

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**ODPRAVA PREČNE DEFORMACIJE NA
PALICAH**

Kandidat: Jani Špes

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščić, univ. dipl. gosp. inž.

Mentor v podjetju: Urban Polegek, univ. dipl. inž. str.

Lektorica: mag. Ana Ferk, prof. slov. jez. in knj.

Maribor, 2022

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Jani Špes sem avtor diplomskega dela z naslovom Odprava prečne deformacije na palicah, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

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, junij 2022

Podpis študenta:

ZAHVALE

Sprva bi se rad zahvalil mentorju dr. Darku Friščiću, univ. dipl. gosp. inž., za hitro odzivnost in podporo pri pisanju diplomskega dela.

V podjetju Impol, kjer sem zaposlen, se zahvaljujem mentorju Urbanu Polegeku, dipl. ing. str., za mentorstvo in pomoč pri uporabi podatkov s strani podjetja Impol PCP.

Posebna zahvala gre kolegu Klemnu Sternadu, ki me je bodril in priganjal k izpitom ter pisanju diplomskega dela.

POVZETEK

V proizvodnem procesu Impol PCP stiskamo aluminij in njegove zlitine v različnih geometrijskih oblikah (okrogle, kvadratne, šestkotne, ploščate ...) ter profile različnih oblik na zahtevo kupčevega naročila.

Iztiskovanje z drugim izrazom poimenujemo tudi premočrtno tlačno iztiskanje, pri katerem lahko surovec iztisnemo deloma ali pa celega potisnemo skozi odprtino v matrici oziroma orodju, kjer se njegov prerez in oblika zmanjšata. Prednosti iztiskovanja sta ustvarjanje zelo kompleksnih prerezov in možnost iztiskovanja krhkih materialov. Pri slednji med procesom obdelave naletimo na strižne in tlačne napetosti, kar omogoča deformacijo brez trganja materiala. Proces iztiskovanja prav tako omogoča oblikovanje izdelkov z izvrstno površino.

55 MN-stiskalnica je direktna stiskalnica, namenjena za direktno stiskanje palic in profilov iz aluminija in njegovih zlitin. Direktno iztiskovanje, ki ga poznamo še kot konvencionalno stiskanje, je najbolj razširjeno po vsem svetu in sodi med glavne predelovalne metode aluminija. Pri tem načinu obdelovanja kovin se okroglica vstavi v recipient, nakar začne bat stiskalnice s pritiskanjem skozi matrico na drugo stran. Velja, da ima orodje manjši prerez kot okroglica. Pogoji stiskanja so podani na delovnih nalogih, tabelah, grafikonih in matični tehnologiji.

Pri iztiskanju palic lahko pride do prečnih deformacij zaradi odstopanja legiranih elementov v zlitini ali pa zaradi nepravilne hitrosti pomika glavnega bata. Najbolj pogoste prečne deformacije, ki se pojavijo, so površinske razpoke, prečni risi, sklepi, natrgan material, napake na palicah zaradi izvlačilnika in poškodbe palic, ki nastanejo v času pakiranja. V diplomskem delu bomo največ pozornosti namenili napaki, imenovani »stop marker«. »Stop marker« oziroma v delavskem žargonu sklep se na palicah pojavlja pri napakah stiskalnice. Sklep je prečna deformacija na palici, ki se pojavi ob zastoju stiskalnice na območju orodja; to palico zavržemo in ponovno pretalimo. Med najpogostejše napake, ki se pojavljajo na stiskalnici, sodijo: napaka na izvlačilniku, polna proga za odlaganje palic, izpad elektrike ali človeška napaka. Eden izmed glavnih ciljev v diplomskem delu bo ugotoviti, kako odpraviti napako, imenovano »stop marker«.

Ključne besede: 55 MN-stiskalnica, aluminij, izvlačilnik, orodje, poškodbe na palicah.

ABSTRACT

Elimination of transverse deformation on the bars

In the production process of Impol PCP, we compress aluminum and its alloys in various geometric shapes (round, square, hexagonal, flat...) and profiles of various shapes at the request of the customer's order.

Extrusion is also called rectilinear pressure extrusion, where the blank can be extruded in part or the whole can be pushed through an opening in the die or tool, where its cross-section and shape are reduced. The advantage of extrusion is in the creation of very complex cross-sections and the possibility of extruding brittle materials. In the latter, shear and compressive stresses are encountered during the machining process, which allows deformation without tearing the material. The extrusion process also allows the design of products with an excellent surface.

55 MN press is a direct press intended for direct pressing of rods and profiles made of aluminum and its alloys. Direct extrusion, also known as conventional extrusion, is the most widespread worldwide and is one of the main processing methods of aluminum. In this method of metalworking, the blank is inserted into the recipient after which the press piston begins to press through the die to the other side. The tool is considered to have a smaller cross section than the round one. Compression conditions are given on work orders, tables, graphs, and parent technology.

When extruding the rods, transverse deformations can occur due to the deviation of the alloyed elements in the alloy or due to the incorrect speed of the main piston. The most common transverse deformations that occur are surface cracks, transverse scratches, joints, torn material, defects on the rods due to the extractor and damage to the rods that occur during packaging. In my dissertation, I will pay the most attention to the error called "stop marker on sticks".

Stop marker or in working slang joint, appears on the rods in case of press errors. The joint is a transverse deformation on the rod that occurs when the press is stuck in the tool area, this rod is discarded and remelted. Among the most common faults that occur on the press are: . One of the main goals in the diploma thesis will be to find out how to fix an error called a stop marker.

Keywords: *55 MN press, aluminum, extractor, tools, rod damage.*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	6
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	7
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	7
2	PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL.....	9
3	OPIS STISKALNIŠTVA	11
4	OSNOVE IZTISKOVANJA.....	12
4.1	NAČINI IZTISKOVANJA	12
4.1.1	<i>Hladno iztiskovanje</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Konvencionalno ali direktno iztiskovanje.....</i>	<i>13</i>
4.1.3	<i>Protismerno ali indirektno iztiskovanje.....</i>	<i>15</i>
4.2	SILE PRI IZTISKOVANJU	16
4.3	TEMPERATURE IN STISKANJE.....	17
5	55 MN-STISKALNICA.....	18
5.1	STRUŽNI CENTER PUMA	18
5.2	PEČ NA STISKALNICI 55 MN.....	19
5.3	DELOVANJE 55 MN-STISKALNICE	25
5.4	IZTOČNA PROGA	25
5.4.1	<i>Delovanje izvlačilnikov.....</i>	<i>26</i>
5.4.2	<i>Opozorila za stiskalnico in iztočno progo</i>	<i>26</i>
6	ORODJA ZA STISKALNICO.....	29
6.1	SESTAVA ORODJA ZA GRETJE.....	30
6.2	PEČ ZA SEGREVANJE ORODIJ.....	34
6.3	LUŽENJE ORODJA	37
6.3.1	<i>Življenjska doba orodja</i>	<i>37</i>
7	IZBOLJŠAVA PROCESA IZDELAVE PALIC	39
7.1	POVRŠINSKE RAZPOKE	39
7.2	PREČNI RISI	40
7.3	NATRGAN MATERIAL	42
7.4	NAPAKA ZARADI IZVLAČILNIKA (»PULERJA«).....	43
7.5	POŠKODBE PALIC, NASTALE V ČASU PAKIRANJA.....	49
7.6	IZBOLJŠAVA VARNOSTI NA DELOVNEM MESTU	51

8	SKLEP	54
9	BIBLIOGRAFIJA	57

KAZALO SLIK

SLIKA 1: IMPOL, D. D.	10
SLIKA 2: SHEMA DIREKTNEGA STISKANJA.....	14
SLIKA 3: STISKANJE S PLOŠČO.....	15
SLIKA 4: SHEMA INDIREKTNEGA STISKANJA	16
SLIKA 5: NADZORNA PLOŠČA	18
SLIKA 6: DEPALETIZER OKROGLIC	19
SLIKA 7: TEMPERATURA V PREDOGREVALNI PEČI	20
SLIKA 8: PRIKAZ TEMPERATUR V GLAVNI PEČI.....	21
SLIKA 9: PREDOGREVALNA PEČ	21
SLIKA 10: OBRAČALNA NAPRAVA S POGLEDOM NA VHOD OGREVALNE PEČI.....	22
SLIKA 11: TERMOELEMENT 1	23
SLIKA 12: TERMOELEMENT 2	23
SLIKA 13: OGREVALNA PEČ	24
SLIKA 14: NAČRT ORODJA.....	30
SLIKA 15: STISKALNICA ZA ORODJE	31
SLIKA 16: ZADNJA STRAN ORODJA	32
SLIKA 17: UTOR V ORODJU.....	32
SLIKA 18: PRAZNA KLADA	33
SLIKA 19: KANALI ZA DUŠIK NA OJAČEVALCU	33
SLIKA 20: SESTAVLJENO ORODJE	34
SLIKA 21: ODPRTA PEČ ZA ORODJA	35
SLIKA 22: ZAPRTA PEČ ZA ORODJA.....	35
SLIKA 23: NEPRIPRAVLJENA KASETA	36
SLIKA 24: SESTAVLJENA KASETA	36
SLIKA 25: SKLADIŠČE ORODJA	38
SLIKA 26: POVRŠINSKE RAZPOKE	39
SLIKA 27: PREČNI RISI.....	41
SLIKA 28: TRANSPORTNI TRAKOVI.....	42
SLIKA 29: NATRGAN MATERIAL	43
SLIKA 30: SKLEP NA PALICI.....	44
SLIKA 31: NAPAKE NA IZVLAČILNIKU	45
SLIKA 32: LAMELA IZVLAČILNIKA	45
SLIKA 33: IZVLAČILNIK IN MESTO NAPAKE	46
SLIKA 34: REŠITEV 1	47
SLIKA 35: REŠITEV 2	48
SLIKA 36: RAČUNALNIŠKA ODPRAVA.....	49

SLIKA 37: POŠKODBE KONCEV PALIC 50

SLIKA 38: PAKIRNA MIZA 50

SLIKA 39: SHEMA VARNOSTNE ZAVESE 53

KAZALO TABEL

TABELA 1: SITHERM 2343 STEEL 29

TABELA 2: KEMIČNA SESTAVA ORODJA (V MAS. %) 29

TABELA 3: GANTOGRAM 38

1 UVOD

V današnjem svetu industrije je pomembno predvsem ravnotežje med kvaliteto in kvantiteto, saj se konkurence na trgu vedno bolj izboljšujejo. V podjetju Impol PCP, d. o. o., konkretnije v obratu C – Cevalna izdelujejo palice in cevi, redkeje pa profile. V tem obratu se nahajajo tri stiskalnice. Dve sta namenjeni direktnemu stiskanju, to sta 20 MN in 55 MN, ena pa indirektnemu – 35 MN. Na vsaki izmed njih se ob obratovanju pojavljajo napake tako na stroju kot kasneje na izdelkih in polizdelkih. V tem diplomskem delu se bomo osredotočili na napake na stiskalnici 55 MN, in sicer bomo skušali ugotoviti, zakaj pride do le-teh in kako jih odpraviti.

V nadaljevanju je 55 MN-stiskalnica za lažjo predstavo tudi podrobneje opisana, prav tako pa bodo njeni deli ponazorjeni s slikovnim materialom. Pereča težava je v nastajanju prečnih deformacij na palicah. V osnovi vemo, zakaj pride do teh napak na palicah, vendar so rešitve ugodne za delavce, za delodajalca pa so ključnega pomena. Če se pojavlja preveč napak, mora podjetje plačati precej visoke stroške, da se le-te popravijo ali odpravijo.

1.1 *Opis področja in opredelitev problema*

V tem diplomskem delu bomo predstavili postopek delovanja stiskalnice, pri katerem iz aluminija in njegovih zlitin izdelujemo stiskane palice, ki so polizdelki za nadaljnjo obdelavo. Pri stiskanih palicah bomo raziskali, kako pride do prečne deformacije, prav tako pa bomo opisali, kakšne vrste ukrepov bomo uporabili, da se znebimo takšnih in drugačnih napak. Raziskali bomo tudi, katere možnosti bodo cenejše, a kljub temu zelo učinkovite za odpravljanje prečne deformacije na palicah.

1.2 *Namen, cilji in osnovne trditve*

Namen diplomskega dela je opisati proizvodni proces izdelave stiskane palice, predstaviti različne deformacije na palicah in predvsem ugotoviti, kako pride do prečne deformacije ter kakšno škodo oz. zaostanke ima preša pri pripetljaju takšne nezgode. Namen je tudi spremeniti programsko shemo tako, da se bo možnost nastanka prečne deformacije na palicah zmanjšala, da se bo zmanjšal izmet palic in povečala varnost delovnega mesta.

Cilj pričujočega diplomskega dela je spoznati, prepoznati in odpraviti prečne deformacije na stiskanih palicah iz aluminijevih zlitin. Ugotoviti želimo tudi najučinkovitejše metode za odpravljanje prej omenjenih deformacij. Stremimo tudi k čim cenejšim in lažjim rešitvam, vendar k še vedno dovolj kvalitetnim, da podjetje ne bi zapadlo v prevelike finančne izgube.

Hipoteze, ki smo si jih pred začetkom našega raziskovanja postavili, so naslednje:

- H1: Ugotoviti, v katerih premerih stiskalnica največkrat sporoči napako na izvlačilniku in počaka.
- H2: Predstaviti odpravo težave, da preša ne bi počakala in tako ne bi naredila prečne deformacije.
- H3: Podati rešitve za odpravljanje prečne deformacije.
- H4: Z vgradnjo svetlobne zavese se varnost na delovnem mestu izboljša.

S spremembo izvlačilnika bomo dosegli veliko in odpravili oziroma zmanjšali zaostanke ali napake na preši – prečne deformacije. S programsko opremo lahko zmanjšamo in odpravimo prečne deformacije z najmanjšimi stroški podjetja.

1.3 *Predpostavke in omejitve*

Pridobivanje informacij za potrebe tega diplomskega dela bo težavno, saj podjetje Impol ščiti svoje podatke glede toplotne obdelave palic. Prav tako ne bomo imeli vpogleda v aluminijeve zlitine. Vsi podatki, ki jih bomo pridobili, bodo zamegljeni, razen rezultati, ki so potrebni za razumevanje tega diplomskega dela. Večina literature o stiskanju je v angleškem jeziku.

1.4 *Uporabljene raziskovalne metode*

Diplomsko delo sestavljata teoretični in praktični del. Pri našem raziskovanju bomo uporabili preverjene metode:

- metodo analiziranja podatkov,

- metodo deskripcije (opisali bomo proces stiskanja palic),
- metodo zbiranja podatkov iz strojnih virov in
- eksperimentalno metodo.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL

Podjetje Impol je svojo pot začelo leta 1825. Takrat so izdelovali kovane bakrene in medeninaste izdelke in postopno širili proizvodni program polizdelkov ter izdelkov iz medenine, bakra in brona. Leta 1952 so zaradi konkurence v Kidričevem prešli iz predelave bakra na predelavo aluminija, saj je poraba in uporaba le-tega rasla. Med letoma 1961 in 1965 se je podjetje Impol začelo vključevati v mednarodno okolje in tehnološki vrh industrijske panoge. Leta 1966 se je proizvodnja povečala iz 17.000 ton izdelkov na leto na 30.000 ton izdelkov na leto. Kasneje so začele te vrednosti eksponentno rasti. Če samo izpostavimo leti 1971 in 2003, ko je letni proizvod najprej poskočil na 40.000 ton in nato že na več kot 120.000 ton letno.

Leta 1991 se je podjetje Impol podalo na precej zahtevnejšo pot, saj so na področju valjarništva program prestrukturirali v izdelavo zahtevnejših izdelkov, s tem pa posledično zadovoljili potrebe na novih področjih. Vse do leta 1995 je postalo podjetje Impol predvsem usmerjeno v izvoz svojih izdelkov in polizdelkov. Takrat so začeli tudi z ustanavljanjem družb v tujini in tako postali mednarodno podjetje. Med letoma 1991 in 1995 so pridobili standard ISO 9001 in s tem potrdili način poslovanja z najvišjimi zahtevami mednarodnega okolja.

V pomembno leto podjetja Impol sodi tudi leto 2000. Takrat so pridobili standard za ravnanje z okoljem ISO 14001. Prodali so več kot 70.000 ton izdelkov predvsem v države, kot so: Italija, Madžarska, Belgija, Nemčija, Nizozemska, Francija, Združene države Amerike, države Latinske Amerike in Avstralija. Seveda svoje izdelke in polizdelke prodajajo tudi pri nas, v Sloveniji. Letni promet je leta 2000 presegal 150 milijonov ameriških dolarjev.

Podjetje Impol v različnih panogah ponuja širok spekter izdelkov in polizdelkov. V podjetju izdelke delimo na stiskane, valjane, finalizirane in lite izdelke, rondele in odkovke. Vsi ti izdelki se uporabljajo v avtomobilski industriji, letalski industriji, vesoljski industriji, farmacevtski industriji, prehrabni industriji, gradbeništvu, elektroindustriji in transportu. Skupaj izdelujemo več kot 100.000 različnih polizdelkov in izdelkov, ki sodijo v eno izmed naslednjih

kategorij: cevi, palice, profili, pločevine, rebraste pločevine, folije, trakovi, barvani izdelki in končni izdelki.

Impol, d. d., ima jasno zastavljeno vizijo – proizvodnja izdelkov z neprestanim povečevanjem predelave in dodelave. Kupcu pa želi podjetje vršiti predelavo aluminija v izdelke, ki bodo zanje zagotavljali najvišjo možno vrednost. Na ta način želijo zadovoljevati potrebe kupcev, zaposlenih, lastnikov in okolja. (Impol, 2022)



Slika 1: Impol, d. d.

Vir: (<https://www.konfederacijasindikativov.si/kss-je-podala-prijavo-inspektoratu-rs-za-delo-zaradi-nezakonitega-placnega-sistema-v-gospodarskih-druzbah-skupine-impol/>)

3 OPIS STISKALNIŠTVA

V proizvodnem procesu cevna stiskamo aluminij v različnih geometrijskih oblikah (okroglih, kvadratnih, šestkotnih, ploščatih ...) in profile različnih oblik na zahtevo kupčevega naročila. V cevarni imamo tri stiskalnice, ki so razdeljene po moči na stiskalno silo v MN (mega newtonih):

- 20 MN (tukaj se stiskajo cevi in palice največjega premera 10 mm);
- 35 MN (tukaj se stiskajo palice do največjega premera 120 mm in zlitine aluminija, ki se težje preoblikujejo);
- 55 MN (tukaj se stiskajo palice do premera 180 mm, preša je direktna).

Na stiskalnici 20 MN (indirektna) se stiskajo brezšivne cevi in žice. Proga za cevi je dolga 10 m, za žice pa imamo navijalno napravo, ki navija aluminij v kolute. 35 MN-stiskalnica (indirektna) ima prednost zaradi njene 48 metrov dolge proge, kjer obstaja manjša verjetnost za poškodbo palic. Na 55 MN-stiskalnici (direktna) je proga dolga 24 m, na tej preši se naredijo največje količine aluminija v mesecu.

Vhodna surovina teh stiskalnic so drogovi, ki se lijejo v livnici v Impolu na dolžino 6900 m v premerih 218 mm, 275 mm in 282 mm. To surovino v stružnem centru pred uporabo v stiskalnicah odrežemo na dolžino 500 mm do 1600 mm, odvisno kakšno dolžino oziroma kakšno dimenzijo potrebujemo na kupčevo zahtevo. Na direktnih stiskalnicah 25 MN in 55 MN ni treba imeti stružnih blokov, kajti umazanija, ki je še ostala v aluminiju, ostane v zadnjem delu. Ostanka je po navadi 150 mm. Na 35 MN, kjer se stiska indirektno, je treba surovino stružiti, kajti ima drugačen način stiskanja aluminija.

4 OSNOVE IZTISKOVANJA

Ko govorimo o iztiskovanju, govorimo o procesu, pri katerem iztisnemo dolge ravne kovinske dele. Njihovi preseki se razlikujejo glede na obliko (možnih oblik je ogromno). Proces se izvaja v zaprti komori z matrico oziroma orodjem. Stiskalnice, ki proces izvajajo, pa so lahko mehanske ali hidravlične. Iztiskovanje z drugim izrazom poimenujemo tudi premočrtno tlačno iztiskanje, pri katerem lahko surovec iztisnemo deloma ali pa celega potisnemo skozi odprtino v matrici oziroma orodju, kjer se njegov prerez in oblika zmanjšata. Prednosti iztiskovanja sta ustvarjanje zelo kompleksnih prerezov in možnost iztiskovanja krhkih materialov. Pri slednjem med procesom obdelave naletimo na strižne in tlačne napetosti, kar omogoča deformacijo brez trganja materiala. Proces iztiskovanja prav tako omogoča oblikovanje izdelkov z izvrstno površino. (Laboratory, 2021)

Proces vlečenja materiala skozi matrico oziroma orodje je teoretično lahko neprekinjen ali pol prekinjen. Pol prekinjen se uporablja predvsem pri proizvodnji večjih kosov. Orodje ima lahko eno ali več odprtin, ki jih imenujemo žile. Skozi njih potiskamo material.

Za preoblikovanje aluminija oziroma kovin na splošno obstaja kar nekaj različnih metod predelave in preoblikovanja. Iztiskovanje je eden izmed temeljnih postopkov. Gre za proces, ki poteka pri zelo visokih tlakih in temperaturah. Proces iztiskovanja temelji na plastični deformaciji materiala med samo obdelavo. S pomočjo stroja stisnemo surovec materiala skozi odprtino na matrici ali orodju. Zaradi velikih sil začne material teči skozi odprtino v orodju in tako dobimo novo, željeno obliko. Zakaj je ta proces preoblikovanja kovin eden izmed temeljnih? Fleksibilnost je glavna prednost takšne predelave kovin. S fleksibilnostjo mislimo to, da je za izdelavo drugega izdelka potrebno zamenjati samo orodje. Ta proces se večinoma uporablja za izdelavo dolgih, ravnih izdelkov, ki imajo konstanten prerez (Čivić, 2014).

4.1 Načini iztiskovanja

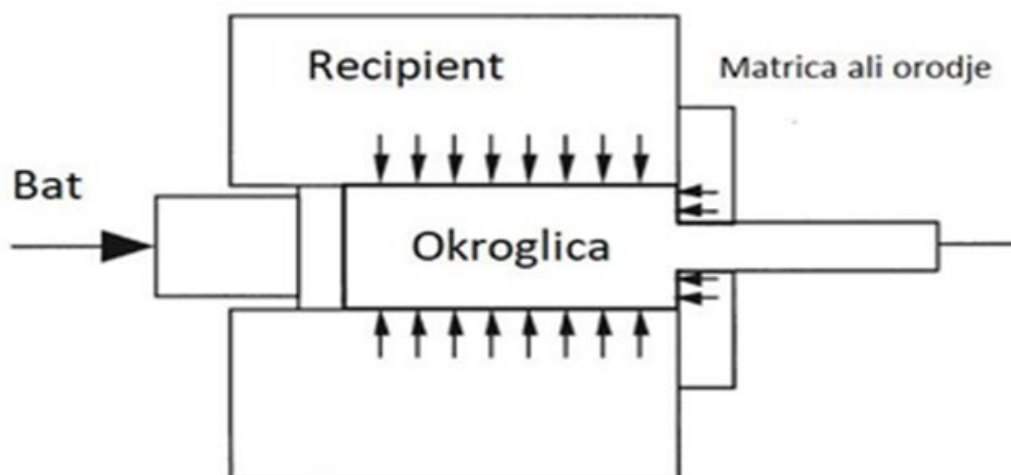
Poznamo več načinov iztiskovanja, in sicer: zoževanje, hladno iztiskovanje, hidrostatično iztiskovanje in vroče iztiskovanje. V nadaljevanju bomo opisali samo tri izmed prej navedenih.

4.1.1 Hladno iztiskovanje

V primerjavi s kovanjem je to postopek masivnega preoblikovanja kovin pri sobni temperaturi ali rahlo povišani temperaturi. Ker so temperature pri iztiskovanju tako nizke, so posledično tudi sile in obremenitve toliko večje, izdelki pa imajo dosti lepše površine in natančnejše izmere kot klasični izkovki. S tem postopkom lahko iztisnemo večino kovin: kositer, svinec, titan, vanadij, baker in aluminijeve zlitine. Tak način iztiskovanja se je začel uporabljati v zadnjih desetletjih. S tem postopkom lahko izdelujemo aluminijaste pločevinke in valje ali pa zložljive cevi. Prednosti takšnega iztiskovanja so, da ni oksidacije, dobra površina, ki jo dobimo z ustreznimi mazivi, in dobre mehanske lastnosti zaradi nizkih temperatur (dokler so temperature pod temperaturo ponovne kristalizacije).

4.1.2 Konvencionalno ali direktno iztiskovanje

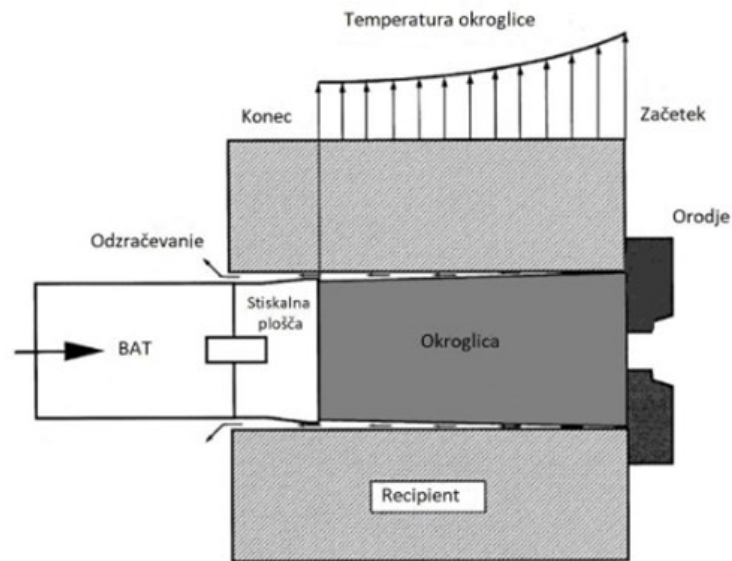
Kot smo že omenili, poznamo več načinov iztiskovanja aluminijevih zlitin. Večinoma gre za direktno in indirektno delovanje stiskalnic. To sta dva povsem različna načina obdelovanja kovin. Direktno iztiskovanje, ki ga poznamo tudi kot konvencionalno stiskanje, je najbolj razširjeno po vsem svetu in sodi med glavne predelovalne metode aluminija. Pri tem načinu obdelovanja kovin se okroglica vstavi v recipient, nakar bat stiskalnice začne s pritiskanjem skozi matrico na drugo stran. Velja, da ima orodje manjši prerez kot okroglica. Z direktnim iztiskanjem lahko proizvedemo votle ali polne aluminijeve profile in palice različnih dimenzij. Pri tem načinu stiskanja material teče v enaki smeri, kot pa se bat stiskalnice premika, okroglica drsi po steni recipienta, bat pa s silo pritiska na steno. Trenje, ki nastane pri tem načinu obdelovanja aluminija, povzroči porast delovnega tlaka (K. Saha, 2000).



Slika 2: Shema direktnega stiskanja

Vir: K. Saha, 2000

Pri direktnem načinu stiskanja ločimo še več različnih načinov iztiskanja. Poznamo še iztiskanje z vmesno stiskalno ploščo, ki je pritrjena na vmesni člen na samem batu stiskalnice. Stiskalna plošča omogoča hitrejše in boljše odzračevanje. S tem se odstrani ves zrak, ki bi med procesom stiskanja lahko povzročil mehurje, luknje in ostale napake na ali v palici. Način iztiskanja s stiskalno ploščo se uporablja pri standardnem direktnem stiskanju in načinu iztiskanja okroglice na okroglico. Pri takšnem načinu dobimo tako imenovani neskončni profil, saj lahko z iztiskanjem okroglice na okroglico izdelku vedno znova podaljšujemo dolžino. Pomembno je, da se vse aluminijeve zlitine ne morejo iztiskati po tem postopku. V primeru, da želimo s takšnim postopkom pospešiti izdelovanje, moramo upoštevati določene zahteve in izpolniti pogoje. Tukaj je treba upoštevati dobro varljivost materiala pri temperaturi deformacije. Pomembna je tudi zelo natančna kontrola temperature pri segrevanju zlitine, sama okroglica pa mora biti lepo razžagana in očiščena vseh olj in maziv za čim boljšo kvaliteto izdelka (K. Saha, 2000).

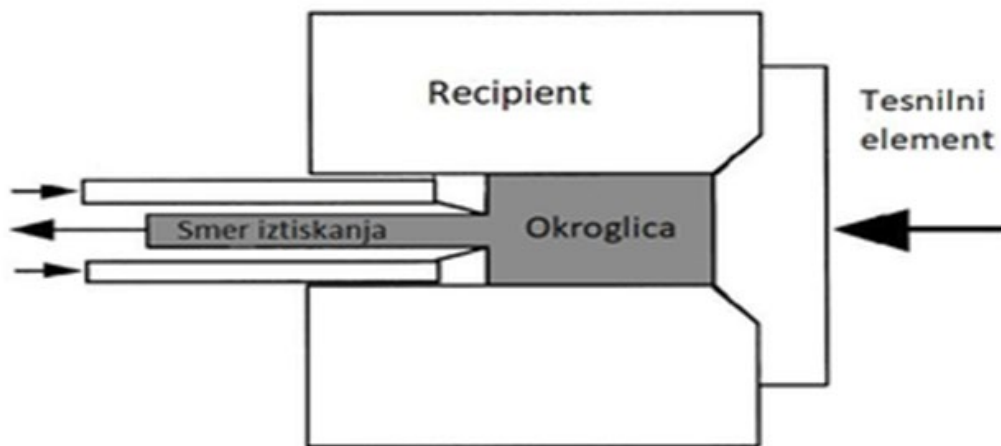


Slika 3: Stiskanje s ploščo

Vir: K. Saha, 2000

4.1.3 Protismerno ali indirektno iztiskovanje

Pri direktnem stiskanju, ki je opisano zgoraj, matrica miruje in stiskalnica pritiska bat na aluminij. Pri indirektni stiskalni metodi orodje pritiska na aluminij tako, da aluminij teče v nasprotni smeri stiskanja. Ta koncept se lahko razlikuje, vendar v vsakem primeru aluminij ostane na enaki poziciji, orodje pa nanj pritiska. Orodje se pritrdi na posebne cilindre, se vstavi pred okroglico in nato s silo pritiska nanjo. Na ta način začne nastajati nov izdelek. Pri tej metodi stiskanja je trenje enako skozi celotni proces stiskanja na aluminij, tudi sila ostane vseskozi konstantna.



Slika 4: Shema indirektnega stiskanja

Vir: K. Saha, 2000

4.2 Sile pri iztiskovanju

Način iztiskovanja je določen s parametri, ki so odvisni od maksimalnega pritiska stiskalnice in iztiskovalnih zmožnosti. Iztiskovalna temperatura, tlak in hitrost; temperatura orodja in recipienta; dolžina droga in kemijske zmesi zlitine so glavni dejavniki, ki vplivajo na iztiskovanje.

Pri direktnem iztiskanju doseže tlak najvišjo vrednost v točki zloma orodja. Razliko med najvišjim in najnižjim tlakom pripišemo zahtevi premika zlitine skozi recipient ter torziji oziroma torni sili, ki nanju deluje. V praksi stiskanje prekinemo, tik preden se doseže minimalna sila stiskanja. Na tak način se ognemo oksidom, vključkom in drugim nečistočam, ki povzročajo poškodbe na orodju ter rise na izdelku. Ostanek imenujemo prestrez in ga je treba odstraniti, da lahko nadaljujemo z novim polnjenjem.

4.3 *Temperature in stiskanje*

Kadar imamo počasni postopek stiskanja, temperature sprva strmo naraščajo. To je predvsem zaradi trenja, strižnih napetosti in deformacij. Toplota, ki nastaja, se počasi izgublja s temperaturo pri prenosu toplote med orodjem, recipientom in izdelkom. Zaradi konduktivnosti aluminijeve zlitine se temperatura kasneje izenači. Pod tem naslovom lahko omenimo integracijsko enačbo prenosa toplote, s katero izračunamo toploto izdelka in orodja pri počasnem stiskanju, če imamo idealne pogoje.

Pri velikih hitrostih stiskanja se pojavijo precejšnje temperaturne razlike v conah – kjer so majhne deformacije, je material razmeroma hladen v primerjavi s stično cono. V prej omenjeni coni med recipientom in materialom lahko temperatura preseže 700 °C. Zakaj torej pride do takšnih temperaturnih sprememb? Ker je med prenosom toplote iz materiala na orodje premalo časa, ki bi moral biti premo sorazmeren s hitrostjo stiskanja. Pri višjih hitrostih stiskanja materiala se prav tako poveča pretočna sila materiala zaradi večjih sil stiskanja.

Zakaj nastane toplota?

- a) Zaradi trenja in deformacije na orodju.
- b) Zaradi trenja med recipientom in materialom.
- c) Zaradi stičnega trenja med mrtvo cono in materialom, ki teče.
- č) Zaradi prenosa toplote – pri direktnem stiskanju.

5 55 MN-STISKALNICA

55 MN-stiskalnica je direktna stiskalnica, namenjena za direktno stiskanje palic in profilov iz aluminija in njegovih zlitin. Pogoji stiskanja so podani na delovnih nalogih, v tabelah, na grafikonih in matični tehnologiji. Upravlja jo ekipa treh do sedmih delavcev. Samo stiskalnico pa sestavljajo depaletizer, plinska predgrejna in ogrejna peč, stiskalnica s podajalcem trupcev in pomožnimi napravami, iztočna proga z izvlačilnikoma, transportna proga za prečni transport, natezni ravnalni stroj in žaga z odlagalno napravo. Upravljalec stiskalnice na glavnem komandnem pultu nastavlja tehnološke parametre obeh peči, upravlja delovanje stiskalnice in prvi del iztočne proge. Natezni ravnalni stroj in drugi del iztočne proge upravlja stiskalec; žago, zalaganje peči in transport trupcev pa metalurški delavec 1. Za vsak stroj oziroma sklop so izdelana posebna navodila za delo.



Slika 5: Nadzorna plošča

Vir: Lastni vir

5.1 Stružni center PUMA

Stružnica Puma je del 55 MN-stiskalne linije. Na njej se pripravljajo aluminijaste okroglice, ki jih narežejo iz aluminijastih drogov, po potrebi še postružijo in jih na koncu ultrazvočno pregledajo.

Delovni proces se začne s transportom naročene zlitine materiala iz skladišča drogov v obratu livarna. Od tam se drogov z bočnim viličarjem pripeljejo na nakladalno rampo, naprej od nje pa se po tekočem traku dozirajo na razrez. Po razrezu okroglice po potrebi, odvisno od zlitine, postružijo. Struženje izboljša kakovost površine končnega izdelka zaradi pojava oksidnih vključkov v obrobni coni okroglice.

Po struženju sledi ultrazvočni pregled celotne dolžine okroglice. Na tem mestu se vse okroglice, ki ne prestanejo ultrazvočnega pregleda, zavržejo in pošljejo nazaj v pretaljevanje v livarno. Po pregledu se okroglice transportirajo do depaletizerja, ki jih zloži s tekočega traka na paleto. Na tem mestu se proces priprave okroglic zaključi.

5.2 Peč na stiskalnici 55 MN

Pečar, ki je zaposlen na tej peči, se na začetku delovnega časa dogovori s stiskalcem, katere trupce mora naložiti na depaletizer za pripravo na gretje. Depaletizer je pomična roka, ki avtomatsko prestavlja trupce.

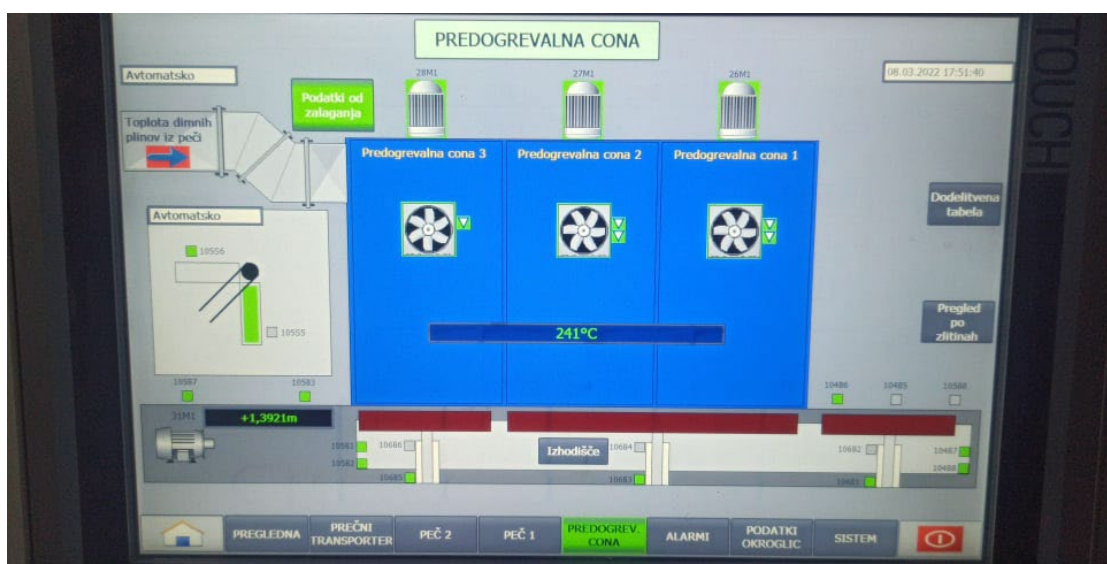


Slika 6: Depaletizer okroglic

Vir: Lastni vir

Začetek gretja na 55 MN se začne z depaletizerjem, ki razlaga okroglice eno za drugo na vhodno progo peči. Tam okroglice začnejo svojo pot skozi peči in se segrejejo na predvideno tehnološko temperaturo. Najprej se začne ogrevanje v predogrevalni peči, kjer se istočasno nahajajo največ tri okroglice.

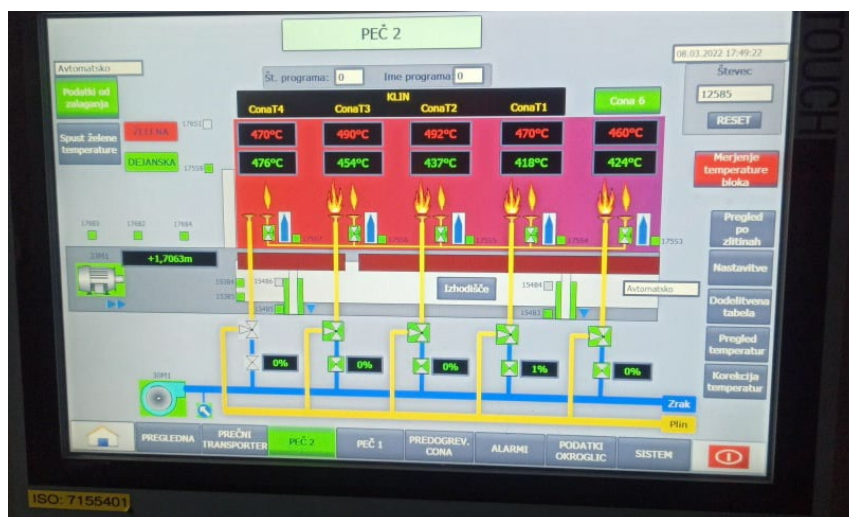
V predogrevalni peči kroži vroč zrak, ki izstopi skozi dimnik. Temperatura vhodnega zraka znaša okoli 500 °C. Senzor, ki meri temperaturo vstopnega zraka, se nahaja v neposredni bližini vhoda v peč. Same okroglice pa se v peči zagrejejo na okoli 130 °C. Vroč zrak v predogrevalni peči kroži s pomočjo treh ventilatorjev, njihovo delovanje pa je podobno kot pri pečici doma. Okroglice znotraj peči premika koračni sistem, po izstopu iz predogrevalne cone pa okroglica potuje do obračalne naprave, ki jo obrne in postavi na progo koračnega sistema ogrevalnih peči.



Slika 7: Temperatura v predogrevalni peči

Vir: Lastni vir

Ta ogrevalna peč lahko drži največ sedem okroglic; osma okroglica, ki jo obračalna naprava obrne, pa ostane na vilicah koračnega sistema, dokler ni izveden klic oziroma premik prve okroglice iz peči ob doseženi zahtevani temperaturi. Ogrevalna peč je sestavljena iz desetih con ogrevanja – šestih con ogrevanja in štirih con ogrevanja v klin. Cone od ena do šest imajo vsaka postopoma višjo zahtevano tehnološko temperaturo, dokler se okroglica v štirih conah klina ne segreje na predvideno temperaturo.



Slika 8: Prikaz temperatur v glavni peči

Vir: Lastni vir

Vsaka cona od ena do šest meri izključno temperaturo ene okroglice, medtem ko štiri cone v klinu merijo eno okroglico na štirih mestih (odvisno od dolžine okroglice). Peč (in vse ostale ogrevalne peči v PP Cevarna) v vseh desetih conah uporabljajo termoelemente z dvema paroma merilnih konic. Vsak par neodvisno od drugega para meri temperaturo okroglice. Program peči med sabo primerja zabeleženo temperaturo vsakega para in ob prevelikem odstopanju z alarmom na panelu opozori upravljalca. Prav tako se alarm pojavi pri premajhnem porastu temperature. To upravljalcu pove, da je v X-coni termoelement dotrajan.



Slika 9: Predogrevalna peč

Vir: Lastni vir



Slika 10: Obračalna naprava s pogledom na vhod ogrevalne peči

Vir: Lastni vir

Termoelement ima dva para merodajnih konic, ki imata različne dolžine. ΔT se računa med tema dvema paroma. Vsakih deset sekund se sproži vseh deset con na peči, ki hkrati merijo temperaturo okroglice. Po šestih sekundah se izpiše dejanska temperatura okroglice. Po desetih sekundah merjenja se konice postavijo nazaj v osnovni položaj in celoten cikel se ponovi ter ponavlja vsakih deset sekund. Med časom, ko so konice v osnovnem položaju in se merjenje temperatur ne izvaja, takrat program peči glede na podatke prejšnjih merenj in delovanja gorilnikov matematično računa povišek temperature. Ob ponovnem merjenju se izračunana vrednost prilagodi na dejansko vrednost. Nobena izmed ogrevalnih peči v obratu PP Cevalna ne bo dovolila izstopa okroglice ob matematičnem približku temperature, ampak samo ob dejanski vrednosti, ki jo izmeri termoelement.



Slika 11: Termoelement 1

Vir: Lastni vir



Slika 12: Termoelement 2

Vir: Lastni vir

Ogrevalna peč na 55 MN je plinska peč, prav tako je plinska peč tudi na 35 MN-stiskalnici. Vsaka zlitina in stanje imata predpisane tehnološke parametre. Ob doseženi zahtevani temperaturi peč »spusti« okroglico iz peči, kjer njeno temperaturo izmeri še laserski merilnik. Ta hkrati služi tudi kot merilec pozicije okroglice na potiskaču.



Slika 13: Ogrevalna peč

Vir: Lastni vir

Sama peč 55 MN-stiskalnice je dolga približno 13 metrov, v njej pa se hkrati nahaja največ 7 okroglic. Okroglice imajo premer 282 mm in 279,4 mm. Najmanjša dolžina okroglic je 550 mm, največja dolžina pa 1600 mm. Delovanje gorilnikov je voden programsko glede na podatke zalaganja iz peči. Ti podatki so odvisni od stanja in zlitine materiala. Glede na te podatke in hitrost iztiskanja ter odvzema se določi stopnja segrevanja materiala v peči. Peč deluje na mešanico zemeljskega plina in zraka. Vsak gorilnik je nastavljen in kalibriran na zahtevane vrednosti, glede na te vrednosti pa si peč programsko vodi stopnjo delovanja posameznega gorilnika v posamezni coni. Okroglice na pečeh imajo poseben temperaturni profil, ki se mu reče »klin«. Klin ima na začetku okroglice višjo temperaturo kot na koncu okroglice. V teoriji bi se naj med procesom iztiskanja tako uravnavala temperatura okroglice. Temperatura klina je določena s pomočjo testiranja in preteklih izkušenj na stiskalnici in je nekako plod izkušenj zadnjih 20–30 let.

5.3 Delovanje 55 MN-stiskalnice

55 MN-stiskalnica lahko deluje tako v ročnem kot v avtomatskem načinu. Kadar želimo, da stiskalnica deluje v avtomatskem načinu, morajo biti izpolnjeni določeni pogoji.

Ti pogoji so:

- da so pogoni pripravljeni za obratovanje;
- naprave stiskalnice so v osnovnem položaju;
- zelena svetilka mora signalizirati tako imenovani izpad spomina;
- vstaviti je treba parametre, ki so podani na delovnem nalogu;
- treba je nastaviti želeno hitrost stiskanja (ta je določena glede na zlitino, obliko in stanje materiala).

Ko so vsi ti parametri določeni, lahko pokličemo prvo okroglico in s tem tudi zaženemo stiskalnico. Ročni način se uporablja zelo redko. Večinoma takrat, ko stiskalnica javi alarm za vzdrževanje in nastavljanje osnovnega položaja stiskalnice. Ročnega načina upravljanja stiskalnice se želimo čim bolj izogibati, saj zaradi tega prihaja do velikih zaostankov, ki podjetje veliko stanejo.

5.4 Iztočna proga

Delovanje iztočne proge izberemo po potrebi. Izbiramo lahko med tremi način delovanja iztočne proge in med dvema režimoma glede na delovanje izvlačilnikov. Možni načini delovanja iztočne proge so sledeči.

- **Ročno:** vsako operacijo oziroma posamezni sklop iztočne proge vklopimo posebej. Ta režim se uporablja pri odpravi napak ali pri izpraznitvi iztočne proge. Vse zaščite v tem režimu delujejo.
- **Polavtomatsko:** pri tem se izvede en cikel izvlačilnika. Vsak naslednji cikel je potrebno startati ročno, posamezne operacije znotraj cikla pa se izvajajo avtomatsko.

- **Avtomatsko:** pogoj za samodejno delovanje je osnovni položaj proge. Natezno silo nastavimo v odvisnosti od dimenzije in zlitine iztiskanca v mejah od 30 do 600 kg.

5.4.1 Delovanje izvlačilnikov

Glede na delovanje izvlačilnikov imamo dva načina delovanja.

- **Z enim izvlačilnikom:** neizbran izvlačilnik zapeljemo v pozicijo mirovanja, z izbranim pa delamo. Pozicijo mirovanja signalizira lučka na komandnem pultu.
- **Z dvema izvlačilnikoma:** oba izvlačilnika je treba postaviti v zgornjo lego (dvigniti), čeljusti pa zapreti. Izvračilnika se nato med obratovanjem pri vsakem ciklu izmenjujeta.

5.4.2 Opozorila za stiskalnico in iztočno progo

- Celo stiskalnico ali posamezni sklop v nujnem primeru ustavimo s pritiskom na gobasto tipko »nujni izklop«. Tipke za nujni izklop so na glavnem komandnem pultu, na posluževalnem pultu. Ponovno obratovanje je možno s sprostitvijo te tipke, samodejno obratovanje pa je možno po postavitvi stiskalnice ali sklopa v osnovni položaj.
- V primeru napake zagori na komandnem pultu lučka »alarm«, na ekranu pa se izpiše »motnja«. V tem primeru najdemo v tabeli opis napake in v dodatni tabeli pri ustavitvi stiskalnice še vzrok ustavitve oziroma manjkajoči pogoj.
- Za vstop v z ograjo varovana nevarna območja so vrata, ki so varovana z varnostnimi ključavnicami. Med obratovanjem vrat ni možno odpreti, razen vrat pri kasetah za orodje (z odprtjem se takoj ustavi kakršno koli gibanje kaset), za vsa ostala vrata ob stiskalnici in izvlačilnikoma pa mora upravljavec stiskalnice dati pogoj tako, da izklopi posamezne sklope stiskalnice, in sicer:
 - a) vrata med pečjo in stiskalnico: izklop vseh gibov stiskalnice in pomožnih naprav na stiskalnici. Zraven teh sklopov je pri odprtih vratih onemogočeno gibanje vseh predajnih naprav za trupec med pečjo in stiskalnico.
 - b) Vrata na desni strani stiskalnice ob zidu: izklop vseh gibov na stiskalnici. Pri odprtih vratih je onemogočeno gibanje vseh gibov na stiskalnici.

- c) Vrata za dostop do podajalca trupcev; izklop vseh gibov stiskalnice in pomožnih naprav na stiskalnici. Zraven teh sklopov je pri odprtih vratih onemogočeno gibanje vseh predajnih naprav za trupe med pečjo in stiskalnico.
- č) Vrata za dostop do iztočne mize ob koncu vodnega korita; upravljalec stiskalnice aktivira sprostitvev dostopa na iztočno progo. Pri odprtih vratih je blokirana vožnja nazaj in naprej nad določeno pozicijo za oba izvlačilnika.
- d) Vrata za dostop do servisne pozicije izvlačilnika na koncu iztočne mize; upravljalec stiskalnice aktivira sprostitvev dostopa na iztočno progo. Pri odprtih vratih je blokirana vožnja nazaj in naprej nad določeno pozicijo za oba izvlačilnika.
- e) Vrata za dostop do nasprotne glave nateznega ravnalnega stroja pri žagi; pogoja za odpiranje ni, je pa pri odprtih vratih blokirana vožnja te glave iz upravljalkega pulta pri vlečni glavi.

Za vsa varnostna vrata, razen pri kasetah in pri nasprotni vlečni glavi, velja, da je pri vstopu treba vzeti ključ iz varnostne ključavnice. Tako preprečimo morebiten vklop naprave, ko se še nahajamo v nevarnem območju. Pri izstopu ključ vtaknemo v varnostno ključavnico in obvezno pri vseh vratih pritisnemo tipko »reset«, ki se nahaja pri vratih. S tem izpolnimo pogoj za ponoven zagon stroja.

- Dostop do izstopnega dela stiskalnice in začetka vodnega korita varuje svetlobna zavesa. V primeru prekinitve svetlobnega snopa se ustavi povratna vožnja izvlačilnika številka dve v območju vodnega korita. Ko se prekinitev sprosti, se pogon izvlačilnika samodejno vklopi.
- Hoja po iztočni progi ni dovoljena. Izjemoma je dovoljen dostop na progo po pripravljenem podestu ob iztočni mizi, obvezno pa je potrebno v tem primeru izklopiti izvlačilnik številka dve.
- Kontrola stiskancev se izvaja s tal ob prečnem transpotrerju ali na prehodu ob ravnalniku.
- Za pomoč pri delu je vrivanje trupca v recipient, uvajanje stiskanca v čeljusti izvlačilnika in polnjenje zaboja za stiskalniški ostanek nadzorovano z videosistemom.
- Med obratovanjem se nihče ne sme nahajati v območju gibljivih delov (znotraj varnostnih ograj in v kletnih prostorih).
- Upravljaec stiskalnice mora biti med obratovanjem pri komandnem pultu.

- Zaradi občasnega povišanega hrupa preko 80 (A) dB je obvezna uporaba zaščite sluha.
- Upravljalavec in ostali člani ekipe so dolžni skrbeti za red in čistočo stroja ter neposredne okolice.

6 ORODJA ZA STISKALNICO

Pri vsakem naročilu, ki ga kupec želi, se najprej prepričamo, ali imamo primerno orodje za izdelavo. Če takšnega orodja nimamo, se s kupcem dogovarjamo za ceno – glede na to, kakšne tolerance mora orodje imeti. Podaljša se tudi rok dobave materiala. Naš izdelovalec orodij v Impolu je v glavnem Kaldera, ki izdeluje različna orodja za stiskalnice. Ko Impol dobi potrdilo od Kaldere, da je možno orodje narediti v željenih tolerancah, najprej naredimo poskusno orodje, da lahko vidimo, kakšen bo izdelek tega naročila. Navedli bomo standard železove zlitine 2343 steel, ki se uporablja za stiskanje orodja.

Tabela 1: SITHERM 2343 STEEL

Brand name	Ravne	Mat. NO.	DIN	EN	AISI/SAE
SITHERM 2343	UTOPMO1	1.2343	X38CrMoV5-1	X37CrMoV5-1	H11

Vir: (<https://steelselector.sij.si/steels/UTOPMO1.html>)

Tabela 2: Kemična sestava orodja (v mas. %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
0.37	1.0	0.38	5.15	1.30	-	0.40	-

Vir: (<https://steelselector.sij.si/steels/UTOPMO1.html>)

H11-orodje je eno od orodij jekel tipa Hot Work, Chromium. Ima sorazmerno nizko vsebnost ogljika, ima dobro žilavost in se pri toplotni obdelavi močno strdi z zrakom. Ima dobro kombinacijo žilavosti, trdote in odpornosti proti obrabi v vročem. Orodje je odporno na mehčanje in razpoke. (Ravne, 2022)

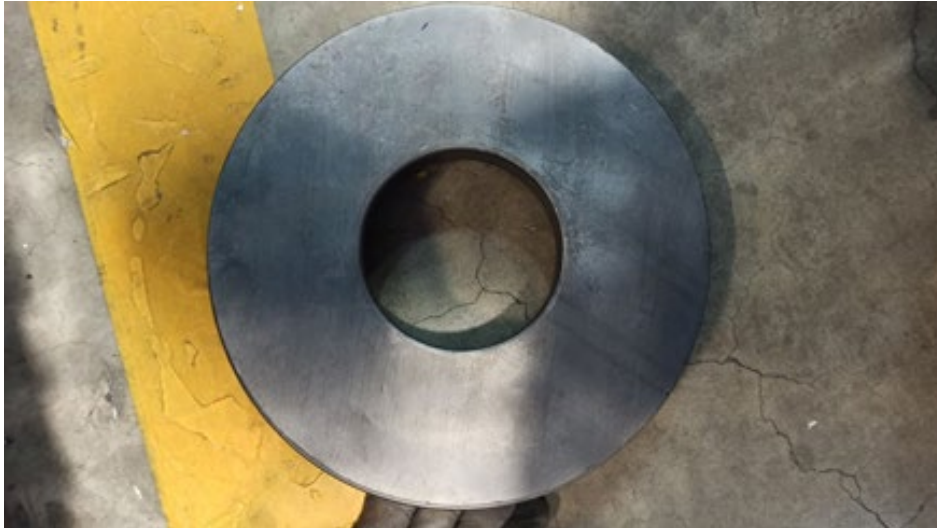


Slika 15: Stiskalnica za orodje

Vir: Lastni vir

Stiskalnica na fotografiji služi za sestavljanje in razstavljanje matric premera 290 in 400 mm in pripadajočega ojačevalca iz konusa ali v konus za 55 MN-stiskalnico ter izbijanje orodij iz nosilca 20 MN-stiskalnice. Nastavek pred batom je prilagojen premeru matrice. Stiskalnico sestavljata ohišje z batom in hidravlični agregat. Upravlja ga orodjar, upravljalec stiskalnice in stiskalec.

Na stiskalnici 55 MN stiskamo dimenzije od 16 do 180 Φ , kar je razlog, da se orodja različno sestavljajo. V našem primeru imamo orodje dimenzije 87 Φ , kar pomeni, da imamo enožilno orodje, tako da imamo tudi enožilni ojačevalec za sestavo orodja.



Slika 16: Zadnja stran orodja

Vir: Lastni vir



Slika 17: Utor v orodju

Vir: Lastni vir

Na delovnem nalogu orodjar pogleda, kakšno orodje potrebuje za kupca. V našem primeru je orodje 87 Φ . Orodje nato pravilno vstavimo v orodje, ki ga imenujemo klada. Klada je zunanji del sestavljenega orodja, ki je skozi različne dimenzije enak. Na strani ima luknjo, kjer je prostor za dovod dušika za hlajenje orodja. Dušik je pomemben za hlajenje orodja med stiskanjem, kajti orodje bi se lahko pregrevalo. Brez le-tega bi zmanjšali življenjsko dobo orodja in na izdelku bi se lahko pojavile prečne deformacije, npr. razpoke.



Slika 18: Prazna klada

Vir: Lastni vir

Ko smo vstavili orodje v klado, moramo vstaviti še pravilne velikosti ojačevalca za orodjem. Ojačevalec zadržuje pritiske stiskalnice na orodje in preprečuje ovalnost palic ter ima narejene kanale za potek hlajenja dušika na orodje.



Slika 19: Kanali za dušik na ojačevalcu

Vir: Lastni vir

Na sestavljeno orodje s kredo napišemo, kakšne dimenzije smo sestavili, kajti teh orodij imamo v pripravi za stiskanje več. Orodje se mora greti v peči najmanj štiri ure, da se pregreje in segreje na željeno temperaturo – 550 °C v pečni komori.



Slika 20: Sestavljeno orodje

Vir: Lastni vir

6.2 Peč za segrevanje orodij

Peč je namenjena ogrevanju stiskalniških orodij v zaščitni atmosferi. Sestavljajo jo tri komore, ki delujejo samostojno. V vsaki komori so podstavki, na katere se odloži orodje (konus).

Orodje se odloži vertikalno v zareze, ki preprečujejo, da bi orodje v peči padlo. Maksimalni premer orodja je 650 mm, maksimalna teža skupnega vložka v eni komori je 1940 kg, maksimalna temperatura ogrevanja pa 550 °C. Na peči z zunanje strani s kredo napišemo, kakšno orodje je v pečeh; orodjar mora v računalnik vnesti, kdaj je za kateri delovni nalog vstavil orodje v peč. Tako lahko računalniško sledimo, kdaj se je orodje vzelo iz peči in vstavilo v peč.



Slika 21: Odprta peč za orodja

Vir: Lastni vir



Slika 22: Zaprta peč za orodja

Vir: Lastni vir

Ko se orodje greje štiri ure in je pripravljeno za stiskanje, ga s transportnim dvigalom zapeljemo do kasete. Kaseta je orodje, pri katerem vzamemo sprednjo klado in jo menjujemo. Vse tri klade, ki so v kaseti, pustimo za nasprotno silo pri stiskanju bloka oz. materiala skozi orodje.



Slika 23: Nepripravljena kaseta

Vir: Lastni vir

Ta kaseta ni pripravljena in čaka na orodje, ki ga pripeljemo iz peči in pripravimo orodje za zamenjavo v stiskalnici. Kaseti sta v stiskalnici dve in se izmenjujeta za večjo produktivnost ter tudi za to, da stiskalnica neprekinjeno deluje.



Slika 24: Sestavljena kaseta

Vir: Lastni vir

Orodje moramo pripeljati pravi čas, kajti če ga pripeljemo prehitro, se lahko zgodi, da stiskalnica orodja ne more potisniti skozi orodje, ker se je preveč ohladilo in lahko povzročimo večurni zastoj.

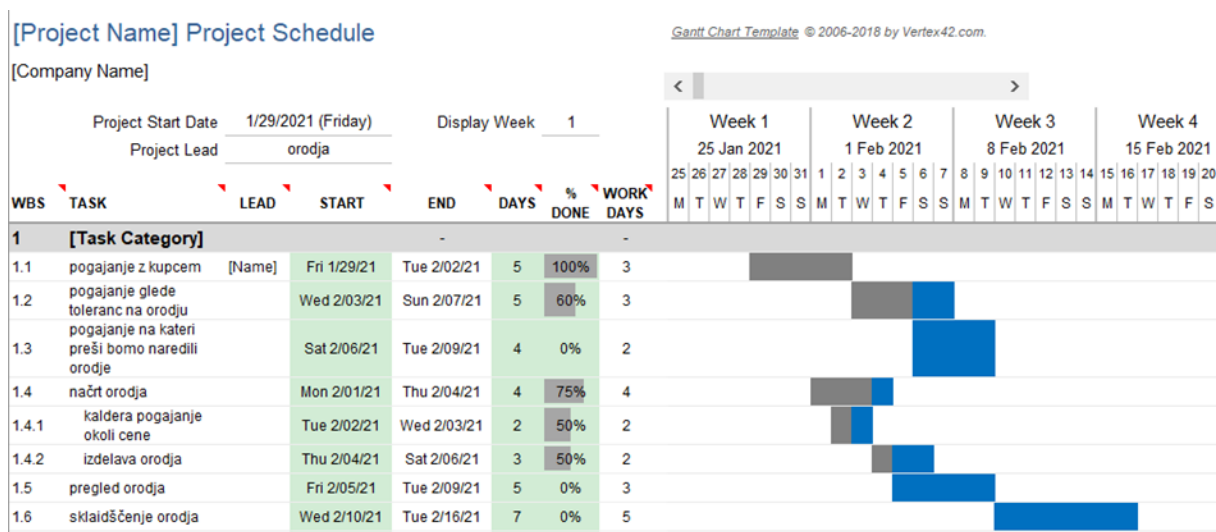
6.3 Luženje orodja

Po uporabi stiskalnice orodje odložimo v zunanje komore, kjer se orodje ohlaja. Orodjar odstrani notranje orodje in ga ponovno sestavi ter ga ponovno odloži v peč na gretje. Orodje, ki ga je odstranil, mora iti na odstranjevanje aluminija z orodja. Ko škatlo z orodji napolnijo, jo odpeljejo na luženje, kjer odstranijo aluminij z orodja in jih na novo premažejo. Po končanem luženju gre orodje v stroj, ki preveri ovalnost prej uporabljenega orodja. Naprava ima podano največjo dovoljeno toleranco za ovalnost. Če naprava zazna preveliko odstopanje od tolerance, ga orodjarji ponovno stružijo na višjo dimenzijo. Kadar je orodje v tolerančnem območju, ga označimo s številko orodja in z dimenzijo. Skladiščimo ga na tovarniški temperaturi v suhem območju za nadaljnjo uporabo.

6.3.1 Življenjska doba orodja

Življenjska doba orodja je odvisna od kvalitete jekla, iz katerega je izdelano, iz konstrukcije orodja in mehanske izdelave ter od toplotne obdelave, mikrostrukturne nitridirane plasti na orodju, hitrosti iztiskovanja in nečistoč v drogu. Orodje pred in po uporabi vzdržujemo z nitridom. Z dobro vzdrževanim orodjem lahko stisnemo okoli 1000 ton aluminija, seveda pa lahko to število niha zaradi zgoraj navedenih dejavnikov.

Tabela 3: Gantogram



Vir: Lastni vir

Z gantogramom prikažemo predviden čas izdelave orodja. Lahko se zgodi, da pride do izpada orodja. Vzrokov za to je več. Med najpogostejšimi vzroki so lom trna, lom matrice, poškodba drsne površine in deformacija samega orodja. Orodje po končanem delu nitridiramo tako, da drsno površino prevlečemo s trdo prevleko. Preden orodje nitridiramo, pa je nujno potrebno zbrusiti in spolirati površino samega orodja, da odstranimo napake prejšnjih obdelav. Za orodje je zelo pomemben način skladiščenja – vstopni in izstopni del morata biti zaščitena pred nečistočami.



Slika 25: Skladišče orodja

Vir: Lastni vir

7 IZBOLJŠAVA PROCESA IZDELAVE PALIC

Pri iztiskanju palic lahko pride do večjih napak. Do le-teh pride zaradi odstopanja legiranih elementov v zlitini ali pa zaradi nepravilne hitrosti pomika glavnega bata.

7.1 *Površinske razpoke*

Zaradi prevelike izstopne hitrosti nove palice se pojavijo površinske razpoke. Takrat, ko material teče skozi orodje pri prevelikih hitrostih, se zaradi višjih temperatur pojavijo nepravilnosti v notranjosti palice in na njeni površini.



Slika 26: Površinske razpoke

Vir: Lastni vir

Na zgornji fotografiji je prikazan primer površinskih razpok, do katerih pride ravno zaradi prej omenjenih napak. V tem primeru je bila težava v preveliki hitrosti glavnega bata, ki je povzročil razpoke na površini palice. Naj omenimo, da so take napake precej pogoste pri trših materialih, saj težje stečejo skozi orodje. Takrat, ko jim pa uspe steči skozi orodje, pa potrebujejo nižjo hitrost premikanja glavnega bata kot mehkejše zlitine.

REŠITEV: Zaradi velikega trenja se orodje zagreje do temperature, pri kateri se začne material deformirati. Rešitev je, da se v peči, kjer se opravljajo meritve termoelementov, meritve opravijo še večkrat. Na tak način bi dobili natančnejše izmerjeno temperaturo okroglice oziroma bloka. Ker sprednji del okroglice zagrejemo na višjo temperaturo (zaradi lažjega iztisa stiskalnice skozi orodje), moramo preprečiti, da zadnji del okroglice ne preseže željene temperature. Za lažjo predstavbo bomo razložili takole. Na Sliki 8 imamo prikazane željene in dejanske temperature okroglice. Željene temperature so prikazane z rdečo barvo, dejanske temperature pa so prikazane z zeleno barvo. Na sami Sliki 8 lahko vidimo, da na coni T4 (to je začetek okroglice) presegamo željeno temperaturo. Na koncu okroglice, tj. v coni T1, pa željene temperature ne dosegamo. Ker je temperatura v coni T1 prenizka, računalnik poda ukaz peči, da okroglico segreva do željene temperature. Večji problem se pojavi v coni T4, saj se temperatura ne dviguje samo v coni T1, ampak tudi v conah T4, T3 in T2. Temperatura se v conah T4, T3 in T2 ne dviguje več tako ekstremno kot v coni T1. Rešitev bi torej bila, da ko okroglico segrejemo na željeno temperaturo, jo, preden pokličemo okroglico, držimo na željeni temperaturi stiskanja.

7.2 *Prečni risi*

Prečni risi so napake, ki nastanejo med proizvodnim procesom, imenovanim natezno ravnanje. Ta proces se izvaja s posebnim strojem. V primeru večžilnega orodja se v tem procesu rado zgodi, da se pri ravnanju zaradi natezne sile in zvitihi začetkov orodja drgnejo med sabo, vse to pa pusti poškodbe na površini palic. Prečni risi, ki so vidni na fotografiji spodaj, so nastali na istem mestu, kar pomeni, da so jih povzročili prečni trakovi. Prav tako je bil vzrok za nastanek te napake drgnjenje palice ob palico pri natezno-ravnalnem stroju.



Slika 27: Prečni risi

Vir: Lastni vir

Po nateznem ravnanju sledi razrez palic. To je precej kritična točka zaradi primerne dolžine palic in kasneje ustreznega vzorčenja materiala. V tem koraku so se pojavila odstopanja pri dolžini palic in prav tako pri samem vzorčenju – obrez konca palic je bil manjši, kot pa je bilo predpisano.

REŠITEV: Pri prenosu med transportnimi trakovi se celotna dolžina palice drgne ob drugo, kar pušča poškodbe, kot je prikazano na zgornji fotografiji. Potrebna bi bila izboljšava delovnega programa na nateznem stroju zaradi zastarele programske opreme in posledično tudi zastarelega načina dela. Pri prenosu med transportnimi trakovi je potrebna velika zbranost delavca pri delu, da pri transportu palic s traka tri na trak štiri pravočasno aktivira trak štiri za odlaganje palic na trak tri.



Slika 28: Transportni trakovi

Vir: Lastni vir

Nekateri kupci želijo popolno površino palic brez prečnih risov, zato smo naredili lesene distančnike. Ti izgledajo kot grablje in preprečijo udarjanje palic druga ob drugo.

7.3 Natrgan material

Take napake se pojavijo zaradi previsoke temperature recipienta, kadar menjamo zlitino, in pa zaradi hitrosti pomikanja glavnega bata.



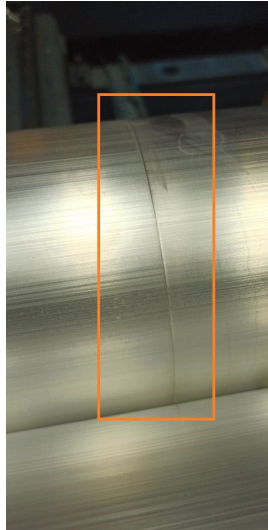
Slika 29: Natrgan material

Vir: Lastni vir

REŠITEV: Treba bi bilo določiti pravilne parametre, da se takšnim napakam izognemo. Prav tako bi bili potrebni korekcija parametrov in nižje hitrosti premikanja glavnega bata. Da bi preprečili napako na zgornji fotografiji, se je treba vrniti v livnico, kjer talijo in vlivajo aluminijeve zlitine, iz katerih nastanejo palice.

7.4 Napaka zaradi izvlačilnika (»pulerja«)

Kot že rečeno, na stiskalnici delujeta dva izvlačilnika; eden prime začetek palice (približno pri 3000 mm – to je razdalja med orodjem in izvlačilnikom), drugi pa čaka na umik prvega. Najkrajše palice so dimenzije 4000 mm. Takoj, ko preša iztisne palice, jih izvlačilnik povleče do vodnega korita. Palice se v koritu z vodo ohlajajo približno 80 sekund – odvisno od premera palice. V tem času se izvlačilnik dve postavi na pozicijo prijema palice, stiskalnica pa prične z iztiskovanjem naslednjega bloka, kljub temu da se okroglica še vedno ohlaja. Nato izvlačilnik ena izvleče palico iz vode do pozicije odlaganja na iztočni progi, izvlačilnik številka dve pa čaka na prijem nove palice. Izvlačilnika imata preračunan čas stiskanja in čas ohlajanja, tako da se med delovnim procesom ne moreta zaleteti. Na tak način pa tudi zmanjšamo mrtvi čas iztiskanja.



Slika 30: Sklep na palici

Vir: Lastni vir

Kadar preša zazna napako, se proces iztiskanja ustavi in počaka zaradi varnosti. To pa v praksi ni vedno tako, ker preša potrebuje določen pritisk, preden začne stiskati; to pomeni, da kadar se preša ustavi, ta pritisk palico še vedno pritiska ven skozi orodja, ampak izvlačilnik je ne vleče, ker je prišlo do napake in smo morali posredovati ročno.

Med tem časom se zgodi »stop marker« (sklep) na palici, ki jo moramo kasneje zavreči. Ta napaka nas stane približno 200 kg aluminija, ki ga je treba ponovno pretaliti.

Pri stiskanju delujeta dva izvlačilnika – izvlačilnik ena in izvlačilnik dve. Kadar preša stiska, prvi izvlačilnik prime palico pri iztiskani dolžini 3000 mm in jo vleče s silo 600 kg, dokler ne iztisne do željenega odpada (odpadni material – največkrat 150 mm). Ko stiskalnica iztisne palico do željene dolžine, izvlačilnik počaka in s cilindri zablokira zmožnost potega palice nazaj pri odpiranju stiskalnice. To izgleda tako, da škarje, ki ločijo odpadni material, od palice odrežejo slednjega. Izvlačilnik ena palico takoj potegne v vodo, kjer jo kali tako dolgo, kot je predpisano za določeno debelino palice na tehnološkem listu. Ker je voda dovolj daleč stran oddaljena od prijema izvlačilnika, se lahko drugi izvlačilnik postavi na mesto prijema naslednje palice, kljub temu da se še palica iz izvlačilnika ena kali v vodi. Na tak način zmanjšujemo mrtve čase stiskalnice (čas, ko stiskalnica miruje). Ko se palica iz izvlačilnika ena ohladi, se po določenem času pomakne do območja odlaganja palic. Stiskalnica je izračunala čas, ki preprečuje, da bi se izvlačilnika med sabo zaletela. Še preden izvlačilnik ena odloži palico v vodo, gre izvlačilnik dve v fazo prijema nove palice. Kadar izvlačilnik ena ali dve odlaga palico na iztočno progo, pride do težav zaradi zvitosti palice pri prijemu. Takrat javi napako na stiskalnici in stiskalnica takoj preneha z iztiskanjem. Ker pri stiskanju govorimo o visokih tlakih, kljub temu da stiskalnica stoji, material še vedno teče v orodje. Na tak način nastane sklep na palici. To napako želimo odpraviti, saj nas stane približno 200 kg aluminija.



Slika 33: Izvlačilnik in mesto napake

Vir: Lastni vir

REŠITEV: Edina možna mehanska rešitev je zamenjava izvlačilnika. To praktično ni mogoče, saj bi bila prevelik strošek za podjetje.

Sistemske rešitve so tri.

1. »Izvlačilnik nazaj pri odpiranju čeljusti« (Slika 36) pomeni, da ko bi izvlačilnik zapeljal do pozicije odlaganja, bi se najprej aktivirale zaviralne ročice (na fotografiji označeno z modrima puščicama), nato bi se izvlačilnik za 5 cm pomaknil proti stiskalnici, da bi prijemala v izvlačilniku lažje popustila. Na tak način bi se čeljusti izvlačilnika normalno odprle. Pri tej odpravi napake smo imeli bistveno manjši odpad materiala, še vedno pa nam ni uspelo odpraviti »stop markerja« oziroma sklepa na palicah.



Slika 34: Rešitev 1

Vir: Lastni vir

2. Ker je palica zvita, je zadnji del palice višje ležeč kot sprednji. Zaviralna ročica najprej prime višje ležeč del palice, kar ima za posledico to, da sprednji del palice, ki je nižje ležeč, potisne globlje v čeljust izvlačilnika. Zaradi tega smo naredili program »najprej odpiranje čeljusti, nato prijem palice«. To pomeni, da ko se izvlačilnik pripelje do pozicije odlaganja, se najprej odpre čeljust izvlačilnika (rumena puščica), nato zaviralna ročica prime palico (zeleni puščici), izvlačilnik pa se pomakne naprej do položaja navzgor in nazaj do pozicije

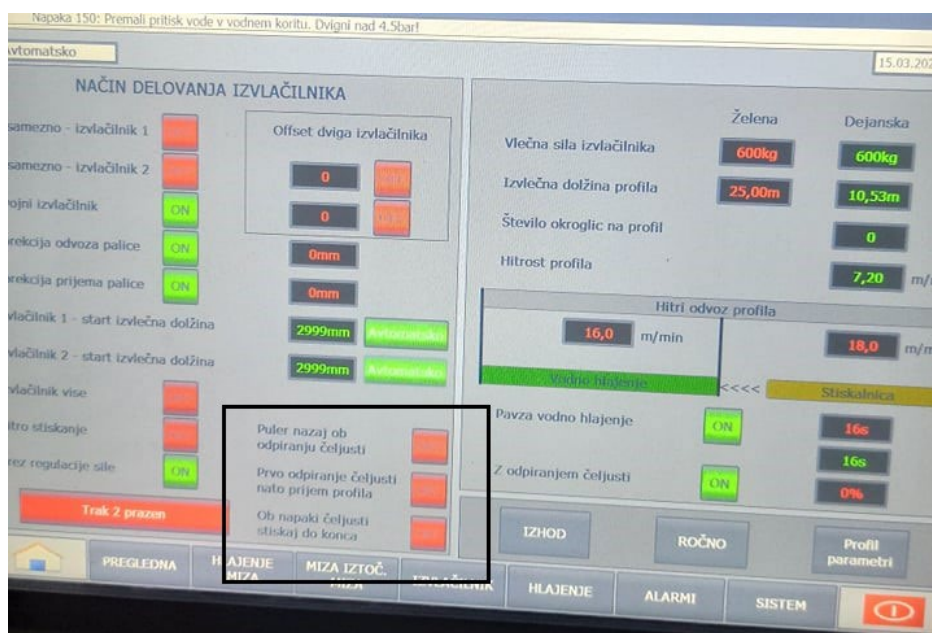
prijema nove palice. Pri tej izboljšavi smo imeli sklepe na palicah še vedno v več kot 5 %. Potrebna je bila še boljša rešitev.

Slika 35: Rešitev 2

Vir: Lastni vir

3. Tretja izboljšava deluje samo pri debelih palicah premera nad Φ 130. To je ob napaki čeljusti »stiskaj do konca« (Slika 36), ki se pojavi, ko se palica zagozdila v čeljust in se ta ne more odpreti. Takrat nam alarm javi, da se je palica zagozdila, stiskalnica pa še vedno stiska okroglico do konca. Ko stiskalnica odreže odpadek okroglice, se ta odpre in v stiskalnico potisne naslednjo okroglico. Slednja čaka v recipientu, da ročno odpravimo okroglico, ki se je zagozdila, in do konca stiskano okroglico. Ko napako rešimo, damo stiskalnico v osnovni položaj za avtomatsko stiskanje. Takšno reševanje okroglic nam poveča mrtve čase na stiskalnicah. Za lažjo razlago si oglejte Sliko 33.

Sklepi se še vedno pojavljajo na palicah, ki so nižjega premera Φ od 130 mm, saj se preša ustavi in pride do sklepa v orodju. Takšne napake je možno reševati tako, da pri napakah z manjšo možnostjo nastanka večje škode stiskalnica in izvlačilnik še vedno delujeta na majhni hitrosti do popolnega zaustavljanja iztiskanja. Na tak način bi se lahko znebili sklepov na palicah.



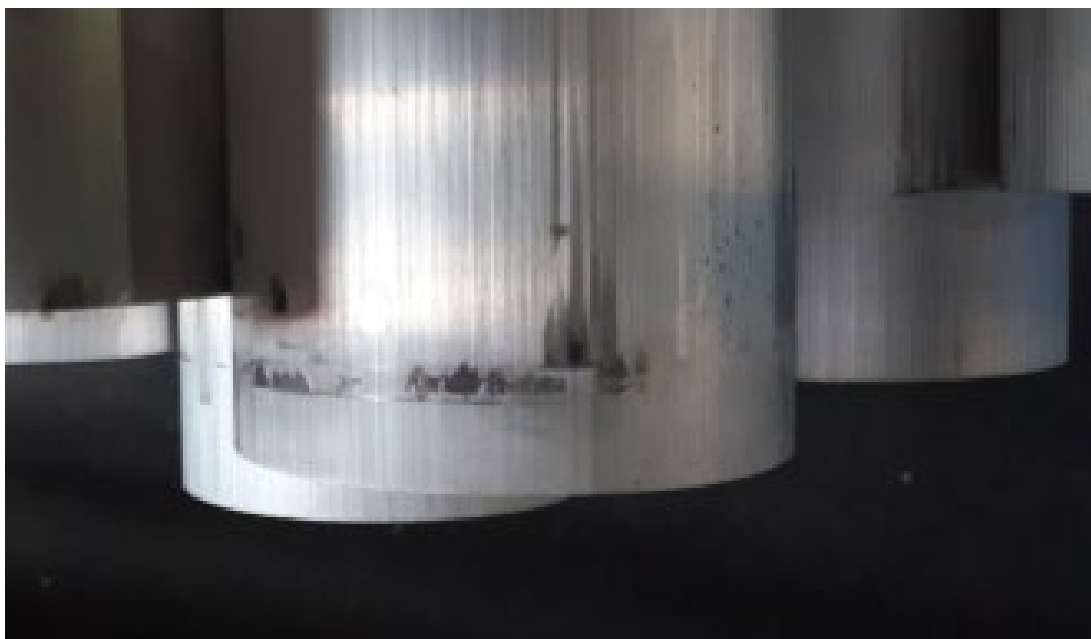
Slika 36: Računalniška odprava

Vir: Lastni vir

7.5 Poškodbe palic, nastale v času pakiranja

Vse napake, omenjene v tej točki, so bile javljene s strani kupcev. Potrebno je vedeti in se tudi zavedati, da vsaka poškodba palic lahko pomeni poškodbo ali neustreznost na končnem izdelku. Kupec palice razreže in iz njih dokonča svoje končne izdelke, ki so v večini namenjeni avtomobilski industriji. Ker naše podjetje izdeluje palice za zelo znane avtomobilске proizvajalce, kakovost ne sme biti vprašljiva. Napake, nastale tukaj, lahko pomenijo končano sodelovanje z avtomobilskimi giganti in posledično velike izgube za podjetje Impol, d. o. o.

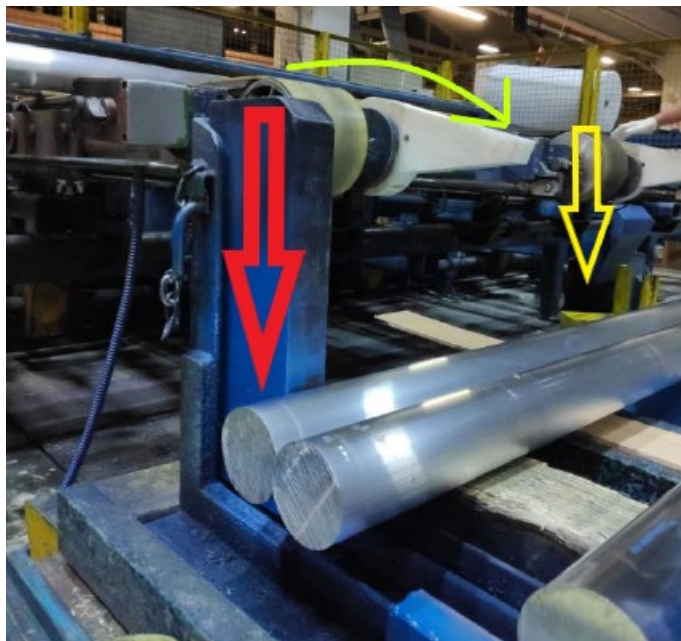
Ob poškodbah, prikazanih na spodnjih fotografijah, smo se vprašali, kaj le-te povzročijo na končnem izdelku po kovanju. Zaradi narave procesa kovanja se te manjše nepopolnosti na površini palic razširijo in dobimo končni izdelek z veliko večjo napako, kot jo je imela palica sama. Zaradi te napake postane končni izdelek šibkejši, kar lahko pripelje do porušitve izdelka, ko bo slednji v uporabi. Zaradi uporabe končnih izdelkov v avtomobilski industriji in dimenzioniranja teh izdelkov se takšne napake ne smejo pojavljati. Izboljšava delovnega procesa je iz tega stališča nujna in potrebna. S tem se bosta zagotovila boljša kakovost palic in zmanjšanje odpada.



Slika 37: Poškodbe koncev palic

Vir: Lastni vir

Palica pade neenakomerno v okvir ali na pakirno mizo. Tej napaki bi se lahko izognili z ročnim odlaganjem palic v okvir ali na pakirno mizo.



Slika 38: Pakirna miza

Vir: Lastni vir

Zelena puščica prikazuje padec palice na pakirno paleto. Ker se transportni trakovi ne vrtijo enakomerno (sprednji trak se vrti hitreje kot zadnji trak), pride do tega, da palica pri rdeči puščici pade hitreje na paleto kot pri rumeni. Zato vsa sila, ki nastane ob padcu palice na pakirno paleto, poškoduje začetek ali konec palice. Rešitev bi bila, da bi delavca, ki sta zaposlena na pakirni liniji, ročno odlagala palice na pakirno paleto. To delo bi opravljala tako, da bi prišla palico vsak na svoji strani (na začetku ali koncu) in jo previdno odložila na pakirno paleto.

7.6 Izboljšava varnosti na delovnem mestu

Svetlobna zavesa je varnostni element, ki s pomočjo senzorjev nadzoruje poseg v neko varovano območje stroja. Stroj je vedno konstruiran in načrtovan tako, da se preprečijo poškodbe delavca, ki dela s tem strojem. Zelo dobro je treba poznati tudi mehanske dele stroja in kakšne poškodbe lahko ti deli povzročijo. Hujše kot so lahko poškodbe, večji varnostni standard je potrebno uporabiti. Najboljša zaščita je mehanska zaščita, kamor sodijo zaščitna vrata in varnostne mreže. Te zaščite pa pri določenih strojih niso najbolj funkcionalne. (SICK, 2021)

Varnostne svetlobne zaveses vsebujejo dve enoti – oddajnik in sprejemnik. V vsaki enoti so optične in električne komponente. Med tema dvema enotama je zaščitno polje, ki je opredeljeno kot višina zaščitnega področja in zaščitnega polja (višina oz. število optičnih komponent, ki se razlikuje od velikosti same zaščitne zaveses ali od tipa zaščite). Oddajnik in sprejemnik se med seboj po navadi najprej sinhronizirata. Obe enoti pa morata biti tudi povezani na varnostni modul. Nekateri proizvajalci pa celo omogočajo, da lahko več zaves vežemo celo zaporedno in si s tem povečamo zaščitno polje. Oddajniki imajo tudi statusne lučke, ki nam pokažejo sam status zaveses (zavesa prekinjena, zavesa ni prekinjena, šibek signal do sprejemnika ...). Zaščitna zavesa nam mora prekiniti signal že, če prekrijemo samo eno optično komponento, zato moramo tudi sami večkrat preveriti, če varnostne zaveses pravilno delujejo. Oddajnik pošlje infrardeče svetlobne pulze do sprejemnika, ki jih ovrednoti. Če prekinemo samo en ta signal, nam svetlobna zavesa stroj zaustavi. Takoj, ko je zaščiteno polje zopet prosto, pa lahko ponovno zaženemo delovanje stroja. (Pioneers, 2021)

Svetlobne zaščitne zavesе so v večini primerov funkcionalnejše zaščite kot mehanske zaradi lažjega posega v sam stroj. Hkrati pa so tudi veliko varnejše kot mehanske, ker se zaščitnih svetlobnih zaves ne da tako enostavno odstraniti s stroja, kot se to lahko počne z zaščitnimi stikali, kjer odstranijo iz zaščitnih vrat varnostne ključe in jih vtaknejo v zaščitna stikala. Če bi jo pa že odstranili, pa bi delavci potrebovali znanje iz elektrotehnike, da bi prelisičili varnostne module. Ampak iz prakse vemo, da si v elektroomarice niti ne upajo posegati zaradi bojazni pred udarom električne energije. Res, da so cenovno to najdražje rešitve varnosti (od 1500 € naprej), ampak glede na funkcionalnost svojo ceno povsem upravičujejo. Zato se jih tudi vse več vgrajuje na same stroje. (Pioneers, 2021)

Pri samem stiskanju poznamo večžilna orodja (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12). Pri večžilnih orodjih, kot na primer 6, 8, 12, je velikokrat težava prehitevanje žil (tudi do enega metra). Stiskalec pred poliranjem orodja slednjega namaže s soljo. To stori za lažje odstopanje materiala od orodja; ko škarje odrežejo material, nato pa sledi poliranje orodja. Stiskalec mora paziti, da vse žile na orodju polira enakomerno. Če spoliramo eno žilo, se med stiskanjem lahko zgodi, da iz izvlačilnika pade palica in se zatakne na progi. Da pri tej napaki ne naredimo sklepa, hitro pristopimo do proge in palico ročno ali s kleščami popravimo. To dejanje je zelo nevarno. Prej omenjena napaka lahko palice tudi zvije, stiskalnica pa svoje delo nemoteno opravlja naprej (palico, ki ni v izvlačilniku, zvija še naprej). Tudi kadar predvidevamo, da bo šla dimenzija v minus ali v plus, merimo palico takoj, ko pride iz vodnega bazena (ko se proces kaljenja preneha). Pri tej nalogi moramo zares paziti na drugi izvlačilnik, ki se vrača nazaj do stiskalnice, da nas ne zapelje zraven proti stiskalnici. Zato bomo na progo namestili svetlobno zaveso. Šele, ko bomo prekinili svetlobno zaveso, bomo popolnoma onemogočili vračanje izvlačilnika do stiskalnice in bomo lahko prišli do palic ter jih izmerili.

V našem obratu se je že zgodila nesreča ravno zaradi prej omenjene težave. Delavec je želel izmeriti premer palic; ker pa pri delu ni bil preveč pozoren na izvlačilnik, ki se je vračal s hitrostjo 70 km/h, ga je le-ta potegnil s sabo do stiskalnice skozi vodno korito, kjer je voda zagreta na 30 °C. Poškodbe so bile tako hude, da nismo vedeli, ali bo ponesrečenec preživel ali ne. Po letu in pol okrevanja je popolnoma ozdravel. Ta nesreča se je zgodila na stiskalnici 35 MN, kjer imajo samo en izvlačilnik – zato se tudi toliko hitreje vrača v osnovni položaj. Na 55 MN-stiskalnici se izvlačilnik vrača počasneje, saj delujeta dva izvlačilnika. Ker delujeta dva

izvlačilnika, je na voljo tudi več časa za vračilo enega izmed njiju na osnovni položaj. Kljub temu da je na voljo dosti več časa za vračilo izvlačilnika na osnovni položaj kot na 35 MN-stiskalnici, se nam zdi smiselno narediti varnostno zaveso, saj je varnost delavca na delovnem mestu eden izmed najpomembnejših dejavnikov, če ne najpomembnejši.



Slika 39: Shema varnostne zaves

Vir: Lastni vir

Na fotografiji vidimo železne stopnice, po katerih gremo na progo popravljati palice, meriti palice, reševati ali popravljati težave na progi. Rdeča puščica prikazuje mesto, kjer bi morala biti svetlobna zaves, in smer, v katero bi bila obrnjena. Kadar bi morali posredovati v stroj, bi se ta ustavil in bi lahko varno pristopili k njemu ter varno rešili težavo na iztočni progi.

8 SKLEP

Kot smo omenili v samem uvodu diplomskega dela, smo se pri našem raziskovanju osredotočili na prečne deformacije, ki nastanejo pri iztiskanju palic. V večini primerov je glavni problem v hitrosti stiskanja in zastareli programski opremini. Večina napak potrebuje korekcijo parametrov za iztiskanje palic, nižje hitrosti premikanja glavnega bata ali pa modernejši način dela.

Največja težava se je pojavila pri delu stiskalnice, imenovanem izvlačilnik. Tukaj so se pojavile napake na palicah, imenovane sklepi ali v našem žargonu »stop markerji«.

Edina možna mehanska rešitev za odpravo sklepov je zamenjava izvlačilnika. Takšno dejanje bi stalo vsaj pol milijona evrov. Ker bi bila ta rešitev prevelik finančni zalogaj za podjetje, je bilo treba razmisliti o drugih rešitvah.

V nadaljevanju bom predstavil ugotovitve hipotez danih na začetku diplomskega dela.

- **H1:** Ugotoviti, pri katerih premerih stiskalnice največkrat javi napako na izvlačilniku in se ustavi.

Ugotovitve smo testirali pri premeru palic 120 mm, 130 mm, 140 mm, 150 mm, 160 mm, 170 mm in 180 mm. Ugotovili smo, da se napake največkrat pojavijo pri dimenzijah 140 mm zaradi zvitosti sprednjega dela palice. Ta del palice je ukrivljen na stran, tako da se izvlačilnik zagozdi in s čeljustmi ne more odpreti, saj so le-te zagozdene v aluminij. To javi napako, ki povzroči zastoj stiskalnice. Posledično naslednja palica, ki je v ciklu stiskanja, počaka v stiskalnici, aluminij še teče, čeprav vse miruje in zaradi tega v orodju nastane sklep.

- **H2:** Predstaviti odpravo težave, da preša ne počaka in tako ne naredi prečne deformacije (najboljša rešitev je bila rešitev številka 3 pri izvlačilniku).

Težavo smo reševali računalniško, saj za mehansko reševanje ni na voljo dovolj sredstev. Poleg tega bi bil prevelik zaostanek z naročili. Prva rešitev je bila, da se izvlačilnik pomakne nazaj, ko zaviralna ročica prime palico. Na tak način bi se sprostili zobje v čeljusti izvlačilnika in palice bi se sprostile. Pri preverjanju tega je še vedno prišlo do napake. Ugotovili smo, da zaradi zvitosti palice zaviralna ročica, kadar prime zadnji del palice, posledično potisne sprednji del palice globlje v čeljust in tako palico potisne ter zagozdi še globlje. Zato smo naredili naslednjo

programsko shemo: pred zapiranjem bi zaviralne ročice najprej popustile čeljusti, nato pa bi prijele palico, da bi se izvlačilnik lahko umaknil. Napaka ni bila odpravljena, stanje pa je bilo boljše. Tako smo naredili tretjo računalniško odpravo, ki je omogočala, da se palica, ki je v procesu stiskanja, stisne do konca. Ker je razmak med palicama dovolj velik, da se ne bi zaleteli, upravljalec ob napaki izvlačilnika počaka, da stiskalnica stisne blok do konca, nato pa težavo rešuje v ročnem načinu stiskalnice.

- **H3:** Ugotovitve po odpravljanju prečne deformacije (najboljša rešitev za to bi bila popolna menjava izvlačilnika).

Pri testiranju vseh treh rešitev smo na koncu prišli do zaključka, da je rešitev, pri kateri stiskalnica stiska do konca, najučinkovitejša. Kljub temu nadrejeni želijo, da se to ne bi dogajalo, saj se pri ročnem načinu stiskanja vidijo mrtvi časi, v katerih stiskalnica ne stiska. Tako še vedno iščemo rešitve, kako bi še hitreje odpravljali napake v ročnem oziroma avtomatskem načinu delovanja stiskalnice.

- **H4:** Z vgradnjo svetlobne zaves se izboljša varnost na delovnem mestu.

Pri gradnji svetlobne zaves smo zagotovili boljšo varnost na delovnem mestu. Ko nam stiskalnica javi napako, moramo posredovati na stroju. Zdaj se ta ustavi in delavec lahko varno pristopi k stroju ter varno reši težavo na iztočni progi. Kadar se zgodi, da katera izmed palic pade iz izvlačilnika, moramo izmeriti njeno dimenzijo. Ko želimo pristopiti do proge, na kateri se ta palica nahaja, se svetlobna zavesa prekine in izvlačilniku ne dovoli vrnitve v osnovni položaj. Stiskalnica kljub temu da je delo izvlačilnika prekinjeno, deluje normalno – stiskanje palic se ne prekine. Prav tako je potrebno izmeriti dimenzije palic v primeru, ko se nam zdi orodje sumljive dimenzije. To pomeni, da bi lahko bilo orodje napačno ali pa je predpisana tehnologija za to dimenzijo napačna.

Danes podjetja med sabo tekmujejo tako v kvaliteti kot kvantiteti, večini izmed njih pa je pomembnejša kvantiteta. Kupci pa od podjetij zahtevajo ravno obratno – želijo si kvaliteto po čim nižji ceni. V našem primeru si kupci želijo čim bolj kvalitetne palice po čim bolj ugodni ceni. Delavci v proizvodnji pazimo na kvaliteto, kolikor je to le možno, vseh napak pa se žal ne da preprečiti. Tako kot sta za kupca pomembni kvaliteta in cena proizvoda, je pomemben tudi rok dobave. Dobavni rok je zelo pomemben, da podjetja dosegajo dogovorjene termine; če pa

se zgodi, da dogovorjenega termina ne dosežejo, sledijo velike izgube. Podjetje kot je Impol, si ne more privoščiti, da bi za vse delovne naloge na stiskalnici iztisnili več materiala, zato iztisnemo, kolikor je potrebno. Če se material stiska in se naredi »stop marker« – sklep na palici, morajo tehnologi ponovno izdati delovne naloge, vendar samo za toliko, kot je bilo odpadnega materiala. Na delovnih nalogih je zapisano, kaj se je zgodilo, zakaj je ta delovni nalog označen kot motnja. Upravljalca stiskalnice mora zagotoviti, da se napaka, ki je na delovnem nalogu zabeležena kot motnja, ne bo več ponovila. Ker je naše delovno mesto v podjetju Impol ravno mesto upravljalca, smo se poglobili v težavo nastajanja napake, imenovane »stop marker« oziroma sklep na palici. Ta napaka predstavlja podjetju velik strošek. Z reševanjem prej omenjene napake smo podjetju znatno zmanjšali tako imenovane motnje na delovnih nalogih. V diplomskem delu predlagana tretja rešitev deluje zelo dobro. Na palicah se sklepi oziroma »stop markerji« sploh ne pojavljajo več, ostaja pa zato zelo veliko mrtvega časa, ki ga bomo v prihodnje prav tako morali odpraviti.

V nekaterih izmed delovnih obratov v podjetju Impol zaščitne zavesе že imamo. Kljub visokim cenam se zagotovo splača vložiti v kakovostno varnost delavcev na delovnem mestu. V našem obratu je izdelava varnostne svetlobne zavesе še v postopku izdelave, zato o izboljšanju ali poslabšanju delovnih razmer še ne moremo govoriti. Lahko pa z gotovostjo potrdimo, da so v obratih našega podjetja, kjer so te varnostne zavesе nameščene, delovne razmere dosti bolj varne, če delavci sami teh varnostnih zaves ne izključijo in tako tvegajo poškodbe.

Z diplomskim delom želimo v podjetju Impol zagotoviti popolno odpravo prečnih deformacij na palicah. Prav tako želimo, da ima naše delo čim večji doprinos k izdelavi varnostne zavesе, ki je na omenjenem delovnem mestu nujno potrebna.

9 BIBLIOGRAFIJA

- Čivić, D. (2014). *Analiza izbranih postopkov masivnega preoblikovanja*. Maribor, Slovenija: UM, Fakulteta za strojništvo. Pridobljeno iz <https://dk.um.si/Dokument.php?id=67656>.
- Impol. (20. januar 2022). *Impol*. Pridobljeno iz Zgodovina Impola: <https://www.impol.si/podjetje-impol/zgodovina/>.
- K. Saha, P. (2000). *Aluminium Extrusion Tehnology*. Ohio: ASM International.
- Laboratory, F. (1. december 2021). *Osnove iztiskovanja*. Pridobljeno iz Osnove iztiskovanja: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-index.htm>.
- Pioneers, C. T. (15. december 2021). *Svetlobna zavesa*. Pridobljeno iz Svetlobna zavesa: https://www.cedes.com/en/index_en.htm/.
- Ravne, S. M. (23. januar 2022). *SIJ group*. Pridobljeno iz Sitherm 2343 Steel: <https://steelselector.sij.si/steels/UTOPMO1.html>.
- SICK. (15. december 2021). *Svetlobna zavesa*. Pridobljeno iz Svetlobna zavesa: <https://www.sick.com/at/en/>.
- Tehnična dokumentacija podjetja Metal Ravne d. o. o.* (2022).
- Tehnična dokumentacija podjetja Impol d. o. o.* (2022).