

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

RAZVOJ IN KONSTRUKCIJA NAPRAVE ZA ROBKANJE BAKRA

Kandidat: Aleksander Bratkovič

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: strojništvo

Mentor predavatelj: Jože Ravničan univ. dipl. ing. str.

Mentor v podjetju: dipl. inž. Judmaier Christoph

Lektor: Vesna Breznik, prof. pedagog. in slov.

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Aleksander Bratkovič sem avtor diplomskega dela z naslovom razvoj in konstrukcija naprave za robkanje bakra, ki sem ga napisal pod mentorstvom Jožeta Ravničana, uni. dipl. ing. strojništva.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/-a, 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.

Jakobski Dol, julij 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju mag. Jožetu Ravničanu za pomoč in vodenje pri opravljanju zaključnega dela. Zahvaljujem se tudi mentorju v podjetju Christophu Judmaierju, dipl. inž. strojništva, prav tako tudi kolektivu podjetja Elsta Mosdorfer, ki so mi pomagali in sodelovali na področju meroslovja in kontrole kakovosti ter oddelku razvoja, kateri so mi svetovali in omogočili pisanje diplomskega dela v podjetju.

POVZETEK

V diplomskem delu je na kratko predstavljeno podjetje Elsta Mosdorfer ter skupina Knill Gruppe, pri čemer se podjetja znotraj organizacije razlikujejo; panoge, s katerimi se podjetje ukvarja, ter določena tema oziroma potrebe, s katero se soočamo dnevno. V diplomski nalogi je natančneje opisano podjetje Elsta Mosdorfer (Kaindorf). Podjetje ter tema diplomske naloge se navezuje na elektro področje, kar je tako imenovana panoga podjetja.

Izbiro teme za diplomsko delo smo skušali navezovati na problem, s katerim se soočamo na dnevni bazi in naleteli smo na idejo, katera bi olajšala in izboljšala obdelavo bakra, katerega na letni ravni na tone preoblikujemo v željene oblike ter prav tako z različnimi drugimi postopki optimalno preoblikujemo obdelovanec. Baker je eden izmed materialov, kateri najboljše prevaja električno energijo in se v našem podjetju znajde v vseh elektro omaricah in trafo postajah. S pomočjo naprave Boschert CU-WK-2 se baker različnih dimenzij hladno stiska v obliki matrice. Stroj je zasnovan za učinkovito prebijanje bakrenih palic in je opremljen s CNC-krmiljenjem s 5-glavim orodnim sistemom AMADA. Ko se baker obdelava, se nato vanj stiskajo matice z različnimi metričnimi navoji (najpogostejše M6, M8 in M10). Nastajal je problem, kadar je baker od dobavitelja prispel mehkejši, saj se je upogibal in posledično udarjal v robove obdelovalne površine, v najslabšem primeru pa uničil matrice, katere se uporabljajo pri hladnem stiskanju.

Ob raziskovanju sem opazil, da v našem podjetju (Kaindorf) preoblikujemo na leto 200 ton bakra oz. skupaj 280 ton in tako se je pojavila potreba po stroju za robkanje bakra 1x45*.

Princip stroja je zelo podoben GARANT Volumec JT3150, vendar je razlika v obdelovalni mizi, principu vpetja in orodju za obdelavo.

Obdelovalna površina je 1450x600 mm, na njej sta pritrjena 2 pnevmatska primeža, saj so obdelovanci dolgi od 200 do 2000 mm.

S pomočjo Creo 7.0 sem zmodeliral sestavne dele celotnega stroja, jih v sestavni risbi sestavil ter nato naredil načrt za izdelavo prototipa. Načrti so narejeni v merilu 1:1, tako da v primeru izdelave ne bi prišlo do kakšnih neustreznih dolžin oziroma da sestava poteka brez problematike.

Ključne besede: *kontrola, modeliranje, merjenje, testiranje, sestava, izdelava, orodje, prevodnost.*

ZUSAMMENFASSUNG

Entwicklung und Konstruktion einer Vorrichtung zum Kantenbearbeiten von Kupfer.

In der Diplomarbeit wird das Unternehmen Elsta Mosdorfer und die gesamte Knill Gruppe kurz vorgestellt, da sich die Unternehmen innerhalb der Organisation, der Branchen, in denen das Unternehmen tätig ist, und einem bestimmten Thema oder Bedarf, mit dem wir täglich konfrontiert sind, unterscheiden. Die Diplomarbeit beschreibt die Firma Elsta Mosdorfer (Kaindorf) näher. Das Unternehmen und das Thema der Diplomarbeit beziehen sich auf den Elektrobereich, den sogenannten Unternehmenszweig.

Bei der Wahl des Themas für die Diplomarbeit haben wir versucht, einen Bezug zu unserem alltäglichen Problem herzustellen und sind auf eine Idee gestoßen, die die Verarbeitung von Kupfer, das tonnenweise in die gewünschte Form gebracht wird, erleichtern und verbessern würde. Jahresbasis und wird auch mit verschiedenen anderen Prozessen optimal in das Werkstück umgewandelt. Kupfer ist eines der Materialien, die den Strom am besten leiten und in allen Schaltschränken und Trafostationen unseres Unternehmens zu finden sind. Mit dem Gerät Boschert CU-WK-2 wird Kupfer unterschiedlicher Abmessungen kalt in Form einer Matrix gepresst. Die Maschine ist für das effiziente Stanzen von Kupferstangen konzipiert und mit einer CNC-Steuerung mit 5-Kopf-AMADA-Werkzeugsystem ausgestattet. Nach der Verarbeitung des Kupfers werden Muttern mit unterschiedlichen metrischen Gewinden (meistens M6, M8 und M10) hineingepresst. Ein Problem entstand, als das Kupfer vom Lieferanten weicher ankam, weil es sich verbogen hatte und dadurch an den Rändern der Arbeitsfläche hängengeblieben war und im schlimmsten Fall die beim Kaltpressen verwendeten Matrizen zerstört hatte. Bei der Recherche ist mir aufgefallen, dass wir in unserem Unternehmen (Kaindorf) 200 TONNEN Kupfer pro Jahr und insgesamt 280 Tonnen umwandeln und somit der Bedarf für eine 1x45* Kupferschabmaschine entstand. Das Prinzip der Maschine ist der GARANT Volumec JT3150 recht ähnlich, der Unterschied liegt jedoch im Bearbeitungstisch, dem Spannprinzip und dem Bearbeitungswerkzeug. Die Arbeitsfläche ist 1450X600mm groß, daran sind 2 pneumatische Schraubstöcke befestigt, da die Werkstücke zwischen 200 und 2000mm lang sind.

Mit Hilfe von Creo 7.0 habe ich die Komponenten der gesamten Maschine modelliert, in der Zusammenbauzeichnung zusammengesetzt und anschließend einen Plan für die Herstellung des

Prototyps erstellt. Die Zeichnungen sind im Maßstab 1:1 angefertigt, so dass es bei der Produktion zu keinen Komplikationen kommt.

Stichwörter: *Steuerung, Modellierung, Messung, Prüfung, Montage, Fertigung, Werkzeugbau, Leitfähigkeit.*

KAZALO VSEBINE:

1.	UVOD	11
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA.....	11
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	11
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	12
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE.....	12
2.	PREDSTAVITEV PODJETJA	13
2.1	KNILL GRUPPE	16
2.2	EMB - BOSNA.....	17
2.3	ORGANIZACIJSKA STRUKTURA PODJETJA	18
2.4	TEHNIČNE REŠITVE PODJETJA.....	19
2.4.1	<i>Programska oprema Creo 7.0</i>	<i>19</i>
2.4.2	<i>Shranjevalnik CREO (Windchill).....</i>	<i>20</i>
3.	TEORETIČNI OKVIR IN PREGLED LITERATURE.....	21
3.1	LASTNOSTI BAKRA	21
3.1.1	<i>Kje se uporablja baker</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Kemična sestava:</i>	<i>25</i>
3.2	OBDELOVALNE METODE ZA BAKRENE PALICE.....	26
3.3	NAPRAVA ZA OBDELAVO BAKRENIH PALIC	27
3.3.1	<i>Orodje za Boschert WK-II</i>	<i>30</i>
3.4	UPOGIBANJE BAKRENIH PALIC	31
3.5	POSTOPKI HLADNEGA STISKANJA NAVOJNIH MATIC	33
3.5.1	<i>Zakaj se uporabljajo bakrene palice s stiskanimi navojnimi maticami</i>	<i>37</i>
4.	IDENTIFIKACIJA PROBLEMA IN IZZIVOV PRI OBDELAVI BAKRA.....	38
4.1	IZPOSTAVA PROBLEMA.....	38
4.2	POSLEDICE BRUŠENJA BAKRA	39
5.	RAZVOJ NAPRAVE	42
5.1	VOLUMEK (NAPRAVA ZA VRTANJE IN VREZOVANJE NAVOJEV).....	42
5.2	STROJ ZA ROBKANJE BAKRA.....	43
5.3	NAČIN PREMIKA ROKE	44
5.4	NAČIN PREMIKA CELOTNEGA OBDELOVANCA PO VODILIH	45
5.4.1	<i>Orodje za nakup:</i>	<i>46</i>
5.5	PRINCIP PNEVMATSKEGA PRIMEŽA.....	47
5.5.1	<i>Princip vpetja bakrenih palic</i>	<i>49</i>

5.6	PREDNOSTI IN SLABOSTI PNEVMATSKEGA SISTEMA.....	50
6.	ODESAVANJE BAKRENEGA PRAHU IN RAVNANJE Z ODPADKI	51
6.1	TEHNOLOGIJA ODESAVANJA BAKRENEGA PRAHU	51
6.2	SHRANJEVANJE IN RECIKLAŽA BAKRENEGA PRAHU	52
6.2.1	<i>Kaj pridobimo pri pravilnem ravnanju z bakrenimi odpadki</i>	<i>52</i>
6.3	REZERVOAR ZA BAKRENI PRAH.....	54
6.3.1	<i>Izračun volumna rezervoarja za bakreni prah.....</i>	<i>55</i>
6.4	VARNOST PRI DELU:	56
6.4.1	<i>Zaščitna oprema</i>	<i>57</i>
6.4.2	<i>1. Ustvarjanje posameznih delov.....</i>	<i>58</i>
6.4.3	<i>2. Ustvarjanje montaže</i>	<i>58</i>
6.4.4	<i>3. Določanje medsebojnih odnosov med deli.....</i>	<i>58</i>
6.4.5	<i>4. Preverjanje montaže</i>	<i>59</i>
6.4.6	<i>5. Izdelava tehničnih risb.....</i>	<i>59</i>
6.4.7	<i>6. Shranjevanje in izvoz.....</i>	<i>59</i>
7.	SKLEP.....	60
8.	VIRI:.....	61

KAZALO SLIK

SLIKA 1: LOGOTIP PODJETJA	13
SLIKA 2: ELEKTRO OMARICE S PODSTAVKI	14
SLIKA 3: PRODUKTI.....	14
SLIKA 4: TRANSFORMATORSKA POSTAJA ZNOTRAJ	15
SLIKA 5: LOGOTIP PODRUŽNICE	16
SLIKA 6: WINCHILL SHRANJEVALNIK	20
SLIKA 7: ELEKTRO BAKER.....	24
SLIKA 8: TEHNIČNA RISBA BAKRENIH PALIC	26
SLIKA 9: NAPRAVA ZA OBDELAVO BAKRENIH PALIC	27
SLIKA 10: OBDELOVALNA POVRŠINA	29
SLIKA 11: ORODJE ZA OBDELAVO	30
SLIKA 12: MEJA PLASTIČNOSTI	31
SLIKA 13: RAZMERE V UPOGIBNEM PODROČJU.....	32
SLIKA 14: DOLOČANJE KOTA ZRAVNAVANJA	32
SLIKA 15: PRIKAZ UPOGIBNIH BAKRENIH PALIC	33
SLIKA 16: NAPRAVA ZA HLADNO STISKANJE MATIC.....	34
SLIKA 17: KONČEN IZDELEK	34
SLIKA 18: PRIKAZ PRISOTNOSTI CINKA	37
SLIKA 19: PRIKAZ UPORABE BAKRENIH PALIC.....	37
SLIKA 20: ORODJE ZA BRUŠENJE	38
SLIKA 21: BAKREN PRAH	39
SLIKA 22: PRIKAZ SUROVCA	40
SLIKA 23: NEOBDELANI ROBOVI	40
SLIKA 24: ZAKLJUČEK STROJNE OBDELAVE	41
SLIKA 25: PRIKAZ ROBKANIH ROBOV	41
SLIKA 26: NAPRAVA VOLUMEK	42
SLIKA 27: KONCEPT NAPRAVE	43
SLIKA 28: KONCEPT NAPRAVE	43
SLIKA 29: PREMIK ROKE 360*	44
SLIKA 30: PNEVMATSKI PRIMEŽ	46
SLIKA 31: PRINCIP VPETJA Z PNEVMATSKIM PRIMEŽEM	48
SLIKA 32: REZERVOAR ZA BAKREN PRAH.....	54

KAZALO TABEL

TABELA 1: KEMIČNA SESTAVA ELEKTRO BAKRA	25
TABELA 2: ORODJE ZA NAKUP.....	46

1. UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Podjetje Elsta Mosdorfer GmbH se ukvarja s sestavo elektro omaric in trafo postaj. Podjetje, katero ima sedež v Kaindorf Bahnstrasse 29, 8430 Kaindorf (Avstrija) ima zaposlenih več kot 134 ljudi v proizvodnji ter cca. 100 ljudi v pisarnah (konstruktorji, razvojniki ...). Specializirani so na razne produkte v elektro obrti, kot so elektro omarice raznih velikosti in dimenzij in prav tako velikih trafo postaj, katere so namenjene večjim obremenitvam (Energie Steiermark). Iz podjetja, katerega lastimo in ima sedež v Bosni, izdelujejo ohišja iz fibreglassa, katere jih nato v našem podjetju sestavimo. Zraven specializacije pri sestavi imamo tudi dve CNC-krmiljeni frezali, po imenu Felder H10 in Felder H100, s katerima obdelujemo (vrtanje, rezanje navojev ter reskanje raznih oblik) HP platte raznih debelin od 4 mm, 5 mm, 6 mm, 8 mm in vse do 10 mm. Prav tako je v našem podjetju v mehanski delavnici specifičen Boschert obdelovalni stroj za hladno stiskanje matric v bakrene pravokotne palice. Prav tu je nastal problem, zaradi katerega sem si izbral to temo za diplomsko nalogo. Večkrat se dogaja, da s strani dobaviteljev prejmemo mehkejši ali slabo kvaliteten material (baker) dolžine 4020 mm in različne širine. Problem nastaja pri obdelavi, kajti zaradi mehkejšega materiala ali ne robkanih stranic pride do udarcev, pri katerem spremeni parametre X-akse na CNC krmiljenem (LABOD) Boschertu WK II.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je, da s pomočjo raziskovanja in konstruiranja ter zbiranja informacij najdemo rešitve dolgoročne narave, katere bodo v proizvodnji ter pri izdelavi ključnega pomena. Skušal bom stroške izdelave minimalizirati in zmanjšati obremenitev same delovne sile ter posledično skrajšati čas za izdelavo samega produkta. S svojim delom želim doseči pozitivne rezultate in rešiti nastali problem.

1.3 Predpostavke in omejitve

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

- pomanjkanje literature – področje konstruiranja in tehnologija obdelave je večinoma predstavljeno na splošno, kajti vsako podjetje ima svoj notranji razvoj, s katerim si zagotavljajo konkurenčnost na trgu. V podjetju so osnove konstruiranja že znane in bolj razvite od tehnologije obdelave CNC rezkanja, ki jo bo treba raziskati na novo.
- zamuda pri začetku izdelave – zaradi usklajevanja s kupcem se lahko zamakne potrditveni datum, ko sme orodje v izdelavo in se lahko zato čas, ki je namenjen za izdelavo, skrajša oziroma ga zmanjka.
- za izdelavo končnega izdelka ne bo dovolj eno orodje.
- H1 – Predstavitev trenutne problematike robkanja bakra v proizvodnji.
- H2 – Razvita naprava za robkanje bakra bo učinkovitejša.
- H3 – Z razvito napravo bo delo hitrejše, varnejše in ergonomično učinkovitejše.
- H4 – Z novo napravo prispevamo k trajnosti.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Uporabljene metode so bile naslednje:

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

2. PREDSTAVITEV PODJETJA

Elsta Mosdorfer GmbH

Elsta Mosdorfer GmbH je podjetje, specializirano za razvoj in proizvodnjo električnih in telekomunikacijskih komponent. Zelo se osredotočajo na inovacije in trajnostne rešitve, ki ustrezajo potrebam sodobne infrastrukture.

Podjetje ponuja širok spekter izdelkov, kot so električni kabli, zaščitne naprave ter rešitve za prenose in distribucijo električne energije. Z znanjem na področju tehnologije in industrijskih standardov so znani po visoki kakovosti in zanesljivosti svojih izdelkov.

Elsta Mosdorfer deluje na mednarodni ravni in sodeluje z različnimi sektorji, vključno z energetiko, telekomunikacijami in industrijsko avtomatizacijo. V ospredju njihovih prizadevanj je tudi skrb za okolje in trajnostni razvoj.

Inovacije: Podjetje se osredotoča na raziskave in razvoj, da bi zagotovilo napredne in učinkovite rešitve. Redno vlagajo v nove tehnologije in procese, kar jim omogoča, da ostajajo konkurenčni na globalnem trgu.

Trajnost: Elsta Mosdorfer se zavzema za trajnostni razvoj in okolju prijazne prakse. To vključuje zmanjšanje ogljičnega odtisa ter optimizacijo procesov in izdelkov, da bi povečali energetske učinkovitost.

Mednarodna prisotnost: Podjetje deluje na mednarodnem trgu in sodeluje z različnimi industrijskimi partnerji po svetu. To jim omogoča prilagoditev potrebam različnih trgov in strank.



Slika 1: Logotip podjetja.

Vir: <https://elsta.com/de/>.

Kakovost in standardi: Elsta Mosdorfer se drži strogih kakovostnih standardov in certifikacij, kar zagotavlja zanesljivost in varnost njihovih izdelkov.

Podpora strankam: Nudijo tudi podporo in svetovanje strankam, kar vključuje tehnične rešitve, prilagoditve in pomoč pri implementaciji.

Izdelki: Elsta Mosdorfer ponuja široko paleto izdelkov, vključno z električnimi kabli, izolatorji, zaščitnimi in merilnimi napravami ter rešitvami za distribucijo električne energije. Njihovi izdelki se pogosto uporabljajo v energetske omrežjih, železniškem transportu in komunikacijskih sistemih.



Slika 3: Produkti.

Vir: <https://elsta.com>).



Slika 2: Elektro omarice s podstavki.

Vir: <https://elsta.com>.

Kot je razvidno iz zgornjih slik, izdelujemo različne elektro omarice. Izdelujejo se iz steklenih vlakenj ter so dobavljive v dveh različnih barvah:

- RAL 7035 (rumenkast)
- RAL 7032 (sivkast/beli)

- Prav tako se razlikujejo v višini, širini in dolžini. $D \times V \times Š$



Slika 4: Transformatorska postaja.

Vir: Lasten vir.



Slika 4: Transformatorska postaja znotraj.

Vir: Lasten vir.

Na sliki je prikazana trafo postaja, katero ohišje je izdelano v slovenskem podjetju TSN Maribor in je odporna na vremenske razmere.

Slika prikazuje notranjost trafo postaje, kjer je lepo razvidna naloga zgoraj omenjenega bakra. Notranjost je odporna na vlago ter ne prebija električnega snopa.

2.1 KNILL Gruppe

KNILL Gruppe je mednarodna korporacija s sedežem v Avstriji, ki se ukvarja s širokim spektrom dejavnosti, predvsem na področju tehnologije in proizvodnje. Podjetje je znano po svoji inovativnosti in osredotočenosti na kakovost, kar se odraža v njihovih različnih produktih in storitvah.

Ključne dejavnosti:

Proizvodnja in inženiring: KNILL Gruppe proizvaja različne tehnične komponente in rešitve za industrijske stranke, vključno s področji, kot so avtomobilska industrija, energetika in telekomunikacije.

Raziskave in razvoj: Podjetje aktivno vlaga v raziskave in razvoj, da bi ostalo na čelu tehnološkega napredka. To vključuje razvoj novih materialov in procesov, ki izboljšujejo učinkovitost in zmanjšujejo stroške.

Mednarodna prisotnost: KNILL Gruppe ima obsežno mednarodno omrežje in sodeluje s strankami po vsem svetu. Njihova prisotnost na različnih trgih jim omogoča prilagoditev in optimizacijo ponudbe.

Kakovost in trajnost: Podjetje se zaveda pomena trajnostnega razvoja in se osredotoča na proizvodnjo okolju prijaznih izdelkov ter optimizacijo procesov za zmanjšanje vpliva na okolje.

Raznolike dejavnosti: KNILL Gruppe deluje v različnih panogah, kar vključuje tudi proizvodnjo plastičnih in kovinskih komponent ter rešitve za avtomatizacijo in upravljanje procesov.

Podpora strankam: Nudijo široko paleto storitev, vključno s tehnično podporo in svetovanjem, kar strankam pomaga pri izbiri pravih rešitev za njihove potrebe.

KNILL Gruppe se stalno razvija in prilagaja novim trendom v industriji, kar jim omogoča, da ostanejo konkurenčni in relevantni na globalnem trgu.



Slika 5: Logotip podružnice.

Vir: <https://www.knillgruppe.com>.

2.2 EMB - BOSNA

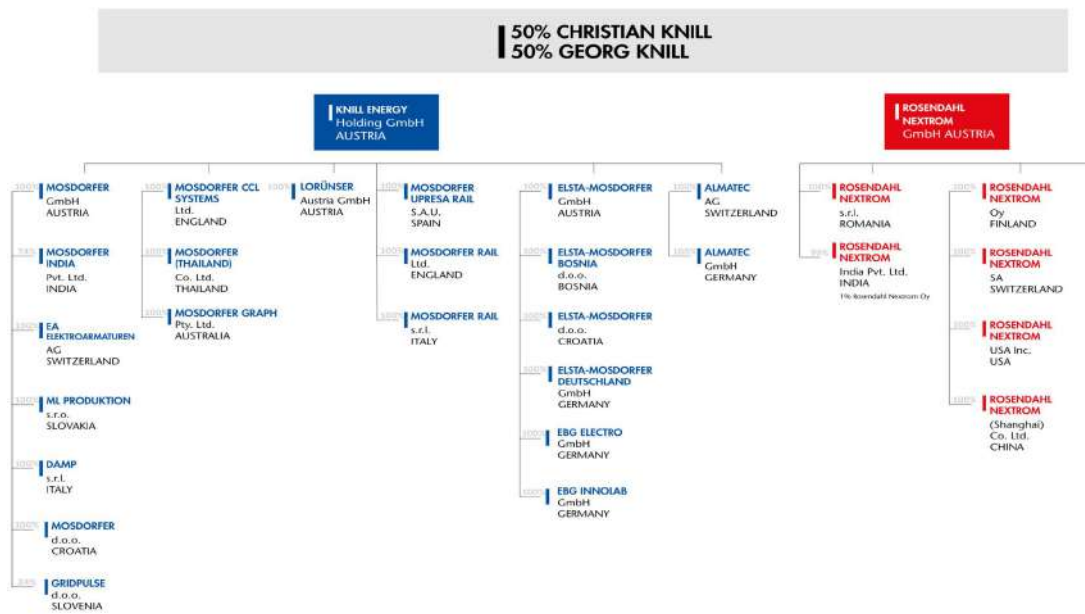
Elsta Mosdorfer Bosnien je podružnica KNILL Gruppe in se nahaja tako kot že ime pove v Bosni, natančneje v mestu Zivinice. Podjetje je bilo ustanovljeno leta 2008 in ima zaposlenih preko 300 ljudi ter je ključnega pomena, kajti izdelujejo ohišja elektro omaric iz tako imenovanega fibreglassa. Proizvodnja ima v lasti različne stiskalnice od 25 t do 100 t. Preše so v velikosti 10 m. Zraven izdelave s steklenimi vlakni izdelujejo orodja za stiskanje šablon, katere konstruiramo sami v podjetju Elsta Mosdorfer Kaindorf. Princip je dokaj enostaven. Fiberglass ali steklena vlakna so material, sestavljen iz zelo tankih steklenih vlaken, ki so pogosto prepojena s smolo, da se oblikuje trdna in lahka struktura. Uporablja se v številnih industrijah zaradi svojih odličnih lastnosti, kot so odpornost na korozijo, nizka teža, visoka trdnost in dobra izolacija. Zaradi svoje fleksibilnosti in možnosti oblikovanja je fiberglass priljubljen tudi v naši panogi. Vendar pa pri delu z njim potrebujemo ustrezno zaščitno opremo, saj lahko fini delci steklenih vlaken povzročijo draženje kože in dihal. Izdelava orodja iz fibreglassa je proces, ki vključuje več korakov, od načrtovanja do končne obdelave. Vsa orodja se v našem podjetju načrtuje oziroma konstruira v dveh različnih programih.

- CREO 7.0 - 3D prikaz
- Auto-CAD – 2D prikaz

Prednost izdelave orodja za lastno potrebo je v tem, da se ne poškoduje zlahka in se lahko uporablja ob pravilnem ravnanju več let in prav tako se zagotavlja dolgotrajna dobava rezervnih delov ali izdelava starejših serij. Izdelujemo tudi elektro omarice po želji kupca, ampak je v tem primeru potrebno večje naročilo omenjenega artikla. V preteklem letu smo izdelali 50.000 elektro omaric oz. vse skupaj 80.000 elektro omaric letno skozi vsa podjetja.

2.3 Organizacijska struktura podjetja

Organizacijska struktura podjetja Knill Gruppe temelji na decentraliziranem pristopu z dvema pravno neodvisnima enotama: Knill Energy Holding GmbH in Rosendahl Nextrom GmbH. Obe družbi sta v lasti družine Knill, natančneje bratov Christiana in Georga Knill, vsak s 50-odstotnim deležem.



Slika 5.5: Organizacijska struktura.

Vir: Organisation - Knill Gruppe.

2.4 Tehnične rešitve podjetja

2.4.1 Programska oprema Creo 7.0

Creo 7.0 je napreden program za 3D modeliranje, ki ga je razvilo podjetje PTC (Parametric Technology Corporation). Gre za eno najbolj popularnih in zmogljivih CAD (Computer-Aided Design) orodij, ki ga uporabljajo inženirji in oblikovalci po vsem svetu za izdelavo digitalnih modelov različnih izdelkov. Program omogoča ustvarjanje natančnih 3D modelov, analize, simulacije in še mnogo več. Verzija Creo 7.0 je ena izmed novejših različic tega programa, ki vključuje številne izboljšave in nove funkcionalnosti.

Ena od ključnih funkcij Creo 7.0 je generativno oblikovanje. Ta funkcionalnost omogoča ustvarjanje optimiziranih oblik komponent na podlagi določenih pogojev, kot so obremenitve, material in proizvodni procesi. Program s pomočjo naprednih algoritmov samodejno generira najboljše možne oblike za določen izdelek. To pomeni, da lahko inženirji dobijo lahke in močne strukture, ki so hkrati učinkovite in ekonomične. Generativno oblikovanje tako omogoča večjo fleksibilnost pri oblikovanju in omogoča podjetjem, da razvijajo nove, bolj inovativne izdelke.

Poleg tega Creo 7.0 vsebuje izboljšave na področju 3D tiskanja. 3D tiskanje postaja vse pomembnejši postopek v industriji, saj omogoča hitro prototipiranje in izdelavo kompleksnih geometrij. V Creo 7.0 so dodali napredne funkcionalnosti, ki omogočajo boljše pripravljanje modelov za tiskanje. To vključuje optimizacijo modelov za zmanjšanje napak pri tiskanju, večjo natančnost in boljšo podporo za različne vrste 3D tiskalnikov. Tako se lahko oblikovalci in inženirji bolj prepričajo, da bodo njihovi modeli uspešno natisnjeni brez težav. (Contributors, 2025)

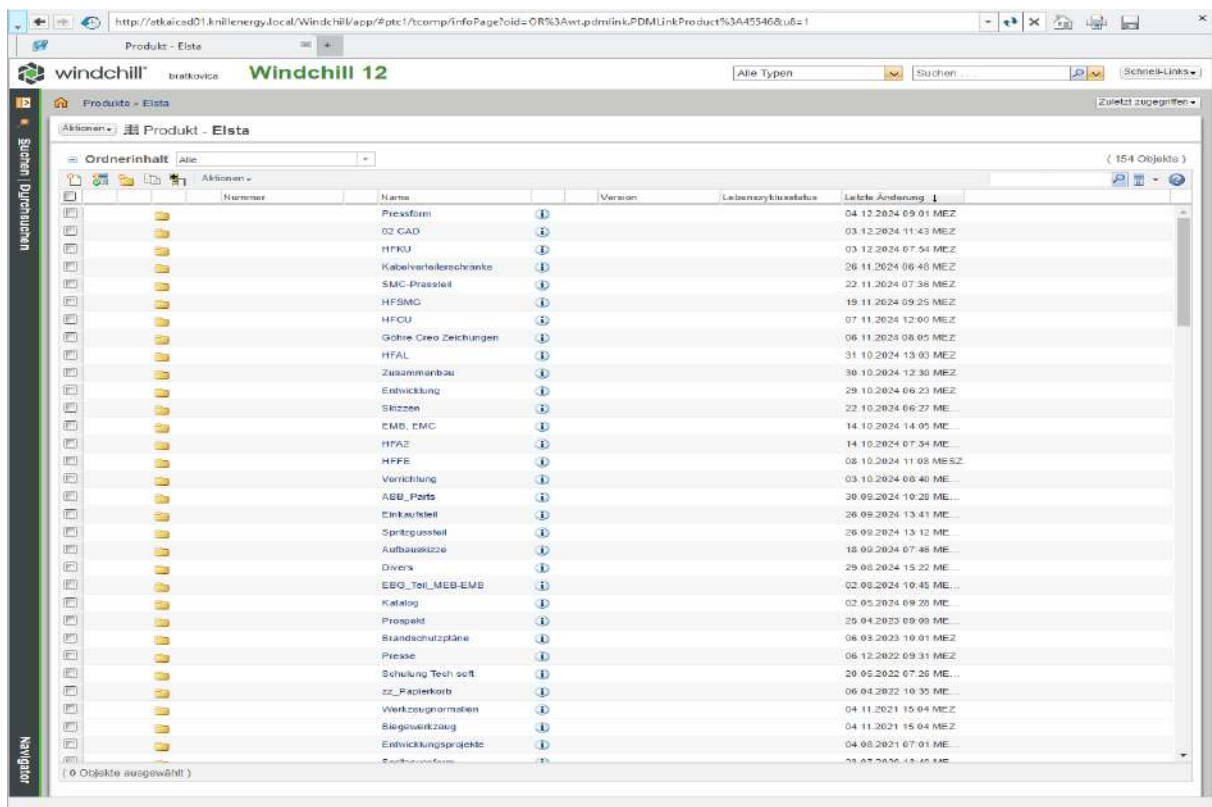
Uporabljene funkcije pri izdelavi stroja za robkanje bakra:

- CREO - Part
- CREO - Part (pločevina/Blech)
- CREO - Assembly
- CREO - Drowing

2.4.2 Shranjevalnik CREO (Windchill)

Integracija s sistemom za upravljanje življenjskega cikla izdelka (PLM)

To je še ena pomembna prednost Creo 7.0. Povezan je s programom PTC Windchill, ki omogoča lažje sledenje različicam izdelkov in obvladovanje sprememb v procesu razvoja. To podjetjem omogoča boljše sodelovanje med različnimi oddelki, hitrejšo proizvodnjo in zmanjšanje napak pri izdelavi končnih izdelkov. Pri kompleksnih projektih, kjer sodeluje več ekip, je to zelo uporabno, saj lahko vsi člani ekipe enostavno dostopajo do najnovejših podatkov in dokumentov.



Slika 6: Winchill shranjevalnik.

Vir: Lasten vir.

3. TEORETIČNI OKVIR IN PREGLED LITERATURE

3.1 Lastnosti bakra

Baker je kemijski element s simbolom **Cu** (iz latinske besede "cuprum") in atomskim številom **29**. To je kovina, ki je znana po svoji odlični električni in toplotni prevodnosti, pa tudi po odpornosti na korozijo.

Ključne značilnosti bakra:

Fizikalne lastnosti: ima značilno rdečkasto barvo, je mehak in duktilen, kar pomeni, da ga je mogoče enostavno oblikovati v tanke žice ali plošče.

Uporaba:

- **Električna industrija:** baker je široko uporabljen v električnih kablji in vezjih zaradi svoje odlične prevodnosti.
- **Gradbeništvo:** uporablja se za strešne kritine, vodovodne cevi in različne dekorativne elemente.
- **Industrijska oprema:** zaradi svoje odpornosti na korozijo se uporablja v številnih industrijskih aplikacijah.

Baker je esencialen mikroelement za ljudi, saj igra pomembno vlogo v številnih bioloških procesih, vključno z metabolizmom železa in tvorbo rdečih krvnih celic. Vendar pa prekomerna izpostavljenost lahko vodi do zdravstvenih težav.

Ekološki vidiki:

Baker je reciklabilen material, kar prispeva k zmanjšanju odpadkov in varstvu naravnih virov.

Baker je bil znan že v starih civilizacijah in se uporablja že tisočletja, predvsem v oblikah zlitin, kot je bron (zlitina bakra in kositra). Baker je torej zelo pomemben material v številnih industrijah in ima ključno vlogo v našem vsakdanjem življenju.

Baker je kovina z več pomembnimi lastnostmi, ki prispevajo k njegovi široki uporabi v različnih industrijah.

Tukaj so ključne lastnosti bakra:

1. **Električna prevodnost:** baker ima izjemno visoko električno prevodnost, kar ga dela idealnega za uporabo v električnih kablji in vezjih. Je drugi najboljši prevodnik električnega toka po srebru.
2. **Toplotna prevodnost:** baker je tudi odličen prevodnik toplote, kar omogoča njegovo uporabo v sistemih za prenos toplote, kot so radiatorji in hladilniki.
3. **Duktilnost in mehkoba:** baker je mehak in duktilen, kar pomeni, da ga je mogoče enostavno raztegniti v tanke žice ali oblikovati v različne oblike brez razpok.
4. **Korozijska odpornost:** baker se dobro upira koroziji, kar povečuje njegovo vzdržljivost. Na površini se tvori zaščitni oksidni sloj, ki ščiti osnovno kovino.
5. **Estetske lastnosti:** baker ima privlačno rdečkasto barvo, kar ga dela priljubljenega v dekorativnih elementih, kot so umetniške kovine in arhitekturni detajli.
6. **Antibakterijske lastnosti:** baker ima naravne antibakterijske lastnosti, kar pomeni, da lahko pomaga zmanjšati rast bakterij na njegovih površinah. To se izkorišča v aplikacijah, kjer je higiena pomembna, kot so kuhinjski pripomočki in medicinski instrumenti.
7. **Enostavna obdelava:** baker je enostaven za obdelavo in varjenje, kar omogoča enostavno oblikovanje in montažo v različne naprave in strukture.
8. **Reciklabilnost:** baker je 100 % reciklabilen brez izgube lastnosti, kar prispeva k trajnostni rabi virov in zmanjšanju odpadkov.

Te lastnosti skupaj naredijo baker izjemno vsestranski material, ki se uporablja v širokem spektru aplikacij, od električne in telekomunikacijske industrije do gradbeništva in umetnosti.

3.1.1 Kje se uporablja baker

Baker se uporablja v številnih panogah zaradi svojih odličnih lastnosti, kot so električna in toplotna prevodnost, duktilnost ter odpornost na korozijo. Tukaj je nekaj glavnih področij uporabe bakra:

1. Električna industrija

Kabli in žice: baker se pogosto uporablja za izdelavo električnih kablov in žic, saj ima izjemno električno prevodnost.

Električni motorji in transformatorji: baker je ključni material v navitjih motorjev in transformatorjev.

2. Gradbeništvo

Vodovodne cevi: baker se uporablja za izdelavo vodovodnih cevi in priključkov, ker je odporen na korozijo in ima dolgo življenjsko dobo.

Strešne kritine: baker se uporablja za strešne kritine, saj je estetsko privlačen in trajen.

3. Industrijska oprema

Hladilniki in radiatorji: zaradi svoje toplotne prevodnosti se baker pogosto uporablja v sistemih za prenos toplote.

Strojna oprema: baker se uporablja v različnih industrijskih napravah in strojih.

4. Avtomobilska industrija

Kabelski sistemi: baker se uporablja za električne povezave v vozilih.

Kompresorji in alternatorji: uporablja se v komponentah, ki zahtevajo dobro prevodnost.

5. Telekomunikacije

Antene: baker se uporablja pri izdelavi anten in drugih telekomunikacijskih komponent zaradi svoje odlične prevodnosti.

6. Umetnost in dekoracija

Kovinske umetnine: baker se uporablja za izdelavo kipov, nakita in drugih umetniških del.

Arhitekturni detajli: uporablja se v okrasnih elementih na zgradbah.

7. Medicinska industrija

Medicinski instrumenti: zaradi svojih antibakterijskih lastnosti se baker uporablja v nekaterih medicinskih pripomočkih in instrumentih.

8. Elektronika

Tiskana vezja: baker se uporablja v tiskanih vezjih zaradi svoje električne prevodnosti.

9. Baterije

Baterijske povezave: baker se uporablja v povezavah in kontaktnih komponentah v baterijah.

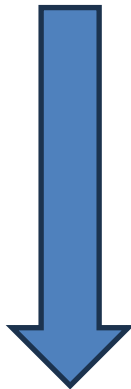
Baker je torej ključen material v mnogih industrijah in vsakdanjih aplikacijah, kar potrjuje njegovo vsestranskost in uporabnost. (Information., 2025)



Slika 7: Elektro baker.

Vir:

<https://www.indiamart.com/proddetail/copper-flat-bar-2851515412255.html>.



V podjetju se uporablja baker z oznako (elektro-baker): **R 250/300.**

Elektroprevodni baker:

Je natančno določen zaradi njegove uporabe v električni industriji, kjer so zahtevane zelo visoke lastnosti prevodnosti. Glavna sestavina je baker (Cu), prisotni pa so lahko tudi sledovi drugih elementov v zelo majhnih količinah.

3.1.2 Kemična sestava

Tabela 1: Kemična sestava elektro bakra (Kraut, 2024 5. natis)

Element	Vsebnost (v masnih %)	Opombe:
Cu (baker)	$\geq 99,90 \%$	Pogosto 99,95 %
O (kisik)	$\leq 0,04 \%$	
Pb (svinec)	$\leq 0,005 \%$	
Fe (železo)	$\leq 0,005 \%$	
As, Bi, Sb itd.	$< 0,002 \%$	Vsak

3.2 Obdelovalne metode za bakrene palice

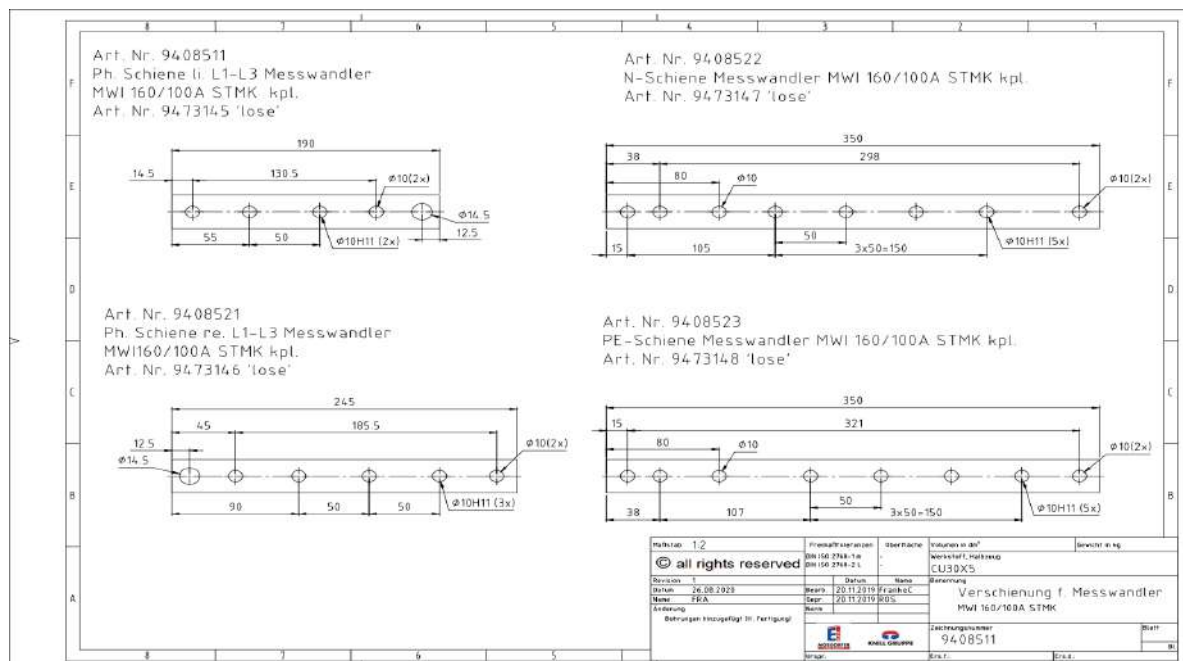
V podjetju se ukvarjamo s predelavo bakrenih palic različnih dimenzij. Kot je razvidno iz spodnje slike, so bakrene palice pravokotne oblike z različno debelino. Obdeluje se samo pravokotna oblika, saj vsakodnevno uporabljamo dimenzije, kot so:

širina: 25 mm- 160 mm

debelina: 8 mm -10 mm

Dolžina je v večini primerov končno določena s 4020 mm (razlikuje se od dobavitelja, ampak v večini primerov je zapisana mera pravilna).

Palice se obdelujejo na unikatnem stroju Boschert WK-II, kateri zagotavlja natančno in perfekcionistično obdelavo. Kot je na spodnjem načrtu razvidno, se ob tem da se izrezujejo različne dolžine, tudi hladno stiskajo matrice v obliki zvezde in imajo hrapavo središčnico, kajti v naslednjem postopku se s pomočjo raznih stiskalnic različnih moči (20 T+) hladno stiskajo matrice različnih premerov in metričnih navojev. Najpogosteje se uporablja pri trafo postajah matrice navoja M6-M12. Torej te bakrene palice montiramo v trafo postaje kot tudi v elektro omarice.

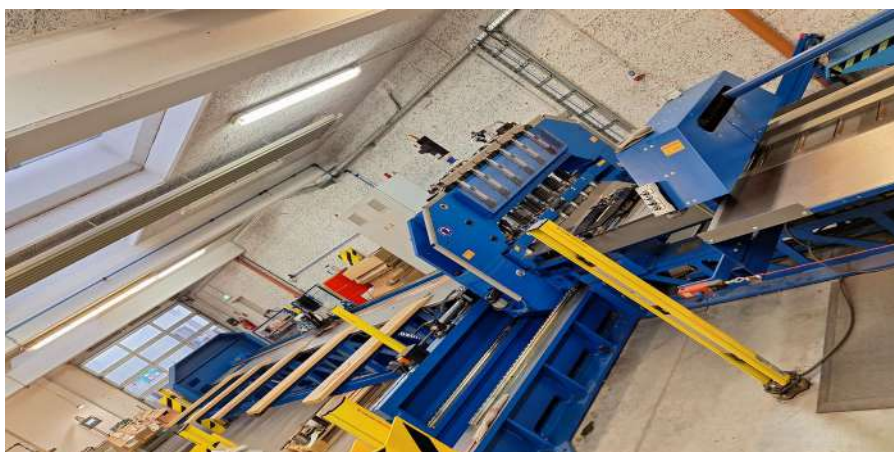


Slika 8: Tehnična risba bakrenih palic.

Vir: Lasten vir.

3.3 Naprava za obdelavo bakrenih palic

Stroj Boschert WK-II se v našem podjetju uporablja samo za bakrene palice, katerih se na leto predeluje med 200-220 ton. Naprava se krmili s pomočjo CNC komand, katere se lahko neposredno programirajo na 14 inc. zaslonu. Krmiljenje se imenuje Labod z grafičnim prikazom in je nekoliko manj običajen program. Stroj je v osnovi opremljen z X, Y in Z akso. Kot je na sliki razvidno, je X-aksa pomik bakrenih palic v + smeri. Pritrdi se s pomočjo pnevmatske roke, kateri delovni pritisk znaša 8 barov. Opremljen je z nožno pedalko, katera služi k pritrdjevanju in odpiranju pnevmatskih klešč. X0 točka je tik ob orodju, katero se nahaja v središču naprave in služi k začetni in končni točki samega materiala. Y točka je pomik samega orodja v +Y in -Y 4020 mm. V pomično glavo se lahko hkrati naloži 16 orodij (matric), katere se s pomočjo programa v sami orodni lestvici menjujejo. Pred samim orodjem se nahajajo pnevmatske klešče, katere se lahko po potrebi povečajo ali manjšajo. Namen samih klešč pred orodjem je zmanjšati možnost ohlapnega vpetja, kajti drugače je velika verjetnost, da se matrice okrušijo ali celo odlomijo, ob tem se zmanjša opletanje in posledično je tudi manjša verjetnost samega trka materiala v robove delovne površine. Z-aksa služi k dvigu in spustu orodja. Pomembnost pri tej aksi je hladen stisk orodja v obdelovanec. Potrebno je opazovati, da orodje stisne obdelovanec do te globine, da je matrica nepoškodovana ali minimalno poškodovana, kajti v nasprotnem primeru ogrožamo površino obdelovanca, katera je v vseh primerih na videz gladka. (Boschert., 2014)



Slika 9: Naprava za obdelavo bakrenih palic.

Vir: Lasten vir.

- ❖ **Kapaciteta prebijanja:** odvisno od vrste materiala in debeline, običajno do 6 mm pri jeklu pri bakru pa do 10 mm.
- ❖ **Delovna površina:** običajno okoli 1250 mm x 2500 mm.
- ❖ **Hitrost prebijanja:** variabilna, omogoča hitro obdelavo.
- ❖ **Vrsta orodij:** podpira široko paleto orodij za prebijanje, rezanje in oblikovanje.
- ❖ **Natančnost:** visoka natančnost pri prebijanju, zmožnost ponovljivega dela.
- ❖ **Krmiljenje:** moderni CNC sistem za enostavno programiranje in upravljanje.
- ❖ **Maksimalni tlak:** običajno do 2000 kN, kar zagotavlja močno prebijanje.

Te specifikacije se lahko razlikujejo glede na model in dodatne možnosti, katere se lahko zakupijo.

❖ **Delovanje:**

Delovanje prebijalnega stroja Boschert WK-II temelji na mehanizmu, ki omogoča natančno in učinkovito obdelavo materialov. Tukaj je osnovni opis delovnega procesa:

1. **Priprava materiala:** material se postavi na delovno mizo stroja. Miza je lahko opremljena z vodili za natančno pozicioniranje.
2. **Programiranje:** uporabnik vnese želene specifikacije in obliko obdelave preko CNC sistema. Ta omogoča enostavno programiranje različnih vzorcev in oblik.
3. **Prebijanje:** ko je material pravilno pozicioniran in program nastavljen, stroj aktivira prebijalni mehanizem. Orodje se spušča in z močjo prebija material.
4. **Odstranjevanje odpadkov:** po prebijanju se odpadni material odstrani, običajno z uporabo transportnega sistema ali ročno.

5. **Konec cikla:** postopek se ponovi za naslednje dele, kar omogoča hitro in učinkovito proizvodnjo. Stroj je zasnovan za enostavno vzdrževanje in prilagoditev, kar omogoča dolgo življenjsko dobo in optimalno delovanje.



Slika 10: Obdelovalna površina.

Vir: Lasten vir.

3.3.1 Orodje za Boschert WK-II

Orodja System Amada se uporabljajo v ojačani obliki za naše prebijalne stroje CU WK II in CU Profi. Ker so naša orodja izdelana iz zelo kakovostnega jekla, so naše stranke lahko prepričane, da bodo dosegla najboljše možno življenjsko dobo.

Na splošno izvajamo izračune trdnosti za posebna orodja (zlasti za posebne oblike) in lahko uporabimo dodatne posebne materiale in postopke utrjevanja za konture, ki so v nevarnosti zloma, da lahko zagotovimo funkcionalno garancijo. Orodja, ki se uporabljajo s prebijalnim strojem Boschert WK-II, so zasnovana za različne vrste obdelav. Tu je nekaj ključnih informacij:

Zanesljivost: kakovostna izdelava orodij pomeni manj zastojev in daljšo uporabo brez potrebe po pogostem vzdrževanju.

Matrice, katere se uporabljajo v podjetju, so:

- **prebijalna orodja:** uporabljajo se za natančno prebijanje lukenj v različnih materialih;
- **rezila:** namenjena so rezanju materialov po določenih konturah;
- **oblikovalna orodja:** omogočajo oblikovanje materialov v specifične oblike;
- **materiali orodij:** orodja so običajno izdelana iz visoko kakovostnega jekla, kar zagotavlja dolgo življenjsko dobo in odpornost proti obrabi;
- **prilagodljivost:** orodja se lahko prilagodijo specifičnim potrebam uporabnika, kar omogoča večjo fleksibilnost pri proizvodnji;
- **enostavna menjava:** orodja so zasnovana za hitro in enostavno menjavo, kar povečuje učinkovitost proizvodnega procesa.



Slika 11: Orodje za obdelavo.

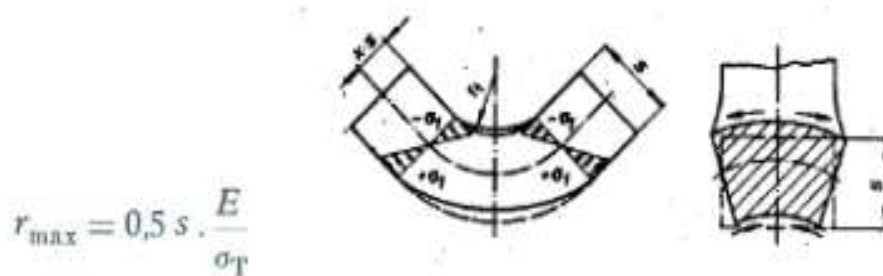
Vir: <https://boschert.de/index.php/de/blechbearbeitung/werkzeuge/system-amada>.

3.4 Upogibanje bakrenih palic

Upogibanje je proces preoblikovanja, pri katerem prevladujejo upogibne obremenitve. V tem procesu se material na zunanji strani razteza, medtem ko se na notranji strani krči. Elastično izravnavanje ima ključno vlogo pri ohranjanju dimenzij izdelka, zato ga nikakor ne smemo spregledati. Razumevanje teh pojavov je pomembno, saj lahko njihovo zanemarjanje vodi do neustreznih in potencialno nevarnih zasnov v inženirstvu.

Osnove:

S postopki upogibanja se ravni deli pločevin ali profilov plastično deformirajo. Ti procesi ležijo znotraj intervala minimalnega in maksimalnega upogibnega polmera - ru. Pri polmeru, ki bi bil manjši od minimalnega r_{min} , bi prišlo do porušitve ali razpok, pri večjih od maksimalnega r_{max} pa se trajne deformacije sploh ne bi pojavile. Po razbremenitvi bi se obdelovanec zravnil nazaj na začetno obliko. Minimalni upogibni polmeri so zbrani v razpredelnicah, maksimalne pa izračunamo po enačbi (Študentski.net, 2018).



σ_T - meja plastičnosti, E - elastični modul.

Slika 12: Meja plastičnosti.

Vir: <https://henry.baw.de/server/api/core/bitstreams/e02eef98-cef5-4d4c>.

Na mestu upogiba se pločevina utrdi in stanjša. Utrditev je največja na polmerih ru R (slika 12), na polmeru p pa ostane nedeformirana. To dejstvo je potrebno upoštevati pri izračunu dolžin prirezov L oziroma surovcev, iz katerih upogibamo določene izdelke. Nekaj primerov je razvidnih iz slik.



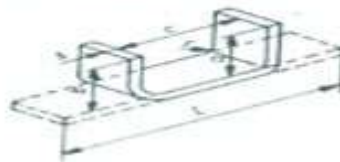
r_n — upogibni polmer
 Q — polmer nevtralnega vlakna
 x — upogibni koeficient
 $x \leq \frac{1}{2}$
 $x = 1(\frac{1}{2}x)$

Slika 85. Razmere v upogibnem področju

$L = a + b + D$ [mm]
 D — dodatek [mm]



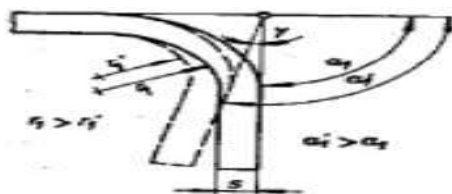
$L = a + b + c + D$ [mm]
 D — dodatek [mm]



Slika 13: Razmere v upogibnem področju..

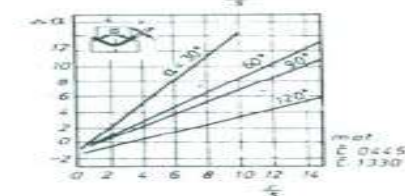
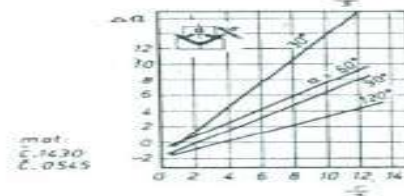
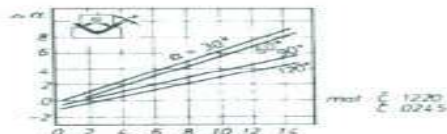
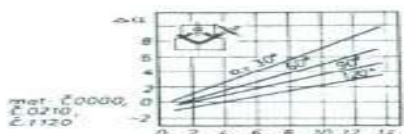
Vir: <https://izw.baw.de/publikationen/dresdner>.

Poleg plastičnih se pri upogibanju pojavljajo tudi elastične deformacije, ki delno zravnavajo izdelek. Če hočemo pločevino upogniti za kot α_0 , mora orodje imeti kot α , ki je za $\Delta\alpha$ manjši. Ta kot lahko izračunamo ali pa določimo na podlagi eksperimentalno ugotovljenih vrednosti (slika 13).



$$\begin{aligned}
 R &= \frac{E s}{1 + 2 \frac{Q^2}{R^2} \frac{1}{R}} \\
 \Delta\alpha &= \alpha_0 - \alpha \\
 \Delta\alpha &= 1180 - 0.5 \sqrt{\frac{E}{s}} - 17
 \end{aligned}$$

Slika 89. Izračun kota zravnavanja



Slika 90. Diagrami za določanje kota zravnavanja

Slika 14: Določanje kota zravnavanja.

Vir: <https://henry.baw.de/server/api/core/bitstreams/e02eef98-cef5-4d4c-b436-b0f7fe60af08/content>.

V podjetju lastimo dva upogibna stroja znamke Stierlie Bieger in Indumasch. Napravi sta namenjeni zgolj upogibanju bakrenih palic s poznejšo montažo. Maksimalni in minimalni upogibni obdelovanec lahko meri v širino 10 mm in debelino 2 mm.



Slika 15: Prikaz upogibnih bakrenih palic.

Vir: Lasten vir.

3.5 Postopki hladnega stiskanja navojnih matic

Hladno stiskanje navojnih matic je postopek, pri katerem se navojne matice oblikujejo iz kovinskih trakov ali palic pri nizkih temperaturah. Ta metoda omogoča učinkovito in natančno proizvodnjo, pri čemer se dosežejo odlične mehanske lastnosti in površinska kvaliteta.

Prednosti hladnega stiskanja navojnih matic:

1. **Visoka natančnost:** hladno stiskanje omogoča doseganje natančnih dimenzij in pravilnih navojev, kar zmanjšuje potrebo po dodatni obdelavi.
2. **Izboljšane mehanske lastnosti:** postopek povečuje trdnost in togost materiala, kar je pomembno za trajnost matice.

3. **Zmanjšanje odpadkov:** material se oblikuje brez segrevanja, zato se zmanjša količina odpadnega materiala, kar je bolj ekonomično in okolju prijazno.
4. **Hitrejša proizvodnja:** postopek je običajno hitrejši od tradicionalnih metod oblikovanja, kar povečuje produktivnost.



Slika 16: Naprava za hladno stiskanje matic.

Vir: Lasten vir.

Hladno stiskanje navojnih matic se pogosto uporablja v avtomobilski industriji, gradbeništvu in drugih področjih.



Slika 17: Končen izdelek.

Vir: Lasten vir.

Opis postopka:

V podjetju, natančneje v mehanski delavnici, se dnevno v dveh izmenah (16 ur) delavci srečujejo s hladnim stiskanjem različnih matic (metričnega navoja M8, M10, M12, itd.) v bakrene palice. Napravi po imenu Müller in Ha-CO sta narejena po principu obdelovalne mize, katera ima tipalo in se obdelovanec primerne matrice nasede, tako da ne more priti do trka ali neenakomerno pritisnjene matrice. Postopek izkazuje 98 % uspešnost in je majhna verjetnost izgube materiala. Kot je na sliki razvidno, je matica na zgornji strani podobna vsem ostalim, ampak se na spodnji strani razlikuje, saj ima 5 mm puščen premer, kateri je spiralno narobkan in služi kot optimalni pritrdilni pogoj. V primeru napačne navojne matrice se lahko ta odstrani tako, da se obdelovalec za 180 stopinj obrne in se namesti priprava, s katero se matica zlahka odstrani iz obdelovanca. Kot omenjeno se pri tem postopku površina in obdelovanec minimalno obrabita in je zato primerna v naši stroki.

Priprava materiala:

- Običajno se uporabljajo kovinski trakovi ali palice, najpogosteje iz jekla. Material mora biti ustrezno obdelan in pripravljen za oblikovanje.

Oblikovanje:

- Material se vstavi v stiskalnico, kjer se z uporabo velike sile stisne v obliko matic. Pri tem se uporabljajo kalupi, ki določajo končno obliko in dimenzije.

Oblikovanje navojev:

- Po osnovnem oblikovanju se navojne matrice običajno obdelajo z dodatnimi postopki, kot je navojenje. To lahko vključuje rezanje navojev ali uporabo procesov, kot je hladno valjanje navojev.

Kontrola kakovosti:

- Po končnem oblikovanju se matice preverijo za natančnost dimenzij, kakovost navojev in druge specifikacije. To vključuje vizualne preglede in merjenja.

Hladno stiskanje omogoča dosego visokih toleranc, kar je ključno za delovanje navojnih spojev. Postopek povečuje trdnost in trdoto materiala zaradi orientacije kristalnih struktur, kar izboljšuje zmogljivost končnih izdelkov. Hladno stiskanje ustvarja manj odpadnega materiala v primerjavi s tradicionalnimi metodami, kot je rezanje, kar zmanjšuje stroške in vpliv na okolje. Hladno stiskanje omogoča hitrejšo proizvodnjo, kar povečuje produktivnost in zmanjšuje stroške dela. Niso vsi materiali primerni za hladno stiskanje. Na voljo so omejitve glede debeline in vrste materialov. Hladno stiskanje lahko povzroči notranje napetosti, kar lahko vpliva na dolgoročno zanesljivost. Morda bo potrebna le dodatna obdelava za dosego končne površinske kakovosti ali funkcionalnosti.

Avtomobilska industrija: hladno stiskane matice se široko uporabljajo pri proizvodnji vozil za zagotavljanje trdnih in zanesljivih spojev.

Gradbeništvo: v gradbeni industriji se uporabljajo za povezovanje konstrukcijskih elementov.

Elektroindustrija: uporabljajo se v električnih napravah, kjer so potrebni močni in natančni spoji.

3.5.1 Zakaj se uporabljajo bakrene palice s stiskanimi navojnimi maticami

Kot je razvidno iz zgornjih slik, kjer sem podrobneje opisoval trafo postaje in elektro omarice, je to eden glavnih prenosnikov električne energije.

Debelina prevleke je navadno med **5 in 20 mikrometrov**.

Masni delež cinka v končnem izdelku (npr. bakrena palica s cinkovo zaščito) je **zelo nizek – manj kot 1 %** skupne mase.



Slika 18: Prikaz prisotnosti cinka.

Vir: Lasten vir.

Uporabljajo se zgolj z namenom pritrdjevanja brez deformacije same oblike. Uporabljajo se kot metrični navoji npr.:

- M8 (korak navoja 1.75)
- M10 (korak navoja 1.75)
- M12 (korak navoja 2)



Slika 19: Prikaz uporabe bakrenih palic.

Vir: Lasten vir.

4. IDENTIFIKACIJA PROBLEMA IN IZZIVOV PRI OBDELAVI BAKRA

4.1 Izpostava problema

Kot je razvidno iz zapisanega, se diplomska naloga nagiba k reševanju vsakodnevnega problema v proizvodnji. Če se baker pred obdelavo ne robka, lahko to povzroči več težav. Neobdelani robovi lahko povzročijo pokanje ali lomljenje materiala med nadaljnjo obdelavo, saj se napetosti v materialu ne porazdelijo enakomerno. Prav tako lahko neobdelani robovi vodijo v neenakomerno obdelavo, kar pomeni, da lahko pride do napak v obliki ali dimenzijah končnega izdelka. Obdelava robov omogoči natančnejše oblikovanje in upogibanje, saj robovi niso ostri in se material lažje prilagaja obdelavi. Poleg tega lahko neobdelani robovi povečajo trenje med materialom in orodjem, kar lahko poškoduje orodje in skrajša njegovo življenjsko dobo. Z robkanjem bakra se tako zagotovi boljša kvaliteta izdelka, daljša življenjska doba orodij in večja natančnost pri obdelavi. Eden od razlogov je, da lahko neobdelani robovi povzročijo težave pri nadaljnji montaži ali spajkanju. Če so robovi ostri ali neravni, je lahko težje doseči tesne, trdne spoje, ker se robovi ne prilegajo dobro drug drugemu. Poleg tega lahko ostri konci poškodujejo druge dele, s katerimi pridejo v stik med nadaljnjim ravnanjem, transportom ali montažo. To lahko vodi v manjšo kakovost končnih izdelkov ali poškodbe med transportom. Tudi estetski razlogi niso zanemarljivi. Neobdelani robovi lahko naredijo izdelek vizualno neurejen ali neraven, kar je lahko težava pri izdelkih, kjer je vizualni izgled pomemben. Če se baker ne robka, je torej verjetnost za nastanek različnih težav večja, saj vpliva na funkcionalnost, estetiko in kakovost celotnega procesa obdelave in končnega izdelka. Do sedaj se je zmeraj baker robkal s pomočjo ročnega brusilnega stroja, pri katerem ga je ob večji seriji problematično držati v roki in je zelo velik faktor nevarnosti, kateri se skriva za to nalogo. Kot primerjavo imamo veliko naročilo tudi za Bosno in njihovo proizvodnjo in vzame veliko časa in moči, prav tako pa je nevarno za pljuča, kajti z brušenjem nastane bakren prah.



Slika 20: Orodje za brušenje.

Vir: <https://www.metabo.com/at/de/maschinen>.

4.2 Posledice brušenja bakra

Bakreni prah ni posebej strupen, lahko pa predstavlja tveganje za zdravje, predvsem zaradi vdihavanja drobnih delcev. Če se prah dolgo vdihava v večjih količinah, lahko draži dihalne poti, kar povzroči kašelj, težave z dihanjem ali vnetje grla. Če pa je izpostavljenost dolgotrajna, lahko vodi tudi v kronične težave z dihalnimi potmi, kot je bronhitis.

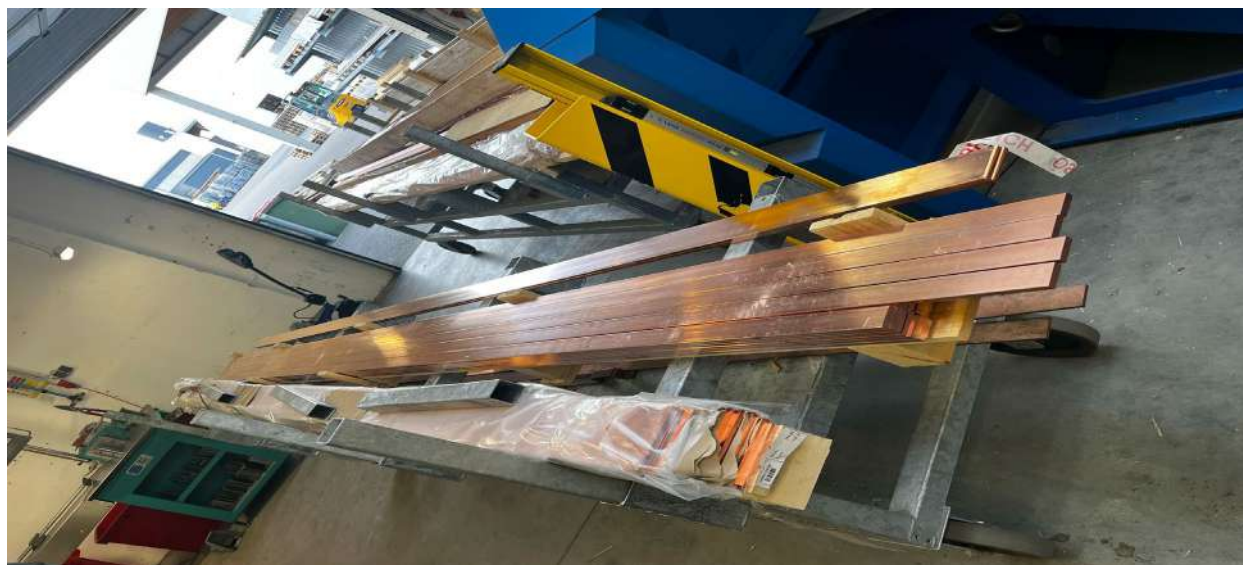
Poleg tega lahko vdihavanje prahu pri nekaterih ljudeh sproži alergijske reakcije, kot so astma ali rinitis. Prah lahko povzroči tudi draženje oči in kože, če pride v stik z njimi. Zato je priporočljivo, da se pri delu z bakrenim prahom uporablja ustrezna zaščita – zaščitna maska, očala in rokavice so osnovna zaščita. Če pa je prah v zraku v večjih količinah, je potrebna še boljša ventilacija in dodatna zaščita dihal. Čeprav baker ni tako strupen kot nekatere druge kovine, je kljub temu najbolje poskrbeti za varnost, da bi se izognili morebitnim težavam z zdravjem. (Margan, 2021)



Slika 21: Bakren prah.

Vir: <https://mercato metalli.com/pt/produto/granulado-de>.

Prikaz neobdelanega materiala



Slika 22: Prikaz surovca.

Vir: Lasten vir.



Slika 23: Neobdelani robovi.

Vir: Lasten vir.

Prikaz obdelanega materiala:



Slika 24: Zaključek strojne obdelave.

Vir: Lasten vir.



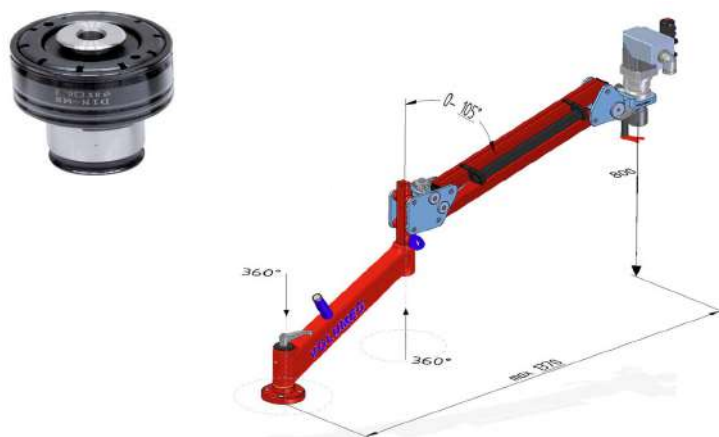
Slika 25: Prikaz robkanih robov.

Vir: Lasten vir.

5. RAZVOJ NAPRAVE

5.1 Volumec (naprava za vrtanje in vrezovanje navojev)

Volumec Joytap 2 je naprava, katera se v našem podjetju uporablja za vrtanje izvrtin ali rezanje navojev različnih metričnih dimenzij. Uporabljamo jo izključno v BAZ 1 in BAZ 2 oddelku, katera se ukvarjata s frezanjem HP plat različnih dimenzij. Je zelo priročna, saj stroj producira omenjene plate, delavec pa hkrati reže navoje. Je hitro zložljiva naprava, katera ima delovno mizo na kolesih za lahkotno premestitev. Glava za vpenjanje različnih svedrov ali navojnih svedrov ima enake specifikacije kot pri CNC frezah.



Slika 26: Naprava Volumec.

Vir: <https://www.volumec.it/de>.

Kot je razvidno iz slike, ima masivno ogrodje, katero omogoča pomik celotne roke v spodnjem delu (torej zasuk 360°). V središču same konstrukcije je omogočen naklon do 105° ter 800 mm horizontalnega premika. Roka se lahko v celoti zloži in je magnetno pritrjena, tako da je onemogočeno opletanje same konstrukcijske roke. Sam doseg roke meri približno 1400 mm. (Volumec, 2011)

Orodje (frezala, svedri ali navojni svedri) se lahko v nekaj trenutkih zamenja z enostavnim pritiskom orodja v motor. Notranjo varovalo same glave omogoča enostavno menjavo ter brez kakršnih koli težav lahko nadaljujemo delo.

5.2 Stroj za robkanje bakra

Koncept oziroma konstrukcija naprave za robkanje bakra je sestavljena iz podobnih mer kot dejanska naprava za vrtanje navojev in lukenj Volumec Joytap 2. Koncept in delovna površina je primerna za odlaganje ter robkanje samega bakra. Delovna površina meri 1200 mm v dolžino in 600 mm v širino, višina je prilagojena na 900 mm tako, da lahko brez težav v proizvodnji delavci držijo ravno držo in pri tem upravljajo vse funkcije, katere naprava ponuja. Na delovni površini se znajdetta dva pnevmatska primeža, katera sta opremljena s pedalko za pnevmatsko prijemanje samega bakra. Primeža se s pomočjo sank pomikata levo in desno, kar delavcu olajša pomik pri daljšem obdelovancu. V notranjem delu primeža so pakne, katere imajo stopničkasto obliko globine 1,5 mm vse do 3 mm, tako da lahko v kratkem času pritrdilna vijaka odvijesh in nato zamenjaš stopničkaste pakne pri različnih debelinah bakra. Tlak se regulira z merilno uro, ki je pritrjena na levi strani obdelovalne mize. S tem pripomoremo k regulaciji tlaka in prav tako zmanjšamo možnost upogiba bakrenih palic. Prav tako je na obdelovalni mizi izreznina, v katero se pritrdi rešetkasto sito, katero omogoča, da bakren prah sesa v posodo in hkrati onemogoči dostop kakršnih koli drugih umazanij, katere bi ogrožale življenjsko dobo same sesalne naprave.



Slika 28: Koncept naprave.

Vir: Lasten vir.

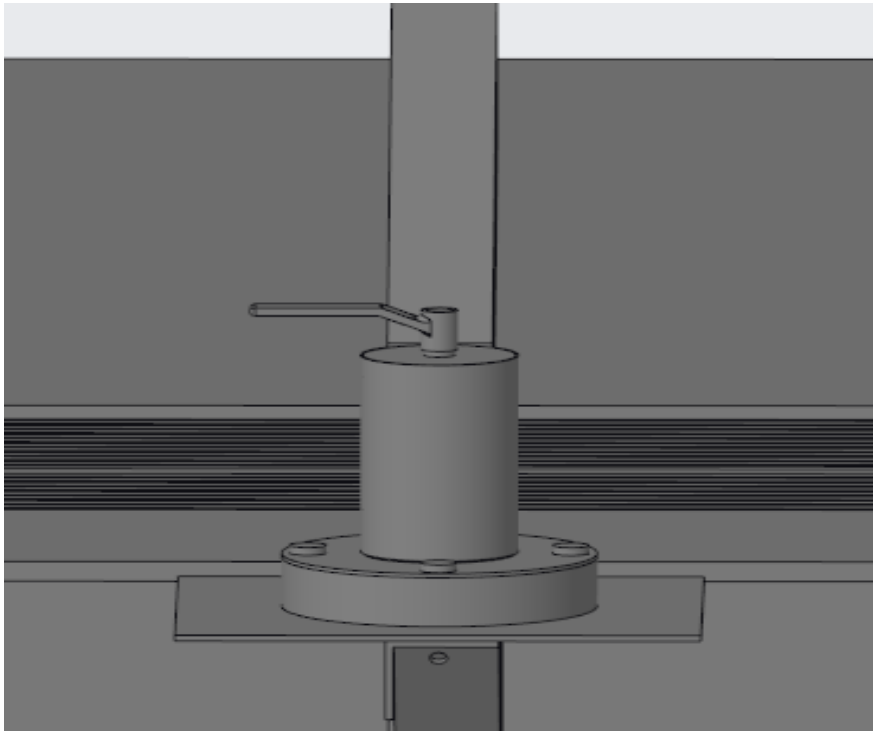
Sestavni deli:

Sestavni deli se delijo na mehanske dele, konstrukcijske dele ter pnevmatske dele.

Profili pri sestavi ogrodja obdelovalne mize so: 40 mm x 40 mm x 3 mm

5.3 Način premika roke

Kot prvi način prikaza je namenjen samo premiku celotne roke. Spodnji podstavek, kateri pritrdjuje celotno konstrukcijo, ima možnost zasuka do 360 stopinj. Prav tako je možno kompletno zaporo zasukati s pomočjo gornjega držala, katero lasti navojnico in se v smeri urinega kazalca zapre oziroma fiksira, medtem ko zasučemo ročko proti urinem kazalcu, se prične roka prosto gibati v zasuku 360 stopinj.



Slika 29: Premik roke 360°.

Vir: Lasten vir.

V zgornjem delu roke, na katero je pritrjeno orodje, je pa možen zasuk 105 stopinj za lažjo obdelavo (robkanje) materiala. Celotno roko je možno zložiti v princip harmonike, kar pomeni da je na 40 mm x 40 mm x 3mm kvadratni palici nameščen na dveh delih magnet, katerega funkcija je zložiti roko za lažji transport in ne zaseda veliko prostora.

5.4 Način premika celotnega obdelovanca po vodilih

Pod drugi način beležim izvedbo izdelave tako, da se vodila, na katerih bi bil montiran samo eden od omenjenih pnevmatskih primežev, prosto gibajo po Y osi. Pri tem načinu moramo upoštevati, da bi bil sam motor fiksno pritrjen v smeri X ter Y, a le Z os bi bila možna gibanja maksimalno 50 mm, saj sami ne bi potrebovali večjega premika. Sami imamo v podjetju največjo debelino materiala 40 mm. Način premika obdelovalca bi torej potekala tako, da bi se obdelovanec vpnel v pnevmatski primer s pomočjo stopničkastih čeljusti, minimalna globina vpetja bi znašala 3mm s pritiskom 80 do maksimalno 120 barov, saj moramo upoštevati, da je material sam po sebi zelo mehek. Sani bi bile v izmeri z dolžino 500 mm pritrjene trikrat z luknjami 8 mm in nato pritrjene z M8 maticami nižje izvedbe, da se ne more primer udarjati ob vijake ter s spodnje strani prav tako pritrjene s trikratno podložko ter trikrat M8 matico. Na vodilih bi se torej znašel pnevmatski primež, kateri se bi prosto podajal po vodilih v Y osi.

Ob upoštevanju varnosti pri delu bi se ob obdelovancu znašla priprava, katera določa kot ter globino samega robkanja. Kot zgoraj že omenjeno bi bila naprava prav tako pritrjena na obdelovalno mizo z možnostjo pomika in lahke transportacije na druge oddelke v podjetju. Opremljena bi bila z odsesavanjem, saj smo ugotovili, da lahko bakren prah slabo vpliva na naše počutje oziroma dihalo. Prav tako bi bila glava deležna hitre montaže, torej bi bila menjava orodja enostavna in hitra. Vpeto orodje bi vsebovalo frezalo premera od konice 2 mm vse do 16 mm pod kotom 45 stopinj. Pomik v Z osi bi bil zmožen s pomočjo vgrajenega cilindra do maksimalno 50 mm.

Ta način bi bil cenovno ugodnejša varianta, ampak se mi za proizvodnjo ne zdi odprava problema, kajti ob večkratni dnevni uporabi postane za proizvodnega delavca večji izziv uporabe kot prvi način pomik same roke. Tako sem se ob dolgem razmišljanju in pogovoru z mentorjem v službi odločil, da bom podrobneje opisal prvi način.

5.4.1 Orodje za nakup:

Tabela 2: Orodje za nakup

naziv orodja	Količina:
pnevmatski primež	2 x
pnevmatske pakne	4 x
motor	1 x
vpenjalne glave	4 x
orodje	2-3 x
sesalec	1 x
kolesa za obdelovalno mizo	4 kos



Slika 30: Pnevmatiski primež.

Vir: <https://maschinenhandel-wilhelm.de>.

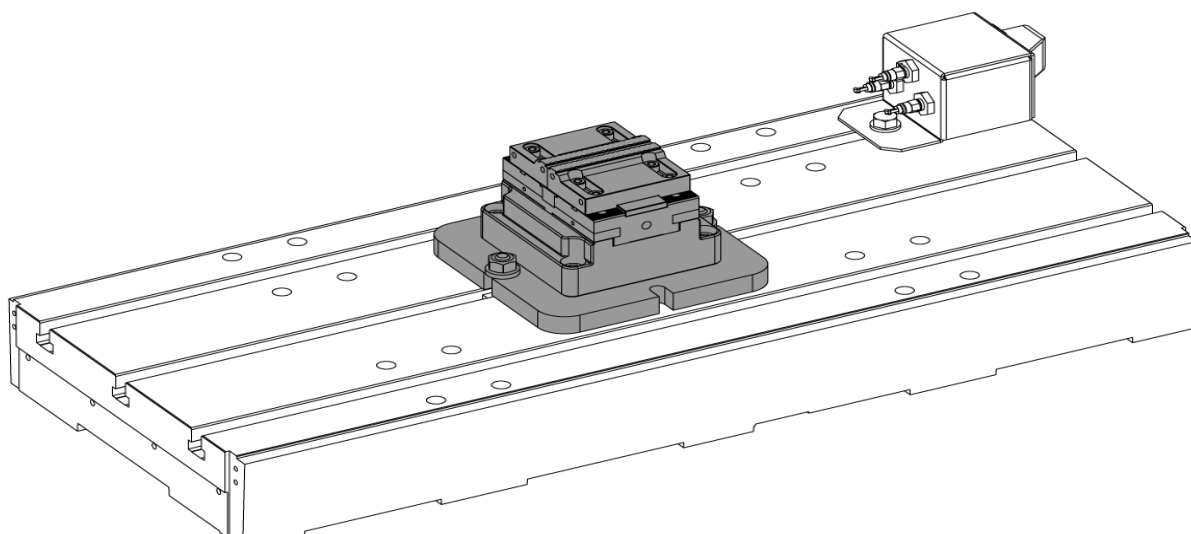
5.5 Princip pnevmatskega primeža

Pnevmatski primež je osnovni mehanizem, ki omogoča pritrditev obdelovanca na določenem mestu z namenom zagotavljanja stabilnosti in natančnosti pri različnih industrijskih procesih. Uporablja se predvsem v proizvodnih procesih, kot so obdelava materialov, varjenje, montaža in testiranje, kjer je pomembno, da so deli natančno pritrjeni in se ne premikajo med izvajanjem nalog.

Vpenjalni primež deluje na preprostem principu prenosa sile. Pritrditev obdelovanca je običajno dosežena z vpenjanjem s pomočjo različnih vrst mehanskih sistemov, kot so klešče, sponke, stiskalnice ali drugi mehanizmi, ki omogočajo pritisk na obdelovanec in ga zadržijo na željenem mestu. Ta pritrditev omogoča, da med obdelavo ali montažo ni nezaželenih premikov, kar lahko zmanjša napake in izboljša kakovost izdelka.

Običajno se uporablja v primerih, kjer je potrebna visoka stopnja natančnosti. Na primer pri obdelavi kovin na stroju, kot so stružnice ali freze, mora biti obdelovanec trdno pritrjen, da se prepreči njegovo gibanje, saj bi premikanje lahko povzročilo neenakomerno obdelavo, kar bi zmanjšalo natančnost. Podobno pri varjenju, kjer so deli postavljeni v določeno poravnavo, da se dosežejo močni in natančni spoji. Pri montaži različnih komponent v proizvodnji pa je vpenjanje ključno za zagotovitev pravilne orientacije in stabilnosti med sestavljanjem.

Poleg tega so sodobni vpenjalni sistemi pogosto zasnovani tako, da omogočajo hitro vpenjanje in sproščanje obdelovanca. To povečuje učinkovitost in zmanjša potrebo po dolgotrajnih nastavitvah. S tem se povečuje produktivnost, saj omogoča hitrejša prehode med različnimi fazami proizvodnje. Z ustrezno izbiro vpenjalnih naprav in tehnik lahko podjetja dosežejo večjo natančnost in kakovost v svojih proizvodnih procesih, kar je ključno za doseg konkurenčnosti na trgu. (Humski, 2019)



Slika 31: Princip vpetja s pnevmatskim primežem.

Vir: <https://www.haascnc.com/de>.

5.5.1 Princip vpetja bakrenih palic

Princip vpetja bakrenih palic v pnevmatski primež temelji na uporabi pnevmatike za hitro in učinkovito pritrditev obdelovanca, v tem primeru bakrenih palic, v stabilen položaj med obdelavo. Pnevmatiski primeži so izjemno uporabni v industriji, ker omogočajo hitro vpenjanje brez potrebe po kompleksnih mehanskih ali električnih sistemih, kar pripomore k večji produktivnosti in natančnosti pri delu.

Delovanje:

Pnevmatiski primež uporablja stisnjen zrak za prenos sile. V primeru vpetja bakrenih palic sistem deluje tako, da se zrak usmeri v pnevmatski cilinder, ki premakne vpenjalne komponente, kot so čeljusti ali plošče. Ko je tlak v sistemu nastavljen, se te komponente razširijo in objamejo bakreno palico, jo zadržijo na mestu in preprečijo morebitno gibanje med obdelavo.

Komponente (sestavni deli):

Pnevmatiski cilinder:

To je osnovna enota, ki uporablja stisnjen zrak za premikanje batov. Ko zrak vstopi v cilinder, premakne bat, kar povzroči gibanje vpenjalnih delov, ki zgrabi obdelovanec.

Vpenjalne čeljusti ali plošče:

Te so oblikovane tako, da varno pritrdi bakrene palice brez poškodb materiala. Na tem mestu je pomembno, da so čeljusti dovolj fleksibilne za prilagoditev na različne oblike, vendar dovolj trdne, da material ostane stabilen.

Regulator tlaka:

Za natančno in varno vpetje je ključnega pomena, da je tlak stisnjenega zraka pravilno nastavljen. Premajhen tlak lahko pomeni, da obdelovanec ni dovolj trdno vpet, medtem ko preveč zraka lahko poškoduje občutljiv material, kot je baker.

Sistem za sproščanje:

Ko je obdelava končana, se tlak v sistemu zmanjša, kar povzroči sprostitve vpenjalnih komponent. Ta hitra sprostitve omogoča, da se bakrene palice enostavno odstranijo brez dodatnih zamud.

5.6 Prednosti in slabosti pnevmatskega sistema

Prednosti:

- hitrost,
- natančnost,
- enostavna uporaba,
- energetska učinkovitost,
- zanesljivost,
- hitra prilagodljivost,
- dolga življenjska doba,
- manjša potreba po vzdrževanju,
- enostavna integracija v avtomatizirane linije.

Slabosti:

- omejena sila vpenjanja,
- kljub visoki hitrosti manjša natančnost pri zelo majhnih spremembah tlaka,
- potreba po stalnem viru stisnjenega zraka,
- vpliv temperature in vlage na delovanje,
- manjša prilagodljivost pri dinamičnih nalogah,
- potrebno vzdrževanje in skrb za čist zrak,
- možnost puščanja zraka.

6. ODSESAVANJE BAKRENEGA PRAHU IN RAVNANJE Z ODPADKI

6.1 Tehnologija odsesavanja bakrenega prahu

Odsesovanje bakrenega prahu je ključno za zagotavljanje varnega in čistega delovnega okolja. Ta postopek se običajno izvaja z uporabo industrijskih sesalcev, ki so zasnovani za zbiranje drobnih prahov, kot je bakrov prah. Sesalniki, ki jih uporabljamo za to nalogo, morajo biti opremljeni s specializiranimi filtri, kot so HEPA ali ULPA filtri, ki so sposobni ujeti zelo majhne delce prahu in preprečiti, da bi ti vstopili v zrak. Moč sesanja teh naprav mora biti zadostna, da učinkovito posrka prah z delovnega območja, ne da bi se prah razpršil v okolje.

Prah se običajno zbira v posebnih zbiralnikih ali filtrirnih vrečah, ki omogočajo prečiščevanje zraka, preden ta zapusti sesalno napravo. V nekaterih primerih se uporablja tudi vodno hlajenje, ki pomaga pri zadrževanju prahu, še posebej pri obdelavi kovinskih prahov, in preprečuje širjenje delcev v zrak.

Poleg uporabe sesalcev se pogosto nameščajo tudi lokalni odsesni sistemi, ki so neposredno povezani z delovnim mestom, kjer nastaja prah, na primer pri rezanju, brušenju ali mletju bakrenega prahu. Taki sistemi vključujejo sesalne cevi in filtre, ki takoj ujamejo prah še preden se lahko razprši v prostor. To zagotavlja, da prah ne ostane v zraku, temveč se takoj odstrani.

V prostorih, kjer poteka obdelava bakrenega prahu, je zelo pomembno zagotoviti tudi ustrezno prezračevanje. To zmanjšuje koncentracijo prahu v zraku in preprečuje morebitne zdravstvene težave povezane z vdihovanjem finega prahu. Poleg tega je treba skrbeti za redno vzdrževanje vseh naprav in sistemov za odsesavanje, da ostanejo učinkoviti. To vključuje čiščenje filtrov, preverjanje sesalne moči in zamenjavo poškodovanih delov.

Za zaščito delavcev, ki pridejo v stik s prahom, je pomembno nositi ustrezno osebno zaščitno opremo. To vključuje maske za zaščito dihal (npr. FFP3 maske), ki preprečujejo vdihovanje škodljivih delcev, ter rokavice in zaščitna očala, ki varujejo pred stikom prahu s kožo ali očmi.

6.2 Shranjevanje in reciklaža bakrenega prahu

Na kaj moramo biti pazljivi pri skladiščenju bakrenega prahu

Skladiščenje bakrovega prahu zahteva previdnost in upoštevanje varnostnih smernic. Ker je bakrov prah lahko vnetljiv, ga je potrebno shranjevati v prostorih, ki niso izpostavljeni visokim temperaturam, iskram ali odprtemu ognju. Prostori za skladiščenje morajo biti dobro prezračevani, da se zmanjša tveganje za požar. Bakrov prah je treba shraniti v hermetično zaprtih kovinskih ali plastičnih posodah, da preprečimo širjenje prahu in zmanjšamo tveganje za reakcije z vlago ali drugimi snovmi.

Posode morajo biti dobro zaprte, da preprečimo stik z vlago, ki lahko povzroči rjo na bakru. Poleg tega je treba bakrov prah ločiti od drugih kemikalij, zlasti močnih oksidantov in vnetljivih materialov, da se preprečijo nevarne reakcije. Posode morajo biti jasno označene z opozorili o nevarnostih, vključno z vnetljivostjo in potrebnimi varnostnimi ukrepi. Če je prah shranjen v večjih količinah, je treba poskrbeti za omejen dostop in uporabo ustrezne zaščitne opreme, kot so rokavice in zaščita za dihala. Shranjevanje naj poteka v hladnem, suhem prostoru, kjer temperatura ne presega priporočene vrednosti.

6.2.1 Kaj pridobimo pri pravilnem ravnanju z bakrenimi odpadki

Podjetje lahko doseže dobiček pri pravilnem ravnanju z bakrenimi odpadki na več načinov. Ključni dejavniki, ki vplivajo na profit, so recikliranje bakra, zmanjšanje stroškov odlaganja, obvladovanje okoljskih tveganj in optimizacija virov.

Recikliranje bakra:

Bakrov prah in drugi bakreni odpadki imajo veliko vrednost, saj jih je mogoče ponovno uporabiti v industriji. Podjetje lahko reciklira te odpadke in jih proda kot reciklirani bakrov material drugim podjetjem, ki se ukvarjajo s proizvodnjo bakra ali izdelavo bakrovih izdelkov. S tem lahko ustvari nov vir prihodkov, saj je reciklirani bakrov material pogosto cenejši od novega.

Znižanje stroškov odlaganja:

Če podjetje učinkovito ločuje in reciklira bakrene odpadke, lahko zmanjša stroške za njihovo odstranjevanje ali odlaganje. Če bi morali odpadke preprosto odlagati ali plačevati za njihovo odstranjevanje, bi to pomenilo dodatne stroške. Z reciklažo pa podjetje privarčuje, ker se izogne tem stroškom in hkrati ustvarja dodano vrednost.

Zmanjšanje okoljskih tveganj:

Če podjetje pravilno ravna z bakrenimi odpadki in se drži okoljskih predpisov, zmanjša tveganje za morebitne kazni ali težave z okoljevarstvenimi inšpekcijami. To podjetju prihrani denar, ki bi ga sicer porabilo za plačilo kazni, hkrati pa izboljša svoj ugled kot okolju prijazno podjetje, kar lahko pripomore k večjemu povpraševanju po njegovih izdelkih.

Povečanje produktivnosti:

Pravilno ravnanje z odpadki pomeni, da podjetje izkorišča vsak del bakra. Namesto da bi material zavrnilo, ga lahko podjetje reciklira in ponovno uporabi v svoji proizvodnji. To zmanjša potrebo po nakupu novih surovin, kar pomeni manjše stroške in večjo produktivnost.

Optimizacija virov in novih proizvodov:

S tem ko podjetje reciklira bakrove odpadke, lahko ustvarja nove proizvode, kot so elektronske komponente, prevleke ali celo baterije, ki vsebujejo recikliran bakrov material. To pomeni, da lahko podjetje poveča svojo konkurenčnost na trgu, saj lahko ponudi več različnih izdelkov, izdelanih iz recikliranega materiala, ki so lahko cenejši in bolj trajnostni.

Na ta način podjetje doseže večji profit: z nižjimi stroški, večjimi prihodki iz prodaje recikliranega materiala in boljšim ugledom na trgu. Na dolgi rok bo podjetje, ki pravilno ravna z bakrenimi odpadki, povečalo svojo dobičkonosnost in zmanjšalo tveganja, hkrati pa postalo okolju prijaznejše in zakonitejše.

6.3 Rezervoar za bakreni prah

Rezervoar za bakreni prah, kateri nastane ob obdelovanju same bakrene palice, se skladišči v spodnjem delu zraven orodja (frezala) za robkanje bakra. Opremljeno je z rešetkami, katere zlahka prepuščajo bakreni prah skozi v rezervoar. V pomoč pri lovljenju prahu je seveda odsesalna naprava Hilti. Hilti sesalec za industrijsko rabo učinkovito odstranjuje bakrov prah z močno sesalno močjo in naprednim sistemom za filtracijo. Ko sesalec vklopimo, njegov motor ustvari visoko sesalno moč, ki posrka drobne delce prahu, vključno z bakrovim prahom. Pomemben del sistema so filtri, ki ujamejo zelo fine delce, kot so tisti, ki jih vsebuje bakrov prah. Večina Hilti sesalcev uporablja HEPA filtre, ki so zasnovani za zadrževanje tudi najmanjših delcev, kar pomeni, da prah ostane v napravi in ne pride nazaj v zrak. Da bi preprečili, da bi filtri postali zamašeni, imajo nekateri modeli tudi sistem za samodejno čiščenje filtrov. Ta funkcija zagotavlja, da sesalec ohrani svojo učinkovitost, tudi če se sesa zelo fin prah. Tako se zagotovi, da sesalec dolgo deluje brez potrebe po ročnem čiščenju filtrov. Ker so Hilti sesalci zasnovani za profesionalno rabo, so odporni na težje pogoje in lahko varno sesajo tudi snovi, kot je bakrov prah, ki je lahko vnetljiv. Pomembno pa je, da pri uporabi vedno upoštevate priporočila za varnost, da zmanjšate tveganje za zdravje in požar.

Kot je razvidno iz modeliranega modela, so rešetke v izmerjenih dimenzijah:

dolžina: 500 mm

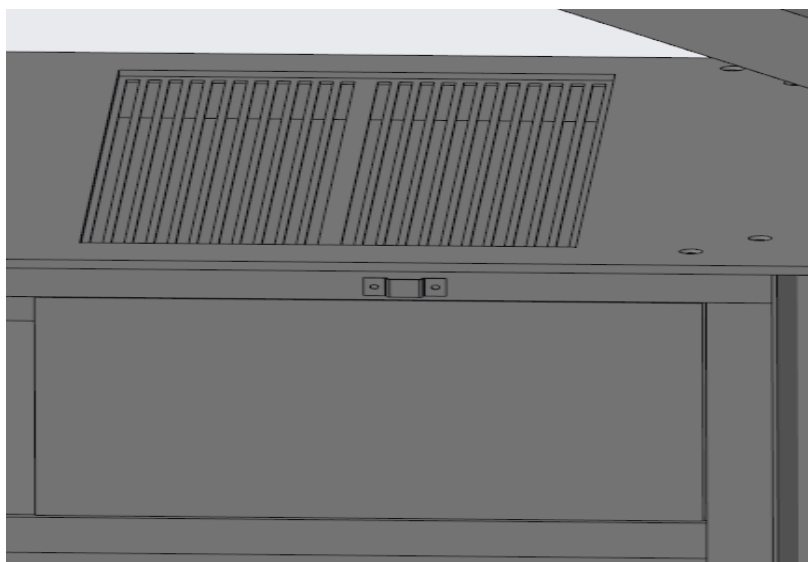
širina: 300 mm

Rezervoar:

višina: 300 mm

širina: 450 mm

dolžina: 550 mm



Slika 32: Rezervoar za bakren prah.

Vir: Lasten vir.

6.3.1 Izračun volumna rezervoarja za bakreni prah

Za izračun volumna pravokotne prizmatične oblike uporabimo formulo:

$$V = \text{višina} \times \text{širina} \times \text{dolžina}$$

Vstavimo podatke:

$$V = 300 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$$

Izračunamo volumen:

$$V = 300 \times 450 \times 550 = 74.25 \text{ cm}^3.$$

Ker je običajno priročneje izraziti volumen v kubičnih centimetrih (cm^3), pretvorimo milimetre v centimetre ($1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$):

$$V = 73.950.0001000 = 74,250 \text{ cm}^3.$$

Tako je volumen $74,250 \text{ cm}^3$.

Izraženo še v litrih:

Za pretvorbo volumna iz kubičnih centimetrov (cm^3) v litre (l) uporabimo naslednjo pretvorbo:

$$1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3.$$

Imamo že izračunan volumen:

$$V = 74,250 \text{ cm}^3.$$

Zdaj pretvorimo v litre:

$$V = 74,250 : 1000 = 74,25 \text{ l}$$

Tako je volumen $74,25$ litrov.

6.4 Varnost pri delu:

Pri delu z različnimi stroji je zelo pomembno, da se upoštevajo vsi varnostni ukrepi, saj lahko nepravilna uporaba pripelje do poškodb ali celo smrtnih nesreč. Pred uporabo stroja je nujno, da se vsakdo, ki ga bo uporabljal, ustrezno usposobi. To pomeni, da mora poznati vse varnostne postopke in navodila proizvajalca.

Poleg tega morajo biti stroji vedno opremljeni z zaščitnimi napravami, kot so pokrovi in zaščitne mreže, ki preprečujejo dostop do gibljivih delov. Pri delu je treba vedno nositi zaščitno opremo, kot so rokavice, zaščitna očala in čelade, če to narekuje narava dela. Pred začetkom dela pa je pomembno, da se vsak stroj natančno pregleda, da se prepričate, da deluje pravilno in da ni poškodb ali napak. Če opazite kakršno koli okvaro, morate takoj obvestiti nadrejenega in ustaviti delo.

Pomembno je tudi, da stroji stojijo na trdni in ravni podlagi, da preprečimo nenamerno premikanje med delom. Okrog stroja mora biti dovolj prostora, da se lahko varno premikamo in dostopamo do njega. Prav tako je treba redno vzdrževati in čistiti stroje, da ostanejo v dobrem stanju in delujejo učinkovito.

Če pride do nesreče, morate takoj obvestiti nadrejenega in uporabiti materiale za prvo pomoč, ki so vedno na voljo. V primeru večjih strojev ali dela v skupinah pa je ključnega pomena, da se vsi člani ekipe usklajujejo in komunicirajo med seboj, da preprečimo morebitne nevarnosti.

Skrb za varnost pri delu s stroji ni le zakonska obveznost, ampak predvsem odgovornost vsakega posameznika.

6.4.1 Zaščitna oprema

Pri brušenju materialov je zelo pomembno, da uporabljamo ustrezno zaščitno opremo, saj lahko pri tem nastanejo nevarnosti, kot so leteči delci, prah, hrup in vročina. Tukaj je nekaj ključnih zaščitnih pripomočkov, ki jih je priporočljivo nositi pri brušenju:

1. **Zaščitna očala ali vizir** – pri brušenju lahko nastanejo drobni delci, ki letijo v oči, zato je nujno potrebno nositi zaščitna očala, ki preprečujejo poškodbe oči. Če brušenje povzroča večje prah ali delce, je priporočljivo uporabiti tudi vizir, ki ščiti celoten obraz.
2. **Prašna maska ali respirator** – brušenje pogosto povzroča veliko prahu, še posebej pri brušenju betona, lesa ali kovin. Prašna maska ali respirator je nujna, da preprečimo vdihavanje škodljivih delcev, ki lahko poškodujejo dihalne poti.
3. **Zaščitna slušalka ali čepki za ušesa** – brušenje je lahko zelo hrupno, zato je priporočljivo nositi zaščito za ušesa, kot so zaščitne slušalke ali čepki, da zaščitimo sluh pred prekomernim hrupom.
4. **Zaščitna oblačila** – pri brušenju lahko na telo padejo vroči delci ali delci materiala, zato je priporočljivo nositi zaščitna oblačila, kot so delovna oblačila iz trpežnih materialov, ki preprečujejo opekline ali draženje kože.
5. **Rokavice** – uporaba zaščitnih rokavic je priporočljiva, da zaščitimo roke pred vročimi ali ostrimi delci, ki nastanejo pri brušenju. Poleg tega pomagajo tudi pri boljši oprijemljivosti orodja.

Z ustrezno zaščitno opremo se lahko izognemo številnim poškodbam in škodljivim posledicam pri brušenju, zato je pomembno, da vedno poskrbimo za svojo varnost. V primeru, da pride do delovne nezgode, se mora nemudoma obvestiti nadrejenega.

Principi sestave naprave

6.4.2 1. Ustvarjanje posameznih delov

Najprej ustvarimo posamezne dele naprave. Vsak del mora biti modeliran v ločeni datoteki (npr. .prt). Za to uporabimo različne ukaze, kot so:

- **Extrude** (izstiskanje),
- **Revolve** (vrtanje),
- **Sweep** (pometanje),
- **Loft** (prehod med različnimi oblikami).

Vsak del oblikujemo ločeno, tako da so vsi deli pripravljene za montažo, ko končamo.

6.4.3 2. Ustvarjanje montaže

Ko imamo vse dele pripravljene, ustvarimo novo montažo (npr. .asm). V montažo nato vstavimo posamezne dele z ukazom **Place Component**. Ko so vsi deli na svojem mestu, moramo določiti, kako so povezani, da bodo delovali skupaj. To storimo z uporabo **Mates** (priponk), ki omogočajo, da se deli poravnajo na določenih mestih, ali pa določimo **Constraints** (omejitve), ki zagotavljajo pravilno povezovanje med deli.

6.4.4 3. Določanje medsebojnih odnosov med deli

Zdaj moramo določiti, kako se bodo deli premikali in kako bodo med seboj usklajeni. Uporabimo lahko različne ukaze za poravnavo in omejitve, kot so **Mate** (povezovanje površin) ali **Align** (poravnava osi). Če imamo gibljive dele, kot so zobniki ali valji, lahko izvedemo **Kinematic Analysis** (kinematično analizo), da preverimo, kako bodo ti deli med seboj sodelovali v gibanju.

6.4.5 Preverjanje montaže

Ko je montaža pripravljena, je pomembno preveriti, ali so deli pravilno nameščeni in ali ne pride do nepotrebnih prekrivanj ali trkov.

Uporabimo ukaze, kot so:

- **Interference Check** (preverjanje trenja med deli),
- **Collision Check** (preverjanje trkov).

Če vse deluje brez napak, lahko nadaljujemo s preostalimi koraki.

6.4.6 5. Izdelava tehničnih risb

Ko je montaža končana, pripravimo tehnične risbe za vsak del in celotno montažo. Z uporabo funkcije **Drawing** dodamo dimenzije, oznake in druge pomembne informacije, ki so potrebne za izdelavo delov in montažo naprave.

6.4.7 Shranjevanje in izvoz

Ko je vse pripravljeno, shranimo montažo in jo po potrebi izvozimo v različne formate, kot so STL, PDF ali DXF, ki jih lahko uporabimo za tiskanje, izdelavo ali nadaljnjo obdelavo.

S tem postopkom se ustvari preprosta naprava, vendar lahko kasneje dodamo še naprednejše analize, kot so optimizacije ali preverjanje napetosti, če gre za bolj zapleten projekt.

7. SKLEP

V diplomski nalogi je predstavljena zasnova in izdelava naprave za robkanje bakra. Naloga se navezuje na nastali problem v proizvodnji podjetja Elsta Mosdorfer, katero se nahaja v Leibnitzu v Avstriji.

Izpostavljen je problem, pri katerem sem zanj našel dve ustrezni rešitvi. Ker se izdelek navezuje na proizvodnjo, so bili prvi pomisleki v smeri, kako lahko olajšam proizvodnem delavcu vsakodnevni problem in kako ga lahko ustrezno zavarujem. Določeno je tudi pravilno usposabljanje delavcev pred pričetkom uporabe same naprave. Rešitev, do katere sem prišel, se nanaša na napravo, katera ima lastno obdelovalno mizo, ki je opremljena z dvema policama za lažje shranjevanje orodja ter vpenjalnih glav. Ima tudi 4 kolesca, pritrjena na vseh štirih koncih spodnjega dela za lažji transport. V zgornjem delu sta pritrjeni dve sani za pritrjevanje pnevmatskih primežev in prav tako odprtina z majhnimi zarežicami z namenom shranjevanja odpadnega bakrenega prahu. V zgornjem delu zložljive upogibne roke same naprave se znajde vizir, kateri preprečuje, da bi lahko opilki poškodovali proizvodnega delavca. V sami vrtljivi glavi se znajde orodje, katero je vpeto v vpenjalno glavo in omogoča prenos sile in je namenjeno hitri menjavi orodja. Predstavljena je tudi programska oprema, s pomočjo katere sem lahko celotno napravo 3D prikazal. Program se imenuje Creo 7.0. Zanimivost programa je to, da lahko iz sestavnih delov same naprave sestaviš kompletno napravo in se na tak način izdelujejo delavniški načrti za izdelavo delov. Izpostavljena je prav tako trenutna situacija in kako se je do zdaj reševala. Želja mentorja je bila olajšanje delovnega mesta, povečati varnost in izboljšati produktivnost.

V diplomski nalogi so bile oblikovane štiri ključne hipoteze, ki so se skozi raziskovanje in praktični razvoj naprave za robkanje bakra v celoti potrdile.

H1: Prva hipoteza predvideva predstavitev trenutne problematike robkanja bakra in je v nalogi jasno razdelana. Podrobno so opisane težave, ki se pojavljajo pri ročni obdelavi – od fizične obremenitve delavcev do nevarnosti vdihavanja bakrenega prahu in tveganja za poškodbe. Prav to predstavlja osnovo za razvoj učinkovitejše rešitve.

H2: V drugi hipotezi sem zastavil, da bo razvita naprava za robkanje učinkovitejša, le-ta se je potrdila skozi tehnično analizo nove naprave. Z uporabo pnevmatskih primežev, nastavljivega tlaka, integriranega sistema za odsesavanje prahu ter modularno zamenljivih vpenjalnih elementov se je pokazalo, da nova rešitev omogoča hitrejšo in natančnejšo obdelavo bakra v primerjavi s prej uporabljeno ročno metodo.

H3: Tretja hipoteza se nanaša na izboljšanje delovnega procesa z vidika hitrosti, varnosti in ergonomije. Naprava je zasnovana tako, da omogoča delavcem pokončno držo, zmanjšuje fizični napor pri delu, obenem pa sistem odsesovanja bistveno zmanjša prisotnost škodljivega bakrenega prahu v zraku. To pomeni pomemben korak naprej pri zagotavljanju varnega in zdravega delovnega okolja.

H4: Zadnja hipoteza predvideva prispevek nove naprave k trajnosti proizvodnega procesa. Tudi ta hipoteza je potrjena, saj se z učinkovitim zajemom bakrenega prahu, možnostjo njegovega recikliranja in zmanjšanjem odpadnega materiala podjetje aktivno približuje okolju prijaznejšemu načinu delovanja. Nova rešitev tako ne vpliva zgolj na izboljšanje kakovosti in varnosti dela, temveč ima tudi širši trajnostni pomen.

8. VIRI IN LITERATURA:

Boschert. (2014). *CU-PRO/CU-WK*. Pridobljeno iz Laudenberg Service:

https://www.laudenberg-service.de/wp-content/uploads/boschert-cu-pro_cu-wk.pdf

Contributors, W. (9. junij 2025). *PTC Creo*. Pridobljeno iz Wikipedia, The Free

Encyclopedia.: https://en.wikipedia.org/wiki/PTC_Creo

Humski, F. (2019). *Učno gradivo za srednje strokovno izobraževanje (Tehnik mehatronike, Strojni tehnik)*. Pridobljeno iz

<https://www.dlib.si/details/URN%3ANBN%3ASI%3ADOC-CKQBG8O5>

Information., N. C. (9. junij 2025). *PubChem. (n.d.). Copper*. Pridobljeno iz

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Copper>

Kraut, B. (2024 5. natis). *Krautov strojniški priročnik*.

Margan, A. F. (2021). *Analiza zdravstvenega stanja delavcev v kovinski industriji*.

Pridobljeno iz Univerzitetni klinični center Ljubljana, Klinični inštitut za medicino dela, prometa in športa:

https://www.kimdps.si/sites/default/files/kovinska_industrija_koncno_splet.pdf

Študentski.net. (2018). Pridobljeno iz

https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_preoblikovanje__upogibanje_01

Volumeec. (24. julij 2011). *Joytap 2*. Pridobljeno iz <https://www.volumeec.it/en/electric-tapping-machines/joytap-2/>

Priloge:

Priloga A: Delavniške risbe