

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

IZBOLJŠAVA PROCESA NA STISKALNI LINIJI

Kandidat: Alen Lončarič

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor – predavatelj: dr. Darko Friščić

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

Lektorica: Tatjana Hren Dizdarević, prof. slo.

Maribor, 2020

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Alen Lončarič sem avtor diplomskega dela z naslovom Izboljšava procesa na stiskalni liniji, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem diplomskem delu, 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 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.

Maribor, november 2020

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju dr. Darku Friščiću za vodenje in pomoč pri pisanju diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem mentorju v podjetju, univ. dipl. ing. str. Urbanu Polegeku za nesebično strokovno pomoč pri zbiranju potrebnih podatkov in moralno podporo. Zahvala gre tudi moji družini in puncu, ki so mi stali ob strani tekom študija.

Posebna zahvala gre tudi podjetju Impol d. d. iz Slovenske Bistrice.

POVZETEK

Izboljšave delovnega procesa so nujno potrebne za nenehno zagotavljanje kakovosti izdelkov; pomembne so izboljšave procesa, kot je iztiskovanje. Pri stiskalništvu se material preoblikuje s pomočjo delovnega stroja, stiskalnice, ki s svojo silo skozi predvideno orodje ali matrico iztiskuje material. Tukaj so izboljšave nujne zaradi veliko različnih faktorjev, ki vplivajo na kakovost materiala. Prepoznavanje teh faktorjev je ključnega pomena, saj lahko z njihovo odpravo poskrbimo za večji izkoristek strojev in zmanjšanje poškodb v samem procesu. Prepoznati moramo tudi ostale ključne faktorje, ki igrajo pomembno vlogo pri sami kakovosti materiala. Določiti moramo kritične točke, kjer prihaja do nezaželenih poškodb na materialu, in s pomočjo zbranih podatkov določiti najboljšo možno rešitev za ta problem. Zaradi mnogih korakov, ki so prisotni v samem delovnem procesu na stiskalni liniji, je potrebno natančno zbiranje podatkov. Zaradi prisotnosti tehnologije v delovnem procesu se nam določeni podatki beležijo sami, na podlagi odstopanj lahko z izboljšavo materiala in s prilagajanjem tehnoloških parametrov poskrbimo za kakovostnejši izdelek z manj pomanjkljivostmi. Ključnega pomena je, da poskrbimo, da so tehnološki parametri čim bližje idealnim določenim in da so odstopanja minimalna. Pri sami izdelavi palic sta potrebni doslednost in natančno spremljanje podatkov. Nadaljnje operacije, ki sledijo po tem, imajo enako velik pomen za kakovost kot sama izdelava. Prenos na druge operacije v procesu pomeni možnost poškodb zaradi delovne opreme ali samega načina dela. V zaključni fazi izdelave sledita razrez in pakiranje materiala. Tukaj je potrebna velika pazljivost, saj je potrebno pregledati in izločiti nekakovostne ter poškodovane palice. Z zmanjšanjem poškodb in nepravilnosti lahko zmanjšamo tudi količino izmeta; z zmanjšanjem izmeta pa lahko podjetju znižamo stroške. Dodatno opravilo, ki je nujno potrebno, je vzorčenje materiala. Vsak material se vzorči po v naprej določenih navodilih. Zaradi tega je nujno pravilno vzorčenje po predpisanih parametrih. S takšnim vzorčenjem lahko dodatno izboljšamo strukturo materiala, da dobi zahtevane lastnosti, kakršne potrebuje kupec za njegove potrebe. S pravilnim vzorčenjem lahko izločimo konce palic, ki kažejo neustreznosti. S tem preprečimo uporabo nekakovostnega izdelka, s katerim lahko neposredno škodujemo sebi ali našim kupcem. S skrbnim pregledom delovnega procesa lahko izboljšave izvedemo hitreje. Zaradi tega je zbiranje podatkov iz procesa zelo pomembna naloga.

Ključne besede: stiskalna linija, aluminij, tehnološki parametri, vzorčenje, poškodbe.

ABSTRACT

Process improvement on the extrusion line is the title of the thesis. Improvements of work processes are necessary for a constant quality assurance, especially necessary are the improvements of extrusion processes. Extrusion is a process where the material is being transformed by the help of a machine, a hydraulic press. The press provides force and pressure to push the material through a specific die. Improvements are necessary here because of many different factors that affect the quality of the material produced. Recognizing those factors is vital, with their elimination we can achieve a higher efficiency of our extrusion process. We can also decrease the mechanical damage of material in our process. Identifying key factors, that play a crucial role in the quality of the material is urgent. Our job is to determine critical points of our process with the help of collected data and determine where unwanted damages occur. With that information we can then proceed to develop the best possible solutions for our problems. Collecting data in an extrusion process with so many different steps involved has to be done carefully and thoroughly. Some information is already being collected through the extrusion technology. Improving material and technological parameters based on deviations in collected data is vital for a quality product with less imperfections. It is of most value to assure that our technological parameters are as close to ideal as possible with very little deviation. In manufacturing of aluminium rods, is necessary to be consistent and accurate. Further operations that follow after extrusion are equally significant in terms of quality. Transfers to different operations during the process can cause damages to the product, either because of work equipment of the nature of the process. In the final phase of the process we have sawing and packaging of extruded material. Here you need to acquire a high level of attention to watch the material and exclude low-quality and damaged rods. With diminution of damages and imperfections we can lower the quantity of unusable material. With a lower quantity of unusable material, we can also lower costs for the company. An additional task, that is very important is material sampling. Every material is sampled with special instructions that are determined in advance; correct sampling is therefore very important for material improvements. With correct sampling we can additionally improve the microstructure of the material to achieve desired properties that the buyer needs. Furthermore, we can also prevent the use of low-quality products with correct sampling. We could potentially harm ourselves and our buyers with the use of a low-quality product. With careful data collecting from the process itself we can also make better improvements.

Keywords: extrusion line, aluminium, technological parameters, sampling, surface damage.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	8
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	10
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	10
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	11
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	11
2	PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL.....	12
2.1	TEHNOLOGIJA IZTISKOVANJA	14
3	IZBOLJŠAVA PROCESA IZDELAVE PALIC	17
3.1	PREGLED KORAKOV DELOVNEGA PROCESA	19
3.2	DOLOČITEV KRITIČNIH TOČK DELOVNEGA PROCESA.....	27
3.3	IZBOLJŠAVE DELOVNEGA PROCESA.....	37
3.4	VPLIV IZBOLJŠAV V PROIZVODNEM PROCESU NA KOLIČINO IZMETA	47
4	SKLEP	49
5	BIBLIOGRAFIJA	52

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	PRIMER DIREKTNEGA IZTISKOVANJA.....	14
SLIKA 2:	PRIMER INDIREKTNEGA IZTISKOVANJA	15
SLIKA 3:	PRIMER IZTISKOVANJA S PLOŠČO	16
SLIKA 4:	KORAKI DELOVNEGA PROCESA	18
SLIKA 5:	PRIKAZ DELOVNEGA NALOGA	19
SLIKA 6:	OKROGLICE NA TRANSPORTNI PALETI	21
SLIKA 7:	ORODNA KASETA	22
SLIKA 8:	TRANSPORT OKROGLICE.....	23
SLIKA 9:	VSTAVLJANJE OKROGLICE.....	24
SLIKA 10:	NATEZNO-RAVNALNI STROJ	25
SLIKA 11:	PRIKAZ TEMPERATUR.....	28

SLIKA 12: POVRŠINSKE RAZPOKE	30
SLIKA 13: NATRGAN MATERIAL	31
SLIKA 14: PRIKAZ PREČNIH RISOV	32
SLIKA 15: PAKIRNA MIZA	33
SLIKA 16: VZDOLŽNI RISI	34
SLIKA 17: UDAREC	34
SLIKA 18: POŠKODBE KONCEV	35
SLIKA 19: KONČNI IZDELEK.....	36
SLIKA 20: PRENOVLJEN MENI	39
SLIKA 21: IZVLEČNA NAPRAVA	40
SLIKA 22: PRENOVLJEN PROGRAM NATEZNEGA STROJA	42
SLIKA 23: DISTANČNIKI NA PROGI	44
SLIKA 24: IZBOLJŠAVA PAKIRNE MIZE	46

1 UVOD

Izboljšave delovnih procesov so v današnjem času ključnega pomena. Same izboljšave nam prinesejo veliko pozitivnih stvari. Najpomembnejše stvari, ki jih moramo pri trenutnih delovnih trendih upoštevati, 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 na eni izmed stiskalnih linij v podjetju Impol iz Slovenske Bistrice bomo iskali možne izboljšave, katere bodo pripomogle k zmanjšanju poškodb in neustreznosti materiala. 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 na stiskalni liniji.

Cilj izboljšave stiskalnega procesa je doseganje manj poškodb na površini materiala in manj neustreznega materiala. S tema dvema ciljema bo podjetje zmanjšalo stroške delovnega procesa, zmanjšalo bo stroške ponovne predelave aluminija, hkrati pa se bodo natančno določili tehnološki parametri in odpravile se bodo pomanjkljivosti vzorčenja. Celotna izboljšava bo zajemala vse korake proizvodnega procesa. Pri vsakem koraku bo potrebno natančno določiti kritična mesta in zakaj ravno tam prihaja do morebitnih napak. 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. Koraki proizvodnega procesa si sledijo po točno določenem postopku. Vsak začetek delovnega procesa se začne z delovnim nalogom, na katerem so podani podatki o surovini, dolžini razrezanih drogov, o naročeni količini, posebne zahteve in seveda dobavni rok izdelka. Nato se začne delovni proces razreza drogov na manjše droge, ki jim pravimo

okroglice; pri procesu razreza se preko posebnih transportnih palet okroglice transportirajo do naprave, ki zalaga okroglice v peč, v kateri se okroglice, glede na zlitino in stanje, zagrejejo na predvideno temperaturo. To je zelo pomemben korak, saj so predvideni parametri ključni za zagotavljanje kakovosti končnega izdelka. Zato se je potrebno prepričati o pravilnosti tehnoloških parametrov. Po ogrevanju okroglic se začne proces stiskanja, saj transportna roka prestavi zagreto okroglico v stiskalnico. Stiskalnica iztisne material v dolžini in obliki, ki je predvidena po delovnem nalogu. Nato sledi 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 razrezovalno 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 in avtomobilski industriji. Zaradi tega je zelo pomembna visoka kakovost izdelkov. Prikazal bom, kaj se zgodi ob nepredvidenih dogodkih in kako le-ti vplivajo na kvaliteto površine ter materiala. V nadaljevanju bom prikazal tudi, kako sama neustreznost površine in materiala vpliva na končni izdelek, ki ga izdelava 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. Zato moramo dobro 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 nujno potrebno tudi samo vzorčenje materiala. Ob pravilnem vzorčenju in seveda tudi ob pregledu materiala lahko odkrijemo pomanjkljivosti, ki jih lahko na ta način 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.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V tej diplomskem delu bom raziskoval pomen odpravljanja neustreznosti in poškodb materiala na stiskalni liniji. Problem, ki ga trenutno opažamo, je površinska neustreznost materiala. Neustreznosti materiala se pojavljajo tudi v mikrostrukturi zaradi napačnega vzorčenja in obreza, vendar so se zaradi površinskih poškodb pojavljali dodatni stroški za podjetje. Zaradi neustreznosti materiala kupec ne dobi količine, ki jo je naročil, odpadni material gre ponovno na pretaljevanje in podjetju povzroča stroške. Za reševanje tega problema sem se odločil zaradi tega, ker sem tudi sam zaposlen na stiskalni liniji; prav tako bi rad spoznal, kako pride do samih poškodb in neustreznosti materiala ter kako te napake posledično odpraviti. Polizdelki, ki se izdelujejo na tej stiskalni liniji, so pretežno uporabljeni v avtomobilski industriji in za namene kovanja. Smiselno je najti rešitve in predlagati izboljšave za zmanjšanje količine neustreznega materiala, saj bi s tem podjetje imelo hitrejša dobavna roka in manj dodatnih stroškov. Hitrejši dobavni roki so nujni tudi zaradi samega sistema »just in time« avtomobilske industrije, kjer je pravočasnost osnova za poslovanje. Zaradi konkurenčnosti podjetja je nujno vsako nastalo poškodbo materiala raziskati, da vidimo, kje in kako pride do nje. Takšen pristop bo prikazan tudi v tem diplomskem delu, kjer se bom osredotočil na celoten proces in analiziral posamezne korake. S takšno analizo bodo pomanjkljivi koraki procesa podrobneje pregledani. V korakih bodo predstavljene koristne izboljšave, ki bodo pripomogle k odpravi neskladnosti v kakovosti materiala. Vsaka predlagana izboljšava se bo tudi preverila, rezultati testov pa bodo pričevali o uspešnosti izboljšav. Na koncu bodo predstavljeni podatki o količini izmeta pred in po predlaganih izboljšavah.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je raziskati delovni proces na stiskalni liniji za lažje iskanje in odpravljanje napak. Z dobrim razumevanjem in poznavanjem delovnega procesa želim odpraviti poškodbe in neustreznosti materiala z izboljšavami. Cilji, ki jih želim doseči, so zmanjšanje izmeta na stiskalni liniji, zmanjšanje stroškov zaradi nekakovosti, določiti pravilnost tehnoloških parametrov, določiti pravilno vzorčenje, poiskati načine izboljšav, zmanjšati obrabo celotne linije in povečati kakovost izdelkov. Hipoteze ob začetku diplomskega dela so naslednje: pri izdelavi palic so zelo pomembni tehnološki parametri, pravilno vzorčenje in preverjanje materiala je nujno za izboljšave in pregled delovnega procesa pomaga ugotavljati ter odpravljati napake.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pridobivanje potrebnih podatkov bo težavno že samo zaradi velikosti podjetja in samih poslovnih skrivnosti. Omejitve so tudi glede literature, saj je iskanje literature za teoretičen opis procesa stiskanja težavno. Literatura obstaja samo v angleškem jeziku. Veliko podatkov, ki jih ima podjetje, so poslovna skrivnost in ne bodo uporabljeni v diplomskem delu takšni, kot so v resnici; sami tehnološki parametri bodo predstavljeni kot zaokrožitve in približki dejanskim; prav tako ne bodo podrobno predstavljene zlitine, ki se izdelujejo v podjetju. Določeni deli stiskalnice ne bodo slikovno prikazani. Podatki, ki niso pomembni za namene diplomskega dela, bodo ustrezno zabrisani ali slabše vidni.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Raziskovalne metode, ki jih bom uporabil v tej diplomskem delu, je metoda zbiranja podatkov, saj bom o vsakem delovnem procesu zbral podatke. Uporabil bom tudi metodo primerjave podatkov, pridobljene podatke bom med sabo primerjal. Naslednja metoda, ki jo bom uporabil, je metoda analize; ta metoda mi bo pomagala pri ključnih točkah izboljšave. Uporabil bom tudi metodo deskripcije, saj bom najprej vsak korak procesa podrobno opisal.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL

Podjetje Impol iz Slovenske Bistrice ima zelo bogato zgodovino in tradicijo. Začetek ima leta 1825, ko so ustanovili industrijo kovanih bakrenih izdelkov. Vse do leta 1914 je podjetje širilo svoj proizvodnji program izdelkov iz bakra, medenine in brona. Prva prelomna točka je prišla v petdesetih letih prejšnjega stoletja, ko se je začelo veliko govoriti o kovini prihodnosti – o aluminiju. Takrat se je začela postopna preusmeritev proizvodnje iz predelave bakra v predelavo aluminija. K sami preusmeritvi je veliko pripomoglo odprtje livnice Talum v Kidričevem. Impol je začel kasneje vlagati tudi v svojo livnico, prav tako pa je začel vlagati v različna področja predelave aluminija. Tako so se začeli prenova in posodobitev valjarne, stiskalniškega ter žičnega obrata. S takšnimi posodobitvami se je proizvodnja med leti 1960 in 1970 povečala iz 17.000 ton na 30.000 ton letno. Do preloma tisočletja Impol postane mednarodno podjetje, saj izvozi več kot 80 odstotkov svoje proizvodnje. Zaradi tega je začelo ustanavljati družbe v tujini. V tem obdobju so zgradili nove obrate za zadovoljevanje potreb po aluminiju. Postavili so obrat za izdelavo in oplemenitenje folij, postavili so pa tudi novo zgradbo, kjer so se začeli izdelovati novi stiskani izdelki. Celoten način delovanja podjetja se do leta 2000 korenito spremeni tudi zaradi tega, ker se podjetje prestrukturira v programe za izdelavo zahtevnejših izdelkov na področju valjarništv in stiskalništva. Do leta 1999 je podjetje izdelalo že 60.000 ton izdelkov letno. Po letu 2000 so sledile korenite spremembe pri strategijah trženja in novih naložbah. Zaradi teh odločitev leta 2001 dobi zeleno luč naložba, s katero je podjetje kupilo stiskalnico za palice in profile iz trdih zlitin; stiskalnico, na kateri se bodo izvajale izboljšave (Impol 2000, d. d., 2020).

Drugi največji mejnik podjetja se je zgodil leta 2003, ko je podjetje prvič predelalo in prodalo več kot 100.000 ton izdelkov iz aluminija. Z večjim obsegom proizvodnje in s širjenjem valjarništv ter stiskalništva so se povečale tudi potrebe po surovini. Zato je podjetje namenilo tudi del sredstev za razvoj livnice. Ob vsem tem v podjetju niso pozabili na zaposlene, njihovo varnost ter na okolje. To dokazujejo s certifikati OHSAS 18001 in ISO 14001. Podjetje je začetek novega tisočletja začelo zelo uspešno; z novimi naložbami je povečevalo obseg dela in širilo svojo ponudbo na trgu. To je bilo vse do leta 2008, ko je celotno Evropo zajela ekonomska kriza, ki so jo občutili tudi v podjetju Impol. Ob močnem zmanjšanju naročil in zmanjšanju obsega dela se je Impol leta 2010 vrnil še uspešnejši kot je bil. Impol postane peti največji slovenski izvoznik, sama prodaja in proizvodnja presežeta prejšnje rekorde, izpolnijo pa tudi naložbo v diviziji stiskalništva in tako povečajo letni obseg za 10.000 ton aluminija. Do leta 2014 podjetje poveča tržni delež izdelkov, namenjenih za avtomobilsko industrijo. Do leta 2019

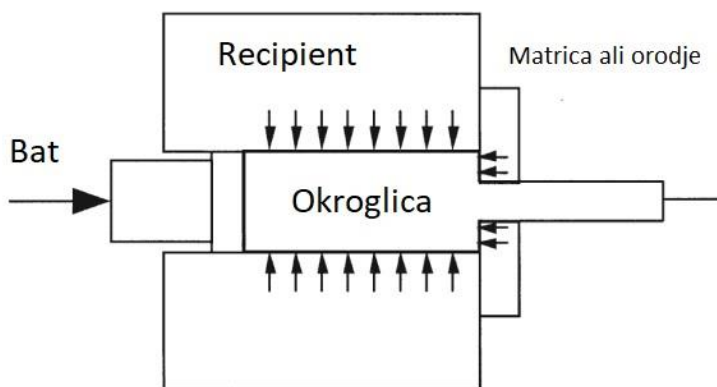
podjetje širi in posodablja svoje delovne procese. V okviru svojih širitev podjetje Impol leta 2017 kupi tudi TLM Aluminium iz Šibenika, v duhu napredka pa se v območju industrijske cone Impol pojavi nov obrat Impol Fin-Al za finalizacijo izdelkov iz aluminija. Po celotnem podjetju se začnejo pospešene priprave na industrijsko revolucijo 4.0. Podjetje pa je v letu 2018 pridobilo standard EN 9100 za letalsko industrijo, na katerega so še posebej ponosni (Impol 2000, d. d., 2020).

Podjetje Impol ima širok spekter izdelkov, ki jih ponuja v različnih panogah. Izdelki se delijo na stiskane izdelke, valjane izdelke, finalizirane izdelke, lite izdelke, odkovke in rondele. Takšen spekter izdelkov je prisoten v avtomobilski industriji, farmacevtski industriji, prehranski industriji, transportu, elektroindustriji, gradbeništvu ter letalski in vesoljski industriji. Celotno podjetje Impol prodaja in izdeluje več kot 100.000 različnih izdelkov, ki spadajo v eno izmed kategorij, kot so palice, cevi, profili, folije, pločevine, rebrasta pločevina, trakovi, barvani izdelki in po novem tudi končni izdelki. Podjetje ima različne trge za svoje izdelke. Najpomembnejši so Nemčija, Italija, ZDA, Madžarska, Belgija, Nizozemska, države Latinske Amerike, Francija in Avstralija. Vse to pa ne bi bilo možno brez samega vodilnega kadra in delavcev, ki so zaposleni v podjetju. Podjetje Impol trenutno zaposluje 2400 ljudi, z letno proizvodnjo 270.000 ton aluminija. Vizija podjetja je proizvajati izdelke z nenehnim povečevanjem predelave in dodelave, kot samemu kupcu pa želi podjetje vršiti predelavo aluminija v izdelke, ki zagotavljajo zanje najvišjo možno vrednost. S tem želijo zadovoljevati potrebe kupcev, zaposlenih, lastnikov, okolja in drugih deležnikov. (Impol 2000, d. d., 2020)

2.1 Tehnologija iztiskovanja

Za preoblikovanje kovin obstaja veliko različnih metod preoblikovanja in predelave. Eden izmed postopkov je proces iztiskovanja. Proces iztiskovanja poteka pri visokih temperaturah in tlakih. Sam proces temelji na plastični deformaciji materiala med obdelavo. Surovec materiala s pomočjo stroja, stiskalnice pritismo skozi odprtino na orodju ali matrici. Zaradi velikih sil in napetosti začne material teči skozi odprtino v matrici in tako dobimo novo željeno obliko. Prednost takšnega stiskanja je fleksibilnost, saj moramo za izdelavo drugega izdelka samo zamenjati matrico. Proces se uporablja za izdelavo dolgih ravnih izdelkov, ki imajo konstanten prerez (Čivić, 2014).

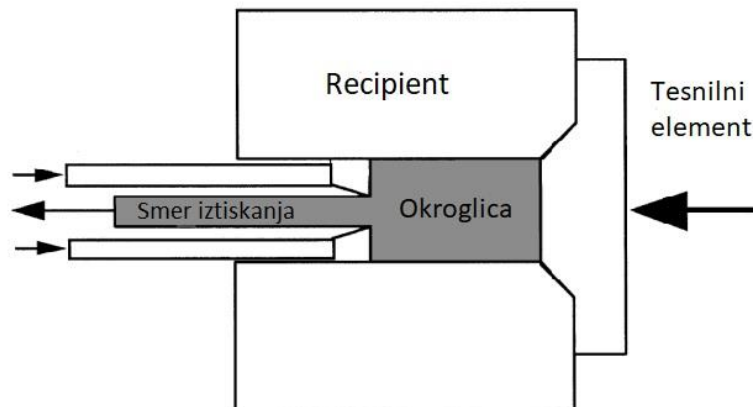
Poznamo več načinov iztiskovanja aluminijevih zlitin: način direktnega in indirektnega delovanja stiskalnic. Gre za dva različna principa delovanja. Konvencionalno ali direktno iztiskovanje je najbolj razširjeno po svetu in sodi med glavne predelovalne metode aluminija. Pri direktni stiskalnici se okroglica vstavi v posebno komoro, ki se ji reče recipient, nato pa bat stiskalnice začne pritiskati na okroglico in jo stiskati skozi matrico na drugi strani. Matrica ali orodje ima manjši prerez kot ga ima okroglica. Z direktnim iztiskanjem lahko proizvajamo votle in polne aluminijeve profile ter palice različnih dimenzij. Pri direktnem stiskanju material teče v enaki smeri kot se premika bat stiskalnice, okroglica drsi po steni recipienta, medtem ko bat pritiska s silo na njo. Trenje, ki se pri tem ustvarja, povzroča porast delovnega tlaka (K. Saha, 2000).



Slika 1: Primer direktnega iztiskovanja

Vir: (K. Saha, 2000)

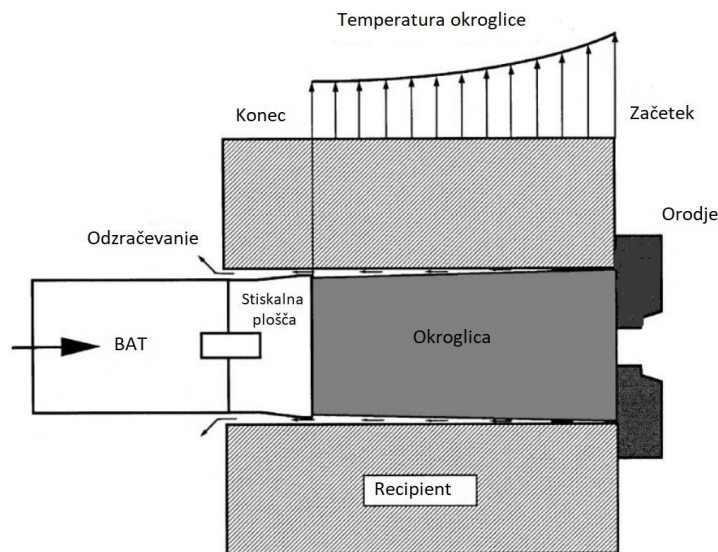
Drugi način iztiskovanja, ki se uporablja, je indirektno ali protismerno iztiskanje. Pri indirektnem iztiskovanju se premika samo orodje, medtem ko je okroglica pri miru v recipientu. Orodje se premika relativno z okroglico, pri indirektnem iztiskovanju pa gre za teoretičen proces brez trenja, saj se okroglica v recipientu ne premika, ampak je fiksna. Orodje se pritrdi na posebne cilindre, se vstavi pred okroglico in nato s silo pritiska na okroglico. Na ta način začne nastajati nov izdelek.



Slika 2: Primer indirektnega iztiskovanja

Vir: (K. Saha, 2000)

Večji poudarek bom namenil direktnemu iztiskanju, saj se reševanje problema nanaša na princip direktnega iztiskovanja. Pri direktnem iztiskanju ločimo več različnih načinov iztiskanja. Pod Sliko 1 lahko vidimo en takšen način, kjer gre za iztiskanje samo s pomočjo bata. Poznamo še iztiskanje z vmesno stiskalno ploščo, ki je pritrjena na vmesni člen na samem batu stiskalnice. Stiskalna plošča omogoča hitrejše in boljše odzračevanje. S tem se odstrani ves zrak, ki bi med procesom stiskanja lahko povzročil mehurje, luknje in ostale napake na ali v palici. Način iztiskanja s stiskalno ploščo se uporablja pri standardnem direktnem stiskanju in načinu iztiskanja okroglice na okroglico. Pri takšnem načinu dobimo tako imenovani neskončen profil, saj lahko z iztiskanjem okroglice na okroglico izdelku vedno znova podaljšujemo dolžino. Pomembno je, da se ne morejo vse aluminijeve zlitine iztiskati po takšnem postopku. V primeru, da želimo s takšnim postopkom pospešiti izdelovanje, moramo upoštevati določene zahteve in izpolniti pogoje. Tukaj je potrebno upoštevati dobro varljivost materiala pri temperaturi deformacije. Pomembna je tudi zelo natančna kontrola temperature pri segrevanju zlitine, sama okroglica pa mora biti lepo razžagana in očiščena vseh olj ter maziv za čim večjo kvaliteto izdelka (K. Saha, 2000).



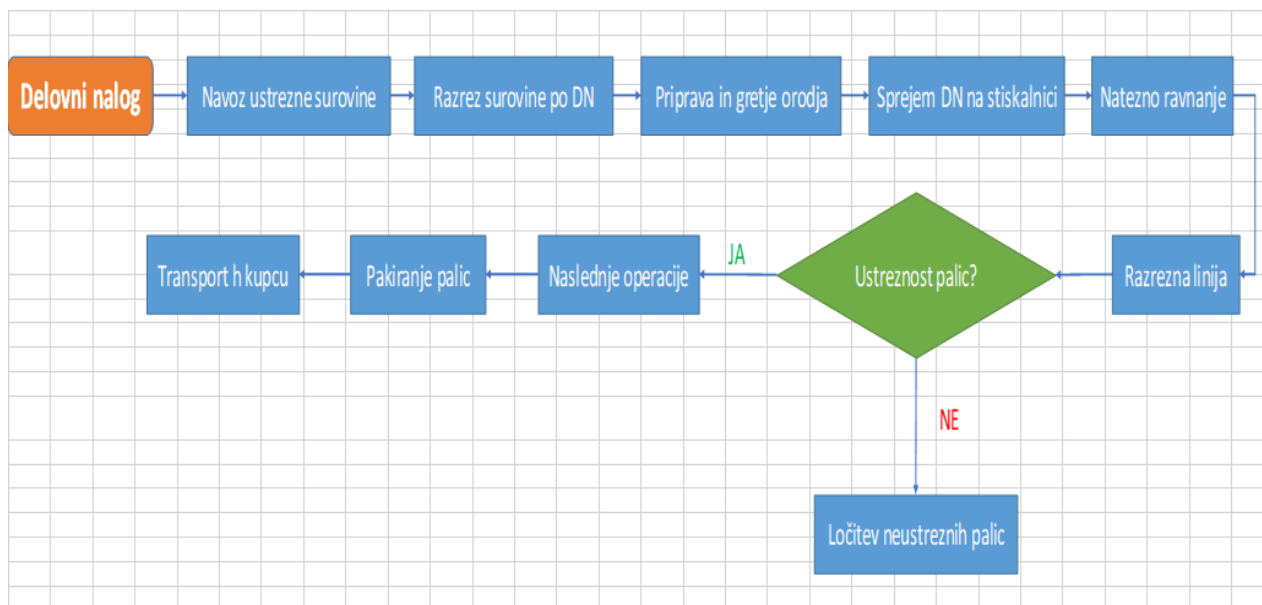
Slika 3: Primer iztiskovanja s ploščo

Vir: (K. Saha, 2000)

Proces direktnega iztiskovanja poteka pri zelo visokih temperaturah in zelo visokih tlakih. Okroglica aluminijeve zlitine se v plinski ali indukcijski peči segreje na predvideno temperaturo, ki je odvisna od sestave materiala. Segrevanje okroglic na delovno temperaturo je ključnega pomena, saj s tem zlitina pridobi lastnosti, potrebne za plastične deformacije. Na začetku procesa, ko bat pritisne na okroglico, se najprej izvede odzračevanje, nato pa poraste delovni tlak na maksimalno vrednost. Tlak ostane na maksimumu toliko časa, dokler zaradi deformacij in sil material ne začne teči skozi matrico. Sam tok materiala je odvisen od več različnih faktorjev. Najpomembnejši so moč in kapaciteta stiskalnice, velikost in oblika recipienta, tukaj še pa poleg prištevamo koeficient trenja znotraj recipienta. Na tok vpliva tudi sama vrsta in oblika orodja, prav tako tudi sama dolžina okroglice in njena temperatura vplivata na tok. Pomembno vlogo igra tudi temperatura orodja in recipienta. Recipient ima cone ogrevanja in hlajenja. S tem skrbi recipient za enakomerno temperaturo znotraj komore med procesom iztiskanja. Ko material teče, se zmanjša tudi delovni tlak stiskalnice in rahlo pada vse do konca iztiskovanja. Ko se začne konec okroglice zbijati v gmoto, tlak še zadnjič poraste preden se zaključi iztiskanje. Ko se proces zaključi, se bat in recipient odmakneta. Takrat hidravlične škarje odrežejo ostanek okroglice in proces se lahko ponovi (K. Saha, 2000).

3 IZBOLJŠAVA PROCESA IZDELAVE PALIC

Izboljšave procesa lahko temeljijo samo na ustreznih in konkretnih podatkih, ki jih lahko pridobimo le z načrtnim opazovanjem delovnega procesa. Preko opazovanja in zbiranja podatkov na vseh korakih delovnega procesa lahko predpostavimo, kje so in morda tudi kje se bodo pojavljale kritične točke v procesu izdelave palic iz aluminijevih zlitin. Sam delovni proces je na stiskalnici razdeljen na več korakov, ki si morajo slediti v točno določenem zaporedju. Potekal bo pregled in zbiranje ključnih podatkov. Pri vseh korakih delovnega procesa bom s postopkom analiziranja zbranih podatkov lahko videl kritične točke v točno določenih korakih in tako določil korake, pri katerih so ključne izboljšave. Izboljšave na liniji bodo pripomogle k hitrejšim doseganjem dobavnih rokov podjetja, prav tako se bo dodatno povečala stopnja kvalitete materiala zaradi nenehnega nadzora nad procesom. Največje skrbi trenutno povzročajo poškodbe na površini iztisnjenih palic. Zato bo ključnega pomena, da se določijo kritične točke, na katerih pride do takšnih poškodb materiala. Zmanjšanje poškodb na površini materiala bo pripomoglo k zmanjšanju količine izmeta, ki trenutno nastane na stiskalnici. Samo zmanjšanje izmeta bo pomenilo zmanjšanje stroškov za podjetje. Ves neustrezen material in ostanki nekoristnega materiala se zbirajo ter ločujejo po zlitinah ali legurah. Nato jih v livnici reciklirajo. Novo nastali drogovi nadaljujejo ponovno pot po delovnem procesu. Če bi uspelo zmanjšati količino izmeta, bi tako posledično zmanjšali tudi stroške ponovne predelave aluminija; prav tako bi kupec že v začetku dobil količino materiala, ki ga je naročil. S tem bi tudi celoten proces bolje izkoristili, saj na stiskalnici ne bi bilo potrebno dodatno dopolnjevati delovnega naloga. Prav tako bi s tem posledično zmanjšali tudi obrabo same linije. Sedaj si bomo pogledali, kako si sledijo koraki delovnega procesa. Vsakega izmed korakov je potrebno spremljati, opazovati in zapisovati ugotovitve. Prav tako moramo iz vsakega koraka pridobiti potrebne podatke, iz katerih bomo lahko ugotovili, ali se korak smatra za kritično točko v procesu.



Slika 4: Koraki delovnega procesa

Vir: (Lasten vir)

Na zgornji sliki lahko vidimo vse korake, ki nastopajo v delovnem procesu na naši stiskalnici. Sedaj si lahko vsak korak ogledamo podrobneje, zbiramo podatke in se prepričamo, če gre za kritičen korak v procesu ali ne. Pri vsakem koraku v procesu si lahko ogledamo njegov potek in kakšen material izstopi iz tega koraka, nato lahko preverimo možne poškodbe in neustreznosti in kako bi lahko le-te vplivale na samo kakovost končnega izdelka. V ključnih korakih delovnega procesa moramo podati tudi ključne spremembe in rešitve. Tehnološki parametri in drugi pomembni dejavniki, ki vplivajo na kakovost materiala, se ne smejo zanemariti, njihov učinek moramo izničiti ali pa zmanjšati. Na takšen način bomo lahko poskušali zmanjšati stroške, ki nastanejo zaradi neakovostnega materiala; prav tako bomo tudi poskrbeli za kakovostnejši material. Po končani analizi bom prikazal, katerih napak se želimo med delovnim procesom znebiti oziroma jih zmanjšati. Prav tako bom slikovno prikazal, kakšen vpliv imajo poškodbe površine palic na končen izdelek, ki ga izdelava kupec. V samem procesu moramo prepoznati pravilne tehnološke parametre in njihovo korigiranje. V primeru napačno predpostavljenih parametrov bom podal razloge za to in prikazal, kaj se zgodi z materialom, ki se iztiska pod takšnimi pogoji. Pravilnost tehnoloških parametrov lahko določimo samo z zbiranjem podatkov in s preverjanjem materiala. Zmanjšanje poškodb lahko dosežemo z natančnim pregledom celotnega procesa, nujno je opazovanje materiala in kaj se z njim dogaja. Z natančnim določanjem parametrov skozi celoten proces lahko podjetje pričakuje tudi manjšo obrabo komponent na sami liniji.

3.1 Pregled korakov delovnega procesa

Kot sem že omenil, se vsak naš delovni proces začne z delovnim nalogom. Delovni nalog izda podjetje na podlagi naročila s strani kupca. Sam kupec naroči določeno količino materiala, ki ga mora podjetje dobaviti. Delovni nalog vsebuje vse pomembne podatke, ki jih uporabljajo delavci, da uspešno zaključijo delovni proces. Pri pregledu delovnega naloga lahko vidi, za katerega kupca je material, kakšna zlitina je, kakšno stanje ima material, številko šarže, dimenzijo orodja in kaj je potrebno pri kateri operaciji storiti.

Kol. : 8000,0 kg 61 kom

Naziv : KOVANJE - OKROGLA Zlitina: P31 St. mat.: F St. pov.: S10
Dimen.: 42,800 X 6100,00
Tol(+): 0,450 10,00 Por.: P KZ: 029 / 17
Tol(-): 0,450 0,00 0

Vhod: 282,00 X 6900,00 (4000 - 7000) DROG

Potreba : 12462 kg 65,2 kom Izdano : 12633 kg 10
Lansirano: 12633 kg 10 kom Manjka : -171 kg

Številka orodja: Pf: 1,558 Čas izdelave: 2,6

Op	Str.	TEHNOLOŠKO NAVODILO	Št.d	TPZ	T1	T2	Pfo	Odp
1	2016	282 X 1150						
2 *	6003	STISK. 42,80 +0,45 RAZR. 6100(13805/ 2)Ob:Z 800/K. 600 RAV. OBR.100% UZ KON.						
3 *	9415	PAKIRANJE 100% UZ KONCEV						
4	9999	ORODJE 43,80 +/-0,14 ZA: 6003 ŽILE:03 - OKROGLA P.						

2. / / 3. / /

Št. Sarže: Dol. okroglice: Kom: Podpis: Šifra orodja: Dim orodja: Podpis:

286122 + /1150 56
700 10

8955 44,0

1x1150 = 2x700

Slika 5: Prikaz delovnega naloga

Vir: (Lasten vir)

Zaradi varovanja zaupnih podatkov so nekatere stvari na delovnem nalogu zakrite. Upoštevanje navodil iz delovnega naloga je zelo pomembno, saj se po delovnem nalogu ravnamo vse do končne operacije. Prva operacija na vsakem delovnem nalogu, ki se izdelava na naši stiskalnici, je navoz in razrez ustrezne surovine. Tukaj se narežejo tako imenovane okroglice, ki kasneje potujejo po posebnih transportnih poteh do nakladalne rampe, kjer jih roka naloži na posebne palete. Pri navozu in razrezu je potrebno upoštevati predvideno zlitino in dolžino okroglice. Vse je predpisano po delovnem nalogu. Ko je ta korak zaključen, delovne naloge prevzame orodjar. Njegovo delo je izbira pravilnega orodja, sestava orodja in gretje. Na podlagi predpisane dimenzije in oblike končnega materiala orodjar izbere pravilno orodje. Sama dimenzija predpisanega orodja je večja kot je dejanska končna dimenzija palice. Ko orodjar sestavi orodje za določen delovni nalog, ga prestavi v peč, kjer se orodje greje do predvidene delovne temperature. Transportne palete, na katerih so naložene okroglice, se nato s pomočjo viličarja prestavijo na peč. Peč ima zelo pomembno nalogo v procesu iztiskovanja. V plinski peči se okroglice postopoma segrevajo na temperaturo, ki je predvidena po tehnoloških parametrih, ki so bili določeni glede na zlitino in stanje materiala. Upravljalca stiskalnice vstavi orodje, predvideno za delovni nalog, in začne proces izdelave novega izdelka. Po iztisnjeni prvi okroglici delavec preveri dimenzijo s pomičnim kljunastim merilom. Palice površinsko pregleda za morebitne poškodbe ali napake. Nato se delo preseli na natezno-ravnalni stroj, kjer delavec iztisnjene palice poravnava. Delavec vstavi vsak konec palice v svojo čeljust, nato določi procentualni raztezek palice. S tem palici poveča dolžino in zmanjša dimenzijo, da ustreza predpisani končni dimenziji po delovnem nalogu. Po končanem ravnanju se preko transportnih trakov palice prestavijo na vhodno progo žage. Na žagi poteka razrez palic po delovnem nalogu. Upravljalca žage nastavi parametre na žagi in pregleda zahteve kupca. Po predpisanem načrtu pakiranja se morajo palice ustrezno spakirati. Med delom mora delavec izločati morebitne neustrezne palice. Končane transportne enote mora s pomočjo mostnega dvigala transportirati do skladišča za pakete. Ko je delovni nalog zaključen, se delovni proces na stiskalnici konča, paketi pa čakajo na transport h kupcu.

Zbiranje in urejanje podatkov, ki so ključnega pomena za delovni proces, se opravlja za vsak korak posebej. Med različnimi koraki lahko potem podatke navzkrižno primerjamo, če opazimo kakšen vzorec, ki morebiti vpliva na kakovost končnega izdelka. Svojo raziskavo sem začel s pregledom delovnega naloga. Ključni podatki na delovnem nalogu so dolžina okroglice, končna dimenzija izdelka, zlitina izdelka, dolžina palic, šarža in stanje materiala. Vsi ti podatki so ključnega pomena in jih je potrebno spremljati ter preverjati skozi celoten proces. Po operacijah

so napisane zahteve. Tako lahko na primer delavec ugotovi, kje je skladiščena zlitina, ki jo potrebuje. Ta zlitina se kasneje nareže na manjše kose – okroglice, ki predstavljajo surovino za naše palice. Vsaka zlitina je ločena po številki šarže. To je šest-mestna številka, ki prihaja direktno iz livnice in omogoča natančno sledljivost materiala. Vhodna surovina so drogovci premera 282 mm in dolžine 6900 mm. Sama dolžina drogov se giblje med 4000 milimetrov in 7000 milimetrov. Dolžina okroglic se giblje med 700 milimetrov in 1600 milimetrov. Po spremljanju procesa sem ugotovil, da so možna odstopanja pri razrezu od 15 milimetrov do 40 milimetrov. Prav tako se nekatere zlitine po končanem litju zaradi primešanih elementov zaščitijo s tanko plastjo črne barve. Kasneje bomo videli, kaj se zgodi zaradi te tanke plasti v koraku gretja okroglic. Za zagotavljanje kakovosti se okroglice kritičnih zlitin, pred izhodom na transportno progo, pregledajo z ultrazvočno napravo. S tem se pregleda okroglica, da v notranjosti nima razpok in nepravilnosti, ki bi lahko oslabile izdelek.



Slika 6: Okroglice na transportni paleti

Vir: (Lasten vir)

Po končanem razrezu materiala sledi skladiščenje okroglic, dokler se delovnega naloga ne sprejme na stiskalnici. Med tem pa orodjar po delovnem nalogu izbere in pripravi orodje. Kot je prikazano na Sliki 5 zgoraj, ima vsak delovni nalog predpisano dimenzijo in število »žil« orodja. Orodjar v skladišču orodja izbere ustrezno dimenzijo orodja in jo pripiše na delovni nalog skupaj s šifro orodja. Šifra orodja pomaga pri sledljivosti tehnologije v procesu, prav tako pa lahko na podlagi šifer določimo ustrezno orodje za nadaljnje delovne naloge. Upoštevati

mora navodila, ki so napisana v zadnji operaciji; tukaj dobi potrebne informacije glede orodja, ki ga mora izbrati. Previden mora biti pri zahtevah, ki so podane glede orodja, da se ne pojavijo napake med samim procesom. Orodje, ki ga orodjar sestavi, mora biti pred začetkom procesa segreto na delovno temperaturo. To dosežemo s posebnimi pečmi, kjer grejemo orodje. Orodje mora biti segreto med 250 °C in 350 °C. Samo gretje orodja mora trajati nekje do dveh ur. Temperatura peči je nastavljiva, da ne pride do prevelikih odstopanj. Orodje sedi v posebnem držalu, ki se mu reče orodni konus. V orodni konusu se namestita matrica in ojačevalec. Matrica mora ustrezati dimenziji, predpisani na delovnem nalogu, sam ojačevalec pa mora ustrezati orodju. Nujno potrebno je izločati dotrajana in izrabljena orodja, da se lahko nadomestijo z novimi. Ko upravljalet sprejme delovni nalog na stiskalnici, mora s posebnim enoslednim dvigalom transportirati orodje do orodne kasete v stiskalnici in začeti postopek iztiskovanja novega izdelka.



Slika 7: Orodna kaset

Vir: (Lasten vir)

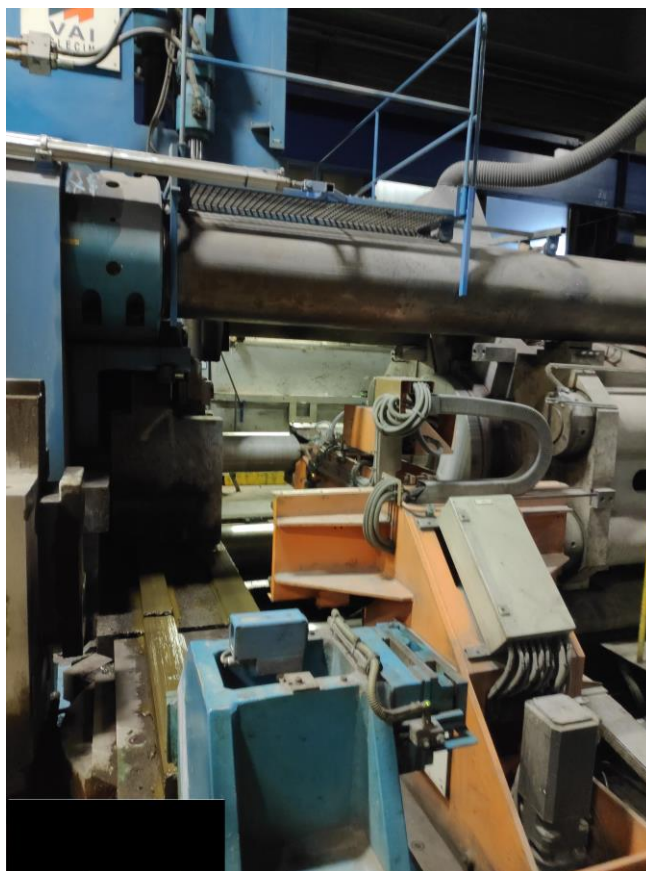
Ojačevalec, ki je vgrajen v orodje, ima na strani odprtino, skozi katero se v orodje vstavi cev, s katero se ojačevalec s pomočjo tekočega dušika hladi in ohranja primerno delovno temperaturo. Hlajenje ojačevalca je potrebno, saj mora tekom procesa ohranjati konstantno temperaturo, da ne pride do napak na površini palic. Če hlajenja ne bi bilo, bi se sam ojačevalec začel med delom pregrevati, odstopanja v temperaturi pa bi privedla do napak na površini palic. Ko je vse pravilno pripravljeno in se orodna kaseta vstavi v stiskalnico, lahko začnemo z iztiskanjem. Na Sliki 6 lahko vidimo okroglice na transportni paleti. Takšna transportna paleta se prestavi na depalitizer, to je stroj za zalaganje peči. Okroglico zagradi hidravlična roka in jo prestavi na progo, ki jo prestavi v predogrevalno peč. V predogrevalni peči kroži vroči zrak s temperaturo približno 500 °C, ki okroglice začetno segreje. Nato se okroglice prestavijo v eno izmed dveh ogrevalnih peči. V prvi ogrevalni peči so postavljeni tehnološki parametri nižji od dejanskih potrebnih, tako da se okroglica greje z manjšo temperaturo od predvidene, da se zagotovi enakomerno gretje okroglice ne samo po površini, ampak tudi v notranjosti. V drugi peči so postavljeni parametri, ki imajo dejansko vrednost odvisno od zlitine in stanja materiala. S tem se zagotovi ustreznost mikrostrukture in kasnejših mehanskih lastnosti materiala. Iz enakomerno in konstantno segrete okroglice dobimo kvalitetnejši izdelek. Ko okroglica doseže predvideno temperaturo, ob pozivu izstopi iz peči.



Slika 8: Transport okroglice

Vir: (Lasten vir)

Ob izstopu iz peči okroglico transportna roka prestavi na dodajalec, tako kot vidimo na sliki. Delo samega dodajalca je, da okroglico zagrabi in jo natančno vstavi v stiskalnico, da se lahko začne proces iztiskanja.



Slika 9: Vstavljanje okroglice

Vir: (Lasten vir)

Ko je okroglica na predvidenem mestu, bat stiskalnice pritisne na okroglico, da jo zadrži na mestu, da se dodajalec lahko odmakne. Temu koraku se reče »pinch« okroglice. Ko se dodajalec odmakne, se recipient zapre in proces iztiskanja se lahko začne. Sam proces iztiskanja je zelo zapleten. Obstaja zelo veliko spremenljivk, na katere mora biti delavec pozoren, če želi kvalitetno izdelan izdelek. Na začetku mora upoštevati in pregledati tehnološke parametre peči ter podane temperature. Upoštevati mora temperaturo samega recipienta, ki se ogreva na štirih različnih območjih, da zagotavlja temperature, potrebne med samim procesom iztiskanja. Možne napake mikrostrukture se lahko pojavijo pri procesu iztiskanja ob nepravilnih parametrih, zato je pri koraku razreza potrebno pravilno vzorčenje materiala za preverjanje mikrostrukture. Pomembna je tudi hitrost iztiskanja; sama hitrost predstavlja hitrost premikanja glavnega bata, izraženo v mm/s. Prevelika ali premajhna hitrost lahko pomeni nekvalitetno površino, mikrostrukturo ali mehanske lastnosti materiala. Ob izhodu iz stiskalnice novo nastali

izdelek pričaka posebna naprava, ki se imenuje izvlačilnik ali »puller«. To je naprava, ki pomaga voditi palice iz stiskalnice. Ta naprava ima v čeljusti nazobčane lamele, ki primejo palico in jo vodijo med časom iztiskanja, hkrati pa ta naprava poskrbi za to, da je iztiskana palica ravna in, da je ne zvija. Pri palicah večjih dimenzij se ob spustu lamel, da se izvlačilnik odmakne, le-te zataknejo, kar povzroči izpad procesa; na palici, ki se iztiskuje, pa ustavitev povzroči odebelitev na mestu prekinitve, takšna palica je neustrezna. Palica potuje skozi vodno kopel, ki jo hladi in hkrati utrjuje, saj ima palica 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. Sam korak iztiskanja se zaključi, ko okroglica doseže dolžino stiskalniškega ostanka. Na koncu morajo hidravlične škarje odrezati ta stiskalniški ostanek. Stiskalniški ostanek je predpisan po dolžini okroglice in se giblje med 50 milimetrov in 150 milimetrov. Ko je ostanek odrezan, izvlačilnik izvleče palico na transportne trakove. Nujno je opazovanje procesa iztiskanja in ali prihaja do kakšnih napak ali odstopanj v tehnoloških parametrih. Prav tako se po končanem iztiskanju novo nastala palica pregleda, ali ima kakšne poškodbe, preveri pa se tudi dimenzija palice. Na Sliki 5 je pod številko operacije 2 zapisana dimenzija, ki jo morajo imeti palice po končanem stiskanju. To dimenzijo je potrebno skrbno spremljati, da ni večja ali manjša od predpisane, vključno s podanimi tolerancami. Dimenzijo preveri delavec s pomičnim kljunastim merilom na začetku iztiskane palice, na koncu in v sredini pa preveri, da je iztisnjen izdelek v tolerančnem območju, ki je predpisan. Na podlagi teh dimenzij delavec na natezno-ravnalnem stroju določi parametre, s katerimi bo stroj ravnal palico in se bo najbolj približal končni dimenziji palic. Delavec v odstotkih določi raztezek palice, ki ga stroj upošteva.



Slika 10: Natezno-ravnalni stroj

Vir: (Lasten vir)

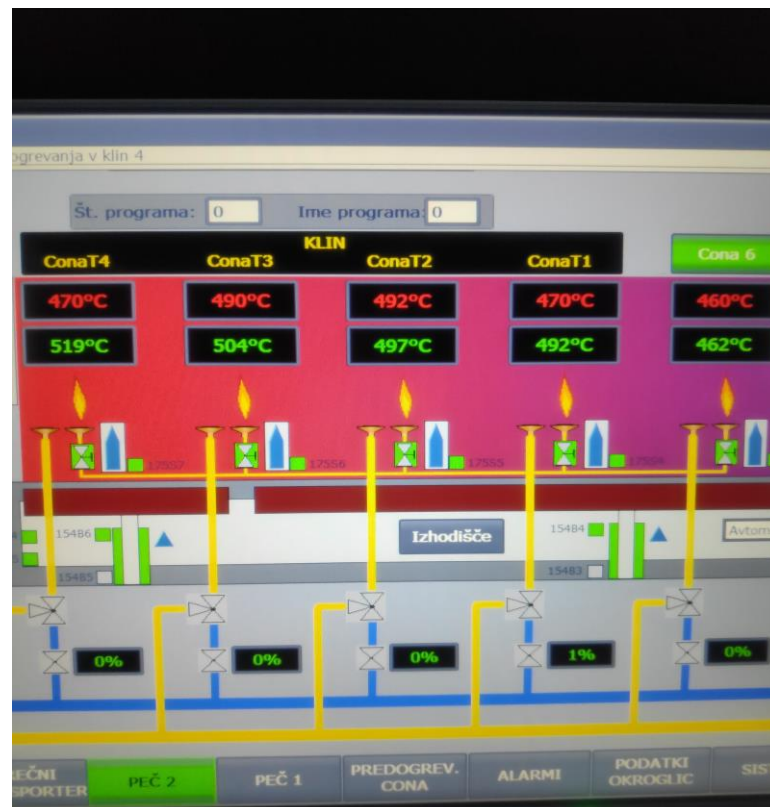
To je pomemben korak, kjer ne smejo nastati nove poškodbe. Prav tako se ne sme zgoditi, da bi se pojavile napake pri ravnanju palic. Ta del procesa je potrebno skrbno opazovati. Po končanem ravnanju se palice preko transportnih trakov prestavijo na vhodno progo linije za razrez. Sledi še eden izmed pomembnih korakov, to je razrez palic na ustrezno dolžino, predpisano po delovnem nalogu. Tudi tukaj se palice spakirajo v pakete, ki jih odpošljemo kupcem. Delo na liniji za razrez predstavlja enega izmed zadnjih korakov v procesu – delavec preko unikatne petmestne številke pregleda vsebino delovnega naloga in pogodbo. V pogodbi so zapisana navodila glede pakiranja palic; podan je ali načrt, po katerem se pakira, ali pa dosledna natančna navodila, ki jim mora delavec slediti. Potem pregleda še posebne zahteve, ki zajemajo štetje komadov ali barvanje koncev palic v ustrezno barvo. Na koncu pregleda še posebne zahteve, ki jih imenujemo kakovostne zahteve. V kakovostnih zahtevah so podane posebne zahteve, ki jih je potrebno upoštevati pri delovnem nalogu. Tukaj so podani podatki o površinskih poškodbah, načinu vzorčenja, dovoljeni teži paketa in ultrazvočnem preverjanju koncev palic. Na podlagi teh zahtev se izvaja preverjanje kakovosti po določenih kriterijih. Upravljalec žage po delovnem nalogu določi dolžino razreza palic z upoštevanjem tolerance. Prav tako je določen minimalni obrez palic spredaj in minimalni ostanek po zadnji koristni dolžini. Zelo pomemben je ostanek palic po zadnji koristni dolžini, saj ne sme biti manjši kot je predpisan. Če je ostanek manjši kot predpisan, se lahko zgodi, da je sama zadnja dolžina palic nekoristna zaradi možnosti napak v mikrostrukturi zaradi same narave direktnega iztiskanja. Ravno zaradi tega je zelo pomembno pravilno vzorčenje materiala, da se zagotovi, da kupec ne dobi nekvalitetnega izdelka, ki bi utegnil škodovati njemu in tudi samemu podjetju. Med razrezom palic se le-te pakirajo na posebni pakirni mizi v pakete primernih dimenzij in teže. Ko palice pridejo po transportnih trakovih do delavcev, jih ta dva, vsak na svoji strani, pregledata za morebitne poškodbe, ki jih delavec na ravnalnem stroju zaradi dolgih dolžin palic morda ni opazil. Ob morebitnih napakah in poškodbah materiala le-tega zavrže, saj takšen material ne sme priti do kupca. Zaradi poškodb na palicah se je že zgodilo, da so palice s površinskimi poškodbami prišle do samega kupca. Upravljalec žage mora spremljati proces razreza, paziti mora na primerno dolžino ostanka spredaj in zadaj, ter paziti na pravilno vzorčenje materiala.

3.2 Določitev kritičnih točk delovnega procesa

Po korakih delovnega procesa sem si ogledal potek dela. S pomočjo zbranih podatkov sem določil kritična mesta, na katerih prihaja do odstopanj in poškodb materiala. Kritična mesta procesa so zame tista, na katerih prihaja do poškodb ali na katerih mestih lahko pride do napak in posledično do nekakovostnega izdelka. Na celotni liniji se pojavljajo točke, na katerih lahko opazim pomanjkljivosti in možnost izboljšav. Velika prednost takšne velike in avtomatizirane linije je sama zmožnost linije, da zbira in hrani podatke o delovnem procesu. Stiskalnica beleži velik odstotek podatkov, ki jih potrebujem pri raziskavi. Beležijo se tehnološki parametri, kot so hitrost bata, temperature v peči 1 in 2 ter v predogrevalni peči. Prav tako se beležijo temperature recipienta v vseh štirih conah. Poleg vseh tehnoloških parametrov se beležijo tudi zastoji, motnje v delovanju, napake in grafi pritiskov med iztiskovanjem. Ključnega pomena na stiskalnici je izmed teh napak izluščiti kritične in jih odpraviti. Z izboljšanjem delovanja in z večjo izkoriščenostjo delovnega procesa bo podjetje lahko zagotovilo visoko kakovostne izdelke, hkrati pa se bo ob zmanjšanju poškodb in napak na materialu zmanjšal tudi sam izmet materiala, tako da si lahko podjetje obeta tudi manjše stroške. Določanje kritičnih točk mora biti uspešno in pravilno predpostavljeno na podlagi opazovanj ter podatkov pregleda korakov delovnega procesa. S pomočjo le-teh lahko uspešno določimo kritične točke.

V začetnem koraku delovnega procesa se pri razrezu določenih zlitin srečamo s temno zaščitno plastjo okoli aluminijevih drogov. Sama zaščitna plast v koraku iztiskovanja merilnim klinom preprečuje, da izmerijo pravilno temperaturo okroglice v koraku gretja okroglic. Tako celoten proces ogrevanja okroglice poteka manj časa kot je za to predvideno, zunanja črna plast se segreje na predvideno tehnološko določeno temperaturo, sama sredica okroglice pa ima temperaturo krepko pod določeno temperaturo. Ob meritvi temperature klini odčitajo pravilno temperaturo in okroglici dovolijo, da izstopi iz peči in, da jo dodajalec vstavi v stiskalnico. Takšna okroglica ima napake v sami mikrostrukturi, medtem ko sama površina ostane nespremenjena. Velika odstopanja so se kasneje pokazala tudi pri preverjanju mehanskih lastnosti zlitine. Takšen slabo segret material je po preizkusih pokazal velika odstopanja od željenih kakovostnih zahtev. Nujna je odprava takšne napake za zagotavljanje kakovosti. Prav tako se pri segrevanju takšnih zlitin pojavljajo temperature, višje od predvidenih, sama sredica okroglice pa je še vedno premalo segreta. Pri naslednjem delovnem koraku – natovarjanju okroglic na palete in nato zalaganju te okroglice v peč – opazim, da ne prihaja do posebnosti. Čas namenim opazovanju ogrevanja okroglic, saj je to najpomembnejši korak v delovnem procesu. Predogrevalna komora zagreva okroglice na približno 500 °C. V predogrevalni komori

ne prihaja do napak ali motenj, ki bi imele vpliv na samo kvaliteto končnega izdelka. Tukaj se okroglice praviloma samo segrejejo, preden vstopijo v ogrevalno peč. Po predogrevanju okroglice ena za drugo prihajajo v peč 1. V peči 1 so postavljeni parametri nižji od dejanskih zaradi temeljitega segrevanja celotne okroglice, v peči 2 pa so postavljeni dejanski parametri zlitine.

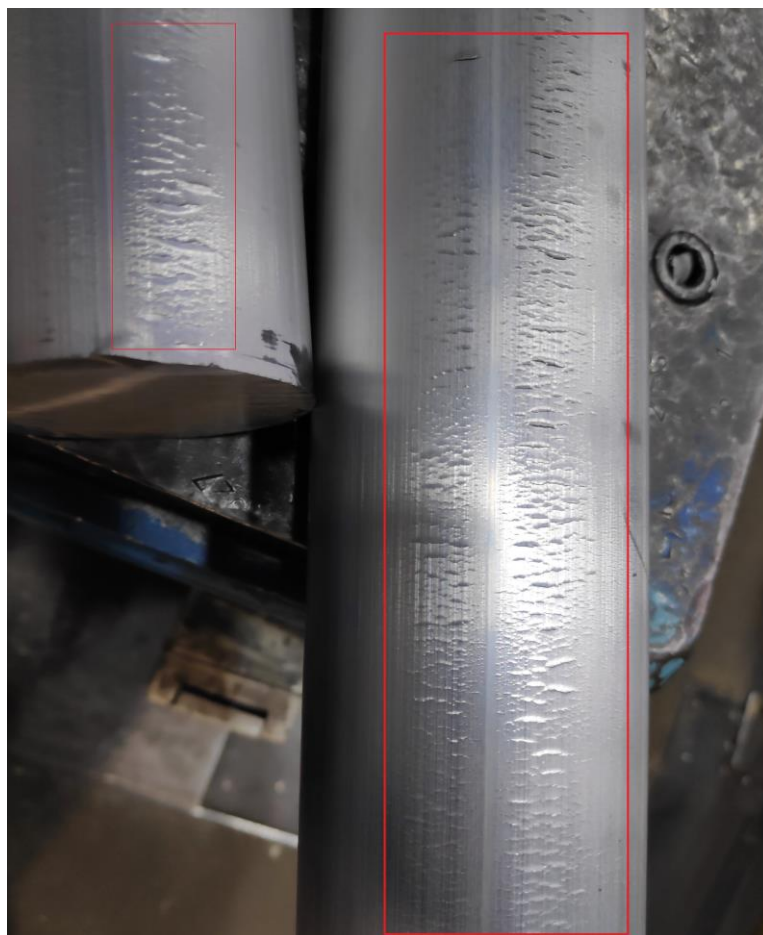


Slika 11: Prikaz temperatur

Vir: (Lasten vir)

Na prikazu temperatur v peči so ločene štiri cone ogrevanja okroglice. Zgornja rdeče označena temperatura je željena temperatura okroglice, spodnja zelena pa trenutna temperatura. Ogrevanje je kritičen korak, saj pri temperaturah med conami ne sme biti prevelika razlika med dejansko in željeno temperaturo. Z odstopanjem temperature se lahko zgodi, da kasneje sama mikrostruktura materiala in mehanske lastnosti ne ustrezajo zahtevam. Tehnologija znotraj stiskalnice mora spremljati te temperature; prav tako mora ustrezno ravnati v primerih odstopanja. Ravno zaradi tega je tudi pri samem razrezu materiala potrebno pravilno in ustrezno vzorčenje materiala. S tem lahko raziskovalni laboratorij lažje sledi spremembam v materialu in tako lahko lažje določimo izboljšave zlitine ali pa samih tehnoloških parametrov. Prav tako se nekatere zlitine ne smejo predolgo segrevati ali ostajati v ogrevalni peči. Opažene so napake, ki so se pojavljale pri obratovalnem režimu praznjenja peči, saj so se samodejno in brez alarma

ugasnile določene cone v pečeh. Naslednji korak je sestava pravilnega orodja glede na delovni nalog. Predpisana dimenzija orodja je vedno večja od dejanske željene zaradi preoblikovalnega faktorja materiala. Zato moramo izbrati orodje, dimenzije več kot 71 milimetrov, da dobimo stiskano palico, primerno za dimenzijo 70 milimetrov. Podjetje ima za namene 55 MN stiskalnice na voljo preko 3.000 kosov različnega orodja. Samo področje orodjarstva je ločeno od procesa iztiskanja in za izboljšave orodij skrbi tim izobraženih ter izkušenih orodjarjev. Orodjar sestavljeno orodje prestavi v ogrevalno peč, ki ogreva orodja na temperaturo od 250 °C do 350 °C, odvisno od zlitine. Ko upravljalec stiskalnice založi orodje v orodno kaseto, se začne najpomembnejši korak v delovnem procesu – iztiskanje izdelka, palice. To je korak v procesu, ki je bil deležen največje pozornosti pri zbiranju podatkov. Določati in spreminjati je potrebno parametre stiskalnice, glede na zlitino in glede na morebitne napake v procesu. Preko petmestne številke delovnega naloga se na stiskalnici določijo tehnološki parametri. Preneseni podatki glede na zlitino in stanje materiala določijo temperaturo peči in hitrost glavnega bata, ki je izražena v mm/s. V tem koraku lahko pride do največ napak, gledano na kvaliteto izdelka in samih lastnosti zlitine. Zaradi tega že ima upravljalec na voljo poseben meni na glavnem zaslonu stiskalnice, kjer lahko s korekcijo željenih parametrov doseže kvaliteten izdelek. Ker pa tukaj še vedno prihaja do napak, je ta korak procesa kritična točka, kjer so še mogoče izboljšave. V nadaljevanju bom prikazal nekaj napak, ki se zgodijo pri iztiskanju palic. Napake se lahko pojavijo zaradi odstopanja legirnih elementov v zlitini ali nepravilne hitrosti pomika glavnega bata. Zaradi prevelike izstopne hitrosti novo nastale palice se pojavijo poškodbe, ki so označene na spodnji sliki. Ko material teče skozi orodje pri preveliki hitrosti, se zaradi višjih temperatur pojavijo nepravilnosti površine in notranjosti palice. Na takšne napake pri iztiskanju vplivajo hitrost glavnega bata, temperatura okroglice, sestava zlitine in gretje recipienta.



Slika 12: Površinske razpoke

Vir: (Lasten vir)

Na Sliki 12 lahko vidimo primer lepo vidnih površinskih razpok na materialu, ki sem jih tudi dodatno označil. Takšna napaka se lahko pojavi zaradi zgoraj omenjenih faktorjev. V tem primeru je šlo za preveliko hitrost glavnega bata, ki je povzročil, da je površina razpokala. Omeniti je potrebno, da se takšne napake pojavljajo predvsem pri trdnejših zlitinah. Trdnejše zlitine zelo težko začnejo teči skozi matrico orodja; ko stečejo, potrebujejo nižje hitrosti premika glavnega bata kot pri mehkejših zlitinah.



Slika 13: Natrgan material

Vir: (Lasten vir)

Na Sliki 13 je prikazan tako imenovan natrgan material. Takšna napaka se pojavi zaradi prevelike temperature recipienta pri menjavi zlitin in zaradi hitrosti pomika glavnega bata. Z določitvijo pravih parametrov se želimo izogniti tovrstnim napakam. Takšne napake zahtevajo korekcijo parametrov in nižje hitrosti premika glavnega bata. Naslednja kritična točka, ki sem jo opazil, je sam izstop palic iz vodnega korita. Izvlačilnik transportira iztisnjene palice na izhodno progo. Pri opazovanju palic sem ugotovil, da so že tukaj nekatere palice poškodovane, nezaželene poškodbe so prečni in dolgi globoki vzdolžni risi. Ravno takšni risi nastajajo pri izstopu, saj konci palic drgnejo ob železno konstrukcijo korita. Kritični koraki si nato kar sledijo. Naslednji korak procesa je natezno ravnanje, ki se vrši s posebnim strojem. Tukaj se ob primeru večžilnega orodja, tri ali več žil, zgodi, da se pri ravnanju palice zaradi natezne sile in zvitih začetkov drgnejo med sabo, kar pusti poškodbe na površini palic. Pri prenosu med transportnimi trakovi se celotna dolžina palice drgne ob drugo, kar pušča poškodbe, kot je prikazano na spodnji sliki. Prav tako bi bila potrebna izboljšava delovnega programa na nateznem stroju, zaradi zastarelega programa in načina dela.



Slika 14: Prikaz prečnih risov

Vir: (Lasten vir)

Na Sliki 14 lahko vidimo, kakšni prečni risi in poškodbe nastajajo na površini palic med delovnimi koraki v proizvodnem procesu. Vsi prečni risi so nastali na istem mestu in so jih povzročili prečni trakovi ter drgnjenje palice ob palico pri natezno-ravnalnem stroju. Po nateznem ravnanju sledi korak razreza palic. Korak razreza palic je kritična točka procesa zaradi primerne dolžine palic in ustreznega vzorčenja materiala. Tukaj so se pojavile napake pri vzorčenju materiala, saj je bil obrez konca manjši kot je bil predpisan; prav tako so se pojavljala odstopanja pri dolžini palic. Po obrezu palic se le-te preko transportnih trakov in valjčne proge prestavijo do zadnjega koraka, ki je pakiranje. Korak pakiranja je zadnji izmed ključnih korakov v procesu, saj tukaj dva delavca vsak na svoji strani pregledujeta palice in iščeta poškodbe, ki so se morda v prejšnjih korakih spregledale. Vsako neustrezno palico izločita v posebno transportno paleto. Z ustreznimi palicami pa s pomočjo pakirne mize oblikujeta transportne enote ali pakete po zahtevah kupcev.



Slika 15: Pakirna miza

Vir: (Lasten vir)

Slika 15 prikazuje pakirno mizo, ki se uporablja kot pripomoček za lažje pakiranje palic. Sama pakirna miza sedi na dvižni mizi, ki se spušča na tehtnico. S pomočjo plastičnih vmesnikov lahko delavec določa širino paketa. Na sliki lahko vidimo tudi transportne trakove in lepo vidno višinsko razliko med transportnimi trakovi ter pakirno mizo. Na tem mestu so se pri predaji palic in potem s spuščanjem palic z višine v pakirno mizo poškodovale še tiste palice, ki so bile ustrezne in kvalitetne. Na spodnjih slikah bodo prikazani primeri poškodb palic z višine. Zaradi več kot 50 centimetrske višinske razlike med transportnimi trakovi in pakirno mizo je prihajalo do poškodb na površini palic. Palice, namenjene za kovane izdelke, ne smejo biti poškodovane, na sami pakirni liniji pa je prihajalo do dodatnih poškodb. Težava pri poškodbah palic za kovanje je v tem, da so zaradi poškodb površine kritični tudi končni kovani izdelki in zaradi tega lahko vsebujejo nepravilnosti. Tudi ob previdnem rokovanju z materialom so se pojavile poškodbe, zato je tukaj nujna izboljšava. Potrebna je posodobitev pakirne mize in same razrezne linije.



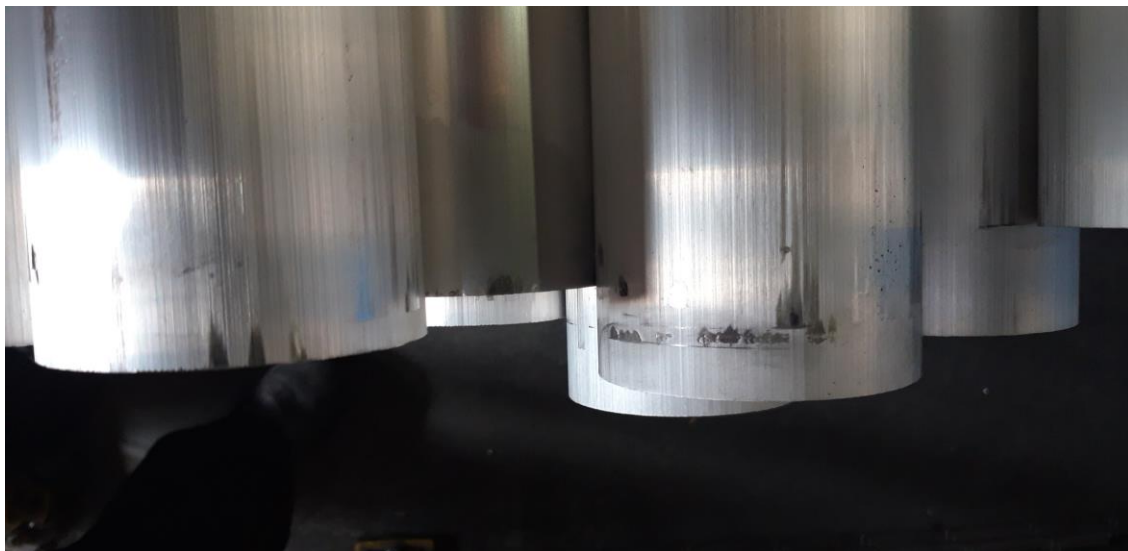
Slika 16: Vzdolžni risi

Vir: (Lasten vir)



Slika 17: Udarec

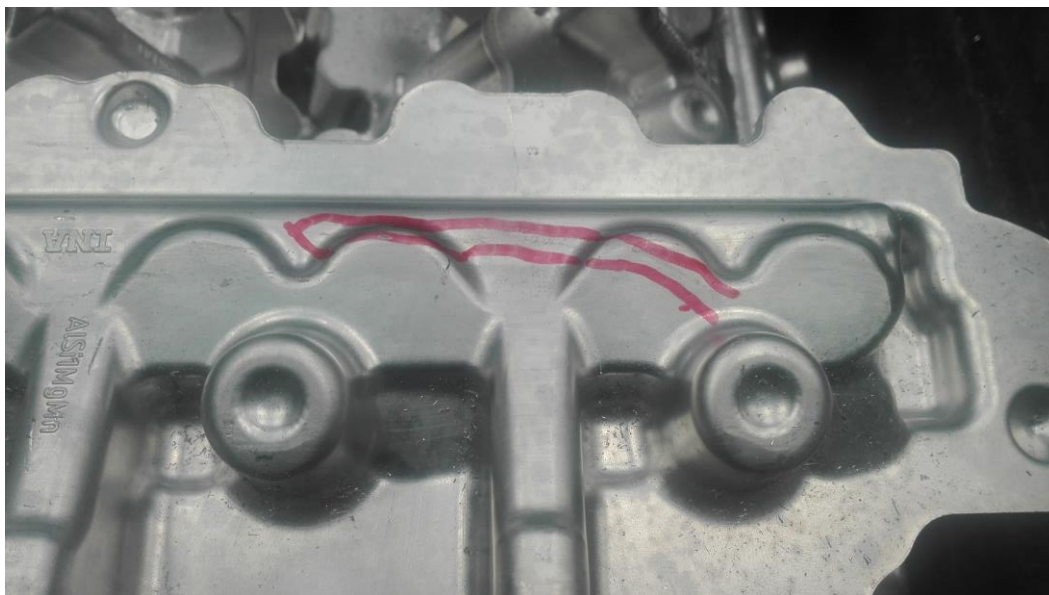
Vir: (Lasten vir)



Slika 18: Poškodbe koncev

Vir: (Lasten vir)

Tukaj vidimo poškodbe palic, ki so nastale pri koraku pakiranja v našem delovnem procesu. Vse fotografije so s strani kupcev, ki so nam poslali dokaze o neustreznosti materiala. Zavedati se moramo, da vsaka poškodba na palici lahko pomeni poškodbo ali neustreznost na končnem izdelku. Kupec palice razreže na manjše kose in iz njih kuje končne izdelke; ti končni izdelki so v zelo velikem odstotku namenjeni avtomobilski industriji. Naši kupci kujejo izdelke za zelo znane proizvajalce avtomobilov. Tukaj kakovost ne sme biti vprašljiva, saj lahko napake pomenijo prenehanje sodelovanja s kupcem. Pri takšnih poškodbah sem se tudi sam vprašal, kaj takšen majhen ris ali poškodba povzroči na končnem izdelku po kovanju. Zaradi narave procesa kovanja se te manjše nepopolnosti na površini palice razširijo ali »razlezejo« in dobimo končni izdelek z veliko večjo napako kot jo je imela palica. Zaradi te napake postane končni izdelek v tej točki šibkejši, kar lahko privede do porušitve izdelka, ko bo le-ta v uporabi. Zaradi uporabe končnih izdelkov v avtomobilski industriji in dimenzioniranja teh izdelkov se takšne napake ne smejo pojavljati. Izboljšava delovnega procesa je iz tega stališča nujna in potrebna. S tem se bosta zagotovila boljša kakovost palic in zmanjšanje odpada.



Slika 19: Končni izdelek

Vir: (Lasten vir)

Napake na končnih izdelkih so nedopustne, sploh pri izdelkih, ki bodo uporabljeni v avtomobilski industriji. Za najbolj kritično točko celotnega procesa se je izkazala ravno pakirna linija na delovnem stroju, zato njej posvečenega veliko časa za ugotavljanje najboljših možnih rešitev. Prav tako se bo na vseh kritičnih točkah procesa poskušalo dokopati do ustreznih rešitev, s katerimi bom lahko preprečil pojavljanje nekakovosti v delovnem procesu. Zaradi velikega izmeta palic na stiskalni liniji bom s pomočjo izboljšav poskusil zmanjšati tudi količino izmeta materiala. S tem bom zmanjšal stroške ponovne predelave aluminija, hkrati pa bom podal primerne rešitve za ugotavljanje pravilnosti tehnoloških parametrov in tudi samega vzorčenja materiala pri razrezu. Pravilno vzorčenje bo pomagalo pri ugotavljanju in sledenju možnih napak pri samem koraku iztiskanja, saj se na vsakem delovnem nalogu in pri vsaki transportni enoti preverja mikrostruktura materiala. Samo s pregledom in poznavanjem delovnega procesa lahko odpravimo ključne napake ter izboljšamo naš končni izdelek. S preverjanjem mikrostrukture lahko določimo in preverimo izračunano vrednost ostanka palic. Po končanem razrezu oziroma po zadnji koristni dolžini materiala nam mora ostati ustrezna dolžina konca palic. Dolžine ostanka se gibljejo med 400 milimetrov in 2000 milimetrov. Tej dolžini ostanka moramo dodati 100 milimetrov za vzorec mikrostrukture in 300 milimetrov za preverjanje mehanskih lastnosti materiala.

3.3 Izboljšave delovnega procesa

Po pregledu vseh korakov delovnega procesa sem določil kritične točke procesa. Same izboljšave se bodo izvajale v teh kritičnih točkah. Stiskalnica je bila postavljena leta 2002 z namenom izdelave palic in profilov za avtomobilsko industrijo ter za izdelavo izdelkov iz trdnjših aluminijevih zlitin. Na sami stiskalnici so se pred mojih prihodom v podjetje že izvajale svojevrstne izboljšave, ki so takrat pomagale pri zagotavljanju kakovosti. Skozi leta se je število naročil enormno povečalo in začele so se izdelovati najrazličnejše oblike ter dimenzije profilov in palic. Kar nekaj posodobitev se je izvršilo v skladu z evropsko zakonodajo in v sodelovanju z večjimi kupci, saj lahko le-ti postavljajo svoje zahteve. Ena večjih iz tega naslova so redni tedenski pregledi stiskalnice. Stiskalnica trenutno dela v štiriizmenskem režimu, kar pomeni, da stroj deluje 24 ur na dan s kapaciteto približno 100 ton ali 500 okroglic dnevno. Zaradi takšnega režima so nujni tedenski pregledi vitalnih delov stiskalnice in celotne linije. Podjetje ima na voljo podporo tima vzdrževalcev, električarjev in strokovnjakov s področja industrijske avtomatike. Ravno v sodelovanju s temi kadri so se izvajale izboljšave, ki jih je prinesla moja lastna raziskava procesa. Ob upoštevanju zbranih podatkov in določitvi kritičnih točk sem si zastavil cilj, da poskusim odpraviti kritične točke za zagotavljanje kakovosti palic. Nemogoče je sam narediti izboljšavo procesa, saj za to potrebuješ ekipo strokovnjakov, ki se potrudijo in poskušajo vnesti rezultate raziskave v obstoječe stanje stroja. Vse posodobitve morajo biti narejene v skladu s predpisanimi zmožnostmi stroja in ne smejo poslabšati trenutnega stanja. Izboljšave so bile nujne zaradi reklamacij in opažanja poškodb materiala. Zaradi tega se je večala količina odpada in dodatnih stroškov. Predlagane izboljšave so bile izvedene v najkrajšem možnem času, da bi imeli čas testirati nove posodobitve in njihovo korist v procesu.

Prva in hkrati najlažja posodobitev je bila izboljšava razreza okroglic. Tukaj sem opazil, da se nekatere zlitine zaradi primešanih legirnih elementov zaščitijo s tanko črno plastjo po litju drogov. Cilj je bil odpraviti to črno plast zaradi natančnejšega merjenja temperature okroglice v peči. Pri samem vlivanju zlitine ne moremo izpustiti teh legirnih elementov. Zaradi tega je morala biti sama rešitev izvedena v koraku razreza okroglic. Delovni stroj je imel možnost struženja okroglic. Možnost struženja je bila vključena v sam delovni stroj zaradi tega, ker je največja dimenzija, ki jo na stiskalnici lahko iztiskajo, 180 milimetrov; za vse dimenzije, večje od le-te, pa se je sama okroglica dimenzije 282 milimetrov postružila na zahtevano. Za odpravo pomanjkljivosti se je za namene testiranja uvedlo obvezno struženje kritičnih zlitin in obvezen pregled z ultrazvočno napravo. Za namene testiranja je podjetje izdalo delovni nalog s tremi

testnimi okroglicami, med katerimi je bila samo ena postružena, da se je odstranila črna plast na površini. Nato je sledilo preverjanje temperatur v koraku segrevanja okroglic v zadnji peči. Nepostruženi okroglici sta sporočali motnjo, medtem ko je stružena okroglica dosegla zahtevano temperaturo. Nato so po testiranju vzorcev ugotovili, da je stružena okroglica dosegla zahtevane rezultate pri preverjanju mikrostrukture in pri mehanskih lastnostih. Nepopolnost je bila odpravljena tako, da je sedaj za te kritične zlitine zahtevano obvezno struženje zgornje plasti okroglice. Ta izboljšava koraka preprečuje napačno odčitavanje temperature okroglice. V primeru črne plasti je okroglica navidezno dosegla izstopno temperaturo preden je bila le-ta dosežena. S tem korakom so bile odpravljene napake med procesom gretja. Sam proces ogrevanja okroglic je kritična točka, v kateri ne sme prihajati do odstopanj. Med pregledom gretja v pečeh sem opazil, da se temperatura gretja okroglice giblje med 10 °C in 20 °C nad in pod predvideno temperaturo. Za temperature, ki so nad ali pod tem območjem, sam korak sporoči motnjo z zvočnim in vizualnim signalom ter opisom napake. S tem opisom napake upravljalec ve kje in kakšna je napaka; tako segreto okroglico je dodajalec vstavil v stiskalnico. Po pregledu gretja okroglice smo podali hitro rešitev, in sicer, da se ob pojavu motnje v gretju okroglice prekliče klic okroglice. Tako ima upravljalec čas preveriti kje je napaka. V primeru prevelikega odstopanja ponovno izvede meritve temperature okroglice. Prav tako preprečimo nastanek nekvalitetne palice. Okroglica izstopi šele, ko je njena temperatura v mejah. Ob večkratnih zaporednih napakah v meritvah se pojavi napaka za menjavo termoelementa. Takrat se zamenjajo naprave za odčitavanje temperature. Prav tako sem pri praznjenju peči ob predvidenih zaustavitvah iz zbranih podatkov iz stiskalnice opazil, da se cone v pečeh samodejno ugašajo. To pomeni, da se okroglice niso segrevale po predvidenih parametrih. Prav tako ni bilo nobenega alarma ali motnje procesa. Zato se je naredila posodobitev režima praznjenja peči, v novi posodobitvi je preprečen izklop con v pečeh zaradi spremembe režima obratovanja, prejšnje stanje programa pa je bila posledica napake v programski opremi proizvajalca. Prav tako so se posodobila in dopolnila navodila za praznjenje peči. Pri koraku iztiskanja so se pojavljale napake, kar se tiče neustrezne površine. S tem mislim predvsem na pojav spokane površine in pojav mehurjev, ki sta najpogostejši napaki. Zaradi lažjega pregleda nad procesom se je za začetek predlagal števec tehnoloških parametrov, kjer lahko v realnem času spremljaš procentualno korekcijo hitrosti glavnega bata. Za lažje prepoznavanje napačnih parametrov so se dodali alarmi med samim procesom. V primeru, da je klic okroglice prehiter in sama okroglica čaka pred stiskalnico, se na komandni plošči prižge alarm, ki oznani neustrezno okroglico, ki se mora na koraku pakiranja obvezno izločiti. Prav tako se alarm prižge tudi, če proces iztiskanja kaj prekine. To je nujno, saj na palicah nastane deformacija, oziroma

odebelitev, ki ji pravimo sklep. Ta alarm je postavljen zaradi tega, ker je zaradi prejšnjih napak v peči, kjer je bil omogočen klic okroglice, okroglica prehitro zapustila peč. Ko okroglica zapusti peč, se začne ohlajati s hitrostjo 20 °C na minuto; če okroglica po več kot minuti na zraku ni vstavljena v stiskalnico, se pojavi alarm. Alarm ne prekine stiskanja, sporoči pa motnjo na sami stiskalnici in tudi na natezno-ravnavalnem stroju, izdelek iz te okroglice pa se mora zavreči na koraku pakiranja. Torej, tukaj lahko vidimo, da so se nekoč skupni alarmi razbili na več posameznih alarmov znotraj procesa. Med samim procesom so se okvirno določili tudi časi trajanja posameznega koraka. S tako razbitimi alarmi je lažje spremljanje procesa in ugotavljanje najpogostejših napak. Z zbiranjem teh podatkov in njihovo analizo bo lahko v prihodnje lažje prilagajati delovni proces. Znotraj samega upravljanja stiskalnice so se vršile posodobitve upravljanja in korigiranja tehnoloških parametrov med samim procesom iztiskanja materiala. Pri pregledu korakov korigiranja tehnoloških procesov sem ugotovil, da so ključni podatki za korekcijo procesa razdeljeni po več menijih znotraj stiskalnice. Kot predlog je podan prenovljen meni, ki na enem mestu združuje vse pomembne podatke za spremembo.

The screenshot displays a software interface for monitoring and adjusting forging technology parameters. The title bar reads "PREGLED AKTUALNE TEHNOLOGIJE". The interface is organized into several sections with various input fields, dropdown menus, and checkboxes.

PREGLED AKTUALNE TEHNOLOGIJE			
D.N.: [redacted]	ZLITINA: [redacted]	DOLŽINA OKROGLIC: [redacted]	ŠT. OKROGLIC: 46
TRDA ZLITINA: NE	TEMP. OKROGLICE SPREDAJ: [redacted]	TEMP. OKROGLICE ZADAJ: [redacted]	STANJE: H KZ: 8 UZ: N
OBLIKA: PALICE ZA KOVANJE	STANJE IZDELKA: T1	POSEBNA ZAHTEVA: X	
DIMENZIJA: [redacted] + [redacted] X	0.00mm + 0.00mm	ŠIFRA OBLIKE: 55	
ŠT. ORODJA: 9650	ŠT. ŽIL: 1	PREOBLIKOVALNI FAKTOR: [redacted]	DUŠIK: [redacted]
TEMP. RECIPIENT 1_3: [redacted]	TEMP. RECIPIENT 2_4: [redacted]	UPOŠTEVANJE ALARMA: DA	
PRITISK GNETENJA: 140bar	KOREKCIJA GNETENJA: 0mm	HITROST GNETENJA: 50.00%	
NAČIN ODZRAČEVANJA: ODZRAČ.1	FREKVENCA LOČEVANJA ST. PL.: 10	OMEJITEV PRITISKA: 302bar	
RAMPA ZA HITROST: 5s	DOLŽINA OSTANKA: [redacted]	HITROST STISKANJA: [redacted]	
MENJAVA/ČIŠČENJE ORODJA: 0	MAZANJE RECIPIENTA: 0	MAZANJE ŠKARJ: 1	
REDUKCIJA HITROSTI ZAČETEK: 0%	DOLŽINA REDUKCIJE: 0.0m		
REDUKCIJA HITROSTI KONEC: 15%	DOLŽINA REDUKCIJE: 3.0m		
IZVLEK SKOZI VODNO KORITO: 0%	ZAČETNI IZVLEK SKOZI VODNO KORITO: 0%	VODNA PAVZA: 78sek	

Slika 20: Prenovljen meni

Vir: (Lasten vir)

Prikaz prenovljenega menija na enem zaslonu ponuja spremembe podatkov, za katere si moral včasih prebrskati tri zavihke programa. Najpomembnejši podatki za spremembo so redukcija

hitrosti in dolžina redukcije. S tem lahko upravljalec prilagaja hitrost iztiskanja na določeni dolžini palice. Po navadi na dolžini palice, kjer se lahko pojavijo napake ali poškodbe, prikazane na prejšnjih slikah. Prav tako si lahko v posebnem meniju upravljalec ogleda vse delovne naloge, ki so vstavljeni v krmilje stiskalnice, ter že po izkušnjah spremeni določene parametre, ki se upoštevajo samo na nalogu, na katerem ga nastaviš. S to posodobitvijo na stiskalnici se izognemo morebitnim napakam pri začetku delovnega naloga zaradi iskanja ustreznih podatkov; prav tako to omogoča hitrejši odziv v primeru napak na palicah. Nato se prestavimo do izvlačilnika. Kot sem že omenil, je to posebna naprava pri izhodu stiskalnice, ki »prime« palice in jih vodi med procesom iztiskanja.



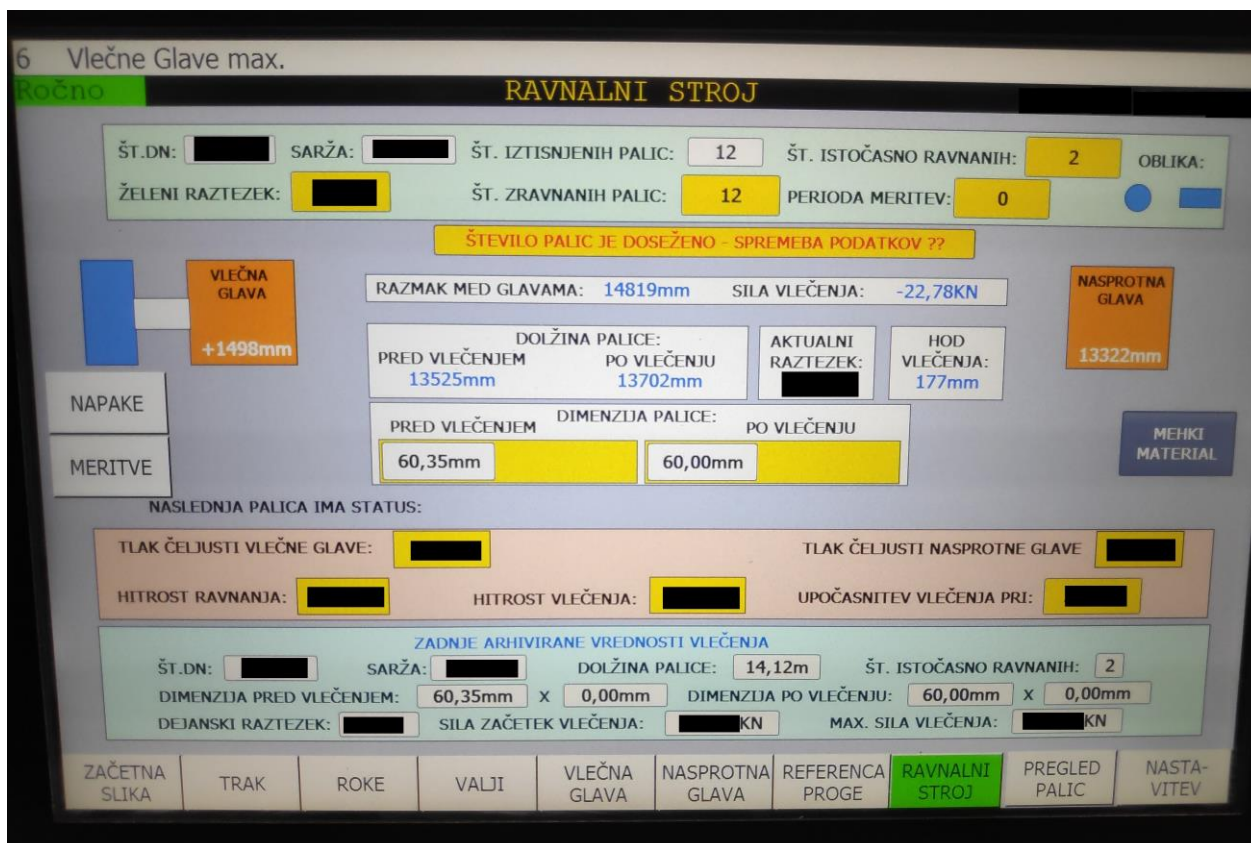
Slika 21: Izvlačna naprava

Vir: (Lasten vir)

Naša stiskalnica uporablja dva izvlačilnika, ki izmenično vodita palice do iztočne proge. Ob dimenzijah palic nad 150 milimetrov se lamele klešč, ki primejo palico, rade zataknejo ali zaradi oblike palic ali pa zaradi tesnega ujema. Ob tej napaki se na komandnem pultu prižge alarm za napačno delovanje lamel. Ta alarm zaustavi iztiskanje nove okroglice, kar povzroči, da na materialu nastane napaka, ki ji v žargonu rečemo sklep. Sklep je odebelitev celotnega prereza palice zaradi prekinitve iztiskanja. Temu se želimo izogniti, saj je takšna palica nekoristna in jo moramo zavreči. S pregledom delovanja lamel poskušam določiti in izoblikovati rešitev tega problema. Predlog izboljšave po zbranih podatkih je predstavljen v nadaljevanju. Zaradi

nazobčanosti lamel v izvlačilniku ob premiku naprej lamele še trdneje primejo palico. Zato morajo za popustitev narediti premik v nasproti smeri, kar bi morale razbremeniti lamele in spustiti palico za nemoten odmik naprave. Po koncu iztiskanja palice izvlačilnik palico pripelje do transportnih trakov, kjer pa namesto, da začne cikel zapiranja lamel, kot je bilo prej, začne cikel kratkega premika nazaj proti stiskalnici, da sprostí lamele. Ta korak postopka se je izkazal za učinkovit. Premik izvlačilnika je sprostil lamele, ki so se odprle brez pojava alarma, sam cikel pa je nemoteno, brez prekinitev tekel naprej. V istem koraku sem opazil tudi vzdolžne poškodbe, ki so nastajale zaradi železne konstrukcije vodnega korita, skozi katerega potujejo palice, da se ohladijo. Tukaj se je pri izhodu iz korita namestil dodaten valjček, ki privzdigne palice, da le-te ne drgnejo po konstrukciji korita.

Naslednja večja izboljšava, ki se je izvedla, je bila sprememba programske opreme natezno-ravnalnega stroja. Predlog spremembe je bila posodobitev programa in lažje delo s strojem. Posodobitev natezno-ravnalnega stroja je potekala v dveh korakih. V prvem koraku je ekipa podjetja za industrijsko avtomatizacijo izvedla posodobitev programa. Ob zbiranju podatkov iz nateznega stroja je analiza podatkov pokazala, da je delo s strojem potrebno poenostaviti. To se je storilo tako, da se je preko stroja zbiralo podatke o zlitinah. Potem je podjetje izoblikovalo unikaten program s posodobljenimi meniji in novimi funkcijami stroja. V drugem koraku pa se je natezno-ravnalni stroj povezal s podatki iz stiskalnice. Natezno-ravnalni stroj sedaj, preden se začne delovni proces, v tem koraku iz podatkov stiskalnice prenese podatke o orodju, številki delovnega naloga in številko šarže. S tem je omogočeno natančno zbiranje podatkov o dimenzijah palic in aktualnih raztezkih materiala. Ob spremembi orodja ali številki šarže se na ekranu z ustrezno barvo označi palica, za katero to velja. Nadaljnje upravljanje s strojem je onemogočeno, dokler ne potrdiš podatkov. Takšna sledljivost omogoča nenehno prilagajanje procesa za doseganje največje možne kakovosti izdelkov, ki se izdelujejo na takšni liniji.



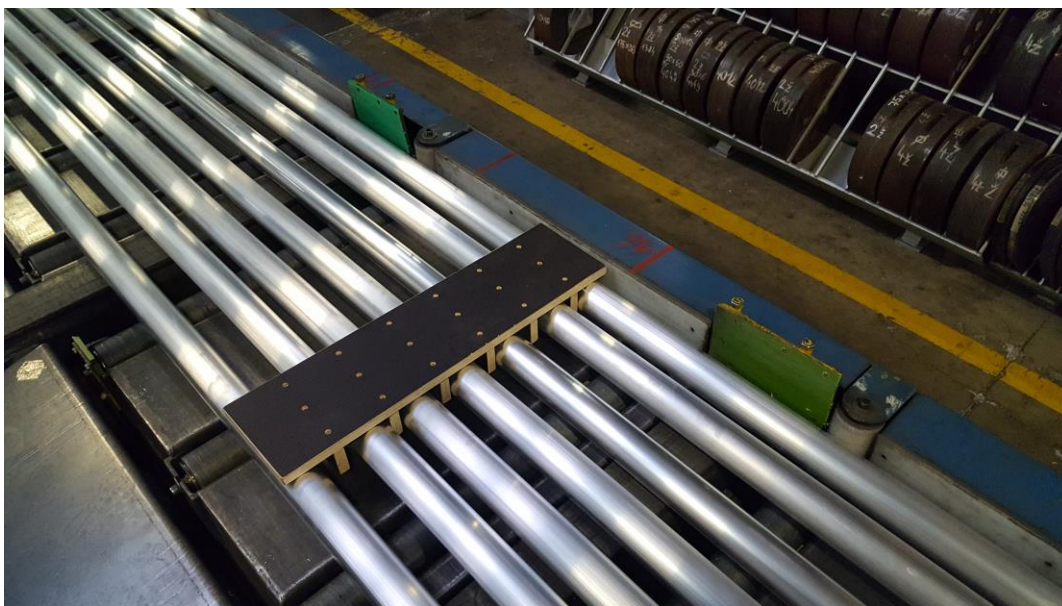
Slika 22: Prenovljen program nateznega stroja

Vir: (Lasten vir)

Sedaj natezni stroj spremlja proces glede na podatke iz stiskalnice. V primeru novega delovnega naloga se prva palica delovnega naloga obarva modro. Ob izbiri modre palice le-ti izpišejo podatki te palice; ti podatki so delovni nalog, šarža in število žil orodja. Podatke mora delavec prevzeti, da se v natezni stroj pripišejo vrednosti za hitrost ravnanja, hitrost vlečenja in vrednost upočasnitve stroja. Te vrednosti so si različne glede na zlitino materiala. Pred vlečenjem palice mora delavec premeriti palico s pomičnim merilom in v stroj vpisati srednjo vrednost meritev. Na podlagi izmerjenih vrednosti določi raztezek palice v odstotkih. Ko to stori, vpne vsak konec palice v čeljust. Zgornja čeljust je premična čeljust, spodnja pa je vlečna; tista, ki opravlja delo. Ko sta oba konca vpeta, delavec sproži stroj, da začne cikel ravnanja, glede na podatke, ki mu jih je določil. Z vgrajenimi senzorji stroj meri natezno silo, zato začne meriti vrednost raztezka, ko palice zapustijo območje plastičnosti. Ravnanje poteka po korakih; najprej je prednateg palic, nato je ravnanje, po končanem ravnanju pa vlečna glava popusti in obe čeljusti se odpreta. Po končanem ravnanju prve palice so onemogočeni transportni trakovi, dokler delavec ponovno ne preveri dimenzijo in vpiše podatek v stroj. Vsi podatki vsake palice na delovnem nalogu se arhivirajo, kar omogoča izboljšave nateznega ravnanja v prihodnosti. Poleg tega stroj prejema tudi podatke o dolžini iztisnjene palice; iz tega podatka pa stroj sam določi položaj premične

glave nateznega stroja. Po prejemu podatkov zadnje palice v zavihku nasprotna glava izbereš gumb »izračun pozicije«; v ta izračun pozicije je všteti sam odmik, ki predstavlja dolžino čeljusti. Tako se zagotovi, da celotna površina čeljusti zagrabi palico. Prav tako se nasprotna glava sedaj samodejno zaklene v položaju, ki je izračunan. Ker starejši program te funkcije ni imel, je moral delavec preko parametrov palic na stiskalnici spremljati dolžino iztisnjene palice ter tej vrednosti odšteti 800 milimetrov, da je lahko določil položaj nasprotne glave. Tak način dela je bil zamuden; prav tako se je ob manjših delovnih nalogih kakšen podatek lahko spremenil in delavec ni imel vrednosti, na katero bi postavil nasprotno glavo stroja. Pri ravnanju palic iz mehkejših zlitin se izklopi funkcija prednatega, saj sta sama hitrost in moč prednatega dovolj, da palica ni več v tolerančnem območju. Maksimalna sila ravnanja znaša 1700 KN. Nastajanje prečnih risov ob prehodu med transportnimi trakovi se je odpravilo z metodo mehke predaje palic. To pomeni, da se začetni trak vrti dokler pri naslednjem transportnem traku ne pride palica do senzorja. Takrat se začeta oba trakova vrteti z isto hitrostjo za nežni prehod med trakovi. S to izboljšavo nateznega ravnanja je dosežen manjši izmet palic zaradi neustrezne dimenzije in zaradi poškodb, ki so tukaj nastajale.

Po teh izboljšavah smo pri razrezu in pakiranju palic še vedno delavci opazili poškodbe na površini palic. Sicer ni bilo opaženih prečnih risov, ampak sledi drgnjenja palice ob palico. Po hitri analizi vidnega sem ugotovil, da prihaja do poškodb med transportom do razrezne linije. Po računalniški analizi proge smo ugotovili, da proga nima nastavljenih maksimalnih obremenitev in sama ne spreminja hitrosti potovanja palic po progi. Do teh poškodb je prišlo zaradi več dejavnikov. Prvi dejavnik je bila hitrost valjčne proge, saj se je zaradi tega včasih kakšna palica zataknila ali padla iz proge ter s tem poškodovala še druge. Drugi dejavnik za poškodbe so bili zviti začetki palic. Tem zvitem začetkom se ne moremo izogniti zaradi narave procesa, s samim nateznim ravnanjem pa se tudi ne zravnavajo popolnoma. Zaradi hitrosti proge in zvityh začetkov so palice med potovanjem do žage skakale po progi in se drgnile ena ob drugo. Tako smo določili možen ukrep za preprečevanje teh poškodb. Izdelal se je prototip pripomočka, ki se je kasneje preuredil, da je bolj uporaben. Ta pripomoček omogoča, da na vhodno progo žage gre natanko 7 palic, ki so med sabo na začetku in koncu ločene, med vsako palico pa je minimalno 30 milimetrov razmaka. Zaradi tega več ne prihaja do medsebojnega stika med palicami in površina ostane nedotaknjena.



Slika 23: Distančniki na progi

Vir: (Lasten vir)

Z distančniki med palicami smo dosegli, da se palice med sabo več ne drgnejo, z izboljšavami razrezne linije pa smo v programsko opremo uspešno vnesli merilec obremenitve valjčne proge. Merilec obremenitve deluje tako, da dopušča maksimalno težo glede na tekoči meter proge. Sama proga je dolga 30 metrov in ob preveliki obremenitvi začetka vožnje palic po progi zmanjšuje hitrost. Ob preveliki teži palic na progi se le-ta ne bi niti premaknila. Za enožilna orodja, kot je videno na sliki, je maksimalno število palic na progi 7. To pomeni, da je sedem okroglic maksimalno število, ob večžilnem orodju pa je število okroglic na progi 5. S tem močno zmanjšamo poškodbe na površini palic; v primeru enožilnih orodij pa se poškodb popolnoma znebimo.

Ena izmed največjih izboljšav se je izvajala v koraku razreza in pakiranja palic. V teh korakih je prihajalo do odstopanj od željenega. Obrez palic, predpisan po delovnem nalogu, se ni upošteval, kar je privedlo do napačnega vzorčenja materiala; prav tako je prihajalo do odstopanj pri dolžini materiala. Ob preverjanju in načinu dela se je izkazalo, da avtomatika linije ne deluje dobro, na samem koraku pakiranja palic pa so nastale nove poškodbe. Izboljšava tega koraka se je začela z namestitvijo novega sistema za mazanje lista med obratovanjem žage. Prejšnji sistem je bil zastarel in je porabil ogromno količino rezalnega olja. Zaradi tega so na koncih palic ostajali madeži od olja in fini ostružki, ki so poškodovali površino palic. Opaženo je bilo tudi, da se sami žagini listi hitro izrabijo. Novo nameščen sistem mazanja žaginega lista bolj optimalno izkorišča olje in tudi ostanka olja na palicah je veliko manj. Poleg sistema mazanja so bile menjane vse dovodne cevi in nameščene učinkovitejše šobe za razpršitev olja. Zaradi

velike potrebe po delovanju avtomatike se je podjetje odločilo za posodobitev programa žage, posodobitve je izvajalo isto podjetje kot pri programu za natezno-ravnalni stroj. Posodobil se je celoten sistem avtomatike, prav tako so se v program vključile dodatne izboljšave in blokade za kakovostnejše delo na liniji. Kot sem že prej omenil, se je dodala omejitev teže na tekoči meter proge in zmanjševanje hitrosti valjčne proge. Zaradi preprečevanja obrabe žaginega lista se je v samem programu žage dodal števec obremenitve žaginega lista. Ob preveliki obremenitvi žaginega lista, torej ob napačni določitvi parametra pomika žaginega lista glede na dimenzijo palic, sedaj žaga sama po obremenitvi motorja ustrezno zmanjšuje ali povečuje pomik. S takšnim načinom samodejnega prilagajanja in posodobljenega mazanja žaginega lista se zmanjšuje obraba žaginega lista. Postopek razreza palic je bil kritičen zaradi prehitrega odmika poravnalne naprave ob pričetku cikla žaganja, prav tako je bil omogočen začetek cikla žaganja kljub temu, da poravnalna naprava še ni do konca poravnala palic. S posodobitvijo avtomatike so se v program vnesle posodobitve in izboljšave žaganja. Po novem je onemogočen cikel žaganja, če poravnalna naprava ni v zahtevanem položaju. S pričetkom cikla žaganja se poravnalna naprava po novem ne odmakne, ampak ostane na mestu dokler žagin list ne prične z razrezom materiala. Izvedena je bila tudi korekcija postavitve poravnalne naprave do milimetra natančno tako, da sta željena in dejanska dolžina razreza palic enaki. Pred izboljšavo je bilo odstopanje od dejanske in željene mere tudi do 4 milimetre. Sedaj odstopanja ni več; odstopanja prav tako ni več v odvozu materiala po valjčni progi žage. Slika 18 prikazuje odstopanja v odvozu palic po progi in poškodbe, povezane s tem. Z menjavo pogonskega motorja je bila ta napaka odpravljena. Pri razrezu so bile opažene napake glede vzorčenja materiala. Rešitev za pravilno vzorčenje je bila podana v okviru posodobitev na zahtevo kupcev. Tako se je nad progo namestil laserski označevalnik, ki se postavi na dolžino ostanka po delovnem nalogu. V povezavi z njim je tudi kamera, ki fotografira ostanek po zadnji koristni dolžini. Fotografija ostanka je kot dokazilo, da je bilo vzorčenje pravilno izvedeno; ta fotografija gre tudi v pregled h kupcu. Prav tako so se pri nekaterih zlitinah kljub pravilnemu vzorčenju pojavljala odstopanja. Zaradi tega se je tukaj predlagalo, da se za mehanske vzorce jemlje večja količina vzorcev, vsak iz svoje okroglice. Takšno spremljanje vzorčenja in povečana frekvenca vzorčenja se je izkazala za odličen predlog, saj od takrat dobimo precej manj zahtev za ponovno vzorčenje materiala. Najučinkovitejša izboljšava se je izvajala na zadnjem koraku v delovnem procesu, in sicer na pakirni liniji. Pakirna linija na stiskalnici je sestavljena iz posebne pakirne mize in tehtnice. Težava je bila v pakirni mizi in višinski razliki med transportnimi trakovi ter dnom mize. Težava se je odpravila s posodobitvijo dvizhnih rok tehtnice. Na dvizhne roke so se namestili posebni podaljški, ki se ob tehtanju tare dvignejo skoraj

do transportnih trakov. Zaradi tega imamo manjšo višinsko razliko med mizo in trakovi, s tem pa tudi posledično občutno manj poškodb materiala.



Slika 24: Izboljšava pakirne mize

Vir: (Lasten vir)

Na sliki je vidna odprava višinske razlike. S to izboljšavo so se zmanjšale poškodbe zaradi udarcev palic ena ob drugo in ob pakirno mizo. Za namene dodatne zaščite se med vrstami palic vstavljajo posebni kartoni, ki še dodatno zmanjšujejo poškodbe. Ta izboljšava je izboljšala tudi prej zahtevno delo, saj se sedaj miza dvigne tako visoko, da za popravke paketa ni potrebna sključena drža. Izboljšava pakirne mize je znatno zmanjšala poškodbe, ki so nastajale na materialu. Prav tako so vse ostale izboljšave pripomogle k povečanju kakovosti materiala in izdelkov, ki jih izdeluje naša stiskalnica. Količina izmeta na stiskalni liniji se je znatno zmanjšala. Zaradi tega bom v naslednjem poglavju predstavil vpliv izboljšav na količino izmeta in zmanjševanje stroškov podjetju.

3.4 Vpliv izboljšav v proizvodnem procesu na količino izmeta

Izboljšave, ki so se izvajale na stiskalni liniji, predstavljajo skupno korist podjetju in povečujejo kakovosti izdelkom, ki se tukaj izdelujejo. Natančen pregled delovnih korakov v zaporedju je prispeval k različnim rešitvam za zmanjševanje izmeta na liniji. V preteklosti se je podjetje srečevalo z veliko količino odpadnega materiala, ki je nastal med delovnim procesom. Do tega je prihajalo v različnih korakih in marsikdaj se je kakšen poškodovan izdelek tudi spregledal ter odposlal h kupcu, kot je bilo razvidno iz prejšnjih slik poškodb. V postopku reklamacije je podjetje moralo dodatno izdelati količino odpadnega materiala, ki ga je odkril kupec, kar je pomenilo dodatne nepotrebne stroške podjetju. Vse poškodbe in neustreznosti, ki se med procesom pojavijo ter izločijo, se morajo ustrezno ločiti in tudi skladiščiti. Celoten proces rokovanja z izmetom poteka tako, da se poškodovane in neustrezne palice odlagajo v posebne transportne palete ter ločujejo po zlitinah. Ko je takšna transportna paleta polna ali se menja zlitina, se mora odstraniti in skladiščiti. Skladiščenje izmeta ali »škarta« je potrebno zaradi tega, ker se palice dolžin med 3000 milimetrov in 7000 milimetrov na posebni žagi razžagajo na dimenzije med 1500 in 2000 milimetrov. Takšne kratke palice se nato zvežejo v posebne pakete, ki se transportirajo v livnico za ponovno pretaljevanje. Skladiščenje izmeta zavzema dragocen prostor za skladiščenje ostalega kakovostnega materiala.

Zaradi štiriizmenskega režima delovanja stiskalnice in dnevne kapacitete do 100 ton je za pričakovati veliko količino neustreznega materiala, ki nastane na liniji. Količina izmeta se je iz dneva v dan spreminjala, saj se vsak dan ne iztiskuje material, ki je kritičen. Pod kritičen material štejemo trde zlitine in zlitine, ki se iztiskujejo na večžilno orodje. Za prikaz vpliva izboljšav bom predpostavil, da se vsak dan iztiskuje material, ki je kritičen. Tako bodo rezultati natančnejše prikazani in boljše bo viden tudi vpliv izboljšav. Omeniti je potrebno, da bodo prikazane vrednosti izmeta med najmanjšo in največjo zabeleženo, dejanska količina med procesom pa je se je gibala znotraj teh dveh vrednosti. Med 8-urnim delavnikom se na stiskalnici iztisne od 15 do 30 ton materiala; pred izboljšavami je bila količina izmeta, če primerjamo z iztisnjeno količino, približno 7 % do 10 %. Takšen odstotek izmeta znaša med 1000 in 3000 kilogrami, kar pomeni ena do dve transportni paleti, ki se morata skladiščiti. V celotnem dnevu je količina izmeta od 3000 kilogramov do kar 9000 kilogramov ali 6 transportnih palet. Zaradi takšne količine izmeta je bilo tudi nujno potrebno izboljšati celoten proces. 9 ton neustreznega materiala podjetju prinese stroške in ne dobička. Upoštevati se mora, da podjetje lansira takšno količino materiala, jo iztisne in nato zaradi neustreznosti zavrže. To pomeni, da se mora proces za ta delovni nalog ponoviti, da se dodatno iztisne količina, ki

manjka po delovnem nalogu. Sami stroški dela v celotnem podjetju Impol so leta 2019 znašali 67,5 milijonov evrov (Kadring, 2020). Tukaj so vključeni vsi stroški, ki nastanejo zaradi dela. Sam izmet predstavlja del teh stroškov, ki jih z izboljšavami želimo znižati. Za vpliv izboljšav na izmet materiala moramo najprej opredeliti glavne razloge za izmet materiala. Glavni razlog izmeta, ki predstavlja okoli 90 % celotnega izmeta, so nedovoljene poškodbe materiala, kot so prečni risi, vzdolžni risi, udarci, drgnjenje palice ob palico in zvite palice. Ostalih 10 % izmeta so razne napake v tehnologiji in tehnoloških parametrih – sem prištevamo razpoke na površini in dvoplastnost, kot posledica nepravilnih tehnoloških parametrov. Cilj izboljšave procesa je bil zmanjšanje stroškov zaradi neakovostnega materiala ter zmanjšati količino izmeta na stiskalnici. Zaradi takšnih ciljev so se izboljšave izvajale na najbolj kritičnih korakih, kjer prihaja do največ poškodb na samem materialu. Zmanjšanje in odprava takih poškodb sta pripomogla k zmanjšanju neustreznega materiala. S pomočjo zgoraj naštetih in opredeljenih izboljšav smo na delovnem mestu spremljali nastanek ter količino neustreznega materiala. Odkrili smo naslednje stvari.

Količina izmeta po izboljšavah se je znatno zmanjšala. Prejšnji obseg izmeta med 3 tonami in 9 tonami se je zmanjšal na vsega 2 toni dnevnega izmeta. Med izmetom so bile palice s poškodbami, ki smo jih opazili prej, vendar ne v tako velikem številu. Ostale prisotne poškodbe so bili še vedno vzdolžni risi, ampak ne tako izraziti kot prej. So se pa takšne palice morale izločiti zaradi kakovostnih zahtev kupca. Delež izmeta je predstavljal tudi višek materiala po delovnem nalogu, kar se je prej zgodilo redko. Takšna količina izmeta predstavlja velik korak pri izboljšavi procesa. Prejšnji podatki kažejo do 9 ton izmeta materiala na dan ob predvidenih kritičnih dimenzijah palic in kupcev. Po opravljenih izboljšavah procesa smo videli, da pridemo do 2 ton izmeta na dan. Ta številka predstavlja približno 23 % vrednosti prejšnjega izmeta, kar pomeni več kot 50 % izboljšanje prejšnjega stanja. Samo zmanjšanje količine izmeta je bilo s tem doseženo. Zaradi izboljšav je manj izmeta na liniji, posledično imamo boljše izkoriščen delovni proces in tudi samega dopolnjevanja delovnih nalogov več ni. Stroški, ki so nastali pri skladiščenju in ponovni predelavi izmeta, so se tudi zmanjšali. Ni bilo potrebe po skladiščenju velike količine palet, prav tako se je sama količina materiala zelo zmanjšala. Ponovna predelava materiala, ki se je izločil, je bila zaradi tega veliko manjša kot pred meseci. Sami stroški izboljšav so v našem obratu znašali več kot 80.000 €, na letni ravni pa se letos pričakuje 10 odstotno zmanjšanje stroškov dela in s tem povezanih dejavnosti. Več bo znano prihodnje leto v letnem poročilu. (*prav tam*)

4 SKLEP

Celotno diplomsko delo opredeljuje različne načine izboljšav, ki so se izvajale na 55 MN stiskalni liniji v podjetju Impol PCP. Na stiskalni liniji so se pojavljale poškodbe in napake na iztisnjenih palicah, kar pa zaradi doseganja visoke kvalitete in zahtev kupcev seveda ni sprejemljivo. Doseganje dobavnih rokov je danes zelo pomembno. Ob zadostni odpremljeni količini materiala moramo upoštevati tudi kvaliteto le-tega. Na liniji, kjer sem sam tudi zaposlen, sem se zato odločil izvesti izboljšavo procesa, da bi se znebili poškodb na palicah in napak pri vzorčenju materiala. Načini izboljšav so predstavljeni glede na podatke, ki sem jih zbral tekom moje raziskave. Izboljšave so se izvajale na kar nekaj korakih v proizvodnem procesu. Na mestih, kjer so se izvajale, sem po izbranih podatkih določil kritično točko. Kritične točke so bile postavljene na mestih, ki so najbolj vplivali na samo kakovost in stanje izdelka, ko je le-ta zapustil ta korak. Same izboljšave niso univerzalne, kot je bilo videno tudi tukaj. Vsakemu podobnemu stroju in procesu ne moremo pripisati enakih ali podobnih izboljšav. Izboljšave, predstavljene v tem diplomskem delu, so bile individualno zasnovane izključno za namen 55 MN stiskalne linije. Izboljšave so bile preverjene in se trenutno z zbiranjem podatkov dodatno izboljšujejo. Z izboljšavo procesa na stiskalni liniji sem želel doseči naslednje stvari. Želel sem raziskati in boljše spoznati delovni proces na stiskalni liniji ter odpraviti poškodbe in neustreznosti materiala. Skozi mojo raziskavo sem imel možnost, da si ogledam in raziščem vse korake, ki nastopajo v proizvodnem procesu v našem obratu. Prav tako sem kasneje s predlogi izboljšav odpravil poškodbe in neustreznosti na materialu.

V diplomskem delu so predlagani različni možni načini izboljšave korakov v delovnem procesu na 55MN stiskalnici. Glede na zaloge zlitin in naročila kupcev se tukaj izdelujejo različne dimenzije palic, ki po trenutnih izboljšavah in količini izmeta kažejo izboljšanje glede na prejšnje stanje. Cilji diplomskega dela so bili zmanjšanje izmeta na stiskalni liniji, zmanjšanje stroškov zaradi nekakovosti, določanje pravilnosti tehnoloških parametrov, določiti pravilno vzorčenje, poiskati načine izboljšav, zmanjšati obrabo celotne linije in povečati kakovost izdelkov. Z zagotovostjo lahko rečem, da smo uspešno dosegli vse zastavljene cilje. Količina izmeta na stiskalni liniji se je zelo zmanjšala. Zmanjšali so se tudi stroški, saj ni več takšne količine izmeta. Pravilnost tehnoloških parametrov je bila dosežena z dodajanjem aktualnih števecov pri pomiku glavnega bata in obremenitvi žaginega lista na razrezu. Prav tako so se posodobili nekateri meniji znotraj stiskalnice in nateznega stroja, kar omogoča natančnejše upravljanje s strojem. Kot dodatek se sedaj pospešeno zbirajo podatki na vseh korakih delovnega procesa ravno zaradi določanja pravilnejših tehnoloških parametrov. Določili smo

tudi pravilnejše in ustrežnejše vzorčenje materiala. Pravilnost vzorčenja smo dosegli z laserskim označevalnikom, ki se pred razrezom materiala postavi na vrednost dolžine ostanka. V povezavi z laserjem deluje tudi varnostna kamera, ki fotografira konce palic in jih arhivira za potrebe preverjanja vzorčenja ter za dokazilo kupcu. Pri nekaterih zlitinah smo povečali frekvenco vzorčenja. Poiskali smo tudi različne načine izboljšav, uspešno smo določili korake za preprečevanje prevelike obrabe delovnih strojev. Določili smo zmanjšanja in določitev obremenjenosti valjčne proge ter zmanjševanje pomika žage glede na obremenjenost žaginega lista. Vse to prispeva k manjši obrabi delov strojev, seveda pa deloma tudi doprinese k manjšim stroškom, saj je manj vzdrževanja in menjav delov.

Potrdim lahko vse hipoteze svojega diplomskega dela. Pri izdelavi palic so zelo pomembni tehnološki parametri. To hipotezo smo dokazali, ko smo govorili o napakah pri iztiskovanju. Ob nepravilnih tehnoloških parametrih ne dobimo kakovostnega izdelka. Pravilno vzorčenje in preverjanje materiala je nujno za izboljšave, s pravilnim vzorčenjem in preverjanjem mikrostrukture lahko na osnovi ugotovljenih podatkov določijo za to odgovorni ljudje spremembe znotraj same zlitine. Takšne spremembe so smotrne samo takrat, ko izboljšajo stanje materiala. Zaradi tega je pravilno vzorčenje nujno. Zadnja hipoteza je bila, da pregled delovnega procesa pomaga ugotavljati in odpravljati napake. Kot sem že omenil, je odprava napak pri nekakovosti izdelkov nujna. Zaradi tega poznavanje ter pregled delovnega procesa omogočata hitrejšo odpravljanje napak, ki lahko nastanejo. Uvedlo se je natančno zbiranje in arhiviranje podatkov stiskalnice, natezno-ravnalnega stroja in žage kot najpomembnejših delov linije. Ugotovil sem, da se napake pri delovnem procesu pojavljajo na najbolj nepredvidenih mestih in ravno ta mesta so bila ključna pri poškodbah materiala. Skozi korake procesa sem opazil raznorazne poškodbe in napake na materialu, ki jih je bilo potrebno odpraviti. Po analizi izbranih podatkov in po vpeljavi delovnih izkušenj sem podal ključne predloge izboljšav, ki so se kasneje vpeljale v delovni proces. Po vpeljavi predlogov izboljšav je podjetje preverjalo učinkovitost ter doprinos teh izboljšav.

V okviru izboljšav so se uvedle naslednje spremembe v načinu dela na stiskalni liniji: v koraku razreza okroglic so se določile kritične zlitine, ki potrebujejo posebno obdelavo. Te kritične zlitine se morajo postružiti, da se na njih odstrani zaščitna temna plast, prav tako pa se velika večina materiala pregleda z ultrazvočno napravo, da se zagotovi kakovost vstopne surovine. Če nadaljujemo po korakih delovnega procesa, smo potem na koraku segrevanja okroglic na novo določili alarme in motnje ogrevanja, dodatno pa se je posodobil sistem praznjenja peči v primerih zaustavitve linije. Nato se prestavimo na korak iztiskanja, kjer se je posodobil meni

za prilagajanje tehnoloških parametrov in namestil števec aktualne tehnologije, ki prikazuje odstopanja parametrov v realnem času. Ključen korak nateznega ravnanja je dobil posodobitev programske opreme in nove senzorje za zaznavanje natezne sile. Trenutno se vsi podatki ravnanja palic beležijo in arhivirajo za nadaljnje izboljšave. Največje izboljšave je bila deležna razreznna linija. Tukaj se je posodobil režim avtomatskega delovanja, dodale so se blokade določenih korakov ter namestila se je varnostna kamera z laserskim označevalnikom za pravilnejše vzorčenje materiala. Del izboljšav je dobila tudi pakirna miza, na katero so se namestili podaljški dvižnih rok, ki zmanjšujejo višinsko razliko med mizo in transportnimi trakovi. S tem je bilo doseženo, da se palice med spustom v pakirno mizo ne poškodujejo.

Z izbranimi podatki, ki so bili obravnavani v diplomskem delu, ugotavljam, da je s skrbnim in natančnim pregledom procesne linije mogoče natančno določiti kritična mesta, na katerih prihaja do odstopanj od željenega. Takšna mesta, ki se smatrajo za kritična, so na podlagi analiziranih podatkov dobila svojevrstne izboljšave. Izboljšave so pripomogle k temu, da so se zmanjšale poškodbe na površini palic, hkrati pa se je povečala sama kakovost izdelanih palic. Vsi predlogi izboljšav so bili skrbno pregledani in preverjeni s strani vodilnih v podjetju. To je bilo nujno potrebno, saj smo se vedno bolj srečevali s poškodbami materiala. Ob izboljšanju površine materiala se je hkrati izboljšalo tudi samo vzorčenje materiala ter določilo natančnejše tehnološke parametre na stiskalni liniji. Izboljšave je podjetje označilo kot koristne in jih je tudi sprejelo.

5 BIBLIOGRAFIJA

Čivić, D. (2014). Analiza izbranih postopkov masivnega preoblikovanja. Maribor, Maribor, Slovenija: UM, Fakulteta za strojništvo. Pridobljeno iz <https://dk.um.si/Dokument.php?id=67656>

Impol 2000, d. d. (18. julij 2020). *Vizija podjetja*. Pridobljeno iz Impol: <https://www.impol.si/podjetje-impol/vizija/>

Impol 2000, d. d. (5. avgust 2020). *Zgodovina podjetja*. Pridobljeno iz Impol: <https://www.impol.si/podjetje-impol/zgodovina/>

K. Saha, P. (2000). *Aluminium Extrusion Technology*. Ohio: ASM International.

Kadring. (11. 10 2020). *Impol*. Pridobljeno iz Letno poročilo 2019: https://www.impol.si/app/uploads/2020/04/LP_2019-SKUPINA-IMPOL_SLO_splet_nova.pdf