

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR**

IZBOLJŠAVA CIKLONSKE ODSESOVALNE NAPRAVE NA ŽAGI ELHAUS

Kandidat: Sašo Pliberšek

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

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

Mentor v podjetju: Marjan Mesarič, dipl. ing. str.

Lektor: Maja Špes, mag. prof. slov. j. in knj. (UN)

Maribor, 2023

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Sašo Pliberšek, sem avtor diplomskega dela z naslovom *Izboljšava ciklonske odsesovalne naprave na žagi Elhaus*, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića, univ. dipl. gosp. inž.

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.

Maribor, julij 2023

Podpis študenta:

ZAHVALA

Najprej bi se rad zahvalil mentorju na šoli, dr. Darku Friščiću, za njegovo izjemno podporo od samega začetka, ko se je pričela pripravljati dokumentacija za prijavo diplomskega dela in do končnega usklajevanja diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem svojemu mentorju v podjetju, Marjanu Mesariču, dipl. inž. str., pri sami izbiri problematike znotraj podjetja, ki sem jo lahko uporabil kot temo za diplomsko delo. Hkrati mi je pomagal z veliko nasveti in s pridobivanjem literature znotraj samega podjetja. Zahvala gre moji družini, ki me je ves čas spodbujala, podpirala in me v času študija neprestano motivirala. Hvala sošolcem za skupno sodelovanje in pomoč od samega začetka študija. Veliko zahvalo si zasluži tudi podjetje Impol, d. d. iz Občine Slovenska Bistrica, za pridobljeno znanje in možnost lastne kreativnosti.

POVZETEK

V današnjih časih se v proizvodnji velikokrat zahteva inovativnost in samo prilagajanje pri iskanju rešitev, s katerimi dosežemo večjo kvaliteto ter večjo produktivnost pri izdelavi končnega produkta. Večina izdelkov gre skozi različne postopke obdelave, s katerimi dosežemo željeno lastnost produkta, vendar se s tem tudi povečuje količina izmeta, saj z večimi različnimi strojnimi obdelavami, ki jih opravimo na produktu, vedno povečamo možnost za kakšno napako ali poškodbo.

Za proizvodnjo je značilno, da podjetja prejemajo naročila naključno v zvezi s potrebami naročnikov in v odvisnosti od samega trga. V avtomobilski industriji je po navadi tako, da se uporablja sistem »ravno ob pravem času«. Produkt se dostavi v podjetje ravno takrat, ko se potrebuje in se ne skladišči, s tem se pridobi veliko prostora pri skladiščenju, kar predstavlja logistično velik zalogaj za vsa podjetja, ki takšne produkte izdelujejo. Podjetje Impol večino končnih produktov izdeluje ravno za avtomobilsko industrijo, zato je podjetje vedno v časovni in logistični vojni, kjer je najpomembnejše, da se naročila izdelajo v pravem času ter v čim višji kakovostni meri in seveda v ustrezni kakovosti.

Aluminij danes sodi med najbolj zaželeno kovino na svetu. Kovino najdemo v industriji vozil, denarju, gradbeništvu, glasbilih, električnih vodnikih, gospodinjskih pripomočkih, embalaži in drugih. V diplomskem delu bom obrazložil, kako podjetje Impol preoblikuje aluminijaste zlitine v palice in profile. Svojo pozornost bom usmeril v ciklonsko odsesovalno napravo na strojni žagi Elhaus, ki je del 55 MN direktne stiskalne. Sam na tem delovnem mestu ne delam, vendar sem sodeloval pri sami optimizaciji tega delovnega stroja, v manjši ekipi, ki je bila namenjena temu, da čimprej reši težave z odsesavanjem aluminijastih opilkov. Ključni namen moje naloge je, da predstavim, kako smo zmanjšali mrtvi čas, izboljšali kvaliteto produkta in izboljšali varnost na delovnem mestu. Ta projekt smo izvajali skupaj z operaterji tega stroja, s katerimi smo testirali razne rešitve, ki bi naj izboljšale sistem odsesavanja. Pri tem projektu smo preizkušali učinkovitost novega tipa žaginega lista, s katerim smo dosegli boljšo kakovost odreza. Izboljšali smo sistem izvajanja TPM aktivnosti in s tem omogočili dolgoročno razbremenjenost operaterja stroja. Z raznimi posodobitvami na žagi v kombinaciji z novim žaginim listom in s posodobitvijo izvajanja TPM aktivnosti, smo drastično zmanjšali mrtvi čas ter stroške, vezane z vzdrževanjem stroja.

Ključne besede: 55 MN stiskalnica, žagin list, TPM aktivnost, aluminij.

ABSTRACT

Improvement of the cyclone extraction unit on the Elhaus sawmill

In today's times, innovation and self-adjustment are often required in production in the search for solutions that achieve higher quality and higher productivity in the production of the final product. Most products go through various processing procedures, which achieve the desired product properties, but this also increases the amount of low quality products, because with several different machining processes that are carried out on the product, we always increase the possibility of some kind of error or damage.

It is typical for production that companies receive orders randomly in relation to the needs of clients and depending on the market itself. In the automotive industry, it is usually the case that a "just in time" system is used. The product is delivered to the company exactly when it is needed, and is not stored, as this saves a lot of storage space, which represents a large logistical burden for all companies that manufacture such products. The company Impol manufactures most of its final products specifically for the automotive industry, and therefore the company is always in a time and logistics war, where the most important thing is that orders are made at the right time and to the highest possible quality. and of course in the appropriate quality.

Aluminum is one of the most desirable metals in the world today. The metal is found in the vehicle industry, money, construction, musical instruments, electrical conductors, household appliances, packaging and others. In my diploma, I will explain how the company Impol transforms aluminum alloys into bars and profiles. I will focus my attention on the cyclonic extraction device on the Elhaus machine saw, which is part of the 55 MN direct press. I don't work in this workplace myself, but I participated in the optimization of this machine itself, with a small team, which was intended to solve the problems with the extraction of aluminum filings as soon as possible. The key purpose of my task is to present how we reduced dead time, improved product quality and improved workplace safety.

We carried out this project together with the operators of this machine, with whom we tested various solutions that were supposed to improve the extraction system. In this project, we tested the efficiency of a new type of saw blade, with which we achieved a better cut quality. We have improved the system for performing TPM activities, thereby enabling the long-term relief of the machine operator. With various updates on the saw in combination with a new saw blade and updating the

implementation of TPM activities, we have drastically reduced the dead time and costs related to the maintenance of the machine.

Keywords: *55 MN press, saw blade, TPM activity, aluminum.*

KAZALO VSEBINE

1. UVOD.....	11
1.1. Opis področja in opredelitev problema	11
1.2. Namen, cilji in osnovne trditve	12
1.3. Predpostavke in omejitve	12
1.4. Uporabljene raziskovalne metode	13
2. PODJETJE IMPOL, d. d.	14
2.1. Vizija.....	14
2.2. Poslanstvo	15
2.3. Vrednote.....	15
2.4. Trgi podjetja Impol	15
3. STANDARD PODJETJA IMPOL	20
3.1. Standard ISO 9001: splošen standard za kakovost.....	20
3.2. Standard IATF 16949: standard za kakovost v avtomobilski industriji	20
3.3. Standard ISO 14001: standard na področju okolja.....	20
3.4. Standard ISO 45001: standard na področju varnosti in zdravja pri delu	20
3.5. Standard EN 9100: standard na področju letalske industrije.....	21
3.6. Asi performance standard.....	21
4. IZDELKI PODJETJA IMPOL	22
4.1. Trajnostni izdelki infiniAL.....	22
4.2. Stiskani izdelki.....	22
4.3. Valjani izdelki	23
4.4. Odkovki.....	23
4.5. Rondelice	21
4.6. Finalizirani izdelki	24
4.7. Liti izdelki	24
5. OSNOVE IZTISKOVANJA.....	25
5.1. Pregled različnih metod iztiskovanja aluminijevih zlitin	25
5.2. Hladno iztiskovanje.....	26
5.3. Toplo iztiskovanje	26

5.4. Istosmerno iztiskovanje – direktno.....	27
5.5. Protismerno iztiskovanje – indirektno.....	28
5.6. Temperature pri stiskanju.....	29
5.7. Plastične deformacije pri stiskanju.....	29
5.8. Iztiskovalne sile.....	31
6. ALUMINIJ	32
7. 55 MM DIREKTNA STISKALNICA	33
7.1. Stružni center puma.....	33
7.2. Plinska peč od stiskalnice 55 MN	34
7.3. Termoelement	36
7.4. Specifikacije in delovanje	36
8. DELOVNI PROCESI NA 55 MN STISKALNICI.....	38
9. STISKALNA ORODJA.....	45
9.1. Meritve orodij	46
9.2. Luženje orodij	47
9.3. Življenjska doba orodij	48
10. IZBOLJŠAVA CIKLONSKE ODSESOVALNE NAPRAVE V SKLOPU Z ŽAGO ELHAUS	50
10.1. Delovanje in ključni elementi ciklonskih odsesovalnih naprav	34
10.2. Ciklonska odsesovalna naprava Keller	36
10.3. Metoda TPM.....	36
10.4. Problematike ciklonske naprave na žagi Elhaus	59
10.5. Splošne posodobitve sistema strojna žaga Elhaus s ciklonom Keller v preteklosti.....	60
10.6. Rešitve proti zamaševanju ciklonske odsesovalne naprave	61
10.7. Primerjava žaginih listov	64
10.8. Posledice posodobitev ciklonske odsesovalne naprave.....	68
10.9. Izboljšana varnost na delovnem mestu	69
11. UČINKOVITOST V PODJETJU.....	71
12. SKLEP	72
13. BIBLIOGRAFIJA.....	75

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PODJETJE IMPOL	14
SLIKA 2: ODKOVKI ZA AVTOMOBILSKO INDUSTRIJO.....	16
SLIKA 3: EMBALAŽA ZA TABLETE IZ ALUMINIJASTE FOLIJE	16
SLIKA 4: UPORABA ALUMINIJA V ŽICAH DALJNOVODA.....	17
SLIKA 5: UPORABA ALUMINIJA V VESOLJU	18
SLIKA 6: DELEŽ IZDELKOV V IMPOLU	19
SLIKA 7: STISKANI IZDELEK.....	22
SLIKA 8: ODKOVKI.....	23
SLIKA 9: RONDELICE	24
SLIKA 10: LITI IZDELKI	24
SLIKA 11: SHEMA DIREKTNEGA IZTISKOVANJA	27
SLIKA 12: DIREKTNO IZTISKOVANJE S STISKALNO PLOŠČO	28
SLIKA 13: SHEMA INDIRECTNEGA IZTISKOVANJA	29
SLIKA 14: SHEMA GIBANJA MATERIALA PRI TOPLEM STISKANJU	30
SLIKA 15: PODATKI ZA SHEMA GIBANJA MATERIALA PRI TOPLOTNEM IZTISKANJU	30
SLIKA 16: NADZORNI CENTER.....	33
SLIKA 17: DEPALETIZER OKROGLIC.....	34
SLIKA 18: TEMPERATURE V CONI PREDGREVANJA.....	35
SLIKA 19: TEMPERATURNI CENTER OGREVALNE PEČI	35
SLIKA 20: TERMOELEMENT 2	36
SLIKA 21: TERMOELEMENT 1	36
SLIKA 22: PLINSKA OGREVALNA PEČ	37
SLIKA 23: DELOVNI NALOG	38
SLIKA 24: OKROGLICE NA TRANSPORTNI PALETI	40
SLIKA 25: STISKALNA KASETA ZA ORODJA	40
SLIKA 26: TRANSPORT OKROGLICE IZ PEČI V PODAJALEC	41
SLIKA 27: DODAJALEC Z OKROGLICO.....	42
SLIKA 28: RAVNALNI STROJ	43
SLIKA 29: NAČRT ORODJA OD 55 MN STISKALNICE	46
SLIKA 30: MERILNA NAPRAVA TRAMES.....	46
SLIKA 31: LUŽILNA KOMORA.....	47
SLIKA 32: PESKALNA KOMORA	48
SLIKA 33: GANTOGRAM IZDELAVE ORODJA.....	48
SLIKA 34: SKLADIŠČNI REGALI.....	49
SLIKA 35: KONTROLNI CENTER NA ŽAGI ELHAUS	51

SLIKA 36: ŽAGA ELHAUS Z ODLAGALNO MIZO	52
SLIKA 37: ODESEVALNI CIKLON KELLER	54
SLIKA 38: OSNOVNI PODATKI KELLER CIKLONA	55
SLIKA 39: SHEMATSKI PRIKAZ CIKLONA KELLER S STROJNO ŽAGO ELHAUS	55
SLIKA 40: MAZALNI SISTEM	57
SLIKA 41: DOLŽINSKI NASLON	58
SLIKA 42: KONTROLNI LIST ZA SPREMLJANJE TPM AKTIVNOSTI	59
SLIKA 43: CELULOZNI FILTER	61
SLIKA 44: JEKLENA PLOŠČA V CIKLONU	62
SLIKA 45: NAPRAVA ZA KOREKCIJO VRTLJAJEV/MIN	63
SLIKA 46: OBNOVLJENA OBROBA	63
SLIKA 47: NOV TIP 40-ZOBNEGA LISTA	64
SLIKA 48: 84-ZOBNI LIST	64
SLIKA 49: 40-ZOBNI LIST	64
SLIKA 50: 1/40 NOV ZOB	65
SLIKA 51: 1/84 ZOB	65
SLIKA 52: 1/40 ZOB	65
SLIKA 53: ODREZKI Z NOVIM 40-ZOBNIM LISTOM	66
SLIKA 54: ODREZKI S STARIM 40-ZOBNIM LISTOM	66
SLIKA 55: PRIMER ALUMINIJASTE KEPE PO ROČNEM ODSTRANJEVANJU IZ ZAMAŠENEGA CIKLONA	67
SLIKA 56: PRIMER DOBRIH ODREZKOV V ZBIRALNI POSODI	67
SLIKA 57: PRIMER ODREZA Z NOVIM 40-ZOBNIM LISTOM PO ENEM TEDNU	68
SLIKA 58: PRIMER ODREZA S STARIM 40-ZOBNIM LISTOM PO ENEM TEDNU	68

KAZALO TABEL

TABELA 1: SITHERM 2343 STEEL	45
TABELA 2: KEMIČNA SESTAVA ORODJA (V MAS. %).	45
TABELA 3: PRIMERJALNA TABELA	69

1. UVOD

V današnjem svetu delovnih procesov so izboljšave ključnega pomena. Z izboljšavami pridobimo ogromno pozitivnih rezultatov. Danes se zahteva, da je produkt izdelan ob pravem času in v ustrezni kakovosti, zato je ključno, da proizvodni proces konstantno spremljamo ter ga nenehno izboljšujemo. Samo na takšen način lahko dosežemo največjo kakovost in ob tem najmanjše stroške za podjetje. Zadan cilj vsakega podjetnika je, da skupaj s svojimi zaposlenimi dosega nenehno dobavo produktov svojim kupcem in to največje kakovosti. Ker so izboljšave delovnega procesa eden izmed ključnih faktorjev za rast podjetja, sem se odločil ravno za takšno tematiko, ki jo bom predstavil v diplomskem delu. V podjetju Impol PCP, d. o. o., natančneje v obratu Cevarna, se v večini izdelujejo aluminijaste palice in cevi, v redkih primerih tudi profili. Vse produkte obrat proizvaja s tremi namenskimi stiskalnicami, ki se razlikujejo po velikosti in načinu stiskanja. Ena stiskalnica temelji na indirektnem stiskanju – 35 MN, ostali dve pa na direktnem stiskanju – 55 MN in 20 MN. Na indirektni stiskalnici 35 MN se stiskajo najtrdnjše legure v obratu Cevarna. Direktna stiskalnica 55 MN je namenjena stiskanju cevi in profilov večjega preseka, do 180mm. Najstarejša izmed treh, ki temelji na direktnem stiskanju, pa se uporablja za izdelovanje aluminijaste žice in brezšivnih cevi. Na vseh treh stiskalnicah se konstantno pojavljajo napake, ki jih podjetje sproti odpravlja. V diplomskem delu sem se osredotočil na eno izmed teh napak, ki se dogaja na odsesovalnem ciklonu aluminijastih opilkov na direktni stiskalnici 55 MN. Celotno stiskalnico in odsesovalni ciklon bom v diplomskem delu predstavil z natančnimi podatki ter s slikovnim gradivom, za lažjo predstavbo.

1.1. Opis področja in opredelitev problema

V diplomskem delu bom predstavil moje ugotovitve glede optimizacije ciklonske odsesovalne naprave na strojni žagi Elhaus, ki je v sklopu z direktno stiskalnico 55 MN. Težava se pojavi z zamašitvijo odsesovalne cevi, ki se napolni z aluminijastimi opilki, ki jih je potrebno odstraniti, da lahko odsesovalni ciklon normalno deluje. Pri tem pa nastane mrtvi čas, ker mora med čiščenjem ciklona stiskalnica mirovati. Opisal bom vse vrste ukrepov, ki smo jih testirali na strojni žagi in odsesovalnem ciklonu. Raziskal bom, s katerimi ukrepi lahko optimiziramo stroj cenovno ugodno, ampak kljub temu učinkovito, glede zamaševanja odsesovalnega kolena.

Predstavil bom postopek stiskanja aluminijastih palic od samega začetka do končnega produkta, da lahko lažje razumemo samo delovanje odsesovalnega stroja.

1.2. *Namen, cilji in osnovne trditve*

Namen diplomskega dela je predstaviti različne načine optimizacije ciklonske odsesovalne naprave na strojni žagi Elhaus. S samo optimizacijo bi rad dosegel zmanjšan mrtvi čas na direktni stiskalnici 55 MN, večjo produktivnost, večjo varnost pri zaposlenih in manjše stroške delovnega procesa. Raziskal bom tudi optimalne parametre na strojni žagi in tako pridobil najučinkovitejši način glede zmanjšanja obrabe žaginega lista.

Cilj mojega diplomskega dela vidim v tem, da se te napake na stroju ne bodo več ponavljale. Optimizacija stroja mora biti cenovno ugodna in izvedena z minimalnimi posegi, kljub temu mora biti kvalitetna, da na dolgi rok podjetje nima prevelikih denarnih izgub. Glavni cilj sem si zastavil v večji produktivnosti delovnega procesa. Dobra optimizacija bi prinesla večje ambicije za podjetje, saj bi lahko sprejeli veliko večje število naročil, ki jih zdaj z raznimi zastoji ne zmorejo.

Hipoteze, ki sem si jih zastavil pred začetkom pisanja diplomskega dela, so sledeče:

- **H1:** Izboljšano odsesovanje pri rezanju aluminijastih palic bo zmanjšalo število zastojev.
- **H2:** Ciklonska odsesovalna naprava se z uporabo novega tipa krožnega žaginega lista ne bo mašila.
- **H3:** Optimizirana ciklonska odsesovalna naprava bo izboljšala varnost na delovnem mestu.
- **H4:** Zaradi težav z odsesavanjem aluminijastih opilkov se bo uporabil nov tip krožnega žaginega lista, s katerim se bo dosegla boljša kakovost odreza in s tem manj izmeta materiala.

1.3. *Predpostavke in omejitve*

Pridobivanje določenih podatkov bo izredno zahtevno zaradi poslovnih skrivnosti podjetja Impol. Podatki glede toplotnih obdelav palic, aluminijastih zlitin in tehnoloških parametrov bodo prikriti, razen podatki, ki jih lahko prikažem za lažje razumevanje diplomskega dela. Velika omejitev se nahaja v iskanju literature za proces stiskanja aluminijastih palic, cevi in profilov. Literaturo sem zasledil samo v tujem jeziku – angleščini. Omejitve nastopajo tudi pri investicijskih stroških, kot tudi morebitna krajša življenjska doba pri nadgradnji določenega segmenta stroja.

1.4. Uporabljene raziskovalne metode

Moje diplomsko delo je sestavljeno iz raznih izbranih literatur in praktičnega dela. Za vodilo bom uporabil že staro gradivo prejšnjih raziskav. Pri samem raziskovanju sem uporabil že preverjene metode:

- metoda primerjanja podatkov (zbrane ključne podatke bom med seboj primerjal);
- metoda analiziranja podatkov (analiziranje podatkov bo v veliko pomoč pri izboljšavi odsesovalnega ciklona);
- metoda deskripcije (opisal bom proces izdelave palic, profilov in delovanje izbranega stroja);
- metoda zbiranja podatkov (za vsak delovni proces bom zbiral podatke za lažje razumevanje);
- raziskava teoretičnega ozadja.

2. PODJETJE IMPOL, d. d.

Impol je podjetje, ki se ukvarja s predelavo aluminija v različne visokokakovostne polizdelke in izdelke, ki zadovoljujejo potrebe v različnih industrijah, kot tudi kupce za lastno imetje. Je predvsem fleksibilno in inovativno podjetje. Glavna prednost podjetja je predvsem to, da se je vedno pripravljeno prilagoditi kupcem in naročnikom v največji možni meri, kar pomeni, da je Impol zanesljiv poslovni partner. Ekološka politika Impola je precej ostro naravnana, kar izkazuje tako s svojo kot svetovno skrbjo za prihodnost. Pri tem so v veliko pomoč predani delavci in skrb za družbeno odgovornost. Podjetje se s svojo rastjo in z razvojem približuje že dvestoti obletnici obratovanja, za kar je zaslužen dober odnos podjetja do poslovnih partnerjev in svojih zaposlenih, dobra prilagodljivost, marljivost, inovativnost ter lojalnost. (Impol, O nas, 2023)



Slika 1: Podjetje Impol

Vir: (<https://www.impol.com/contact/>)

2.1. *Vizija*

Nenehno povečevanje kapacitet proizvodnje polizdelkov iz aluminija in proizvodnje s čim več dodane vrednosti na izdelek z dodelavo polizdelkov. Vse naštetu predstavlja vizijo podjetja Impol. (Impol, O nas, 2023)

2.2. Poslanstvo

Predelava aluminija v polizdelke in dodelane polizdelke zagotavlja naročnikom zadovoljstvo zanesljivosti do kakovostnih izdelkov od dobavitelja. Prav tako je njegovo poslanstvo dobro počutje vseh zaposlenih na delovnem mestu. (Impol, O nas, 2023)

2.3. Vrednote

Inovativnost podjetje izkazuje s skrbnim spremljanjem in spodbujanjem podjetja za vedno inovativno usmerjeno skupino delavcev, kjer se najde najboljša skupna rešitev za nove polizdelke. Skupno sodelovanje, tako vodij kot delavcev samih, pripelje do zanesljivosti in zadovoljstva naročnikov, ki podjetju predstavlja vrednoto marljivosti. Prilagodljivost izkazuje z najpomembnejšo vrednoto. To je stik s kupci, saj brez tega ni kakovostnega izdelka. Kakovosti ne jemljejo za samoumevno, vendar jo povezujejo z vrsto izpiljenih korakov v proizvodnih procesih. Kakovost je odvisna od urejenosti celotnega podjetja, še posebej se tukaj posvečajo delovnim prostorom zaposlenih. Tako se izkazujejo tudi v odločnosti. Vrednota lojalnost podjetju predstavlja prijaznost in zvestost do lastnikov, sodelavcev, okolja ter družbe, tako da upoštevajo etične norme in predpisana zakonska določila. (Impol, O nas, 2023)

2.4. Trgi podjetja Impol

Podjetje ima več vrst programov polizdelkov, ki segajo od valjanih, stiskanih do kovanih polizdelkov. Poskuša ohranjati fleksibilnost in prilagodljivost vseh zahtevnih naročil v majhnem ali velikem obsegu. Iz tega razloga podjetje obvladuje različne industrije. (Impol, Panoge, 2023)

Avtomobilska, ki teži k lažjim in cenejšim izdelkom v vozilih. (Impol, Avtomobilska industrija, 2023)



Slika 2: Odkovki za avtomobilsko industrijo

Vir: (<https://www.impol.si/panoge/avtomobilska-industrija/>)

Prehrambna industrija, kjer so predelovalne lastnosti aluminija zelo primerne za uporabo v živilske namene, kot so na primer kavni aparati, konzerve, tube, sekljalniki, mesoreznice in različne posode. (Impol, Prehrambna industrija, 2023)

Podjetje se prav tako vključuje v **farmacevtsko industrijo**. Aluminijasta folija je glavni izdelek za pakiranje zdravil v farmacevtski industriji. (Impol, Farmacevtska industrija, 2023)



Slika 3: Embalaža za tablete iz aluminijaste folije

Vir: (<https://si.hw-aluminum.com/pharmaceutical-foil/alu-alu-foil.html>)

Cilj v **transportni industriji** je zmanjšati maso železniških, cestnih in pomorskih vozil ter z enako nosilnostjo prevažati večje mase tovarov. (Impol, Transportna industrija, 2023)

Ker je aluminij material, ki ima same pozitivne lastnosti, se njegova uporaba širi na izdelavo raznoraznih električnih orodij. Zato spada tudi pod **elektroindustrijo**. (Impol, Elektroindustrija, 2023)



Slika 4: Uporaba aluminija v žicah daljinovoda

Vir: (<https://www.laboratuar.com/sl/testler/elektrik-elektronik-testleri/en-50423-3-ac-1-kv-asan-ve-ac-45-kv-kadar-olan-havai-elektrik-hatlari---bolum-3:-ulusal-normatif-yonler-seti/>)

V podjetju Impol so razvili posebne profile za omogočanje enostavne montaže na ravnih ali poševnih površinah strehe in sisteme za montažo na nadstrešnice, saj se je potrebno zavedati, da živimo v objemu narave ter imamo na razpolago različne **obnovljive vire energije**. (Impol, Obnovljivi viri energije, 2023)

Potrošniške dobrine podjetje izkazuje tako, da različne profile uporablja za športne aktivnosti na profesionalni ravni in v vseh športnih področjih. (Impol, Potrošniške dobrine, 2023)

Uporaba aluminija se v **gradbeni industriji** kaže kot poraba stiskanih in valjanih izdelkov, kot so fasadne panele ali kritina. (Impol, Potrošniške dobrine, 2023)

Pri **vesoljski in letalski industriji** se iz posebnih zlitin izdelujejo različni deli civilnih letal. Zlitine so kakovostne in tehnološko zelo napredne. Impol sodeluje s Centrom odličnosti, saj ga oskrbuje z aluminijem, ki mora prenesti visoke temperature in obremenitve s tlakom, ki se pojavljajo v vesoljskem prostoru. (Impol, Vesoljska in letalska industrija, 2023)



Slika 5: Uporaba aluminija v vesolju

Vir: (<https://www.impol.si/impolov-aluminij-v-prvem-slovenskem-satelitu-v-vesolju/>)

Skupina Impol je specializirana za dodajanje vrednosti aluminiju s predelavo aluminijastih valjanih in iztiskanih izdelkov. Pri tem skupina deluje kot razvojni in strateški partner svojim kupcem, kar jim omogoča, da lahko ponudijo tudi nišne izdelke, kot so odkovki ter rondelice. Poleg valjanega in stiskanega programa se skupina zadnja leta vse bolj razvija tudi na področju finalizacije izdelkov, kjer nastopajo kot »tier 1« dobavitelj proizvajalcem v avtomobilski industriji. Impolov celotni proizvodni program je naročniški, kar pomeni, da proizvodnja poteka na podlagi prodajnih naročil. Kupce delijo na dva segmenta, in sicer distributerje ter končne kupce, pri čemer se delež prodaje končnim kupcem v zadnjih letih povečuje. Zaradi ohranjanja stabilnosti poslovanja in transparentnega obvladovanja proizvodnje, prodaje ter nabave, Impol nadzira celoten proizvodni proces, od začetka do konca. Impol svojim kupcem ponuja širok izbor aluminijastih izdelkov, pri čemer lahko ponudbo prilagodijo specifičnim potrebam. Poleg tega so razvili tudi segment nadaljnje obdelave aluminijastih izdelkov, kot so kovanje, barvanje, eloksiranje in druge mehanske obdelave. Celotna proizvodnja je zastavljena in vodena kot individualna, izvaja pa se masovno, da lahko izpolni cenovna pričakovanja kupcev. Impol deluje znotraj treh divizij – livarništvo, valjarništvo in stiskalništvo, vsaka se osredotoča na svoje področje. Temeljna naloga divizije livarništva je optimizirati stroške poslovanja, tehnološko nadgrajevati ponudbo in kakovost litih izdelkov ter se v celoti prilagajati potrebam končnih odjemalcev. Divizija valjarništva se ukvarja z obvladovanjem ekonomije obsega in s stabilizacijo poslovanja, kostumizacijo izdelkov, z osvajanjem zahtevnejših kupcev

ter s prodorom v avtomobilsko industrijo. Divizija stiskalništva pa se ob povečanju kapacitet osredotoča na rast ponudbe izdelkov z dodatnimi obdelavami – s finalizacijo in z razvojem zahtevnih izdelkov, ki zahtevajo poglobljeno obvladovanje tehnologije. (Sernel, 2021)



Slika 6: Delež izdelkov v Impolu

Vir: (file:///C:/Users/sasok/OneDrive/Desktop/Diploma/Diploma/MAG_Sernel_Matic_2021.pdf)

3. STANDARDI PODJETJA IMPOL

Podjetje Impol potrebuje za svoje normalno delovanje in dokazovanje kompetenc izpolnjene različne standarde, ki dokazujejo kakovost izdelka. Kakovost je določena z dogovorom med kupcem in prodajalcem. Zahteve kupca lahko zajemajo tudi okolijske, družbene ali ostale druge zahteve. V primeru, da se izpolnjujejo vse zahteve, se s strani certifikacijske hiše izda certifikat. Ta služi kot dokazilo kupcem in partnerjem, da podjetje v nadaljnje upošteva načela, ki so zapisana v standardu. Le-ta predpisuje vse zahteve, ki jih mora organizacija izvajati pri svojem poslovanju. Presojajo se s strani zunanjih institucij, ki imajo usposobljene certificirane presojevalce. Podjetje mora najprej pokazati vso dokumentacijo, ki je potrebna. V kolikor ta ustreza vsem navodilom, ki so potrebni, se naredi še presoja po proizvodnem obratu. Tam se pregleda, kako se pravila standarda uporabijo v praksi. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

3.1. Standard ISO 9001: splošen standard za kakovost

Splošen standard za kakovost organizacijam, ki imajo certifikat, ponuja okvir za dobro vodenje postopkov in procesov kakovosti. Standard temelji na načelih vodenja kakovosti, ki so pogoj za uspešne poslovne prakse. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

3.2. Standard IATF 16949: standard za kakovost v avtomobilski industriji

Standard za kakovost v avtomobilski industriji prav tako temelji na načelih vodenja kakovosti, ki so pogoj za uspešne poslovne prakse. Osredotočiti se je potrebno na odjemalce, vključevati ljudi v procese, sistemsko pristopiti k vodenju, se nenehno izboljševati, odločati se na podlagi dejstev in tako zadovoljiti vse potrebe odjemalcev. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

3.3. Standard ISO 14001: standard na področju okolja

Standard na področju okolja je mednarodno priznan standard sistemov vodenja. Ta zagotavlja preizkušen okvir za zagotavljanje skladnosti delovanja organizacije s predpisi, ki urejajo okolijske vidike. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

3.4. Standard ISO 45001: standard na področju varnosti in zdravja pri delu

Standard na področju varnosti in zdravja pri delu je nov standard za sisteme vodenja varnosti ter zdravja pri delu. Zamenjal je do zdaj imenovan standard OHSAS 18001. Certifikat potrjuje, da sistematično skrbimo za zdravje in varnost zaposlenih ter to področje nenehno izboljšujemo. S certifikatom potrjujemo, da je sistem poklicnega zdravja in varnosti primeren, da se izvaja na

vseh ravneh Impolovega delovanja ter da dosegamo nenehno izboljševanje. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

3.5. Standard EN 9100: standard na področju letalske industrije

Pridobljen certifikat nam omogoča vstop na zahtevno tržišče visokokakovostnih izdelkov za letalsko industrijo. Kot nosilec certifikata smo prepoznani v informacijskem sistemu OASIS, kjer so potencialnim kupcem na voljo vse informacije o našem certificiranem proizvodnem programu. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

3.6. Asi performance standard

S tem standardom dokazujemo, da smo družbeno odgovorno podjetje, ki skrbi za zdravje in varnost zaposlenih, za varovanje okolja ter deluje skladno s smernicami trajnostnega razvoja. (Impol, Kakovost in inovativnost, 2023)

4. IZDELKI PODJETJA IMPOL

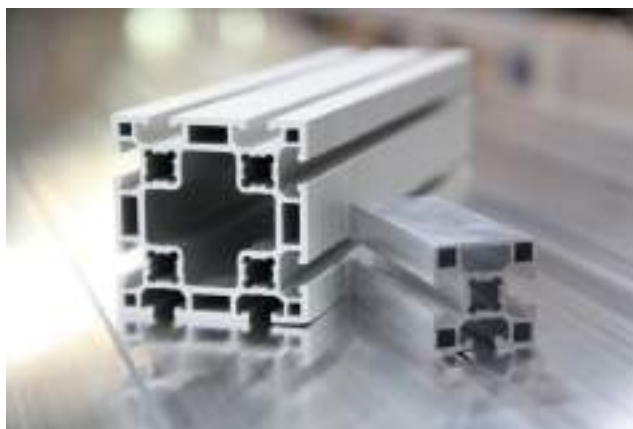
Podjetje Impol velja v svetu aluminijastih izdelkov in celotne tehnologije za sinonim kakovosti. Za vse to odraža konstanten napredek in zaupnost, ko se gre za zadovoljevanje potreb kupcev. Podjetje sodeluje z različnimi strokovnimi inštitucijami in izobraževalnimi ustanovami ter s tem dosega nova znanja in nove ideje. S tem podjetje ustvarja dolgoročno zaupanje kupcev v kakovost podjetja.

4.1. *Trajnostni izdelki infiniAL*

Iztiskani in valjani izdelki so se razvili v skladu s strategijo trajnostnega razvoja skupine Impol. Za te izdelke je značilen nizek ogljični odtis, kar predstavlja pod 4 kg ogljikovega dioksida na 1 kg aluminijevega izdelka in najmanj 50-odstotno vsebnost recikliranega aluminija, skladno s standardom ISO 14021. Aluminijevi izdelki z nizkimi emisijami ogljika tako učinkovito prispevajo h globalnim trajnostnim ciljem. (Impol, Trajnostni izdelki infiniAL, 2023)

4.2. *Stiskani izdelki*

Pomembni so trije vidiki proizvodnje aluminijastih stiskanih izdelkov. Mednje sodijo tehnična dovršenost, doseganje kar se da visokih standardov kakovosti in uporaba odlične proizvodne opreme. Podjetje sodeluje z različnimi strokovnjaki za litje in z njimi razvija nove ter drugačne zlitine, kar izdelkom omogoča nadstandardne mehanske lastnosti. (Impol, Stiskani izdelki, 2023)



Slika 7: Stiskani izdelek

Vir: (<https://www.impol.si/izdelki/stiskani-izdelki/>)

4.3. Valjani izdelki

V podjetju sodijo med izdelke široke uporabe, kjer je vedno bolj pomembno visoko doseganje tehnoloških in kakovostnih standardov. Mednje sodijo tanki trakovi, hladno valjani trakovi, rebrasta pločevina, rondelice in izsekane oblike ter hladno in toplo valjane pločevine. Uporaba teh izdelkov je značilna predvsem za prehransko in farmacevtsko industrijo, gradbeništvo ter transport in proizvodnje potrošniških ter industrijskih izdelkov. (Impol, Valjani izdelki, 2023)

4.4. Odkovki

Podjetju predstavljajo predvsem prilagodljivost, tehnološko dovršenost in inovativnost. Proizvajajo se z vročim utopnim kovanjem, kar nas spomni, da je aluminij material, ki se bo vsekakor uporabljal skozi vso prihodnost. Odkovki se dobavljajo prestižnim proizvajalcem avtomobilov in motorjev. Uporabljajo se tudi v vojaški industriji. (Impol, Odkovki, 2023)



Slika 8: Odkovki

Vir: (<https://www.impol.si/izdelki/odkovki/>)

4.5. Rondelice

Podjetje izdeluje različne vrste rondelice. Mednje sodijo izsekane in žagane rondelice, ki so narejene iz čistega aluminija ter aluminijevih zlitin. Na voljo so različne dimenzije in oblike, ki pa se lahko uporabljajo za različne tube, doze ter tehnične dele v raznih industrijah. (Impol, Rondelice, 2023)



Slika 9: Rondelice

Vir:

(https://www.google.com/search?q=rondelice+impol&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKewjn1pmsv7j_AhW_rsIHYtyDeMQ_AUoAXoECAEQAw#imgsrc=GdDBst4CL7go2M)

4.6. Finalizirani izdelki

Impol velja za enega izmed najbolj zanesljivih partnerjev na trgu finaliziranih izdelkov. Podjetje ponuja nadaljnjo uporabo aluminijevih izdelkov na CNC strojih. Možnosti uporabe so različna ohišja baterij, šasije, sistemi za absorbcijo energije ob trkih in komponente za motorje. (Impol, Finalizirani izdelki, 2023)

4.7. Liti izdelki

Podjetje Impol je zaradi bogatega metalurškega znanja razvilo številne zlitine, ki jih pol kontinuirno lije v drogoe, brame in lite palice. V programu litja imajo več kot 230 različnih kemičnih sestav, število teh vsako leto drastično narašča. Tako podjetje s sodobno opremo in z rednim posodabljanjem livnih kapacitet sledi kakovostnim zahtevam odličnih ter uspešnih odjemalcev. (Impol, Liti izdelki, 2023)



Slika 10: Liti izdelki

Vir: (<https://www.impol.si/izdelki/liti-izdelki/>)

5. OSNOVE IZTISKOVANJA

Ko govorimo o iztiskovanju, mislimo na proces, pri katerem iztisnemo dolge ravne kovinske dele z različnimi preseki. Ta proces se izvaja v zaprti komori z matrico ali orodjem. Stiskalnice, ki proces izvajajo, so lahko mehanske ali hidravlične. Iztiskovanje se lahko imenuje tudi premočrtno tlačno iztiskanje, pri katerem lahko delno ali v celoti potisnemo surovce skozi odprtino v matrici ali orodju, kjer se njihov presek in oblika zmanjšata. Prednosti iztiskovanja so ustvarjanje zelo kompleksnih presekov in možnost iztiskovanja krhkih materialov, saj med procesom obdelave naletimo na strižne in tlačne napetosti, ki omogočajo deformacijo brez trganja materiala. Proces iztiskovanja omogoča tudi oblikovanje izdelkov z izvrstno površino. (laboratory, 2021)

Pri procesu vlečenja materiala skozi matrico ali orodje lahko uporabimo teoretično neprekinjen ali pol-prekinjen postopek. Pol-prekinjen se običajno uporablja pri proizvodnji večjih kosov, kjer ima orodje eno ali več odprtin, ki se imenujejo žile, skozi katere potisnemo material.

Iztiskovanje je ena od temeljnih metod preoblikovanja aluminija in drugih kovin. Gre za proces, ki poteka pri zelo visokih tlakih in temperaturah ter 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, tako dobimo novo, željeno obliko. Fleksibilnost je glavna prednost takšnega preoblikovanja kovin, saj je za izdelavo drugega izdelka potrebno zamenjati samo orodje. Ta proces se večinoma uporablja za izdelavo dolgih, ravnih izdelkov, ki imajo konstanten presek. (Čivič, 2014)

5.1. Pregled različnih metod iztiskovanja aluminijevih zlitin

GLEDE NA STANJE MATERIALA:

- zoževanje,
- hladno iztiskovanje,
- toplo iztiskovanje,
- hidrostaticno iztiskovanje.

GLEDE NA SMER IZTISKOVANJA:

- istosmerno (direktno) stiskanje,
- protismerno (indirektno) stiskanje,
- obojesmerno iztiskanje,

- prečno iztiskovanje.

5.2. Hladno iztiskovanje

Hladno iztiskovanje je masivni postopek preoblikovanja kovin, ki poteka pri temperaturi okolice ali rahlo povišani temperaturi. Zaradi nizkih temperatur so sile in obremenitve zelo velike ter dosežejo celo do 3000 N/mm^2 , zato zahtevajo enakomerno razporeditev obremenitve po orodju. Hladno iztiskovanje se je razširilo v zadnjih desetletjih z razvojem novih orodnih jekel. Obstajajo različne smeri tečaja materiala, kot so istosmerno, protismerno, obojesmerno in prečno iztiskovanje. Ta postopek zagotavlja izdelke z lepšimi oblikami in natančnejšimi merskimi tolerancami. Uporabljamo ga lahko za večino materialov, kot so svinec, kositer, aluminijeve zlitine, baker, titan in vanadij. S hladnim iztiskovanjem lahko izdelamo različne izdelke, kot so zložljive cevi in aluminijeve pločevinke. Pri hladnem iztiskanju ni oksidacije, lahko določimo natančne meritve in pridobimo kvalitetno površino produkta.

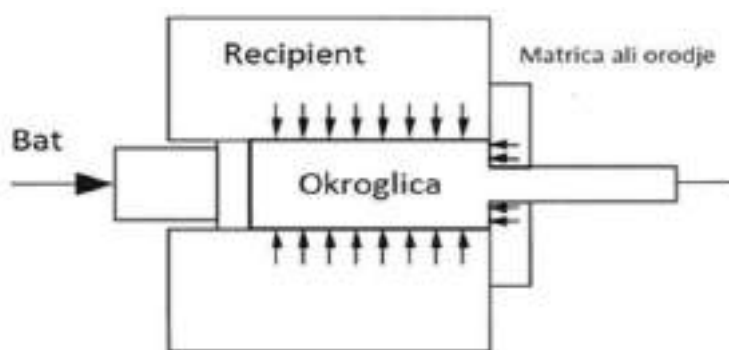
5.3. Toplo iztiskovanje

Vroče iztiskovanje je proces preoblikovanja kovin, kjer se surovci potiskajo skozi matrico pri visokih temperaturah. To je prva faza v proizvodnji aluminijevih profilov, cevi in palic, pri čemer se uporablja homogeniziran drog ustreznega premera ter dolžine. Surovce je potrebno pred iztiskovanjem ogreti na temperaturo od 340 do $520 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Vroče iztiskovanje lahko poteka v dveh različnih oblikah: protismerno in istosmerno iztiskovanje. Ta proces omogoča izdelavo dolgih, ravnih, polnih ali votlih profilov iz aluminijevih, bakrovih in kositrovih zlitin. Zaradi velikega hidrostaticnega tlaka v preoblikovalnem območju je mogoče doseči velike stopnje deformacij. Poleg tega se uporablja tudi postopek toplo iztiskovanje, ki omogoča izdelavo polizdelkov palične oblike z različnimi profili in dimenzijami. Toplo iztiskovanje ima prednosti v obliki natančnih in čistih površin ter velike merske in oblikovne natančnosti izdelkov, zaradi česar so primerni za različne gospodarske panoge, kot so transport, avtomobilska industrija, gradbeništvo, elektroindustrija ter strojništvo.

Toplo iztiskovanje se lahko razdeli na hidrostaticno iztiskovanje in iztiskovanje profilov. Iztiskovanje profilov je podobno hladnemu iztiskovanju, vendar z večjo maso vložka in možnostjo izdelave dolgih profilov. Izdelki so zelo natančni in imajo gladke površine, primerni so za poliranje. Hidrostaticno iztiskovanje se šele razvija in ima prednost manjšega trenja v matrici.

5.4. Istosmerno iztiskovanje – direktno

Obstaja več načinov za iztiskovanje aluminijevih zlitin, pri čemer sta najpogostejša direktno in indirektno iztiskovanje s pomočjo stiskalnic. Ti dve metodi se razlikujeta v obdelavi kovin. Direktno iztiskovanje, imenovano tudi konvencionalno stiskanje, je najpogostejši način obdelave aluminija po vsem svetu in velja za eno glavnih predelovalnih metod. Pri tej metodi se okroglica kovine vstavi v recipient, kjer jo nato stisne bat stiskalnice skozi matrico na drugo stran. Matrica ima manjši premer kot okroglica. Z direktnim iztiskovanjem lahko ustvarimo votle ali polne profile in palice aluminija različnih dimenzij. Material se pri tem načinu obdelave aluminija premika v isti smeri, kot se premika bat stiskalnice, okroglica drsi po steni recipienta, bat pa s silo pritiska na steno. Zaradi trenja, ki nastane pri tem postopku, se poveča delovni tlak. (Saha, 2000)

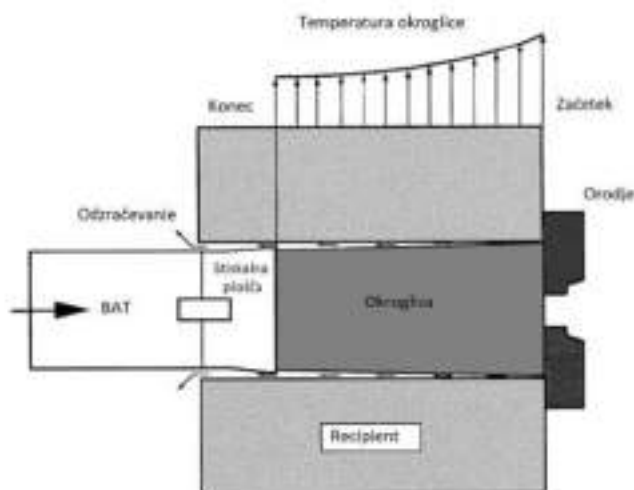


Slika 11: Shema direktnega iztiskovanja

Vir: K. Saha, 2000

Pri procesu direktnega stiskanja kovinskih zlitin se uporablja več različnih načinov iztiskanja, med katerimi je tudi iztiskanje z vmesno stiskalno ploščo, ki je nameščena na vmesnem batu stiskalnice. Ta tehnika omogoča hitrejša in boljše odzračevanje materiala, kar pripomore k odstranjevanju zraka med procesom stiskanja ter tako preprečuje nastanek nepravilnosti, kot so mehurčki, luknje in druge napake na ali v izdelku. Iztiskanje z vmesno stiskalno ploščo se uporablja pri standardnem direktnem stiskanju in pri iztiskanju okroglice na okroglico. S tem načinom dobimo neskončni profil, saj lahko z iztiskanjem okroglice na okroglico izdelku vedno znova podaljšujemo dolžino. Pomembno je poudariti, da se vsi tipi aluminijevih zlitin ne morejo iztiskati po tej metodi. V primeru, da želimo s to tehniko pospešiti izdelovanje, je treba upoštevati določene zahteve in izpolniti pogoje. Pri tem je pomembna dobra varljivost materiala pri temperaturi deformacije, zelo natančna kontrola temperature pri segrevanju zlitine in

zagotovitev, da je okroglica lepo razžagana ter očiščena vseh olj in maziv, kar prispeva k visoki kakovosti izdelka. (Saha, 2000)

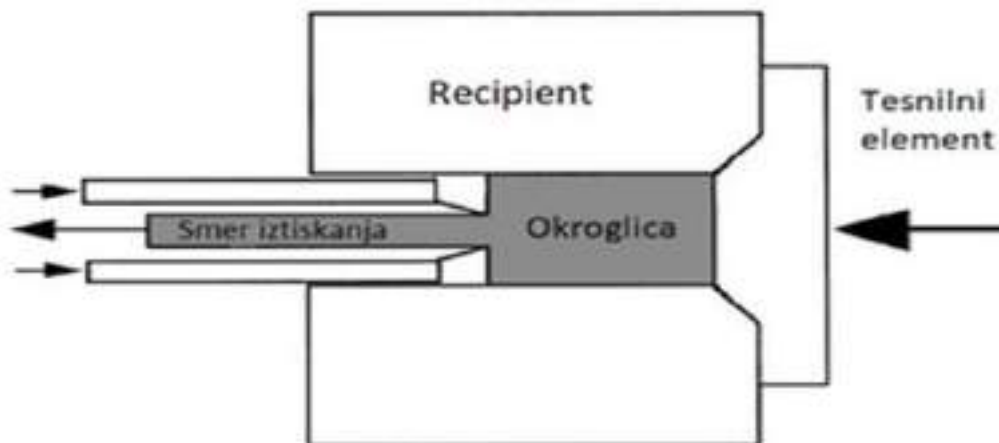


Slika 12: Direktno iztiskovanje s stiskalno ploščo

Vir: K. Saha, 2000

5.5. Protismerno iztiskovanje – indirektno

Protismerno iztiskanje predstavlja proces iztiskanja, ki se po svojem principu delovanja podobno izvaja kot istosmerno iztiskanje, vendar se pri tem pomikata stiskalni bat in recipient sočasno v smeri iztiskanja. Glavni faktor trenja pri tem procesu je stik med orodjem in materialom. Gibanje materialnih delcev se pojavi med okroglico, recipientom in stiskalnim batom. Zaradi tega trenje pri samem procesu iztiskanja postane manjše, kar ima za posledico manjšo silo, ki je potrebna za iztiskovanje. Zaradi zmanjšane sile, ki je potrebna pri protismernem iztiskanju, so protismerne iztiskalnice bolj primerne za iztiskanje težko gnetljivih aluminijevih zlitin. Vendar pa so mrtvi časi pri protismernih stiskalnicah običajno daljši zaradi premikov recipienta, kar lahko povzroči počasnejši prevzem nove okroglice. (Saha, 2000)



Slika 13: Shema indirektnega iztiskovanja

Vir: K. Saha, 2000

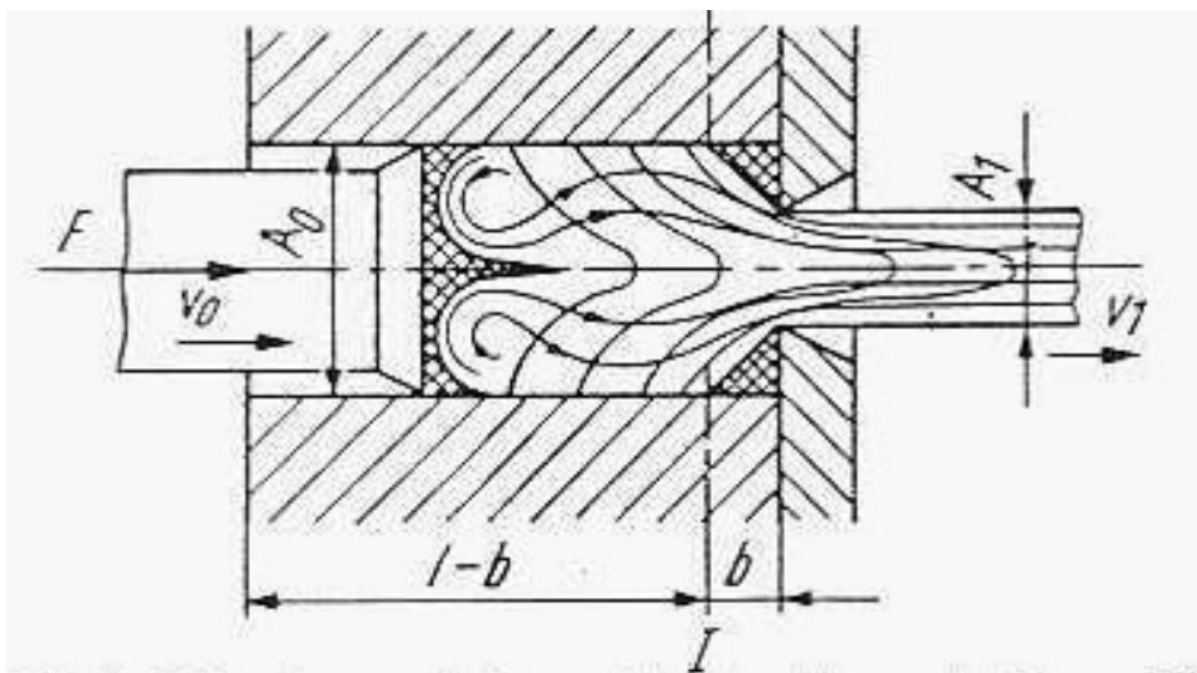
5.6. *Temperature pri stiskanju*

Pri počasnem postopku stiskanja aluminijevih zlitin se temperature sprva hitro dvigajo zaradi trenja, strižnih napetosti in deformacij. Toplota, ki se sprošča, se postopoma izgublja prek prenosa toplote med orodjem, recipientom in izdelkom. Zaradi konduktivnosti aluminijeve zlitine se temperatura med različnimi deli izdelka kasneje izenači. Za izračun toplote, ki nastane pri počasnem stiskanju, lahko uporabimo integracijsko enačbo prenosa toplote, če imamo idealne pogoje.

Pri visokih hitrostih stiskanja pa se pojavijo pomembne temperaturne razlike med različnimi conami. V delih, kjer so majhne deformacije, je material razmeroma hladen v primerjavi s stično cono, kjer se temperatura lahko dvigne nad 700 °C. To se zgodi, ker prenos toplote z materiala na orodje ne uspe v tako kratkem času, moral bi biti sorazmeren s hitrostjo stiskanja. Poleg tega se pri višjih hitrostih stiskanja poveča pretočna sila materiala zaradi večjih sil stiskanja.

5.7. *Plastične deformacije pri stiskanju*

Pri preoblikovanju materialov je ključno razumeti vpliv deformacijske sile F , ki omogoča preoblikovanje materiala pod pritiskom. Proces preoblikovanja poteka nenehno med delovanjem zunanje tlačne sile, pri čemer se material oblikuje v obliki stožca pred matrico in izstopa skozi odprtino v matrici. (Povh, 2016)



Slika 14: Shema gibanja materiala pri toplem stiskanju

Vir: (file:///C:/Users/sasok/OneDrive/Desktop/Diploma/Diploma/VS_Povh_Bostjan_2016.pdf)

- A_0 [mm] – začetni prerez surovca
- A_1 [mm] – prerez profila
- F [N] – iztiskovalna sila
- V_0 [m/s] – iztiskovalna začetna hitrost
- V_1 [m/s] – hitrost iztiskanega profila
- l [m] – dolžina surovca
- b [mm] – preoblikovalno območje

Slika 15: Podatki za shemo gibanja materiala pri toplotnem iztiskanju

Vir: (file:///C:/Users/sasok/OneDrive/Desktop/Diploma/Diploma/VS_Povh_Bostjan_2016.pdf)

Gibanje posameznih delcev materiala skozi preoblikovalno območje matrice je enakomerno pri nekaterih kovinskih gradivih, medtem ko pri drugih zaradi trenja med delci na površini materiala delci bližje jedru zaostajajo. To vodi do »mrtvega kota« med steno recipienta in odprtino v matrici, kjer se material skoraj ne premika. Velikost tega območja je odvisna od stopnje deformacije, pritiska, hitrosti preoblikovanja, temperature, gladkosti površine in

mazanja med procesom. Hitrost materiala je največja v sredini odprtine matrice, na robovih se upočasnjuje, v »mrtvih kotih« pa je skoraj nespremenjena. Specifični pritisk je največji na začetku preoblikovanja in se med preoblikovanjem skozi matrico nekoliko zmanjšuje. (Povh, 2016)

Specifični pritisk je odvisen od:

- lastnosti stiskanega materiala,
- preseka bata oziroma recipienta,
- velikosti deformacije,
- temperature vhodne surovine in orodja,
- preoblikovalne hitrosti,
- konstrukcije orodja,
- načina iztiskovanja.

5.8. *Iztiskovalne sile*

Proces iztiskovanja je odvisen od različnih parametrov, kot so največji pritisk stiskalnice, iztiskovalna temperatura, tlak in hitrost, temperatura orodja ter recipienta, dolžina droga in kemijske zmesi zlitine. Pri direktnem iztiskanju doseže tlak najvišjo vrednost v točki zloma orodja, pri čemer se razlika med najvišjim in najnižjim tlakom pripiše zahtevi premika zlitine skozi recipient ter torzijski sili. Da bi se izognili nečistočam, ki povzročajo poškodbe na orodju in na izdelku, je potrebno stiskanje prekiniti tik pred doseženjem minimalne sile stiskanja. Ta del materiala, ki ostane v orodju, imenujemo prestrez in ga je treba odstraniti, preden nadaljujemo z novim polnjenjem. (Povh, 2016)

6. ALUMINIJ

Aluminij je vrsta mehke in lahke kovine, ki ob stiku z zrakom tvori tanko sivo oksidno plast. Aluminij ima majhno težo in nizko gostoto ter je korozijsko odporen. Prav tako ima dobro električno in toplotno prevodnost ter se zlahka preoblikuje, kar je ključnega pomena pri proizvodnji različnih profilov. Aluminij se pridobiva iz boksita, ki vsebuje različne kovine, vključno z aluminijevim oksidom. Aluminij ima nizko tališče, kar omogoča izločanje drugih kovin in ga je mogoče v celoti reciklirati brez izgube lastnosti. Aluminij se je začel intenzivno uporabljati proti koncu 20. stoletja zaradi svoje mehkobe, lahke teže in trdnosti, ki zagotavlja stabilnost ter dolgo življenjsko dobo konstrukcij. Pri proizvodnji uporabljamo aluminijeve zlitine, ki vsebujejo dodatne kovine, kot so magnezij, mangan, baker, cink in druge. (Vision, 2023).

7. 55 MN DIREKTNA STISKALNICA

55 MN stiskalnica je stroj, ki se uporablja za direktno stiskanje aluminijastih palic in profilov ter njihovih zlitin. Podrobnosti o stiskalnih pogojih so opisane v delovnih nalogih, tabelah, grafikoni in matični tehnologiji. Skupina sestavljena od treh do sedmih delavcev upravlja stiskalnico, ki je sestavljena iz depaletizerja, plinske predgreвне in ogrevne peči, stiskalnice s podajalcem trupcev ter s pomožnimi napravami, iztočne proge z izvlačilnikom, transportne proge za prečni transport, nateznega ravnalnega stroja in žage z odlagalno napravo. Na glavnem komandnem pultu upravljaavec stiskalnice nastavlja tehnološke parametre obeh peči in upravlja delovanje stiskalnice ter prvi del iztočne proge. Stiskalec upravlja z nateznim ravnalnim strojem in drugim delom iztočne proge, medtem ko metalurški delavec 1 upravlja z žago, zalaganjem peči ter s transportom trupcev. Za vsak stroj ali sklop so pripravljena posebna navodila za delo.



Slika 16: Nadzorni center

Vir: Lastni vir

7.1. *Stružni center puma*

Stružnica Puma je ključni del 55 MN stiskalne linije, ki je namenjena pripravi aluminijastih okroglic iz drogov. Postopek se začne s transportom naročene zlitine materiala iz skladišča drogov v obratu livarna, od koder se drogov z bočnim viličarjem pripeljejo na nakladalno rampo in nato na tekoči trak do razreza. Po razrezu se okroglice po potrebi postružijo, kar izboljša kakovost površine končnega izdelka. Po struženju sledi ultrazvočni pregled celotne dolžine okroglice, kjer se zavržejo vse okroglice, ki ne prestanejo pregleda. Preostale okroglice

se nato transportirajo do depaletizerja, ki jih zloži na paleto, s čimer se zaključi proces priprave okroglic.

7.2. Plinska peč od stiskalnice 55 MN

Na začetku delovnega dne se pečar, ki je odgovoren za delovanje peči, dogovori s stiskalcem, kateri trupci bodo naloženi na depaletizer za pripravo na gretje. Depaletizer je opremljen s pomično roko, ki avtomatsko prestavlja trupce.



Slika 17: Depaletizer okroglic

Vir: Lastni vir

Gretje okroglic na 55 MN stiskalni liniji se začne s depaletizerjem, ki avtomatsko razlaga okroglice na vhodni progi peči. Okroglice se nato premikajo skozi peči in se segrevajo na ustrezno temperaturo. Začetno ogrevanje poteka v predogrevalni peči, kjer so hkrati prisotne največ tri okroglice. V peči se vroč zrak giblje in izstopa skozi dimnik, pri čemer senzor, ki meri temperaturo vstopnega zraka, beleži temperaturo okoli 500 °C. Medtem se okroglice v peči segrejejo na približno 130 °C. Trije ventilatorji v predogrevalni peči zagotavljajo kroženje vročega zraka, pri čemer njihovo delovanje spominja na delovanje pečice v domači kuhinji. Ko okroglice zapustijo predogrevalno cono, jih premika koračni sistem, nato pa se obračajo in postavljajo na progo koračnega sistema ogrevalnih peči.



Slika 18: Temperature v coni predgrevanja

Vir: Lastni vir

V ogrevalni peči lahko hkrati segrevajo največ sedem okroglic, medtem ko osma okroglica ostane na vilicah koračnega sistema, dokler ni izveden premik prve okroglice iz peči ob doseženi zahtevani temperaturi. Peč sestoji iz desetih ogrevalnih con, od katerih šest postopoma dviguje temperaturo do zahtevane ravni, štiri conice v klinu pa okroglico segrejejo na predvideno temperaturo.



Slika 19: Temperaturni center ogrevalne peči

Vir: Lastni vir

Vsaka od šestih con v peči meri temperaturo ene okroglice, medtem ko se štiri cone v klinu uporabljajo za merjenje temperature ene okroglice na štirih različnih mestih glede na njeno dolžino. Vseh deset con peči (in ostalih ogrevalnih peči v PP Cevarna) uporablja termoelemente s parom merilnih konic, ki neodvisno merijo temperaturo okroglice. Program peči primerja zabeležene temperature obeh parov in ob večjem odstopanju med njimi na panelu sproži alarm,

ki opozori upravljalca. Prav tako se alarm sproži, če temperatura okroglice premalo naraste. To upravljalcu signalizira, da je termoelement v določeni coni dotrajan.

7.3. *Termoelement*

Termoelement ima dve različno dolgi konici, ki služita kot merilni senzor. Med tema dvema senzorjema se izračuna razlika temperature, ki se meri vsakih deset sekund. Vsaka od desetih con peči meri temperaturo okroglice, pri čemer se dejanska temperatura izpiše po šestih sekundah. Po desetih sekundah se konice vrnejo v izhodiščni položaj in cikel se ponovi. Ko senzorji niso v uporabi, program peči matematično izračuna spremembo temperature glede na prejšnje meritve in delovanje gorilnikov. Ob naslednjem merjenju se izračunana vrednost prilagodi na dejansko temperaturo. Nobena peč v obratu PP Cevalna ne dovoljuje izhoda okroglice, razen če je temperatura dejansko dosežena in izmerjena s termoelementom.



Slika 21: Termoelement 1

Vir: Lastni vir



Slika 20: Termoelement 2

Vir: Lastni vir

7.4. *Specifikacije in delovanje*

Peč 55 MN stiskalnice je dolga približno 13 metrov in sprejme največ 7 okroglic hkrati. Okroglice imajo premer 282 mm in 279,4 mm, z dolžinami med 550 mm ter 1600 mm. Gorilniki na peči delujejo programsko in upoštevajo podatke o stanju ter zlitini materiala in hitrosti iztiskanja ter odvzema za določitev stopnje segrevanja materiala. Peč deluje na mešanico zemeljskega plina in zraka, vsak gorilnik pa je kalibriran za zahtevane vrednosti, ki programsko vodijo stopnjo delovanja posameznega gorilnika v posamezni coni. Okroglice na pečeh imajo

poseben temperaturni profil, ki se imenuje »klin«, ki ima na začetku okroglice višjo temperaturo kot na koncu. Temperatura klina je določena s preteklimi izkušnjami in testiranjem na stiskalnici, ki segajo v preteklih 20–30 let. Med procesom iztiskanja se tako uravnava temperatura okroglice.

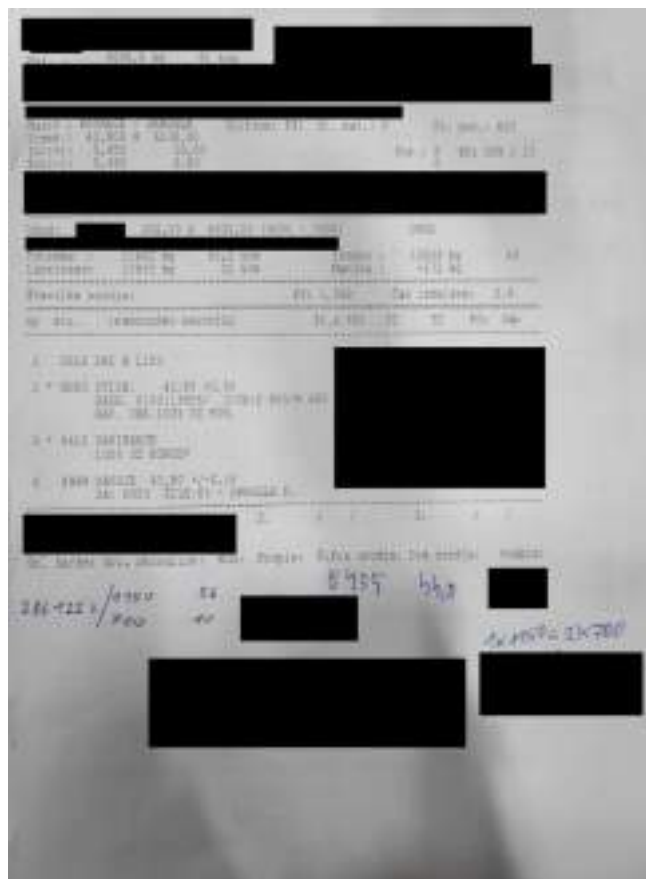


Slika 22: Plinska ogrevalna peč

Vir: Lastni vir

8. DELOVNI PROCESI NA 55 MN STISKALNICI

V našem podjetju se vsak delovni proces začne s prejemanjem delovnega naloga, ki ga izda podjetje na podlagi naročila kupca. Kupec nam sporoči, katero količino materiala potrebuje, nato pa naši delavci pregledajo delovni nalog, ki vsebuje vse potrebne podatke za uspešno izvedbo dela. Na delovnem nalogu so navedeni podatki o kupcu, zlitini materiala, stanju materiala, številki šarže, dimenziji orodja in navodila za vsako operacijo v postopku obdelave.



Slika 23: Delovni nalog

Vir: Lastni vir

Na delovnem nalogu so nekatere stvari zakrite zaradi varovanja zaupnih podatkov. Zato je zelo pomembno upoštevati navodila iz delovnega naloga, saj se po njih ravnamo vse do končne operacije. Prva operacija na vsakem delovnem nalogu je navoz in razrez ustrezne surovine. Pri tem se narežejo okroglice, ki potujejo po posebnih transportnih poteh do nakladalne rampe, kjer jih naložimo na palete. Pri navozu in razrezu je ključno upoštevati predvideno zlitino ter dolžino okroglice, kot je določeno v delovnem nalogu. Po končanju tega koraka delovne naloge prevzame orodjar. Njegovo delo je izbira pravilnega orodja, sestava orodja in gretje. Orodjar izbere pravilno orodje na podlagi predpisane dimenzije in oblike končnega materiala. Sestavljeno orodje se nato ogreje do predvidene delovne temperature v peči. Način ogrevanja je ključen v procesu iztiskovanja, zato se transportne palete, na katerih so naložene okroglice, predstavijo na peč s pomočjo viličarja. Upravljalec stiskalnice vstavi orodje, predvideno za delovni nalog in začne proces izdelave novega izdelka. Po iztisnjeni prvi okroglici se dimenzija palice preveri s pomičnim kljunastim merilom, nato pa se palice površinsko pregledajo za morebitne poškodbe ali napake. Iztisnjene palice se nato poravnajo na natezno-ravnalnem stroju in sprostijo, da se ujemajo s predpisano končno dimenzijo. Končane palice se nato razrežejo po delovnem nalogu na žagi, pri čemer upravljalec žage nastavi parametre na žagi in pregleda zahteve kupca. Po predpisanem načrtu pakiranja se palice ustrezno spakirajo, neustrezne palice pa se izločijo. Končane transportne enote se s pomočjo mostnega dvigala transportirajo do skladišča za pakete, kjer čakajo na transport h kupcu.

Za zagotovitev kakovosti končnega izdelka je ključnega pomena zbiranje in urejanje podatkov za vsak korak proizvodnega procesa. Med koraki se lahko podatke preveri in primerja, da bi ugotovili, kakršne koli vzorce, ki lahko vplivajo na kakovost izdelka. Začetek raziskave se je začel s pregledom delovnega naloga, kjer so ključni podatki, kot so dolžina okroglice, končne dimenzije izdelka, zlitina izdelka, dolžina palic, šarža in stanje materiala. Ti podatki so ključnega pomena in jih je treba spremljati skozi celoten proces. Po operacijah so napisane zahteve, kar omogoča delavcu, da ugotovi, kje se skladišči potrebna zlitina. Vsaka zlitina je ločena po številki šarže, ki zagotavlja natančno sledljivost materiala. Vhodna surovina so drogovi premera 282 mm in dolžine med 4000 in 7000 mm. Dolžina okroglic se giblje med 700 mm in 1600 mm, odstopanja pri razrezu pa so lahko med 15 mm ter 40 mm. Nekatere zlitine se zaščitijo s tanko plastjo črne barve po končanem litju, kar lahko vpliva na proces gretja okroglic. Okroglice kritičnih zlitin se pred izhodom na transportno progo pregledajo z ultrazvočno napravo, da bi zagotovili, da v notranjosti ni razpok in nepravilnosti, ki bi lahko oslabile izdelek.



Slika 24: Okroglice na transportni paleti

Vir: Lastni vir

Po izbiri in pripravi orodja sledi postopek segrevanja orodja na delovno temperaturo. To dosežemo s postavitvijo orodja v posebno peč, ki omogoča nastavitev temperature med 250 °C in 350 °C. Čas segrevanja traja približno dve uri, da dosežemo ustrezno temperaturo orodja. Med tem postopkom je pomembno spremljati temperaturo v peči in preprečiti prevelika odstopanja. Ko je orodje segreto na ustrezno temperaturo, ga je treba postaviti v orodni konus. V orodni konus se vstavi matrica, ki mora ustrezati dimenziji, predpisani na delovnem nalogu, in ojačevalec, ki pa mora ustrezati orodju. Pomembno je, da so orodja v dobrem stanju in da so redno nadomeščana z novimi, da se preprečijo morebitne napake v procesu. Ko je orodje pripravljeno, upravljavec sprejme delovni nalog na stiskalnici. Orodje se s pomočjo posebnega enoslednega dvigala transportira do orodne kasete v stiskalnici in postopek iztiskovanja novega izdelka se lahko začne.



Slika 25: Stiskalna kasete za orodja

Vir: Lastni vir

Ojačevalec, ki je vgrajen v orodje, ima na svoji strani odprtino, skozi katero se v orodje vstavi cev za hlajenje s tekočim dušikom. Hlajenje ojačevalca je ključno za ohranjanje konstantne temperature med procesom, saj bi se ojačevalec brez tega začel pregrevati, kar bi povzročilo napake na površini palic. Ko je orodje pripravljeno, se vstavi v stiskalnico, kjer se začne postopek iztiskanja. Na transportni paleti so okroglice, ki jih zagrabi hidravlična roka in jih prestavi v predogrevalno peč. Tam se okroglice segrejejo s približno 500 °C vročim zrakom, nato pa se prestavijo v eno izmed dveh ogrevalnih peči. V prvi ogrevalni peči so tehnološki parametri nižji od dejansko potrebnih, da se zagotovi enakomerno gretje okroglice, ne samo po površini, ampak tudi v notranjosti. V drugi peči so parametri prilagojeni glede na zlitino in stanje materiala, da se zagotovi ustreznost mikrostrukture ter kasnejših mehanskih lastnosti materiala. Ko okroglica doseže predvideno temperaturo, se iz nje izstopi iz peči. Tako je mogoče dobiti visoko kvalitetno izdelan material, ki ima enakomerno segreto strukturo, kar je ključno za zagotavljanje njegovih mehanskih lastnosti.



Slika 26: Transport okroglice iz peči v podajalec

Vir: Lastni vir

Ko okroglica doseže predvideno temperaturo, jo transportna roka prestavi na dodajalec, kot je prikazano na sliki. Dodajalec ima ključno vlogo pri procesu iztiskanja, saj je odgovoren za

natančno vstavljanje okroglice v stiskalnico. V ta namen zagrabi okroglico in jo s pomočjo hidravličnih gibov premakne v želeni položaj, da se lahko začne postopek iztiskanja.



Slika 27: Dodajalec z okroglico

Vir: Lastni vir

Proces se nadaljuje s pripravo okroglic in z njihovo namestitvijo na predvideno mesto na dodajalcu. Ko je okroglica na mestu, bat stiskalnice pritisne na okroglico, jo zadrži na mestu, da se dodajalec lahko odmakne. Točka, ko se bat stiskalnice dotakne okroglice, se imenuje »pinch« okroglice. Ko se dodajalec umakne, se recipient zapre in proces iztiskanja se lahko začne. Med samim procesom iztiskanja mora delavec paziti na veliko spremenljivk, ki lahko vplivajo na kakovost izdelka. Upoštevati mora temperaturo recipienta in tehnološke parametre peči ter podane temperature. Pravilno vzorčenje materiala za preverjanje mikrostrukture je pomembno za preprečevanje morebitnih napak mikrostrukture, ki se lahko pojavijo pri procesu iztiskanja ob nepravilnih parametrih. Poleg tega je hitrost iztiskanja ključnega pomena za doseg kakovostne površine, mikrostrukture in mehanskih lastnosti materiala. Hitrost iztiskanja se izraža v mm/s in jo je treba prilagoditi glede na vrsto materiala ter njegove lastnosti. Prevelika

ali premajhna hitrost iztiskanja lahko povzroči nekvalitetno površino, mikrostrukturo ali mehanske lastnosti materiala. Zato je pomembno, da delavec skrbno spremlja in prilagaja hitrost iztiskanja med samim procesom.

Ob izhodu iz stiskalnice se izdelek, ki je bil pravkar iztisnjen, preda posebni napravi, imenovani izvlačilnik ali »puller«. Namen izvlačilnika je voditi palice iz stiskalnice. Naprava ima v čeljusti nazobčane lamele, ki primejo palico in jo vodijo med časom iztiskanja. Izvlačilnik poskrbi za to, da je iztiskana palica ravna in da se ne zvija. Pri palicah večjih dimenzij se ob spustu lamel lahko zgodi, da se izvlačilnik odmakne, kar povzroči izpad procesa. Če se palica, ki se iztiskuje, zaustavi, povzroči odebelitev na mestu prekinitve, kar pomeni, da je neustrezna. Izdelek potuje skozi vodno kopel, ki ga hladi in utrjuje, saj ima na izhodu več kot 400 °C. Pomembno je, da upravljalec določi čas, koliko časa bo palica v vodni kopeli, da ne bo preveč vroča za nadaljnje operacije. Ko okroglica doseže dolžino stiskalniškega ostanka, se sam korak iztiskanja zaključi, nato pa hidravlične škarje odrežejo stiskalniški ostanek, ki se giblje med 50 in 150 milimetrov. Izvlačilnik izvleče palico na transportne trakove, ki jo odnesejo naprej. Med procesom iztiskanja je pomembno opazovati, ali pride do kakršnih koli napak ali odstopanj v tehnoloških parametrih, da se lahko pravočasno ukrepa. Po končanem iztiskanju se pregleda novo nastala palica, ali ima kakšne poškodbe in ali ima predpisane dimenzije. Za preverjanje dimenzij delavec uporabi pomično kljunasto merilo na začetku, na koncu in v sredini iztiskane palice. Delavec na natezno-ravnalnem stroju nato določi parametre, s katerimi bo stroj ravnal palico in se bo najbolj približal končni dimenziji palic. Pri tem delavec določi raztezek palice v odstotkih, ki ga stroj upošteva.



Slika 28: Ravnalni stroj

Vir: Lastni vir

To je pomemben korak, pri katerem se ne smejo pojaviti nove poškodbe, napake pri ravnanju s palicami so nezaželene. Ta del procesa je potrebno skrbno nadzorovati, da se zagotovi kakovost izdelkov. Po končanem ravnanju se palice prenesejo preko transportnih trakov na vhodno progo linije za razrez, kjer sledi razrez na ustrezno dolžino, določeno v delovnem nalogu. Nato se palice spakirajo v pakete in odpošljejo kupcem. Delavec na liniji za razrez preveri vsebino delovnega naloga in pogodbe preko unikatne petmestne številke. Pogodba vsebuje navodila za pakiranje palic, ki se morajo dosledno upoštevati. Delavec preveri tudi posebne zahteve, kot so štetje komadov ali barvanje koncev palic v ustrezno barvo. Posebne zahteve kakovosti opisujejo zahteve, ki jih je potrebno upoštevati pri delovnem nalogu, kot so površinske poškodbe, način vzorčenja, dovoljena teža paketa in ultrazvočno preverjanje koncev palic. Preverjanje kakovosti se izvaja po določenih kriterijih, da se zagotovi kakovost izdelkov. Upravljalec žage določi dolžino razreza palic z upoštevanjem tolerance in minimalne obreze palic spredaj ter zadaj. Ostanek palic po zadnji koristni dolžini mora biti predpisan, saj lahko manjši ostanek povzroči napake v mikrostrukturi materiala. Med razrezom se palice pakirajo na posebni pakirni mizi v pakete primernih dimenzij in teže, ki jih delavca pregledata za morebitne poškodbe. Material s poškodbami se zavrže, da se zagotovi kakovost izdelkov in se prepreči poškodbe pri kupcu. Upravljalec žage mora paziti na primerno dolžino ostanka spredaj in zadaj, pravilno vzorčenje materiala ter nadzor nad procesom razreza, da se zagotovi kakovost izdelkov.

9. STISKALNA ORODJA

Pred vsakim naročilom, ki ga prejmejo kupci, preverimo, ali imamo ustrezno orodje za izdelavo izdelka v skladu s specifikacijami, ki jih določi kupec. Če primernega orodja nimamo na zalogi, se s kupcem dogovorimo o ceni, ob upoštevanju zahtevanih toleranc. V takih primerih se lahko podaljša rok dobave materiala, ki ga potrebujemo za izdelavo orodja.

Za izdelavo orodij za stiskalnice se največkrat obrnemo na našega izdelovalca orodij v Impolu, Kaldero. Le-ta izdeluje različna orodja za stiskalnice, ki ustrezajo našim standardom kakovosti. Ko prejmemo potrdilo od Kaldere, da je izdelava orodja z želenimi tolerancami mogoča, nadaljujemo s proizvodnjo. Pred izdelavo končnega izdelka izvedemo poskusno stiskanje, da preverimo, ali je orodje primerno za uporabo. Uporabljamo standardno železno zlitino 2343 steel 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

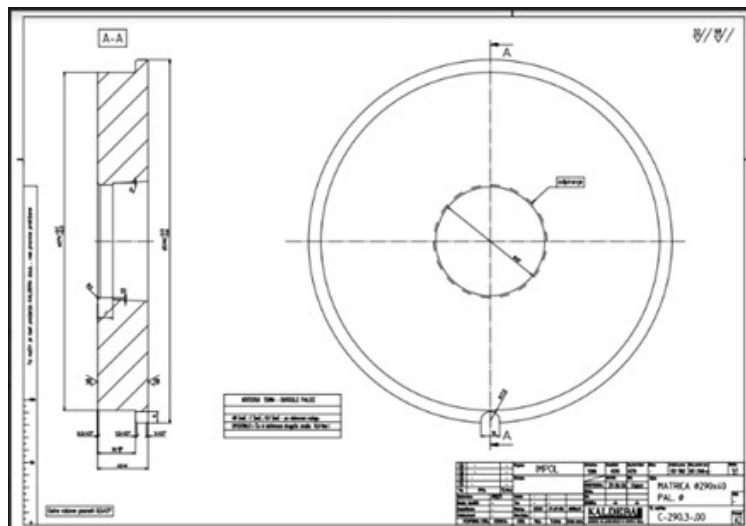
Vir: (<https://steelselector.sij.si/steels/UTOPMO1.html>)

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 spada med orodja jekel tipa Hot Work, Chromium. Orodje ima sorazmerno nizko vsebnost ogljika in se pri toplotni obdelavi močno strdi z zrakom, kar zagotavlja dobro žilavost. H11 orodje ima tudi izjemno odpornost proti obrabi v vročih pogojih, hkrati pa ohranja trdoto in žilavost. Poleg tega je odporno na mehčanje in razpoke, kar zagotavlja dolgo življenjsko dobo orodja. (Ravne, 2022)



Slika 29: Načrt orodja 55 MN stiskalnice

Vir: Lastni vir

9.1. Meritve orodij



Slika 30: Merilna naprava TRAMES

Vir: Lastni vir

Trames Unique 2D je optični merilni stroj, posebej namenjen merjenju orodij za vlek aluminija in aluminijastih profilov. Sestavljen je iz ogrodja, rotacijske platforme, merilne glave, osvetlitve, krmilne plošče, prikazovalnika, krmilnega pulta, elektro omar, računalnika in izklopa v sili. Merilni stroj je v celoti prilagojen merjencem in okolju delovanja.

Pri prejemu orodja s strani podjetja Kaldera, ga najprej preverimo na merilnem sistemu, da ugotovimo, ali ustreza tolerancam. Vsako skeniranje orodja se shrani v sistem računalnika, kar omogoča kasnejšo primerjavo obrabe orodja s prejšnjimi meritvami. Ko se opravi meritev,

podpišemo nabavni dokument, prevzamemo orodje in ga zložimo na ustrezno mesto v skladišču. Merilni stroj se v obratu PCP Impol uporablja pogosto, saj gre vsako orodje po uporabi v luženje, nato pa pride nazaj k nam, da ga ponovno izmerimo in zložimo na pravo mesto. Za točnost dimenzij orodij skrbi en delavec, ki upravlja merilni stroj.

Splošne značilnosti merilnega stroja:

- TRAMES Unique so popolnoma prilagojeni merilni sistem, ki predstavljajo rešitev kompleksnih meroslovnih izzivov v vseh panogah industrije;
- naprave so lahko samostojne (stacionarne oziroma neodvisne), kot tudi vgrajene (in line) – s popolno prilagoditvijo na obstoječ industrijski proces;
- stopnja avtomatizacije je prilagojena zahtevam, procesu in okolju delovanja;
- inovativen koncept naprave omogoča merjenje dimenzij izdelkov v 1D, 2D prostoru.

9.2. Luženje orodij

Vsako orodje, ki se iztisne iz stiskalnice, gre skozi postopek, imenovan luženje. V podjetju imamo posebno delavnico, kjer se ukvarjajo z luženjem vseh orodij iz divizije stiskalništva, poleg tega se orodja na koncu tudi speskajo. Postopek luženja vključuje namakanje orodij v koncentriranem 50-odstotnem lužilnem sredstvu, v posebnih komorah od 7 do 12 ur, odvisno od količine nabranega aluminija na orodju. Po namakanju orodje vzamejo iz komore z mostnim žerjavom in ga prenesejo v peskalne komore, kjer ga s kremenčevim peskom peskajo vsaj eno uro. Po tem postopku orodje vrnemo v proizvodnjo, kjer ga ponovno izmerimo.



Slika 31: Lužilna komora

Vir: Lastni vir

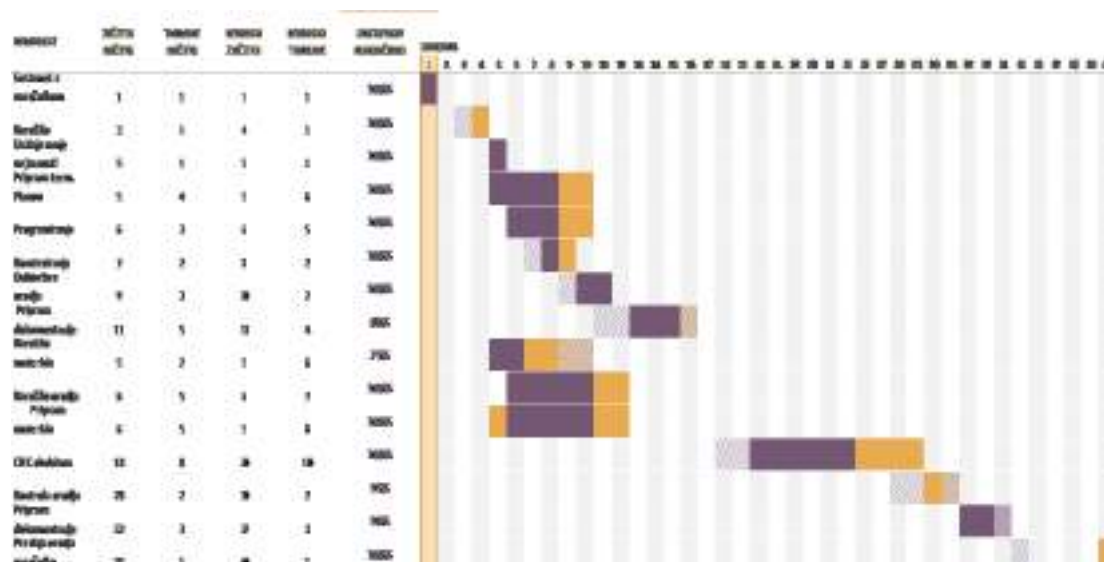


Slika 32: Peskalna komora

Vir: Lastni vir

9.3. Življenjska doba orodij

Življenjska doba orodja je odvisna od več dejavnikov, kot so kvaliteta jekla, iz katerega je izdelano, konstrukcija orodja, mehanska izdelava, toplotna obdelava, mikrostrukturna nitrirana plast na orodju, hitrost iztiskovanja in nečistoč v drogu. Za vzdrževanje orodja uporabljamo nitrid. Z dobro vzdrževanim orodjem lahko stisnemo približno 1000 ton aluminija, vendar se ta številka lahko razlikuje glede na zgoraj navedene dejavnike.



Slika 33: Gantogram izdelave orodja

Vir: Lastni vir

Gantogram se uporablja za prikaz predvidenega časa izdelave orodja. Novo orodje gre v izdelavo, če pride do izpada orodij, med vzroki za to so najpogostejši lom trna, lom matrice, poškodba drsne površine in deformacija samega orodja. Po končanem delu orodje nitriramo tako, da drsno površino prevlečemo s trdo prevleko. Pred nitriranjem pa je nujno potrebno površino orodja zbrusiti in spolirati, da odstranimo napake prejšnjih obdelav. Skladiščenje orodja ima ključno vlogo, saj je pomembno, da sta vstopni in izstopni del orodja zaščiten pred nečistočami.



Slika 34: Skladiščni regali

Vir: Lastni vir

10. IZBOLJŠAVA CIKLONSKE ODSESOVALNE NAPRAVE V SKLOPU Z ŽAGO ELHAUS

Krožna žaga z odlagalno napravo je namenjena za odrez in razrez palic, cevi ter profilov iz aluminija in aluminijastih zlitin od 10 do 200 mm, dolžine od 2000 do 8000 mm, dolžine odpadka od 100 do 500 mm ter odlaganje v palete ali pakiranje in tehtanje stiskancev. Posluhujejo jo Metalurg 1 ali drugi za to delo usposobljeni delavec. Sestavlja jo valjčna proga, žaga, desaržirna miza, odlagalna naprava s tehtnico in transporter odpadkov. Za mazanje žaginega lista se uporablja olje Rhenus SSR.

Zagon krožne žage po vrstnem redu:

- Na stikalni omari se vklopi glavno stikalo.
- Vklon glavnega stikala.
- Sprostitev tipk NUJNI IZKLOP.
- Pritisk tipke VKLOP KRMILNE NAPETOSTI.
- Reset nujnega izklopa z tipko NUJNI IZKLOP RESET.
- Pritisk tipke BRISANJE MOTENJ.
- Vklon motorne žage s tipko ŽAGA VKLOP.

Po izvršitvi navedenih korakov je žaga pripravljena za delo. V primeru zastoja se glavni motor žage po dveh minutah samodejno izklopi in ga je potrebno pred nadaljevanjem dela ponovno vklopiti.

Načini delovanja:

1. **Ročno:** vsak gib lahko izvajamo ročno s pomočjo tipk na pultu oziroma s pomočjo gumbov na monitorju. Ta režim je namenjen vzpostavitvi osnovnega položaja in odpravi napak, ko drugi režimi niso izvedljivi. V tem režimu moramo biti previdni in spremljati potek materiala, da ne povzročimo loma.
2. **Polavtomatsko:** v tem režimu se avtomatsko izvajajo le določene operacije, ki jih vklopimo s pritiskom na ustrezno tipko, ostalo posluževanje pa je enako kot pri ročnem režimu. Preden pričnemo delati v tem režimu, moramo obvezno nastaviti parametre žaganja v pripadajočem meniju na monitorju.

3. Avtomatsko:

- **Transport profilov:** s pritiskom na tipko TRANSPORT PROFILA START se izvede avtomatski transport profila na prvo pozicijo rezanja, ki je določena z vstavljenimi parametri.
- **Žaganje profilov:** ko se transport profilov, aktiviran v prejšnjem režimu, ustavi, lahko s tipko ŽAGA CIKEL vklopimo avtomatsko žaganje. Avtomatsko se izvede samo en cikel žaganja. Ko je ta cikel končan, sledi naslednji avtomatski cikel transporta profilov.



Slika 35: Kontrolni center na Žagi Elhaus

Vir: Lastni vir



Slika 36: Žaga Elhaus z odlagalno mizo

Vir: Lastni vir

10.1. Delovanje in ključni elementi ciklonskih odsesovalnih naprav

Ciklonska filtrirna naprava deluje na podtlak, kar omogoča ločevanje delcev brez uporabe ventilatorja. Delci se zbirajo v posebni posodi, medtem ko očiščen zrak izstopa skozi ventilator in se sprosti v prostor. Za dodatno čiščenje zraka se lahko na izhodni strani ciklona namesti mikrofilter in dušilec zvoka. Ta naprava je zelo primerna za odsesavanje različnih kosov lahkih materialov, pri čemer se vsi zbrani delci shranjujejo v zbirni posodi. Poleg tega je opremljena z elektroniko, ki nadzira nivo polnosti zbirne posode, kar omogoča enostavno vzdrževanje in praznjenje naprave. (Tehnovent, 2023)

Ključni elementi:

- **RADIALNI VENTILATORJI:** odsesovalne naprave imajo vgrajene kakovostne radialne ventilatorje z zaprtim rotorjem. (Rehar, 2023)
- **DUŠILCI ZVOKA:** za izboljšanje delovnih pogojev poskrbimo s kvadratnimi dušilci zvoka, ki absorbirajo hrup med obratovanjem odsesovalne naprave in izpihovanjem filtrov. Ti dušilci zvoka imajo notranji del, ki je izdelan iz perforirane pločevine, ovite s filcem in stekleno volno ter so obdani z zunanjim plaščem. Takšna zasnova omogoča učinkovito absorpcijo in zmanjšanje hrupa, ki ga povzroča naprava. (Rehar, 2023)
- **REZERVOAR STISNJENEGA ZRAKA IN ELEKTROMAGNETNI VENTIL:** napravo priključimo na vir stisnjenega zraka, ki napolni poseben rezervoar, namenjen temu namenu. Za nadzor frekvence izpihov pa so uporabljeni elektromagnetni ventili. (Rehar, 2023)
- **ZBIRNE POSODE ZA ODPAD:** pod filtri so vgrajene posode za zbiranje odsevanih delcev. Napolnjenost posod je mogoče nadzorovati preko namenskih okenčkov, ki omogočajo vpogled v notranjost. Posode so opremljene s praktičnimi ročaji in kolesi, kar olajša ter pospeši postopek praznjenja. (Rehar, 2023)
- **FILTRI:** celulozni filtri (za odpraševanje), oljeodporni in vodoodporni filtri (filtracija oljne megle), ognjeodporni filtri s teflonsko preobleko (za vnetljive delce), antistatični filtri (za odvajanje statične elektrike). (Rehar, 2023)
- **CIKLONI:** pri odsesavanju večjih količin odpadnih delcev se priporoča uporaba ciklonov. Pri izbiri pravega ciklona je pomembno upoštevati, da so manjši cikloni običajno bolj učinkoviti kot večji. Zato je priporočljivo izbrati dvojni manjši ciklon, saj bo zagotovil boljše ločevanje delcev in učinkovito odsesavanje. (Rehar, 2023)

10.2. Ciklonska odsesovalna naprava Keller

Pri delovnem procesu žaganja se za odsesavanje aluminijastih opilkov uporablja sistem odsesavanja v poseben zaboj za opilke. Aluminijastih opilkov po razrezu palic ne smemo pustiti na samem produktu, saj palice zložijo v palete, kjer se lahko poriša površina, sama površina pa je zraven dimenzije ključnega pomena na tem delu proizvodnje. Brez odsesavanja bi se mašil tudi sam sistem okrog žaginega lista, zato je nujno potrebno, da ta del strojne žage deluje brezhibno. Po potrebi se palice tudi ročno izpihajo s pištolo na komprimiran zrak. Največ težav samemu ciklonu povzroča mehkejši material, ostale trše legure pa sistemu ne povzročajo nobenega mašenja. Ob primeru mašenju mora delavec, zaposlen na tem stroju, prenehati z

delom in ciklon ročno očistiti. Ko se preneha z žaganjem določene legure, se zaboj z opilki izprazni v kontejner. Opilkov med seboj ne smemo pomešati, zato med žaganjem različnih legur vedno izpraznimo zaboj.



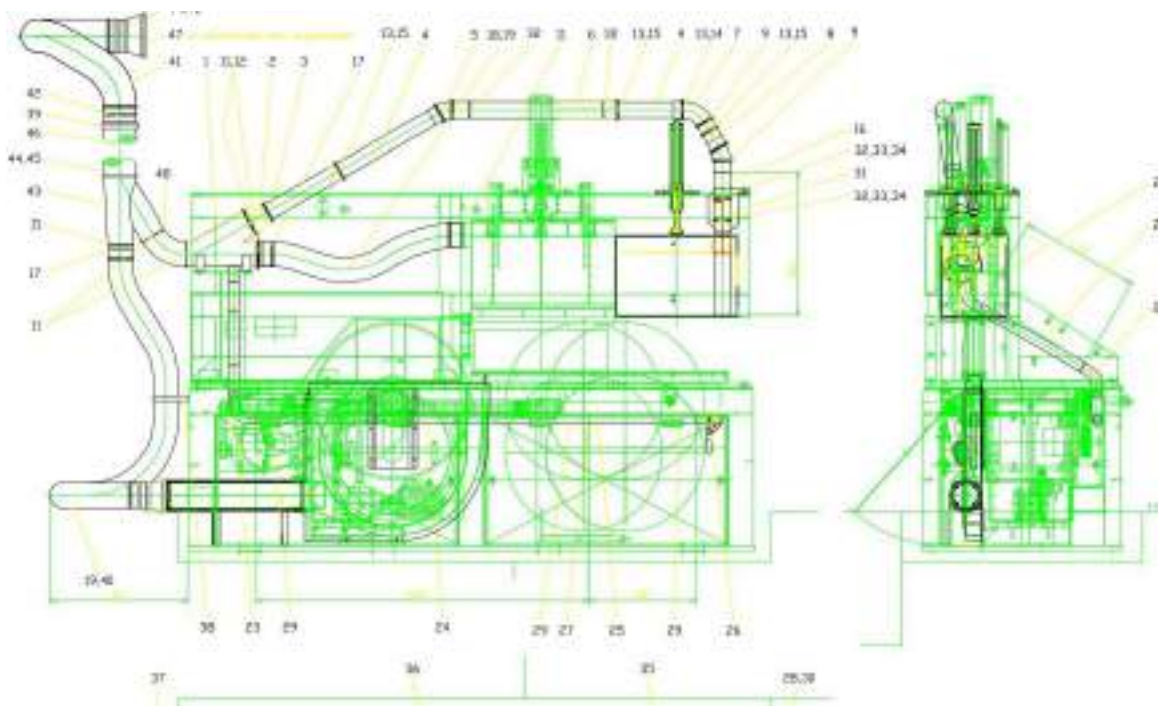
Slika 37: Odsesovalni ciklon Keller

Vir: Lastni vir



Slika 38: Osnovni podatki Keller ciklona

Vir: Lastni vir



Slika 39: Shematski prikaz ciklona Keller s strojno žago Elhaus

Vir: Dokumentacija Impol

10.3. Metoda TPM

Celovito produktivno vzdrževanje (TPM) je metoda, ki se uporablja za izboljšanje delovanja proizvodne opreme. Glavni cilj TPM-a je vključiti zaposlene v proces izboljšanja delovanja

strojev in naprav. Zaposleni so odgovorni za prepoznavanje in odpravljanje napak na stroju, kar vodi do podaljšanja življenjske dobe stroja. Poleg tega pridobivajo tudi znanje o delovanju stroja. S tem lahko povečamo produktivnost stroja, saj se izognemo nepotrebnim zastojem s pravočasnim odkrivanjem pomanjkljivosti na stroju in izboljšanjem delovnih procesov. (DEMETRA, 2023)

Naloge delavca, ki dela na procesu rezanja pri pregledu stroja, so opisane v nadaljevanju:

- odkrivanje pomanjkljivosti na opremi ali sredstvih;
- samostojno odpravljanje pomanjkljivosti;
- skrb za red in čistočo delovnega okolja.

Pri izvajanju aktivnosti TPM-a je potrebno:

- upoštevati splošna navodila za delo in varno delo;
- upoštevati navodila za delo in varno delo na liniji za razrez.

Aktivnosti se izvajajo med redno proizvodnjo, razen če obstaja tveganje za varnost zaposlenih ali delovanje stroja. Za evidenco izvajanja aktivnosti in beleženje opažanj se uporablja predpisan obrazec. Opažene pomanjkljivosti, ki zahtevajo takojšnje ukrepanje, se sporočijo delovodji vzdrževanja ali izmenskemu skupinovodji in zabeležijo na hrbtni strani obrazca.

TPM AKTIVNOST: vizualna kontrola žage

Perioda izvajanja: dnevno

Način izvajanja:

- kontrolira se delovanje žage;
- preveri se delovanje in vizualni izgled žage, delovanje prijemal, morebitno puščanje zraka na cilindrih, priključkih ter gibljivih ceveh;
- preveri se delovanje varnostnih komponent in ustrezna nameščenost varnostnih sredstev.

TPM AKTIVNOST: vizualna kontrola žaginega lista

Perioda izvajanja: tedensko

Način izvajanja:

- kontrolira se pravilnost mazanja žaginega lista;
- najprej se sname ščit žaginega lista, nato se mora vklopiti ročni režim mazanja. Vzame se kos papirja in vklopi mazanje. Z listom preverimo, ali je mazanje zadostno. Preveri se tudi, ali je šoba usmerjena pravilno;
- v primeru, da mazanje ne deluje, je potrebno obvestiti vzdrževanje.



Slika 40: Mazalni sistem

Vir: Lastni vir

TPM AKTIVNOST: vizualna kontrola prečnih transporterjev

Perioda izvajanja: dnevno

Način izvajanja:

- kontrolira se delovanje prečnih transporterjev;
- vizualno se preveri napetost in če tečejo v tekalni površini. Pregledajo se tudi morebitne poškodbe;
- preveri se enakomerno vrtenje transporterjev;
- preveri se morebitno puščanje zraka na cilindrih, priključkih in gibljivih ceveh.

TPM AKTIVNOST: vizualna kontrola dvizhnih miz in tehtnice

Perioda izvajanja: dnevno

Način izvajanja:

- kontrolira se delovanje pakirne dvizhne mize in tehtnice;
- preveri se pravilno delovanje dvizhne mize in tehtnice;
- preverijo se pohodne in zaščitne pločevine;

- pregledati je potrebno zamenljive pokrove in nosilce, ki se uporabljajo za pakiranje.

TPM AKTIVNOST: vizualna kontrola dolžinskega naslona

Perioda izvajanja: tedensko

Način izvajanja:

- kontrolira se stanje oblikovnih palet;
- preverijo se morebitne poškodbe na paletah.

TPM AKTIVNOST: vizualna kontrola dolžinskega naslona

Perioda izvajanja: tedensko

Način izvajanja:

- kontrolira se stanje dolžinskega naslona na poravnavo palic;
- potrebno je kontrolirati stanje ohišja in hidravličnih komponent.



Slika 41: Dolžinski naslon

Vir: Lastni vir

TPM AKTIVNOST: Čiščenje stroja in okolice

Perioda izvajanja: 1-urna preventiva

Način izvajanja:

- očisti se okolica žage;
- očisti se smeti in ostanke pod progo žage;
- očistijo se opilki, ostanki pakiranja;
- uredi se delovni prostor.

Na samem delovnem mestu je nastavljen list za izvajanje TPM aktivnosti, ki jih zaposleni periodično beležijo. Samo izvajanje je pomembno zaradi varnostnega vidika za zaposlenega kot tudi stroj, na katerem delamo. Vsak mesec, ko se kontrolni list zapolni, se shrani v digitalni arhiv in nastavi nov.

The image shows a control sheet for TPM activities. The title is 'IZVAJANJE TPM AKTIVNOSTI'. It includes a header section with fields for 'Ime in priimek' (Name and surname), 'Datum' (Date), and 'Mesto' (Location). Below this is a table with columns for dates (from 1 to 31) and rows for specific tasks. The tasks are:

- 1. Čiščenje okolice žage (Cleaning the saw area)
- 2. Čiščenje smeti in ostankov pod progo žage (Cleaning debris and remains under the saw)
- 3. Čiščenje opilkov, ostankov pakiranja (Cleaning sawdust, remains of packaging)
- 4. Ureditev delovnega prostora (Organizing the workspace)

The table has columns for each day of the month. Some cells contain handwritten marks, such as '1' in the first column of row 1, and '3' in the third column of row 3. At the bottom of the sheet, there are fields for 'Podpis izvajalca' (Signature of the performer) and 'Podpis nadzornika' (Signature of the supervisor). The signature of the performer is visible.

Slika 42: Kontrolni list za spremljanje TPM aktivnosti

Vir: Lastni vir

10.4. Problematike ciklonske naprave na žagi Elhaus

Problem, s katerim se podjetje ukvarja že lep čas, je zamaševanje ciklonske odsesovalne naprave na strojni žagi Elhaus. Težava z zamaševanjem zaustavi sistem žaganja, saj ciklon ne pobira aluminijastih opilkov, s tem zaposleni na žagi ne more nadaljevati, saj končni produkt ne sme biti spakiran z opilki. Takšen primer se pojavi skoraj vsako izmeno, s tem ustvarimo veliko nepotrebnega mrtvega časa, saj je žaga povezana s stiskalnico, ki deluje nemoteno. Po navadi pride celo do primera, da se preneha z iztiskovanjem aluminijastih palic, ciklon se očisti in se palice nemoteno razrežejo na predpisano mero. Samo čiščenje ciklona v takšnem številu tudi dviguje možnost za kakšno poškodbo zaposlenega, saj morajo ciklon razstaviti in ga prebiti s palico. Stiskalnica stiske 15-30T palic na 8 ur, posledično če celoten proces stoji zaradi zamašenega ciklona 15 minut na izmeno, na dan izgubimo do 2800 kg palic. Celotna proizvodnja pa stremi k temu, da se izdelata največ, kolikor je mogoče in s tem obdrži podjetje močno pozicijo na trgu. Nekatere stvari glede samoposodobitve sistema žage, da bi s tem razbremenili ciklon, so se v preteklosti že dogajale, vendar v večini primerov neuspešno. Veliko inovacij smo testirali sedaj in jih tudi že vključili v sam sistem strojne žage Elhaus.

10.5. Splošne posodobitve sistema strojna žaga Elhaus s ciklonom Keller v preteklosti

Ugotovljeno je bilo, da avtomatika na liniji deluje slabo, kar je povzročalo nove poškodbe pri pakiranju palic. Za izboljšanje tega koraka smo začeli z namestitvijo novega sistema za mazanje lista med delovanjem žage. Prejšnji sistem je bil zastarel in je porabljal prekomerno količino rezalnega olja, zaradi česar so se na koncih palic pojavljali madeži olja ter fini ostružki, ki so poškodovali površino. Opazili smo tudi, da so se žagini listi hitro obrabljali. Novo nameščen sistem za mazanje žaginega lista bolje izkorišča olje, posledično pa je tudi manj ostankov olja na palicah. Poleg sistema za mazanje smo zamenjali vse dovodne cevi in namestili bolj učinkovite šobe za razprševanje olja. Podjetje se je odločilo posodobiti program žage zaradi visokih zahtev po delovanju avtomatike. Posodobitev programa je izvedlo isto podjetje kot pri programu za natezno-ravnalni stroj. Celoten sistem avtomatike je bil posodobljen, vključno z dodatnimi izboljšavami in blokadami za kakovostnejše delo na liniji. Dodana je bila omejitev teže na tekoči meter proge in zmanjšanje hitrosti valjčne proge, kar je pomagalo preprečevati obrabo žaginega lista. V sam program žage je bil dodan števec obremenitve žaginega lista, ki se samodejno prilagaja ob preveliki obremenitvi. S tem je žaga sposobna ustrezno zmanjševati

ali povečevati pomik glede na dimenzijo palic, kar zmanjšuje obrabo žaginega lista. Kritični postopek razreza palic je bil izboljšan, saj se poravnalna naprava ne odmakne prehitro ob pričetku cikla žaganja. Prav tako se cikel žaganja ne začne, če poravnalna naprava ni v pravilnem položaju. S temi izboljšavami je dosežena natančnost pri postavitvi poravnalne naprave, kar zagotavlja enako želeno in dejansko dolžino razreza palic. Pred posodobitvijo je prihajalo do odstopanj od želene mere pri odvozu materiala po valjčni progi žage, kar je povzročalo poškodbe. Zamenjava pogonskega motorja je odpravila to težavo. Pri razrezu so bile opažene tudi napake pri vzorčenju materiala. Za pravilno vzorčenje je bila uvedena rešitev, ki vključuje namestitev laserskega označevalnika nad progo, ki označi dolžino ostanka po delovnem nalogu. Povezana s tem je kamera, ki fotografira ostanek po zadnji koristni dolžini. Ta fotografija služi kot dokazilo, da je bilo vzorčenje pravilno izvedeno in se prav tako posreduje kupcu. Pri nekaterih zlitinah se kljub pravilnemu vzorčenju še vedno pojavljajo odstopanja, zato je bilo predlagano jemanje večjih količin vzorcev iz različnih območij materiala za mehanske teste. Ta pristop je bil uspešen, saj je privedel do zmanjšanja zahtev za ponovno vzorčenje materiala.

10.6. Rešitve proti zamaševanju ciklonske odsesovalne naprave

Prva rešitev je bila posodobitev TPM seznama. Dodala se je menjava celuloznega filtra v samem ciklonu vsakih 14 dni in dnevni pregled celuloznega filtra. Filter je bil velikokrat preveč dotrajan in je že samo zaradi tega prispevalo k zamaševanju ciklona, saj zrak ne more ustrezno krožiti. Za menjavo celuloznega filtra potrebujemo približno 5–10 minut, zato ni težav, da zaposleni zaradi samega procesa ne bi utegnil opraviti TPM aktivnosti.



Slika 43: Celulozni filter

Vir: Lastni vir

Druga rešitev je bila namestitev jeklene plošče v samem ciklonu, saj se je opazilo, da se v enem predelu ciklona aluminijasti opilki zaletavajo v notranjo steno ciklona, zato se je tam namestila jeklena plošča 300 mm x 200 mm in s tem omogočila boljši pretok zraka v ciklonu. V tem sklopu se je na zunanjo steno ciklona namestil tresilnik, ki so ga lahko vklopili na kontrolnem centru na žagi Elhaus. Ko se je zaposlenemu zazdelo, da je odsesavanje slabše, je lahko vklopil tresilnik, ta naj bi ciklon stresel, da bi opilki lažje padli v zbiralno posodo. Ta inovacija se ni obnesla, saj ni ničesar pripomoglo k zastavljenemu cilju.



Slika 44: Jeklena plošča v ciklonu

Vir: Lastni vir

Tretja rešitev je bila namestitev naprave, s katero bi lahko zaposleni med žaganjem aluminijastih palic reguliral obrate centrifugalnega ventilatorja, kar vpliva na moč vakuumu. Maksimalni obrati Keller odsesovalne naprave so 2900 vrtljajev/minuto. Izvajali smo preizkuse različnih vrtljajev, če bi kaj vplivalo na zamaševanje. Teste smo izvajali s 1500 vrtljajev/minuto, z 2000 vrtljajev/minuto in 2925 vrtljajev/minuto. Testirali smo takrat, ko so na žagi Elhaus rezali najmehkejši material (A30), saj se ciklon večinoma zamaši ob rezanju mehkejšega

materiala. Po 8 urah testov smo ugotovili, da se je ciklon še vedno zamašil, kljub temu če je bila moč vakuuma večja ali manjša. Tudi to napravo smo opustili, saj ni prinesla ustreznega efekta, kot smo pričakovali.



Slika 45: Naprava za korekcijo vrtljajev/minuto

Vir: Lastni vir

Za četrto rešitev smo zamenjali oblogo med ciklonom in zbirno posodo. Prejšnja obloka je puščala zrak in sistem ni bil v celoti zaprt. Sedaj smo oblogo menjali in jo privijačili na sam ciklon, da je celoten sistem neprodušen. Ta obloga se je dobro obnesla, dosegli smo dobre rezultate v kombinacijami z ostalimi inovacijami. Samostojno ta obloga ne bi preprečila zamaševanja, v kombinaciji z novim sistemom mazanja žaginega lista in izboljšave TPM, pa se je ta inovacija obnesla korektno.



Slika 46: Obnovljena obroba

Vir: Lastni vir

Zadnja predloga za preprečevanje zamašitve ciklona je uporabe novega tipa krožnega žaginega lista. Trenutno sta bila na voljo samo dva tipa žaginega lista. List $\Phi 700$ -84-zobni, ta se uporablja za trše legure, list $\Phi 700$ -40-zobni pa za mehkejšje legure. Najpogosteje uporabljajo 84-zobnega, in sicer za skoraj vse legure, razen najmehkejšje legure AC30 in A30, takrat pa list menjajo za 40-zobnega. Po navadi oba tipa zdržita maksimalno 1 teden, potem pa ga je potrebno menjati in namestiti novega. Cena novega je 200 €, kar je velik strošek za podjetje glede na to, kako pogosto se listi menjujejo. Težava je predvsem v 40-zobnem listu, saj se ravno takrat ciklon najbolj maši, zato smo testirali nov tip žaginega lista $\Phi 700$ -40-zobni, ampak ima drugače oblikovan zob, tako da dela manjše in tanjše odrezke. Takšen krožni list so že uporabljali v stružnem centru, kjer režejo aluminijaste trupce. V stružnem centru se je ta tip lista obnesel dobro, zato smo ga testirali na žagi Elhaus, da bi preprečili zamaševanje ciklona. Ta list smo testirali en mesec, da bi videli, če se bo zamaševanje ciklona zmanjšalo. Prišli smo do ugotovitve, da se ciklon ni zamašil niti enkrat, saj je list bolj obstojen. Proti koncu, ko list ni bil več tako nabrušen in sama obstojnost lista ni bila dobra, saj sta se v enem mesecu uporabila samo dva lista. Seveda ni vse v žaginem listu, ampak v kombinaciji z izboljšanim sistemom mazanja žaginega lista in zaradi novega števca obremenitve žaginega lista ter posodobitvi TPM aktivnosti zdaj sistem deluje skoraj nemoteno.

10.7. Primerjava žaginih listov



Slika 49: 40-zobni list

Vir: Lastni vir



Slika 48: 84-zobni list

Vir: Lastni vir



Slika 47: Nov tip 40-zobnega lista

Vir: Lastni vir



Slika 52: 1/40 zob

Vir: Lastni vir



Slika 51: 1/84 zob

Vir: Lastni vir



Slika 50: 1/40 nov zob

Vir: Lastni vir

Na začetku, ko smo iskali rešitve za odpravo mašenja ciklona, smo največjo pozornost namenili novemu žaginemu listu. Nov 40-zobni žagin list je bil že v uporabi v stružnem centru znotraj podjetja Impol, kjer se je dobro obnesel. Pri rezanju aluminijastih palic ustvarja manjše in tanjše odrezke, kot pri prejšnjem 40-zobnem listu. Po mesečnem testiranju smo ugotovili, da se ciklonski sistem več ne zamašuje. Izboljšala se je tudi obstojnost, saj smo pri uporabi prejšnjega lista morali vsak teden žagin list menjati z novim. Sedaj z novim 40-zobnim pa na mesec porabimo maksimalno dva. Cena obeh listov je 200 €, brušenje že uporabljenega lista je pa odvisno od tega, ali je zobe utrgalo ali jih je potrebno samo nabrusiti. Cena za samo brušenje je slabih 50 €. Z boljšo obstojnostjo novega 40-zobnega lista podjetje na mesec privarčuje okrog 100 €.



Slika 54: Odrezki s starim 40-zobnim listom

Vir: Lastni vir



Slika 53: Odrezki z novim 40-zobnim listom

Vir: Lastni vir

Na levi sliki so vidni odrezki širši in daljši, ob zamažitvi ciklona so najpogosteje ustvarili kepo iz aluminijastih opilkov, ki je nato zamašila ciklon. Na desni sliki je prikaz odrezkov z novim listom. Opilki so tanjši in manjši ter se ne vežejo med seboj, s tem ne povzročajo zamaševanja.



Slika 56: Primer dobrih odrezkov v zbiralni posodi

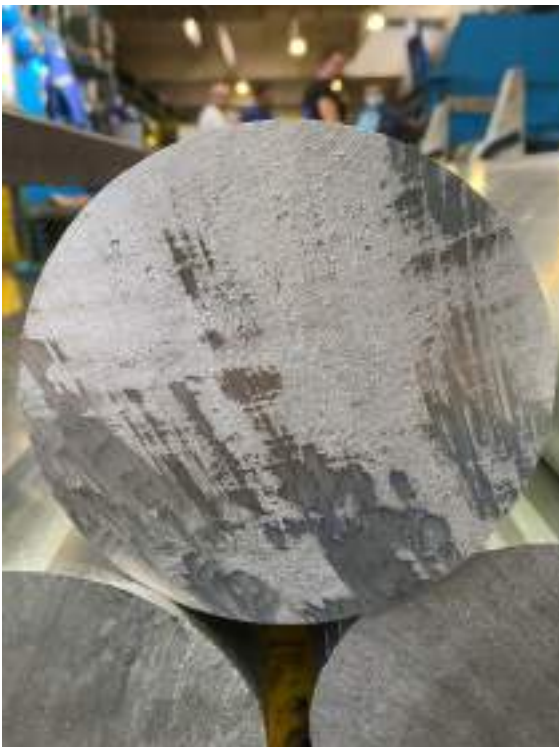
Vir: Lastni vir



Slika 55: Primer aluminijaste kepe po ročnem odstranjevanju iz zamašenega ciklona

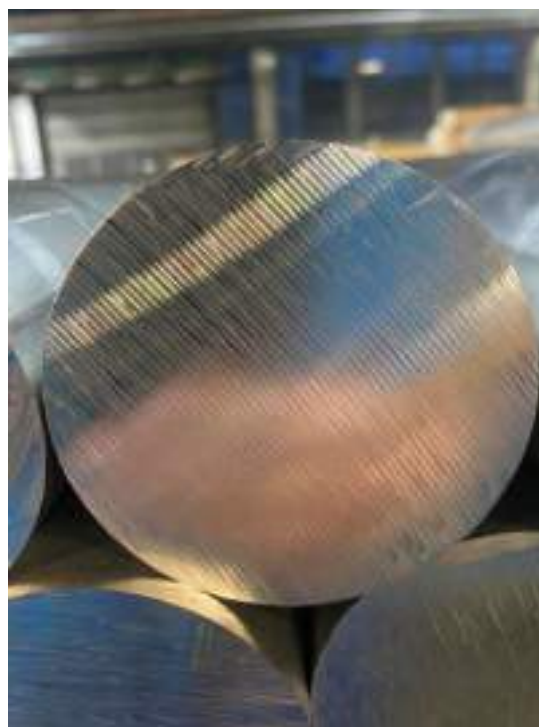
Vir: Lastni vir

V obratu PCP Cevalna imamo stiskalnice, ki stisnejo dva tipa aluminijastih palic. Ene palice so končna roba, ki se samo zapakirajo po žaganju, nato so pripravljene za odpremo. Druge palice pa gredo še na ostale delovne postopke znotraj podjetja (šiljenje, vlečenje, poliranje, kaljenje ...). Pri teh palicah, ki gredo takoj po razrezu na odpremo, je pomembna tudi kakovost odreza. Veliko palic zavržejo, sploh proti koncu obstojnosti lista. Ob nekaterih primerih lahko zavržejo tudi do 500 kg palic, vse je odvisno od materiala in debeline palic. Celoten proces ravnanja z izmetom poteka na način, da se poškodovane in neustrezne palice odložijo na posebne transportne palete ter nato ločijo glede na zlitine. Ko je določena transportna paleta polna ali se zamenja zlitina, jo je treba odstraniti in shraniti v skladišče. Na posebni žagi se palice razrežejo na dimenzije med 1500 in 2000 milimetrov. Kratke palice se nato združijo v posebne pakete, ki se transportirajo v livnico za ponovno pretaljevanje. Vendar pa skladiščenje izmeta zavzema dragocen prostor, ki bi lahko bil namenjen skladiščenju ostalega kakovostnega materiala. Po uporabi novega tipa 40-zobnega lista se je sama kakovost odreza drastično izboljšala, sploh proti koncu obstojnosti lista.



Slika 58: Primer odreza s starim 40-zobnim listom po enem tednu

Vir: Lastni vir



Slika 57: Primer odreza z novim 40-zobnim listom po enem tednu

Vir: Lastni vir

Leva slika prikazuje palico, ki smo jo rezali s starim 40-zobnim krožnim žaginim listom, na desni sliki pa z novim tipom 40-zobnega lista. Palica na levi sliki je bila rezana po enem tednu uporabe starega tipa lista. Palica na desni sliki pa ustreza standardu tudi po dveh tednih uporabe. Posledica uporabe novega tipa žaginega lista je drastično izboljšala kakovost odreza tako na začetku in tudi po dveh tednih uporabe. Z uporabo novega tipa žaginega lista smo zmanjšali število nakupa žaginskih listov in zmanjšali izmet palic. Le-ta je samo še ob ostalih vidnih poškodbah na palicah, ki niso povezane s sistemom žage Elhaus in z odsesovalno ciklonsko napravo Keller.

10.8. Posledice posodobitev ciklonske odsesovalne naprave

Z uvedbo vseh inovacij smo drastično zmanjšali število zastojev. Na začetku pred posodobitvijo sklopa žage Elhaus in ciklonske odsesovalne naprave Keller je prihajalo povprečno do dveh zastojev na dan. Od posodobitve je 6 mesecev in zaradi ciklona ni bilo nobenega zastoja. Pred posodobitvijo je stiskalnica zaradi zamaševanja ciklona stala povprečno 8–15 minut/dan, torej stiskalnica lahko na mesec stisne, če gre vse po planu, do 86 ton več kot pred posodobitvijo,

torej skoraj en delovni dan več, glede nato, da je stiskalnica sposobna stisniti do 90 ton dnevno. To so seveda samo teoretične številke. Stiskalnica včasih stisne od 40 do 90 ton, včasih tudi manj zaradi drugih vzrokov. Ampak na našo pridobitev časa 15 minut lahko predvidevamo, da se da na mesec pridelati vsaj 6–8 ton več kot pred posodobitvijo. V podjetjih, kjer se dela na količini, vsaka sekunda pridobljenega časa koristi končnemu uspehu. Največji uspeh je doprinesel nov tip 40-zobnega žaginega krožnega lista. Kombinacija novega lista, ki ustvarja ustreznejše odrezke z boljšim tesnjenjem zbiralne posode in izboljšavo TPM aktivnosti, posledično se je število zastojev praktično izničilo. Pred posodobitvijo smo predvidevali, da se bodo zastoji zaradi mašenja še vedno pojavljali, ampak v manjšem številu. Sedaj imamo samo dva zastoja mesečno, ampak to je vključeno v TPM – aktivnost vzdrževanja, kjer imajo planiran zastoj eno uro, dvakrat v mesecu. Od šestih začetnih idej so samo štiri pripomogle k začetnemu cilju. Tresilnik ciklona in regulator obratov sta sicer na začetku veliko obetala, ampak na koncu ni prineslo nobenih pozitivnih učinkov. Sploh tresilnik na komprimiran zrak je bil kar problematičen, sploh zaradi tega, ker je bil preglasen, da bi lahko bil uporaben. V govoru je bil tudi nakup novega ciklona ob primeru nedelovanja posodobitev. Denar, ki bi se sicer zapravil za nakup nove odsesovalne naprave, bo podjetje investiralo v nakup nove plinske peči za segrevanje aluminijastih trupcev.

Tabela 3: Primerjalna tabela

PRED POSODOBITVIJO					PO POSODOBITVI			
40-ZASTOJEV	MESEČNO	V	VEZI	Z	2 ZASTOJA	MESEČNO,	AMPAK	ZARADI
ZAMAŠEVANJEM	CIKLONA				PREVENTIVE,	KJER	MENJAJO	VSE POTREBNE
					DELE NA	SKLOPU	ŽAGA	IN CIKLON.

Vir: Lastni vir

10.9. Izboljšana varnost na delovnem mestu

Pred optimizacijo so zaposleni na žagi Elhaus morali sami po potrebi očistiti ciklon. Glede na to, da podjetje pričakuje neprekinjeno delovanje stiskalnice, so bili zaposleni pri čiščenju pod stresom, da se ciklon čimprej odmaši. Ko je delavec pod stresom, se lahko zgodi kakšna nepričakovana zgodba. Včasih na stroju, kjer delata minimalno dva delavca, zaradi dopustov, bolniškega staleža, dela samo eden. Kar ustvari še večji pritisk in stres na zaposlenega, kar povečuje možnost poškodb. Vedno, ko ročno posegaš v stroj, se lahko zgodi poškodba. Sedaj, ko se odsesovalni ciklon Keller ne zamašuje, imajo po novih TPM aktivnostih vzdrževalci nalogo vzdrževanja in pregleda notranjega dela ciklona. Celotna 55 MN linija ima vsak drugi

teden eno uro preventivnega vzdrževanja, kjer se menjajo vse predvidene komponente. Celotna linija se ustavi, pri tem po novem tudi pregledajo celoten ciklon, če je vse v najlepšem redu. Takoj se zmanjša možnost za poškodbe, saj vzdrževalci delajo pod manjšim stresom, stroji so izklopljeni in so tudi bolj kvalificirani za takšna dela. Pred optimizacijo sicer ni bilo hujših poškodb glede čiščenje Keller odsesovalne naprave, ampak ker so se zadelale cevi znotraj ciklona, so morali zaposleni poseči v odprt ciklon, kjer je po navadi prišlo do kakšne odrgrnine ali lažjega udarca. Ker se sam sistem po izboljšavi več ne zamašuje, se zmanjša verjetnost poškodb, saj v sam ciklon posega samo oseba, ki je specializirana za čiščenje ciklona (vzdrževalec). V ciklon so pred posodobitvijo posegali približno 40-krat mesečno, sedaj pa samo 2-krat mesečno ob preventivi. Do udarcev in odrgrnin bo vedno prihajalo, čeprav sistem odsesavanja vzdržuje specializirana oseba (vzdrževalec). Smo pa drastično zmanjšali možnost, da se zgodi ta tip poškodbe, saj delo izvaja namenska oseba in v manjšem številu posredovanja. Nevarnost na delovnem mestu smo samo zmanjšali.

11. UČINKOVITOST V PODJETJU

Učinkovitost je ključnega pomena za uspeh podjetja v današnjem konkurenčnem poslovnem okolju. Podjetja, ki uspevajo doseči visoko stopnjo učinkovitosti, imajo prednost pri doseganju svojih ciljev in zagotavljanju trajnostne rasti. Ena izmed ključnih sestavin učinkovitosti v podjetju je dobro organizirana in optimizirana operativna struktura. To pomeni, da mora imeti podjetje jasno opredeljene naloge in odgovornosti za vsakega zaposlenega, dobro vzpostavljene komunikacijske kanale ter učinkovite procese in postopke. Z vzpostavitvijo učinkovite organizacijske strukture se zmanjšujejo podvajanja nalog, izboljšuje se pretok informacij in povečuje odzivnost ter prilagodljivost podjetja. Poleg tega je ključnega pomena tudi nenehno izboljševanje procesov in spremljanje ključnih kazalnikov uspeha. Podjetja, ki se osredotočajo na merjenje učinkovitosti in analizo svojih operacij, lahko identificirajo šibke točke, ki jih je treba izboljšati ter optimizirajo svoje delovanje. S tem lahko dosežejo večjo produktivnost, zmanjšajo stroške in izboljšajo kakovost svojih izdelkov ali storitev. Učinkovitost v podjetju ni omejena samo na operativno učinkovitost, temveč vključuje tudi učinkovito upravljanje človeških virov. Podjetja, ki znajo pritegniti, razvijati in zadržati talentirane zaposlene, imajo konkurenčno prednost. Z vzpostavitvijo učinkovitega sistema upravljanja s človeškimi viri in z investiranjem v razvoj zaposlenih, se lahko podjetja izognejo visokim stroškom zamenjave kadra ter ustvarijo motivirano delovno silo, ki prispeva k uspehu podjetja. Vendar pa je treba poudariti, da učinkovitost ni enkratno doseženo stanje, temveč kontinuirani proces. Podjetja morajo biti pripravljena na spremembe in nenehno prilagajanje novim izzivom ter priložnostim. Učinkovitost zahteva tudi kulturo in vrednote, ki spodbujajo ter podpirajo inovacije, učenje in sodelovanje med zaposlenimi. Podjetja, ki spodbujajo inovativnost, ustvarjalnost in odprtost za nove ideje, lahko dosežejo izjemne rezultate ter povečajo učinkovitost na vseh ravneh. Pomembno je tudi poudariti vlogo tehnologije pri doseganju večje učinkovitosti. Uporaba naprednih tehnoloških rešitev, kot so avtomatizacija procesov, digitalizacija in analitika podatkov, lahko močno izboljša produktivnost ter omogoči boljše sprejemanje odločitev na podlagi podatkov. Integracija in uporaba ustrezne tehnologije v podjetju lahko prispeva k optimizaciji procesov, zmanjšanju človeških napak ter večji učinkovitosti delovanja.

12. SKLEP

Kot sem omenil v samem uvodu diplomskega dela, sem se pri svojem raziskovanju osredotočil na izboljšavo ciklonske odsesovalne naprave. Potrebno je bilo odpraviti težavo z zamaševanjem samega ciklona. V večini primerov se je to dogajalo pri žaganju mehkejših zlitin in občasno tudi pri trdih zlitinah. Bilo je več vzrokov in razlogov, zakaj do tega prihaja, nekaj se je že reševalo, nekaj pa smo preizkusili zdaj. Velika izboljšava se je zgodila s posodobitvijo TPM aktivnosti, z izboljšanim notranjim delom ciklona, zaščitno obrobo in novim 40-zobnim listom. Sedaj do mrtvih časov na stiskalnici več ne prihaja, saj se tudi ciklon več ne zamašuje. Za samo izboljšavo nismo potrebovali veliko finančnega zalogaja. Na začetku so bili dogovori, da se bo kupil nov ciklon, če stvari ne rešimo v kratkem času. Z vsemi izboljšavami smo celoten sistem izboljšali praktično brez velikih investicij. Sam tip žaginega lista je že obstajal in smo ga lahko na licu mesta testirali. Vse ostale izboljšave so bile minimalna investicija.

H1: Izboljšano odsesovanje pri rezanju aluminijastih palic bo zmanjšalo število zastojev.

Za izboljšanje odsesovanja smo implementirali šest rešitev, s katerimi bi zmanjšali število zastojev. Po koncu preizkusov smo ugotovili, da uspešno delujejo samo 4 rešitve. To so posodobitev TPM aktivnosti, jeklena plošča znotraj ciklona, obloga na zbiralni posodi in nov tip 40-zobnega žaginega lista. Število se je zmanjšalo s povprečno 40 zastojev mesečno na 2. Ta dva zastoja pa sta planirana ob preventivnih vzdrževalnih delih, ki so vsaka dva tedna.

H2: Ciklonska odsesovalna naprava se z uporabo novega tipa krožnega žaginega lista ne bo mašila. Testiranje novega tipa krožnega žaginega lista je trajalo en mesec, pri čemer se odsesovalna naprava ni niti enkrat zamašila. S starim tipom žaginega lista se je odsesovalna naprava mašila skoraj vsako izmeno. Pridobili smo tudi bolj kakovostne odreze na palicah in obstojnost lista samega. Nov list se obrabi po dveh tednih, stari tip lista pa se je menjeval po enem tednu oziroma po potrebi.

H3: Optimizirana ciklonska odsesovalna naprava bo izboljšala varnost na delovnem mestu. Glede varnosti nismo veliko izboljšali, kvečjemu zmanjšali obseg zastojev, kar pomeni, da je manjša možnost, da pride do odrgnine ali udarca. Sedaj vzdrževanje izvajajo zaposleni, ki so specializirani za vzdrževanje. Vzdrževalci imajo znanje, delujejo v manj stresnem okolju zaradi preventive in imajo boljšo delovno opremo pri delu samem. Da bi se tem nevarnostim izognili, bi morali kupiti novejši, boljši in modernejši odsesovalni ciklom, kjer bi bilo vzdrževanje ciklona samega boljše dostopno. Trenutno podjetju ni v interesu, ker še ni bilo težje

poškodbe, smo pa s tem posodabljanjem zmanjšali možnost hujše nesreče.

H4: Zaradi težav z odsesavanjem aluminijastih opilkov se bo uporabil nov tip krožnega žaginega lista, s katerim se bo dosegla boljša kakovost odreza in s tem manj izmeta materiala. Težava se je pojavljala proti koncu obstojnosti žaginega lista. Takrat je lahko prišlo tudi do 500 kg izmeta palic, ki so se skladiščile v posebnih paletah in s tem zasedale prostor ter ustvarjale strošek podjetju zaradi ponovnega pretaljevanja. Nov tip žaginega lista ima boljše odreze že od samega začetka, pa tudi po enem tednu. Sicer se izmet dogaja tudi sedaj, ampak če se žagin list razbrusi po dveh tednih, je ta številka na mesec veliko manjša kot pri starem tipu. Od nadgradnje žaginega lista je število izmeta zanemarljivo napram ostalim napakam, ki se še vedno pojavljajo na stiskalni liniji 55 MN.

Danes med podjetji prevladuje tekmovalnost tako glede kakovosti kot količine, pri čemer je večini podjetij pomembnejša kvantiteta. Vendar pa kupci od podjetij zahtevajo ravno nasprotno – visoko kakovost po čim nižji ceni. V našem primeru se kupci želijo oskrbeti z visoko kakovostnimi palicami po ugodni ceni. V proizvodnji se trudimo zagotavljati kakovost izdelkov, kolikor je mogoče, vendar ne moremo preprečiti vseh napak.

Poleg kakovosti in cene izdelka je za kupce pomemben tudi rok dobave. Pogodbeni roki so ključni, saj morajo podjetja spoštovati dogovorjene termine. Morebitna zamuda pri dobavi lahko povzroči velike izgube. V diplomskem delu sem naštel veliko rešitev, ki so pripomogle k zmanjšanju mrtvega časa na stiskalnici 55 MN zaradi zamaševanja ciklonske odsesovalne naprave Keller. Točne številke glede na to, koliko dobička se ustvari zaradi pridobitve deset minut na osem ur dela, ne smem napisati, saj so nekatere stvari znotraj podjetja tajne. Lahko pa predvidevamo, da je dobiček večji, saj vsaka pridobljena minuta na stiskalnici, ki dela 168 ur na teden, šteje. S posodobitvijo sistema žage Elhaus v kombinaciji s ciklonom Keller smo privarčevali nekaj denarja samo z zmanjšanjem števila žaginih listov. Največ pa smo pridobili na sami učinkovitosti stiskalnice, manjši izmet zaradi slabih odrezov in več iztisnjenega materiala na dan.

S tem diplomskim delom sem hotel odpraviti mrtve čase na stiskalnici 55 MN s posodobitvijo ciklonske odsesovalne naprave Keller. Začetni cilji so bili opravljeni, povečana produktivnost sama govori o uspešnih posodobitvah, ki smo jih izvedli. Sam sem zaposlen v tem podjetju, sicer ne na tem delovnem mestu, kjer smo reševali težave, ampak mi vseeno veliko pomeni moj doprinos k skupnemu cilju, kar je biti konkurenčen na trgu.

13. BIBLIOGRAFIJA

- Čivič, D. (1. 9 2014). *analiza izbranih postopkov masivnega preoblikovanja*. Pridobljeno iz analiza izbranih postopkov masivnega preoblikovanja: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=67656&lang=slv>
- DEMETRA. (11. 6 2023). *Metoda TPM- Total Productive maintenance*. Pridobljeno iz Metoda TPM- Total Productive maintenance: <https://demetra-leanway.com/diagnostika-zrelosti-organizacije/metoda-tpm/>
- Impol. (11. 6 2023). *Avtomobilska industrija*. Pridobljeno z Avtomobilska industrija: <https://www.impol.si/panoge/avtomobilska-industrija/>
- Impol. (11. 6 2023). *Elektroindustrija*. Pridobljeno z Elektroindustrija: <https://www.impol.si/panoge/elektroindustrija/>
- Impol. (11. 6 2023). *Farmacevtska industrija*. Pridobljeno s Farmacevtska industrija: <https://www.impol.si/panoge/farmacevtska-industrija/>
- Impol. (11. 6 2023). *Finalizirani izdelki*. Pridobljeno s Finalizirani izdelki: <https://www.impol.si/izdelki/finalizirani-izdelki/>
- Impol. (11. 6 2023). *Kakovost in inovativnost*. Pridobljeno s Kakovost in inovativnost: <https://www.impol.si/kakovost-in-inovativnost/certifikati/>
- Impol. (11. 6 2023). *Liti izdelki*. Pridobljeno iz Liti izdelki: <https://www.impol.si/izdelki/liti-izdelki/>
- Impol. (Junij 2023). *O nas*. Pridobljeno iz <https://www.impol.si/podjetje-impol/>
- Impol. (11. 6 2023). *O nas*. Pridobljeno z O nas: <https://www.impol.si/podjetje-impol/>
- Impol. (11. 6 2023). *Obnovljivi viri energije*. Pridobljeno z Obnovljivi viri energije: <https://www.impol.si/panoge/transportna-industrija/http://www.impol.si/trgi/obnovljivi-viri>
- Impol. (11. 6 2023). *Odkovki*. Pridobljeno z Odkovki: <https://www.impol.si/izdelki/odkovki/>
- Impol. (11. 6 2023). *Panoge*. Pridobljeno iz <https://www.impol.si/panoge/>
- Impol. (11. 6 2023). *Potrošniške dobrine*. Pridobljeno s Potrošniške dobrine: <https://www.impol.si/panoge/potrosniske-dobrine/>

- Impol. (11. 6 2023). *Prehrambna industrija*. Pridobljeno s <https://www.impol.si/panoge/prehrambena-industrija/>
- Impol. (11. 6 2023). *Rondelice*. Pridobljeno z Rondelice: <https://www.impol.si/izdelki/rondelice/>
- Impol. (11. 6 2023). *Stiskani izdelki*. Pridobljeno s Stiskani izdelki: <https://www.impol.si/izdelki/stiskani-izdelki/>
- Impol. (11. 6 2023). *Trajnostni izdelki infiniAL*. Pridobljeno s Trajnostni izdelki infiniAL: <https://www.impol.si/izdelki/eko-izdelki/>
- Impol. (11. 6 2023). *Transportna industrija*. Pridobljeno s <https://www.impol.si/panoge/transportna-industrija/>
- Impol. (11. 6 2023). *Valjani izdelki*. Pridobljeno iz Valjani izdelki: <https://www.impol.si/izdelki/valjani-izdelki/>
- Impol. (11. 6 2023). *Vesoljska in letalska industrija*. Pridobljeno z Vesoljska in letalska industrija: <https://www.impol.si/panoge/letalska-in-vesoljska-industrija/>
- laboratory, F. (1. 12 2021). *Osnove iztiskanja*. Pridobljeno z Osnove iztiskanja: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-index.htm>
- Povh, B. (11. 6 2016). *Istosmerno iztiskovanje profilov iz aluminijevih zlitin*. Pridobljeno z Istosmerno iztiskovanje profilov iz aluminijevih zlitin: file:///C:/Users/sasok/OneDrive/Desktop/Diploma/Diploma/VS_Povh_Bostjan_2016.pdf
- Ravne, S. m. (23. januar 2022). *SIJ group*. Pridobljeno s Sitherm 2343 Steel: <https://steelselector.sij.si/steels/UTOPMO1.html>
- Rehar. (11. 6 2023). *Odsesovalne naprave*. Pridobljeno z Odsesovalne naprave: https://rehar-systems.com/wp-content/uploads/2020/10/Rehar_katalog_odsesovalne-naprave.pdf
- Saha, P. K. (2000). *Aluminum Extrusion Technology*. Univerza v Michiganu: ASM International, 2000.
- Sernel, M. (11. 10 2021). *Projekt predelave pakiranja na stiskalni liniji 55MN podjetja Impol PCP*. Pridobljeno iz Projekt predelave pakiranja na stiskalni liniji 55MN podjetja Impol PCP:

file:///C:/Users/sasok/OneDrive/Desktop/Diploma/Diploma/MAG_Sernel_Matic_2021.pdf

Tehnovent. (11. 6 2023). *Ciklonska filtrirna naprava*. Pridobljeno s Ciklonska filtrirna naprava: <https://tehnoment.si/proizvodnja/ostale-naprave/odsesovanje-in-filtracija/ciklonska-filtrirna-naprava-tip-cfn/>

Vision, B. (11. 6 2023). *Aluminij*. Pridobljeno z Aluminij: <https://www.aluograde.net/ufoqs/kaj-je-aluminij/>