

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**OPTIMIZACIJA ČIŠČENJA KOMORNIH IN
KLASIČNIH EKSTRUZIJSKIH-STISKALNIŠKIH
ORODIJ**

Kandidat: Andrej Erker

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor – predavatelj: dr. Darko Friščič, univ. dipl. gosp. inž.

Mentor v podjetju: Boštjan Tomažič, dipl. inž. str. (UN)

Lektorica: Tatjana Hren Dizdarevič, prof. slov.

Maribor, 2022

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Andrej Erker sem avtor diplomskega dela z naslovom **Optimizacija čiščenja komornih in klasičnih ekstruzijskih-stikalniških orodij**, 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, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor;
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih 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.

Slovenska Bistrica, julij 2022

Podpis študenta:

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomskega dela bi se želel zahvaliti mentorju predavatelju dr. Darku Friščiću in somentorju Darku Dajčmanu za strokovno svetovanje ter pomoč pri nastajanju diplomskega dela. Prav tako bi se zahvalil mentorju in sodelavcu v podjetju Boštjanu Tomažiču, univ. dipl. inž., ki mi je omogočil izvajanje praktičnih preizkusov v procesu. Iskrena hvala tudi družini za podporo v času študija.

POVZETEK

Aluminij je kovina prihodnosti. Njegova uporaba ne pozna meja. Uporablja se v takšni ali drugačni obliki v vseh gospodarskih panogah. Najdemo ga v gospodinjstvu, kjer se uporablja za pakiranje živil, v gradbeništvu, letalski in avtomobilski industriji, vesoljski tehnologiji ... Procesi preoblikovanja aluminijevih zlitin se izvajajo na več različnih načinov, kot so valjanje, gnetenje ali kovanje ravno zaradi tega, ker se z livnim kombiniranjem legiranih elementov pridobiva možnost uporabe v globalnih panogah. V industriji metal kovinskih polizdelkov in izdelkov je potrebno pripisati tudi podporne procese, kot so vzdrževanje, sanacije korekcije za tekočo industrializacijo. V diplomskem delu bom obravnaval postopke preoblikovanja aluminijastih zlitin za gnetenje in njihovo uporabo, ki so plod raziskav podjetja Impol. Več pozornosti bom namenil sanaciji orodja, saj je to delo, ki ga opravljam. Pojasnil bom različne načine uporabe ekstruzijskega orodja, priprave skladiščenja, korigiranja ter čiščenja orodja, za ta namen potrebne stroje in problematiko izbire ustrezne geometrije orodja za iztiskovanje. Ključno je namen naloge pojasniti tehnologijo procesa luženja glede uporabnosti, izrabljenosti in učinkovitosti ter postaviti optimizacijo s skrajšanjem časovnih ciklov in posledično zmanjšanje stroškov. S pomočjo operaterjev v procesu in analitičnih zapisov bom primerjal preteklo stanje tehnološkega procesa z novimi ugotovitvami ter jih z utemeljenimi dokazili opredelil v nadaljnji delovni proces. V nalogi bom preizkušal učinkovitost ultrazvoka med reakcijskim procesom in končanimi cikli za bolj učinkovitejšo razstavljanje ekstruzijskih orodij. Z različnim sortiranjem in s kombinacijami nalaganja orodja v sistem bom raziskal najučinkovitejšo opcijo za izvajanje dela. Tako bi posledično razbremenili operaterja, zmanjšali bi časovne cikle in stroške kakovosti procesa. Diplomsko delo naj bi bila nekakšno dokazilo h koristnemu predlogu družbi, v kateri sem zaposlen. Predlagal sem sanacijo ultrazvoka k obstoječemu stanju za hitrejše in učinkovitejše odstopanje Al-zlitin od orodja, pri tem pa bi privarčevali na kvaliteti lužine ter naknadno površinski obstojnosti ekstruzijskega orodja. Namen diplomskega dela je s teoretičnimi viri, raziskavami in prakso izboljšati kvaliteto ter kvantiteto dela v procesu čiščenja ekstruzijskega orodja z natrijevim hidroksidom. Poudarek v diplomskem delu bo tudi na seznanjanju varnosti in zdravja ob pravilnem postopanju ter opravljanju z lužino za operaterja, pri čemer bi se lahko izognili morebitnim nevarnostim v procesu luženja.

Ključne besede: *orodjarstvo, ekstruzija, ultrazvok luženja, aluminijaste zlitine*

ABSTRACT

»OPTIMIZATION OF CLEANING OF CHAMBERAND AND CLASSIC EXTRUSION-PRESSING TOOLS«

Aluminium is the metal of the future. Its uses knows no bounds. It is used in one form or another in all sectors of the economy. It can be found in the household, where it is used for food packaging, in the construction, aerospace, automotive, space technology etc.

The transformation processes of aluminum alloys are carried out in several different ways such as rolling, kneading or forging, precisely because the casting combination of alloying elements gives the possibility of global applications. In the industry of semi-finished metal products and products, it is also necessary to attribute supporting processes such as maintenance, rehabilitation and correction for the ongoing industrialisation. In my thesis I will discuss the processes of aluminium alloys transformation for kneading and their application, which are the result of Impol's research. I will pay more attention to the remediation of tools, as this is the work I do. I will explain the different ways of using extrusion tools, the preparation of the storage, correction and cleaning of the tools, the machinery needed for this purpose and the problem of choosing the appropriate geometry of the extrusion tool. The key purpose of the thesis is to explain the technology of the pickling process, the problem of usability, wear and efficiency and to set up some optimisation by reducing cycle times and consequently reducing costs. With the help of process operators and analytical records I will compare the past state of the technological process with the new findings and define them with substantiated evidence for further workflow. In this thesis I will test the effectiveness of ultrasound during the reaction process and finished cycles for more efficient disassembly of extrusion moulds. I will investigate the most efficient option for carrying out the work by varying the sorting and loading combinations of the tool into the system. This would in turn relieve the operator of the burden of reducing cycle times and process quality costs.

The thesis was to be a kind of proof to a useful suggestion to the company where I am employed, when I proposed to rehabilitate the ultrasonic system to the status quo for a faster and more efficient deviation of Al-alloys from the tooling while saving on the quality of the liquor and subsequently the surface durability of the extrusion tooling. The purpose of the thesis is to improve the quality and quantity of work in the process of cleaning of extrusion tools with sodium hydroxide using theoretical resources, research and practice. The focus of the thesis is also on the safety and health awareness of the correct handling and performance

of the pickling process for the operator whereby potential hazards in the pickling process could be avoided.

Keywords: *toolmaking, exstrusion, leaching ultrasound, aluminium alloys*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	7
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	8
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	8
2	OPIS CIKLA UPORABE EKSTRUZIJSKEGA ORODJA.....	12
2.1	TEORETIČNE OSNOVE IZTISKOVANJA	12
2.2	DELOVNI PROCES V PROIZVODNJI	13
2.3	ORODJARSTVO.....	15
2.4	ORODJA.....	17
2.5	ORODJA ZA ODPRTE PROFILE.....	18
2.5.1	<i>Klasična večdelna matrica</i>	<i>19</i>
2.5.2	<i>Matrica s predkomoro</i>	<i>19</i>
2.6	ORODJA ZA ZAPRTE PROFILE	20
2.6.1	<i>Komorna orodja</i>	<i>20</i>
2.7	ŽIVLJENJSKA DOBA ORODIJ	21
2.8	KORIGIRANJE ORODIJ	23
2.9	SKLADIŠČENJE ORODJA	24
3	MATERIAL ZA ORODJE.....	27
3.1	NITRIDIRANJE ORODIJ	28
3.2	UPORABA ORODIJ V PROIZVODNJI.....	30
3.3	MATERIALI ALUMINIJEVIH ZLITIN.....	31
4	ČIŠČENJE ORODJA OZIROMA LUŽENJE	35
4.1	LUŽENJE IN NAPRAVA ZA LUŽENJE	35
4.2	TEORETIČNE OSNOVE DELOVANJA LUŽENJA	38
4.3	POSTOPEK ČIŠČENJA Z NATRIJEVO LUŽINO.....	39
4.4	GOSTOTA KOT FUNKCIJA KONCENTRACIJE IN TEMPERATURE NAOH	42
4.5	MERITVE	42
4.6	DELOVANJE ULTRAZVOKA	43
4.7	AEROSOLI.....	45
4.8	VODIK	45
4.9	RECIKLIRANJE KAVSTIČNE SODE	46
4.10	PESKANJE ORODIJ	46

5 KROVNA TEMA – VARNOST	48
4.11 RAVNANJE Z NEVARNO SNOVJO IN SKLADIŠČENJE	50
4.12 VARNOSTNI LIST	51
5 LABORATORIJSKI REZULTAT	53
5.1 POTRDITEV POSTAVLJENE HIPOTEZE	58
5.2 POVZETEK KLJUČNIH UGOTOVITEV	60
5.3 ZAKLJUČEK OZIROMA KLJUČNI PREDLOG	61
6 SKLEP	62
7 BIBLIOGRAFIJA	64

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRIDOBLENA NATRIJEVA LUŽINA ZA TESTIRANJE	9
SLIKA 2: IMPOL	10
SLIKA 3 DIREKTNO STISKANJE	12
SLIKA 4 PRIKAZ DELOVNEGA PROCESA	13
SLIKA 5: STISKALNICA 28 MN.	15
SLIKA 6: PRIKAZ SKENIRANJA PROFILA.	16
SLIKA 7: NAČRT NEKOMORNEGA PROFILA.	17
SLIKA 8: KOMORNA IN NEKOMORNA ORODJA ZA EKSTRUZIJU.	18
SLIKA 9: KLASIČNO ORODJE	19
SLIKA 10: KOMORNO ORODJE-	20
SLIKA 11: RAZSTAVLJENO KOMORNO ORODJE.	21
SLIKA 12: PRIKAZ POŠKODOVANEGA TRNA ORODJA ZA ODPIS.	22
SLIKA 13: VRSTE POŠKODB NA ORODJIH.	22
SLIKA 14: DELAVNICA KOREKTORJEV ORODIJ	23
SLIKA 15: QR KODA ORODJA	24
SLIKA 16: AVTOMATIZIRANO SKLADIŠČE	25
SLIKA 17: ČITALEC KODE	26
SLIKA 18: PROGRAMSKO VODENO NITRIDIRANJE.	28
SLIKA 19 SHEMA NITRIRANJA	29
SLIKA 20: POKONČNA NITRIRNA PEČ	29

SLIKA 21: ALUMINJEVI DROGI.....	31
SLIKA 22: ORODNA DOKUMENTACIJA.	33
SLIKA 23: SARŽA ZA PROCES LUŽENJA.	35
SLIKA 24: KOMORA ZA PROCES LUŽENJA.	37
SLIKA 25: PROGRAMSKO VODEN PROCES LUŽENJA.	40
SLIKA 26: REGULACIJSKI SISTEM ZA PRETAKANJE IN IZPIRANJE LUŽINE.....	40
SLIKA 27: KOMORNI SISTEM ČIŠČENJA ALUMINJEVIH ZLITIN Z NATRIJEVIM HIDROKSIDOM.....	41
SLIKA 28: ENOTA ZA ULTRAZVOK.	43
SLIKA 29: PRIKAZ ULTRAZVOKA V KOMORI ZA LUŽENJE.....	44
SLIKA 30: PRIKAZANO ODSTOPANJE ALUMINIJA OD ORODJA.	45
SLIKA 31: PESKALNI STROJ.	47
SLIKA 32 REŠEVANJE PROBLEMOM.....	48
SLIKA 33: PRIMER KONTROLNEGA LISTA LINIJSKEGA NADZORA V PODJETJU.	49
SLIKA 34: ATESTIRANA POSODA ZA UPORABLJENO LUŽINO.	50
SLIKA 35: ATESTIRANA POSODA ZA 48–50 % LUŽINO.	50
SLIKA 36: PREVOZ NATRIJEVE LUŽINE	52
SLIKA 37: PRIDOBLENI VZORCI ZA LABORATORIJSKO TESTIRANJE.	55
SLIKA 38: VZORCI ALUMINJEVE ZLITINE 1,4 G/KOM.....	57
SLIKA 39: SARŽA ZA LUŽENJE.	58

Kazalo tabel

TABELA 1 ALUMINJEVE ZLITINE PO STANDARDU EN 573-3:2019	32
TABELA 2 ALUMINJEVE ZLITINE	33
TABELA 3 DOLOČITEV ALKALIJ IN AL V LUGU TER DOLOČITEV % STAREGA IN NOVEGA LUGA PRI SOBNI TEMPERATURI	54
TABELA 4 SPREMINJANJE MASE	54
TABELA 5 DOLOČEVANJE % NAOH PROSTIH ALKALIJ IN ALUMINIJA	56
TABELA 6 SPREMINJANJE MASE AL VZORCEV	56
TABELA 7 TABELA ZA SPREMLJANJE CIKLUSOV LUŽENJA	59
TABELA 8 FORMATI ORODJA V LUŽILNI KADI	59
TABELA 9 SPREMINJANJE MASE AL VZORCEV PO POTOPITVI V LUG PRI 80°C	60

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Izboljšave delovnih procesov so v današnjem času ključnega pomena, ki nam prinesejo veliko pozitivnih stvari. Najpomembnejše stvari, ki jih moramo upoštevati pri trenutnih delovnih trendih, so kakovost in dobavni roki. Poleg le-teh moramo upoštevati še kopico drugih, kot so stroški, neustrezen material in naša obveznost kupcem. Za nemoteno zagotavljanje najvišje možne kakovosti in za sledenje dobavnim rokom moramo nenehno spremljati ter izboljševati proizvodnji proces. Le na ta način lahko dosežemo najvišjo možno raven kakovosti ob najmanjših stroških za podjetje. Če samo podjetje ne sledi novim trendom in ne vlaga nazaj v podjetje, se lahko zgodi, da čez čas podjetje ne zadovoljuje kakovostnih standardov in si povečuje nepotrebne stroške. S to ideologijo v mislih moramo nadaljevati pot v prihodnost, saj bomo le na ta način uspeli. Cilj vsakega podjetja je, da s pomočjo svojih delavcev zagotavlja nemoteno dobavo izdelkov svojim kupcem ob doseganju najvišje možne kakovosti. Samo doseganje kakovosti se odraža na sposobnosti tega, kako hitro se lahko podjetje prilagaja. Izboljšave procesov so eden izmed teh faktorjev in ravno ta tema bo obravnavana v tem diplomskem delu. Skozi delovni proces vzdrževanja in saniranja orodij v podjetju Impol iz Slovenske Bistrice bom iskal možne izboljšave, ki bodo pripomogle k izboljšanju tehnologije procesa luženja, izboljšale bodo učinkovitost porabe luga; prav tako želim dokazati vpliv učinkovitosti ultrazvoka med procesom. Po analizi zbranih podatkov se bodo predlagale možne rešitve oziroma izboljšave procesa, ki se bodo uporabile v praksi. Na koncu bom primerjal stare in nove podatke; iz tega bom lahko ustrezno razbral, analiziral in predstavil vpliv izboljšav v procesu luženja. Cilj izboljšave procesa luženja je doseganje manj poškodb na površini materiala in lažje ter hitrejšo odstopanje surovine od orodja. S tema dvema ciljema bo podjetje zmanjšalo stroške delovnega procesa, zmanjšalo bo stroške ponovne investicije s strani procesa luženja, hkrati pa se bodo natančno določili tehnološki parametri in odpravile se bodo pomanjkljivosti luženja. Celotna izboljšava bo zajemala vse korake proizvodnega procesa. Pri vsakem koraku bo potrebno natančno določiti kritična mesta, zakaj ravno tam prihaja do morebitnih časovnih izpadov. Z analizo teh podatkov bom lažje podal rešitev problema, če je le-ta sploh mogoča. Tako bom v osnovi zbral podatke v vseh korakih proizvodnega procesa, jih analiziral in podal možno končno rešitev pri odpravi morebitnih težav.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen naloge je predstaviti optimizacijo različnih načinov postopkov odstopanja aluminija od orodnega jekla, s katerim bi želel doseči izboljššan čas ciklov; prav tako želim zmanjšati stroške procesa in raziskati parametre, pri katerih je učinek ultrazvoka najučinkovitejši. V nadaljevanju se bom osredotočil predvsem na obravnavo in izboljšanje postopka čiščenja z natrijevo lužino. Izhodišče projekta je bil modularni kompaktni sistem za čiščenje aluminija iz ekstrudnih komornih in klasičnih orodij. Zaradi tega bi moral ta koncept privedi do temeljnih izboljšav na naslednjih področjih:

- varnost pri delu;
- varstvo okolja;
- enostavnost uporabe;
- cenovno ugodna izvedljivost z minimalnimi posegi.

Cilji naloge so:

- ugotoviti, najboljšo optimizacijo čiščenja orodja;
- optimizirati postopek luženja;
- izboljšati učinek učinkovitosti porabe luga;
- vpliv ultrazvoka pri čiščenju;
- znižati stroške procesa;
- do 10 % skrajšati čas čiščenja;
- podaljševanje življenjske dobe (Na Oh);
- zmanjšati stroške nevarnih odpadkov.

Hipoteze:

- **H 1:** Z optimizacijo razvrščanja različnih velikosti orodij pridobimo na času cikla luženja.
- **H 2:** Z optimizacijo razvrščanja števila različnih velikosti in vrst orodij vplivamo na učinkovitost luga ter s tem zmanjšamo stroške procesa.
- **H 3:** S pomočjo ultrazvoka dodatno pridobivamo na času luženja.
- **H 4:** Z uporabo znanja o delu z nevarnimi snovmi zmanjšamo tveganja za uporabnika nevarnih snovi.

1.3 Predpostavke in omejitve

Koraki proizvodnega procesa si sledijo po točno določenem postopku, zaradi česar bodo nekatere stvari obravnavane teoretično ob predpostavki, da tehnično delujejo brezhibno. Vendar pri tem nastopajo omejitve uporabe, bodisi zaradi investicijskega stroška, lahko pa tudi zaradi oteženega delovanja v praksi oziroma kratke življenjske dobe. Tudi grupiranje različnih dimenzij orodij, ki bi lahko izboljšalo ali pozitivno vplivalo na optimizacijo čiščenja, je zaradi terminiranja v navezi trenutnih naročil oteženo.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Diplomsko delo tvorita praktični in teoretični del, zato bom uporabil preverjene metode.

Moje diplomsko delo bo v večini zasnovano na teoriji iz sklopa izbranih literatur in dejanskega preizkusa primerljivosti uporabe različnih izvedb reakcij natrijevega karbonata glede na kapaciteto, maso in strukturo ekstruzijskega orodja. Temu bodo sledili sklopi praktičnih zapisov, na podlagi katerih se bo ocenila izboljšava in na tej podlagi se bo nato izvajala tehnologija procesa luženja.

Predviden pristop k diplomskemu delu:

- zbiranje podatkov iz navedenih virov;
- deskripcija danega problema;

- podane rešitve na osnovi pridobljenih podatkov;
- meritve in določitev alkalij ter aluminija v natrijevi lužini;
- primerjanje uporabljene in nove lužine;



Slika 1: Pridobljena natrijeva lužina za testiranje

Vir: Lasten

- opredeliti učinkovitost ultrazvočnega delovanja v procesu;
- optimizirati najenostavnejši način luženja za nadaljnjo razstavljanje orodja.

PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL

Podjetje Impol ima dolgoletno tradicijo izdelovanja aluminijevih polizdelkov, ki sega v zgodovino že od leta 1825. Ustanovljeno je bilo kot industrija kovanih bakrenih izdelkov, postopoma pa se je začelo širiti s programom izdelkov in polizdelkov iz bakra, medenine ter bronca. Vse do danes se je preusmerilo na proizvodnjo in predelavo aluminija, kar je bilo ključno za perspektivnost podjetja. Podjetje pokriva širok spekter uporabe aluminijastih izdelkov – od gradbene industrije, avtomobilske industrije, prehrambne in farmacevtske industrije do letalske in vesoljske industrije. Delo v podjetju se deli na dve veji, in sicer na stiskalništvo ter valjarnišvo. Izdelujejo iztiskane in vlečene palice, cevi ter profile vseh standardnih dimenzij v skladu s svetovnimi standardi, prav tako pa tudi proizvode nestandardnih oblik in dimenzij ter valjane izdelke.



Slika 2: Impol

Vir: (Impol, 2022)

Je fleksibilno, inovativno in v razvoj usmerjeno podjetje za predelavo aluminija v vrhunske polizdelke. Svoje temeljne konkurenčne prednosti – prilagodljivost in vsestranskost – spretno izkorišča za snovanje ter proizvodnjo širokega spektra izdelkov in polizdelkov, ki zadovoljujejo potrebe raznovrstnih industrij. (**Impol, 2022**)

2 OPIS CIKLA UPORABE EKSTRUZIJSKEGA ORODJA

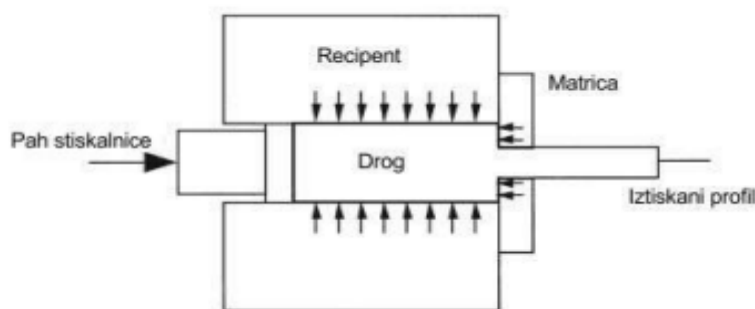
2.1 Teoretične osnove iztiskovanja

Iztiskovanje je postopek plastičnega preoblikovanja z iztiskovanjem, ki ima po svetu zelo velik pomen in omogoča natančno ter ekonomično izdelavo raznovrstnih presekov profilov velikih dolžin. Njihovi preseki se razlikujejo glede na obliko. Iztiskovanje z drugim izrazom poimenujemo premočrtno tlačno iztiskovanje, pri katerem lahko surovec iztisnemo deloma ali pa celotnega potisnemo skozi odprtino orodja, kjer se njegov prerez in oblika zmanjšujeta. Prednost iztiskovanja je v ustvarjanju zelo kompleksnih prerezov, pri čemer za obdelavo naletimo le na strižne in tlačne napetosti, kar omogoča deformacijo brez trganja materiala. Prav tako proces omogoča oblikovanje končnih izdelkov z izvrstno površino.

Poznamo več načinov iztiskovanja, in sicer:

- vroče stiskanje;
- hladno stiskanje;
- hidrostatično stiskanje;
- zoževanje.

V proizvodnji profilov uporabljamo metodo direktnega iztiskovanja. To pomeni, da segreti drog aluminijeve zlitine potiskamo skozi recipient (t. j. termični del stiskalnice, skozi katero se dodatno vzdržuje temperatura surovine med stiskanjem) direktno na orodje s pomočjo bata stiskalnice. Smer materiala, ki se iztiskava, je enak poti oz. smeri gibanja batnice stiskalnice.



Slika 3 Direktno stiskanje

(Impol, 2022)

2.2 Delovni proces v proizvodnji

Vsak začetek delovnega procesa se začne z delovnim nalogom, na katerem so podani podatki o surovini, dolžini razrezanih drogov, naročeni količini, posebne zahteve in seveda dobavni rok izdelka.



Slika 4 Prikaz delovnega procesa

(Impol, 2022)

Proizvodni procesi bi morali stremeti za tem, da so naravni viri optimalno izkoriščeni in imajo minimalen vpliv na okolje, hkrati pa zmanjšujejo proizvodne ter obratovalne stroške. Da bi se pri čiščenju aluminija v orodju zmanjšala uporaba surovin za postopek ter posledično zmanjšala reciklaža po uporabi, bi bil za podjetje kar velik finančni zalogaj. Stremeti je potrebno k temu, da manjša kot je poraba virov, manjši bo vpliv na okolje. Aluminij je kovinski material, ki ga je z ustrezno obdelavo mogoče ponovno uporabiti brez izgube kakovosti. Visoka kovinska vrednost ostaja in tvori zadostno ekonomsko vrednost. Za to je zbiranje in predelovanje pomemben proces v aluminijevi industriji. Povpraševanje je tudi za sekundarno kvaliteto aluminija na svetovnem trgu, zaradi česar se z optimizacijskimi ukrepi lahko ogromno prihrani tudi z ekonomskega vidika. Nasprotno bi lahko bila posledica visoki

stroški obratovanja in vzdrževanja, velika onesnaženost okolja, pomanjkanje in ohranjanje virov energije, nenazadnje tudi velika nevarnost pri delu. Varstvo okolja vključuje vse ukrepe za zaščito naravne osnove življenja, ohranjati ljudi, živali in rastline. Vsaka panoga se povečuje zaradi velikosti obratov in proizvodnih procesov.

Po ogrevanju aluminijevega droga se začne proces stiskanja, saj transportna roka prestavi zagreto okroglico v stiskalnico. Stiskalnica iztisne material skozi zagreto orodje v dolžini in obliki, ki je predvidena po delovnem nalogu. Nato sledi hitro preverjanje dimenzije in površine materiala, preden gre na natezno ravnanje. Z nateznim ravnanjem se iztisnjene palice iz aluminijeve zlitine zravnajo in približajo predvideni dimenziji na delovnem nalogu. Po nateznem ravnanju sledi ponovno preverjanje dimenzije in površine, nato pa se preko transportnih trakov palice prestavijo na rezo linijo, kjer se odrežejo na predvideno mero. Po pregledu palic se le-te ustrezno spakirajo ali pa se jih s pomočjo transportnih palet prestavi na naslednjo operacijo. Pri vseh korakih delovnega procesa je potrebno natančno upoštevanje navodil za delo in podatkov iz delovnega naloga. Samo tako lahko iz procesa dobimo kakovosten izdelek za nadaljnjo obdelavo pri kupcu. Upoštevanje kakovostnih zahtev in dodajanje izboljšav predstavlja obveznost do kupca. Izdelki, ki se izdelujejo v podjetju Impol PCP, se v veliki večini uporabljajo v kovaštvu, avtomobilski industriji, gradbeništvu, strojogradnji, pohištveni industriji, farmaciji in nenazadnje tudi v letalski industriji. Zaradi tega je zelo pomembna visoka kakovost izdelkov. Potrebno se je prepričati o pravilnosti tehnoloških parametrov. V nadaljevanju bom prikazal tudi, kako sama neustreznost površine in materiala vpliva na končni izdelek, ki ga izdelata kupec. Glavni namen ob zmanjševanju stroškov je tudi zmanjševanje reklamacij. Zaradi tega lahko podjetje ostane konkurenčno na trgu. Iskanje in odpravljanje napak sta ključnega pomena. Dobro moramo poznati celoten delovni proces, da lažje ugotovimo, kje in zakaj prihaja do napak. Poznavanje in določanje tehnoloških parametrov je nujno za kvaliteten izdelek, prav tako je potrebno tudi samo vzorčenje materiala. Ob pravilnem vzorčenju in seveda tudi ob pregledu materiala lahko odkrijemo pomanjkljivosti, ki jih na ta način lahko tudi odpravimo. Analiza mikrostrukture materiala je zelo pomembna, saj nam prikaže strukturo materiala na mikroskopski ravni. S takšno analizo se prepričamo v kakovost strukture materiala in jo lahko skozi čas tudi sami izboljšujemo. Z nenehnim izboljševanjem kvalitete materiala lahko zadostujemo potrebam kupcev in hkrati dodajamo vrednost proizvodnim izdelkom.



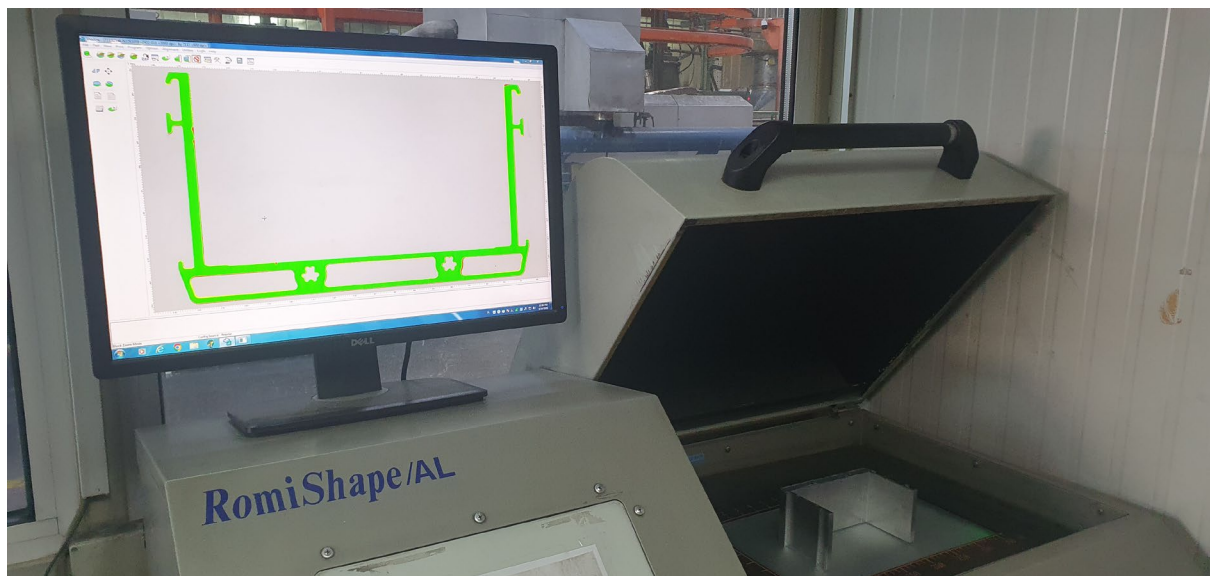
Slika 5: Stiskalnica 28 MN.

Vir: (Impol, 2022)

2.3 Orodjarstvo

Orodjarstvo je dejavnost, ki je zelo pomembna za hiter razvoj proizvodnega procesa z osvajanjem novih proizvodov z organizacijskimi ukrepi, kjer se prevzema velika odgovornost za specifikacijo izdelka. Z novimi tehnologijami orodjarstvo mora slediti zahtevam na trgu in zahtevnim kupcem.

Je oblika dejavnosti z visokim deležem vloženega znanja in izkušenj v izdelke, kot so 3D konstrukcijski programi Solid, Catia, itd., obenem pa obstajajo na trgu tudi komercialni programi za simulacijo ekstruzije. Pri orodjarstvu namreč ne obstaja strog proces razvoja izdelkov, saj navadno razvijajo posamezne izdelke za že znane kupce, s katerimi se lahko sproti pogovarjajo za lastnosti in spremembe. Pri konstruiranju orodij mora konstrukcija orodja zadovoljiti določene specifičnosti in natančnost z naprej določeno tolerantnostjo, ki se je ne sme prekoračiti. V procesu iztiskovanja se v primeru netolerantnega profila izvajajo različni prijemi korigiranja, npr. žična erozija, potopna erozija, rezkanje, varjenje, brušenje itd., tako da z večkratnim testiranjem iztiskovanja orodjar z orodjem osvoji ustrezno tolerantnost.



Slika 6: Prikaz skeniranja profila.

Vir: Lasten, 2022

Skeniranje je primerjava mer iztiskanega profila napram teoretični podlagi idealnega profila za prikaz morebitnih odstopanj.

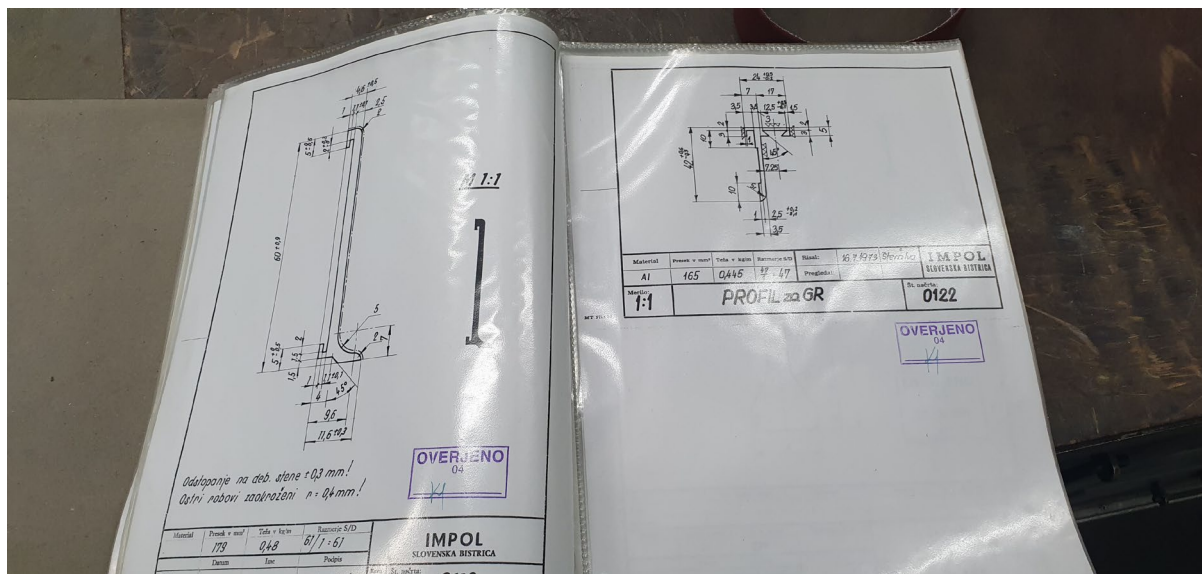
Zaradi tega se je pomembno sklicevati na tolerančna območja od samega začetka izdelave orodja, kot tudi končnega iztiskanca z večkratnim kontroliranjem in skeniranjem med potekom procesa iztiskovanja preden izdelek doseže kupca.

Vsak izdelek spremlja delovni nalog s potrebnimi informacijami kot tehnološki pripomoček.

Sledljivost in informacije so zapisane v elektronski kartici v poslovno-informacijskem sistemu podjetja (PIS), kjer so zapisi za:

- tehnologijo orodja (za kaj se uporablja orodje);
- zgodovino orodja (kaj se je delalo na orodju);
- status orodja (kje se nahaja orodje).

S temi podatki se lahko orodjar, skladiščnik in operater luženja lažje osredotočijo na potek dela in izvajanje operacij na orodju.



Slika 7: Načrt nekomornega profila.

Vir: (Impol, 2022)

2.4 Orodja

Orodja so pri procesu stiskanja Al/zlitin ključen faktor. Cilj uporabe skozi zgodovino je olajšanje in pospešitev dela, kar pripomore k masovni proizvodnji. Konstrukcija orodij mora zadovoljiti določene specifičnosti, ki so povezane s procesom proizvodnje in s tehnologijo izdelave izdelka. Orodje mora zagotavljati tako natančnost kot tudi hitrost izdelave, kar je ključni namen proizvodnega procesa. Vsa orodja v procesu stiskanja so valjaste oblike in se razlikujejo po velikosti – dimenzijah fi 180, fi 220, fi 350, fi 457 ... Ti podatki veljajo izključno za podjetje Impol.

Ločimo:

- KOMORNA EKSTRUZIJSKA ORODJA (votli profili in cevi);
- NEKOMORNA EKSTRUZIJSKA ORODJA (polno profili in palice).



Slika 8: Komorna in nekomorna orodja za ekstruzijo.

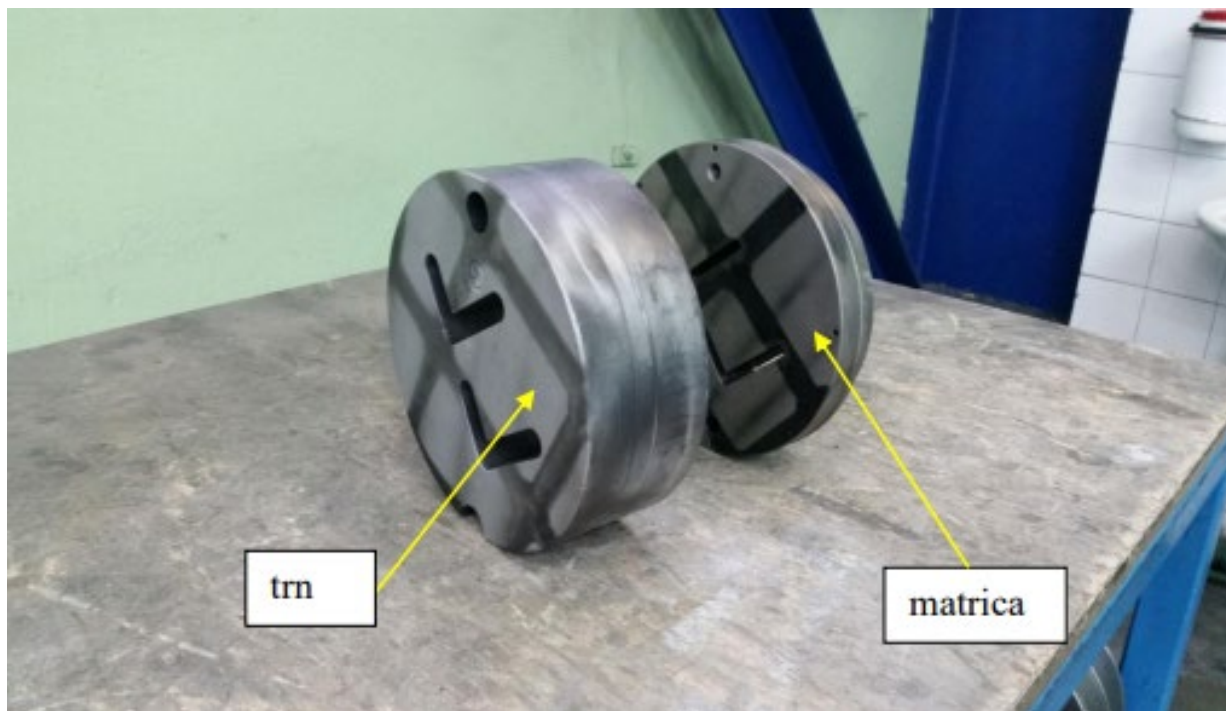
Vir: (Impol, 2022)

Omenjeni podatki veljajo za skupino Impol, drugače pa so definirani na obseg trupa Al-zlitine. Po naročilu novih profilov palic in cevi se v skupini Impol izda nalog za izdelavo orodja pri več različnih dobaviteljih, čigar izdelovanje je primerjalno pri osvajanju tehničnih osnov profila palic in cevi. Dobavitelj pripravi potrebno dokumentacijo oziroma načrte. Prevzem le-teh se pri natančnem pregledu izvrši v orodjarni skupine Impol, nakar se opravi preizkus iz stiskanca za posvetovanje z naročnikom pri pomanjkljivostih.

V kolikor pride do odstopanja pri osvajanju profila, se izvajajo različne korekcije z dodajanjem ali odvzemanjem materiala v grobem ter z natančnim prilagajanjem po tolerancah z erozijami ali s piljenjem cilindrov na orodju.

2.5 Orodja za odprte profile

So orodja, pri katerih iztiskanec nima votlega dela. To pomeni, da ima prerez izdelka, profila ali palice polno sliko pri skeniranju različnih dimenzij. Največkrat so to okrogle palice ali standardni profili po črkah L, T, H, U ... lahko so eno- ali večžilni.



Slika 9: Klasično orodje.

Vir: Lasten, 2022

2.5.1 Klasična večdelna matrica

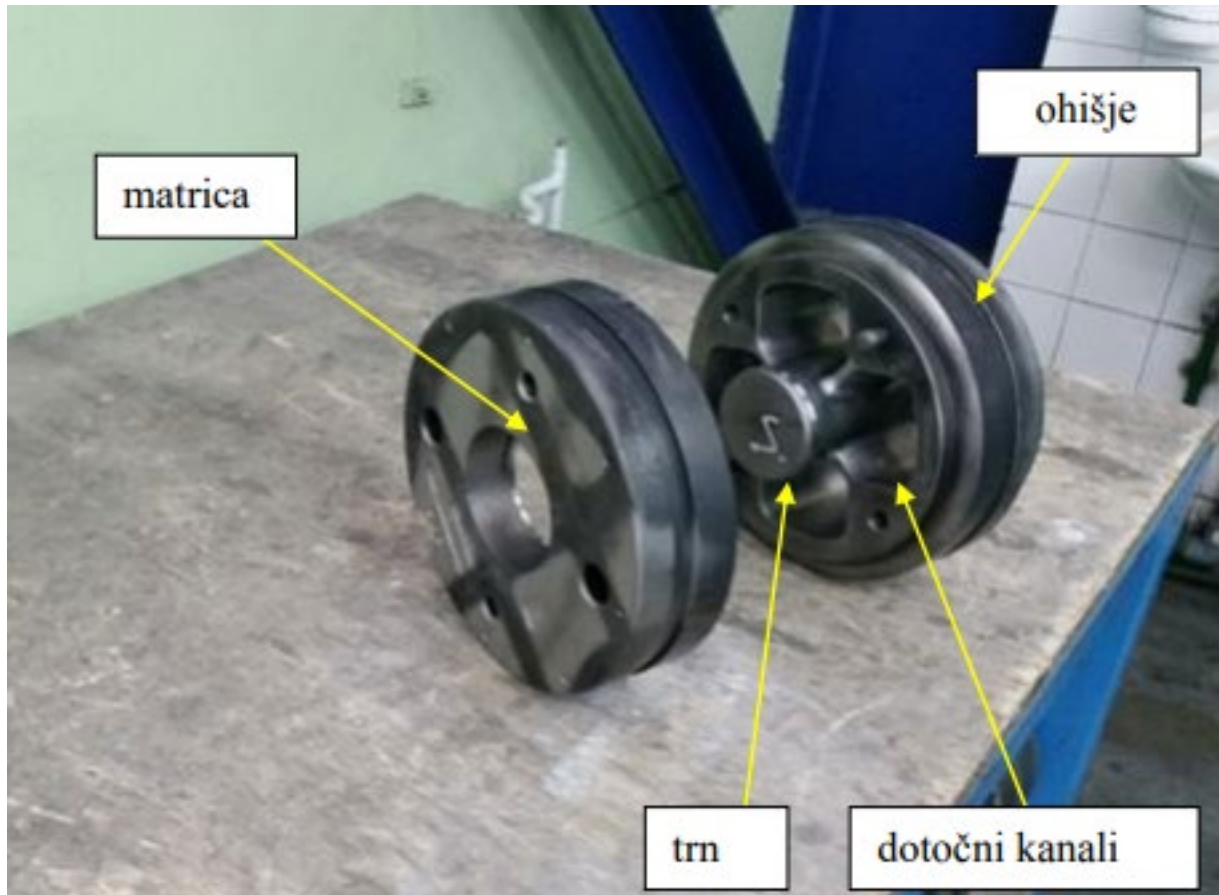
Klasične večdelne matrice so sestavljene iz treh delov orodja (predkomore, matrice in dela z odpiranjem ali distančnika), ki se uporabljajo za stiskanje izdelkov z dolgimi stenami brez spajanja ali šivov. V procesu Impol so končni izdelki polne palice ovalne in kvadrataste oblike.

2.5.2 Matrica s predkomoro

Matrice s predkomoro se uporabljajo za izdelke manjših zahtevnih oblik, ki so lahko polnega ali odprtega prereza. Glavna značilnost teh orodij je, da imajo večje število iztekov (žil), centrično razporejenih, kar omogoča izboljššan tok materiala skozi orodje. Predkomora je nameščena na matrico za pravilno usmeritev materiala in porazdelitev sil stiskanja po celotnem orodju.

2.6 Orodja za zaprte profile

So orodja, pri katerih ima iztiskanec vsaj en votel del. To pomeni, da je prerez skeniranja votel, ker je orodje sestavljeno iz trna in matrice. Največkrat so to cevi ali škatlasti standardni profili različnih dimenzij.

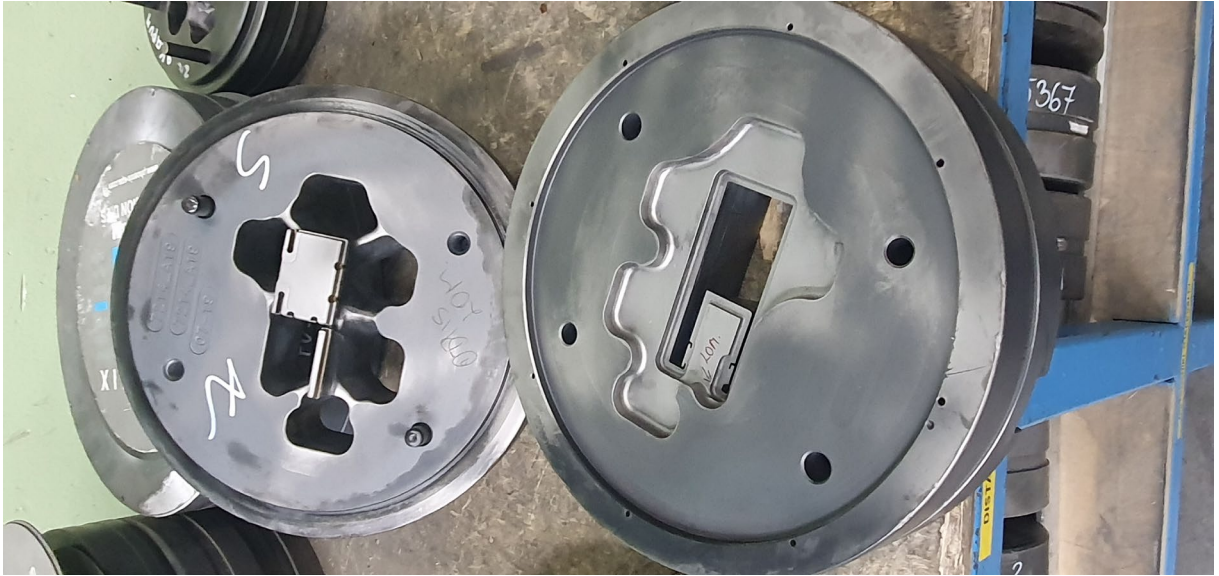


Slika 10: Komorno orodje-

Vir: Lasten, 2022

2.6.1 Komorna orodja

Komorna orodja omogočajo izdelavo profilov zahtevnih oblik z velikimi odprtinami, ki so lahko simetrične in nesimetrične oblike. Oblika orodja je namenjena izključno stiskanju zaprtih profilov, ki skozi dotočne kanale omogoča boljši pretok materiala v cono preoblikovanja. S konstrukcijo komornega orodja se posledično zaradi prehodov z deljivega trna in matrice otežuje čiščenje z lužino zaradi dostopnosti v predkomore, ki ga aluminijeva zlitina zapolni.



Slika 11: Razstavljeno komorno orodje.

Vir: Lasten, 2022

2.7 Življenjska doba orodij

Z enim orodjem lahko stisnemo od 10 do 100 ton profilov, v nekaterih primerih tudi več. To število zelo niha zaradi dejavnikov, kot so:

- dopustne tolerance iztiskanega profila;
- mehanske in termične obremenitve;
- konstrukcije orodja;
- hitrosti iztiskovanja;
- poškodbe na drsni strani profila;
- nečistoče v drogu;
- vzdrževanje orodja med obdelavo;
- mehanske in toplotne obdelave orodij;
- mikrostrukture nitridirane plasti na orodju.

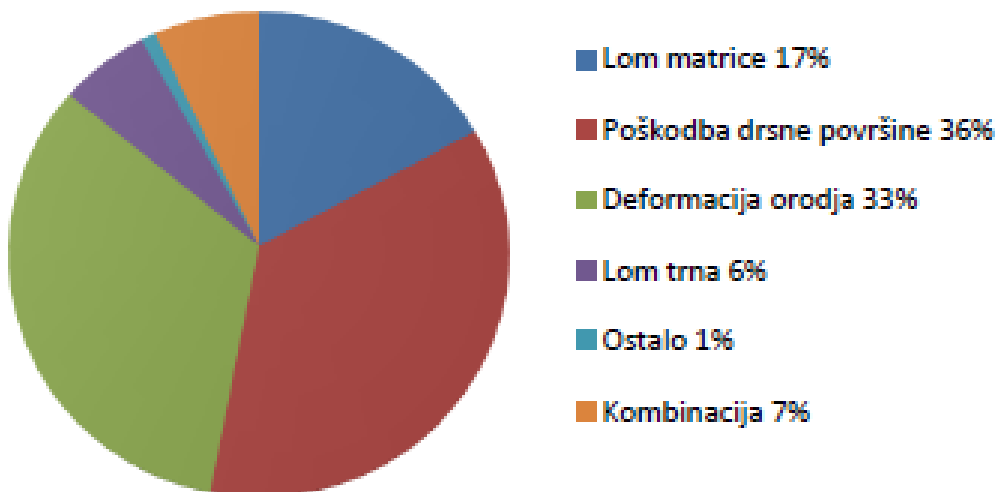
Vzroki za izpad orodja so lahko lom matrice, trnov, razne deformacije in poškodbe drsnih površin, kar je skoraj najpogostejši vzrok. (Lasten, 2022)



Slika 12: Prikaz poškodovanega trna orodja za odpis.

Vir: Lasten, 2022

Za dolgo življenjsko dobo orodja je pomembna duktilnost toplotno obdelanega jekla, da ne pride do razpok na stenah orodja, kjer se material razdeli. Prav tako mora imeti tudi čim večjo odpornost proti abraziji in adheziji (sile medsebojnega privleka različnih snovi), termičnemu in mehanskemu utrujanju ter kemično obstojnost.



Slika 13: Vrste poškodb na orodjih.

Vir: Lasten, 2022

Na Sliki 10 so prikazani vzroki in vrste poškodb, zaradi katerih orodje ni več uporabno. Vseh teh vzrokov se ne moremo znebiti, lahko pa jih zmanjšamo s pravilno pripravo orodij pred stiskanjem.

2.8 Korigiranje orodij

Ob sprejemu izdanega orodja za proces orodje teoretično ustreza karakteristikam po načrtu, kar pa ne pomeni, da v praksi profil, ki je iztisnjen v proizvodnji, ustreza zahtevanim normativom glede dimenzije ali površine profila. Izvajajo se kontrolne operacije, ki so del proizvodnega procesa na osnovi kontrole proizvoda glede kakovosti ali tolerantnosti. Zaradi tega se naknadno izvajajo korekcije z različnimi pristopi korigiranja na cilindričnih delih kot tudi dotočnih kanalih in predkomorah orodja, od koder se preko stiskanih sil gnete aluminijeva zlitina. Pomembno je, da se pristop izvaja v pravi smeri dovoljenih konstrukcijskih zmogljivosti



Slika 14: Delavnica korektorjev orodij.

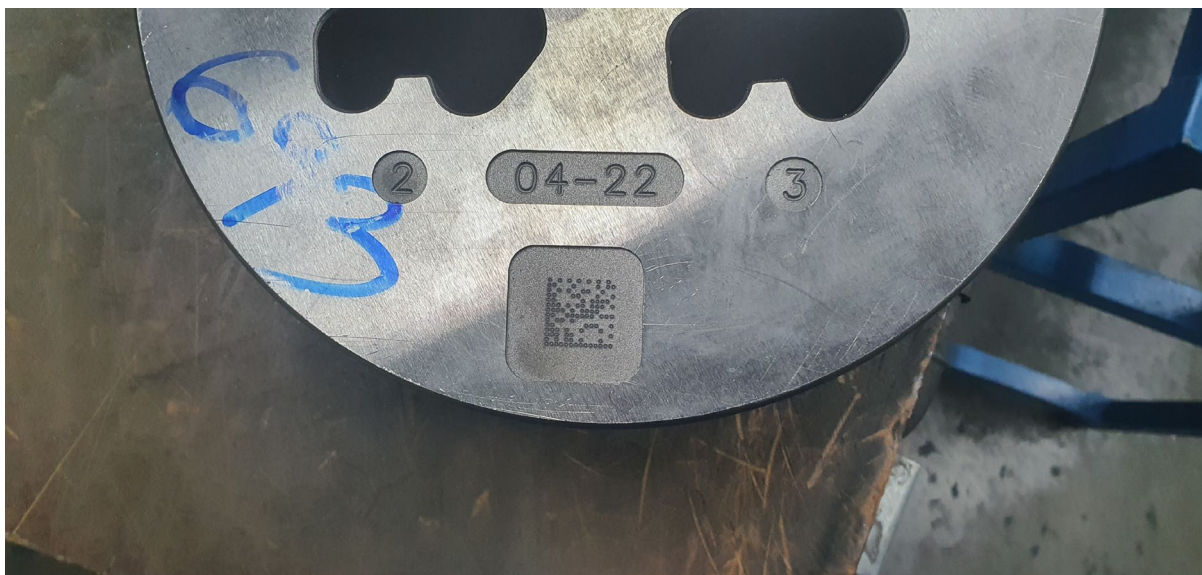
Vir: (Impol, 2022)

Orodjarji, specializirani na področju korigiranja z obdelovanjem bodisi rezkanje, piljenje, varjenje ali tudi žično in potopno erozijo, pripravijo orodje za tolerančno ustrezno izvajanje iztiskovanja in spremljajo potek ustreznosti profila. Končno poročilo se izda preko skeniranega profila (čelno odrezan profil in pokončno skeniran) po oznaki, ki se evidentira v zgodovino orodja. Odstopanja morajo biti v tolerancah.

2.9 Skladiščenje orodja

Ko je orodje-profil osvojen, se postavi v avtomatizirano skladišče, kjer pod določeno Qr kodo, ki jo ima vsako izdano orodje, počaka na naročilo kupca. Qr koda ima namen preko posebnega programa nalagati sledljivost, kje se nahaja orodje v proizvodnji ter zgodovino orodja, kaj se je vse izvajalo na orodju (količina iztiskovanja in korekcija).

QR – kratica za angleški besedi »Quick Response« hiter odziv.



Slika 15: QR koda orodja.

Vir: (Impol, 2022)

Po naročilu količine kupca se izda nalog za pripravo orodja po profilu, cevi ali palici, čigar pripravljavec iz skladišča dostavi orodje do stiskalnice po dimenziji in preseku iztiskanca.

Regalno shranjevanje je popolnoma avtomatiziran sistem za shranjevanje orodij različnih dimenzij in mase, zasnovano za delo v zelo ozkih prehodih in na višini 15 metrov. Kot regalno shranjevanje je učinkovito optimizirana rešitev za skladiščenje. Regali so zasnovani tako, da nudijo popolno prilagodljivost, od nosilnosti in višine zgradbe, do časov cikla in nadzora temperature.



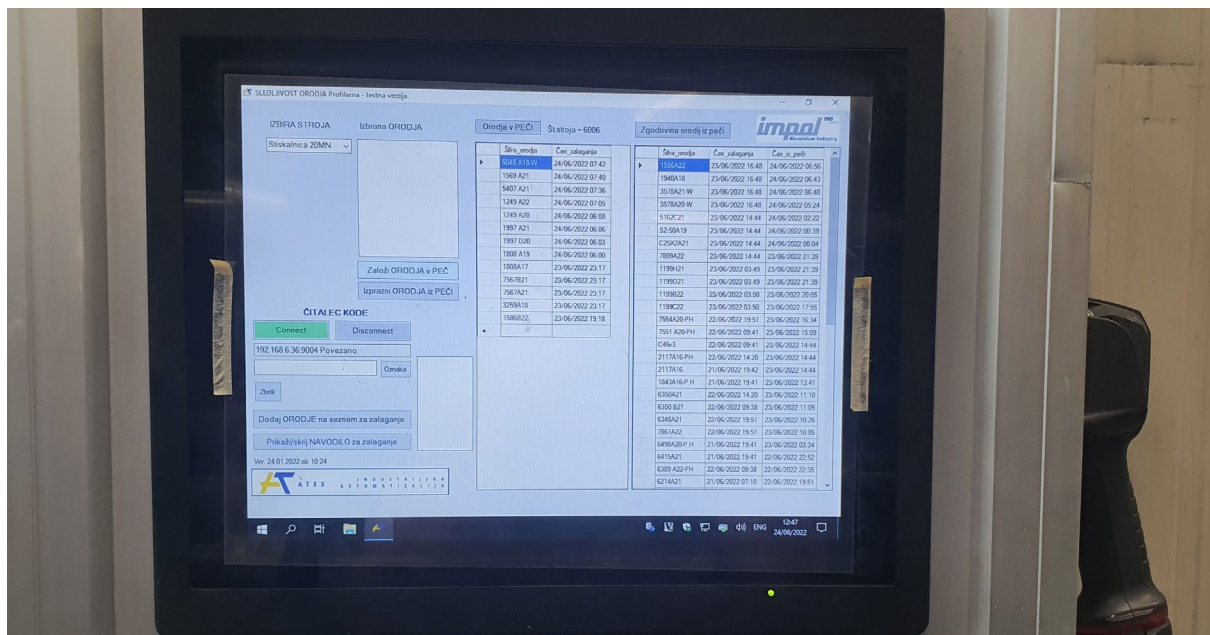
Slika 16: Avtomatizirano skladišče.

Vir: (Impol, 2022)

Prednosti regalov vključujejo:

- optimalno izrabo prostora;
- popolno avtomatiziranost, hitrost in varnost;
- tako visoko hitrost prenosa, kot zmanjšan čas pobiranja;
- natančen nadzor nad zalogo in olajšanje morebitnih napak operaterja skladišča;
- zmanjšano nevarnost poškodb in zmanjšanje stroškov podjetja glede manipulacije.

Preko QR kode se evidentiranje vodi pri kompletiranju orodij v konuse in zalaganju v peči na delovno temperaturo, kar omogoča hitrejši pristop in vpogled preko računalniškega sistema za stiskalca.



Slika 17: Čitalec kode.

Vir: (Lasten, 2022)

3 MATERIAL ZA ORODJE

Pri vrednotenju materiala za orodje je uporabnost ocenjena po pravi kombinaciji fizikalnih lastnosti.

Kakovost materiala orodja se izbira glede na obremenjenost. Ker so orodja obremenjena z velikimi silami in visokimi temperaturami med procesom, se za orodja mora izbirati primerna kakovost materiala. Za bolj obremenjena in predvsem vsa delovna orodja 1.234 ali 1.244, za manj obremenjene dele in podporne elemente pa 1.2714 ali 1.2738.

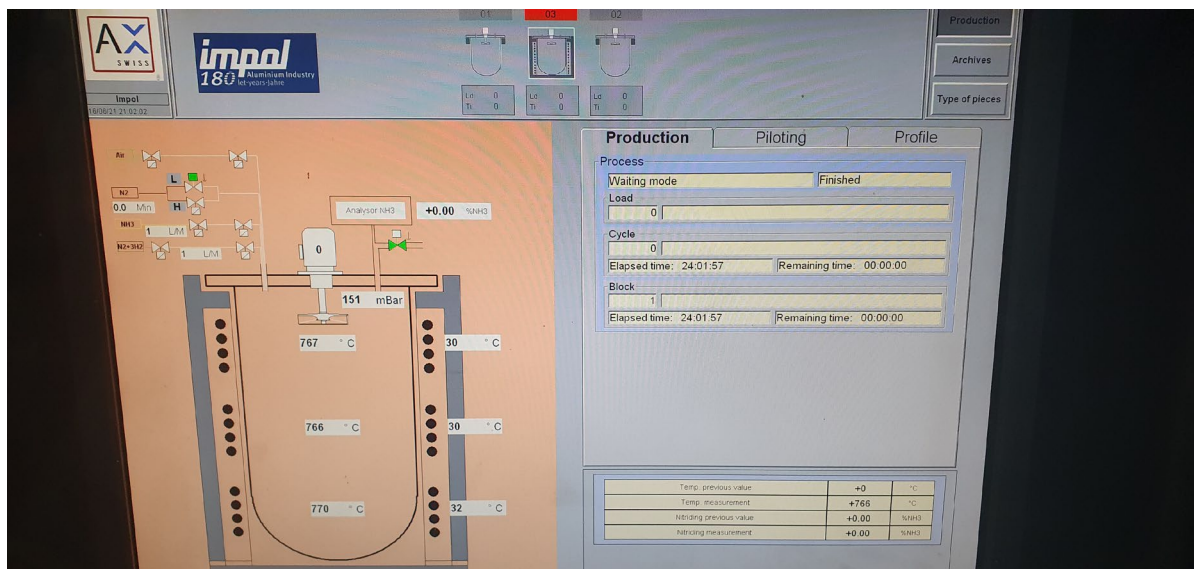
Pri bolj zahtevnih konstrukcijah se lahko uporabljajo boljši materiali, kot so komercialna imena različnih livarn, npr. Utopmo4, Utop mo6 in Utopmo7, ki so bolj visokega cenovnega razreda in težje dobavljivi. Trni so običajno iz orodnega jekla 1.2343, ki je bolj žilav, ojačevalci in druge podpore (klade in nosilci orodij) pa iz 1.2714. Lastnosti jekla 1.2343 oz. Utopmo1 ima zelo dobro prekaljenost, kombinacije žilavosti, trdote in odpornosti, kot so obrabe v vročem. Površina orodja je lahko izpostavljena cikličnim temperaturnim nihanjem in mehanskim obremenitvam.

Lastnosti jekla 1.2344 oz. Utopmo2 so, da ima dobro propuščano obstojnost ter ohrani trdoto in trdnost. Pri povišanih temperaturah ohranja odpornost in toplotno utrujenost, erozijo in obrabo, kakor tudi duktilnost in kaljivost (ohlajanje na zraku).

Orodje je med uporabo obremenjeno z velikim termičnim stresom in mehansko obrabo, zaradi česar ga je pred uporabo potrebno čim bolj pripraviti na velike obremenitve. Zato je orodje termično obdelano, da lahko zagotovimo daljšo življenjsko dobo. Če tega postopka ne bi izvedli, bi se na orodju pojavila različna dimenzijska odstopanja končnega izdelka. Napake se ne bi pojavljale samo na izdelku, temveč tudi na orodju, kjer bi se zaradi prevelikih odstopanj temperatur pojavile razpoke oziroma bi prišlo do zloma orodja. Po končanem stiskanju je potrebno orodje počasi in enakomerno ohladiti na sobno temperaturo.

3.1 Nitridiranje orodij

Da bi se dosegla ustrezna obstojnost orodij in ustrezno povečala življenjska doba, lahko orodja površinsko utrdimo z dodatno toplotno obdelavo. Trenutno je v komercialnih ekstruzijskih procesih večinoma prisotno nitridiranje.

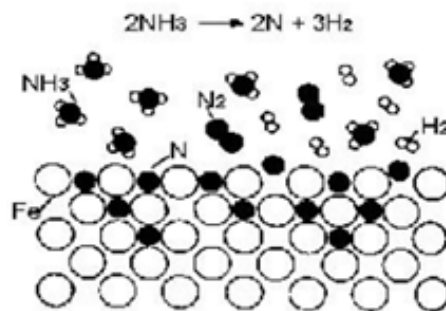


Slika 18: Programsko vodeno nitridiranje.

Vir: (Impol, 2022)

Nitridiramo jekla, ki so sestavljena iz kroma, aluminija in molibdena, pri čemer skupek teh elementov tvori nitride.

Tako se tudi v skupini Impol uporablja amonijak, kateremu sledita zrak in plinska mešanica NH_3 in N_2+3H_2 , ki površinsko obogati orodno jeklo z dušikom. Tako dobimo trdnostno obogateno orodje, pri čemer moramo biti pazljivi, da ne presegamo prepogostega nanašanja, ker lahko oslabi žilavost in neopornost. Po nitridiranju nastane na orodju zelo trda nad 1000 HV spojinska plast, debeline nekaj μm , pod njo pa se nahaja difuzijska plast debeline približno 100 μm .



Slika 19 Shema nitriranja

Vir: (Javernik, Finalizacija preoblikovalnih orodij za istosmerno iztiskavanje Al-zlitin, 2014)

Površina nitridiranega orodja je odporna proti koroziji na zraku in vodni pari ter omogoča boljšo obstojnost drsne površine pri trenju. Nitridiranje predstavlja toplotno kemično obdelavo, pri kateri pride do spremembe kemične sestave na površino orodja pri temperaturi 500–550° Celzija, ko amonijak razpade. Takrat se tvori atomarni dušik, na koncu difuzijskih procesov dovede do izločanja nitridov in tako nastane trda plast, ki povečuje površinsko obstojnost.



Slika 20: Pokončna nitrirna peč.

Vir: (Impol, 2022)

3.2 Uporaba orodij v proizvodnji

Pri stiskalništvu se material preoblikuje s pomočjo delovnega stroja, stiskalnice, ki s svojo silo skozi predvideno orodje ali matrico iztiskuje material.

Z izdanim nalogom orodje potuje iz avtomatiziranega skladišča v proizvodnjo na različne tipe stiskalnic, ki se ločujejo po pritisknih silah tlaka v hidravličnem sistemu, premeru recipienta, premeru in dolžini bloka ter zmogljivosti, koliko ton materiala je v določenem času mogoče iztisniti.

Primer: orodje po preseku nad 1000 mm² primerneга hlajenja z zrakom, vodno prho ali direktno na orodje. Hlajenju z dušikom ustreza stiskalnica s potisno silo 28 MN.

Tlak v hidravličnem sistemu je 305 barov.

Premer recipienta je 236 mm.

Čas menjave okroglice je 15 s.

Največja dolžina bloka je 1200 mm.

Zmogljivost je 24 T/uro.

Proces iztiskovanja v proizvodnji poteka po naslednjem zaporedju:

- priprava drogov zahtevane zlitine (npr. AC 10);
- segrevanje orodij v elektrovakumskih pečeh;
- segrevanje stiskalne plošče in recipienta;
- segrevanje drogov v plinski peči;
- iztiskovanje surovcev;
- hlajenje in kaljenje iztisnjenih profilov;
- ravnanje profilov z ravnalnim strojem (rezkanje);
- rezanje profilov na zahtevano dolžino;
- umetno staranje profilov, odvisno od zahtevane mehanske lastnosti;
- končna kontrola in pakiranje.

Vsi parametri so pridobljeni s strani tehnologije, zapisani so v poslovno-informacijskem sistemu podjetja.

3.3 *Materiali aluminijevih zlitin*

Najboljše mehanske lastnosti aluminijevih zlitin so dosežene, če se aluminiju dodajajo baker, magnezij, nikelj in silicij. Za proces gnetenja, ekstrudiranja, vlečenja in kovanja so zlitine legirane predvsem z magnezijem in bakrom. Magnezij ob ustrezni obdelavi povečuje trdnost in odpornost proti koroziji, sočasno pa zmanjšuje livnost, električno prevodnost ter preoblikovalnost. Baker zmanjšuje odpornost proti koroziji in povečuje trdnost zlitine, silicij pa omogoča boljšo livnost materiala.

Materiali aluminijevih zlitin, ki se uporabljajo v proizvodnji, imajo različne vplive na dodatno obremenitev iztiskancev, kar časovno tudi vpliva na obstojnost orodja. Glede na obstoječi standard za aluminijeve zlitine EN573-3:2019(E) imamo v skupini Impol interno nomenklaturu zlitin, ki jo optimiziramo glede na kupčeve zahteve po mehanskih lastnostih in kemični sestavi materiala po uporabnosti v različnih branžah. Največkrat se uporabljajo zlitine z internim nazivom AC 10, ki se tolerira na standard EN AW-6060, AC 11, ki se tolerira na standard

EN AW-6063, in AC 21 s tolerančnim območjem standarda EN AW-6005, kot je razvidno v razpredelnici.



Slika 21: Aluminijeve drogi.

Vir: Lasten, 2022

V skupini Impol je livarna, ki družbo oskrbuje s surovino vzporedno s podjetjem Talum iz Kidričevega. Surovina za iztiskanje je v obliki drogov, ki se ločujejo po obsegu, odvisno od moči stiskalnic standardne dolžine 7 m.

Tabela 1 Aluminijeve zlitine po standardu EN 573-3:2019

EN 573-3:2019 (E)

BS EN 573-3:2019

Table 6 — Aluminium alloys — 6 000 series — Al MgSi

Alloy designation		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Remarks	Others ^a		Aluminium
Numerical	Chemical symbols													Each	Total	min.
EN AW-6101	EN AW-Al MgSi	0,30-0,7	0,50	0,10	0,03	0,35-0,8	0,03	-	0,10	-	-	-	0,06 B	0,03	0,10	Remainder
EN AW-6101A	EN AW-Al MgSi(A)	0,30-0,7	0,40	0,05	-	0,40-0,9	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,10	Remainder
EN AW-6101B	EN AW-Al MgSi(B)	0,30-0,6	0,10-0,10	0,05	0,05	0,35-0,6	-	-	0,10	-	-	-	-	0,03	0,10	Remainder
EN AW-6201	EN AW-Al Mg0,7Si	0,50-0,9	0,50	0,10	0,03	0,6-0,9	0,03	-	0,10	-	-	-	0,06 B	0,03	0,10	Remainder
EN AW-6401	EN AW-Al 99,9MgSi	0,35-0,7	0,04	0,05-0,20	0,03	0,35-0,7	-	-	0,04	0,01	-	-	-	0,01	-	Remainder
EN AW-6903	EN AW-Al Mg15Si0,8	0,35-1,0	0,6	0,10	0,8	0,8-1,5	0,35	-	0,20	0,10	-	-	-	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6905	EN AW-Al SiMg	0,6-0,9	0,35	0,10	0,10	0,40-0,6	0,10	-	0,10	0,10	-	-	-	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6905A	EN AW-Al SiMg(A)	0,50-0,9	0,35	0,30	0,50	0,40-0,7	0,30	-	0,20	0,10	-	-	0,12-0,50 Mn+Cr	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6905B	EN AW-Al SiMg(B)	0,45-0,8	0,30	0,10	0,10	0,40-0,8	0,10	-	0,10	0,10	-	-	-	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6106	EN AW-Al MgSiMn	0,30-0,6	0,35	0,25	0,05-0,20	0,40-0,8	0,20	-	0,10	-	-	-	-	0,05	0,10	Remainder
EN AW-6908	EN AW-Al SiMgV	0,50-0,9	0,35	0,30	0,30	0,40-0,7	0,30	-	0,20	0,10	-	0,05-0,20	-	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6110A	EN AW-Al Mg8,9Si0,9MnCu	0,7-1,1	0,50	0,30-0,8	0,30-0,9	0,7-1,1	0,05-0,25	-	0,20	-	-	-	0,20 Ti+Zr	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6911	EN AW-Al Mg0,9Si0,9Cu	0,6-1,2	1,0	0,40-0,9	0,8	0,6-1,2	0,30	0,20	1,5	0,20	-	-	-	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6912	EN AW-Al MgSiPb	0,6-1,4	0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	0,30	-	0,10	0,20	-	-	0,7 Bt; 0,40-2,0 Pb	0,05	0,15	Remainder

22

Copyright © 2019 European Institution
 Provided by IHS (www.ihsonline.com) under license with IHS. Unauthenticated Copy
 For reproduction or redistribution, permission is required from IHS.

Licensee: BPS, Group SC1710224, User: SIG-BDAR, UICUA
 Valid for Period: 05/2020 to 01/16/2021

Vir: (Impol, 2022)

V praksi uporabljena nazivna zlitina AC10 skupine AlMgSi je količinsko najbolj vsestransko uporabljena aluminijeva zlitina za preoblikovanje v profile, palice in cevi. V osnovi zlitino odlikujejo dobra preoblikovalnost, korozijska odpornost, trdnost in obdelovalnost z odrezovanjem pri materialih z dodatkom svinca ter bizmuta.

Tabela 2 Aluminijeve zlitine

Alloy designation		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Remarks	Others ^a		Aluminium min.
Numerical	Chemical symbols													Each	Total ^b	
EN AW-6062	EN AW-Al SiMgMn	0,7-1,3	0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	0,25	-	0,20	0,10	-	-	-	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6102	EN AW-Al SiMgZr	0,9-1,3	0,50	0,10	0,50-1,0	0,7-1,2	0,25	-	0,20	0,10	-	-	0,05-0,20Zr	0,05	0,15	Remainder
EN AW-6062A	EN AW-Al SiMgMn(A)	0,7-1,3	0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	0,25	-	0,20	0,10	-	-	*	0,05	0,15	Remainder

^a "Others" includes listed elements for which no specific limit is shown as well as unlisted metallic elements. The producer may analyse samples for trace elements not specified in the registration or specification. However, such analysis is not required and may not cover all metallic "Other" elements. Should any analysis by the producer or the purchaser establish that an "Others" element exceeds the limit of "Each" or that the aggregate of several "Others" elements exceeds the limit of "Total", the material shall be considered non-conforming.

^b The sum of those "Others" metallic elements 0,010 % or more each, expressed to the second decimal place before determining the sum.

^c 0,40-0,7 Bt; 0,40-1,2 Pb.

^d 0,20 max. Zr + Ti.

^e 0,005 max. Pb.

^f 0,40-0,7 Bt; 0,40-0,7 Pb.

Vir: (Impol, 2022)

Z recikliranjem aluminij ne izgubi svojih prvotnih lastnosti. Ima visoko notranjo materialno vrednost, zaradi česar ga je ekonomsko vredno vrniti v zanko, ki obsega ekstrakcijo kovin, uporabo in recikliranje. Za razliko od preostalih kovin lahko aluminij večkrat recikliramo, ne da bi se pri tem poslabšala njegova kvaliteta.

KONTROLNA DOKUMENTACIJA

Je zbir dokumentov za zagotavljanje in preverjanje kakovosti izdelkov (pri dobaviteljih, na procesu, pri kupcu). Kontrolira se tako, da zajema tako destinacijo postopka kot tudi merila in kriterije, priprave, tehnične zapise ter kontrolne standarde.



Slika 22: Orodna dokumentacija.

Vir: (Impol, 2022)

Informacije in sledljivost orodja so pomemben člen proizvodnega sistema, s pomočjo katerega se spremlja zgodovina opravljanja z orodjem od začetka prevzema, skladiščenja, proizvodne uporabe, luženja, orodjarskega saniranja do odpisa orodja kot dokončne neuporabe.

4 ČIŠČENJE ORODJA OZIROMA LUŽENJE

4.1 Luženje in naprava za luženje

Luženje je postopek, s katerim odstranjujemo nečistoče s kovinske površine.

Naprava je namenjena odstranjevanju aluminija z orodja po procesu iztiskovanja oprijetega aluminija na orodje s postopkom luženja. Ta postopek je pomemben, saj dejansko mehansko odstranjevanje aluminija od orodja ni mogoče ali pa bi za to bilo potrebno dolgotrajno ločevanje s strojnimi in fizičnimi posegi, kar bi bilo stroškovno, časovno in varno neopredeljivo za proces in družbo Impol. Hkrati bi puščanje polnih komornih orodij ali pa uporabljenih nekomornih orodij privedlo do težav v zvezi s površino, z izvajanjem korekcij in vzdrževalnih del na orodjih. Kompaktna sestava in zaprt način delovanja zagotavljata lahko in pregledno opravljanje ter okoljsko čisto delovanje. Po zagonu procesov so vsi obdelovalni koraki sproženi postopno drug za drugim ter programsko krmiljeni po naslednjih korakih:

- nalaganje orodja s pomočjo žerjava pokončno v košaro za luženje;



Slika 23: Sarža za proces luženja.

Vir: (Impol, 2022)

- pri zapolnitvi komore max. mase 2000 kg se sproži proces luženja;
- z dimenzioniranjem črpalke se polnjenje in praznjenje komore opravi v najkrajšem možnem času;
- funkcija senzorja polnosti je prekinitev polnjenja do približno 1100 litrov natrijeve lužine za proces in se nahaja v prvi kaskadi, da zaznamuje nivo plovca. Prav tako pri ogrevanju max. temperature 97° C in ultrazvočnem nihanju deluje kot zaščita pred suhim tekom;
- vsi plini in pare, ki nastajajo pri procesu luženja, se odvajajo s pomočjo navpičnih cevnih vodov, kateri se v določenih intervalih samodejno filtrirajo, s tem pa preprečujejo oz. zmanjšujejo nalaganje usedlin in nečistoč;
- ogrevanje v procesni komori realizira optimalno temperaturo lužine, ki je potrebna za proces od 70° C do 97° C, v kolikor je lužina najbolj aktivna;
- ultrazvočni potopni nihajnik podpira ciljno odstranjevanje aluminijastih ostankov na orodjih;
- ob zaključku procesa se začne dvojno izpiranje procesne komore s postopkom polnjenja z izpiralno tekočino iz kaskade ter čiščenje pokrova komore ostankov lužine tako, da je proces luženja končan;
- vsako pomanjkanje volumna lužine, ki je nastalo zaradi pretoka, porabe ali drugih izgub se med procesom samodejno dopolnjuje z lugom iz oskrbne cisterne z dodatnim rdečenjem vode iz kaskade. Ob tem pri mešanju nastane 25 % NaOH lug. Kaskada se nivojsko in programsko krmiljeno dopolnjuje z vodo iz vodnega omrežja.

Vsi procesi naj bi potekali popolnoma samodejno. Razširitve sistema v več delovnih kadi bi lahko omogočala modularna zasnova čistilnega sistema luženja. V skladu s tem je bil cilj uresničiti naslednje točke:

- upravljalce v nobenem trenutku ne sme priti v stik z nevarnimi mediji;
- zmanjšanje misij medijev v odpadnem zraku in na delovnem mestu (avtomatizirano prezračevanje);
- odprava potrebe po odstranitvi preostalega aluminija v orodju, ki se popolnoma raztopi – kar bi moralo podaljšati čas luženja, ki ga je potrebno bistveno zmanjšati. Posledica tega je podaljševanje obstojnosti orodja;

- sistem bi moral biti zasnovan kot zaprt sistem, v kolikor je le-to mogoče; zaprte komore so nadzorovane s sistemom za izpodrivanje plina. Hlapi se uporabljajo za kondenzacijo v komori, napolnjeno z vodo, obenem pa se odvajajo v zunanost zgradbe;
- izboljšanje energetske vrednosti;
- s tehničnimi sredstvi je mogoče tudi reševanje v ekonomičnem smislu;
- realizacija je pridobivanje dodatnega znanja v procesu inženiringa, prilagojeno zasnovi sistema čiščenja orodja;
- skozi uporabo sodobne energetske učinkovite tehnologije bi bilo v korist podjetju v skladu zmanjšanjem obratovalnih stroškov, povečane funkcionalnosti sistema in razbremenitev okolja;
- omejitev raztapljanja dragocenih ostankov na minimum (z ultrazvokom).

Pomembno: aluminij je mogoče reciklirati praktično v nedogled, ne da bi izgubil na svoji vrednosti, kar je nedvomno glavni argument za njegovo ekološko korist.



Slika 24: Komora za proces luženja.

Vir: (Impol, 2022)

4.2 Teoretične osnove delovanja luženja

Običajno v normalnih okoliščinah aluminij ne reagira z vodo, ker je zaščiten s plastjo aluminijevega oksida. Z dodajanjem kavstične sode Na OH se preprečuje zaščita plasti, ker reagira na ione OH, ki tvorijo topen kompleks aluminat. Istočasno poteka reakcija aluminijev AL in H₂. Iz tega sledi, da amfoterni aluminijev hidroksid AL (OH)₃ s tvorbo aluminat

(AL(OH) – 4) pride do popolnega raztapljanja. Modularna reakcijska entropija ni nepomembno odvisna od količine Na OH in količine vode. To pomeni, če je pri doziranju preveč vode, se modularna entalpija hidratacije zmanjša. Tik pred nasičenostjo reakcije raztapljanja postane reakcija endotermna, kar pa je razlog, zakaj topnost Na OH narašča s temperaturo. Za merjenje koncentracije snovi je potrebno proučiti dva dejavnika, in sicer:

- znana mora biti prevodnost snovi, ki jo je potrebno določiti;
- znana mora biti prevodnost topila.

Če je snov, ki jo je potrebno določiti, nabita (torej nima prevodnosti), kajti vsaka vodna raztopina soli ali baze ima specifično prevodnost kot tudi kavstična soda NaOH. Z naraščajočo koncentracijo se prevodnost linearno povečuje (ki pa je za vsako snov različna). Na tej bazi deluje z dovajanjem ultrazvoka. Tukaj se električna prevodnost zmanjšuje in sproži koncentracijo izhlapevanja ter kopičenje raztopljenega aluminija. Razlika med prevodnostjo H⁺ in OH⁻. Pretok hlapov je zmanjšan na varen minimum s pomočjo programa za odvajanje preko ventilacijskega sistema. V skladu z Uredbo o tlačnih posodah se v sistemu lahko izognemo morebitnim eksplozijam zaradi procesnih nadtlakov, koder se odvaja z izpodirvanjem plinov kot izpušni zrak. Dodaten varnostni sistem je omogočen preko senzorjev v posodi, ki spremlja kapljevino, ter primeru puščanja avtomatsko sproži alarm.

Večina ionskih kristalov se v vodi raztaplja. To pomeni, da se trdna kristalna struktura raztopi v posamezne ione, ki se pod vplivom električnega toka premikajo po raztopini. Je proces, v katerem trdne ionske spojine razpadejo (se raztopijo) na posamezne ione (McKetta, 1994).

NATRIJEVA LUŽINA – trgovsko ime 48–50 %

Kemijska formula NaOH+H₂O

Oblikaviskozna tekočina

Barvabrezbarvna do rahlo siva

Vonj brez vonja

Gostota1,48-1,53 g/cm³

Vrednost pHmočno alkalen

Vrelišče137–146° C

Tališče6–12° C

Nevarnostjedko

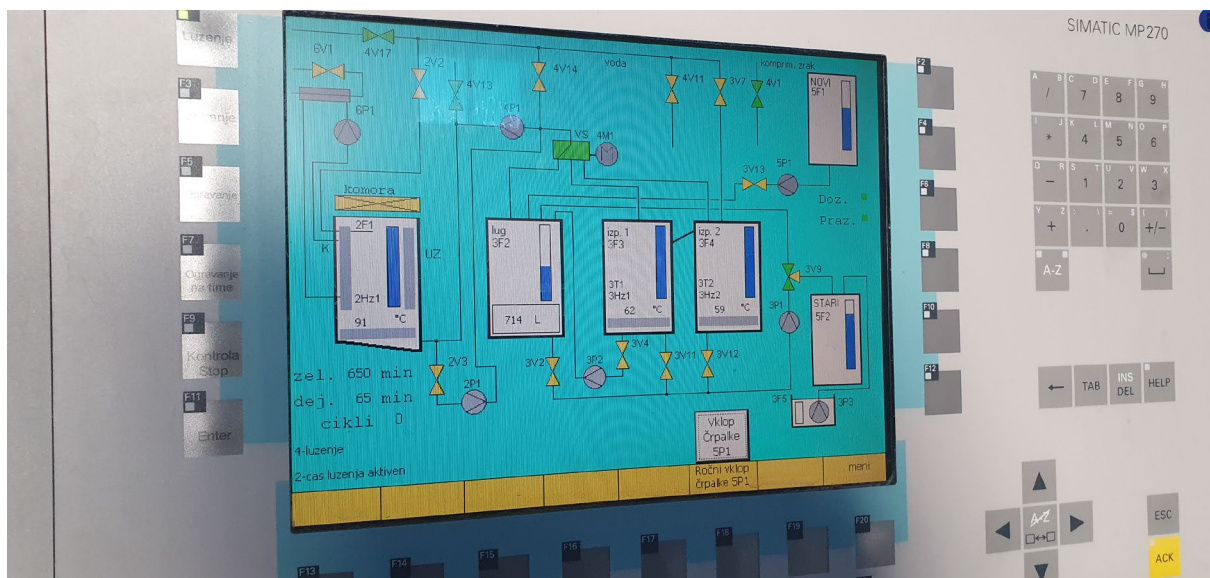
Drugi podatki: je negorljiva, vendar obstaja možnost eksplozije pokalnega plina. V tem primeru je potrebno odstraniti vire vžiga, lužino pa razredčiti z vodo.

4.3 Postopek čiščenja z natrijevo lužino

Po uporabi komornih in nekomornih orodij v proizvodnem procesu ekstruzije, kjer na orodju ostajajo ostanki aluminija, je le-te potrebno ustrezno odstraniti, da je orodje mogoče ponovno uporabiti, brez poškodb in deformacij. Postopek se izpelje tako, da se orodje postavi v vroč procesni lug in tam ostane dokler jedro orodja ni osvobojeno aluminija. Na splošno postopek čiščenja poteka s tako imenovanim razmaščevanjem s pomočjo vroče kavstične sode Na Oh, kjer se aluminij skoraj v celoti raztopi. Slednjega je mogoče kot ostanek reciklirati in s posebnim postopkom filtriranja omogočiti, da se ločuje gostota aluminija, vezana na sodo, kar je seveda drag postopek. V postopku luženja je mogoče vplivati na čas z različnimi posegi oziroma parametri procesa. Le-ti so:

- hitrejša dovajanje temperature, kar pospešuje proces;
- višja koncentracija kavstične snovi;
- ločevanje velikosti ekstruzijskih orodij glede na kapaciteto;
- ločevanje tipov ekstruzijskih orodij (nekomornih, komornih). (Impol, 2022)

Ko je dosežena raven napolnjenosti posode za proces, se prične postopek čiščenja. Zaradi različnih temperatur orodij nastane nihanje temperature, za kar so aktivirani temperaturni senzorji, ki med programom aktivirajo mešanje lužine za doseganje objektivne vrednosti procesa.



Slika 25: Programsko voden proces luženja.

Vir: (Impol, 2022)

Po preteku izbranega časa čiščenja z NaOH se kavstična soda evakuira iz procesne komore v zalogovnik. Naslednji korak je prvo izpiranje, ki orodje ohlaja iz reakcijske temperature 95° C.



Slika 26: Regulacijski sistem za pretakanje in izpiranje lužine.

Vir: (Impol, 2022)

Zadnji korak je drugo izpiranje, katero v večini orodje očisti ostankov aluminijeve kavstične sode in po katerem so orodja pripravljena za razstavljanje ter za dodaten proces čiščenja s peskalnikom.



Slika 27: Komorni sistem čiščenja aluminijevih zlitin z natrijevim hidroksidom.

Vir: (Impol, 2022)

Kot je razvidno na Sliki 24 (glede oznak in piktogramov), mora biti operater seznanjen z vsemi navodili za varno in zdravo upravljanje v procesu.

Rezultati čiščenja so odvisni od izbranih sistemskih parametrov v uravnoteženem ekološkem in ekonomskem ravnovesju. Z logično nastavitvijo razpoložljivih spremenljivk za ta sistem je nastavljeno zaporedje procesa, ki izhaja iz upoštevanja kemičnih in fizikalnih razmerij. Ko se temperatura raztopine za pranje ali čiščenje orodja poveča, se v sorazmerju poveča tudi hitrost čiščenja v časovnem intervalu, niža pa viskoznost NaOH. Pri 25–30 % NaOH vemo, da večja kot je hitrost reakcije, več je tudi izhlapevanja vode; pri tem nastanejo večje emisije iz zajetih aerosolov, posledično tudi več usedlin. Manjša kot je temperatura, slabša je reakcija, večja je viskoznost, pri tem pa znatno več usedlin na dnu komore, manj izhlapevanja vode ter posledično manj imisij iz zajetih aerosolov. (McKetta, 1994)

KONCENTRACIJA KAVSTIČNE SODE NaOH

Preizkusi so pokazali, da v procesu luženja glede na reakcijo prilagajamo koncentracijo NaOH za uporabo nekje med 25–35 % (to je 250–350g/l). Pri večji doziranosti se je pokazalo, da se temperature zaradi močne reakcije povečujejo, kar posledično ne postavi funkcionalnosti v aktivnosti in času, temveč strošek porabe in povečanje gostote koncentracije.

4.4 Gostota kot funkcija koncentracije in temperature NaOH

Reakcija NaOH in aluminija zmanjšuje koncentracijo kavstične sode z delovanjem sistema pri temperaturi okoli 80° C, posledično izgube vode. Testi so pokazali, da višja delovna temperatura pozitivno vpliva na hitrost čiščenja. Vsekakor pa delovna temperatura ne sme presegati 100° C, sicer bi nastale izgube zaradi izhlapevanja. Posledično bi se povečala gostota mulja in nečistoč, kar bi pripeljalo do motenj procesa. Delovna temperatura pozitivno vpliva tudi na viskoznost in kopičenje usedlin, zato je pomembno izogibanje povišanju temperature nad vreliščem vode. Izognemo se tudi vplivu na okolje, kot negativen učinek v procesu. Aerosoli in vodik, ki se ustvarjata v procesu, se preko odvajalnih filtrov in ventilacije odvajata v odprto ozračje.

Ne morete usmerjati tistega, česar ne morete izmeriti (Peter Drucker, ameriški ekonomist).

4.5 Meritve

Iz vsega omenjenega v prejšnjih poglavjih izhaja, da se vsi procesni parametri morajo izmeriti ter dokumentirati. To je potrebno dosledno tudi izvajati. Vse merilne točke morajo biti zabeležene v bazi podatkov za kasnejši nadzor in vrednotenje pri optimizaciji procesa. To se v bistvu nanaša na:

- temperaturo in nivo polnjenja;
- meritve koncentracije vodika;
- gostoto in prevodnost tekočin;
- čas in strošek celotnega procesa dela;

- vrednotenje s pomočjo operaterja in laboratorijskih testov se uporablja za nadaljnji vpliv ter morebitne spremembe v procesu čiščenja;
- spremljanje posameznega ciklusa luženja (datum, sarža, format, št. nekomornih in št. komornih orodij).

S pravim pristopom se lahko izognemo kristalizaciji natrijevega aluminata, s čimer bi posledično preprečili zamašitve cevovodov, poškodb črpalk, ventilov ter ostalih komponent ob stiku.

4.6 Delovanje ultrazvoka

Kemični postopek čiščenja je v bistvu raztapljanje aluminija v kavstični posodi. Kot mehanska podpora ultrazvok proizvaja kavtacija oziroma tvorbo vodika (mehurčkov), ki nastanejo pri visokih frekvencah in so usmerjeni v tekočino. Trk mehurčkov, ki implodirajo v čistilni tekočini v nesnago, povzroči veliko trenje in impulze pritiska med nakopičenim aluminijem ter orodjem. Ta proces se imenuje kavitacija. Energijo, ki jo ustvari ultrazvočni generator (frekvenčno območje nad 20 kHz), oscilator pretvori v mehansko energijo.

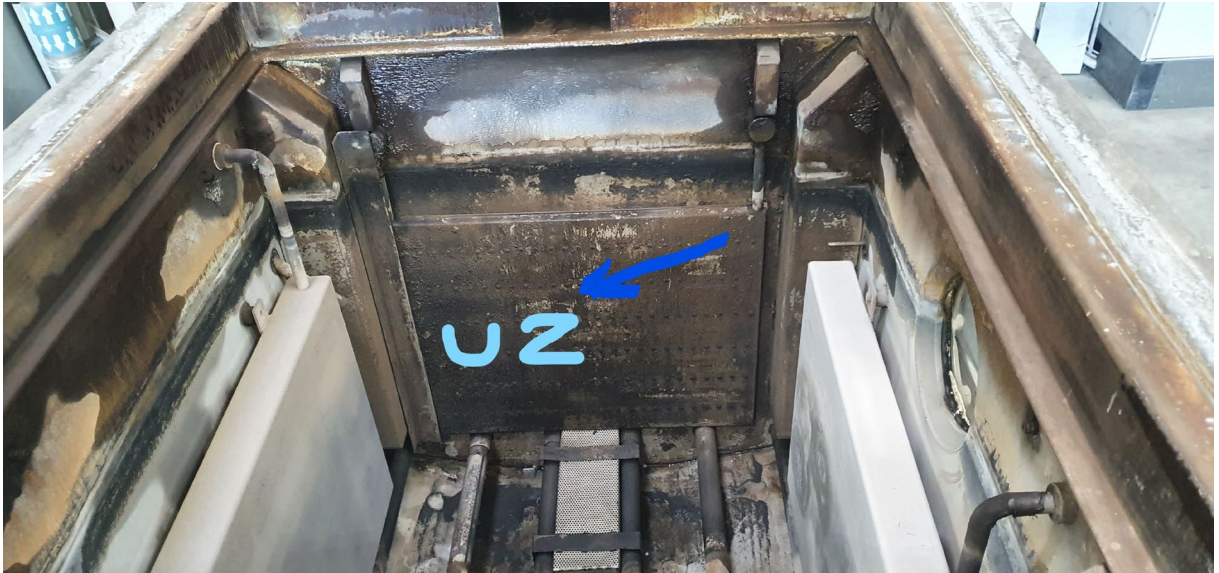


Slika 28: Enota za ultrazvok.

Vir: (Impol, 2022)

Mehurčki prodirajo v vse manjše vdolbine tako, da v celoti namensko deluje kot pospeševalec procesa. Aktivacija je nekje med 50 in 70° C; ko je temperatura blizu vrelišča vode, ultrazvok sam ni funkcionalen.

(Javernik, Ultrazvočni čistilci)



Slika 29: Prikaz ultrazvoka v komori za luženje.

Vir: (Impol, 2022)

Postavitev ultrazvočnih pretvornikov v procesni vsebnik in pravilna razporeditev orodja v košari povečata funkcionalnost ultrazvoka. V skladu s tem se čas čiščenja v sistemu zmanjša in izboljša se energetska vrednost.



Slika 30: Prikazano odstopanje aluminija od orodja.

Vir: Lasten, 2022

4.7 Aerosoli

So zelo zahrbtni delci, ker so tako majhni, da lahko pridejo tudi v pljučne mešičke in dolgoročno lahko povzročajo tako imenovane različne pljučne bolezni. Predstavlja delce snovi, ki lebdiijo v zraku (prah, dim, meglica), in so oblika razpršenosti kot onesnaženost.

Nastajajo:

- pri kondenzacijskih procesih, ko se molekule združijo v večje delce (oblak iz kapljic);
- pri disperzijskih procesih, ker se grobi material predela v finejše delce (prah, pepel).

4.8 Vodik

Reakcija in tvorba vodika nista linearni. Da bi preprečili nastanek prevelike koncentracije vodika, je potrebno dovajati svež zrak. Na mestu dovajanja koncentracijskega luga v procesni posodi pri ponavljajočih intervalih mora nastati koncentracija vedno pod 29 LEL (spodnja meja eksplozivnosti). To pomeni, da je v obratu uvedena tako imenovana primarna eksplozijska zaščita pod pravilnimi pogoji delovanja. Največja nevarnost tveganja je lahko v primeru, ko se temperatura reakcije dvigne nad 97° C; v takem primeru naj bi kot zaščita

deloval temperaturni senzor za prečrpavanje iz medijev v komoro ali pa v primeru odpovedi črpalke. Pri tem je potrebno samodejno odzračevanje z raznimi loputami na procesni posodi ali pa pomožnimi ventili za dovajanje hladilne vode. Da se izognemo večji koncentraciji pokalnega plina, je dodatno speljan odvod na odprto, enako velja v primeru izpada električne energije. Na količino prisotnega vodika vpliva količina aluminija; glede na dimenzioniranost komore za luženje ustrezno v praksi obremenjujemo sistem in prilagajamo nakladalno količino.

4.9 Recikliranje kavstične sode

Obdelava in ponovna uporaba procesnega luga postaja vse bolj zanimiva za podjetja. V nekaterih primerih ima ogromen potencial za prihranke stroškov in hkrati za zaščito okolja. Pri obdelavi z lugom v industrijskih procesih je običajno mogoče ločiti motnost in delce. V nekaterih primerih je potrebno iz luga odstraniti tudi visokomolekularne snovi, da se lahko ponovno uporabi v procesu. Pri tem je potrebno izbrati ustrezne membranske filtre iz nerjavečega jekla.

Postopek se izvaja s tako imenovanim dekapiranjem, kar pomeni odstranjevanje onesnaženih, motnih delcev. Reciklirana kavstična soda se dodatno uporablja za eluksažo kot pasivizacija-zaščita površine. Obstaja tudi način nevtraliziranja z dodatki velikih količin kislin, kot ekološki pristop pridobivanja raztopljenega amorfnega aluminija za ponovno uporabo kot surovina. (Lasten, 2022)

4.10 Peskanje orodij

Razstavljeno komoro in vsa ostala klasična orodja je zaradi nečistoč po procesu luženja potrebno očistiti s peskanjem. Peskanje je postopek, pri katerem s curkom vode ali z abrazivno snovjo pod pritiskom piha skozi šobe pod tlakom, zrakom ali pritiskom pare. V naši skupini se peskalnik uporablja za čiščenje orodij, kar v nadaljnji proceduri omogoča nanašanje novih materialov. Za peskanje površin uporabljamo abrazivno snov, mešanico steklenih perl in korunda, naknadno pa se nanaša še protikorozivno sredstvo, ker se orodje spira z vodo in osuši z zrakom. Očiščeno orodje s peskanjem se odpremi v orodjarno, kjer se izvajata servisiranje in korigiranje za ponovno uporabo. (Lasten, 2022)

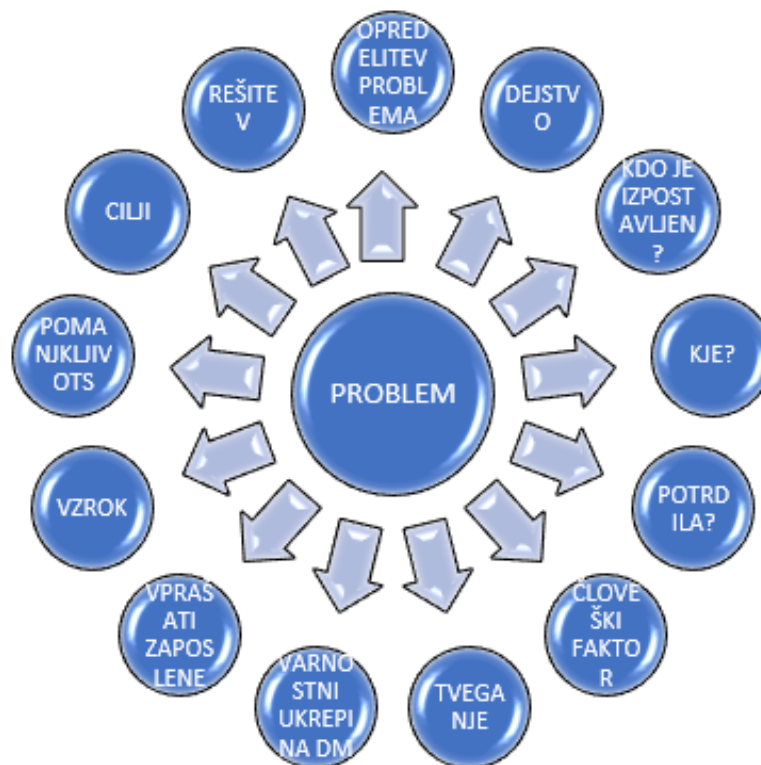


Slika 31: Peskalni stroj.

Vir: (Impol, 2022)

5 KROVNA TEMA – VARNOST

Pri vsej problematiki se pojavijo vprašanja za tveganje poškodb in kdo je izpostavljen. Zaradi tega je pomembno, da se v zvezi z upravljanjem z nevarno snovjo upravljalec sprotno izobražuje z novostmi s področja, ki jih zahteva zakonodaja.



Slika 32 Reševanje problemov

Vir: Lasten, 2022

Obvezno je potrebno izvajati predpisane linijske nadzore tudi v lužilnici, kjer se v kontrolnih listih arhivirajo morebitne neustreznosti z ocenami po tveganjih. Po vseh navodilih ne sme biti odstopanj, saj bi le-to lahko povzročilo splošno nevarnost glede okolja in varnosti upravljalcev.

Izvajalec pregleda			Proces:Tehnologija orodij		Linija: Korekcija in pralnica orodij	
Datum pregleda: 10.05.2022			Delovodja		Izmena: dop.	
Preveriti ustreznost opisanega stanja					Ocena*	Opis neskladnosti (ocena ≤ 3), opombe
SS	1	Stroji in oprema ter okolica so urejeni in čisti (ločeni odpadki, tla so čista, ni mastno, ...)	5			
	2	Transportne in prehodne poti so ustrezno označene, proste in očiščene.	4			
	3	Čistilni pripomočki (krpe, metle, smetišnice ipd.) so ustrezno pospravljeni na za to določenem mestu. Jasno so opredeljene odgovornosti za čiščenje – KDO, KJE, KDAJ, KAJ, KAKO.	5			
	4	Oglasne deske so ažurne in vsebujejo relevantne informacije za zaposlene.	5			
	5	V prostorih ni nepotrebnih stvari in odlagalna mesta so označena (material, embalaža, merila, dokumenti, orodja, pripomočki...)	5			
Varnost in zdravje pri delu	6	Delovna oprema brezhibna, označena, nameščena, odložena, krmilje delovne opreme dobro vidno. Z mesta upravljanja se vidi ali se v nevarnih nočjih nahaja kakšna oseba.	5			
	7	Na vseh strojih so nameščena ustrezno posodobljena navodila za delo, Varnost pri delu, prva pomoč.... Zaposleni jih upoštevajo.	5			
	8	Na strojih so nameščena ustrezna varnostna sredstva (ograde, opozorila, svetlobne zapore, ključavnice ...).	4	Preveri se vsebina prve pomoči		
	9	Zaščitna sredstva zaposlenih so brezhibna in zaposleni jih pravilno in vestno uporabljajo. Usklajeno z oceno tveganja.	5			
	10	Nič ne ovira dostopa do opreme VPP, izhodi v sili so označeni in prosti.	5			
	11	Pogodbeniki in drugi zunanji izvajalci del upoštevajo zahteve prepustnice (Pisni snorazum).	/	Ni zunanjih izvajalcev		
	12	Vodja dosledno opozarja zaposlene na upoštevanje navodil za varno delo in to tudi beleži. Izvaja se usposabljanje in preverjanje na DM.	4			
Kakovost	13	Zaposleni poznajo kakovostne zahteve, zapise na DN in ostalo dokumentacijo na DM. Pri svojem delu sledijo zapisanem navodilom.	5			
	14	Izvaja se prevzem procesa in kontrole po OP, KZ in KP. Izvaja se primopredaja.	5			
Ekologija	15	Zahtevane meritve in kontrole se izvajajo in zapisujejo (merilni protokoli) po frekvencah zapisanih v KZ in KP. Merila so umerjena	5			
	16	Vsa orodja, palete, embalažne enote ... so ustrezno označene z napisi.	5			
	17	Nihče ne kadi v zaprtih prostorih in na tleh ni ogorkov. Zaposleni na DM niso pod vplivom alkohola. Uporaba mobilnih telefonov.	5			
	18	Čistila, olja in druge nevarne snovi se nahajajo v ustreznih embalažah. Varnostni listi in navodila za ravnanje z okoljem so na voljo. Na voljo so sredstva (prah ...) za ukrepanje v izrednih razmerah.	5			
TPM	19	Odpadki se ločujejo, posode ustrezno označene, lovilne posode (nameščene, ustrezno vzdrževane). KAT dokumenti	4			
	20	TPM – zaposleni poznajo navodila, naloge se izvajajo in zapisujejo v obrazce. Nadrejeni in vzdrževanje izvaja nadzor nad izvedbo.	5	slika		
	21	TPM – vzdrževanje: izvedeni so dnevni pregledi, preventivni pregledi (leste, bremenska sredstva, palete... preverjajo se zapisi na strojih.	/			

Skrbnik dokumenta:

Sodelavniki dokumenta:

Lastnik dokumenta:

Slika 33: Primer kontrolnega lista linijskega nadzora v podjetju.

Vir: (Impol, 2022)

4.11 Ravnanje z nevarno snovjo in skladiščenje

Operater z nevarno snovjo mora biti ustrezno seznanjen tako z ravnanjem kot tudi s skladiščenjem lužine. Posoda mora biti posebej atestirana, ne sme pa biti aluminijasta, pocinkana, bakrena ali medeninasta. Priporočena skladiščna temperatura je nad 20° C ; če se lužina pri skladiščenju strdi, jo je pred uporabo potrebno segreti.



Slika 34: Atestirana posoda za uporabljeno lužino.

Vir: (Impol, 2022)



Slika 35: Atestirana posoda za 48–50 % lužino.

Vir: (Impol, 2022)

4.12 Varnostni list

Varnostni ukrepi za zaščito oseb in okolja so navedeni v tako imenovanem VARNOSTNEM LISTU, ki ga predloži dobavitelj, kjer navaja v nadaljevanju predstavljene podatke.

- IDENTIFIKACIJO SNOVI/PRIPRAVKA

Trgovsko ime, podatki o podjetju. Natrijev hidroksid NaOH (kroglice, luske, mikrogranule) se uporablja kot reagent v analitskih laboratorijih, sredstvo za uravnavanje pH, za regeneracijo ionskih izmenjevalnih smol, katalizator, sredstvo za jedkanje in kot čistilno sredstvo.

- SESTAVO S PODATKI O NEVARNIH SNOVEH

Kemijsko ime, kemijska formula, nevarnost, R stavki, S stavki ... in spada pod opozorilno besedo – NEVARNO!

Simbol C pomeni jedko. Povzroča hude opekline, zato je pri delu z NaOH obvezno potrebno uporabljati zaščitno opremo.

- UGOTOVITVE O NEVARNIH LASTNOSTIH

Opis nevarnosti/posebna navodila glede nevarnosti za človeka in okolje po EC kriterijih: večja količina NaOH, ki nevtralizira v okolje v koncentraciji 20–100 mg/l, lahko povzroči zvišanje pH, kar lahko ogrozi življenje vodnih organizmov.

- UKREPI ZA PRVO POMOČ

V primeru vdihavanja (poskrbeti za dovod svežega zraka), v stiku s kožo (spirati z zadostno količino vode), v stiku z očmi (spirati z vodo 20–30 min pri odprtih očeh), v primeru zaužitja (ustrezno nudena prva pomoč brez spiranja z vodo).

- UKREPI OB POŽARU

Ustrezna sredstva za gašenje, posebna zaščitna.

- UKREPI O NEZGODNIH IZPUSTIH

Ukrepi za zaščito oseb, okolja, postopek čiščenja ob manjših ali večjih razlitjih ...

- NADZOR NAD IZPOSTAVLJENOSTJO/VARNOST ZDRAVJA PRI DELU

Osebna varovalna oprema kot zaščita (dihal, rok, oči in telesa).

- FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI
- OBSTOJNOST IN REAKTIVNOST

Pri razredčevanju moramo dajati lužino v vodo in nikoli obratno, ker pride do reakcijskega segrevanja.

- TOKSIKOLOŠKI PODATKI

Draženje in akutnost snovi. Povzroča draženje oči in kože.

- EKOTOKSIKOLOŠKI PODATKI

Raztapljanje v vodi, zato stroga previdnost pred izlitjem.

- TRANSPORTNI PODATKI

Kopenski transporti ADR/RID (Evropski sporazum o mednarodnem cestnem prevozu nevarnega blaga po cesti).

- ZAKONSKO PREDPISANI PODATKI/PODATKI O PREDPISIH

Državni predpisi:

- ZAKON O KEMIKAJIH, Ur. list RS, št. 36/99
- ZAKON O VARNOSTI IN ZDRAVJU PRI DELU (ZVZD), Ur. list RS, št. 56/99
- ZAKON O PREVOZU NEVARNEGA BLAGA (ZPND), Ur. list RS, št. 79/99



Slika 36: Prevoz natrijeve lužine

Vir: (Impol, 2022)

5 LABORATORIJSKI REZULTAT

Vsako najbolj vsakdanje opravilo dandanes zahteva uporabo preprostih, a hkrati učinkovitih izračunov in primerjav. Na osnovi le-teh se odločamo o nadaljnjih ukrepih. Na ta način že posegamo v razvoj kakovosti v našem okolju. Ker želimo meriti napredek, uporabimo določene izračune in primerjave.

Postopek spreminjanja mase po potopitvi v lug pri sobni temperaturi se izvede tako, da najprej opredelimo:

- časovne intervale (minuta);
- količino NaOH (ml);
- maso aluminijevega vzorca (g).

Pridobljena laboratorijska poročila v družbi glede nasičenosti raztopine NaOH in stanja nasičenosti so temelj za izvedbo primerjalnih aktivnosti, koliko mase Al-zlitine se raztopi na časovno enoto. S pripravljeno metodo dela smo odpipetirali 5 ml vzorca, dodali 100 ml destilirane vode, dobro premešali in dodali nekaj kapljic indikatorja fenolftaleina. Vzorec smo titrirali s HCl ($c = 0,5 \text{ mol/L}$) do preskoka barve iz vijoličaste v brezbarvno ter dobili porabo (ml) HCl. Raztopini smo dodali 5 g NaF, pri čemer se pojavi ponovno vijoličasto obarvanje. S titriranjem s HCl ($c = 0,5 \text{ mol/l}$) smo prišli do končnega preskoka v brezbarvno raztopino. Uporabljeni vzorca sta stari in novi lug NaOH (%) za določevanje prostih alkalij in aluminija.

Tabela 3 Določitev alkalij in Al v lugu ter določitev % starega in novega luga pri sobni temperaturi

DOLOČEVANJE % NaOH v mešanici starega in novega luga, prostih alkalij in aluminija						
		NaOH (%)	poraba kisline za P.A. (mL)	vsebnost P.A. (g/L)	poraba kisline za določitev Al (ml) v lugu	vsebnost Al (g/L)
STARI LUG	pred dodatkom Al	33	11,7	313,25	11,6	104,4
	po dodatku Al	/	12,4	335,91	12	108
NOVI LUG	pred dodatkom Al	30	10,4	409,23	0,5	4,5
	po dodatku Al	/	12,4	449,22	3,5	31,5
P.A.-proste alkalije						

Vir: (Impol, 2022)

Tabela 4 Spreminjanje mase

SPREMINJANJE MASE								
	t = 0	t = 30 min		t = 30 min		t = 30 min		t = 90 min
	m_1 (g)	m_2 (g)	Δm_1 (%)	m_3 (g)	Δm_2 (%)	m_4 (g)	Δm_3 (%)	Δm (%)
STARI LUG	1,5122	1,2849	15,03	1,0425	18,87	0,8443	19,01	44,17
NOVI LUG	1,4844	0,9702	34,64	0,5607	42,21	0,3116	44,43	79
$\Delta m_n = 100 - \left(\frac{m_{n+1} \cdot 100}{m_n} \right), \quad n = (1,2,3)$ $\Delta m = 100 - \left(\frac{m_4 \cdot 100}{m_1} \right)$								

Vir: (Impol, 2022)

UGOTOVITVE

Razlike med uporabljenim in novim lugom v nasičenosti prostih alkalij (g/L) so vidne iz zgornje tabele. Razvidno je, da po topljenju aluminijevega delca v časovnih intervalih na delovni temperaturi v povprečju 20–30° C vsebnost Al počasi narašča. Opredeljeno je tudi, da se vsebnost prostih alkalij v (g/L) povečuje, kakor tudi poraba kisline za določitev aluminija v lugu v sorazmerju s povečevanjem vsebnosti aluminija (g /L). Masa aluminija se glede na izbrane časovne intervale v minutah dokazano zmanjšuje napram stari in novi lužini z razliko delovanja 90 minut za 34,81 %. To bi v praksi pomenilo, da maso aluminijeve zlitine približno 1512 kg zmanjšamo z reakcijo luženja v 90 min na 844 kg, v odstotkih za 44,17 %,

pri starem lugu. Pri novem lugu pa iz mase 1484 kg v 90 min na maso aluminijeve zlitine 311 kg, v odstotkih za skupno 79 %.



Slika 37: Pridobljeni vzorci za laboratorijsko testiranje.

Vir: (Impol, 2022)

Na Sliki 33 je pri pridobljenih vzorcih vidna razlika v barvi. Ločita se še neuporabljena koncentracija natrijevega hidroksida in z aluminijevimi zlitinami nasičena že uporabljena lužina.

Kot je razvidno v tabeli, se laboratorijski proces izvaja tako, da imamo v posodi za izvedbo reakcije v ml določeno količino NaOH pri temperaturi v povprečju 80° C. Nato dodamo stehtan aluminijev vzorec v gramih in sledimo poteku reakcije, pri kateri začne hitreje naraščati tudi temperatura; kar je pri sobni temperaturi luga NaOH daljši porabljen čas.

Tabela 5 Določevanje % NaOH prostih alkalij in aluminija

DOLOČEVANJE % NaOH prostih alkalij in aluminija pri T-80°C				
		NaOH (%)	vsebnost P.A. (g/L)	vsebnost Al (g/L)
STARI LUG	Pred topljenjem	35	343,9	58,35
	Po topljenju Al delca t-30min	/	254	87,3
	Po topljenju Al delca t-60min	/	351	94,5
NOVI LUG	Pred topljenjem	57	699,83	/
	Po topljenju Al delca t-30min	/	667,83	24,3
	Po topljenju Al delca t-60min	/	659,8	29,7

Vir: (Impol, 2022)

UGOTOVITVE: S povečanjem reakcije se povečuje tudi temperatura.

Tabela 6 Spreminjanje mase Al vzorcev

SPREMINJANJE MASE Al vzorcev po potopitvi v lug pri T-80°C							
	t=0	t=30 min		t=60 min			
	m ₁ (g)	m ₂ (g)	Δm _x (%)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	Δm _y (%)	Δm (%)
STARI LUG	1,4163	0,9586	32,32	0,9586	0,6296	34,32	55,79
NOVI LUG	1,3453	0,2840	78,89	0,2840	0,0196	93,1	98,54

Vir: (Impol, 2022)

UGOTOVITVE: Delovna temperatura začetne reakcije za optimalen čas je nekje med 75–80° C. Spremljane vrednosti na časovne intervale 30 in 60 min so odčitane, tako kot pri že nasičenem NaOH z aluminijem (stari lug) vrednosti 35 %, kot svežim še neuporabljenim NaOH z vrednostjo 57 % (nerazredčenim s H₂O), brez aluminijeve nasičenosti.



Slika 38: Vzorci aluminijeve zlitine 1,4 g/kom.

Vir: (Impol, 2022)

Na začetku je reakcija precej počasna, kar lahko razložimo z dejstvom na vzorčni površini oksidne plasti kot nekakšne zaščite aluminijevih zlitin. Tako nastaja eksoterna reakcija. Več kot je aluminija v NaOH lugu, večja je viskoznost. Z dodajanjem vode bi v tem našem primeru povečali sposobnost reakcije in posledično se poviša temperatura.

Rezultat laboratorijskega testa je, da je nov lug bolj učinkovit od starega oziroma obratno. Zaradi tega dobimo odgovor na vprašanje, koliko časa dlje moramo lužiti s starim lugom, da dobimo podoben učinek masne raztopitve aluminija pri enaki količini.

Z načinom luženja, ki ga trenutno vršimo v procesu, sem ugotovil, da je pri določeni količini mase orodij, napolnjenih z aluminijem, delovne cikle potrebno ustrezno podaljševati. Pri kritični masi polnega orodja (cca 1500 kg) je potrebno v treh zaporednih ciklih zaradi nasičenosti aluminija v lužini čas prvega cikla podaljšati za 25 %, iz 8 ur na 10 ur, za drugi in tretji cikel še dodatno 20 % na 12 ur do popolne izrabljenosti lužine, v smislu optimalne izrabljenosti oziroma nasičenosti natrijeve lužine. Pri tem je navzočnost ultrazvoka v vseh ciklih dejansko pospešila proces na času za 10 do 12 %, se pravi v prvem ciklu na 7 ur, kar pa ustreza eni izmeni operaterja za sistematsko opravljanje dela v opisu delovnih opravil. Pri celotnem opravljanju čiščenja orodja imamo v procesu dve lužilni komori, kjer operater razstavlja in še ne dokončno očiščena ekstruzijska orodja prelaga z zamiki v komore ter prilagaja količino za naslednjo izmeno.

5.1 Potrditev postavljene hipoteze

- ČAS LUŽENJA SE PODALŠUJE Z VEČANJEM NASIČENOSTI ALUMINIJA V LUŽINI

Dokazano z eksperimenti glede na potrebe proizvodnje, ki se prilagaja na pomembnost do kupca, količino združenih nalogov izdelkov in izbrane surovine aluminijeve zlitine, se z izdanimi orodji za enoten izdelek iz skladišča izbere po več orodij. Zaradi tega je sarža za luženje včasih bolj ali manj napolnjena.



Slika 39: Sarža za luženje.

Vir: (Impol, 2022)

- Z OPTIMIZACIJO RAZVRŠČANJA RAZLIČNIH VELIKOSTI ORODIJ PRIDOBIMO NA ČASU CIKLA LUŽENJA

Osnova za izvedbo projekta pri razvrščanju različnih velikosti orodij je bila sestavljena tabela za vodenje evidence orodij s strani operaterja, pri čemer se je izkazalo, da v praksi sortiranje orodij v procesu na daljši rok ni mogoče. V procesu se orodja namreč izdajajo v proizvodnjo glede na surovino in povpraševanja kupcev, zato se proces čiščenja aluminija iz orodja temu prilagaja. V kolikor bi dimenzijsko orodja sortirali pred čiščenjem, bi bila potrebna dodatna manipulacija in shranjevanje orodja za saržo čiščenja, kar bi zavzemalo dodaten prostor in čas za operaterja. Pri samem postopku bi se čas skrajšal za ločene komorne manjše formate orodij

in nekomorna orodja, medtem ko bi večja komorna orodja povečala čas luženja, kar bi bilo za ciklični proces neprilagojeno.

Tabela 7 Tabela za spremljanje ciklusov luženja

SARŽA	Nastavljen	Čas luženja	Temperatura	Dosežena	Temp. pri del.	Količina luga v prip. komori (L)
Datum	od	do	na začetku	Temp. 90° C	menjavi °C	
17. 1. 2022	7.00	14.00	54	89 min	91	786

Vir: (Lasten, 2022)

Tabela 8 Formati orodja v lužilni kadi

	Št. orodja		Razstavljena orodja		Ostanek	Orodja
Format	klasično	komorno	matrice	trni	matrice	trni
Fi 180	1		1			
Fi 220	7	14	1			
Fi 290	1	13		1		
Fi 350		2				
Fi 457						

Vir: (Impol, 2022)

- Z OPTIMIZACIJO RAZVRŠČANJA ŠTEVILA RAZLIČNIH VELIKOSTI IN VRST ORODIJ VPLIVAMO NA UČINKOVITOST LUGA IN S TEM ZMANJŠAMO STROŠKE PROCESA

V postopku laboratorijskega preizkusa na masi aluminijeve zlitine, cca 1,4 g v količini 40 ml NaOH, se je ugotovilo, da je razlika v procesu razgradnje s strani nove in že uporabljene lužine glede na čas.

UGOTOVITEV: na času pridobimo le, če obnovljamo na kvaliteti novega luga, kar bi bilo za proces in podjetje dodatno stroškovno obvezujoče. Za okoli 1400 kg aluminijeve zlitine bi potrebovali 4000 L, da bi v času 1 ure prišlo do popolne razgraditve.

Tabela 9 Spreminjanje mase Al vzorcev po potopitvi v lug pri 80°C

SPREMINJANJE MASE Al vzorcev po potopitvi v lug pri T=80°C							
	t=0	t=30 min		t=60 min			
	m ₁ (g)	m ₂ (g)	Δm _x (%)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	Δm _y (%)	Δm (%)
STARI LUG	1,4163	0,9586	32,32	0,9586	0,6296	34,32	55,79
NOVI LUG	1,3453	0,2840	78,89	0,2840	0,0196	93,1	98,54

Vir: (Impol, 2022)

- S POMOČJO ULTRAZVOKA DODATNO PRIDOBIMO NA ČASU LUŽENJA

Na podlagi eksperimentov, ki smo jih izvajali med procesi luženja tako, da se je ultrazvok izmenično vključeval med procesom v intervalih na 15 min, je po navedenih podatkih prišlo na količino orodja do naslednjih rezultatov.

- orodja velikih formatov fi 290,350,457 za 10 %, to pomeni 6 min/h;
- orodja malih formatov fi 180,220 za 15 %, to pomeni 9 min/h.

REZULTAT: vključevanje ultrazvoka v proces bi bilo smiselno za podjetje, ker s tem pridobimo na času luženja. (Ta predpostavka velja zgolj tehnološko brez upoštevanja stroškov investicije in stroškov morebitnih okvar na ultrazvoku.)

5.2 Povzetek ključnih ugotovitev

- Na čas luženja močno vpliva stopnja nasičenosti luga, kar pa uporabimo pri tehnoloških nastavitvah časa čiščenja.
- Na čas luženja vplivata tudi velikost in vrsta zloženih orodij, kar pa zaradi narave planiranja dela ni možno uporabiti.
- Na čas luženja vpliva tudi uporaba ultrazvoka, ki lahko glede na ugotovitve raziskave cikel skrajša za cca 10 %; seveda je uporaba ultrazvoka stvar stroškov investicije in obratovanja napram koristi.

5.3 Zaključek oziroma ključni predlog

Glede na predviden osnovni čas cikla (npr. 8 h) pri temperaturi v povprečju 80° C in polni založenosti orodja 1.5 t, se naslednji cikel od prve ponovitve podaljša za 2 h, skupaj 10 h, naslednji cikel od prve ponovitve za 4 h, skupaj 12 h. Morebitne ponovitve izvajamo še minimalno 15 h. Ves način izvajanja čiščenja orodja z natrijevim hidroksidom se prilagaja procesu proizvodnje glede na nujnost in kapaciteto po potrebi. Operater mora vzdrževati koncentracijo z dodajanjem lužine in optimizirati časovne intervale.

Dodan ultrazvok glede na dosedanje praktične raziskave ves čas zmanjša do 10 %.

6 SKLEP

Skozi diplomsko delo sem prišel do zaključka, da je pomembno spremljati sistem obvladovanja problemov v procesu in ugotavljanje karakteristik delovanja ter tako izboljšati sposobnost procesa, da bi lahko znižali stroške, izboljšali kakovost in sposobnost stroja. S tem bi pridobili manj izpadov in motenj v proizvodnji, prihranili bi na času, povečali zmogljivost stroja in kakovost operaterja v procesu. Ta način sem ovrednotil z mojo trditvijo prve in druge hipoteze.

H 1: Z optimizacijo razvrščanja različnih velikosti orodij pridobimo na času cikla luženja -

kar pa zaradi narave planiranja dela ni možno uporabiti. Poskušali smo ločevati orodja po velikosti, kar bi v procesu čiščenja po celotnem opravljanju zbiranja in manipulacije orodij povzročilo dodaten obseg glede dela in prostorske zasedenosti v lužilnici.

H 2: Z razvrščanjem različnega števila velikosti in vrst orodij lahko vplivamo na učinkovitost luga in s tem zmanjšamo stroške procesa. Na čas luženja močno vpliva stopnja nasičenosti luga, kar uporabimo pri tehnoloških nastavitvah časa čiščenja, kjer se z zaporednimi cikli uporabljanja sarže natrijeve lužine povečuje.

S podatki, ki sem jih pridobival od operaterjev, sem načrtoval in ovrednotil različne kombinacije načina zlaganja orodij. Odkril sem možne variacije v sistemu za doseganje nižjih stroškov ter s krajšanjem ciklov sistema. Zato je bilo zbiranje podatkov učinkovito in strokovno na statistični osnovi, kjer sem primerjal cilje s hipotezami naloge in združil aktivnosti prakse z operaterji. Temelj odkrivanja problema sem prepoznal v fazi pred opravljanjem čiščenja orodja in po analizi razvoja sposobnosti procesa ter obvladovanja proizvodnje. Kot glavni faktor sem izločil glavne vzroke problema in se opredelil na ovrednotenje, korekcijo ter obvladovanje procesa. Po laboratorijskih testih s strani ugotavljanja reakcij natrijevega hidroksida na aluminijeve zlitine smo opredeljevali načine nasičenosti lužine napram časovnim intervalom pri enaki masi ter ugotavljali intenzivnost. Zato smo se morali prilagajati tehnološkim nastavitvam časa luženja po intervalih glede na proces v proizvodnji. To se je pokazalo za nesprejemljivo, tako kot za operaterja kot tudi za nujnost vrnitve orodij v proizvodnjo ali korekcijski poseg na orodjih. Ugotovljena je bila optimalna delovna temperatura, pri kateri je reakcija najučinkovitejša ter časovna opredelitev procesa luženja glede na maso aluminijeve zlitine. Pri vsem smo se morali sklicevati na kapaciteto in redčenje lužine. Cilj sem poenotil z organizacijo s skupnim naporom skupine

sodelavcev, da smo dosegli rezultat po napredku, kjer lahko proces poteka po predpisanih mejah konkurenčno na proizvodnjo, glede potrebe po očiščenih orodjih aluminijeve zlitine. Zaradi stanja investicije in vzdrževanja smo se morali prilagajati na izvajanje in umerjanje ultrazvoka na pravilno funkcionalnost s preklapljanjem po pravi terminski enoti za optimalni izkoristek luženja.

H 3: s pomočjo ultrazvoka dodatno pridobimo na času luženja. Ugotovil sem, da vpliv ultrazvoka cikel reakcije skrajšuje za cca. 10 %, kar pozitivno vpliva na celoten poseg dela in hkrati vpliva z ekonomskega vidika. Zaradi raziskovanja na že obstoječih enotah za luženje smo se morali tudi prilagajati glede nujnosti čiščenja orodij po zahtevah proizvodnje. Tako bi naj bila tretja hipoteza H 3 utemeljena.

H 4: z uporabo znanja o delu z nevarnimi snovmi zmanjšamo tveganje za uporabnika nevarnih snovi. Velik pomen smo namenili opisu načina uporabnosti natrijevega hidroksida s strani znanja o delu z nevarnimi snovmi, kot zmanjšanje tveganja nevarnosti za uporabnika, kot nekakšno navodilo za delo, pri čemer se v procesu lahko izognemo morebitnim nevarnostim, tako z ekološkega kot z zdravstvenega vidika. Redni nadzorni in kontrolni postopki ter sprotno izobraževanje z novitetami s področja zakonodaje temeljijo na strokovnosti in kakovosti procesa, brez morebitnih izpadov ter škode podjetju. Z vsemi trditvami sem prišel do pozitivnega zaključka in nekako pripomogel k raziskavi najugodnejšega načina čiščenja ekstruzijskih orodij za podjetje ter operaterja.

7 BIBLIOGRAFIJA

- DEXTERS. (8. 8 2022). Hazardous substances. https://www.hazardoussubstances.govt.nz/media/1061/wsnz_2268-working-safety-with-haz-sub-v23-0-fa-lr.pdf.
- Efunda. (2022). *Efunda, engineering fundamentals*. Pridobljeno iz Extrusion - Introduction: https://www.efunda.com/processes/metal_processing/extrusion.cfm
- Impol. (8. 8 2022). <https://www.impol.si/podjetje-impol/zgodovina/>.
- Impol. (8. 8 2022). www.impol.si/aluminij.
- Impol. (2022). Impol. *Impol*. SLOVENSKA BISTRICA, 2310, SLOVENIJA.
- IMPOL. (19. maj 2022). *Impol, Aluminium Industry*. Pridobljeno iz Zgodovina: <https://www.impol.si/podjetje-impol/zgodovina/>
- Javernik, B. (2014). Finalizacija preoblikovalnih orodij za istosmerno iztiskavanje Al-zlitin. Maribor, Maribor, Slovenija. Pridobljeno 18. maj 2022 iz <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=46506>
- Javernik, B. (brez datuma). Ultrazvočni čistilci. http://ultrazvocni-cistilci.aven.si/cistilna_razstopina. http://ultrazvocni-cistilci.aven.si/cistilna_razstopina.
- Kaldera. (8. 8 2022). <http://www.kaldera.si/>.
- KALDERA. (23. maj 2022). *KALDERA*. Pridobljeno iz Naslovna stran: <http://www.kaldera.si/>
- Kariera Impol. (8. 8 2022). <https://www.impol.si/ljudje-in-kariera/obisk-impola/>.
- Lasten, v. (4 2022). Lasten, vir. *Lasten, vir*. SLOVENSKA BISTRICA, 2310, SLOVENIJA.
- McKetta, J. J. (1994). https://www.google.si/search?hl=sl&tbo=p&tbm=bks&q=bibliogroup:%22Chemical+Processing+and+Design+Encyclopedia%22&source=gbs_metadata_r&cad=3.
- Marcel Dekker, INC. Pridobljeno 24. april 2022 iz https://www.google.si/search?hl=sl&tbo=p&tbm=bks&q=bibliogroup:%22Chemical+Processing+and+Design+Encyclopedia%22&source=gbs_metadata_r&cad=3

Stenger, K. L. (2008). Strangpressen. *Kurt Lane*. Pridobljeno 20. april 2022