiku z gibljivimi deli strojev. Prav tako je treba analizirati vpliv delovnega okolja, kot so osvetlitev, hrup, temperature razmere in organizacija delovnega prostora.

V Sloveniji morajo delodajalci izdelati pisni dokument o oceni tveganja, ki vključuje opis delovnih procesov, identifikacijo tveganj, oceno njihove resnosti, ukrepe za obvladovanje tveganj in odgovorne osebe za izvajanje teh ukrepov. Dokument mora biti prilagojen specifičnim razmeram v podjetju in redno posodobljen, zlasti ob uvedbi novih tehnologij, spremembi delovnih procesov ali pojavu novih nevarnosti. Inšpektorat za delo redno preverja skladnost ocene tveganja z zakonodajo in prakso, pri čemer lahko v primeru nepravilnosti uvede sankcije. Pri oceni tveganja za vpenjalne priprave je priporočljivo vključiti tudi operaterje in vzdrževalno osebje, saj njihova neposredna izkušnja z opremo lahko razkrije skrite nevarnosti ali pomanjkljivosti. Poleg tega je treba zagotoviti ustrezno usposabljanje delavcev, da bodo pravilno uporabljali opremo in se zavedali morebitnih nevarnosti. V Sloveniji je poudarek tudi na preventivi, kar pomeni, da morajo podjetja poleg odpravljanja obstoječih tveganj vlagati v preprečevanje novih. Na podlagi ocene tveganja se lahko implementirajo različni ukrepi, kot so tehnične izboljšave vpenjalnih priprav, avtomatizacija procesov, namestitvev zaščitnih varoval, izboljšanje ergonomije delovnega mesta ter uvedba rednega vzdrževanja in pregledov opreme. Tako ocena tveganja ne prispeva le k varnosti in

zdravju zaposlenih, temveč tudi k večji učinkovitosti proizvodnih procesov ter zmanjšanju stroškov, povezanih z nesrečami in poškodbami pri delu.

Ocena tveganja pri uporabi vpenjalne priprave za ohišja elektromotorjev je ključna za zagotavljanje varnega in učinkovitega delovnega okolja. Priprava mora zagotavljati stabilnost in natančno pritrditev obdelovanca, vendar lahko nepravilna uporaba, slabo vzdrževanje ali konstrukcijske pomanjkljivosti privedejo do različnih nevarnosti. Eno glavnih tveganj je poškodba obdelovanca ali stroja zaradi nezadostne vpenjalne sile, kar lahko povzroči premike obdelovanca med obdelavo. Takšni premiki lahko poškodujejo orodja, znižajo kakovost obdelave in povzročijo nevarne situacije za operaterja. Prav tako obstaja tveganje, da zaradi obrabe ali nepravilnega vzdrževanja priprave pride do odpovedi ključnih komponent, kot so vpenjalne čeljusti ali hidravlični aktuatorji. To lahko povzroči nenaden padec obdelovanca ali nestabilno obdelavo, kar povečuje možnost nesreč. Nepravilna nastavitve priprave lahko privede do napačne orientacije obdelovanca, kar lahko povzroči netočne izdelke ali poškodbe orodja. Poleg tega je pri uporabi hidravličnih in pnevmatskih sistemov treba upoštevati morebitna tveganja zaradi uhajanja tlaka, ki lahko vpliva na zmogljivost priprave. Operaterji so izpostavljeni nevarnosti poškodb zaradi stika z gibljivimi deli priprave ali stroja. Nenameren stik s hitro premikajočimi se orodji ali vpenjalnimi elementi lahko povzroči resne poškodbe. Zato je nujno zagotoviti zaščitne ukrepe, kot so varovala, senzorji za zaznavanje prisotnosti in varnostni postopki za delovanje. Poleg tega je pomembno, da so operaterji ustrezno usposobljeni za uporabo priprave in da dosledno upoštevajo varnostne protokole. Tveganje se lahko poveča v primeru neustrezne ergonomske zasnove priprave, saj lahko operaterji zaradi neprimerne delovne drže ali prekomerne fizične obremenitve razvijejo mišično-skeletne težave. Ustrezna zasnova mora omogočati enostavno in varno manipulacijo z obdelovancem ter zmanjševati potrebo po ponavljajočih se ali zahtevnih gibih. Prav tako je treba redno preverjati in vzdrževati pripravo, da se preprečijo okvare in ohrani njena varna uporaba. Za obvladovanje tveganj je treba izvajati redne preglede in preizkuse vpenjalnih priprav ter vzdrževati ustrezno dokumentacijo o stanju opreme. Uporaba sodobnih priprav z vgrajenimi senzorji in avtomatiziranimi sistemi za spremljanje delovanja lahko pripomore k zmanjšanju tveganj, saj omogoča hitrejše zaznavanje nepravilnosti. Ustrezni varnostni ukrepi, kakovostna zasnova in dosledno vzdrževanje so ključni za zagotavljanje varne uporabe vpenjalnih priprav v proizvodnih procesih. Oceno tveganja prikazuje tabela 5.

Tabela 5: Ocena tveganja

ID	Nevarnost	Možen vzrok	Posledice	Verjetnost (1–5)	Resnost (1–5)	Tveganje (V x R)	Obstoječi ukrepi	Predlagani ukrepi
1	Ujetje rok	Nepravilno rokovanje z vpenjalno pripravo	Poškodba roke, zlom, odrgnine	3	4	12	Zaščitne rokavice, varnostna navodila	Dodatno usposabljanje delavcev
2	Udarni moment pri vpenjanju	Napačna nastavitev sile vpenjanja	Poškodba zapestja, zvin, izpah	2	4	8	Opozorilne nalepke, omejevalniki sile	Periodični pregledi nastavitev
3	Zdrs obdelovanca	Neustrezno vpetje ohišja elektromotorja	Poškodba operaterja, poškodba opreme	2	5	10	Redni pregledi vpenjalne priprave	Uporaba senzorjev za pravilno vpetje
4	Električni udar	Okvara napajalnega sistema	Poškodba operaterja, nevarnost požara	2	5	10	Redni pregledi, ozemljitev	Namestitev varnostnih odklopnikov
5	Vdihavanje oljne meglice	Mazanje vpenjalnega mehanizma	Dihalne težave, dolgoročne zdravstvene posledice	3	3	9	Prezračevanje delovnega prostora	Filtracija zraka, uporaba osebne zaščitne opreme
6	Nenadna izpustitev obdelovanca	Okvara hidravličnega sistema	Poškodba operaterja, materialna škoda	2	5	10	Redno vzdrževanje, preizkušanje sistema	Namestitev dodatnih varnostnih ventilov
7	Stik s premikajočimi se deli	Nezaščiteni gibljivi deli vpenjalne priprave	Poškodba prstov ali roke	3	4	12	Zaščitni pokrovi, opozorilne nalepke	Uporaba senzorjev prisotnosti
8	Poškodba zaradi ostrih robov	Ostri robovi vpenjalne priprave ali obdelovanca	Ureznine, krvavitve	3	3	9	Zaščitne rokavice, brušenje robov	Uporaba zaobljenih robov pri izdelavi
9	Opekline zaradi vročih površin	Segrevanje priprave ob daljši uporabi	Opekline rok ali drugih delov telesa	2	4	8	Toplotna izolacija, opozorilni znaki	Uporaba zaščitnih rokavic

ID	Nevarnost	Možen vzrok	Posledice	Verjetnost (1–5)	Resnost (1–5)	Tveganje (V x R)	Obstoječi ukrepi	Predlagani ukrepi
10	Izguba stabilnosti vpenjalne priprave	Slabo pritrjena priprava	Nenadzorovano premikanje, poškodba operaterja	3	5	15	Redno preverjanje pritrditve	Vgradnja dodatnih fiksirnih elementov

Vir tabele 5: Lasten vir

Legenda:

- *verjetnost*: od 1 (zelo malo verjetno) do 5 (zelo verjetno);
- *resnost*: od 1 (manjša poškodba) do 5 (smrtna nevarnost);
- *tveganje*: zmnožek verjetnosti in resnosti – vrednosti nad 10 zahtevajo takojšnje ukrepanje.

Ta ocena tveganja omogoča boljše obvladovanje potencialnih nevarnosti pri uporabi vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev.

5.4 Ocena skladnosti

Varnost je temeljna človekova potreba. Za svoje zaposlene je odgovorno vodstvo podjetja, v industriji pa tudi za učinkovito proizvodnjo. Le če bodo vodje varnost vključili v vsakdanje poslovne dejavnosti, bodo zaposleni dovzetni za to. Podporna priprava je izdelana v skladu z varnostjo strojev, ki jo določa Pravilnik o varnosti strojev. (Uradni list Republike Slovenije, 2006) Pri izbiri najprimernejših metod mora proizvajalec upoštevati naslednja načela v podanem zaporedju:

- odpraviti ali zmanjšati tveganja, kolikor je mogoče (načrtovanje in strojev z vgrajeno varnostjo);
- sprejeti vse potrebne varnostne ukrepe v zvezi s tveganji, ki jih ni mogoče odpraviti;
- obvestiti uporabnike o preostalih tveganjih, ki izvirajo iz pomanjkljivosti sprejetih varnostnih ukrepov, navesti, ali je potrebno kakšno posebno usposabljanje, in določiti kakršnokoli potrebno osebno varovalno opremo.

Oseba, ki izdeluje stroje za lastno uporabo, se šteje za proizvajalca in mora izpolniti vse obveznosti iz člena 5. V tem primeru se stroji ne dajo na trg, saj jih proizvajalec ne da na voljo drugi osebi, ampak jih uporablja sam. Vendar pa morajo biti taki stroji skladni z direktivo o strojih, preden se dajo v obratovanje. Enako velja za uporabnika, ki sestavlja sklope strojev za lastno uporabo. Direktiva o strojih se uporablja za stroje, ko se ti dajo na trg in/ali v obratovanje. Stroji, dani na trg v EU, so dani v obratovanje, ko se prvič uporabijo v EU. V takih primerih so obveznosti proizvajalca, kar zadeva dajanje strojev na trg in dajanje v obratovanje, enake.

Za stroje, ki jih posameznik izdelava za lastno uporabo, ali sklope strojev, ki jih sestavi porabnik (ki niso dani na trg), se direktiva o strojih uporablja, ko se stroj ali sklop strojev prvič daje v obratovanje. Z drugimi besedami, taki stroji morajo izpolnjevati vse določbe direktive, preden se v EU prvič uporabijo v predvideni namen. (Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo Republike Slovenije, 2010). Materiali, ki pa so bili uporabljeni v dokumentaciji, so primerni in ne ogrožajo varnosti delavcev. Vsi vari so atestirani in pregledani z ultrazvokom (UZ). Vrteči se deli na vertikalno-horizontalnem stroju ali karuselu so pritrjeni s standardnimi vijaki. Vijaki ali njihove vijačne zveze morajo biti izdelani po standardih ISO in ne predstavljajo nevarnosti za delavca. Pri stari pripravi je bilo več možnosti za poškodbe delavca in tudi več časovnega dela z vpenjanjem. Naprava je skladna z navodili, ki smo jih določili.

5.5 Testiranje priprave v realnih pogojih

Testiranje vpenjalne priprave (slika 31) za ohišje elektromotorjev v realnih pogojih je sestavljeno iz več faz, ki preverjajo njeno mehansko trdnost, natančnost in varnost. Najprej se priprava namesti na delovno mesto, običajno na CNC-stroj ali drugo obdelovalno napravo, ki simulira pogoje dejanske proizvodnje. Pred začetkom testiranja se preveri, ali je priprava skladna z načrti in tehničnimi specifikacijami ter ali ustreza vsem varnostnim zahtevam. Ta začetna faza vključuje tudi pregled pravilnosti vpenjanja ohišja elektromotorja, da se zagotovi trdno in stabilno držanje brez poškodb ali premikov.



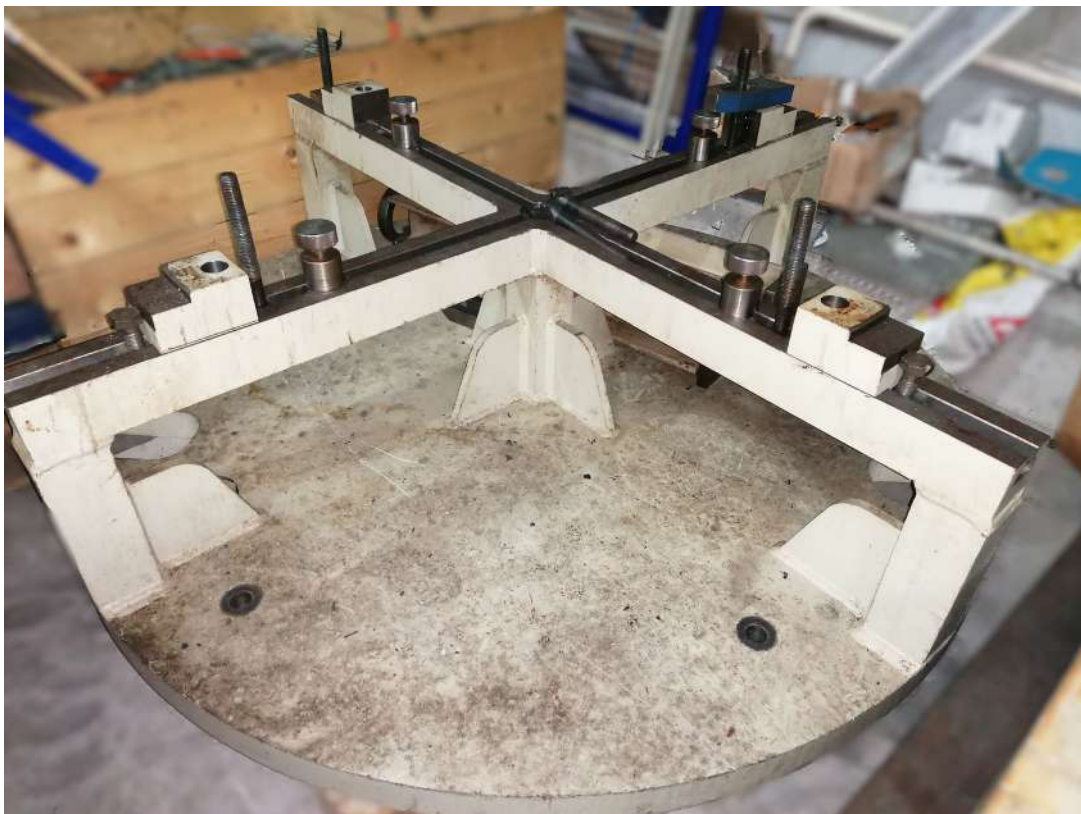
Slika 31: Testiranje vpenjalne priprave

Vir slike 31: Lasten vir

Ko je bila priprava nameščena, so se izvedeli mehanski testi. Priprava se izpostavi silam, ki so značilne za obdelovalne procese, kot so rezanje, vrtanje ali brušenje. S tem se preveri njena odpornost proti obremenitvam in vibracijam. Posebej pomembno je oceniti, ali ostaja obdelovanec ves čas stabilen in ali priprava ohranja natančnost pozicioniranja. Poleg tega se izvede test utrujenosti materiala, kjer se večkrat ponovita vpenjanje in sproščanje, da se oceni, kako dolgo lahko priprava prenese ponavljajoče se obremenitve brez poškodb ali popuščanja. V nadaljevanju se preverja natančnost vpenjanja, saj je ključno, da priprava zagotavlja ponovljivo in točno vpetje ohišja. Meri se, ali je obdelovanec pravilno centriran in ali so odstopanja znotraj dovoljenih toleranc. Prav tako se meri čas, potreben za vpenjanje in sprostitev ohišja, da se oceni učinkovitost priprave. Hitrejše in enostavnejše vpenjanje prispeva k večji produktivnosti. Varnostni vidiki so pomemben del testiranja. Priprava mora imeti ustrezne zaščitne mehanizme, kot so blokade, senzorji in zasilna stikala. Preveri se, ali ti mehanizmi pravilno delujejo in preprečujejo morebitne nesreče, kot so nenamerna sprostitve obdelovanca ali poškodbe delavcev. Simulira se tudi odpoved posameznih komponent, da se oceni, ali priprava zagotavlja varnost tudi v primeru napake. Po zaključenem testiranju se pripravi poročilo, ki vsebuje rezultate vseh preizkusov, ugotovitve in morebitne predloge za izboljšave. Cilj testiranja je zagotoviti, da priprava ustreza vsem zahtevam glede varnosti in kakovosti ter da je pripravljena na dolgotrajno in zanesljivo uporabo v proizvodnji elektromotorjev.

6 TRAJNOST VPENJALNE PRIPRAVE

Trajnost vpenjalne priprave, ki jo vidimo na sliki 32, za ohišje elektromotorjev je dejavnik, ki zagotavlja dolgo življenjsko dobo naprave in neprekinjeno zanesljivo delovanje v proizvodnem procesu. Trajnost priprave je odvisna od različnih dejavnikov, vključno z materiali, konstrukcijo, odpornostjo na obrabo in sposobnostjo prenosa obremenitev, ki nastanejo med obdelavo ohišja elektromotorjev. Ključni dejavnik za trajnost je izbira primernih materialov, ki so odporni proti mehanski napetosti in obrabi, ki nastajata med delovanjem priprave. Kakovostni materiali, kot so visokokakovostni jekleni materiali ali aluminij, zagotavljajo trdnost in dolgo življenjsko dobo. Pomembno je tudi, da so vse komponente, kot so vijaki, povezovalni elementi in druge pritrdilne naprave, narejene v skladu s standardi, kot je ISO, da se preprečijo morebitna korozija ali poškodbe zaradi vibracij in obremenitev. Poleg materialov ima vpliv na trajnost tudi konstrukcija vpenjalne priprave. Priprava mora biti zasnovana tako, da prenese vse obremenitve, ki nastanejo med obdelavo, kot so rezalne sile, vibracije in toplotna širitev. To pomeni, da mora biti priprava stabilna, da prepreči premikanje ali deformacijo med delovanjem, kar bi lahko povzročilo napake v obdelavi ohišja elektromotorja. V tem pogledu je pomembno, da priprava vključuje elemente, ki absorbirajo ali zmanjšujejo vibracije ter omogočajo enostavno in natančno vpenjanje. Trajnost vpenjalne priprave je prav tako povezana s kakovostjo njenih varnostnih mehanizmov. Če priprava vključuje zaščitne mehanizme, kot so varnostni senzorji ali blokade, ki preprečujejo poškodbe uporabnikov, je pomembno, da ti sistemi delujejo brez okvar skozi dolgo obdobje. Testiranje teh varnostnih funkcij ob uporabi je bistveno za zagotovitev, da priprava ne bo povzročila poškodb ali napak, ki bi lahko vodile do poškodb zaposlenih ali poškodbe samega obdelovanca. Za trajnost priprave je nujno, da je tudi redno vzdrževana. Redni pregledi, čiščenje, mazanje gibljivih delov in zamenjava obrabljenih komponent podaljšajo njeno življenjsko dobo. Prav tako se z rednim testiranjem preveri, ali priprava še vedno izpolnjuje vse zahteve glede natančnosti in varnosti. S pravilnim vzdrževanjem in občasnimi izboljšavami lahko zagotovimo dolgo trajnost vpenjalne priprave in njeno učinkovito delovanje v proizvodnji elektromotorjev. Vse te komponente skupaj vplivajo na trajnost vpenjalne priprave, saj zagotavljajo, da bo priprava ne samo učinkovito opravljala svojo nalogo, ampak tudi vzdržala dolgotrajno uporabo brez izgube svojih funkcionalnosti in varnostnih lastnosti.



Slika 32: Vpenjalna priprava

Vir slike 32: Lasten vir

6.1 Redno vzdrževanje

Redno vzdrževanje vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev je pomembno za zagotavljanje njene dolgotrajne učinkovitosti, varnosti in natančnosti. S pravilnim vzdrževanjem se preprečijo morebitne napake, podaljša življenjska doba priprave in zmanjša tveganje za poškodbe obdelovancev ali uporabnikov. Redno vzdrževanje vključuje več ključnih korakov, ki zagotavljajo, da priprava deluje brez težav skozi celoten proizvodni proces. Prvi korak v rednem vzdrževanju je redni vizualni pregled priprave. To vključuje preverjanje vseh vidnih komponent, kot so vijaki, spoji, zatiči in pritrdilni mehanizmi, da se zagotovi, da niso poškodovani ali ohlapni. Nepravilno pritrjeni deli lahko povzročijo nenatančno vpenjanje, kar bi vodilo do napak pri obdelavi ohišja elektromotorja. Redno preverjanje teh komponent omogoča, da se morebitne težave odkrijejo in popravijo pravočasno, preden povzročijo večje poškodbe ali izpad opreme. Poleg tega je pomembno preverjanje in čiščenje vseh gibljivih delov. Mehanizmi za vpenjanje, ki omogočajo hitro in

natančno pritrjevanje ohišja, morajo biti brez odpadkov ali umazanije, ki bi lahko vplivala na njihovo delovanje. Redno mazanje gibljivih delov pomaga zmanjšati obrabo in omogoča nemoteno delovanje. Maziva, kot so olja, se nanašajo na vodila, vijake in druge premikajoče se komponente, da se zmanjša trenje in prepreči prekomerno obrabo. Za zagotovitev dolgotrajne natančnosti vpenjalne priprave je treba redno preverjati tudi njeno poravnavo in nastavitve. S časom in uporabo lahko pride do sprememb v pozicioniranju, kar lahko vpliva na natančnost obdelave. Preverjanje in prilagajanje poravnave omogoča, da priprava ostane natančna in da ohišje elektromotorja ostane v pravilnem položaju med obdelavo. Poleg tega je priporočljivo izvajati periodične teste utrujenosti in obremenitev, pri katerih se priprava ponovno izpostavi obremenitvam, ki jih povzroča obdelava. To omogoča, da se preveri, ali priprava še vedno ustreza varnostnim in funkcionalnim standardom. Po opravljenih testih se pregleda vse komponente, da se ugotovi, ali je treba zamenjati obrabljene dele. Vse te dejavnosti so pomemben del rednega vzdrževanja vpenjalne priprave. Z doslednim upoštevanjem teh korakov se zagotovi, da priprava ostane zanesljiva in učinkovita skozi celotno življenjsko dobo, kar pripomore k večji produktivnosti, varnosti in kakovosti končnih izdelkov. Redno vzdrževanje je tako ključnega pomena za optimizacijo delovanja in zmanjšanje stroškov, povezanih z morebitnimi popravili ali zamenjavo opreme.

6.2 Načrtovanje prihodnjih nadgradenj

Načrtovanje prihodnjih nadgradenj vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev je pomemben korak za zagotavljanje, da priprava ostane konkurenčna, varna in učinkovita v prihodnosti. Nadgradnje so lahko usmerjene v izboljšanje natančnosti, povečanje produktivnosti, zmanjšanje stroškov vzdrževanja, izboljšanje varnosti ter prilagodljivost za obvladovanje novih tehnologij in sprememb v proizvodnih zahtevah. Prvi korak pri načrtovanju nadgradenj je analiza trenutnih potrebščin in izzivov, s katerimi se srečuje obstoječa priprava. To vključuje oceno obstoječe zmogljivosti, natančnosti in trpežnosti vpenjalne priprave v realnih proizvodnih pogojih. Pomembno je proučiti, ali trenutna priprava izpolnjuje vse zahteve glede varnosti, hitrosti in natančnosti, ter ugotoviti, ali so potrebne prilagoditve za povečanje učinkovitosti in zmanjšanje napak. Če se pojavijo težave z napakami v delovanju ali če se poveča število poškodovanih delov, je to lahko signal, da so potrebne nadgradnje. Eno izmed pomembnih področij za nadgradnje je uporaba naprednih materialov in tehnologij. Na primer lahko se uvedejo bolj odporni materiali, ki bodo povečali trajnost in zmanjšali obrabo komponent. To vključuje uporabo specializiranih jekel ali kompozitnih materialov, ki

zagotavljajo večjo odpornost proti koroziji in obrabi, hkrati pa zmanjšajo težo priprave. Prav tako je možno uporabiti naprednejši način obdelave, kot so laserski varilni postopki ali napredne 3D-tehnologije, ki omogočajo preciznejšo in hitrejšo izdelavo delov. Poleg tega se lahko načrtujejo nadgradnje v smislu avtomatizacije in digitalizacije. Z uvedbo naprednih senzorjev in avtomatskih mehanizmov za prilagajanje vpenjalnih točk lahko priprava postane prilagodljivejša in natančnejša. Naprave, kot so laserski skenerji za merjenje natančnosti pozicioniranja, lahko zagotovijo boljše prilagajanje in hitrejšo obdelavo. Integracija naprednih tehnologij, kot so internet stvari, omogočajo tudi boljše sledenje in nadzor delovanja priprave v realnem času, kar pripomore k zmanjšanju napak in optimizaciji procesa. Načrtovanje nadgradenj mora vključevati tudi skrb za varnost. Sčasoma se lahko pojavijo novi varnostni standardi in predpisi, zato je pomembno, da so nadgradnje zasnovane tako, da zagotavljajo skladnost z najnovejšimi zahtevami. To lahko vključuje integracijo naprednih zaščitnih mehanizmov, kot so samodejni izklopi v primeru okvare ali boljši senzorji za zaznavanje morebitnih nevarnosti za delavce. Poleg tega je pomembno, da so nadgradnje zasnovane z mislijo na dolgoročne stroške vzdrževanja. To pomeni, da bi morale biti nadgradnje enostavne za vzdrževanje, komponente pa zlahka dostopne in zamenljive. Nadgradnje, ki omogočajo lažje čiščenje, mazanje ali zamenjavo delov, pripomorejo k večji operativni učinkovitosti in zmanjšajo potrebo po dragih popravilih. Za uspešno izvedbo nadgradenj je ključnega pomena tudi vključevanje uporabnikov in zaposlenih v proces načrtovanja. Sodelovanje z operaterji in inženirji omogoča pridobivanje dragocenih povratnih informacij o morebitnih težavah pri uporabi in omogoča načrtovanje nadgradenj, ki bodo dejansko povečale produktivnost in varnost v proizvodnji. Skupaj z načrtovanjem in izvedbo nadgradenj je pomembno tudi testiranje novih komponent in funkcionalnosti, da se zagotovita njihova združljivost z obstoječo pripravo in nemoten prehod v proizvodnjo. Na ta način bodo prihodnje nadgradnje vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev pripomogle k večji produktivnosti, boljši varnosti in večji zanesljivosti proizvodnje.

7 SKLEP

Izdelava vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev poudarja pomembnost skrbno načrtovanega pristopa k optimizaciji obdelovalnih procesov. Vpenjalna priprava predstavlja ključni element za zagotavljanje natančnosti, ponovljivosti in zanesljivosti pri izdelavi ohišij elektromotorjev. Z njeno uporabo je mogoče odpraviti težave, kot so nepravilno vpenjanje, neenakomerna obdelava ter odstopanja v dimenzijski in geometrijski točnosti. S tem se bistveno poveča kakovost končnega izdelka ter zmanjša možnost napak in zavrženih kosov. Proces izdelave vpenjalne priprave vključuje analizo konstrukcijskih zahtev, izbiro primernih materialov, načrtovanje optimalne zasnove ter izdelavo in testiranje priprave. Uporaba sodobnih metod, kot so računalniške simulacije, je omogočila preverjanje obremenitev in stabilnosti priprave že v fazi načrtovanja, kar prispeva k skrajšanju časa izdelave in izboljšanju funkcionalnosti. S testiranjem v realnih proizvodnih pogojih je bilo potrjeno, da priprava zagotavlja visoko raven učinkovitosti in prilagodljivosti, kar je ključno za serijsko proizvodnjo. Izdelava vpenjalne priprave za ohišje elektromotorjev ne izboljša le kakovosti obdelave, temveč tudi povečuje produktivnost, zmanjšuje čas nastavljanja strojev in omogoča optimizacijo proizvodnih procesov. Na ta način prispeva k večji konkurenčnosti in trajnostnemu razvoju podjetja. Izvedba projekta je pokazala, da je pravilno načrtovana in izdelana vpenjalna priprava nepogrešljivo orodje za doseganje visokih standardov kakovosti v proizvodnji.

V diplomskem delu so bile postavljene štiri hipoteze:

H1: Ustrezno opravljena analiza pripomore k zmanjševanju napak, kot sta nepravilno vpenjanje in neenakomerna obdelava. Hipoteza je potrjena in poudarja, da ima ustrezno izvedena analiza ključno vlogo pri zmanjševanju napak, ki se lahko pojavijo med procesom obdelave, kot sta nepravilno vpenjanje in neenakomerna obdelava. S podrobno analizo vseh pomembnih dejavnikov, kot so mehanske nastavitve, lastnosti uporabljenih orodij in materialov ter stanje strojev, je mogoče identificirati in odpraviti ključne vzroke za te napake. Nepravilno vpenjanje lahko povzroči tresljaje, odstopanja v dimenzijski točnosti ali poškodbe orodij in strojev, medtem ko neenakomerna obdelava vpliva na kakovost in funkcionalnost končnega izdelka. Z analizo procesov se izboljšata natančnost in stabilnost postopkov, kar vodi do višje kakovosti proizvodnje, manj zavrženih izdelkov in nižjih proizvodnih stroškov.

Hipoteza izraža prepričanje, da analiza ni zgolj preventivno orodje, temveč tudi ključni korak pri optimizaciji procesov in odpravljanju pogostih težav v proizvodnji.

H2: Optimiziranje priprave bo prispevalo k lažjemu in hitrejšemu vpenjanju za operaterja. Hipoteza je potrjena in izpostavlja, da bo optimizacija vpenjalne priprave omogočila enostavnejše in hitrejšo vpenjanje obdelovancev, kar bo olajšalo delo operaterju. S prilagoditvami in izboljšavami priprave, kot so ergonomska zasnova, avtomatizacija določenih korakov ali uvedba sistemov za hitro menjavo, so se zmanjšali napor operaterja in skrajšal se je čas, potreben za vpenjanje. To je prispevalo k učinkovitejšemu delovnemu procesu, zmanjšanju možnosti za napake pri vpenjanju in povečanju produktivnosti. Učinkovita optimizacija vpenjalne priprave ne izboljšuje le delovnih izkušenj operaterja, temveč ima tudi neposreden pozitiven vpliv na celoten proizvodni proces.

H3: Isto vpenjalno pripravo bo mogoče uporabiti na dveh različnih strojih. Hipoteza je potrjena in poudarja, da zasnova vpenjalne priprave omogoča njeno uporabo na dveh različnih strojih, horizontalnem vrtalnem stroju in vertikalni stružnici, kar je in bo povečalo njeno prilagodljivost in funkcionalnost. Takšna zasnova zahteva univerzalno kompatibilnost priprave z različnimi specifikacijami strojev, kot so velikost vpenjalnih točk, obdelovalni razpon in prilagoditev pritrdilnih mehanizmov. Z univerzalnostjo priprave so se zmanjšali stroški izdelave več različnih priprav, optimiziral se je delovni proces, hkrati pa se je povečala učinkovitost proizvodnje. Uporaba iste priprave na različnih strojih omogoča boljšo izrabo razpoložljive opreme in večjo fleksibilnost pri načrtovanju proizvodnje ter zmanjša potrebo po dodatnih prilagoditvah v proizvodnem procesu.

H4: Redno vzdrževanje, pravilna uporaba in nadgradnja vpenjalne priprave pomenita zagotovljen učinek trajnosti. Hipoteza je potrjena, saj redno vzdrževanje, pravilna uporaba in občasne nadgradnje vpenjalne priprave zagotavljajo njeno dolgotrajno funkcionalnost in zanesljivost. Redno vzdrževanje vključuje pregledovanje in odpravljanje morebitnih obrab ali poškodb, kar preprečuje nenadne izpade ali zmanjšano natančnost priprave. Pravilna uporaba sledi navodilom proizvajalca in vključuje skrbno ravnanje, ki preprečuje prekomerne obremenitve ali nepravilne nastavitve. Nadgradnje omogočajo prilagajanje priprave novim zahtevam ali izboljšanje njene zmogljivosti s sodobnejšimi tehnologijami in materiali. Kombinacija teh praks zagotavlja, da priprava ostane učinkovita, zanesljiva in trajnostna, hkrati pa zmanjšuje stroške, povezane z morebitnimi okvarami ali pogostimi zamenjavami.

8 VIRI IN LITERATURA

- 3ds. (2024). *Solidworks*. Prevezeto 20. oktober 2024 iz www.3ds.com:
<https://www.3ds.com/products/solidworks>
- Britannica, U. E. (5. oktober 2024). <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>.
- Camincam. (2024). *mastercam*. Prevezeto 21. oktober 2024 iz www.camincam.si:
<https://camincam.si/mastercam-2021/>
- Čuš, F. (2004). *Vpenjalne priprave za procese odrezavanja*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Čuš, F., & Župerl, U. (2016). *Vpenjalna orodja in kombinirani sistemi vpenjanja za procese odrezavanja*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Jereb, J. (1997). *Tehnologija obdelave za oblikovalca kovin*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Jereb, J. (1998). *Osnove kovinarstva in strojništva*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Kraut, B. (1994). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Machiningconceptserie. (10. februar 2023). *history-of-cnc-machining*. Prevezeto 15. 12 2024 iz
Machiningconceptserie: <https://machiningconceptserie.com/history-of-cnc-machining/>
- Mega-Metal d. o. o. (2022). *Mega-Metal*. Prevezeto 3. 10 2024 iz www.mega-metal.si:
<https://www.mega-metal.si/sl>
- Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo Republike Slovenije. (2. junij 2010).
Priročnik za uporabo Direktive o strojih 2006/42/ES. Prevezeto 1. 12 2024 iz
www.gov.si:
<https://www.gov.si/assets/ministrstva/MGTS/Dokumenti/DNT/Proizvodi-na-notranjem-trgu/Prirocnik-za-uporabo-Direktive-o-strojih-2006-42-ES.pdf>
- Ravničan, J. (1. januar 2021). *Orodja za preoblikovanje kovin z odvzemanjem materiala*. Maribor, Maribor, Slovenija: Višja strokovna šola Academia.
- Uradni list Republike Slovenije. (9. marec 2006). www.uradni-list.si. Prevezeto 21. december 2024 iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2006-01-1029/#1.%C2%A0%C4%8Dlen>