

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR**

**DETEKCIJA IN ODPRAVA RAZPOK NA
ODKOVKU OJNICE IZ ALUMINIJEVE ZLITINE
2014**

Kandidat: Stanislav Bučar

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: mag. Jože Ravničan, uni. dipl. inž. str.

Mentor v podjetju: Peter Mlakar

Lektor: Milena Furek, prof. slovenščine

Maribor, 2019

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Stanislav Bučar sem avtor diplomskega dela z naslovom **Detekcija in odprava razpok na odkovku ojnice iz aluminijeve zlitine 2014** in sem ga napisal pod mentorstvom mag. Jožeta Ravničana.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah, Ur. l. RS, št. 16/2007; v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia, skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. a čl. ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomskega dela na spletnem portalu – e-portal šole.

Maribor, februar 2019

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se Vam, mentor g. mag. Jože Ravničan, uni. dipl. inž. str., za vso strokovno pomoč, korektnost in čas, ki ste mi ga namenili pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi vsem zaposlenim na Višji strokovni šoli Academia za ves trud in razumevanje.

Posebna zahvala gre tudi mojemu mentorju v podjetju g. Petru Mlakarju, dipl. inž. str. in delodajalcu, Stampal SB, d. o. o., ki je omogočil, da je študij ob delu nemoteno potekal.

Prav tako se zahvaljujem Mileni Furek, prof. slovenščine, za lektoriranje diplomske naloge.

In nenazadnje hvala mojim najdražjim, ki so mi ves čas študija stali ob strani in me podpirali.

POVZETEK

V diplomskem delu opisujemo postopek kovanja aluminijevih zlitin, nastanek napak pri kovanju, njihovo detekcijo s pomočjo kontrole s tekočimi penetranti in njihovo odpravo s spremembami na kovaškem orodju, ki niso vplivale na obliko končnega izdelka.

Kovanje je eden najstarejših postopkov plastičnega preoblikovanja kovinskih in nekovinskih materialov, pri katerem surovec v plastičnem stanju preoblikujemo v želeno obliko. Za proizvodnjo manjših serij se uporablja predvsem prosto kovanje, kjer orodje za preoblikovanje nima neposredne povezave z obliko odkovka. Za veliko serijsko proizvodnjo uporabljamo utopno kovanje, pri katerem dobi odkovek svojo končno obliko tako, da ga v večstopenjskem procesu udarjamo v orodje – utop. V veliki večini kovanje še vedno poteka ročno, torej za kovanje potrebujemo kovača, vendar z razvojem novih tehnologij tudi v kovaški industriji se vse bolj uveljavlja kovanje z roboti, ki se uporabljajo predvsem za kovanje v veliko serijski proizvodnji.

V diplomskem delu se bomo osredotočili na utopno kovanje aluminijeve zlitine 2014.

Odkovki iz aluminijeve zlitin v avtomobilski industriji vse bolj izpodrivajo odkovke iz jekla. V proizvodnji motociklov in koles so jeklene odkovke praktično že povsem nadomestili.

Ugotovili smo, da imamo v proizvodnem procesu povečan izmet zaradi razpok na odkovkih, ki so kovani iz aluminijeve zlitine 2014. V raziskavo problema je zajeta vhodna surovina, ki je v obliki palic različnih dimenzij in oblik. Predvidevali smo, da na nastanek razpok pri kovanju vplivajo tako trdota vhodnega materiala kakor tudi geometrija orodja, sila, potrebna za preoblikovanje, in temperatura surovca. Izložili smo operacije, ki sledijo po kovanju, saj so razpoke na odkovkih bile vidne po obrezovanju odvečnega materiala. Operacija obrezovanja je naslednja operacija po kovanju.

Detekcijo napak smo izvedli po obrezovanju z vizualno kontrolo in s preiskavo s pomočjo fluorescentnega penetranta.

V preiskavi smo preverili tudi stabilnost procesa. Osredotočili smo se na nihanje debeline, temperature odkovka, silo, potrebno za preoblikovanje, in temperaturo orodja.

Z odpravo razpok bi v bližnji prihodnost lahko zmanjšali kontrolo nad odkovki s tekočimi penetranti, tako da bi uvedli le vzorčno kontrolo, s katero bi občutno zmanjšali čas, ki je potreben za izdelavo odkovka.

Ključne besede: kovanje, odkovek, aluminij, korekcija, razpoka

ABSTRACT

DETECTION AND ELIMINATION OF CRACKS IN PRESSED PART SHAFT MADE FROM ALUMINUM ALLOY 2014

In the diploma thesis I will describe the process of aluminum alloys forging, occurrence of defects in forging, their detection with the help of control with liquid penetrants and their elimination by making changes in forging tools that have not affected the shape of the finished product.

Forging is one of the oldest plastic deformation of metallic and non-metallic materials, in which we shape a plastic stock into the desired form. Small series are mostly produced with free forging, where the tools have no direct effect on the shape of the pressed part. Large series products are made with drop forging, in which the pressed part gets its final form after being shaped by a die in a multi-stage process. Most often, forging is still done manually, meaning there is still a need for a blacksmith to do the forging, however, the development of new technologies in the forging industry introduced forging with robots, which are mostly being used for forging in large series production.

In the diploma thesis, I will focus on drop forging of aluminum alloy 2014.

Pressed parts from aluminum alloys in the car industry increasingly replace steel pressed parts. In production of motorcycles and bicycles, steel pressed parts have already been virtually completely replaced.

I noticed in the production process, that we have increased scrap due to cracks in pressed parts made from aluminum alloy 2014. When conducting the problem research, I included raw material in the form of rods of various dimensions and shapes. I anticipated that the occurrence of cracks in forging is influenced by both the hardness of the raw material as well as the geometry of the tool, the force required for shaping, and the temperature of the stock. I did not include the processes followed after forging, as the cracks in pressed parts were already visible after trimming the redundant material. Trimming is the next step after forging.

I performed error detection after trimming with visual control and with inspection using a fluorescent penetrant.

I also checked the stability of the process during the research. I focused on the thickness fluctuation, the temperature of a pressed part, the force required for shaping, and the tool temperature.

By eliminating cracks, it would be possible to reduce inspection of pressed parts using fluorescent penetrants in the near future, by introducing only sample control which would significantly reduce the time needed to produce a pressed part.

Key words: forging, pressed part, aluminum, correction, crack.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	OPREDELITEV OBRAVNAVANE ZADEVE	12
1.2	NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA	12
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	12
1.4	PREDVIDENE METODE IN RAZISKAVE	12
2	POSTOPEK KOVANJA	13
2.1	PREDSTAVITEV PODJETJA	15
2.2	OPIS PROIZVODNJE IN POSTOPEK KOVANJA	17
2.3	SISTEM VODENJA KAKOVOSTI- ZAHTEVE (SIST EN ISO 9001:2015).....	22
2.3.1	Uvod	23
2.3.2	Zveza z drugimi standardi	23
2.3.3	Izrazi in definicije.....	23
2.3.4	Kontekst Organizacije	24
2.3.5	Voditeljstvo	24
2.3.6	Planiranje sistema vodenje kakovosti.....	24
2.3.7	Podpora	24
2.3.8	Delovanje	25
2.3.9	Ocenjevanje izvedbe	25
2.3.10	Izboljševanje.....	25
2.4	ZNAČILNOSTI ZLITINE 2014.....	26
2.5	DETEKCIJA NAPAK Z FLUORESCENTNIMI PENETRANTI	29
2.5.1	Izbira postopka penetriranja	30
2.5.2	Linija za penetrantsko preiskavo.....	31
2.5.3	Priprava izdelka za preiskavo.....	31
2.5.4	Postopek penetrantske preiskave.....	31
2.5.5	Kontrola preizkusnega sistema.....	33
2.5.6	Kriteriji za evaluacijo (vrednotenje).....	34
2.5.7	Možne napake pri preiskavi z fluorescentnimi penetranti na odkovkih iz aluminijevih zlitin	35
3	NASTANEK IN ODPRAVA RAZPOK NA OJNICI	37
3.1	OPIS PROBLEMA	37
3.2	PREVERJANJE STABILNOSTI PROCESA	38
3.3	VZORČENJE VHODNEGA MATERIALA.....	42
3.4	KOREKCIJA KOVAŠKEGA UTOPA	48

3.5	PRIPRAVA SUROVCEV ZA KOVANJE (ŽARJENJE)	51
3.6	KOVANJE IN PREVERJANJE VZORCEV PO KOREKCIJI ORODJA	51
4	SKLEP.....	53
5	LITERATURA IN VIRI.....	55
6	PRILOGE	57
	PRILOGA 1: »POROČILO PENETRANTSKE PREISKAVE NDT REPORT«.....	57
	PRILOGA 2: »POTRDILO O USPOSABLJANJU: PENETRANTSKA KONTROLA NIVO 1+2, QTECHNA 2010«	58

KAZALO TABEL

TABELA 1:	KEMIJSKA SESTAVA IN MEHANSKE LASTNOSTI ALUMINIJEVE ZLITINE 2014.....	29
TABELA 2:	VRSTE PENETRANTOV, VMESNIH ČISTI IN RAZVIJALCEV	30
TABELA 3:	MIKROSTRUKTURA IN ZRNATOST PRED IN PO ŽARJENJU	43

KAZALO GRAFOV

GRAF 1:	NAPAKE PRED KOREKCIJO ORODJA	38
GRAF 2:	PRIKAZ TEMPERATURE SUROVCEV	41
GRAF 3:	PRIKAZ DEBELINE ODKOVKOV	41
GRAF 4:	GAUSS SPC DEBELINA ODKOVKA	42
GRAF 5:	NAPAKE NA ODKOVKIH PO KOREKCIJI ORODJA	52

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	ODKOVKI ZA INDUSTRIJO KOMPRESORJEV	16
SLIKA 2:	KOVAŠKA LINIJA Z PLINSKO PEČJO ZA GRETJE SUROVCEV	18
SLIKA 3:	UTOPNO ORODJE	19
SLIKA 4:	PREDVIDEN PROCES.....	22
SLIKA 5:	INDIKACIJA RAZPOKE NA OJNICI.....	33
SLIKA 6:	KONTROLNI BLOK ŠT. 2	34
SLIKA 7:	D31/T1/ZAČETEK /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X	43

SLIKA 8: D31/T1/ZAČETEK /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X	43
SLIKA 9: D31/T1/ZAČETEK /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X	44
SLIKA 10: D31/T1/ZAČETEK /SREDINA /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK /SREDINA /VZDOLŽNO /	44
SLIKA 11: D31/T1/KONEC /ROB /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/ KONEC /ROB /PREČNO /MIKRO 100X	44
SLIKA 12: D31/T1/KONEC /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/ KONEC /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X.....	45
SLIKA 13: D31/T1/KONEC /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/ KONEC /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X	45
SLIKA 14: D31/T1/KONEC /SREDINA /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/ KONEC/SREDINA /VZDOLŽNO /MIKRO 100X	45
SLIKA 15: D31/T1/ZAČETEK /ROB /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK /ROB /PREČNO /MIKRO 100X	46
SLIKA 16: D31/T1/ZAČETEK/SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X	46
SLIKA 17: D31/T1/ZAČETEK /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK/ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X	46
SLIKA 18: D31/T1/ZAČETEK /SREDINA /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/ZAČETEK/SREDINA/VZDOLŽNO /MIKRO 100X	47
SLIKA 19: D31/T1/KONEC /ROB /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/KONEC /ROB /PREČNO /MIKRO 100X	47
SLIKA 20: D31/T1/KONEC /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X IN D31/O/KONEC /SREDINA /PREČNO /MIKRO 100X.....	47
SLIKA 21: D31/T1/KONEC /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/KONEC /ROB /VZDOLŽNO /MIKRO 100X	48
SLIKA 22: D31/T1/KONEC /SREDINA /VZDOLŽNO /MIKRO 100X IN D31/O/KONEC /SREDINA /VZDOLŽNO /MIKRO 100X.....	48
SLIKA 23: ŠIRINA PRETOKA PRED KOREKCIJO ORODJA.....	49
SLIKA 24: ŠIRINA PRETOKA PO KOREKCIJI ORODJA	50
SLIKA 25: PRIKAZ ŠIRINE IN DEBELINE PRETOKA	50

1 UVOD

Aluminij je najbolj razširjena barvna kovina, ki jo v svetovnem merilu presega le proizvodnja železa. Zaradi dobrih lastnosti aluminijevih zlitin se njegova uporaba v različnih vejah gospodarstva iz leta v leto povečuje. Prednost aluminija pred drugimi kovinami je tudi v recikliranju. Pridobivanje sekundarnega aluminija iz odpadnega primarnega ima pomembno vlogo na tržišču. Sekundarni ali reciklirani aluminij ima povsem enake fizikalne lastnosti kot primarni.

V proizvodnem procesu kovanja smo zaznali porast števila razpok na odkovkih, ki so bili kovani iz aluminijeve zlitine 2014. V nadaljevanju naloge bo opisan postopek raziskave in ukrepi za njihovo detekcijo s pomočjo neporušitvene metode s penetrantsko preizkavo in njihovo preprečitev s korekcijo orodja.

Kovanje je eden najstarejših postopkov preoblikovanja kovin brez odvzemanja materiala. Poznamo več postopkov kovanja kot so, prosto kovanje, kovanje v hladnem, kovanje v toplem in utopno kovanje. Pri kovanju izdelek dobi večjo trdnost, vlakna niso prekinjena, struktura je gostejša kot pri izdelkih, ki jih izdelamo s postopki odrezavanja. Odkovki lahko prenašajo večje obremenitve kot odlitki ali izdelki, izdelani s postopki odrezavanja. Materiale, ki smo se jih odločili preoblikovati s kovanjem, morajo imeti dobre preoblikovalne lastnosti v vročem, toplem ali hladnem stanju. Materiali so kovni, če se pri segrevanju povečuje njihova gnetljivost in zmanjšuje trdnost. Med kovne materiale štejemo jeklo, baker, bron, med in aluminijeve zlitine.

V diplomski nalogi se bomo posvetili utopnemu kovanju aluminijeve zlitine 2014 v vročem stanju, njenim značilnostim in uporabi. Za kovanje odkovkov iz aluminijevih zlitin uporabljamo zlitine, primerne za gnetenje. Pri kovanju različnih zlitin moramo upoštevati temperaturo segrevanja surovcev za kovanje, saj ta ni enaka za vse zlitine in ima razpon približno med 315 °C in 530 °C. Velik vpliv na kakovost odkovka ima ustrezna temperatura orodja in pravilna izbira maziva za mazanje utopov med kovanjem. Za utopno kovanje aluminijevih zlitin lahko uporabljamo različne tipe kladiv in stiskalnic, vendar se za kovanje aluminijevih zlitin uporabljajo predvsem različne izvedbe stiskalnic.

V nadaljevanju bo predstavljeno podjetje Stampal SB, d. o. o., in posamezne delovne faze in orodja, ki jih uporabljamo za izdelavo odkovkov, potrebno dokumentacijo, ki spremlja odkovek

od vhodnega materiala do prodaje. Paleta izdelkov je raznolika in obsega od odkovkov za kolesa do odkovkov, ki se vgrajujejo v prestižne znamke avtomobilov.

Za detekcijo nepravilnosti oziroma razpok na odkovkih poznamo več vrst preiskav. V nadaljevanju bomo opisali postopke neporušitvene preiskave s pomočjo penetrantov. Izbira postopka preiskave in vrste penetranta je odvisna od velikosti serije, vrste napak, ki jih želimo odkriti, velikosti serije in mesta preiskave oziroma velikost izdelka. V primeru preiskave razpok na ojnica je izbran postopek fluorescentnega tekočega penetranta, ki je bil edini smotrni glede na količino odkovkov za pregled. Postopek preiskave smo izvajali na ročni liniji za penetrantsko preiskavo. Opisali bomo možne napake, ki lahko nastanejo pri pregledu odkovkov iz aluminijevih zlitin, kontrolo preizkusnega sistema in kriterije za vrednotenje napak na odkovkih.

V tretjem poglavju bomo opisali vzroke za nastanek razpok na odkovkih iz aluminijeve zlitine 2014 in postopke za njihovo odpravo. Zastavljeni cilj ni bil samo zmanjšanje števila odkovkov z razpokami, ampak popolna odprava razpok in s tem posledično skrajšanje potrebnega časa za izdelavo odkovka z ukinitvijo dodatnih obdelovalnih postopkov in 100 % kontrole s penetranti. To se lahko doseže samo v primeru, da se napaka popolnoma odpravi in se v nadaljnjih serijah ne pojavlja več.

V veliko pomoč pri preiskavi problema je bila uporaba statističnih metod za obvladovanje delovnega procesa, ki jo uporabljamo v našem podjetju. Uporaba statističnih metod obvladovanja procesa je v današnji industriji nepogrešljiva. Uporabo in obvladovanje statističnih metod zahtevajo kupci, saj niso pripravljeni kupovati izdelkov od proizvajalcev, ki ne obvladujejo stabilnosti procesa in karakteristik proizvoda. S spremljanjem podatkov, ki jih vodimo skozi delovni proces, lahko spremljamo variacije procesa in preprečujemo neskladnosti v skladu z njihovimi naravnimi omejitvami.

Preiskavo problema smo po pregledu podatkov glede debeline in temperature surovcev za kovanje, ki niso pokazali večjega odstopanja, omejili na vhodni material oziroma trdoto vhodnega materiala, kovaško orodje – utop, temperaturo orodja in surovcev za kovanje in silo, potrebno za preoblikovanje na stiskalnici za kovanje.

V nadaljevanju sledi kovanje vzorcev žarjenega in nežarjenega material pred korekcijo utopa za kovanje in po njej in predstavitev rezultatov preizkusa.

Zaradi boljšega pregleda smo posamezne vrednosti in podatke podali v obliki tabel in grafov.

1.1 Opredelitev obravnavane zadeve

V diplomskem delu bomo obravnavali nastanek in odpravo razpok pri kovanju ojníc iz aluminijeve zlitine 2014 s korekcijo kovaškega orodja, nastavitve ustreznih parametrov na stroju in pripravo materiala za kovanje (žarjenje).

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen raziskave je odprava razpok pri kovanju ojníc iz Al zlitine 2014 s korekcijo kovaškega orodja, priprava vhodnega materiala za kovanje in detekcija razpok na ojnici s pomočjo fluorescentnega tekočega penetranta.

Cilji:

- odkriti vzrok nastanka razpok;
- odprava vzroka z korekcijo orodja;
- priprava vhodnega materiala za kovanje.

1.3 Predpostavke in omejitve

Z diplomsko nalogo smo prikazali način reševanja praktičnega problema, s kateri smo se srečali pri svojem delu. Predpostavljamo, da razpoke na odkovkih nastanejo zaradi orodja, previsoke trdote vhodnega materiala in temperature obdelovanja.

Omejitve se lahko pokažejo pri pomanjkanju ustrezne literature in virov iz področja kovanja aluminija.

1.4 Predvidene metode in raziskave

V diplomski nalogi smo uporabili naslednje metode raziskovanja:

- metoda deskripcije in opisovanja;
- pridobivanje spoznanj in stališč iz strokovne literature;
- vzorčenje;
- primerjanje dejstev.

2 POSTOPEK KOVANJA

Kovanje je eden najstarejših postopkov preoblikovanja kovin brez odvzemanja materiala (4000 let p. n. št.), pri katerem s plastično deformacijo z enim ali več zaporednimi udarci kladiva ali kovaške preše dobimo želeno obliko obdelovanca.

Kovanje delimo na:

- **prosto kovanje** – ki ga uporabljamo za izdelavo posameznih izkovkov ali manjših serij. Uporabljamo ga za izdelavo velikih in težkih polizdelkov (gredi za turbine, valje, gredi za ladijske motorje ...), z njim se srečamo tudi pri obrtniškem, umetniškem in industrijskem kovanju. Teža surovca je lahko od nekaj kilogramov pa vse do nekaj sto ton. Pri prostem kovanju uporabljamo postopke daljšanja, širjenja, nakrčevanja obdelovancev. Med postopke prostega kovanja spadajo še sekanje, luknjanje, prebijanje, varjenje, cepljenje, upogibanje in zvijanje (Aberšek, 1995, str. 171–173);
- **kovanje v utopu**, ki ga v današnjem času uporabljamo za izdelavo večjih serij. Z utopnim kovanjem lahko oblikujemo istočasno celotni izdelek in serijsko izdelujemo odkovke kompliciranih oblik. Prednost postopka utopnega kovanja je v tem, da ga lahko avtomatiziramo, oblike in mere izkovkov so zelo natančne, stopnja naknadne obdelave je nizka in imajo dobre mehanske lastnosti – neprekinjen tok materiala. Izdelki so predvsem strojni deli, ki so izpostavljeni velikim obremenitvam. Pri kovanju dobi odkovek vlaknasto strukturo. Najugodnejše je izdelati odkovek tako, da smer vlaken sovпада s smerjo obremenitve pri uporabi odkovka (Aberšek, 1995, str. 171–173).

Glede na temperaturo ločimo naslednje kovaške postopke:

- **kovanje v hladnem**, pri katerem ima surovec temperaturo okolice. Material se utrjuje in s tem dobimo izboljšane mehanske lastnosti in neprekinjen tok materiala. Uporablja se za odkovke do 30 kilogramov, ki imajo natančne dimenzije in s tem posledično minimalno naknadno obdelavo (Aberšek, 1995, str. 171–173);
- **kovanje v toplem**, je postopek, pri katerem kujemo med temperaturo hladnega in vročega preoblikovanja (cca. 240 °C pri aluminijevih zlitinah). Prednost kovanja v toplem je v tem, da potrebujemo manjše sile za preoblikovanje kot pri hladnem kovanju (Aberšek, 1995, str. 173);

- **kovanje v vročem** ima kar nekaj prednosti pred postopkom hladnega in toplega kovanja. S kovanjem v vročem potrebujemo manjše sile za preoblikovanje, izdelujemo pa lahko izdelke z večjo težo in zahtevnejših oblik (Aberšek, 1995, str. 173).

V preteklosti je bilo kovaštvo obrtna dejavnost, ki je zajemala obdelavo kovin v toplem in hladnem stanju. Za kovanje so se uporabljale različne vrste kovin. Na področju Slovenije je prevladovalo predvsem kovanje železa (Enciklopedija Slovenije, 1988, str. 341).

Kovanje je staro kot posamezne veje metalurgije. Kovaška obrt v Sloveniji sega v 11. stoletje in v 12. stoletju postane ena najpomembnejših obrtnih panog. V nekaterih mestih so se kovači povezovali v cehe, kljub cehovskim organizacijam pa se je kovaštvo ohranilo kot obrt na podeželju. Razcvet železarstva je pripomogel k velikemu napredku kovaštva v vseh tehnoloških fazah procesa obdelave kovin. Izkoriščanje vodne energije za pogon kladiv in kovaških mehov je kovaču olajšalo naporno delo. Po odpravi cehov so stanovske povezave prešle v rokodelska združenja, začetek industrializacije pa je povzročil delitev kovaštva na industrijsko in obrtno (Enciklopedija Slovenije, 1988, str. 340–341).

V kovaški obrti razlikujemo orodne in podkovske kovače, poznamo po tudi specializirane kovače, ki so se ukvarjali s stavbnim kovaštvom, orožarstvom, žebjarstvom in kleparstvom. Orodni kovači so izdelovali orodja, ki so jih uporabljali kmetje, krovci in kolarji. Orodni in podkovski kovači so svojo dejavnost dopolnjevali s kolarji, ki so izdelovali in popravljali vozove, sani, kočije in izdelovali njihove okrasne detajle, ki so jih vtisnili s pomočjo tolkačev. Kovač je imel tudi svoj znak, ki ga je vtisnil na svoje izdelke. Glavno opravilo v kovaški obrti je bilo žebjarstvo. Žeblje so kovali na Kočevskem, v okolici Kamnika, v Tržiču, v Železnikih. Najbolj znani žebjarški središči sta bili Kropa in Kamna Gorica. Po sedemdesetih letih prejšnjega stoletja je začela žebljarska obrt propadati, kar je bilo povezano z vedno večjo konkurenco strojno izdelanih žebeljev. V Kropi so ga ohranili kot obliko živega muzeja le za občasno turistično prikazovanje. Med osnovno kovaško opremo so spadali: kovaško ognjišče, kovaški meh, nakovalo, vodna kladiva, ročna kladiva, pile, brusi, različne vrste prijemal in klešč. Značilno za kovaško obrt je bilo, da se je nadaljevala iz roda v rod. Nasledniki so se učili v domačih delavnicah in pri domačih mojstrih (Enciklopedija Slovenije, 1988, str. 340–341).

V srednjem veku je cehovsko združenje organiziralo izobraževanje kovačev. Po končanem šolanju so upravljali izpit pri krajevnih rokodelskih zadrugah. Učna doba vajencev je trajala tri leta, nato pa so opravljali pomočniški izpit in s tem postali pomočniki mojstra. Po treh letih so lahko opravili še mojstrski izpit in postali samostojni kovači. V začetku 19. stoletja so bile

ustanovljene obrtne nadaljevalne šole za podkovske kovače. Znale so bile podkovske šole v Ljubljani, Gradcu in Zagrebu. Po letu 1873 je bila po oblastvenem odloku podkovska šola obvezna za vse kovače. Brez opravljene šole ni smel nihče opravljati kovaškega poklica. Šola je delovala do ukinitve leta 1962 (Enciklopedija Slovenije, 1988, str. 341).

Z razvojem novih tehnologij v industriji in razmahom mehanizacije je kovaška obrt začela počasi usihati. Podkovski kovači so začeli opuščati obrt, spretnejši pa so se preusmerili v umetno kovaštvo. V Sloveniji je bilo 1998 leta 91 lastnikov kovaških delavnic, od tega so bile štiri podkovske. V tekmi z industrijo so začeli izdelovati različna orodja iz kakovostnega jekla. Orodno kovaštvo na Muti je preraslo v industrijo motornega orodja. Tudi tovarna Unior v Zrečah se je razvila iz tradicije orodnega kovaštva (Enciklopedija Slovenije, 1988, str. 341).

Danes se v kovaški industriji uporablja predvsem utopno kovanje. Kovanje v utopih ima veliko prednost pred prostim kovanjem. Omogoča večjo natančnost, produktivnost, zmanjšuje stroške proizvodnje in je v serijski proizvodnji edino gospodarno. Za kovanje v utopih uporabljajo kladiva in preše v različnih izvedbah. Moderne kovačnice v svojo proizvodnjo vse bolj uvajajo robotizacij in s tem povečujejo učinkovitost in konkurenčnost na trgu.

2.1 Predstavitev podjetja

Podjetje Stampal SB, d. o. o., je kovačnica aluminijevih izdelkov. Nahajamo se v industrijski coni Impol v Slovenski Bistrici.

Podjetje je pričelo z obratovanjem leta 1999. Ukvarjamo se z vročim utopnim kovanjem aluminijevih zlitin. Potrebno znanje s področja kovanja aluminija je podjetje pridobilo s strani ustanoviteljev. Podjetje trenutno zaposluje 60 ljudi in preko njih pokriva celotni know-how za kovanje in prodajo kovanih izdelkov iz aluminijevih zlitin.

V kovačnici imamo sedem kovaških linij z razponom sile med 0,45 in 1,3 MN. Povprečna teža odkovkov se giblje med 0,05 in 3 kg in na leto proizvedemo okrog 1 milijon raznovrstnih odkovkov. Zlitine, ki jih uporabljamo za kovanje, so od 2000 do 7075. Izvajamo tudi dodatne operacije, od termične obdelave do končne strojne obdelave odkovkov po navodilih in željah kupca.

Paleta odkovkov je raznolika in vsebujejo tudi odkovke, ki se vodijo kot D-deli. Izdelujemo različne vrste odkovkov:

- **odkovki za motorna kolesa**, ki predstavljajo najpomembnejši del proizvodnje. Odkovke prodajamo neposredno ali posredno preko partnerjev za strojno obdelavo odkovkov glavnim evropskim proizvajalcem motociklov;
- **odkovki za avtomobilsko industrijo**, kjer sodelujemo s proizvajalci luksuznih avtomobilov z visokimi kakovostnimi zahtevami. Izdelujemo varnostne dele za vzmetenje, motor in za zavorne sisteme;
- **odkovki za industrijo kompresorjev**, ki predstavljajo pomemben del proizvodnje. Izdelujemo različne ojnice in ohišja ventilov;
- **odkovki za kolesa**, ki zagotavljajo dober kompromis med visokimi mehanskimi lastnostmi in težo. Najpomembnejši izdelek proizvodnje odkovkov za kolesa so pedala;
- **ostali odkovki**, ki se uporabljajo v ostalih branžah in predstavljajo pomemben del proizvodnje,. Velja izpostaviti odkovke, ki se uporabljajo v športu, komponente za orožje ter lakirne pištole.

V proizvodnem procesu uporabljamo standard kakovosti ISO 9001 in ISO 14000 (Stampal SB d. o. o., 2015).



Slika 1: Odkovki za industrijo kompresorjev

Vir: (Stampal SB d. o. o., 2017)

2.2 Opis proizvodnje in postopek kovanja

Izkovki iz aluminijevih zlitih imajo kar nekaj prednosti pred izkovki iz jekla. Za preoblikovanje aluminija potrebujemo manjše preoblikovalne sile, kujejo se na nižji temperaturi, imajo dobro preoblikovalnost, dobro razmerje med trdnostjo in težo, korozijsko in obrabno odpornost.

Proizvodni proces se prične s prevzemom vhodnega materiala v obliki palic in profilov različnih dimenzij, oblik in različnih aluminijevih zlitin. Po prevzemu vhodnega materiala in izstavitvi delovnih nalogov in spremnih listov profile in palice nato na krožnih ali tračnih žagah razrežemo na različne zahtevane dolžine. Surovci se zlagajo v zaboj. Zaboj opremimo z ustreznim spremnim listom, na katerega delavec na žaganju vpiše šaržo materiala in ga postavi na depo za kovanje.

Sledi priprava utopnega orodja. Kovaško utopno orodje da končnemu izdelku obliko in dimenzijsko vrednost, zato je iz stališča ažurnosti z dokumentacijo tudi najbolj izpostavljeno. Dimenzijska vrednost odkovku da tudi kalibrirno orodje (predvsem debelinsko vrednost na določenih ploskvah odkovka) in prebijalno orodje, ki daje dimenzijo prebitih lukenj. Orodjar pripravi kovaške utope na polico za pripravljena orodja po predhodnem seznamu, ki mu ga izda obratovodja. Priprava orodja zajema vizualni pregled orodja, poliranje gravure utopa, poliranje in brušenje sledi obdelave pri novih orodjih in graviranje ustreznega datuma.

Sledi postopek kovanja. Postopek kovanja izvaja delavec s pomočjo preše za kovanje in pomožnih sredstev, ki so za kovanje potrebna. V kovačnici imamo sedem kovaških lini z razponom sile med 0,45 in 1,3 MN. Delavec vzame ustrezen kovaški utop s police za pripravljena orodja in ga z vpenjalnimi elementi vpne v kovaško prešo. Orodje mora biti pred pričetkom dela segreto na ustrezno temperaturo. Pred pričetkom kovanja nastavi temperaturo peči, v katero se predhodno naložijo narezki oziroma surovci za kovanje. Surovci morajo biti čisti in brez mehanskih poškodb in ostankov žaganja. Izhodna temperatura surovca mora biti v mejah kovalne temperature, ki je uvedena v kontrolnem postopku. Delavec stoji med prešo in pečjo za segrevanje odkovkov, najprej namaže utopno gravuro (odvisno od izvedbe kovaške linije) z avtomatsko mazalno roko ali ročno mazalko, ki jo pred tem namoči v mazivo, nato s kleščami seže v peč po surovec. Surovec položi na utopno gravuro in z obema rokama stisne stikala na komandnem pultu ali sproži prešo s pritiskom na nožni pedal, odvisno od izvedbe preše. Po končanem kovanju izmetala izvržejo odkovek iz gravure. Delavec ga s kovaškimi klešči odloži na transportni trak. Ves postopek se nato ponovi. Odkovki se po kovanju zlagajo v zaboje, ki jih opremimo s spremnimi listi, na katerih so vpisani podatki o odkovku, ki ga

izdelujemo, in vse delovne operacije do odpreme odkovka. Zaboje se postavi na depo za naslednjo operacijo, ki sledi kovanju.

Po končani seriji se kovaški utop izpne in postavi na depo za izpeta orodja. V evidenco za orodje se vpiše stanje orodja po izpetju. V kolikor je orodje iztrošeno do te mere, da ni primerno za naslednjo serijo kovanja, se izloči na depo za neustrezna orodja. Orodje, ki ni primerno za uporabo, se obnovi ali zamenja z novim.

Kovaški utop je sestavljen iz zgornjega in spodnjega utopa. Na utopu je želena oblika (gravura). Na utopnem orodju je lahko več gravur, na primer gravura za predkovanje in kovanje, krivljenje in tlačenje. S predkovanjem, krivljenjem in tlačenjem surovcev dosežemo lažje polnjenje materiala v gravuri končne faze.

Kovaški utop je sestavljen iz:

- gravure,
- prostora za odvečni material (brado ali obrezlino),
- naležnih površin,
- vodil,
- izmetal,
- žlebov za vpenjanje ali lastovičjega repa (odvisno od načina vpenjanja).



Slika 2: Kovaška linija z plinsko pečjo za gretje surovcev

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 3: Utopno orodje

Vir: (Lastna raziskava)

Sledi postopek obrezovanja, kjer na štancah, na katerih je vpeto obrezilno orodje, odstranimo odvečni material, ki smo ga iztisnili iz gravure pri kovanju. Orodjar vpne orodje v štanco za obrezovanje in po pregledu začetnih obrezanih izkovkov ter sprostitvi procesa začnemo z postopkom obrezovanja. Uporabljamo orodja za obrezovanje in kombinirana orodja, s katerimi z enim hodom štanca odkovek obrežemo, posnamemo in prebijemo luknje, če to zahteva kupec. Prebijanje se izvaja s pomočjo prebijalnih trnov, ki so vpeti v orodje za prebijanje. Po sprostitvi procesa delavec prične z operacijo obrezovanja. Obrezane odkovke zloga v zaboj za termično obdelavo in ga opremi z ustreznimi spremnimi listi. Ostanek oziroma obrezlino izloči v zato namenjene zaboje, ki jih prav tako opremi s spremnim listom, na katerem so podatki o aluminijevi zlitini. Po končani seriji se obrezilno orodje izpne, pregleda in izpolni obrazec o stanju orodja. V kolikor orodje ni primerno za nadaljnjo uporabo, se izloči na depo za neustrezna orodja.

V primeru zahtev kupca po ožjih tolerancah se po postopku obrezovanja izvede postopek hladnega kalibriranja odkovkov. Kalibriranje se izvaja na preši za kalibriranje. Kalibrirno orodje je lahko namensko ali univerzalno za več artiklov z menjalnimi distančniki. Tudi za kalibrirno orodje se vodi evidenca o stanju orodja.

Sledi postopek termične obdelave, kjer material dobi ustrezno trdnost in mehanske lastnosti. Operater na termični obdelavi naloži košare z odkovki v peč za žarjenje in nastavi ustrezen čas, ki je predpisan za določeno zlitino. Po končanem žarjenju sledi postopek ohlajanja v vodi in staranje v peči za umetno staranje. Ko se postopek termične obdelave zaključi, operater izvede meritve trdote. Po končani termični obdelavi sledi površinska obdelava odkovkov, kot sta

vibrofinish in luženje. S tema dvema operacijama odstranimo nečistoče, ostre robove in manjše nepravilnosti na površini odkovka. Sledijo peskanje, kontrola odkovkov s fluorescentnim penetrantom, končna vizualna kontrola in pakiranje.

Eden najpomembnejših procesov zagotavljanja kakovosti v proizvodnih procesih je pravočasna ugotovitev nepravilnosti, ki so lahko moteče za potek delovnih operacij.

Kakovostni prevzem nastopi na začetku delovnega naloga, ob izmenjavi materiala, po novi nastavitvi stroja ali orodja oziroma na zahtevo odgovornih za proizvodnjo.

Osnova za pričetek delovnega procesa je delovna dokumentacija, iz katere je razviden obseg dela in zahtevana kakovost izdelka ter usposobljenost delavcev za kakovostno izvajanje delovnega procesa.

Pred pričetkom procesa morata izmenski delovodja ali odgovorni delavec preveriti ustreznost surovine (kontrolno tehnološki postopek) ter zagotoviti vso potrebno dokumentacijo in ustrezno merilno opremo.

Pred pričetkom redne serije delavec nastavi predpisane parametre na stroju in naredi 10 kosov. Medfazni kontrolor preveri predpisane dimenzije na odkovku in sprosti proces. Podobni postopki sprostitev se izvajajo tudi na drugih operacijah.

Delavec – izvajalec mora preverjati kakovost izdelka ves čas poteka proizvodnega procesa (avto kontrola). Navodila za kontrolo so napisana na kontrolnih kartah. V primeru, da kakovost izdelka odstopa od predpisanih zahtev kakovosti, morata delavec ali medfazni kontrolor takoj ustaviti delovni proces ter obvestiti izmenskega delovodjo. Zaboje z neskladnimi proizvodi morata izmenski vodja ali medfazni kontrolor označiti s spremnim listom NEUSTREZNA KAKOVOST in jih izločiti na depo za neskladne proizvode. V kolikor izmenski delovodja neskladja s pomočjo podpornih služb ne more odpraviti, ustavi proizvodnjo določenega artikla in preide na naslednji delovni nalog. Nikakor pa proizvodnje brez odprave napake ne sme nadaljevati. Motnjo evidentira v poročilo o neustreznosti in opažanjih ter ga takoj preda vodji obrata, ki je odgovoren za reševanje nastalega problema. Izvod poročila sprejme tudi služba kakovosti, ki določi način reševanja neskladnih proizvodov. Vodja obrata izdelava predlog korektivnega ukrepa, določi nosilca naloge in rok za izvedbo ukrepa. Nosilec naloge v določenem roku neskladje odpravi in v obrazec vpiše opis izvedenega korektivnega ukrepa ter v prilogi predloži dokumentiran dokaz – zapis (merilni protokol, kontrolni list ...) za ponovno kontrolo proizvodov, ki so bili izločeni.

Z motnjo, ki vpliva na dokončanje DN (delavni nalog), je potrebno pravočasno obvestiti tudi predstavnika komercialnega sektorja. S podpisom in datumom delavec službe kakovosti verificira izvedeni korektivni ukrep.

Neskladni proizvodi, ki ne dosegajo predpisanih zahtev in niso primerni za dodelavo, so ustrezno označeni in se do uničenja skladiščijo v zabojih za izmet. Uničeni kosi se preko postopka prodaje odpadnega aluminija prodajo.

Glede na zahtevo kupca se lahko izvaja tudi validacija procesa. Operater odkuje zadnjih 10 kosov, na katerih pristojna oseba za validacijo izvede kontrolno skladno s kontrolnim postopkom. Izvede se meritve, ki se zapiše v SPC. Povprečna vrednost petih meritev se zabeleži na obrazec Validacija procesa.

Za odkovke vodimo evidenco vhodnega materiala, ki vsebuje podatke o tem:

- kdo je dobavitelj;
- kakšne so zlitina, dimenzija in sarža materiala;
- kdaj je bil material naročen in kdo ga je naročil (naročilo materiala naroča oz. nabavlja nabavna služba);
- kdaj je bil material dostavljen;
- kdo ga je prevzel (prevzem materiala izvede vhodna kontrola in material označi s številko prevzema);
- kdo je pregledal, ali ustreza zahtevam po naročilu in zahtevam proizvodnje;
- kdo je odobril njegovo uporabo v proizvodnji.

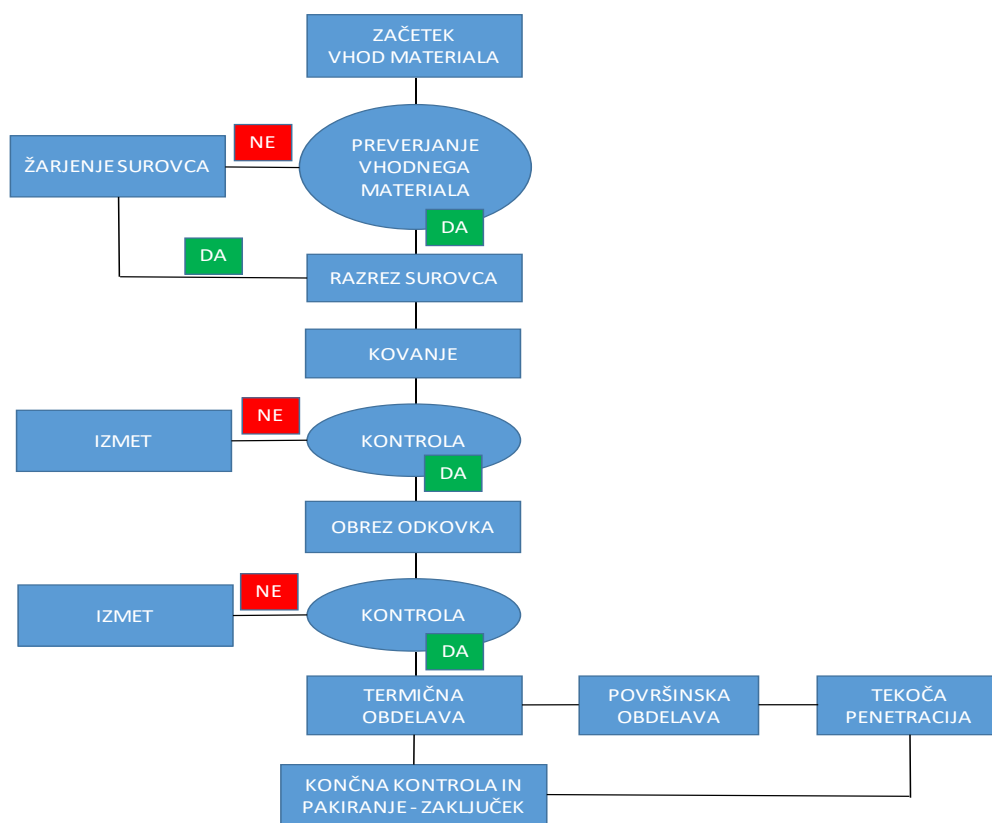
Skozi vso proizvodnjo zagotavljamo kompletno sledljivost materiala, ki je bil vgrajen tako, da so šarže z istim materialom ločene v posebnih zabojih in ustrezno označene.

Prav tako zagotavljamo kompletno sledljivost proizvodnje o:

- tem, kdaj je bil material poslan v proizvodnjo (preden je material poslan v proizvodnjo mora čez vhodno kontrolo);
- tem, kdo je v kovačnici izdelek naredil in na katerem stroju;
- zapisu temperature surovcev pred kovanjem in zapisu debeline odkovkov, izmerjene na avto kontroli;
- tem, katero orodje je bilo uporabljeno pri kovanju;
- zapisu temperature iz termične obdelave;
- ostalih zapisih po zahtevah kupca.

Po predaji izdelka stranki zagotavljamo sledljivost:

- izvora vhodnega materiala (šarža, dobavitelj);
- sledljivosti proizvodnje;
- datuma pakiranja;
- vršilca končne kontrole;
- odpremi izdelka;
- čas odpreme kupcu.



Slika 4: Predviden proces

Vir: (Lastna raziskava)

2.3 Sistem vodenja kakovosti – zahteve SIST EN ISO 9001:2015

Nekaj bistvenih prednosti, ki jih podjetje pridobi z uvedbo ISO 9001 v svoj proces, so:

- nadzor nad dogajanjem v podjetju z vidika procesov, katera se izvajajo v podjetju, proizvodnje, planiranja in iz vidika vodenja
- svetovno priznan certifikat, ki potrjuje podjetje kot sposobnega in zaupanja vrednega dobavitelja,

- učinkovito obvladovanje dobaviteljev
- je sistem nenehnega izboljševanja procesov

2.3.1 Uvod

Prevzem sistema vodenja kakovosti je strateška odločitev organizacije, ki ji lahko pomaga izboljšati celotno izvajanje in daje trdno podlogo pobudam za trajnostni razvoj.

Koristi, ki jih ima lahko organizacija:

- zmožnost, da dosledno zagotavlja izdelke in storitve, ki izpolnjujejo zahteve odjemalcev, ter veljavne zahteve zakonodaje in regulative;
- dajanje priložnosti za povečanje zadovoljstva odjemalcev;
- obravnavanje tveganj in priložnosti, povezanih z njenim kontekstom in s cilji;
- zmožnost, da dokaže izpolnjevanje skladnosti s specifikiranimi zahtevami sistema vodenja kakovosti (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 7).

2.3.2 Zveza z drugimi standardi

Ta mednarodni standard se navezuje na ISO 9000 in ISO 9004 kot sledi:

- ISO 9000 sistemi vodenja kakovosti – osnove in slovar predstavlja bistveno ozadje za pravilno razumevanje in izvajanje tega mednarodnega standarda;
- ISO 9004 vodenje za trajno uspešnost organizacije – pristop z vodenjem kakovosti, podaja napotke za organizacije, ki želijo napredovati preko okvira zahtev tega mednarodnega standarda (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 13).

2.3.3 Izrazi in definicije

V tem dokumentu se uporabljajo izrazi in definicije iz ISO 9000:2015:

- izrazi v zvezi z osebami oziroma ljudmi;
- izrazi v zvezi s procesi;
- izrazi v zvezi s sistemom;
- izrazi v zvezi z zahtevami (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 14–15).

2.3.4 Kontekst organizacije

Organizacija mora opredeliti, katera zunanja in notranja vprašanja so relevantna za njen namen in njeno strateško usmeritev ter katera vplivajo na njeno zmožnost dosegati predvidene rezultate njenega sistema vodenja kakovosti. Organizacija mora spremljati in pregledovati informacije o teh zunanjih in notranjih vprašanj (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 14).

2.3.5 Voditeljstvo

Najvišje vodstvo mora dokazovati voditeljstvo in zavezanost sistemu vodenja kakovosti, tako da:

- prevzema odgovornost za uspešnost sistema vodenja kakovosti;
- zagotavlja vključitev zahtev za sistem vodenja kakovosti;
- spodbuja uporabo procesnega pristopa in razmišljanja na podlagi tveganj;
- komunicira o pomembnosti uspešnega sistema vodenja kakovosti in o skladnosti z zahtevami za sistem vodenja kakovosti;
- zagotavlja, da sistem vodenja kakovosti doseže predvidene rezultate (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 17).

2.3.6 Planiranje sistema vodenje kakovosti

Pri planiranju sistema vodenja kakovosti mora organizacija upoštevati vprašanja in zahteve ter opredeliti tveganja in priložnosti, ki jih je treba upoštevati, da bi:

- zagotovila, da sistem vodenja kakovosti lahko doseže predvideni rezultat;
- povečala zelene učinke;
- preprečila ali zmanjšala neželene posledice;
- dosegla izboljšanje (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 19).

2.3.7 Podpora

Organizacija mora opredeliti in zagotoviti vire, potrebne za vzpostavitev, izvajanje, vzdrževanje in nenehno izboljševanje sistema vodenja kakovosti.

Organizacija mora upoštevati:

- sposobnosti in omejitve obstoječih notranjih virov;

- kaj je treba pridobiti od zunanjih ponudnikov (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 21).

2.3.8 Delovanje

Organizacija mora načrtovati, izvajati in obdelovati procese, potrebne za izpolnjevanje zahtev za zagotavljanje izdelkov in storitev in za izvajanje ukrepov, opredeljenih v točki 6, tako da:

- opredeljuje zahteve za izdelke in storitev;
- vzpostavlja kriterije za procese in sprejemljivosti izdelkov in storitev;
- opredeljuje vire, potrebe za doseganje skladnosti z zahtevami za izdelke in storitve;
- obdeluje procese v skladu s kriteriji;
- opredeljuje, vzdržuje in hrani dokumentirane informacije (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 25).

2.3.9 Ocenjevanje izvedbe

Organizacija mora opredeliti:

- kaj je treba nadzorovati in meriti;
- metode za nadzorovanje, merjenje, analiziranje in vrednotenje, ki so potrebne za zagotovitev veljavnih rezultatov;
- kje je treba nadzorovanje in merjenje izvajati;
- kdaj je treba rezultate nadzorovanja in merjenja analizirati in ovrednotiti;
- spremljati zaznavanje odjemalcev, v kakšnem obsegu so njihove zahteve in pričakovanja izpolnjeni (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 35).

2.3.10 Izboljševanje

Organizacija mora opredeliti in izbrati priložnosti za izboljšanje ter izvajati vse potrebne ukrepe za izpolnjevanje zahtev odjemalcev in povečanje zadovoljstva odjemalcev.

To mora vključevati:

- izboljševanje izdelkov in storitev, da bi se izpolnile zahteve ter obravnavale prihodnje potrebe in pričakovanja;
- popravljanje, preprečevanje ali zmanjševanje neželenih učinkov;

- izboljševanje izvajanja in uspešnosti sistema vodenja kakovost (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015, str. 38).

2.4 Značilnosti zlitine 2014

Aluminij je odkril Hans Oersted leta 1825, izoliral pa ga je Friderich Wöhler, ki je let 1854 v sodelovanju s Henrijem Devillom začel izdelovati aluminij s pomočjo reakcije z natrijem. Postopek je bil zelo drag, saj so premožni uporabljali jedilni pribor iz aluminija, namesto iz zlata. Leta 1886 je Charles Hall razvil postopek elektrolize iz otopine aluminija in kriolita. Cena proizvodnje aluminija se je znižala za 30.000-krat (Žarnić, 2005, str. 165).

Čisti aluminij vsebuje 99–99,8 odstotkov aluminija. Višja kot je stopnja aluminija, višja je odpornost proti koroziji. Najbolj ekonomična surovina za pridobivanje aluminija je boksitova ruda, ki je bila prvič odkrita pri francoskem mestu Baux. Boksit se pridobiva v rudnikih boksita z dnevnim kopom. Po izkopu se ruda drobi, izpira in suši. Pred elektrolizo se očisti s pomočjo Bayerjevega postopka. Po filtriranju se izloči aluminijev hidrat, ki se segreva do temperature 1100 °C, tako nastane aluminijev oksid s čistostjo približno 99,6 %. Po Hallovem postopku se nato z elektrolizo izloči čisti aluminij iz otopine s kreolitom pri temperaturi 990 °C in z jakostjo toka okoli 100.000 A. S tem postopkom dobimo do 99,8 % čisti aluminij (Žarnić, 2005, str. 166).

Čisti aluminij ima visoko odpornost proti koroziji, vendar nima dobrih mehanskih lastnosti, zato se uporabljajo aluminijeve zlitine. Najboljše mehanske lastnosti dosežemo, če aluminiju dodamo baker, magnezij, nikelj in silicij. Aluminijeve zlitine za gnetenje so legirane predvsem z magnezijem in bakrom. Magnezij povečuje trdnost in odpornost proti koroziji, sočasno pa zmanjšuje livnost, preoblikovalnost in električno prevodnost. Baker aluminiju močno povečuje trdnost, vendar mu hkrati zmanjšuje odpornost proti koroziji. Aluminijeve zlitine za litje temeljijo predvsem na dodatkih silicija. Zaradi dobrih lastnosti aluminijevih zlitin se vsako leto njegova poraba zvišuje in pri kovinskopredelovalni industriji ga presega le proizvodnja jekla (Impol, d. o. o., 2015).

Po standardu SIST EN se je pri livarskih aluminijevih zlitinah izoblikovalo sedem osnovnih družin:

- aluminij–baker (2xxx),
- aluminij–silicij–baker (3xxx),

- aluminij–silicij (4xxx),
- aluminij–magnezij (5xxx),
- aluminij–magnezij–silicij (6xxx),
- aluminij–cink–magnezij (7xxx),
- aluminij–kositer (8xxx) (Rudolf, 2017, str. 3).

Poznamo stanja aluminijevih zlitin, ki jih po standardu SIST EN označujemo z naslednjimi oznakami:

F – zlitina je v litem stanju;

H – deformacijsko utrjeno stanje;

O – žarjeno stanje, ki velja za zlitine za gnetenje;

W – toplotno žarjeno nestabilno stanje;

T – toplotno obdelano stanje;

T1 – ohlajeno z visokotemperaturnega obdelovalnega postopka in naravno starano do stabilnega stanja;

T2 – ohlajeno z visokotemperaturnega obdelovalnega postopka in naravno starano do relativno stabilnega stanja;

T3 – raztopno žarjeno stanje, hladno preoblikovano in naravno starano;

T4 – raztopno žarjeno stanje in naravno starano do relativno stabilnega stanja;

T5 – ohlajeno iz visokotemperaturnega oblikovalnega postopka in umetno starano;

T6 – raztopno žarjeno in umetno starano;

T7 – raztopno žarjeno in stabilizirano;

T8 – raztopno žarjeno, hladno preoblikovano in umetno starano;

T9 – raztopno žarjeno, umetno starano in hladno preoblikovano po umetnem staranju;

T10 – ohlajeno iz visokotemperaturnega obdelovalnega postopka, hladno preoblikovano in umetno starano (Rudolf, 2017, str. 3–4).

Prednosti aluminija pred drugimi materiali so:

- nizka specifična teža, zaradi česar ga uporabljamo v proizvodnji avtomobilov, motorjev, plovil in letal. Z vgradnjo delov iz aluminija dosežemo nižjo težo in s tem posledično nižjo porabo goriva;
- odpornost proti atmosferskim vplivom zmanjšuje stroške vzdrževanja in obnove;
- zaradi odlične električne prevodnosti uporabljamo aluminij in njegove zlitine za prenos električne energije visokih napetost;
- specifične mehanske lastnosti omogočajo dobro sposobnost preoblikovanja;
- neoporečen material iz zdravstvenega vidika;
- recikliranje in dolga življenjska doba.

Največja nahajališča boksitove rude so v Avstraliji, Braziliji, Gvineji, na Kitajskem in v Indiji. Največje proizvajalke in hkrati tudi njegove največje porabnice aluminija so Rusija, ZDA, Kitajska in Evropa (Impol, d. o. o., 2015).

Aluminijeva zlitina 2014 (Al-Cu-Mn-Si-Mg) spada med zlitine za gnetenje. Je zlitina na osnovi bakra z visoko trdnostjo in odličnimi obdelovalnimi lastnostmi. Proizvaja se v obliki trakov, pločevine in palic različnih oblik in premerov. Obdelujemo jo lahko v hladnem, toplem in vročem stanju. Za hladno obdelavo je najprimernejše stanje T3 in T4. Termična obdelava odkovkov poteka pri temperaturi med 490 °C in 510 °C, nato se hladi v vodi. Sledi umetno staranje. Priporočen postopek varjenja je z inertnim plinom in s polnilno žico iz zlitine 2014 ali 2017, obdelovanci iz zlitine 2014 so med varjenjem izpostavljeni razpokam. Kovanje poteka pri temperaturi od 360 °C in 450 °C. Najprimernejša za kovanje je v O-stanju. Zlitina je izpostavljena koroziji, kar se prepreči z nadaljnjimi postopki površinske obdelave. Aluminijevo zlitino 2014 v obliki raznih izdelkov uporabljajo v letalski industriji, gradbeništvu, strojogradnji (npr. ojnica batnega kompresorja), v vojaški industriji (vozila in orožje) in letalski industriji. Uporabljajo jo tudi v proizvodnji avtomobilov, proizvodnji motociklov in koles (American Elements, 2015).

Tabela 1: Kemijska sestava in mehanske lastnosti aluminijeve zlitine 2014

Označba:	Elementi v mas. %								
Al-93,5%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	drugo
2014	0,5–1,2	0,7	3,9–5,0	0,4–1,2	0,2–0,8	0,25	0,1	0,15	0,2
2014A	0,5–0,9	0,5	3,9–5,0	0,4–1,2	0,2–0,8	0,25	0,1	0,15	0,15
Mehanske lastnosti									
	Stanje		Meja plast., MPa		Raztr. trdn., MPa		Raztezek v %		
2014	T6		410		480		13		

Vir: (Vodopivec, 2002, str. 399)

2.5 Detekcija napak s fluorescentnimi penetranti

Preiskava s tekočimi penetranti spada med neporušitvene (NTD) metode. Namen preiskave s penetranti je odkrivanje nepravilnosti, odprtih na površino, kot so razpoke, poroznosti, zlepi in hladni zvari. Preiskavo lahko uporabljamo na materialih, kot so: aluminij, jeklo, baker, titan in keramika. Prednost preiskave s penetranti je vsekakor v tem, da preizkušanca ne uničimo in je po končnem čiščenju pripravljen za nadaljnjo obdelavo ali uporabo. Slabost preiskave je v tem, da lahko opazimo le napake na površini. Neglede na izbiro postopka preiskave s penetranti moramo predhodno pripraviti površino, ki mora biti čista in iz nje je potrebno odstraniti morebitne sledi maziv.

Za izbiro ustreznega postopka se odločimo glede na velikost serij in lokacijo preizkušanca.

Za kontrolo odkovkov se uporabljajo predvsem penetrantske linije, ki so lahko ročne ali popolnoma avtomatizirane.

Kontrolorji oziroma upravljalci linij morajo biti ustrezno usposobljeni in certificirani za penetrantsko preiskavo I., II. ali III. stopnje. Opraviti morajo izpit, ki je certificiran po SIST EN ISO 9712, in morajo imeti ustrezen vid po EN 473.

Preiskava s tekočimi fluorescentnega penetranti nam pokaže morebitne indikacije na površini preizkušanca, ki jih le s to preiskavo ne moremo mersko ovrednotiti oziroma ne moremo določiti globine razpok ali poroznosti. Mersko lahko ovrednotimo le dolžino indikacije na površini (Sector Cert Gesellschaft für Zertifizierung GmbH, 2012).

Po končanem postopku penetrantske preiskave se izpolni poročilo, ki mora vsebovati podatke o uporabljenem postopku penetrantske preiskave, podatke o preizkušancu in podatke o

izbranim penetrantu in razvijalcu. Podana mora biti ocena, skica ali slika morebitnih napak in podatki o kontroli občutljivosti.

2.5.1 Izbira postopka penetriranja

V standardu EN 3452 je navedenih več tehnik, ki so določene s kombinacijami različnih tipov penetrantov, sredstev za čiščenje in razvijalcev.

Izbira tehnike penetriranja je odvisna od velikosti izdelka, ki ga preiskujemo (EN ISO 3452-1,2), hrapavosti površine, vrste napak, ki jih želimo odkriti, velikost serije in mesto preiskave oziroma velikost izdelka. Za preiskavo s penetranti lahko uporabljamo linije za penetrantsko preiskavo ali prenosne sete v obliki razpršilcev. Tako pri postopku z barvnim ali s fluorescentnim penetrantom uporabljamo za odstranjevanje odvečnega penetranta vodo ali topilo. Takšna sredstva uporabljamo pri večjih nepremičnih ali premičnih objektih, na katerih preiskujemo le manjše odseke. Uporabljamo jih na gradbiščih, pri vzdrževalnih posegih na strojih, vozilih in letalih.

Tabela 2: Vrste penetrantov, vmesnih čisti in razvijalcev

TIP	PENETRANT	VMESNO ČISTILO		RAZVIJALEC	
I	Fluorescentni penetrant	A	Voda.	a	Suhi razvijalec.
		B	Lipofilni emulgator. Emulgator na oljni osnovi. Spiranje z potapljanjem v tekoči vodi.	b	Mokri razvijalec na vodni osnovi, topen v vodi.
II	Barvni penetrant	C	Topilo.	c	Mokri razvijalec na vodni osnovi, suspendiran.
		D	Hidrofilni emulgator: 1. predhodno pranje, 2. emulgator razredčen v vodi, 3. dodatno pranje.	d	Mokri razvijalec na osnovi topila Tip 1.
III	Fluorescentni in Barvni penetrant	E	Voda in topila.	e	Mokri razvijalec na osnovi topila Tip II/III.
				f	Za posebno uporabo.

Vir: (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2013, str. 4)

2.5.2 Linija za penetrantsko preiskavo

Na linijah za penetrantsko preiskavo uporabljamo barvne in fluorescentne penetrante. Slabost linij je, da niso mobilne in jih lahko uporabljamo samo za stacionarne preiskave. Podjetja se glede na velikost serij, ki jih bodo preverjali, lahko odločijo med ročno in avtomatizirano linijo. Ročne linije so opremljene z malim številom umestnih postaj, ki jih lahko uporabljamo za eno delovno fazo ali več. Izdelke skozi proces premikamo ročno in ni potrebno, da imajo določeno velikost in obliko. Pri avtomatiziranih linijah imamo več delovnih postaj v eni proizvodni liniji. Izdelki točno določene oblike in velikosti se transportirajo avtomatično po traku ali z robotom. V našem podjetju uporabljamo ročno linijo s koriti za potapljanje ter površinami za odlaganje in odtekanje, na katere odlagamo izdelke med posameznimi fazami.

2.5.3 Priprava izdelka za preiskavo

Izdelke moramo pred potapljanjem v penetrant temeljito očistiti. Poznamo mehansko in kemično čiščenje odkovkov.

Mehansko čiščenje površine se lahko izvede z ustreznimi postopki, kot so: ščetkanje, brušenje in peskanje. S temi postopki se ne da očistiti notranjosti nepravilnosti, ki so odprte na površino. V primeru, da v notranjost napak vnesemo maščobo in nečistočo, nam ta lahko povzroča težave pri odkrivanju napak, zato moramo površino jedkati. Z jedkanjem ponovno odpremo napake, ki se med predhodnimi postopki obdelave površine zaprejo. Po jedkanju sledi še obvezna faza pasivacije in sušenja.

V primeru naše raziskave smo odkovke pred postopkom penetrantske preiskave najprej lužili. Postopek luženja je v našem podjetju ena izmed glavnih operacij pred končnim pregledom in pakiranjem. S postopkom luženja odstranimo iz odkovka nečistoče, ki bi lahko prekrile določene napake in s to operacijo razbremenimo delavce – kontrolorje na končnem očesnem pregledu odkovkov.

2.5.4 Postopek penetrantske preiskave

Predhodno površinsko obdelane odkovke zložimo v mrežaste košare, ki so narejene iz nerjaveče pločevine, ki jo potopimo v penetrant. Kontaktni čas v penetrantu je 5–10 minut pri temperaturi 20 °C. Po preteku časa penetriranja odstranimo odvečni penetrant z vodno prho. Voda za

izpiranje mora imeti temperaturo 15–35 °C. Maksimalni pritisk vodnega curka je 275 kPa. Postopek izpiranja nadziramo z UV-lučjo.

Po končanem izpiranju košaro z odkovki namočimo v razvijalec v obliki suspenzije, ki ga moramo pred potopom vzorcev temeljito premešati. Razvijalec mora vsebovati inhibitorje za preprečevanje korozije. Po 10 minutah sledi faza sušenja pri 50 °C v komori za sušenje. Pregled odkovkov izvajamo v komori za pregled z UV-svetlobo, ki ne sme biti manjša od 10 w/m², in zunanjo svetlobo, ki ne sme presegati 20 lux.

Opažanja se zapišejo v poročilo o penetrantski preiskavi. Odkovke z vidnimi indikacijami odstranimo iz proizvodnega procesa. V primeru popravila napak s postopkom brušenja na odkovkih z indikacijami moramo po popravilu odkovke ponovno pregledati.

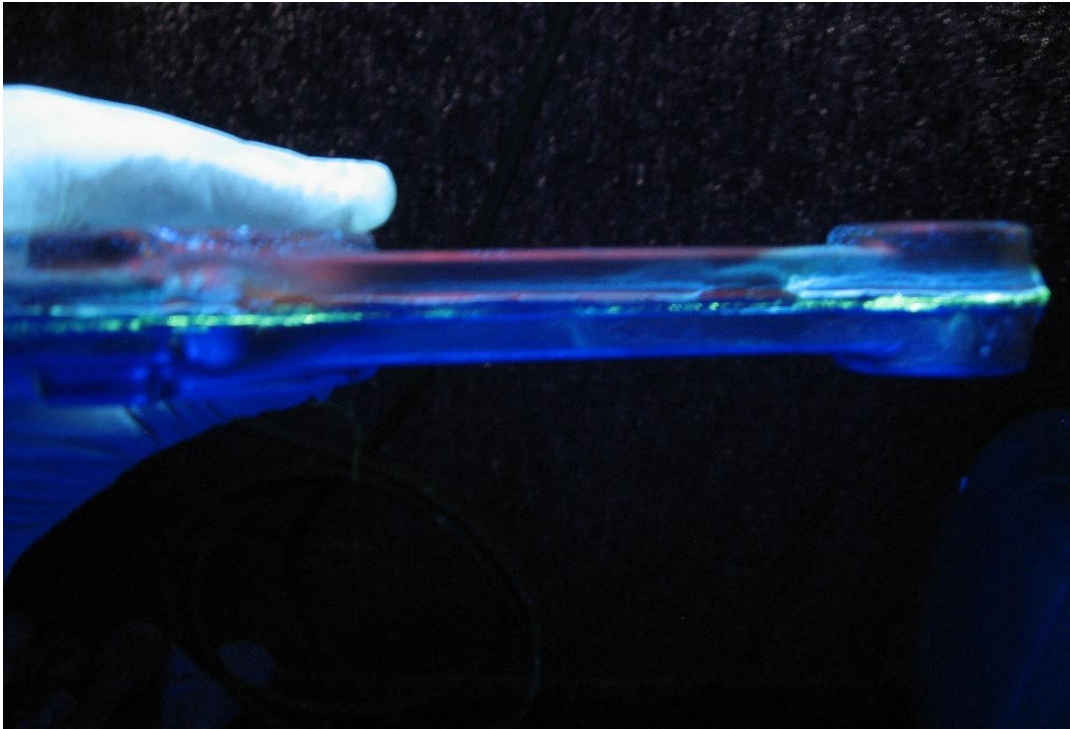
Odkovke po postopku tekoče penetracije očistimo z vodo ali jih ponovno lužimo, da iz njih odstranimo sledi penetranta in razvijalca.

Pri pregledu ojníc smo se odločili za pregled s fluorescentnim penetrantom HELLING DP90, vmesnim čiščenjem z vodo in razvijalcem MET-L-CHEK, D 78B DEVELOPER, suspendiran v vodi na ročni liniji za penetrantsko preiskavo. Ojnice smo predhodno površinsko obdelali z vibrofinišem in luženjem. Sledil je postopek sušenja. Po sušenju smo ojnice zložili v košaro oziroma mrežasti zaboj in jih za 10 minut potopili v penetrant. Po izteklem času smo ojnice oprali z vodno prho. Temperatura vode je bila 20 °C. Ostanek penetranta na površini smo preverjali z UV-lučjo. Po končanem pranju in preverjanju ostanka penetranta smo ojnice namočili v razvijalec, suspendiran v vodi. Sledil je postopek 10-minutnega sušenja v komori. Po preteklem času sušenja smo ojnice pregledali v komori za pregled pod UV-lučjo z jakostjo 12w/m². Indikacije na ojnícah oziroma na bradi ojnice so bile vidne, kot je prikazano na sliki 5. Po končanem pregledu smo ojnice z indikacijami izločili v izmet, na dobrih pa smo ponovili postopek luženja.

Na koncu smo izpolnili poročilo o penetrantski preiskavi (EN ISO 3452-1). V poročilu moramo navesti vse pomembne podatke o preizkušancu, številko artikla, saržo materiala, iz katere aluminijeve zlitine je odkovek narejen, število pregledanih kosov, število slabih in dobrih kosov, sliko ali skico odkovka z označeno indikacijo, podatke o preizkusnem sistemu in postopek penetriranja.

Za kontrolo penetrantskega sistema med izvedbo po (EN ISO3452-3) smo uporabili kontrolni blok 2 in merilno opremo, Lux-meter in UVA-meter.

Merilno opremo (Lux-meter in UVA-meter) imamo umerjeno, kalibrirano in označeno na instrumentih po zahtevah EN ISO 3059.



Slika 5: Indikacija razpoke na ojnici

Vir: (Lastna raziskava)

2.5.5 Kontrola preizkusnega sistema

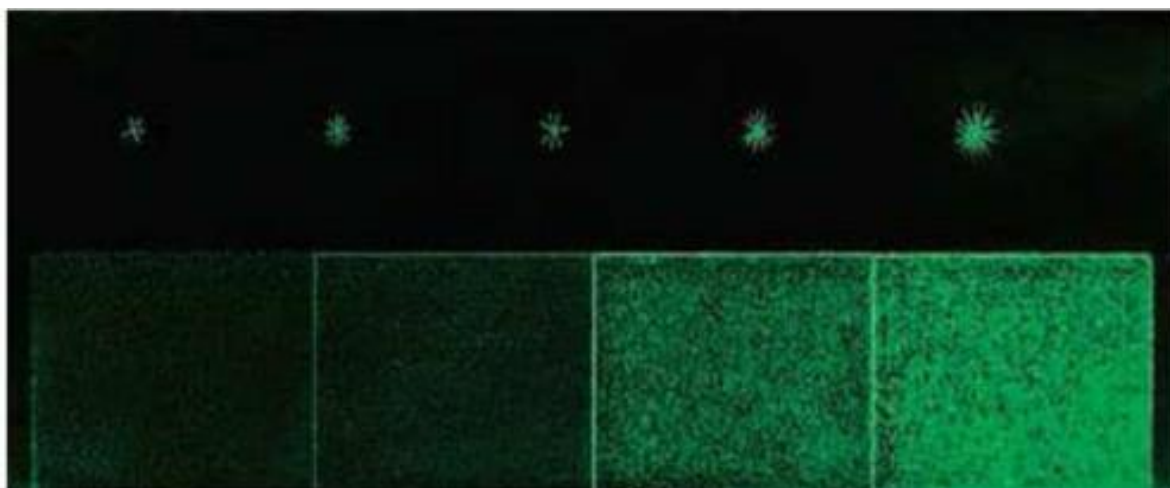
S kontrolnimi telesi lahko odkrijemo spremembe v kakovosti preizkusnega sistema. V ta namen primerjamo trenutne indikacije z indikacijami, ki smo jih dobili predhodno. Nobeno od primerjalnih teles nam ne omogoča, da bi lahko podali direktno izjavo, da določen sistem na izdelkih uporabnika deluje optimalno. To lahko storimo le s tipičnimi kosi iz proizvodnje, ki imajo realne – naravne prekinitve.

Specificirani so naslednji tipi kontrolnih teles:

- aluminijasta telesa brez prevleke s kalilnimi razpokami (ASME);
- ploščice iz avstenitnega jekla s krom-nikljevo prevleko in z napetostnimi zvezdastimi razpokami različnih dimenzij (kontrolno telo 2);
- medeninaste ploščice s krom-nikljevo prevleko, na katerih ustvarimo različno globoke razpoke z natezno obremenitvijo (kontrolno telo2).

Pri preiskavi razpok na odkovkih smo uporabili kontrolno telo št.2. Z različnimi velikostmi razpok pridobimo možnost določiti občutljivost penetranta na osnovi vidnih indikacij, ki jih lahko dobimo na petih poljih razpok. Tako lahko preverjamo tudi pojecanje preizkusnega sistema, ki ga uporabljamo dalj časa v potopnih bazenih. Kontrolno telo ima še štiri zaporedna polja s štirimi stopnjami hrapavosti. Ra znaša 2,5 μ m, 5 μ m, 10 μ m, 15 μ m. Na hrapavih površinah lahko opravimo tudi preizkus pralnosti in preizkus tvorbe ozadja.

Kontrolno telo št. 2 moramo uporabiti pred začetkom delovne izmene in tudi v primeru, ko sistem kaže nepričakovane lastnosti. Uporabljamo samo temeljito očiščena kontrolna telesa. Priporoča se čiščenje, pri katerem mokri razvijalec nanašamo tako dolgo, da ne dobimo več nobenih indikacij (kontrola PT-sistema med izvedbo EN ISO 3452-3).



Slika 6: Kontrolni blok št. 2

Vir: (DCP, 2016)

2.5.6 Kriteriji za evaluacijo (vrednotenje)

Pri vrednotenju napak, najdenih indikacij pri penetrantski preiskavi, bi morali vzeti za osnovno napake, ki so to indikacijo povzročile. Posledica dejanskih metalografskih napak bi morali oceniti na osnovi preračunov trdnosti.

Vplivni faktorji pri takih preračunih so:

- vrsta in velikost obremenitev pri poznejšem obratovanju;
- položaj defektnih mest v izdelku;
- materiali in kakovost površine izdelka;
- vrsta in velikost napake.

Indikacije lahko razdelimo na tipe indikacij:

- **linijske indikacije** – prekinjene ali kontinuirane linije, kakor tudi skupine linij;
- **točkaste indikacije** – izolirane okroglaste indikacije ali skupine okroglastih indikacij.

Velikost indikacije je v glavnem odvisna od volumna nepravilnosti v materialu. Velik volumen daje indikacije velike površine, manjši pa v manjšem obsegu. Prednost manjše indikacije je v tem, da lahko bolje ocenimo njeno velikost. Da bi lahko bolje ocenili velikost indikacij z večjim izstopanjem, iz površine preizkušanca obrišemo indikacijo in razvijalec in ponovno nanese samo razvijalec. Indikacija se ponovno pojavi manj močno in bo bolje ponazarjala velikost in pravo obliko. Indikacije lahko vrednotimo s pomočjo referenčnih slik ali na osnovi merjenja indikacij (metrični nivo).

Pri kovanju aluminijevih zlitin se v praksi srečamo predvsem z napakami, ki jih podajamo v nadaljevanju.

Napake spoja (zlepi) dajejo relativno premočrtne indikacije. Taka mesta so hladni zvari v fazonskih ulitkih, kovaške preplate in prevajanja (zavihki). Pri odkovkih iz aluminijevih zlitin se pojavljajo predvsem premočrtne indikacije na mestu razpok ali zavihkov na mestu kovaške brade, ki so posledica slabega obreza oziroma napake na obrezilnem orodju.

Točkovne indikacije se na odkovkih pojavljajo predvsem na mestih, kjer so ostale na površini zajede ali luknje, ki so posledica ostanka maziva (grafita), vtisnjenega v površino odkovka pri kovanju in izpadlih nečistoč oziroma vključkov, ki so posledica slabo očiščene gravure pri kovanju ali obrezovanju. Takšne nečistoče izpadejo s površine odkovka po površinski obdelavi odkovkov, kot so peskanje, vibrofiniš in luženje.

V predpisih najdemo slike v obliki skic določenih nepravilnosti v materialih. Predstavitev slik najdemo v standardu EN ISO 1371-1, ki prikazuje stopnjo resnosti (velikost, koncentracija) teh indikacij v več stopnjah (Q Techna d. o. o., 2010).

2.5.7 Možne napake pri preiskavi s fluorescentnimi penetranti na odkovkih iz aluminijevih zlitin

Pri preiskavi z UV-penetranti na odkovkih iz aluminijevih zlitin smo se v praksi najpogosteje srečali s problemom, da se indikacija, ki je bila vidna pri vizualnem pregledu odkovkov po luženju, med samo preiskavo ni pokazala kot napaka.

Problem predstavlja mazivo, ki ga kovač nanaša na gravuro utopa in s polnjenjem gravure ostane v zagubi. Ostanek maziva penetrantu prepreči, da ne more prodreti v razpoko in je pri pregledu pod UV-lučjo ne zaznamo.

V takšnem primeru moramo odkovke ponovno lužiti, da odstranimo ostanek maziva.

Lažne indikacije se pojavljajo na mestu povečane hrapavosti površine, ki so posledica predhodnega brušenja in iz nje teže speremo odvečni penetrant.

Težavo pri odkrivanju indikacij nam lahko predstavljajo bolj odprte in plitke razpoke ali zagube, iz katerih lahko v fazi vmesnega čiščenja oziroma izpiranja odvečnega penetranta izperemo tudi penetrant iz razpok.

3 NASTANEK IN ODPRAVA RAZPOK NA OJNICI

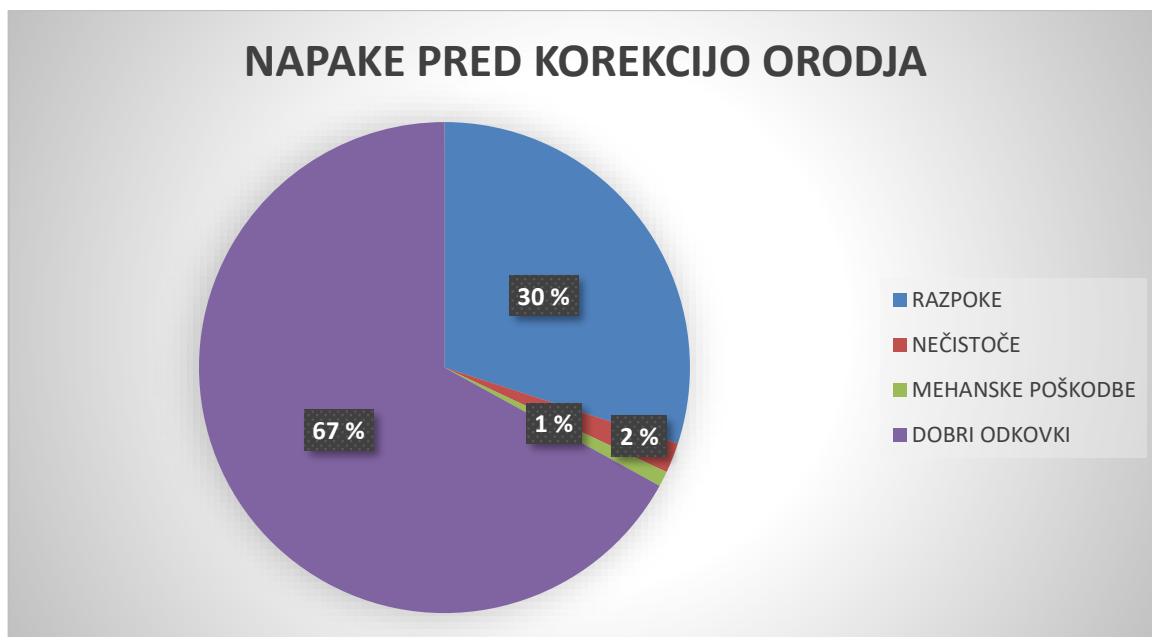
3.1 Opis problema

V preteklosti smo v proizvodnji opazili povečan izmet na ojnica, ki so bile kovane iz aluminijeve zlitine 2014. Število odkovkov z razpokami je bilo od serije do serije različno, nikoli pa ni presegalo 30 % celotne serije. Razpoke so se pojavljale vedno v predelu kovaške brade in so bile vidne šele po operaciji hladnega obrezovanja, tako da smo morali vzporedno vpenjati tudi orodje za obrezovanje. To je za proizvodnjo pomenilo dejanski zastoj na delovni operaciji obrezovanja, saj smo zasedli štanco brez kosov, kar pa je bilo nujno zaradi mesta napake.

Preiskavo problema smo omejili na vhodni material, kovaško orodje – utop, temperaturo orodja in surovcev za kovanje in silo, potrebno za preoblikovanje na kovaški stiskalnici. Pri operacijah, ki sledijo, nismo nikoli zaznali nastanka razpok (termična obdelava in površinske obdelave).

Razpoke lahko nastanejo tudi pri termični obdelavi, vendar samo v primeru, če se ne držimo predvidenih postopkov za posamezno zlitino. Če odkovke na termični obdelavi izpostavimo povišani temperaturi, lahko to privede do razpok v predelu kovaške brade in drugih sprememb v strukturi materiala. V takšnem primeru se celotna serija izloči iz proizvodnje v obliki izmeta. Da se to v praksi ne more narediti, obstaja varnostni sistem, ki prepreči zagon peči ob vnosu zlitine v računalnik in nastavitve neustrezne temperature na peči za termično obdelavo.

V grafu 1 so prikazane napake pred korekcijo orodja in žarjenjem vhodnega materiala. Največji del izmeta so predstavljale razpoke, le manjši del izmeta je pripadalo ostalim napakam, kot so mehanske poškodbe, ki nastanejo predvsem pri manipulaciji odkovkov med posamičnimi operacijami, in nečistoče, ki so posledica slabo očiščenih surovcev ali gravure pri kovanju, lahko pa nastanejo tudi pri obrezovanju odkovkov zaradi slabega izpiha na rezilnem orodju.



Graf 1: Napake pred korekcijo orodja

Vir: (Lastna raziskava)

3.2 *Preverjanje stabilnosti procesa*

V podjetju uporabljamo statistične metode za obvladovanje delovnega procesa SPC. Je sistem obvladovanja s pomočjo statističnih tehnik, ki nam omogočajo, da ves čas spremljamo in poznamo variacije procesa in preprečujemo neskladnosti v skladu z njegovimi naravnimi omejitvami.

Kaj pomeni kratica SPC (Statistical Process Control)?

S = statistika

Statistika je analitično orodje, ki se uporablja za predvidevanje dogodkov, če jih pravilno uporabljamo, vodijo do zelo natančnih predpostavk.

P = proces

Proces združuje aktivnosti, v katerih sodelujejo ljudje, stroji, oprema, surovina, metode, vzdrževanje in vodstvo. Skupaj proizvedejo neki proizvod ali storitev. Kakovost proizvoda in učinkovitost izdelave sta odvisna od planiranja in postavitve procesa ter načina izvajanja.

C = obvladovanje

Obvladovanje procesa pomeni njegovo vodenje, primerjanje s cilji in prepoznavanje, kdaj in katere korektivne ukrepe je potrebno uvesti, da bomo dosegli cilj.

Namen uporabe statističnega obvladovanja procesov je:

- ugotavljanje in spremljanje stanja procesov in karakteristik proizvodov;
- izboljšanje sposobnosti procesov in karakteristik proizvodov;
- znižanje stroškov kakovosti;
- osvajanje novih tehnologij, strojev in proizvodov.

Z uporabo SPC-metode ima podjetje veliko koristi, saj z njeno uporabo znižuje stroške kakovosti z znižanjem izmeta, stroškov ocenjevanja, popravil in reklamacij. Korist uporabe SPC pomeni še:

- manj izpadov proizvodnje;
- manj motenj v proizvodnji;
- prihranek na času;
- povečanje zmogljivosti in manj težav pri naslednjih operacijah,;
- večjo vključitev operaterjev na delovnih operacijah in motiviranost za kakovost.

Namen uporabe SPC v proizvodnem procesu je znižanje stroškov, povečanje zmogljivosti proizvodov in s tem posledično povečanje prodaje in dobička. Njegovi uporabniki pa so avto-kontrolorji, vodje in delovodje, strokovni delavci v proizvodnji in vodstveni kadri (Kokol, 2011, str. 2–3).

V odvisnosti od lastnosti procesa in karakteristik proizvoda ter postavljenih ciljev se lahko uporabljajo različne metode in statistična orodja za obvladovanje procesa. Metode in tehnike statistike različni avtorji različno razporejajo po težavnostnih stopnjah, vendar razvrstitev v eno ali drugo skupino ni tako važna kot to, da jih znamo uporabljati (Kokol, 2011, str. 11).

Osnovna statistična orodja

So opredeljena kot elementarne statistične metode za obvladovanje kakovost, ki naj bi jih obvladovali vsi zaposleni v podjetju. To so:

- tabele in preglednice podatkov;
- histogram;
- pareto diagram;
- časovni diagram in diagram trendov;
- diagram vzrokov in posledic (ribja kost ali Ishikawa diagram);
- nadzorne karte;
- diagram porazdelitve.

Statistične metode srednje težavnostne stopnje so:

- viharjenje možganov (brainstorming);
- indeksi sposobnosti procesov in karakteristik proizvodnje;
- tehnike vzorčenja in zbiranje podatkov;
- kontrolni listi in vprašalniki;
- FMEA-metoda;
- diagram soodvisnosti.

Statistične metode najvišje stopnje so:

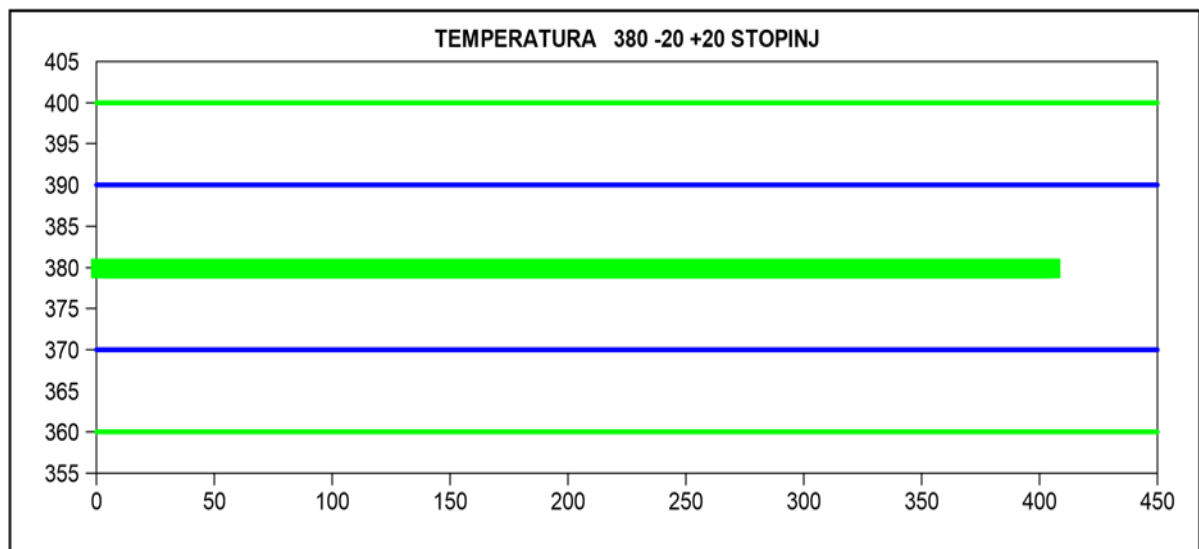
- načrtovanje raziskav;
- matematično statistične analize;
- multivariantne analize;
- operacijske raziskave.

Odjemalci proizvodov, ki delujejo na globalnem trgu, kot je avtomobilska industrija, elektronika in drugi, posvečajo statističnemu obvladovanju proizvodnih procesov velik pomen. Običajno zahtevajo pri dobaviteljih uvedbo SPC, kar kasneje tudi preverjajo z lastnimi presojami. Niso pripravljeni kupovati od dobaviteljev, ki ne obvladujejo stabilnosti procesa in karakteristik proizvoda. Zanje so nezanesljivi dobavitelji (Kokol, 2011, str. 11).

Pri preverjanju stabilnosti procesa smo se osredotočili predvsem na temperaturo surovcev, orodja, nastavljene parametre na kovaški preši in trdoto vhodnega materiala za kovanje.

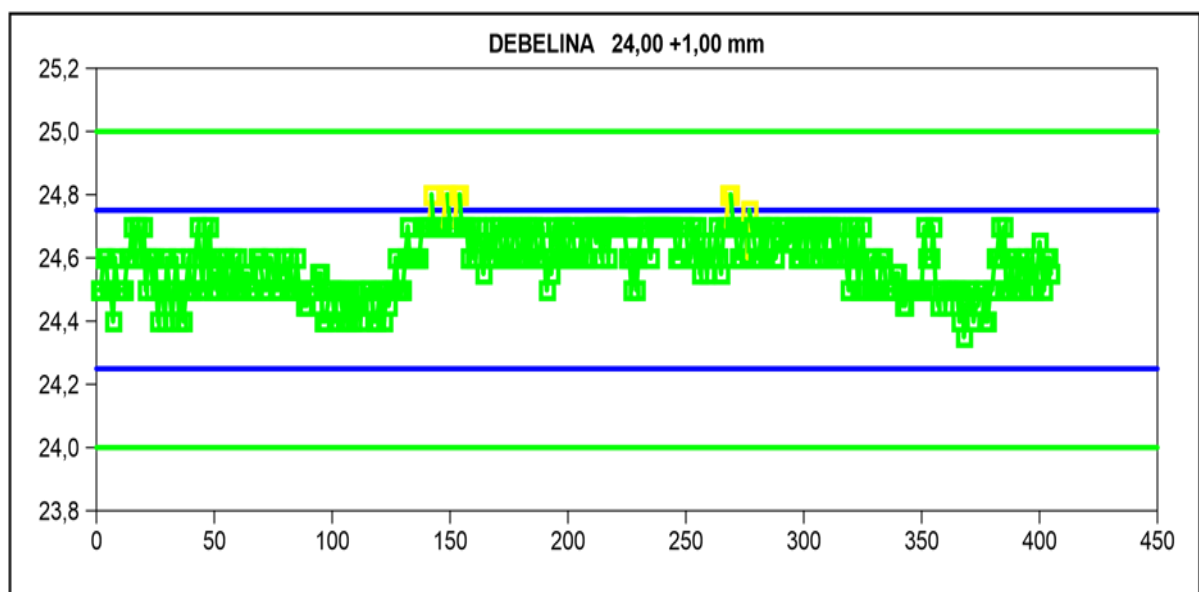
Vsi nastavitveni parametri so predpisani in zavedeni v kontrolnih postopkih, po katerih delavec nastavi prešo in peč za segrevanje surovcev. Delavec vsako uro opravlja meritve debeline odkovkov na petih kosih in meritve temperature odkovkov z ročnim merilcem temperature. Meritve se zapišejo v karto x-R. Meritve temperature se izvajajo tudi avtomatsko preko laserskega merilca temperature in nam s tem omogočajo vpogled v temperaturo za vsak odkovek, ki smo ga kovali.

Opazili smo, da je delovni proces stabilen in da ni večjih odstopanj pri debelini in temperaturi odkovkov. Manjša nihanja debeline odkovkov so bila očitno posledica ročnega mazanja utopne gravure. Opravili smo meritve trdote vhodnega materiala. Trdota vhodnega materiala je bila od 100-120 HB, kar se je v nadaljevanju pokazalo, da je to eden od ključnih problemov za nastanek razpok. Naredili smo tudi korekcijo na orodju. Temperatura orodja je bila med 160 in 200 °C.



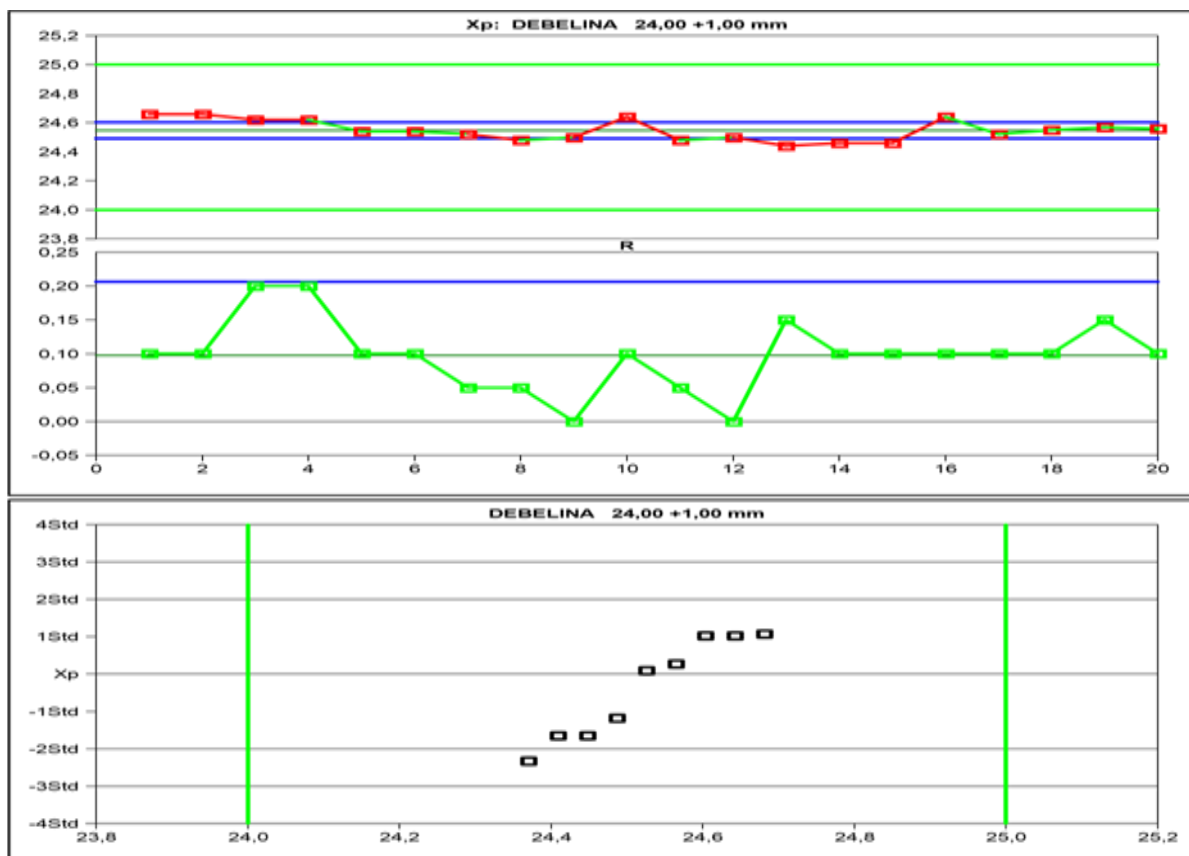
Graf 2: Prikaz temperature surovcev

Vir: (Lastna raziskava)



Graf 3: Prikaz debeline odkovkov

Vir: (Lastna raziskava)



Graf 4: Gauss SPC debelina odkovka

Vir: (Lastna raziskava)

3.3 Vzorčenje vhodnega materiala

Analizirali smo štiri vzorce zlitine D31-2014, obdelane v različnih toplotnih režimih.

Analiza mikrostrukture se je opravila pri 100-kratni povečavi na robu in sredini vzorca v prečni in vzdolžni smeri glede na smer iztiskanja.

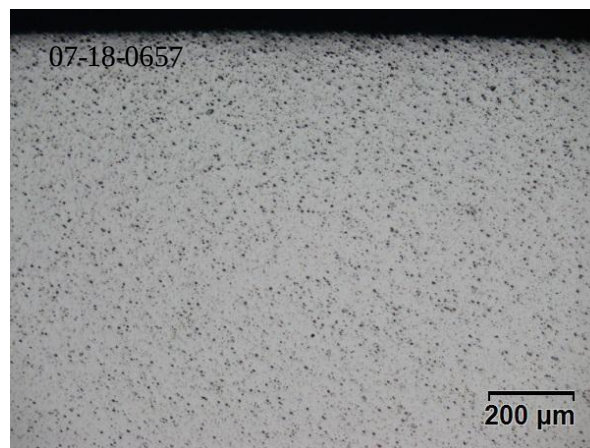
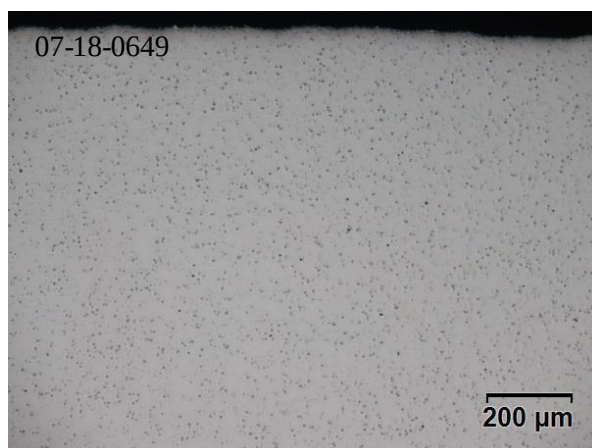
Mikrostrukturna analiza med analiziranimi vzorci ne pokaže bistvenih odstopanj v velikosti mikrostrukturnih sestavin, porazdelitev je homogena, v stanju O so faze nekoliko bolj skoncentrirane. V vzdolžni smeri je jasno definiran tok materiala.

Analiza mikrozrnatosti je bila opravljena pri 100-kratni povečavi. Struktura je v celoti nekristalizirana po celotnem preseku. Razlikuje se struktura vlaken (opazovano v vzdolžni smeri), in sicer na sredini so širša kakor na robu – prevladuje stanje T1 pred O.

Tabela 3: Mikrostruktura in zrnatost pred žarjenjem in po njem

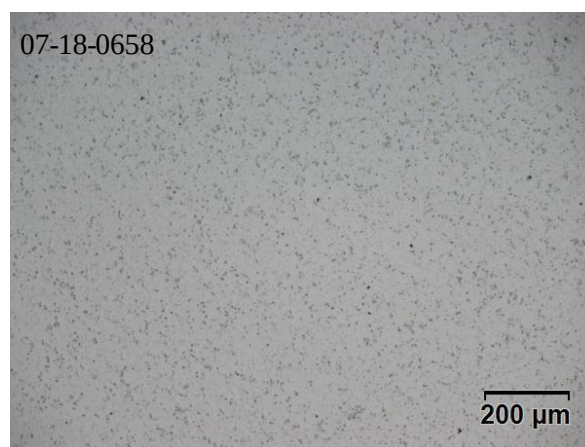
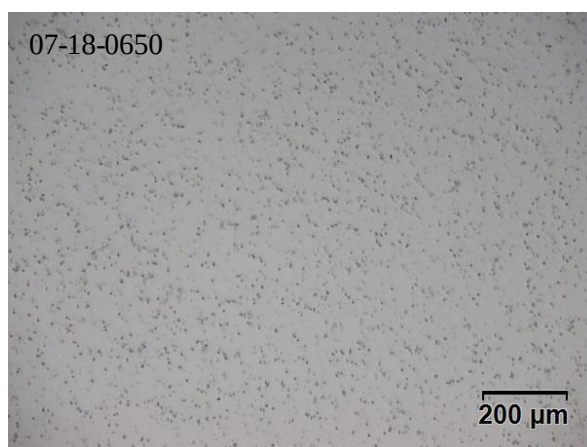
Oznaka		Zlitina	Šarža	TRE	Oblika	Dimenzija v mm	Stanje	Opombe
1	1	D31	241317	0	Okrogla	34	T1	začetek
2	3	D31	241317	0	Okrogla	34	T1	konec
3	2	D31	241317	0	Okrogla	34	O	začetek
4	4	D31	241317	0	Okrogla	34	O	konec
Vzrok in namen preiskave		- mikrostruktura in zrnatost pred žarenjem in po njem, Š. 241317 vzorca 2 in 4 se toplotno obdelata (O) vzorca 1 in 3 pa ne (T1).						

Vir: (Lastna raziskava)



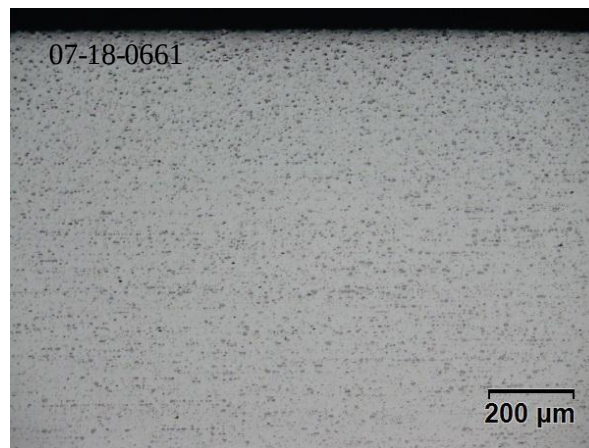
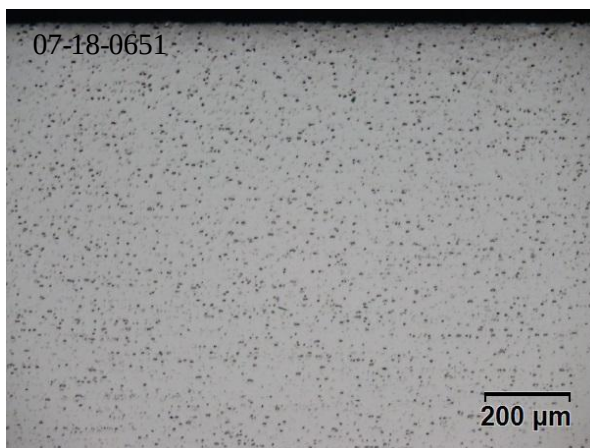
Slika 7: D31/T1/Začetek /sredina/prečno/mikro 100-krat in D31/O/Začetek/sredina/prečno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



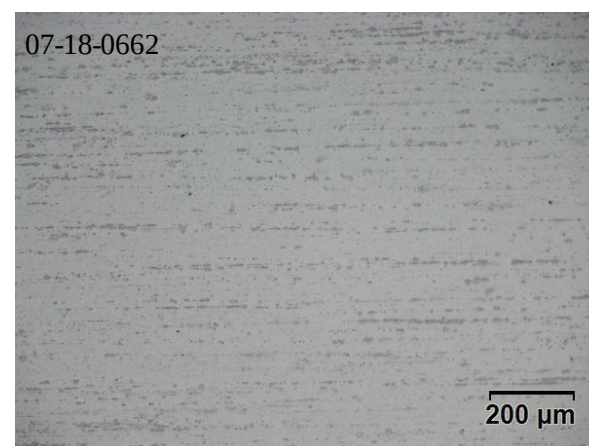
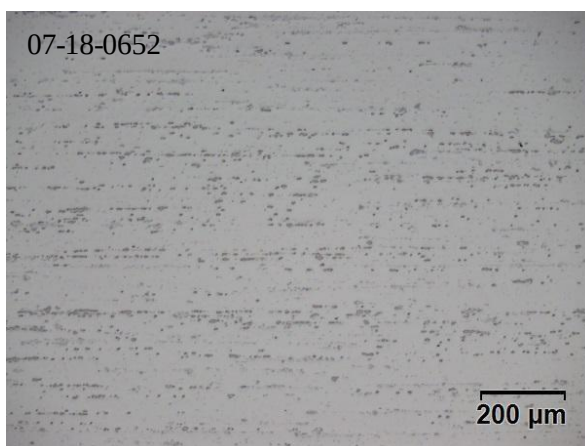
Slika 8: D31/T1/Začetek/sredina/prečno/mikro 100-krat in D31/O/Začetek/sredina/prečno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



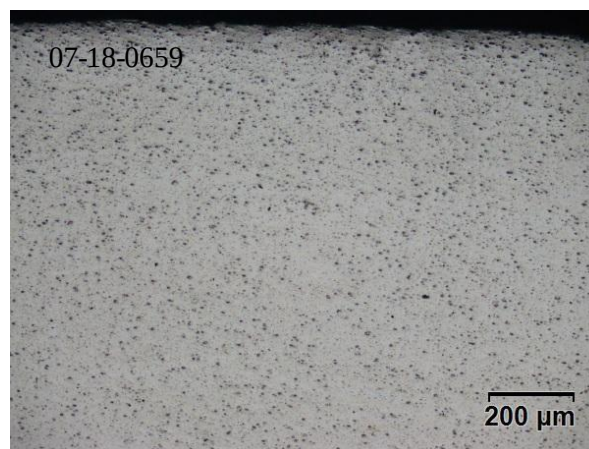
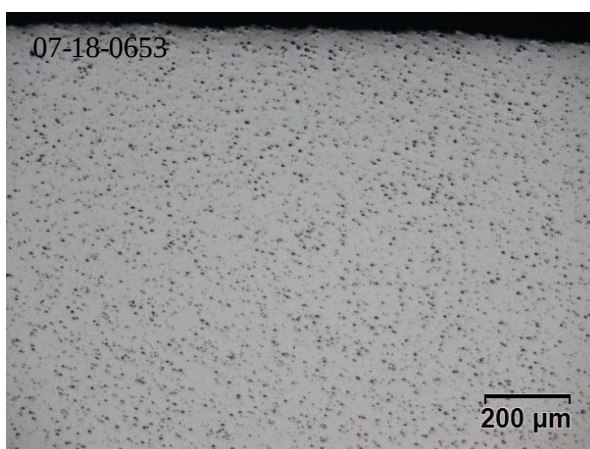
Slika 9: D31/T1/Začetek/rob/vzdolžno/Mikro 100-krat in D31/O/Začetek/rob/vzdolžno/Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



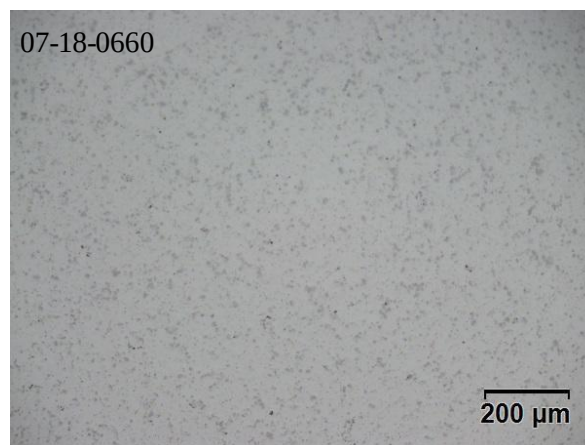
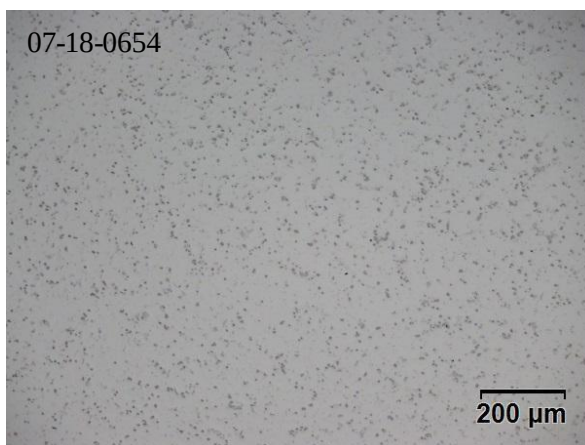
Slika 10: D31/T1/Začetek/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat in D31/O/Začetek/sredina/vzdolžno/

Vir: (Lastna raziskava)



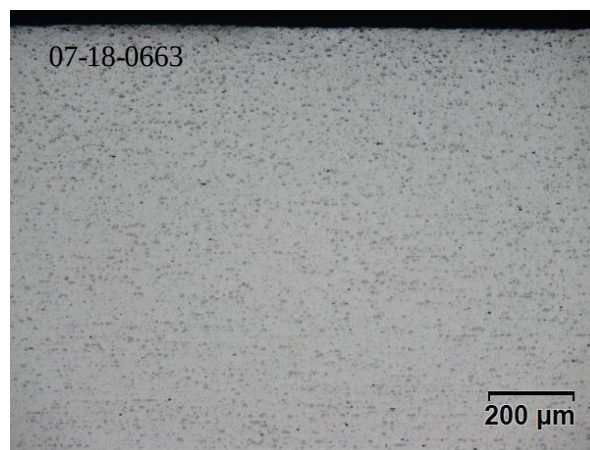
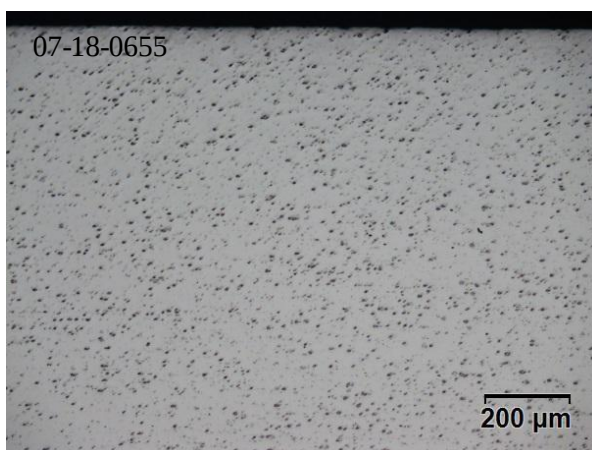
Slika 11: D31/T1/Konec/rob/prečno/Mikro 100-krat in D31/O/Konec/rob/prečno/Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



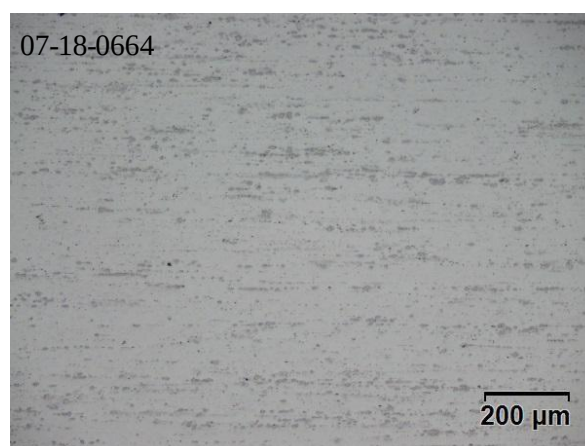
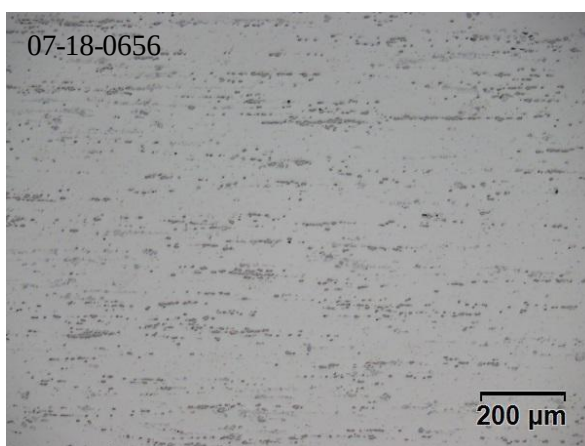
Slika 12: D31/T1/Konec/sredina/prečno/mikro 100-krat in D31/O/Konec /sredina/prečno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



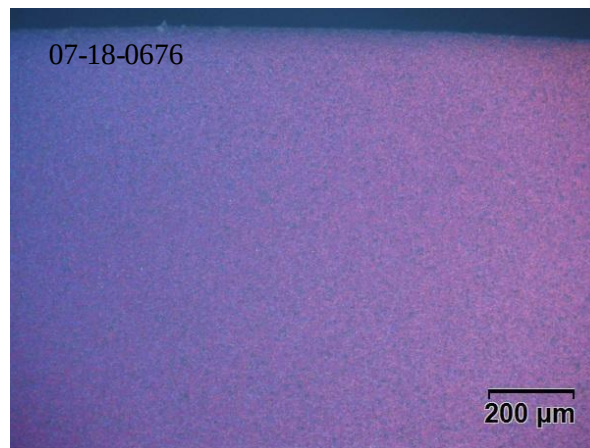
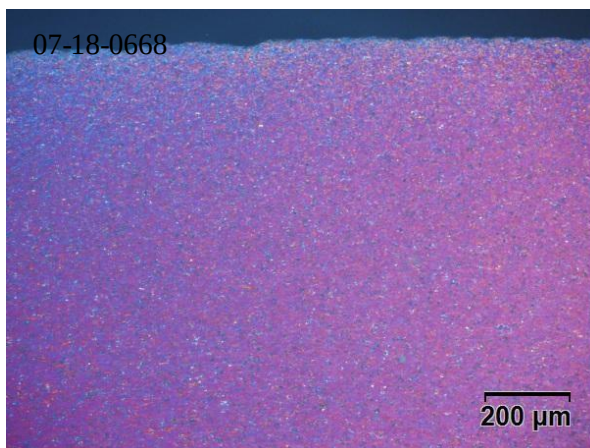
Slika 13: D31/T1/Konec/rob/vzdolžno /Mikro 100-krat in D31/O/Konec/rob/vzdolžno /Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



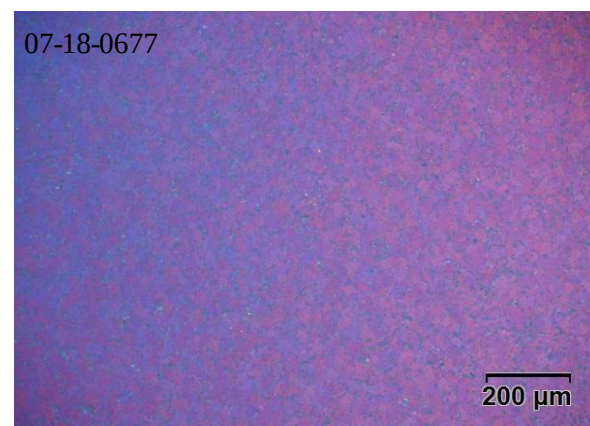
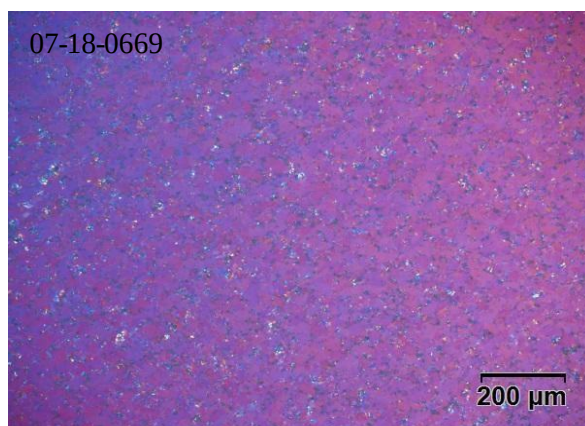
Slika 14: D31/T1/Konec/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat in D31/O/Konec/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



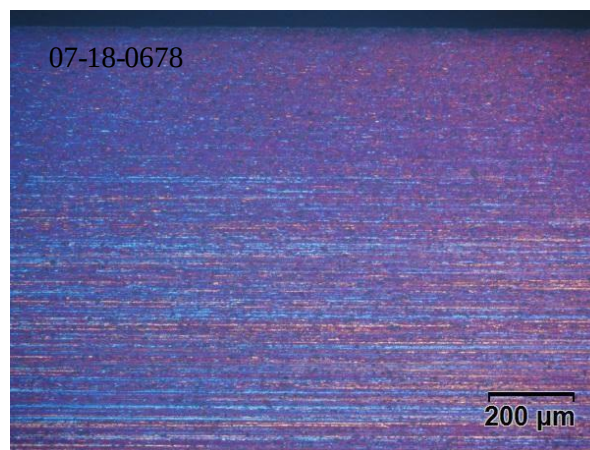
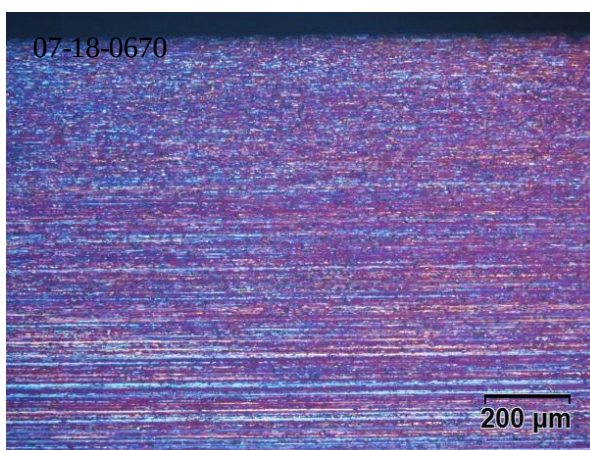
Slika 15: D31/T1/Začetek/rob/prečno/Mikro 100-krat in D31/O/Začetek/rob/prečno/Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



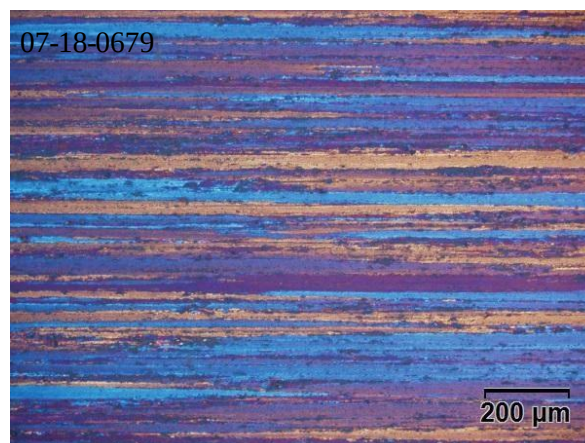
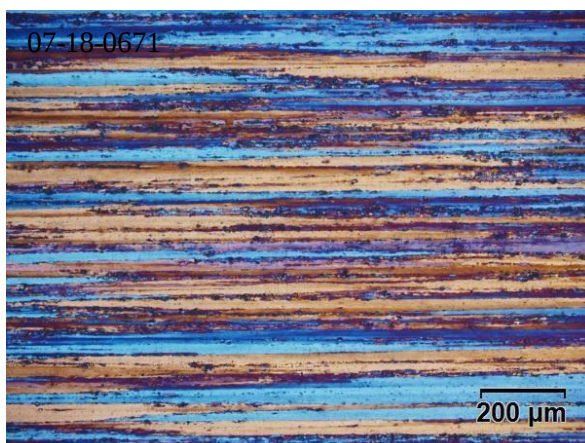
Slika 16: D31/T1/Začetek/sredina/prečno/mikro 100-krat in D31/O/Začetek/sredina/prečno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



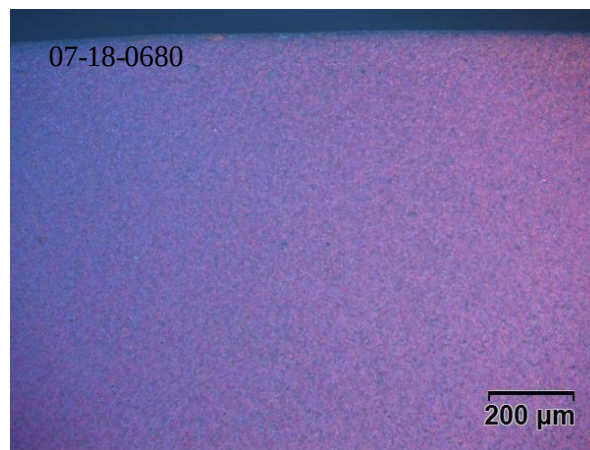
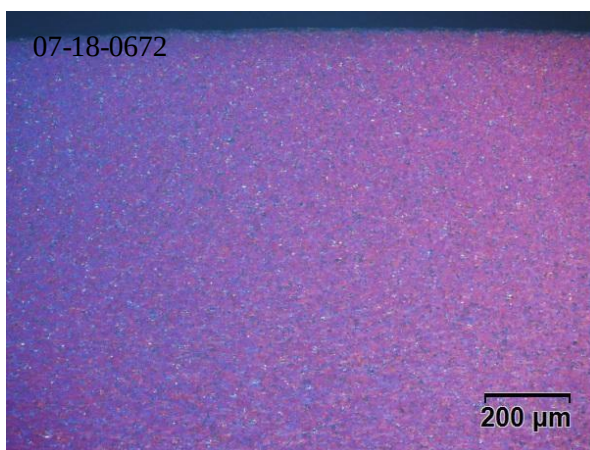
Slika 17: D31/T1/Začetek/rob/vzdolžno/Mikro 100-krat in D31/O/Začetek/rob/vzdolžno/Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



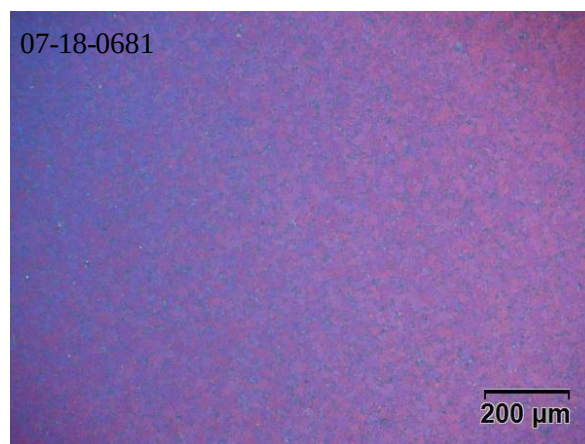
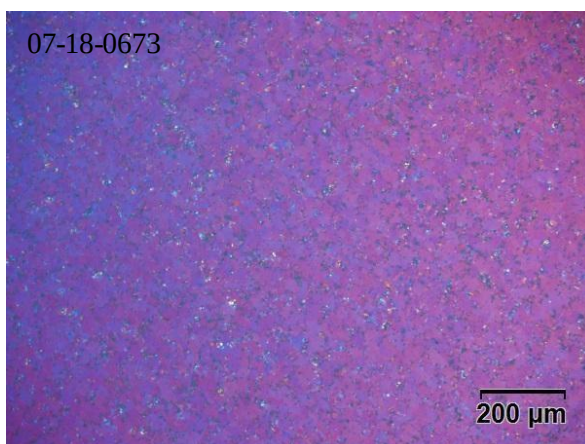
Slika 18: D31/T1/Začetek/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat in D31/O/Začetek/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



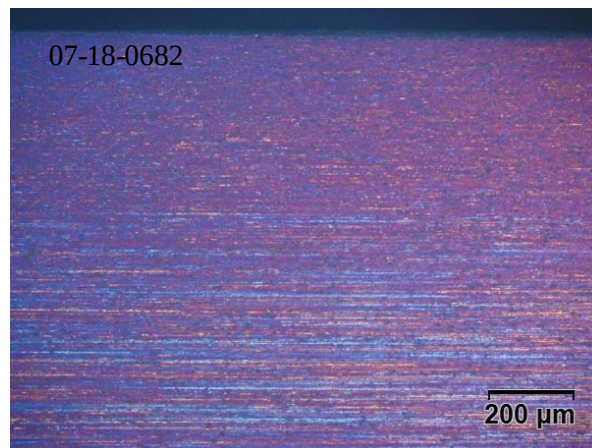
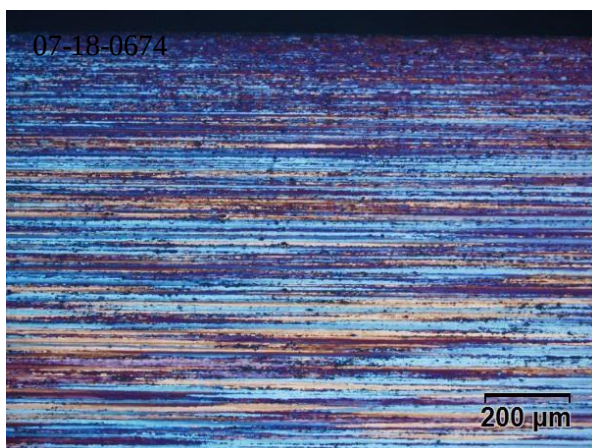
Slika 19: D31/T1/Konec/rob/prečno/Mikro 100-krat in D31/O/Konec/rob/prečno/Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



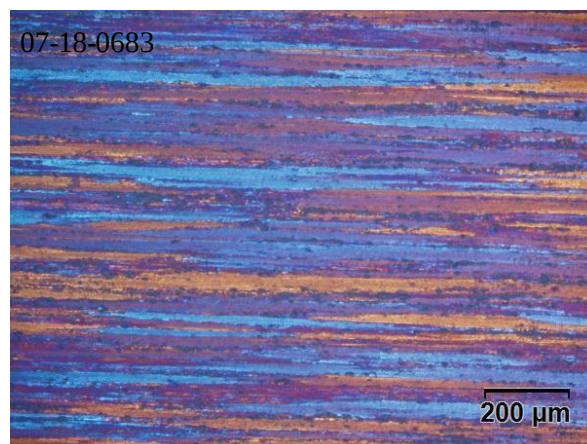
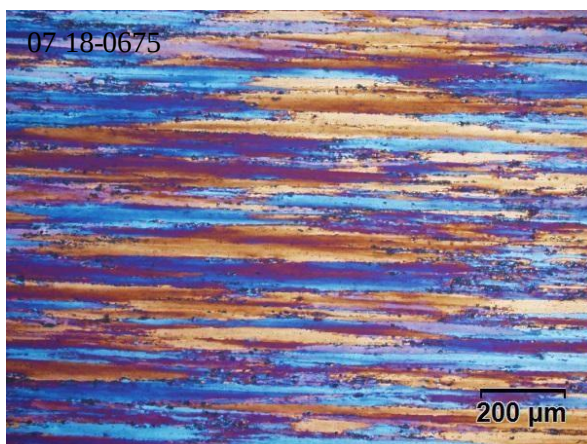
Slika 20: D31/T1/Konec/sredina/prečno/mikro 100-krat in D31/O/Konec/sredina/prečno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 21: D31/T1/Konec/rob/vzdolžno/Mikro 100-krat in D31/O/Konec/rob/vzdolžno/Mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 22: D31/T1/Konec/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat in D31/O/Konec/sredina/vzdolžno/mikro 100-krat

Vir: (Lastna raziskava)

3.4 Korekcija kovaškega utopa

Pri kovanju smo opazili, da se material pri kovanju drobi in trga predvsem na območju vratu ojnice, kjer moramo iztisniti največ materiala in so sile največje. Surovec za kovanje je v obliki narezka iz okrogle palice, ki ima enak presek skozi celotno dolžino in ni predhodno obdelan (valjan).

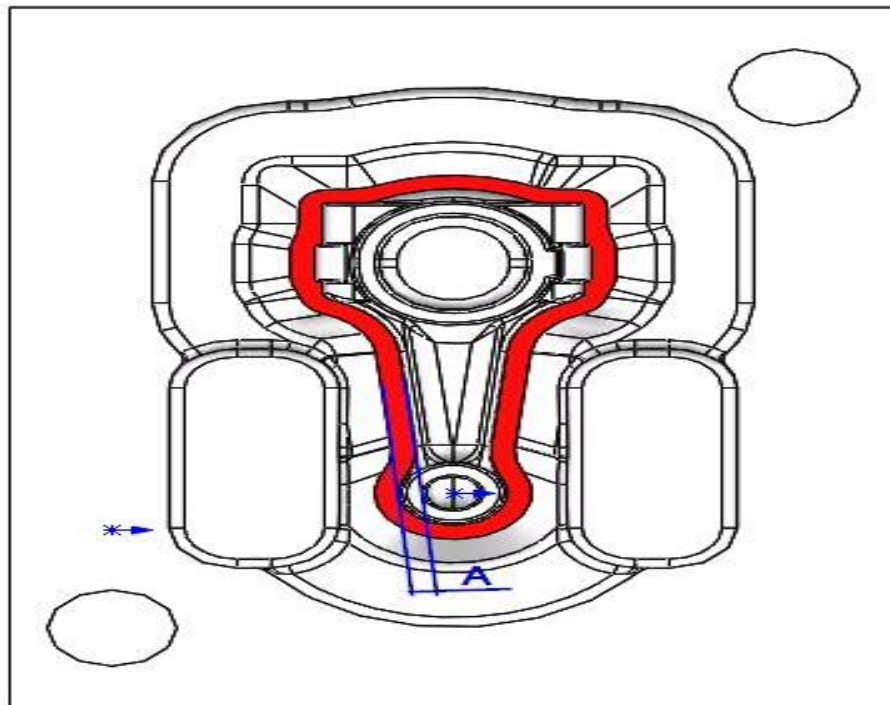
Pred korekcijo orodja smo kovali vzorce po 100 kosov žarjenega in nežarjenega materiala. Rezultat ni bil dober, saj smo imeli na nežarjenih kosih 22 % razpok, na žarjenih kosih pa 10 % razpok.

Oba vzorca sta bila kovana na 6000 KN-preši s temperaturo orodja 180 °C in temperaturo narezkov 380 °C z dvema zaporednima udarcema in ročnim mazanjem gravure.

Pri prikazu korekcije orodja bomo vrednosti podajali v procentih. Korekcijo orodja smo naredili na širini in debelini pretoka, kar smo v nadaljevanju prikazali na slikah v nadaljevanju.

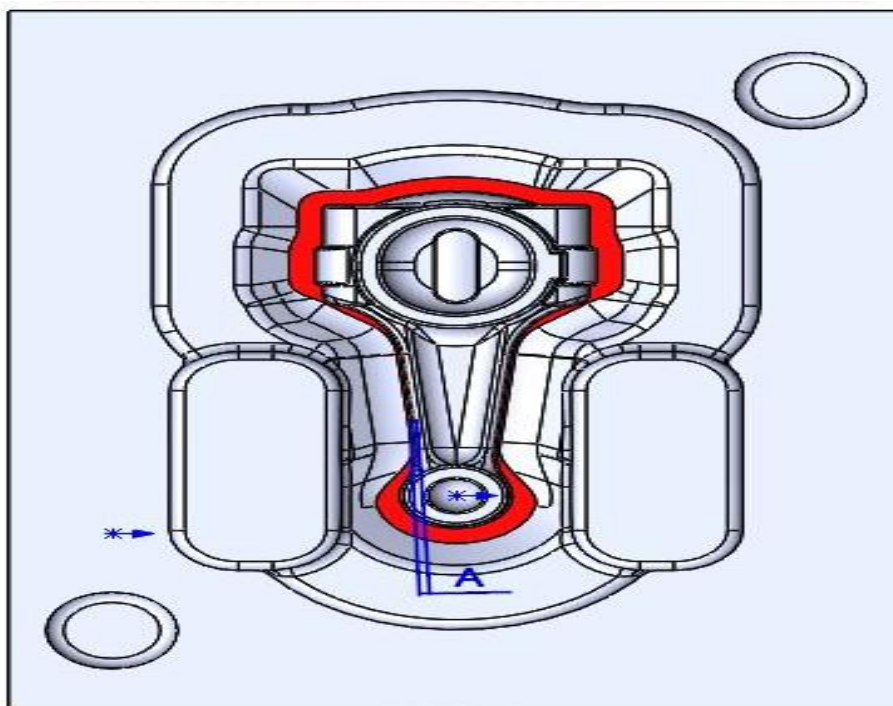
Širino pretoka A smo zožili za 60 % predvsem v predelu vratu ojnice. V predelu glave smo pretok pustili nespremenjen in s tem dosegli počasnejši iztek materiala zaradi lažjega polnjenja gravure.

Povišali smo tudi debelino pretoka B za 40 %.



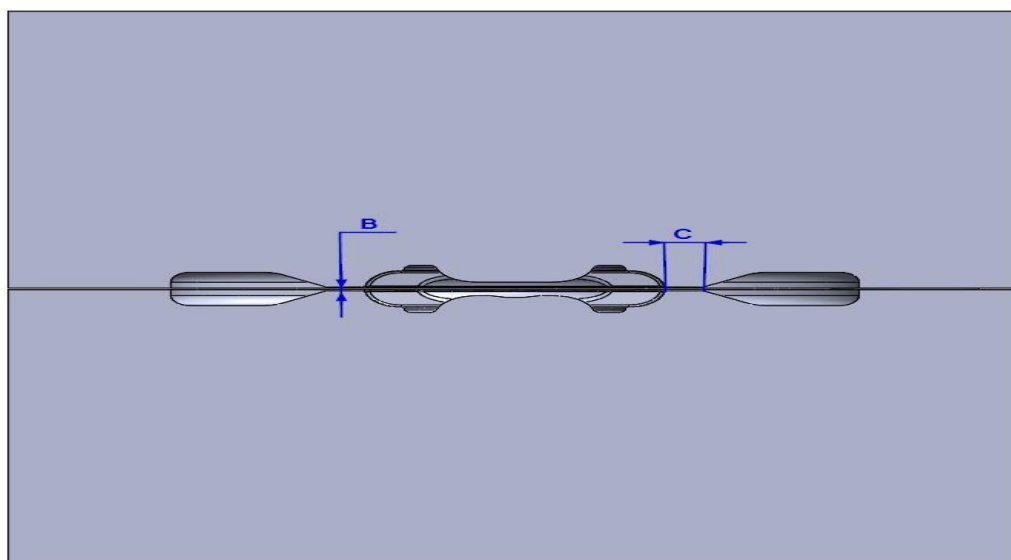
Slika 23: Širina pretoka pred korekcijo orodja

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 24: Širina pretoka po korekciji orodja

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 25: Prikaz širine in debeline pretoka

Vir: (Lastna raziskava)

3.5 Priprava surovcev za kovanje (žarjenje)

Že na začetku raziskave smo ugotavljali, da trdota vhodnega materiala vpliva na kakovost končnega izdelka oziroma na pojav razpok med kovanjem, prav tako pa na silo, potrebno za preoblikovanje in vzdržnost orodja. Pri meritvah trdote vhodnega materiala zlitine 2014 smo ugotovili, da je bila trdota od 100 do 120 HB.

Po razreзу materiala se narezki naložijo v košare za žarjenje materiala, ki jih naložimo v žarilno peč. Peč nastavimo na določeno temperaturo in čas, ki sta predpisana za zlitino, ki jo žarimo. Za žarjenje zlitine 2014 smo določili temperaturo 390 °C (+/- 15 °C) 1h 30min (+/- 30 min.) s počasnim ohlajanjem.

Po žarjenju materiala in počasnem ohlajanju smo zmerili trdoto žarjenega materiala in ugotovil, da je trdota nižja od 40 HB.

3.6 Kovanje in preverjanje vzorcev po korekciji orodja

Za kovanje po korekciji orodja smo uporabili material 2014 v stanju T1, kakršnega nam je dostavil dobavitelj in žarjen material stanja O po žarjenju. Velikost vzorca je bila po 100 narezkov. Oba vzorca sta bila iz iste serija materiala in z isto šaržo. Kovanje vzorčne serije je potekalo na 6000 KN-stiskalnici, z dvema zaporednima udarcema, kot pri predhodnih serijah. Orodje smo segreli na 180 °C. Temperatura surovcev na obeh vzorcih je bila 380 °C.

Pri odkovkih iz nežarjenega materiala je bila še vedno vidna natrganost materiala na obrezlini in drobljenje materiala, vendar v manjšem obsegu kot pri predhodnih serijah, kar je nakazovalo na morebitne razpoke v predelu kovaške brade.

Pri kovanju vzorcev iz žarjenega materiala ni bilo vidne natrganosti materiala, prav tako pa se material ni drobil.

Po hladnem obrezovanju smo ugotovili, da odkovki iz žarjenega materiala nimajo razpok. Na ne žarjenem materialu je imelo razpoko 5 odkovkov, torej 5 % na serijo.

Preverjanje razpok smo izvedli z vizualno kontrolo po luženju in s pomočjo tekočega fluorescentnega penetranta.

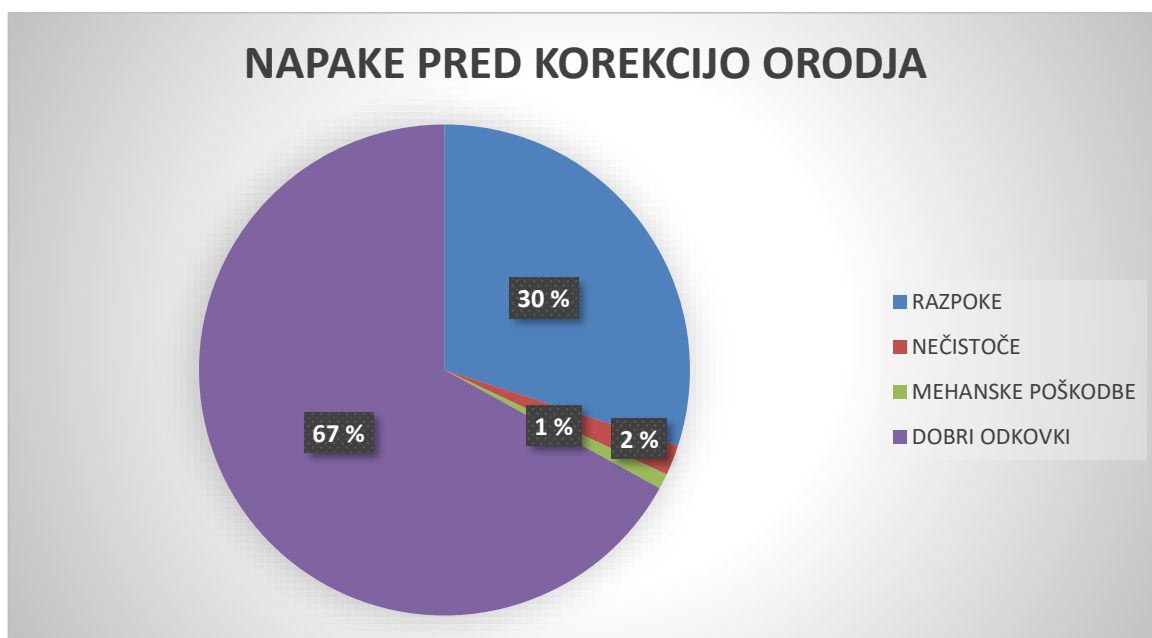
Preizkus je pokazal, da se je korekcija orodja pokazala za uspešno, vendar pa za izločitev razpok na odkovkih ni bila dovolj in je bilo pri naslednji seriji potrebno uvesti žarjenje materiala pred kovanje.

Pri naslednji seriji v velikosti 1000 kosov smo uvedli žarjenje materiala pred kovanjem. Med samo serijo smo lahko znižali tudi moč udarcev za preoblikovanje, in sicer prvi udarec za 20 % in drugi udarec za 10 %.

Z znižanjem potrebne sile za preoblikovanje, korekcijo orodja in znižanjem trdote materiala za kovanje smo pridobili tudi na vzdržnosti orodja, saj odvečni material pri preoblikovanju lažje iztisnemo iz gravure.

Po pregledu serije na odkovkih ni bilo vidni razpok.

Pri naslednjih serijah smo uvedli žarjenje palic iz stanja T1 v stanje O pri dobavitelju palic za kovanje in znižali količino kosov pregledanih s tekočim fluorescentnim penetrantom iz 100 % na 10 % od vsake nove serije in električno gretje utopnega orodja zaradi doseganja konstantne temperature orodja.



Graf 5: Napake na odkovkih po korekciji orodja

Vir: (Lastna raziskava)

Napake po korekciji orodja in žarjenju vhodnega materiala prikazuje graf 5. Iz podatkov je razvidno, da trenutno največji del napak pripada nečistočam v odkovkih. To dejansko ne pomeni, da so to izmetni kosi, saj je večino izločenih kosov zaradi mehanskih poškodb in nečistoč mogoče popraviti z dodatnimi operacijami, kot sta brušenje in poliranje odkovkov. Čisti izmet predstavlja med 0,3 do 0,5 % celotne serije.

4 SKLEP

V diplomski nalogi smo prikazali potek reševanja razpok na ojnici iz aluminijeve zlitine 2014 in tudi detekcijo napak s pomočjo fluorescentnih penetrantov. Opisali smo problem, s katerim smo se srečali pri preiskavi odkovkov s tekočim fluorescentnim penetrantom oziroma detekcijo napak in njegovo odpravo. V praksi se je pokazal kot največji problem grafit, ki se uporablja za mazanje gravure na kovaškem utopu, ki ostane v manjših hladnih spojih in razpokah. Grafit odbija penetrant, ki ne more v razpoko in s tem nam pri pregledu ne pokaže indikacije na odkovku. V praksi smo odpravili problem s predhodno vizualno kontrolo in izločanjem odkovkov pred tekočo penetracijo in ponovnim luženjem odkovkov zaradi odstranitve grafita in ostalih maziv iz razpok in hladnih spojev.

V nadaljevanju smo opisali potek reševanja problema pri kovanju ojnice iz aluminijeve zlitine 2014, ki nas je pripeljal do zelenega rezultata, torej odkovka brez razpok in s tem do znižanja stroškov izdelave odkovka. Na začetku reševanja problema z razpokami smo zmotno mislili, da bo dovolj samo zmanjšanje trdote vhodnega materiala, kar se je pokazalo med samim preizkušanjem za nezadostno rešitev, saj smo želeli razpoke popolnoma odpraviti in s tem izločiti 100-odstoten pregled ojníc s tekočim fluorescentnim penetrantom, kar pomeni velik prihranek časa pri izdelavi odkovka in občutno zniža količino izmeta. Korekcija utopnega orodja se je pokazala za učinkovito. Dosegli smo pričakovane cilje in popolnoma odpravili razpoke na ojníc.

V pomoč pri reševanju problema je bila dokumentacija iz prejšnjih serij, kot so meritve temperature, debeline odkovkov, sile, potrebne za preoblikovanje, in temperatura orodja pri kovanju, kar je pokazalo, da imamo stabilen proces, ki se med serijami ni spreminjal. Pred korekcijo orodja smo predvidevali, da bomo lahko imeli pri kovanju težave z neizpolnjenostjo odkovkov zaradi lažjega izteka materiala. Pri kovanju se je predvidevanje pokazalo za neutemeljeno. Sama korekcija orodja se je pokazala v kombinaciji z znižanjem trdote vhodnega materiala za učinkovito in zadostno za odpravo razpok.

Pred začetkom reševanja problema smo želeli raziskati, ali bi lahko ustrezno rešitev našli v dostopni literaturi in ugotovili, da na temo kovanja aluminija oziroma kovanja zlitine 2014 ni skoraj nobene ustrezne literature, s katero bi si lahko pomagali, zato smo se morali zanesti na svoje znanje in pretekle izkušnje. Za veliki dejavnik pri napakah na odkovkih, kot so napake površine in neizpolnjenost, se je pokazalo nihanje temperatura orodja, ki ga s plamenskimi

predgretjem kovaškega utopa nismo mogli dosegati, zato smo uvedli električno gretje orodja, vendar nihanje temperature orodja ni vplivalo na razpoke na odkovkih. Po kovanjih nekaj serijah se nam razpoke na ojnici niso več pojavile, zato smo začeli korekcijo orodij tudi na drugih artiklih, ki jih kujemo iz zlitine 2014 in smo imeli podobne težave. Pri kovanju ojnice se je korekcija orodja in znižanje trdote vhodnega materiala za kovanje pokazala kot dobra rešitev pri vzdržnosti orodja. Z zmanjšanjem sil za preoblikovanje pri kovanju smo vsekakor pripomogli k daljši življenjski dobi strojev. Največji prihranek časa pri izdelavi ojnice smo pridobili pri ukinitvi 100-odstotnega pregleda s penetranti, ki smo ga nadomestili z vzorčenjem 10 % odkovkov iz posamične serije. Zaradi zmanjšanja obremenitve termične obdelave, ki smo jo obremenili z dodatno operacijo žarjenja za znižanje trdote vhodnega materiala, smo se dogovorili z dobaviteljem, da nam dobavlja material v stanju O, ki ima ustrezno trdoto za kovanje.

Pri kovanju aluminijevih zlitin vsekakor nikoli ne zmanjka problemov in novih izzivov, ki jih bomo reševali v prihodnosti, pri katerih nam bodo v veliko pomoč predhodne izkušnje in znanja, ki smo jih pridobili skozi leta razvoja. Veselimo se tudi uvajanja robotizacije za kovanje v naše podjetje, ki nam bo vsekakor omogočila večjo konkurenčnost na trgu in nam prinesla nove izzive pri našem delu.

5 LITERATURA IN VIRI

Aberšek, B. (1995). *Tehnologija in obdelava kovin*. Radovljica: Didakta.

American Elements. (2015). *Aluminum 2014 Alloy*. Pridobljeno iz <https://www.american-elements.com/aluminum-2014-alloy>

DCP. (2016). *Kontrolni blok*. Pridobljeno iz http://www.ressuage-magnetoscopie-penetranttesting-magnetictesting-dpc.info/site/images/M_images/dpc32_7uk.jpg

Enciklopedija Slovenije. (1988). 5. zvezek. Ljubljana: Mladinska knjiga.

Impol, d. o. o. (2015). *Aluminijeve zlitine*. Pridobljeno iz <http://www.impol.si/izdelki/aluminij/aluminijeve-zlitine>

Kokol, R. (2011). *Statistično obvladovanje procesov. Priročnik za udeleženca seminarja*.

Q Techna d. o. o. (2010). *Penetrantska kontrola-teorija (seminarsko gradivo)*. Krško: Q Techna d. o. o.

Rudolf, K. (2017). *Termodinamična karakterizacija Al zlitine Silafont-36 (diplomska naloga)*. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.

Sector Cert Gesellschaft für Zertifizierung GmbH. (2012). *Eindringprüfung, Stufe 1+2*. Keln: Sector Cert Gesellschaft für Zertifizierung GmbH.

Slovenski inštitut za standardizacijo. (2013). *SIST EN ISO 3452-1:2013*. Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.

Slovenski inštitut za standardizacijo. (2015). *Sistem vodenja kakovosti - Zahteve (SIST EN ISO 9001: 2015)*. Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.

Stampal SB d. o. o. (2015). *O nas*. Pridobljeno iz <http://www.stampal-sb.si/o-nas>

Stampal SB d. o. o. (2017). *Odkovki za industrijo kompresorjev*. Pridobljeno iz <http://www.stampal-sb.si/imagelib/source/default/Impol%20Stampal/odkovki/odkovki-za-kompresorje-1.jpg>

Vodopivec, F. (2002). *Kovine in zlitine*. Ljubljana : Inštitut za kovinske materiale in tehnologijo.

Žarnić, R. (2005). *Lastnosti gradiv*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij.

6 PRILOGE

PRILOGA 1: »Poročilo penetrantske preiskave NDT REPORT«

Stampal SB d.o.o Partizanska cesta 38 2310 Slovenska Bistrica	NDT REPORT	Report number: 31-2018 NDT/PT/ CERTIFICATE EN-10204 3.1.
Customer: OCAP	Test component identification: INSPECTION OF THE 70191	Date of accomplishment: 5.2.2018



Method of inspection:		
Visual Testing VT	Eddy Current Testing ET	
Penetrant Testing PT	Ultrasonic Testing UT	
Magnetic Particle Testing MT	Radiographic Testing RT	
	TYPE: 70191	PCS 320
TEST EQUIPMENT AND MATERIAL USED IDENTIFICATION:		
TYPE OF INSPECTION: Type I, Method A, Sensitivity level 3		
EQUIPMENT USED: Black light inspection lamp, UV and visible meter.		
MATERIAL USED: Fluorescent Penetrant HELLING FP90 Cleaner water MET – L – CHEK, D 78B developer.		
INSPECTION STANDARD: Any linear discontinuity indication is to be considered as a defect and reported.		
TECHNIQUE USED: Fluorescent penetrant, water washable method.		
DETAILS OF INSPECTION:		
Parts are precleaned and should be without grease. They are pickled before. Parts immersed into penetrant, FP 90. Contact time 5-10 min at 20°C. Penetrant removed by water spray, temperature 15-35°C, max pressure 275 kPa, under black light. Parts immersed into MET-L-CHEK, D78B developer for 10 min. Dried in oven for 10 min at 50 °C. Surface viewed under UV-A radiation source. The UV-A irradiance at the surface inspected shall not be less than 10w/m2. The visible light is limited to a max of 20 lux. Inspection performed per standard ISO 3452. Post Inspection cleaning with water and removed all developer and penetrant residue from the components.		
TEST REPORT: Parts are without cracks.		

Inspectors name: S. Bučar

Sign:

Stamp: 1114

Prepared by: J. Bežal	Approved by: S. Bučar	Issue Date:
-----------------------	-----------------------	-------------

Page 1 of 1

Vir: (Lastna raziskava)

**PRILOGA 2: »Potrdilo o usposabljanju: Penetrantska kontrola nivo 1+2,
Qtechna 2010«**



Potrdilo o usposabljanju
Certificate of Attendance

g. Stanislav Bučar

Rojen: 11.05.1974
Born:

Se je udeležil usposabljanja
Has attendend

Penetrantska kontrola, nivo 1+2
Penetrant Testing, level 1+2

V skladu z EN 473 in SNT TC-1A/CP-189.
According to EN 473 and SNT TC-1A/CP-189.

Št. potrdila: 1114
Certificate No.:

Št. ur usposabljanja: 40
Hours of Training:

Usposabljanje
je potekalo: 13.09.2010 - 17.09.2010
Training Period:

Rebeka Srebotnik
Vodja izobraževalnega centra
Head of Educational Center

Vir: (Lastna raziskava)