

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

IZBIRA GEOMETRIJE VLEČNEGA ORODJA

Kandidat: Aleš Šketa

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Marija Kisin

Mentor v podjetju: Ida Kverh, uni. dipl. ing. met.

Lektor: Ana Koritnik, profesorica slovenščine

Maribor, 2016

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani/a Aleš Šketa sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom Izbira geometrije vlečnega orodja, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom dr. Marije Kisin.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, julij 2016

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvalil bi se rad vsem, ki so kakor koli doprinesli oziroma pomagali z vzpodbudo ali kako drugače, da sem ta študij uspešno zaključil. Še posebej bi se rad zahvalil sodelavcem in tehničnemu osebju v podjetju, predvsem gospe Idi Kverh, ki mi je s svojim mentorstvom veliko pripomogla pri nastajanju diplomskega dela, ter Ervinu Rošerju, ki mi je pomagal pri testiranjih in izdelavi posameznih vlečnih orodij. Nenazadnje bi rad izrazil zahvalo še osebju Academie, predvsem svoji mentorici dr. Mariji Kisin. Prepričan sem, da diploma odpira novo poglavje v mojem življenju.

POVZETEK

Podjetje Impol ima obširen proizvodni program kakovostnih polizdelkov iz aluminija in aluminijevih zlitin. Le-te se glede na tehnološki kriterij delijo na zlitine za litje in zlitine za gnetenje oziroma preoblikovanje. V skupino zlitin za gnetenje sodijo tudi nekatere zlitine, namenjene za izdelavo vlečenih palic.

V diplomskem delu so predstavljeni proizvodni program in postopki preoblikovanja s poudarkom na postopkih iztiskovanja ter vlečenja palic iz aluminijevih zlitin. Dobra sposobnost preoblikovanja zagotavlja zlitinam za gnetenje oziroma vlečenje zahtevano deformacijsko stanje in mehanske lastnosti. Pri postopkih preoblikovanja v toplem in/ali hladnem stanju se preoblikovancu trajno spremenijo oblika, dimenzija in mehanske lastnosti, pri tem pa posamezne tehnološke operacije potekajo v določenem, vnaprej predpisanem zaporedju.

Predstavljeno je celotno tehnološko zaporedje – od priprave vhodne surovine v obliki litih drogov različnih dimenzij, toplotne obdelave, proces iztiskovanja do vlečenja palic na kombinirani vlečni liniji. Nato sledita ravnanje in razrez vlečenih palic na končno dolžino.

Izpostavljen je problem izbire ustrezne geometrije vlečnega orodja, ki bo vlečnim palicam, premera od Ø 15,00 mm do vključno Ø 32,00 mm, zagotovila zahtevano dimenzijsko točnost v okviru zahtevanih toleranc h9 in kakovostno površino. Podani so osnovni kriteriji izbire orodja, kot so: vrsta in trdota zlitine, vrsta orodja in vlečni kot orodja, dimenzija orodja, stopnja deformacije glede na zahtevano končno dimenzijo in toleranco.

Na osnovi analize rezultatov opravljenih preizkusov vlečenja je ugotovljeno, da je pri vlečenju zlitin skupine 7022, 7055 (AlZnMg) in 2007 (AlCu) z vlečnim orodjem, z dolžino cilindra 5 mm, primerna maksimalna vrednost vlečnega kota (α) 3°, medtem ko je pri zlitinah skupine 6000 (AlMgSi) vlečni kot lahko večji, in sicer od 4°–6°.

Ključne besede: aluminijeve zlitine za gnetenje, postopki preoblikovanja, iztiskovanje, vlečenje, geometrija orodja, deformacijsko stanje.

ABSTRACT

DRAWING TOOL GEOMETRY SELECTION

The Impol company has an extensive product range consisting of high quality semi-finished aluminium and aluminium alloy products. Products are divided according to technological criteria into alloys for casting and alloys for plastic working or plastic deformation process. In the group of alloys for the plastic working process there are also some that are intended for the production of cold drawn bars.

The paper sets out the product range and the plastic deformation processes, with an emphasis on the process of extrusion and the cold drawing of bars from aluminium alloys. Aluminium alloys have good plastic deformation abilities and provide the required deformation and mechanical properties for plastic working and cold drawing. In the plastic deformation processes in a warm and/or cold state the deformation permanently changes shape, dimension, and mechanical properties, while individual technological operations take place in a defined, pre-prescribed order.

The paper presents the entire technological process, from the preparation of raw materials in the form of alloy bars of various dimensions, heat treatment, process of extrusion to the cold drawing of bars in the combined drawing line. This is followed by the handling and cutting of the cold drawn bars to the final required length.

The paper highlights the problem of choosing a suitable drawing tool geometry, which, with a diameter of Ø 15.00 mm to Ø 32.00 mm (inclusive), ensures the required dimensional accuracy within the required tolerance h9 and quality of finish. The following are the basic criteria for choice of tools: type and hardness of the alloy, type of tool and drawing angle of the tool, tool dimension, degree of deformation according to the required final dimension and tolerance.

Based on the analysis of the results carried out on drawing, it was found that in drawing of alloy group 7022, 7055 (AlZnMg) and 2007 (AlCu), with drawing tools with a cylinder length of 5mm, the maximum suitable value of the drawing angle is (α) 3°, whilst in the alloy group 6000 (AlMgSi) the drawing angle may be greater by 4° – 6°.

Keywords: aluminium alloys for the plastic working process, plastic deformation processes, extrusion, cold drawing, tool geometry, deformation state.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	6
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	6
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	7
2	PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL.....	8
2.1	PROIZVODNI PROGRAM PODJETJA IMPOL	8
2.2	PREDSTAVITEV PROIZVODNEGA PROCESA CEVARNA	9
3	ZLITINE ZA GNETENJE	11
3.1	ZLITINE ZA VLEČENJE	12
4	POSTOPEK IZTISKOVANJA PALIC	14
4.1	RAZREZ IN STRUŽENJE OKROGLIC.....	15
4.2	OGREVANJE OKROGLIC	15
4.3	IZTISKOVANJE	15
4.3.1	<i>Direktno iztiskovanje</i>	<i>15</i>
4.3.2	<i>Indirektno iztiskovanje.....</i>	<i>17</i>
4.4	NATEZNO RAVNANJE	18
4.5	RAZREZ PALIC	18
5	POSTOPEK VLEČENJA.....	19
5.1.1	<i>Kombinirana vlečna linija</i>	<i>20</i>
5.2	NAMEN VLEČENJA	21
5.3	SILE PRI VLEČENJU.....	22
5.4	MAZANJE	22
5.5	KOMBINIRANA VLEČNA LINIJA EJP2	23
5.6	TERMINAL, ON-LINE SISTEM.....	23
5.7	POTISNA NAPRAVA	23
5.8	VLEČNA KLOP.....	25
5.9	LETEČE ŠKARJE	26
5.10	RAVNANJE PALIC	27
5.10.1	<i>Napake pri iztiskovanju</i>	<i>30</i>
5.11	ŽAGA ZA KONČNI RAZREZ S POSNEMANJEM	31
6	ORODJA ZA VLEČENJE	33
6.1	VLEČNO ORODJE – VOTLICA.....	34
6.1.1	<i>Izdelava in karakteristike orodja</i>	<i>35</i>

7	PREDPIS GEOMETRIJE VLEČNEGA ORODJA	38
7.1	ORODJE BREZ CILINDRA	39
7.2	ORODJE S CILINDROM	41
8	SKLEP	45
8.1	PREDPIS ORODJA	45
8.2	ZAKLJUČEK	46
9	VIRI, LITERATURA.....	48

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	IMPOL	8
SLIKA 2:	ALUMINIJASTI DROGOVI	10
SLIKA 3:	PALICE IN CEVI	10
SLIKA 4:	VHODNI MATERIAL ZA VLEČNO LINIJO.....	14
SLIKA 5:	DIREKTNO IZTISKOVANJE	16
SLIKA 6:	INDIREKTNO IZTISKOVANJE	17
SLIKA 7:	DEFORMACIJA PALICE.....	20
SLIKA 8:	KOMBINIRANA VLEČNA LINIJA EJP2.....	21
SLIKA 9:	STROJ ZA VLEČENJE PALIC IN PROFILOV.....	21
SLIKA 10:	POTISNA NAPRAVA	24
SLIKA 11:	KASETA Z ORODJE.....	24
SLIKA 12:	VLEČNA KLOP Z VLEČNIMA VOZOVOMA	25
SLIKA 13:	LETEČE ŠKARJE.....	26
SLIKA 14:	REZALNO ORODJE – NOŽ.....	27
SLIKA 15:	VALJČNI RAVNALNI STROJ	28
SLIKA 16:	NASTAVITEV VODIL NA RAVNALNEM STROJU	29
SLIKA 17:	RAVNALNI STROJ - KONTROLNI PANEL.....	30
SLIKA 18:	ŽAGA ZA KONČNI RAZREZ.....	32
SLIKA 19:	NAPRAVA ZA POSNEMANJE ROBOV PALIC	32
SLIKA 20:	DRSNI VLEK	33
SLIKA 21:	KOTALNI VLEK	33
SLIKA 22:	VOTLICA.....	35
SLIKA 23:	PREREZ MATRICE	36
SLIKA 24:	ORODJE BREZ CILINDRA.....	40
SLIKA 25:	ORODJE S CILINDROM	41

KAZALO TABEL

TABELA 1: OZNAKE AVTOMATNIH ZLITIN	12
TABELA 2: TOLERANCE H9, H10, H11.....	38
TABELA 3: PREDPIS ORODJA - TOLERANCA H9	46

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Aluminij je kovina prihodnosti. Njegova uporaba ne pozna meja. Uporablja se v takšni ali drugačni obliki v vseh gospodarskih panogah. Najdemo ga v gospodinjstvu, kjer se uporablja za pakiranje živil, v gradbeništvu, letalski in avtomobilski industriji, vesoljski tehnologiji ...

V diplomskem delu bom obravnaval postopke preoblikovanja aluminijastih zlitin za gnetenje in njihovo uporabo, ki so plod raziskav podjetja Impol. Več pozornosti bom namenil vlečenju palic, saj je to delo, ki ga opravljam. Pojasnil bom različne načine vlečenja, za ta namen potrebne stroje in problematiko izbire ustrezne geometrije orodja za vlečenje.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen:

Namen diplomskega dela je predstaviti proizvodni proces izdelave palic, poudariti postopek vlečenja in definirati predpis orodja za vlečenje glede na zahteve mehanskih lastnosti, toleranc in ravnosti palic.

Cilji:

- ugotoviti, katere zlitine aluminija imajo dobre preoblikovalne lastnosti;
- predstaviti tehnološki postopek iztiskovanja palic (priprava in razrez drogov, ogrevanje okroglic, orodja in načini iztiskavanja);
- predstaviti postopek vlečenja na kombinirani liniji (vlečenje, ravnanje, razrez, posnemanje robov);
- ugotoviti geometrijo vlečnega orodja za določene zlitine.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavke:

Vlečenje palic iz aluminijevih zlitin je postopek preoblikovanja. Pri tako imenovanih postopkih preoblikovanja gre za trajno deformacijo materiala. Postopki preoblikovanja so: iztiskovanje, kovanje, valjanje, vlečenje, upogibanje. Nekateri postopki se izvajajo s pomočjo povišane

temperature materiala, potekajo lahko tudi na način hladnega preoblikovanja. Tako potekajo valjanje, vlečenje in ravnanje samo s pomočjo mazanja orodja pri temperaturi okolice. Tukaj bom predvsem izpostavil hladno vlečenje, saj postopek uporabljam na svojem delovnem mestu. Po vlečenju material dobi gladko površino, površina materiala pa se utrdi. Tolerančno območje dimenzije palice je bistveno manjše po vlečenju. Takšen material ima boljše mehanske lastnosti, izboljša se mu obdelovalnost.

Omejitve:

Literature in podatkov o vlečenju palic ali žice je malo, interna literatura v podjetju je poslovna skrivnost.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Diplomsko delo tvorita teoretični in praktični del. Uporabil bom preverjene metode:

- metodo deskripcije (opisovanje določenih pojmov, dejstev in pojavov),
- metodo kompilacije (metoda uporabe izpiskov, navedb, citatov drugih avtorjev),
- metodo zbiranja podatkov iz strojnih virov,
- stališča in sklepe drugih avtorjev ter lastnih spoznanj in njihovo združevanje,
- eksperimentalno metodo.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IMPOL

Zgodovina podjetja Impol sega v leto 1825. Najprej so izdelovali polizdelke iz bakra, medenine in brona. Leta 1952 se je Impol preusmeril v proizvodnjo aluminijastih polizdelkov. Eden od razlogov je bil tudi postavitev tovarne glinice in aluminija v Kidričevem. Po letu 1961 se je Impol pričel vključevati v mednarodno gospodarsko okolje. Leta 1971 je bila letna proizvodnja aluminijastih polizdelkov že 40.000 ton in leta 2003 celo več kot 120.000 ton. Danes Impol vključno z obratom v Srbiji zaposluje 1861 ljudi in na letni ravni proizvede 180.000 ton aluminijastih polizdelkov.



Slika 1: Impol

Vir: (http://www.impol.si/imagelib/background/default/backgrounds/ozadja/lokalno_okolje.jpg, 2016)

2.1 Proizvodni program podjetja Impol

Impol ima obsežen proizvodni program aluminijastih izdelkov. Podjetje pokriva širok spekter uporabe aluminijastih izdelkov, od avtomobilske industrije, prehrambene in farmacevtske industrije, gradbene industrije, do letalske in vesoljske industrije. Izdelke v podjetju delimo na

stiskane izdelke (palice, cevi, profili), valjane izdelke (folije, trakovi, rebrasta pločevina, rondle), odkovke (predvsem za avtomobilsko industrijo) in lite izdelke (Skupina Impol, 2016). Impol je izvozno usmerjeno podjetje. Prodajni delež na domačem trgu znaša komaj 6 %, medtem ko izvoz predstavlja 94 % prodaje, kupci prihajajo predvsem iz držav EU (Skupina Impol, 2016).

2.2 Predstavitev proizvodnega procesa Cevalna

Že ime samo pove, da se v tem proizvodnem procesu izdelujejo cevi. Razen cevi izdelujemo še palice različnih geometrijskih oblik (šestkotne, okrogle, kvadratne ...) in profile različnih oblik po načrtu. V proizvodnem procesu so locirane tri iztiskovalnice, razdeljene glede na stiskalno silo hidravlike v MN (mega Newton):

- 20 MN direktna iztiskovalnica,
- 35 MN indirektna iztiskovalnica,
- 55 MN direktna iztiskovalnica.

Na 20 MN iztiskovalnici se iztiskajo brezšivne cevi različnih oblik ter žica, ki je kasneje namenjena za vlečenje palic, premera pod 10 mm. Na direktni 55 MN iztiskovalnici se iztiskajo palice za kovanje, profili po načrtu in palice raznih profilnih oblik. Na 35 MN indirektni iztiskovalnici se izdelujejo palice za vlečenje in profili po načrtu. Njena prednost je zelo dolga iztočna proga (48 m), kar omogoča rezanje palic na dolžino 9 m, palice te dolžine je še mogoče transportirati z viličarjem in jih dostaviti na vlečno linijo. Ostali dve iztiskovalnici imata bistveno krajšo iztočno progo (20 MN – 15 m in 55 MN – 25 m).

Vhodna surovina so liti drogovi, premera 282 mm, 275 mm in 218 mm, dolžine 6900 mm, ki jih v stružnem centru narežejo na okroglice, dolžine od 700 mm do 1600 mm, odvisno od tehnoloških zahtev, ki so podane v delovnem nalogu. Z dolžino okroglic reguliramo dolžino iztiskanih palic. Tako razrezane aluminijaste okroglice se postružijo na Ø 275 mm oziroma ostanejo neostružene, dimenzije 282 mm in 218 mm, odvisno, za katero iztiskovalnico so namenjene. V sklopu Cevalne je tudi kalilnica, v kateri poteka raztopno žarjenje materiala s pomočjo solne kopeli. Kot zadnjo naj omenim še hladno obdelavo. V tem delu proizvodnega procesa so stroji za vlečenje, ravnanje, žage za razrez, stroji za posnemanje robov, peči za žarenje in umetno staranje materiala.



Slika 2: Aluminijasti drogovi

Vir: (<http://www.tehnikaset.si/wp-content/uploads/2014/06/skl-drog-03.jpg>, 2016)



Slika 3: Palice in cevi

Vir: (<http://www.impol-servis.com/si/imagelib/source/default/fotografije/izdelki/cevi-web.jpg>, 2016)

3 ZLITINE ZA GNETENJE

Čisti aluminij ima sicer zelo dobro električno prevodnost, vendar je zelo mehak. Zato se k aluminiju dodajajo razni legirni elementi, da mu izboljšajo trdnost in žilavost. Nekaterim aluminijevim zlitinam lahko zelo zboljšamo mehanske in tehnološke lastnosti s postopki toplotne obdelave, npr. izločevalnim utrjevanjem. Zaradi tega s svojo trdnostjo dosegajo lastnosti jekla (Puhar, 2011). V podjetju lahko proizvedemo prek 170 različnih aluminijevih zlitin. Vsaka izmed njih ima svoj »recept« oziroma kemično sestavo in svoj namen glede na zahteve kupca. V livarni aluminij legirajo predvsem z dodajanjem silicija, magnezija, mangana in bakra, v manjši meri pa dodajajo še veliko drugih elementov, kot so Cr, Zr, Zn, Bi, Sn ...

Aluminijeve zlitine, ki vsebujejo približno od 0,5 do 1,3 % magnezija, približno od 0,4 do 1,2 % silicija, približno od 0,6 do 1,2 % bakra, približno od 0,1 do 1 % mangana in katerih pretežni preostanek predstavlja aluminij skupaj z nečistočami ter drugimi elementi, so s postopki iztiskovanja in hladne obdelave vlečenja obdelane v žico, palice ali cevi. Po iztiskovanju je lahko proizvod hladno vlečen, pred ali po toplotni obdelavi raztopnega žarenja in gašenja. Proizvod je nato mogoče umetno starati pri temperaturah do 200 °C. Dobljeni proizvod je zaradi dobrih lastnosti materiala primeren za različne načine uporabe (Google.com, 2016).

Zlitine delimo v skupine ali serije glede na namen uporabe. Zlitine serije 5000 se uporabljajo v gradbeništvu, kjer je pomembna estetika, zlitine serije 2000, 4000, 6000 in 7000 se uporabljajo v avtomobilski industriji, zlitine serije 7000 se uporabljajo za vesoljsko tehnologijo in letalsko industrijo, zlitine serije 1000 in 3000 se uporabljajo v elektro industriji, zlitine serije 2000 se uporabljajo za obdelavo na avtomatskih stružnicah (Skupina Impol, 2016).

V osnovi delimo zlitine v dve skupini:

- avtomatne zlitine,
- ostale zlitine.

Izdelki iz avtomatnih zlitin imajo dobro obdelovalnost in se uporabljajo za struženje, frezanje ter ostale postopke odrezavanja.

V tabeli 1 so predstavljene nekatere zlitine za avtomate glede na oznake po standardih EN, DIN in ASTM v primerjavi z internimi oznakami podjetja Impol.

Tabela 1: Oznake avtomatnih zlitin

EN	DIN	ASTM	IMPOL
EN AW 2011	AlCuPbBi	2011	D50, D51
		2041	D71 s Sn
EN AW 2030/EN AW 2007	AlCuMgPb	2030	D60
		2028A, 2028B	D61
		2044, 2045	D80 s Sn
EN AW 6262	AlMgSiPbBi	6262	AC41
EN AW 6012	AlMgSiPb	6012	AC42
		6012r	AC44
		6064	AC45
		6026	AC46
	AlMgSiSn	6028	AC60
EN AW 6023		6023	AC61
EN AW 6262A		6262A	AC62

Vir: (Skupina Impol, 2016)

3.1 Zlitine za vlečenje

Zlitine delimo na:

- mehkognetne zlitine (serije 1000, 3000, 6000 ...),
- srednjegnetne zlitine (serije 2000, 5754 ...),
- težkognetne zlitine (serije 7000, 5000 ...).

Za vlečenje so najbolj primerne mehkognetne zlitine in srednjegnetne zlitine (Impol 2000, 2016).

Ustrezna kemijska sestava in stanje materiala nam povesta, katere posamezne faze za spremembo snovnih in mehanskih lastnosti so bile izvedene in v kakšnem zaporedju. V našem proizvodnem procesu poznamo 45 različnih stanj materiala. Stanja, pri katerih se izvaja operacija vlečenja, so naslednja:

- stanje OH pomeni hladno obdelano z vlečenjem in mehko žarjeno;
- stanje H111 pomeni stiskano, mehko žarjeno in nato vlečeno;
- stanje T2 pomeni stiskano, kaljeno na stiskalnici, vlečeno in naravno starano;
- stanje HT3 pomeni, stiskano, vlečeno, raztopno žarjeno in gašeno v solni kopeli, naravno starano in ponovno vlečeno;

- stanje HT4 pomeni vlečeno, raztopno žarjeno in gašeno v solni kopeli in nato naravno starano;
- stanje HT6 pomeni vlečeno, raztopno žarjeno in gašeno v solni kopeli in nato umetno starano;
- stanje HT7 pomeni vlečeno, raztopno žarjeno in gašeno v solni kopeli in dvostopenjsko umetno starano;
- stanje T8 pomeni stiskano, raztopno žarjeno in gašeno v solni kopeli, vlečeno in nato umetno starano;
- stanje T10 pomeni stiskano, kaljeno na stiskalnici, hladno obdelano z vlečenjem in umetno starano;
- T10P stanje pomeni prhano, stiskano, kaljeno na stiskalnici, hladno obdelano z vlečenjem in umetno starano;
- T9 stanje pomeni stiskano, kaljeno na stiskalnici, umetno starano in hladno obdelano z vlečenjem;
- HT65 stanje pomeni stiskano, hladno obdelano z vlečenjem, raztopno žarjeno in gašeno v solni kopeli in umetno starano.

Zgoraj so navedene interne oznake stanj, ki jih v standardih ne najdemo (Impol 2000, 2016).

Za stanja, ki so povezana s toplotno obdelavo, je zelo pomemben čas toplotne obdelave. V proizvodnem procesu Cevalna imamo tri peči za umetno staranje ter žarjenje materiala. Vse peči so opremljene z navodili za pravilno izbiro temperature in časa toplotne obdelave glede na zahtevano stanje zlitine.

Po vlečenju se dosega tolerance h11, ki so predpisane po standardu EN 754-3:2008 in znašajo od 0,10 mm do 0,19 mm. Za zahtevnejše izdelke se uporabljajo tolerance h9 in znašajo od – 0,043 mm do –0,052 mm. Za doseganje navedenih toleranc je zelo pomembno orodje, ki ga uporabljamo za vlečenje palic. Orodje definiramo glede na vrsto zlitine, deformacijo pri vlečenju in predpisano toleranco.

4 POSTOPEK IZTISKOVANJA PALIC

V Impolu izdelujemo široko paleto aluminijastih polizdelkov. Surovina pride v tovarno največkrat v obliki bram ali kot sekundarni aluminij. Impol ima svojo livarno, ki pokriva potrebe vseh proizvodnih procesov v podjetju. Za naš proizvodni proces v livarni ulijejo aluminij v obliki drogov, premera 282 mm in 218 mm, dolžine 6900 mm. Takšen material gre najprej v obdelovalno-stružni center, kjer drogeve razrežejo na okroglice, dolžine od 700 mm do 1600 mm. Z dolžino okroglic reguliramo dolžino iztisnjenih palic na stiskalnici. Operater okroglice nato postruži na določen premer, odvisno za katero stiskalnico je material namenjen. Okroglice zatem potujejo z avtomatskim transportom do stiskalnice. Na stiskalnici se začne izdelava palic, ki so namenjene za hladno vlečenje. Na liniji, ki jo bom opisal v diplomskem delu, vlečemo palice od premera 15 mm do premera 32,00 mm. Palice nam do stroja dostavi bočni viličar, nato jih z mostnim žerjavom dvignemo na mize na začetku linije. Palice so tako pripravljene za proces vlečenja. Poleg okroglih palic navadno vlečemo še palice profilnih oblik. Te lahko imajo geometrijsko obliko šestkotnika, kvadrata, ali kakšno drugo obliko. Slika 4 prikazuje iztiskane palice pred vstopom na vlečno linijo.



Slika 4: Vhodni material za vlečno linijo

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

4.1 Razrez in struženje okroglic

Postopek izdelave palic se začne v obdelovalnem oziroma stružnem centru. Tu se drogovi, ki so bili uliti v livarni, razrežejo na zahtevano dolžino. Tehnolog izračuna dolžino okroglice glede na zahtevano dolžino stiskane palice. Pomembno je, da imamo pri proizvodnji minimalen odpad. V delovnem nalogu, ki spremlja material skozi ves postopek izdelave, so podani zahtevano število, dolžina in premer okroglic. Po končanem razrezu okroglica potuje do CNC-stružnice, kjer se postruži na zahtevan premer. Za direktno stiskalnico ni potrebno struženje okroglice, medtem ko se za indirektno stiskalnico okroglica postruži, da se odstranijo nečistoče in oksidne plasti. Sledita še ultrazvočna (UZ) kontrola in transport okroglice do stiskalnice.

4.2 Ogrevanje okroglic

Naslednja faza priprave materiala za stiskanje je ogrevanje okroglic na temperaturo iztiskovanja. Upravljalca peči z viličarjem dostavi paletu okroglic na depaletizer. V računalniku prevzame surovino na peč in depaletizer prične avtomatsko razlagati okroglice na transport do peči. Okroglice ogrevamo v plinski ali indukcijski peči. Temperatura okroglice je odvisna od zlitine ter stanja materiala in je predpisana v razponu od 320 °C do 525 °C, odvisno od zlitine in stanja materiala (Impol 2000, 2016).

4.3 Iztiskovanje

Iztiskovanje je ključni proces preoblikovanja oziroma izdelave palic. Delimo ga na:

- direktno iztiskovanje,
- indirektno iztiskovanje.

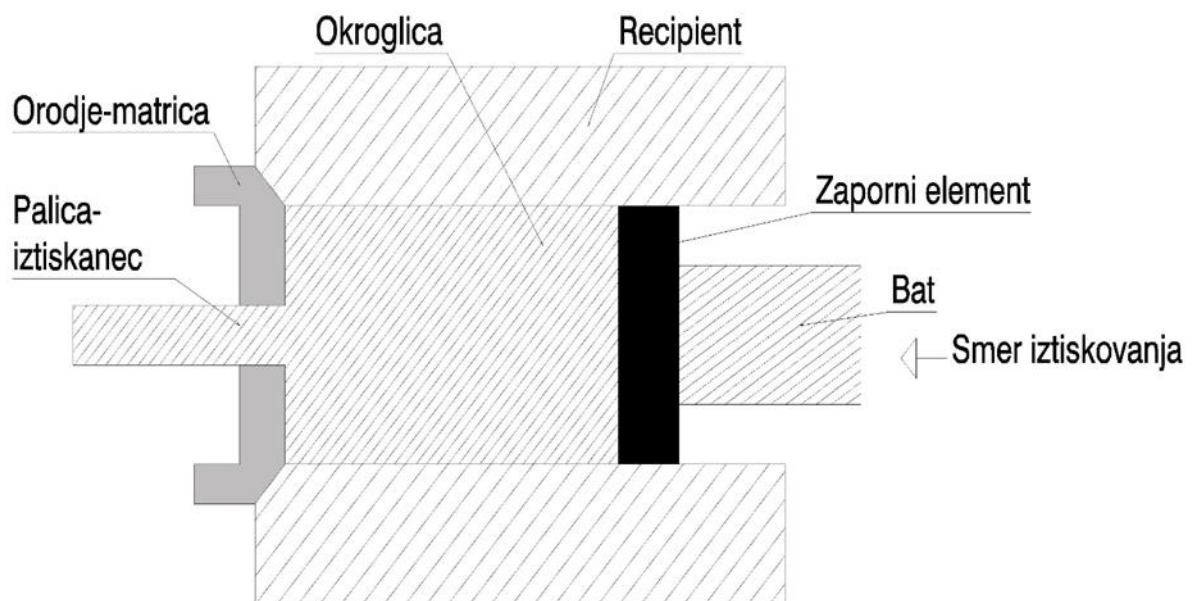
Pri direktnem iztiskovanju orodje miruje in stiskalni bat potiska aluminij skozi matrico. Pri tem se matrica in recipient ne premikata. Premika se samo stiskalni bat. Pri indirektnem iztiskovanju orodje potuje skozi recipient. Premikata se stiskalni bat in recipient, medtem ko matrični bat miruje in drži orodje.

4.3.1 Direktno iztiskovanje

Direktno iztiskovanje je najbolj razširjena metoda iztiskovanja, saj okroglic ni treba postružiti. Slaba stran pri direktnem iztiskovanju je veliko trenje, zaradi česar porabimo najmanj 30 %

energije (Impol 2000, 2016). Direktno iztiskovanje je bolj primerno za iztiskovanje mehkognetnih in srednjegnetnih aluminijevih zlitin. Proces direktnega iztiskovanja (Slika 5) poteka po naslednjem zaporedju:

Podajalnik okroglico prestavi pred stiskalno pušo, ki jo imenujemo recipient. Recipient je ogret na temperaturo približno 450 °C. Stiskalni bat potisne okroglico v recipient do orodja na drugi strani recipienta, ki je fiksirano. Na stiskalnem batu je zaporna plošča, ki zapre okroglico v recipient in začne pritiskati na okroglico. Zaradi visoke temperature in visokega tlaka (bat pritiska s tlakom 350 barov) postane aluminij testast in »teče« skozi orodje. Na drugi strani orodja je vodno korito. Ko palice pogledajo skozi orodje, se v vodi ohladijo in prevzamejo končno obliko. Izvlačilnik palice prime in jih s točno določeno silo vleče, medtem ko z druge strani stiskalni bat potiska material skozi recipient in orodje.



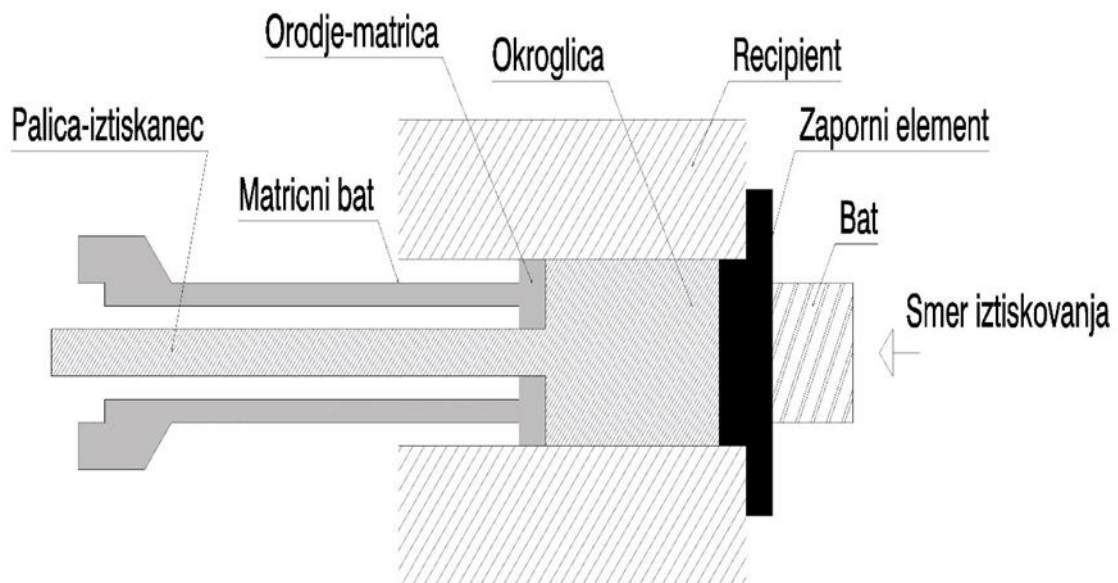
Slika 5: Direktno iztiskovanje

Vir: (Impol 2000, 2016)

4.3.2 Indirektno iztiskovanje

Indirektno iztiskovanje se od direktnega razlikuje po načinu iztiskovanja. Pri indirektnem iztiskovanju (Slika 6) potuje orodje skozi recipient in okroglico istočasno. Stiskalni bat, ki potiska okroglico, in recipient se premikata istočasno v smeri iztiskovanja, matrični bat pa zadržuje orodje na mestu, medtem ko je pri direktnem iztiskovanju orodje fiksirano in potuje okroglica skozi orodje.

Stiskalni bat potisne okroglico v recipient in zatesni okroglico. Na drugi strani recipienta podajalec matrice pripravi orodje. Recipient in stiskalni bat se pomakneta naprej do orodja. Prične se postopek stiskanja. Stiskalni bat in recipient se premikata z isto hitrostjo. Stiskani izdelek – palica potuje skozi votli matrični bat, na izhodu matričnega bata palico prime izvlačilnik. Od tu naprej je postopek popolnoma enak kot pri direktnem iztiskovanju.



Slika 6: Indirektno iztiskovanje

Vir: (Impol 2000, 2016)

4.4 Natezno ravnanje

Vsaka iztiskovalnica ima v sklopu iztiskovanja tudi natezno ravnalni stroj. Sestavljen je iz fiksne in premične vpenjalne glave. Premična vpenjalna glava nato s pomočjo vzdolžnega hidravličnega cilindra palico deformira za določen procent. Procent natezanja je odvisen od materiala in preseka palice (Impol 2000, 2016). Palice, ki se kasneje vlečejo, se velikokrat sploh ne ravnaajo na natezno ravnalnem stroju.

4.5 Razrez palic

Iztočna proga 55 MN iztiskovalnice je dolga 45 m. Tako dolge palice je nemogoče kamor koli transportirati. Zato palice na avtomatski krožni žagi razrežejo na zahtevano dolžino. Dolžino predpiše tehnolog v delovnem nalogu. Za palice, ki so namenjene za vlečenje, tehnolog izračuna dolžino glede na stopnjo deformacije. Palice se razrežejo na dvakratno ali trikratno končno dolžino palice.

5 POSTOPEK VLEČENJA

Vlečenje je postopek hladnega preoblikovanja materiala, pri katerem se vlečencu ohrani masa, spremenita se dimenzija preseka in dolžina. Izboljšajo se trdnostne lastnosti, ker zaradi hladne plastične deformacije nastopi deformacijska utrditev materiala. Postopek se navadno uporablja kot nadaljevanje preoblikovanja predhodno iztiskanih polizdelkov (Kisin, 2011). V mojem primeru so to iztiskane palice.

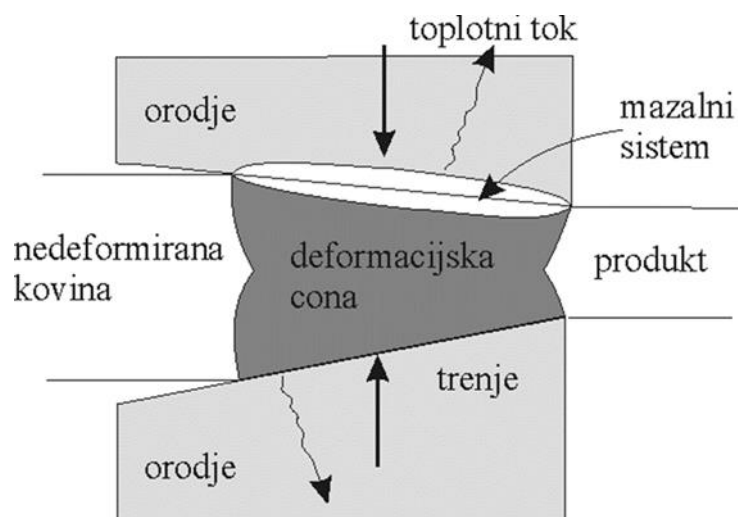
Deformacijo izražamo v odstotkih. Večja je stopnja deformacije, bolj zmanjšamo presek palice. Deformacijo izračunamo po spodaj navedeni formuli:

$$\text{Stopnja deformacije} = \frac{dz^2 - dk^2}{dk^2} \times 100[\%] = 1 - \frac{dk^2}{dz^2} \times 100[\%]$$

dz = začetni premer

dk = končni premer (Impol 2000, 2016)

Deformacijo imenujemo v žargonu tudi »odvzem«. Večji kot je odvzem materiala, večja je stopnja deformacije. Odvzem lahko znaša od nekaj desetink milimetra in tudi do nekaj milimetrov, odvisno od vrste zlitine in namena uporabe. Velikokrat nam material ne omogoča dovolj velike deformacije. Če hočemo doseči večjo stopnjo deformacije, je treba material med posameznimi operacijami rekristalizacijsko žariti. To pomeni, da material, ki smo ga s hladno plastično deformacijo utrdili, ponovno zmehčamo in usposobimo za nadaljnjo deformacijo v hladnem stanju. Med žarjenjem se spremeni mikrostruktura in povrne dobra preoblikovalna sposobnost materiala. Postopek lahko ponavljamo večkrat. Takšen postopek z večkratnim vlečenjem uporabljamo v večji meri za vlečenje žice. Med samim vlečenjem optimalno zmanjšujemo trenje med orodjem in materialom. To dosežemo tako, da dovajamo vlečno olje na mesto deformacije. Mazivo ustvari tanek sloj in preprečuje nepotrebno trenje. Zelo pomembno pri tem je, da izberemo ustrezni vlečni kot na orodju, glede na stopnjo deformacije, ki jo želimo izvesti pri vlečenju (Impol 2000, 2016). Slika 7 shematsko prikazuje deformacijsko cono pri prehodu nedeformirane kovine skozi vlečno orodje in t. i. mazalni sistem na drsnih površinah orodja-površini vlečenca.



Slika 7: Deformacija palice

Vir: (http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/Tehnologija_gradiv/Preob_1.png, 2016)

5.1.1 Kombinirana vlečna linija

V našem podjetju se za vlečenje pretežno uporabljajo kombinirane vlečne linije. Proizvajalci, ki nas opremljajo, so:

- EJP Maschinen (Nemčija),
- Schumag (Nemčija),
- OCN (Italija).

V proizvodnem procesu Cevalna imamo več kombiniranih vlečnih linij, ki pokrivajo različna dimenzijska območja. V diplomskem delu bom podrobneje opisal vlečenje palic na kombinirani vlečni liniji EJP 2 za dimenzijsko območje od Ø 15 mm do Ø 32 mm.

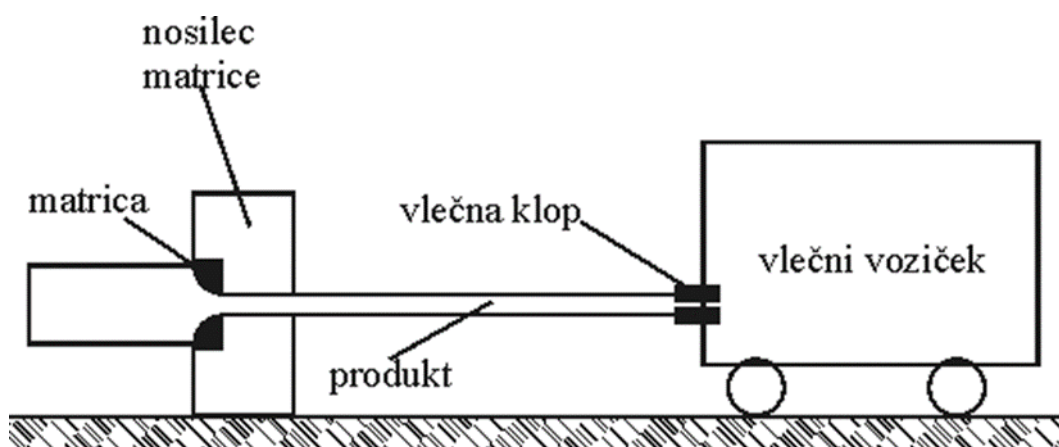
Način vstavljanja palice v orodje je od linije do linije drugačen. Pri nekaterih linijah je treba palice predhodno ošiliti, druge linije so opremljene s potisno napravo.

Prednost kombiniranih vlečnih linij ni samo v tem, da opravijo več operacij v zaporedju, ampak lahko v stroj poslužujemo dvakratno ali celo trikratno dolžino palice.



Slika 8: Kombinirana vlečna linija EJP2

Vir: (Lastna raziskava, 2016)



Slika 9: Stroj za vlečenje palic in profilov

Vir: (http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/Tehnologija_gradiv/Preob_7.png)

5.2 Namen vlečenja

Namen vlečenja je dobiti gladko površino materiala, izdelati želeno obliko obdelovanca in doseči zahtevane tolerance. Kupci zahtevajo vse bolj natančne izdelke, kar pomeni, da so zahtevane tolerance izdelkov vse bolj ozke. Če so pred časom bile zahtevane tolerance h11, se danes zahtevajo tolerance h9 in včasih tudi tolerance h10. V večji meri je vlečno orodje tisto,

ki zagotavlja doseganje zahtevane dimenzije. Za doseganje tolerance v minus si lahko nekoliko pomagamo še z valjčnim ravnalnim strojem, ki je v sklopu vlečne linije. S pritiskom valjev lahko do neke mere znižamo dimenzijo palice. To velja predvsem za mehkognetne zlitine. Poleg natančne oblike in dimenzije materialu izboljšamo mehanske lastnosti. Vlečene palice se nadalje običajno obdelujejo na stružnih avtomatih oziroma na CNC-obdelovalnih strojih, saj imajo poleg mehanskih lastnosti zboljšane tudi obdelovalne lastnosti.

5.3 Sile pri vlečenju

Pri vlečenju se material plastično deformira. To pomeni, da se material ne vrne več v prvotno stanje, ampak obdrži novo obliko. Na vlečno silo vpliva več dejavnikov:

- oblika in geometrija vlečnega orodja,
- predhodna toplotna obdelava materiala,
- oblika palice,
- hitrost vlečenja skozi matrico,
- stopnja deformacije,
- vrsta zlitine.

5.4 Mazanje

Zaradi trenja, ki je prisotno pri prehodu materiala skozi vlečno orodje, je potrebno mazanje materiala. V ta namen se uporablja posebno vlečno olje visoke viskoznosti, ki se dobro oprime palice, ko ta prehaja skozi orodje. Olje zmanjšuje trenje in skrbi, da material gladko polzi skozi orodje. Izkušnje so pokazale, da v kolikor ima površina palice večjo hrapavost, se vlečno olje bolje oprime površine. Zaradi tega smo dodatno namestili napravo za ščetkanje neposredno pred potisno napravo kombinirane vlečne linije. Ščetkamo le tisti del palice, ki ga potisna naprava potisne skozi vlečno orodje v dolžini cca. 100–200 mm. Razen ščetkanja je dalo dobre rezultate tudi peskanje palice. Kot medij se uporablja aluminijev oksid, pri čemer kljub čiščenju ostankov zrnč aluminijevega oksida nekaj teh ostane na palici in zaide v orodje. Po določenem času se to prične kazati na delovni površini orodja, predvsem pri orodjih, izdelanih iz orodnega jekla. Na orodjih iz karbidnih trdin je ta proces obrabe manj opazen.

5.5 Kombinirana vlečna linija EJP2

Na kombinirani vlečni liniji EJP2 vlečemo okrogle palice, dimenzije od 15 mm do Ø 32,00 mm, profilne palice (šestoglate in kvadratne) pa od 13 mm in do 32 mm dolžine stranice profila. Vlečna linija je sestavljena iz petih glavnih sklopov:

- potisne naprave,
- vlečne klopi,
- letečih škarij,
- valjčnega ravnalnega stroja,
- žage za končni razrez.

Posamezni sklopi so med seboj povezani s predravnalci, raznimi uvodnicami, cevmi in drugimi elementi, ki služijo za premikanje palice skozi linijo. Skozi vse omenjene sklope palico vlečemo, grobo razrežemo, poravnamo ter končno obrežemo in posnamemo robove. Ko je palica izdelana, gre na UZ-kontrolo, toplotno obdelavo (odvisno od stanja materiala) ter pakiranje.

5.6 Terminal, on-line sistem

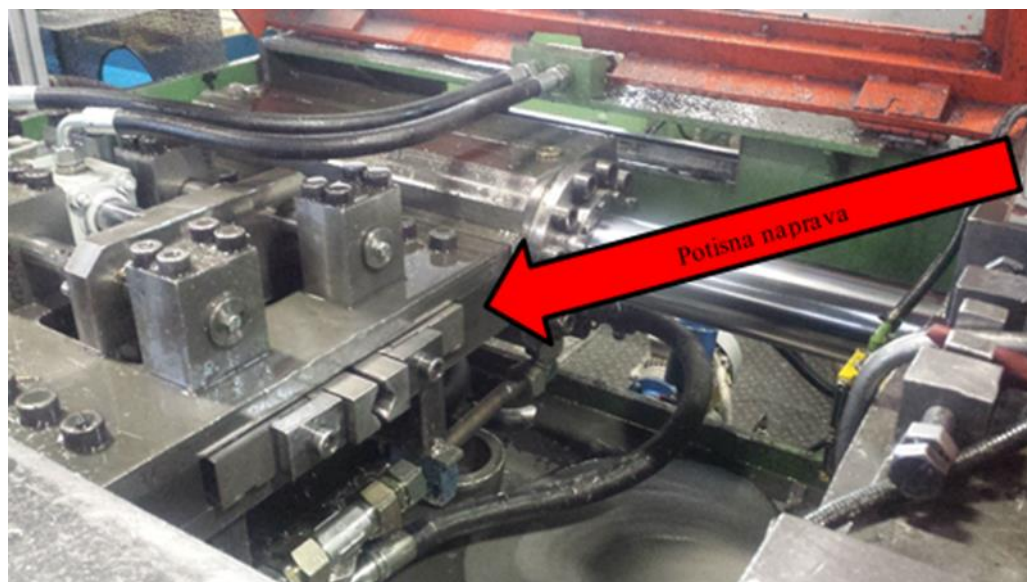
On-line sistem ali terminal, kot ga imenujemo, nam omogoča pregled nad materialom po posameznih izdelovalnih fazah. To pomeni, da nam računalnik omogoča sledenje materiala od strožnega centra naprej vse do stiskalnice, kje se material nahaja in kdo je odgovoren za posamezno izdelovalno fazo itd.

5.7 Potisna naprava

Potisna naprava nam prihrani eno fazo tehnološkega postopka. Za stroje, ki nimajo potisne naprave, je treba palice šiliti. Pri strojih s potisno napravo ta operacija ni potrebna. Pred potisno napravo so plastična kolesa, ki palico objamejo in jo potiskajo skozi čeljusti potisne naprave. Nato čeljusti palico fiksirajo in potisna naprava potisne palico skozi orodje

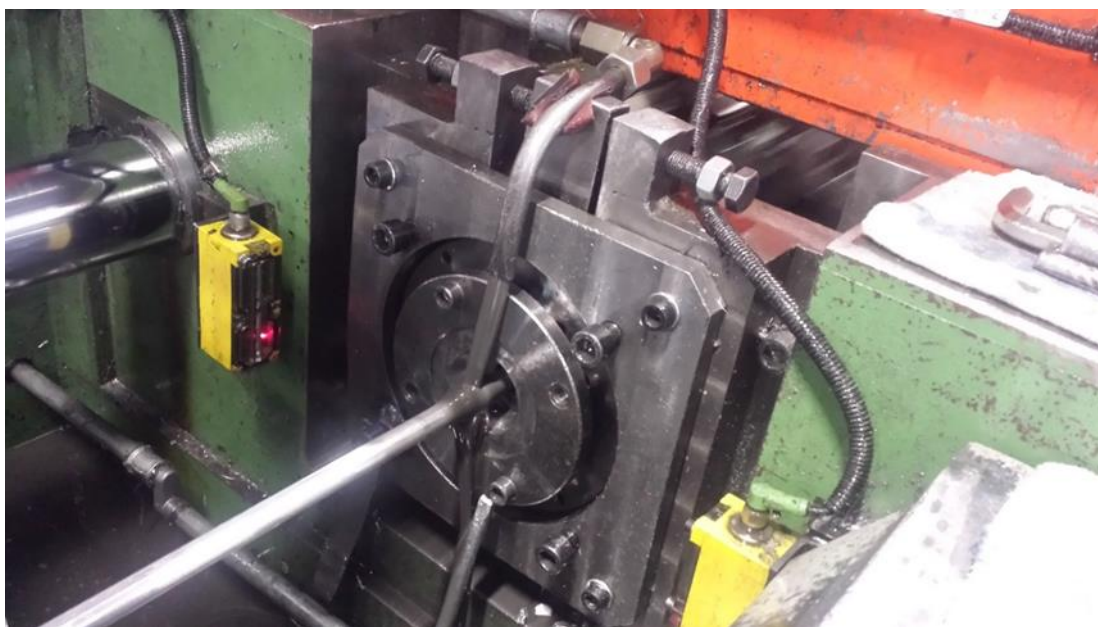
Neposredno pred potisno napravo je ščetkalna naprava, ki s pomočjo žičnatih ščetk početka palico, da se vlečno olje bolje oprime površine palice. Takrat ko potisna naprava potisne palico skozi orodje, obstaja verjetnost, da se bo palica uklonila. Zato je še posebej pomembno mazanje palice na tem mestu.

Mehkognetne zlitine se raje uklonijo kot težkognetne. Veliko lažje je potiskati skozi orodje zlitino EN AW 2007 ali EN AW 7075 kot zlitino EN AW 6060.



Slika 10: Potisna naprava

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

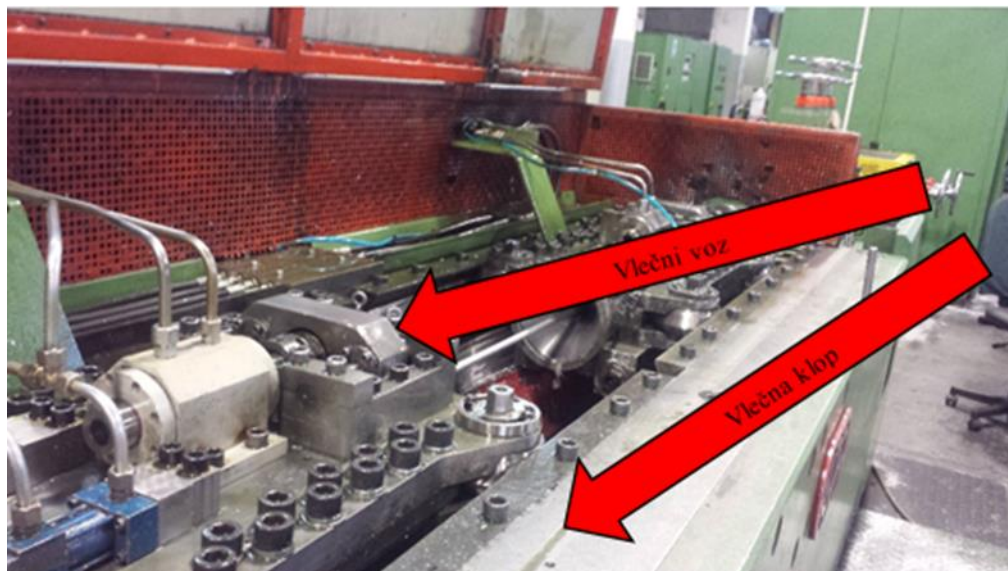


Slika 11: Kaseta z orodjem

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

5.8 Vlečna klop

Vlečna klop je osrednji del linije. Sestavljata jo kaseta z orodjem in vlečna vozova. Tukaj se dogaja hladno preoblikovanje materiala – vlečenje. To nalogo opravita vlečna vozova, ki potujeta drug proti drugemu in nato drug od drugega. Poganja ju ogromna elipsa. Postopek poteka po naslednjem zaporedju: prvi voz prime palico, ki jo je skozi orodje potisnila potisna naprava. Palico vleče do polovice vlečne klopi, kjer jo preprime drugi vlečni voz. Tisti trenutek, ko drugi voz prime palico, jo prvi izpusti. Ciklus se ponavlja v krogu ves čas. To natančno, sinhrono gibanje in preprijemanje nadzoruje računalnik. Ta proces zagotavlja kontinuirano gibanje ne glede na dolžino palice. Vseskozi je prisotno mazanje, da zmanjšamo trenje med matrico in materialom.



Slika 12: Vlečna klop z vlečnima vozovoma

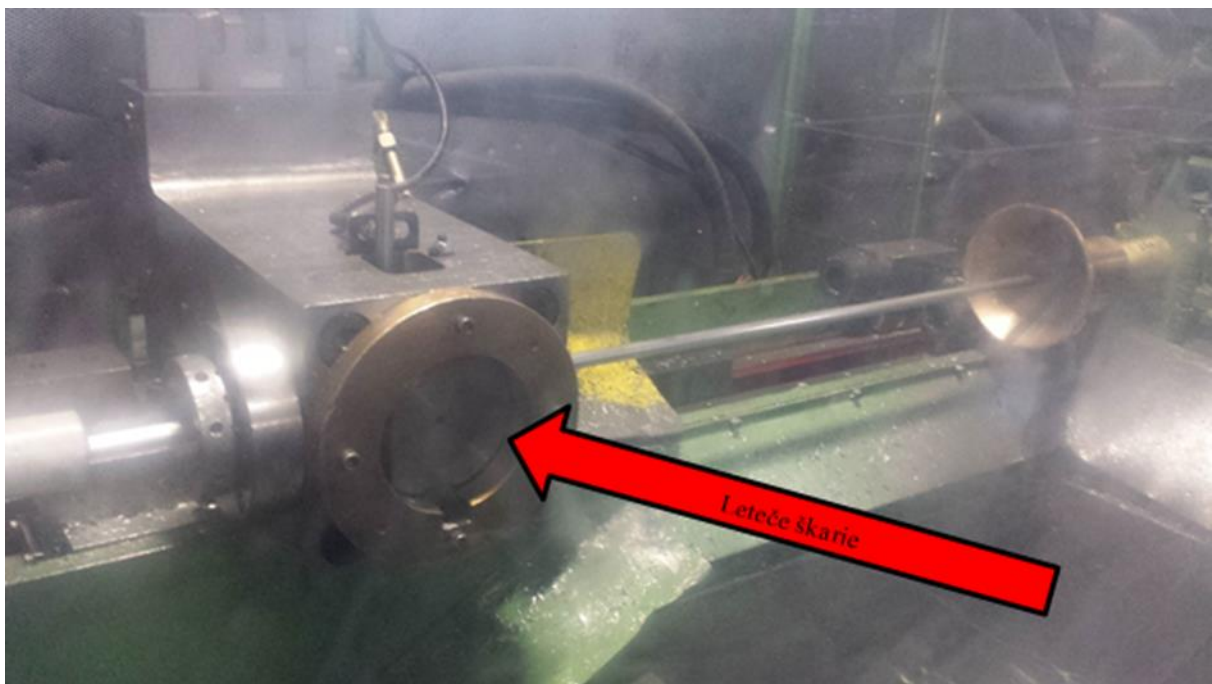
Vir: (Lastna raziskava, 2016)

Maksimalna hitrost vlečenja je 80 m/min. Kadar vlečemo mehkognetne zlitine, znižamo hitrost tudi do 50 m/min. Težkognetne zlitine, skupine 7000 in 2000, vlečemo pri maksimalni hitrosti. Izkušnje kažejo, da kadar sta manjša vlečni kot in težkognetna zlitina, je površina kakovostnejša, če je hitrost vlečenja večja (material »potuje« skozi matrico čim hitreje).

5.9 *Leteče škarje*

Razrez na medfazno dolžino opravljajo leteče škarje. Palice, dolžine 9 m, razrežemo na končno dolžino 3 m. Končna dolžina palice je 3 m. To pomeni, da ima vsaka začetna palica tri dolžine. Dolge palice damo na stroj predvsem iz ekonomskega razloga. Daljša palica potuje skozi linijo, manj je treba posluževati, manj se vklaplja potisna naprava. Tako smo bolj učinkoviti.

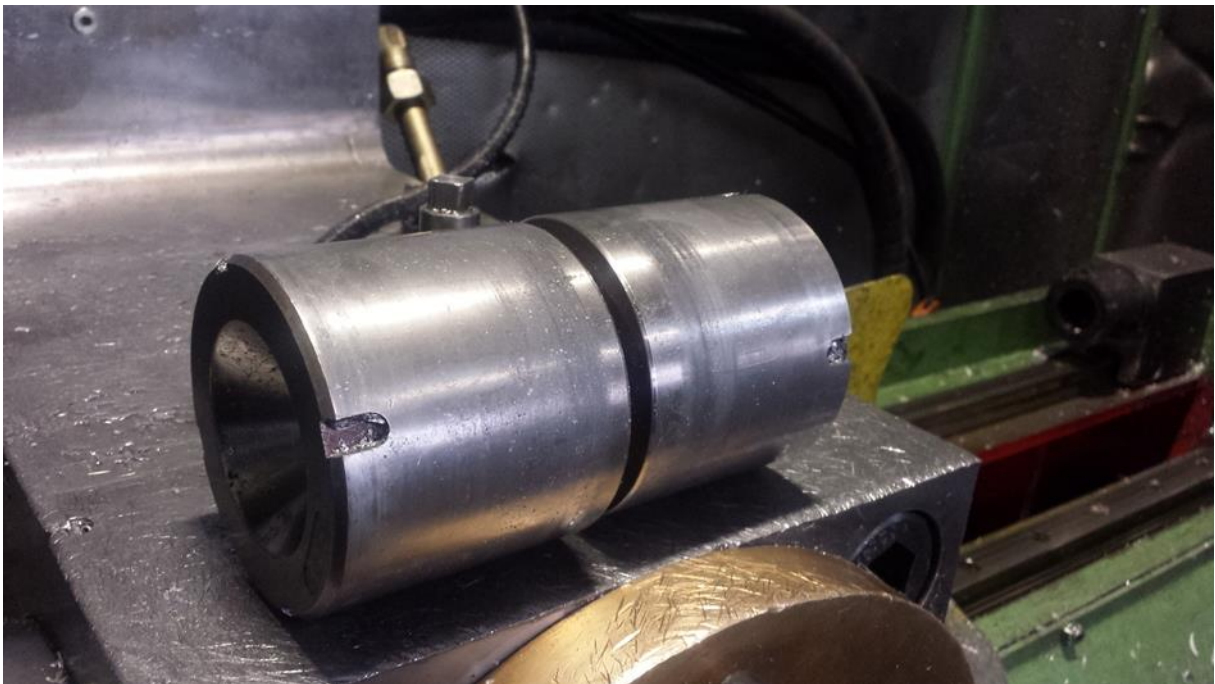
Leteče škarje imajo to vlogo, da palico po prehodu skozi orodje in vlečne vozove razrežejo na tri enake dele. Neposredno preden pride palica do letečih škarij, gre skozi merilec, ki meri nastavljeno dolžino palice. Ker se palica vedno premika z neko določeno hitrostjo, se škarje zapeljejo vzporedno s palico in med letom oziroma premikanjem prerežejo palico. Od tod tudi ime »leteče škarje«. Za palico, ki ima tri dolžine, leteče škarje odrežejo trikrat. Prvič konico, drugič prvo dolžino palice in tretjič drugo dolžino palice, tretja dolžina ostane cela in samo potuje skozi škarje. Na sliki 13 so leteče škarje v trenutku, ko skozi njih potuje – se premika palica.



Slika 13: Leteče škarje

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

Pomik škarij poganja elektro motor, medtem ko nož odreže s pomočjo hidravlike. Hidravlika ima tlak 200 barov. Nož je sestavljen iz dveh delov. Prvi del noža se ne premika, drugi del pa s pomočjo hidravlike v trenutku prereže palico. Praviloma je drugi nož vedno malo večji od prvega. Nož je izdelan iz legiranega jekla in je neverjetno trd, aluminij nasprotno je neprimerno mehkejši, tako da nož brez težav zdrži obremenitve. Za različne premere palic se uporabljajo različni noži. Vedno mora biti vstavljen vsaj 2 mm večji nož, kot je presek palice. Slika 14 prikazuje dvodelni nož, ki ni vstavljen v ležišče.



Slika 14: Rezalno orodje – nož

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

5.10 Ravnanje palic

Ravnanje palic izvajamo na valjčnih ravnalnih strojih. Jedro stroja predstavljata vrteča se valja, na katera teče posebno valjčno olje. Valja sta obrnjena drug proti drugemu, vsak pod svojim kotom. Ta kot je odvisen od vrste zlitine in ga je treba večkrat popravljati. Zato ravnanje zahteva kar nekaj izkušenj in prakse. Palica potuje med valjema, eden je nad palico, drugi pod njo. Levo in desno od palice je plastično vodilo, ki daje palici oporo, da potuje točno v sredini med valjema. Če valje ustavimo in ostane palica med valji, se dobro vidi, kako valji »lomijo« palico in kako premagujejo napetosti v palici. Olje skrbi, da se aluminij ne lepi na površino valjev,

kajti površina mora biti popolnoma gladka in čista. Veliko vlogo pri ravnanju ima tudi pritisk zgornjega valja na palico. Ta pritisk je spet odvisen od aluminijeve zlitine. S pritiskom lahko vplivamo tudi na samo dimenzijo oziroma presek palice. Na primer, če je mehkejša zlitina, lahko s povečanim pritiskom zgornjega valja zmanjšamo presek pod dimenzijo, ki jo je izdelalo samo orodje. Če ima palica na izhodu iz orodja premer 19,97 mm, ji lahko s pritiskom valja zmanjšamo dimenzijo na 19,95 mm. Pri težkognetnih zlitinah lahko z nastavitvijo kotov med valji dimenzijo dvignemo na 19,99 mm. Vedno več kupcev zahteva minimalna odstopanja od zahtevane dimenzije. Zahtevana ravnost palice je od 2,5 mm do 3 mm na dolžino palice. To pomeni, da lahko palica, ko jo zavrtimo, na drugem koncu opleta največ 3 mm. Slika 22 prikazuje valja ravnalnega stroja v trenutku, ko potuje skozi palica. Za palico je plastično vodilo, ki ga zakriva palica. Na površini palice od leve proti desni se lepo vidi, do kod so valji palico že predelali in kako se palica lomi skozi valje.

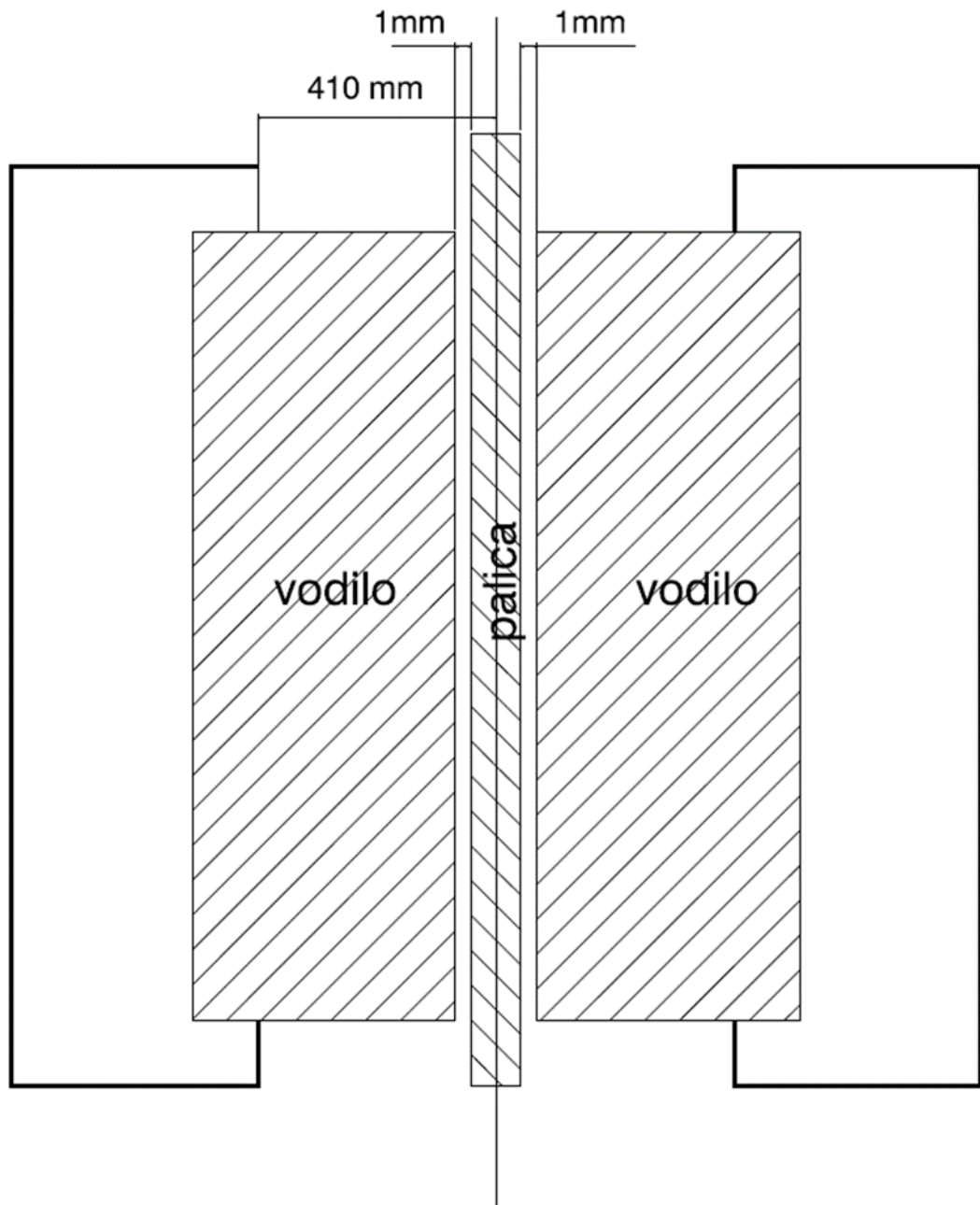


Slika 15: Valjni ravnalni stroj

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

Za vsako dimenzijo se načeloma ponovno nastavijo plastična vodila v ravnalnem stroju, nastavijo se premer oziroma zračnost med zgornjim in spodnjim valjem ter seveda koti položaja valjev.

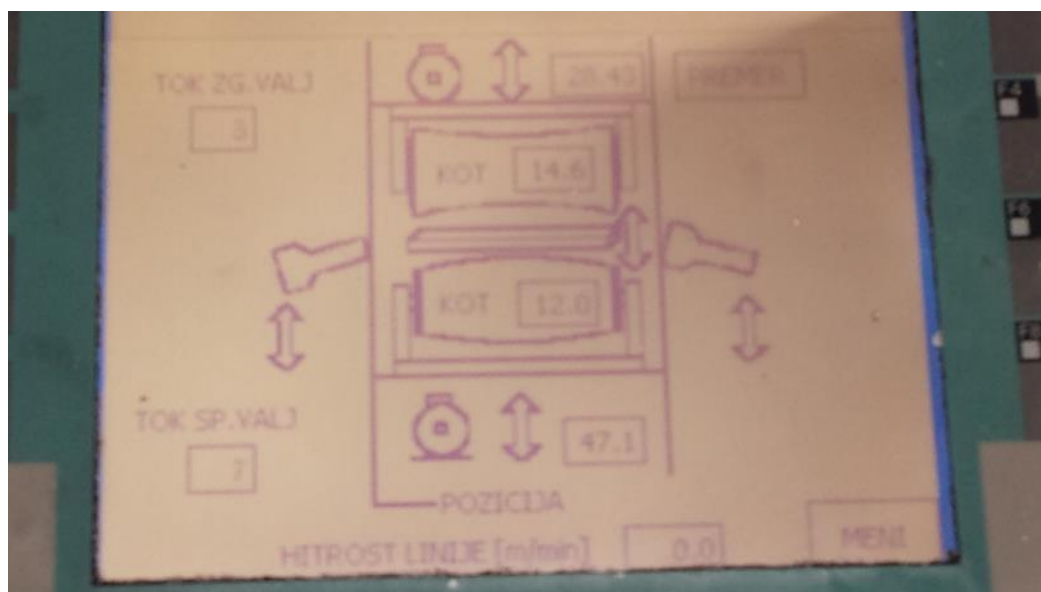
Vodila nastavljamo iz centra ravnalnega stroja. Center je 410 mm iz vsake strani. Iz leve in desne strani odštevamo presek palice. Dodati je treba še vsaj 1 mm zračnosti med palico in vodili.



Slika 16: Nastavitev vodil na ravnalnem stroju

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

Ko so vodila nastavljena, nastavimo zračnost med zgornjim in spodnjim valjem. Za presek palice, premera $\varnothing$ 20 mm, nastavimo razmik med valji na 19,70 mm. Ta razmik se nastavlja predvsem glede na vrsto zlitine. Za mehkognetne zlitine valje manj »stisnemo« kot za težkognetne zlitine. S spreminjanjem premera lahko tudi nekoliko vplivamo na dimenzijo palice. V kolikor premer zmanjšamo, lahko za nekaj stotink milimetra zmanjšamo presek palice. Pri tem pazimo, da tok na zgornjem valju ne presega 30 amperov (A), kar je odvisno od vrste materiala in preseka palice. Za večje preseke včasih dosega zgornji valj tudi do 100 amperov. Na koncu nastavimo še kot ravnanja oziroma kot, ki določa zamik med spodnjim in zgornjim valjem. Valja sta že v osnovi zamaknjena in ne ležita eden nad drugim. Zamaknjena sta glede na njuno os. Če pogledamo v smeri palice, njuna os ne leži vzporedno s palico, ampak je spodnji valj obrnjen nekoliko v levo in zgornji nekoliko v desno iz smeri palice. Kot med valjema nastavljamo glede na vrsto materiala in presek palice, ki jo ravnamo. Normalno postavljeni koti so takrat, ko je zgornji valj zamaknjen za približno 14° in spodnji za 12° .



Slika 17: Ravnalni stroj - kontrolni panel

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

5.10.1 Napake pri iztiskovanju

Pri ravnanju pridejo najbolj do izraza napake pri iztiskovanju. Najpogostejše so:

- iztiskano nad ali pod dovoljeno toleranco (dimenzija ni v predpisanih tolerancah),
- razpoke v materialu,
- neenakomerno kaljene palice oziroma neenakomerna trdota palice po dolžini,
- mehurjavost na površini palic.

Če je palica iztiskana pod predpisano toleranco, se ne da ravnati. Prav tako se ne da dosežati toleranc h9. Ko palica potuje skozi valje, ima že v osnovi manjši presek – premajhna deformacija. Zaradi tega valji palico neenakomerno pregnetejo in palica ni okrogla, ampak ovalna. Ko merimo dimenzijo palice, ima na nekaterih mestih tudi od 0,03 do 0,04 mm večji premer kot na nasprotni strani.

5.11 Žaga za končni razrez s posnemanjem

Naslednja faza, ki sledi ravnanju, je razrez palice na končno dolžino in posnemanje robov. Linijo za razrez tvorita dve krožni žagi, ki istočasno odrežeta palico vsaka na svojem koncu. Dolžina se nastavlja s pomočjo hidravlike – hidro motorja. Ko nastavimo dolžino, hidravlika zaklene pozicijo.

Končno dolžino palice določi kupec in je navedena v delovnem nalogu. Navadno se vlečene palice uporabljajo za izdelavo posameznih manjših izdelkov na stružnih avtomatih. Zato si kupec izračuna, kako dolgo palico lahko vstavi v avtomat in koliko izdelkov bo lahko izdelal iz te palice. Tolerance na dolžino so največkrat od 3 mm do 7 mm, v izjemnih primerih je zahtevana odprta mera, to pomeni, da je zahtevana dolžina na primer od 2950 mm do 3050 mm. Dolžine, ki se največkrat pojavljajo, so:

- 2950–3050 mm,
- 3000 mm,
- 3660 mm (za ameriški trg),
- 4000 mm,
- 4500 mm.



Slika 18: Žaga za končni razrez

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

Zadnja faza do končnega polizdelka je posnemanje robov. Kot posnemanja in dolžina posnemanja sta prav tako zapisana v delovnem nalogu. Kot posnemanja je lahko 30° , 45° ali 60° , odvisno od zahteve kupca. Posnemanje je lahko enostransko ali dvostransko. V večini primerov kupec zahteva enostransko posnemanje pod kotom 45° , širine 2 do 3 mm, le v izrednih primerih je kot posnemanja 60° , dolžina posnemanja pa tudi do 6 mm.

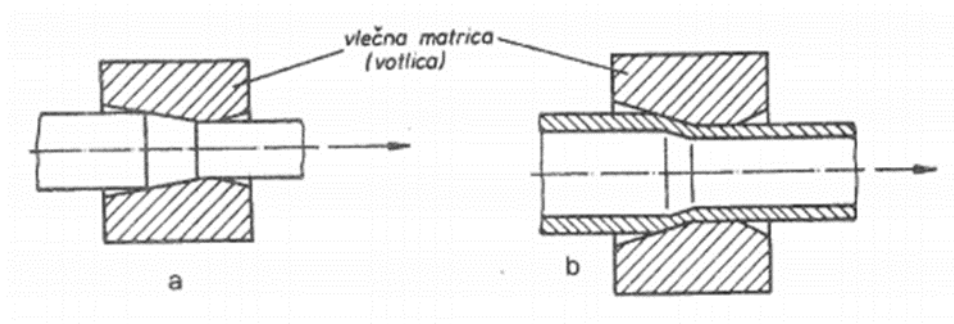


Slika 19: Naprava za posnemanje robov palic

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

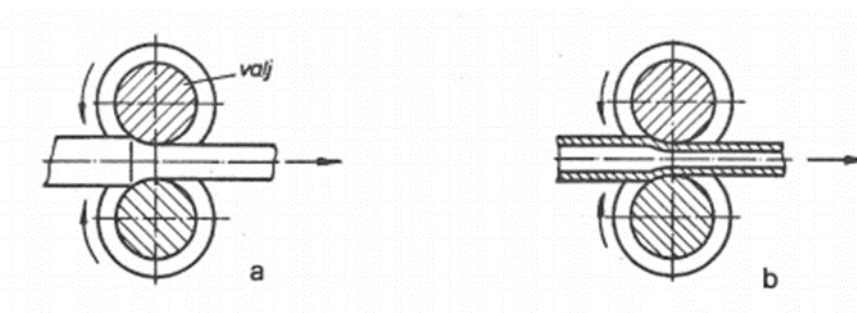
6 ORODJA ZA VLEČENJE

Vlečenje palic poteka po dveh različnih postopkih. Ločimo ju po tem, ali vlečemo palico oziroma profil skozi mirujočo vlečno matrico (Slika 10), ki jo imenujemo votlica, ali skozi kaliber, ki ga tvorijo vrtljivi valji (Slika 11) (Gologranc F., 1987). Na naših linijah se uporablja tako imenovani drsni vlek. To pomeni, da palico vlečemo skozi mirujočo vlečno matrico. Za vlečenje uporabljamo orodja z vlečnim kotom od 2° do 10° . Za srednje- in težkognetne zlitine se uporablja orodje z manjšim kotom, od 3° do 4° , za mehkognetne zlitine uporabljamo kot od 5° do 6° . Poleg okroglih palic vlečemo še profilne palice, kot so šestkotne in štirikotne geometrijske oblike.



Slika 20: Drsni vlek

Vir: (Gologranc F., 1987)



Slika 21: Kotalni vlek

Vir: (Gologranc F., 1987)

Glede na zahteve naročnika, ki so navedene na delovnem nalogu, izberemo dimenzijo orodja. Pri tem moramo upoštevati stopnjo deformacije in trdoto zlitine ter izbrati ustrezen kot orodja. Upoštevati je treba tolerančno območje in predvideti, da se bo material poskušal vrniti v prvotno stanje.

6.1 Vlečno orodje – votlica

V proizvodnem procesu Cevalna se za vlečenje uporabljajo mirujoče vlečne matrice – votlice. Votlica je sestavljena iz jeklenega ohišja, v katerega je vloženo jedro iz karbidne trdine – Widia je zelo trda zlitina, ki vsebuje volframov karbid z dodatkom kobalta (Votlica, d. o. o., 2016). Za večje preseke palic se uporabljajo orodja, ki so izdelana iz orodnega jekla – OCR. Orodno jeklo je zanimivo predvsem iz ekonomskega vidika, saj je cena veliko bolj ugodna kot cena karbidnih orodij. Slika 12 prikazuje okroglo in profilno matrico, na katerih se vidijo gravirana oznaka orodja, dimenzija in delovni oziroma vlečni kot orodja.

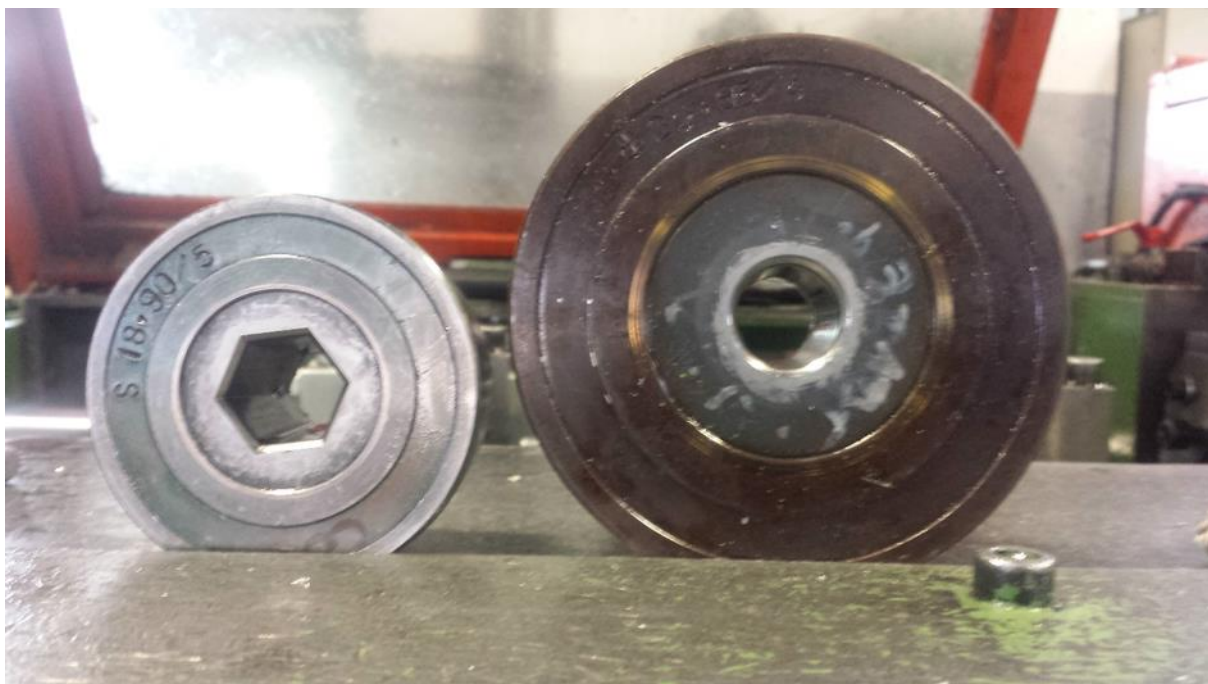
Zelo pomembno je, kako predpišemo ustrezno vlečno orodje. Pri tem je treba upoštevati stopnjo deformacije, končno dimenzijo in toleranco ter vrsto zlitine oziroma material, ki ga deformiramo.

Primer:

- dimenzija iztiskane palice: $\varnothing 26,5$ mm,
- končna dimenzija palice: $\varnothing 25^{+0}_{-0,04}$,
- stopnja deformacije 11 %,
- zlitina AC XX.

Izberemo orodje, dimenzije 24,95 mm, z vlečnim kotom 5° .

V okviru eksperimentalnega dela bomo poskušali predpisati kriterij za predpis orodja za dosego toleranc h9 za različne zlitine.



Slika 22: Votlica

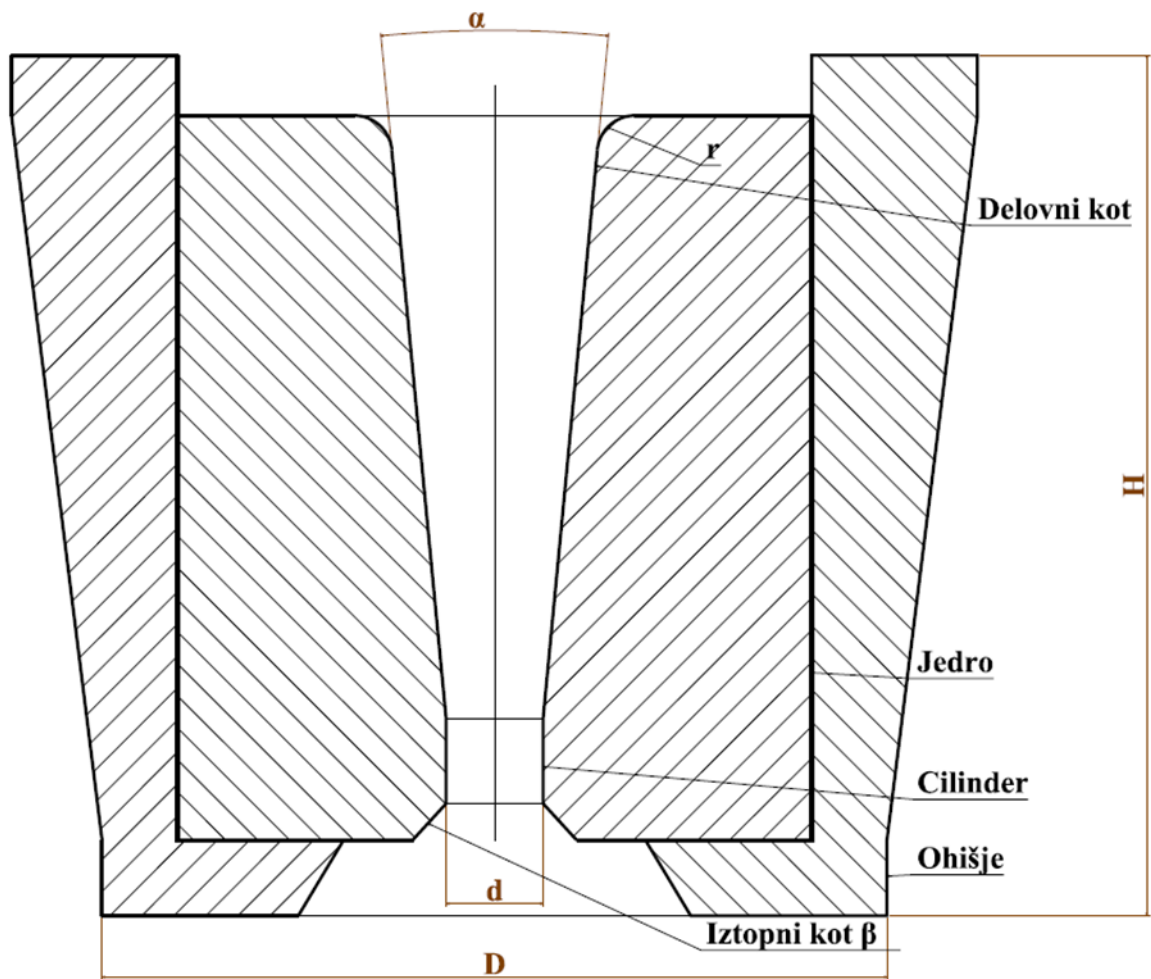
Vir: (Lastna raziskava, 2016)

6.1.1 Izdelava in karakteristike orodja

Orodja za hladno vlečenje za nas proizvaja zunanji izvajalec. Matrice imajo izdelan delovni kot in cilindri, vse prehode in radije izdelajo orodjarji v procesu. Najprej izdelajo prehod med delovnim kotom in cilindrom matrice. Pri okroglih matricah orodjar to naredi z biaksom, pri profilnih lahko tudi z diamantno pilo. Matrica se polira s polirnimi pastami, ki imajo velikost brusnih delcev:

- 60–80 μ (mikronov),
- 40–60 μ ,
- 10–20 μ ,
- 0–5 μ .

Prehod mora biti tekoče izpeljan, da ne prihaja do striga olja. Še posebej je pomemben delovni kot oziroma vlečni kot zadnjih 10 mm pred cilindrom. Slika 23 prikazuje matrico v prerezu.



Slika 23: Prerez matrice

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

(r) – radij

(α) – vlečni kot

(β) – izstopni kot

(C) – cilinder

(d) – premer cilindra

(H) – višina celotnega orodja

Najpomembnejši je delovni ali vlečni kot α . Večja kot je stopnja deformacije, večji mora biti delovni kot. Večji vlečni kot je primeren tudi za mehkognetne zlitine iz skupine 6000 in znaša

od 4° do 6° , velja za deformacije od 5 % do 15 %. Za manjšo deformacijo, manj kot 5 %, je vlečni kot 2.5° . Pretežen del deformacije se dogaja zadnjih 10 mm pred cilindrom, zato je pravilno izpeljan prehod toliko bolj pomemben. Dolžina cilindra je od 5 mm do 8 mm (Impol 2000, 2016).

7 PREDPIS GEOMETRIJE VLEČNEGA ORODJA

Vlečno orodje predpišemo glede na vrsto in mehanske lastnosti zlitine, stopnjo deformacije in glede na s strani naročnika predpisano toleranco palic. Pri vlečenju palic dosegamo tolerance v skladu s standardom, in sicer: h11, h10 in h9.

- Tolerance h11 so predpisane po standardu za vlečene palice EN 754 – 3.
- Tolerance h10 ustrezajo 2/3 tolerance po predpisanem standardu EN 754 – 3.
- Tolerance h9 ustrezajo manj kot 1/2 tolerance po standardu.

V proizvodnem procesu lahko zagotavljamo tolerance h9 za palice, premera od Ø 6 mm do vključno Ø 32 mm. V tabeli so navedene predpisane tolerance za posamezno dimenzijsko območje.

Tabela 2: Tolerance h9, h10, h11

Dimenzije (mm)	h9	h10	h11
6–10,0	+0,000	+0,000	+0,000
	–0,036	–0,058	–0,09
10,01–18,0	+0,000	+0,000	+0,000
	–0,043	–0,07	–0,011
18,01–30,0	+0,000	+0,000	+0,000
	–0,052	–0,084	–0,13
30,01–32,0	+0,000	+0,000	+0,000
	–0,062	–0,10	–0,16

Vir: (Puhar Jože, 1994)

Zaradi pogostih napak pri doseganju tolerance h9, zlasti pri težkognetnih zlitinah, sem se odločil predpisati geometrijo orodja za omenjeno toleranco. Za doseganje toleranc h9 je zelo pomembno, da natančno predpišemo vrsto in geometrijo orodja in toleranco na orodju. Pri tem je treba upoštevati še spremembo dimenzije, ki nastane pri ravnanju palic.

Poglavje temelji na praktičnih preizkusih, izvedenih na kombinirani vlečni liniji EJP2. Pri preizkušanju sem uporabil orodja brez cilindra in orodja s cilindrom (Slika 24 in Slika 25 na straneh 42 in 43).

Testne vrednosti vlečnega kota α so bile: $\alpha = 3^\circ$, $\alpha = 4-6^\circ$ in $\alpha = 5-6^\circ$.

Testne zlitine sem izbral iz skupine mehkognetnih, srednjegnetnih in težkognetnih zlitin. To so zlitine, ki se razlikujejo po kemični sestavi in posledično po večji oziroma manjši sposobnosti za gnetenje. Pri preizkušanju sem spremljal učinek mazanja in obnašanje zlitine pri vlečenju, dimenzijo palice po vlečenju in po valjčnem ravnanju ter ugotavljal učinek mazanja pri vlečenju.

Pri eksperimentalnem delu smo uporabili dve različni geometriji orodja, in sicer:

- orodje brez cilindra z vlečnim kotom $\alpha = 3^\circ$ (Slika 24),
- orodje s cilindrom z vlečnim kotom $\alpha = 3^\circ$ (slika 25).

Pri orodjih s cilindrom za dimenzijo palice $\varnothing 30$ mm smo uporabili dolžino cilindra 5 mm.

7.1 Orodje brez cilindra

Za testiranje je bilo izdelano orodje:

- dimenzija orodja $\varnothing 17,95$ mm,
- vlečni kot α : 3° ,
- dolžina cilindra: 0 mm.

Orodje brez cilindra smo testirali na težkognetni zlitini skupine 7000 z interno oznako PD XX (skupina AlZnMg). Končni zahtevani premer palice: $\varnothing 18,00 +0/-0,043$ mm. Pri testiranju smo izvajali meritve dimenzije po vlečenju in po ravnanju.

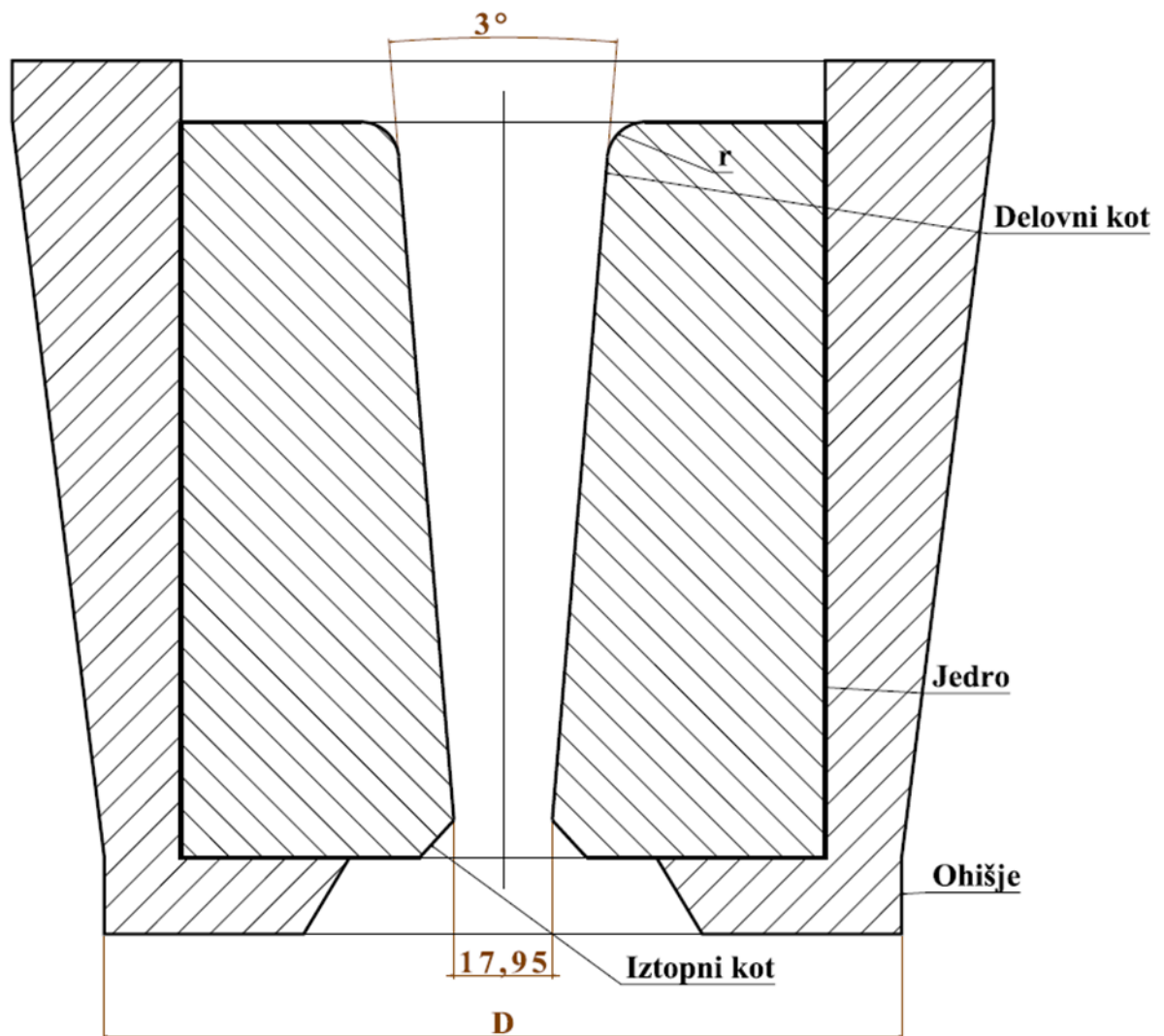
Rezultati:

- dimenzija palice po vlečenju $\varnothing 18,00-18,01$ mm,
- dimenzija palice po ravnanju $\varnothing 18,00-18,01$ mm.

Ugotovitve:

- dimenzija palice se po ravnanju ne spremeni;
- ovalnost je lahko posledica ovalnosti pri iztiskovanju palic;
- lepljenje aluminija na stene orodja.

Pri vlečenju prve palice skozi matrico brez cilindra je prišlo do tako imenovanega striga olja. Preden je celotna palica prešla skozi orodje, se je na stene jedra že nalepljal material vlečenca. Zaradi prilepljenega aluminija na stene jedra je treba površino orodja očistiti s poliranjem, da se odstranijo nalepljeni delci materiala.

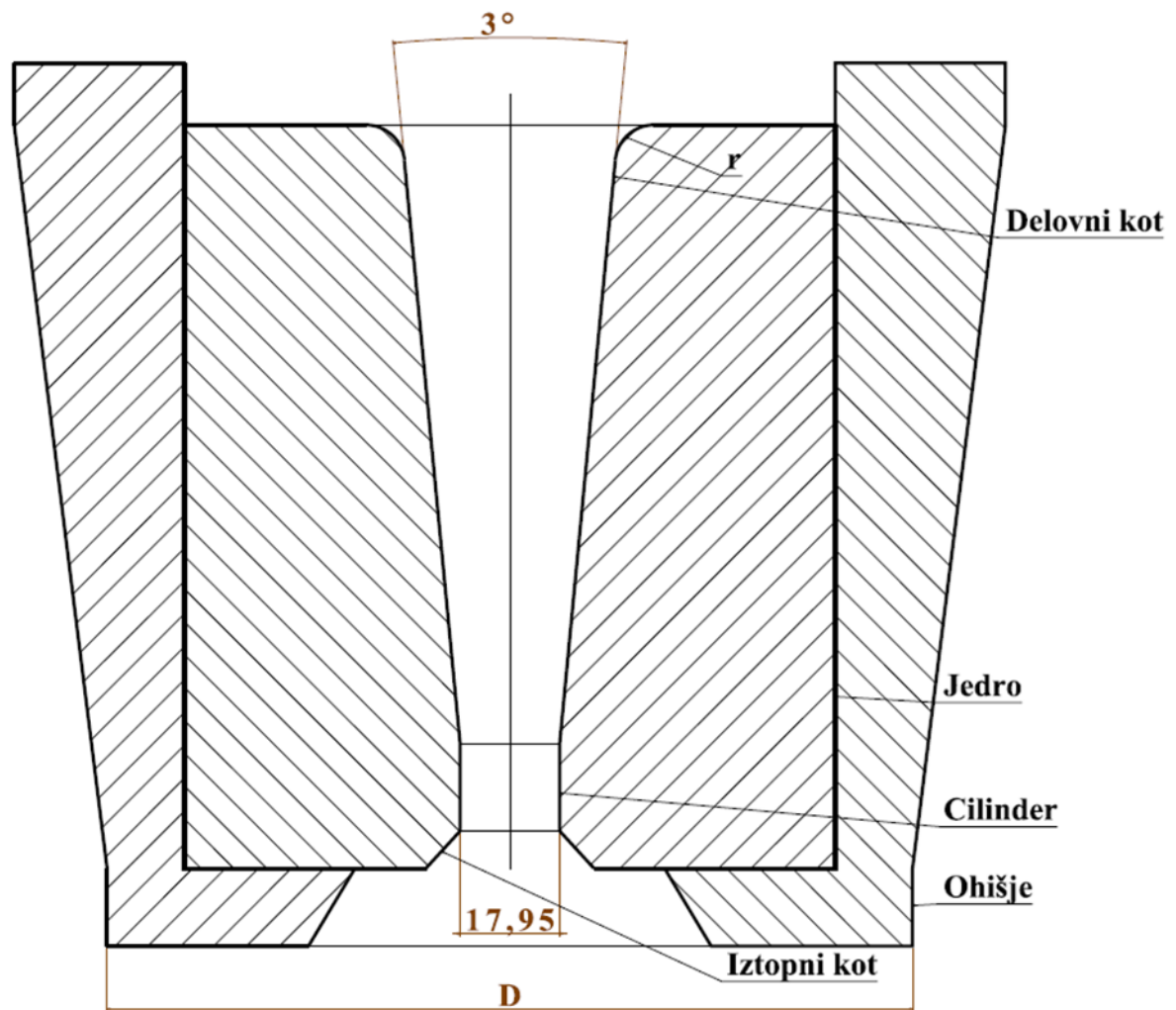


Slika 24: Orodje brez cilindra

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

7.2 Orodje s cilindrom

Testiranja so bila izvedena na mehkognetnih, srednjegnetnih in težkognetnih zlitinah. Uporabljena so bila orodja različnih dimenzij z geometrijo, ki je prikazana na sliki 25.



Slika 25: Orodje s cilindrom

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

Test 1

Vhodni podatki:

- zlitina PD XX – težkognetna zlitina,
- končna dimenzija palice: $\varnothing 18,00 +0/-0,043$ mm (h9),
- dimenzija orodja: $\varnothing 17,95$ mm,
- vlečni kot α : 3° ,
- dolžina cilindra 5 mm.

Rezultati:

- dimenzija palice po vlečenju: $\varnothing 17,99-18,00$ mm,
- dimenzija palice po ravnanju: $\varnothing 17,98-17,99$ mm.

Ugotovitve:

- po ravnanju palice se je dimenzija zmanjšala za 0,01 mm;
- ovalnosti palice se ni dalo odpraviti;
- ravnanje je zelo dobro.

Test 2

Vhodni podatki:

- zlitina AC XX – mehkognetna zlitina,
- končna dimenzija: $\varnothing 20,00 +0/-0,043$ mm (h9),
- dimenzija orodja: $\varnothing 19,97$ mm,
- vlečni kot α : 4° ,
- dolžina cilindra 5 mm.

Rezultati:

- dimenzija po vlečenju: $\varnothing 19,97$ mm,
- dimenzija po ravnanju: $\varnothing 19,95$ mm.

Ugotovitve:

- pri ravnanju se zmanjša dimenzija za 0,02 mm;
- ravnost palic je solidna.

Test 3

Vhodni podatki:

- mehkognetna zlitina AC XX,
- končna dimenzija: $\varnothing 20,00 +0/-0,043$ mm (h9),
- dimenzija orodja: $\varnothing 19,98$ mm,
- vlečni kot α : 5° ,
- dolžina cilindra: 5 mm.

Rezultati:

- dimenzija po vlečenju: $\varnothing 19,98$ mm,
- dimenzija po ravnanju: $\varnothing 19,98$ mm,

Ugotovitve:

- palica prehaja ravno skozi orodje;
- ni treba prisilno ravnati;
- dimenzija ostane nespremenjena;
- zaradi večjega delovnega kota se material boljše ravna skozi valje.

Test 4

Vhodni podatki:

- srednjegnetna zlitina D XX (skupina 2000),
- končna dimenzija palice: $\varnothing 30,16 +/ -0,05$ mm (h11),
- dimenzija orodja: $\varnothing 30,14$ mm,
- vlečni kot α : 4° ,
- dolžina cilindra: 5 mm.

Rezultati:

- dimenzija palice po vlečenju: $\varnothing 30,18$ mm,
- dimenzija po ravnanju: $\varnothing 30,17$ mm.

Ugotovitve:

- vlečni kot je primeren;
- palice se lepo ravnaajo med valji.

Test 5

Vhodni podatki:

- srednjegnetna zlitina AC XX,
- dimenzija palice: $\varnothing 31,75 \pm 0,063$ mm,
- dimenzija orodja: $\varnothing 31,70$ mm,
- vlečni kot α : 4° ,
- dolžina cilindra: 5 mm.

Rezultati:

- dimenzija po vlečenju: $\varnothing 31,75$ mm,
- dimenzija po ravnanju: $\varnothing 31,73$ mm.

Ugotovitve:

- glede na rezultate je najbolj primerna vrednost vlečnega kota (α) od 4 do 6° .

8 SKLEP

Glede na rezultate meritev za posamezne zlitine s toleranco h9 sem prišel do zaključka, da je za posamezno vrsto zlitine zelo pomembna geometrija orodja. Prav tako je pomembna natančnost orodja pri iztiskovanju, saj je zaradi dimenzijskega odstopanja pri iztiskovanju zelo težko zagotoviti zahtevano dimenzijo po vlečenju izdelka. Zato je treba že pred vlečenjem zagotoviti ustrezno kakovost materiala vlečenca. Različne aluminijeve zlitine imajo zelo različne preoblikovalne lastnosti. Iz tega razloga moramo pri vsaki zlitini upoštevati druge kriterije, kot so geometrija orodja, delovni oziroma vlečni kot in cilindri. Orodje brez cilindra ni dalo rezultatov, ker ne zagotavlja enakomernega mazanja skozi ves postopek vlečenja palice skozi orodje.

Prav tako moramo upoštevati, da material nudi odpor proti preoblikovanju. Ta odpor je pri mehkognetnih zlitinah veliko manjši ali pa ga sploh ni zaznati, medtem ko je odpor materiala pri srednje- in težkognetnih zlitinah veliko bolj očiten. Mehkognetne zlitine so zlitine skupine AlMgSi, »težkognetne« skupine AlZnMgCu, kar pomeni, da se mikrostruktura, mehanske in preoblikovalne lastnosti omenjenih zlitin razlikujejo. Zato moramo pri tolerancah h9 pri izbiri dimenzije orodja upoštevati vrsto zlitine, ki jo bomo preoblikovali.

8.1 Predpis orodja

Rezultati testiranj so pokazali, da so pri predpisu orodja za vlečenje zelo pomembni naslednji kriteriji:

- vrsta in mehanske lastnosti zlitine,
- zahtevana toleranca palic,
- vrsta in geometrija orodja (vstopni – vlečni kot α orodja, dolžina cilindra vlečnega orodja).

Na osnovi izvedenih testiranj smo predpisali kriterije za predpis geometrije in dimenzije orodja, ki so zapisani v Tabeli 3. Tabela velja za vlečenje na vlečni liniji EJP2 za dimenzije od Ø 15 do Ø 32 mm in zahtevane tolerance h9.

Tabela 3: Predpis orodja - toleranca h9

Zlitina	Vlečni kot α (°)	Dolžina cilindra (mm)	Dimenzija orodja (mm)
mehkognetna zlitina 6060, 6023, 6028	5–6°	5	$d_k - 0,02$ mm
srednjegnetna zlitina 6082, 6061, 6064	4–6°	5	$d_k - 0,03$ mm
težkognetna zlitina 7022, 7075, 2007	max 3°	5	$d_k - 0,05$ mm

Vir: (Lastna raziskava, 2016)

d_k – končna dimenzija palice

8.2 Zaključek

Vsi testi so bili izvedeni z namenom zagotoviti toleranco h9, ki je resnično problematična. Vzporedno sem poskušal vlečenje z orodjem za toleranco h11, se pravi $-0,13$ ali $-0,16$ mm. Izvedel sem tri vzporedne teste od petih. Pri toleranci h11 ni bil toliko pomemben vlečni kot, sploh pri srednjegnetnih in mehkognetnih zlitinah AC XX. Pri težkognetnih zlitinah, ki imajo manjšo stopnjo deformacije, je najboljše rezultate dalo vlečno orodje z vlečnim kotom 3° – 4° . Iz tega je razvidno, da moramo pri manjši stopnji deformacije in težkognetni zlitini uporabiti vlečno orodje z manjšim vlečnim kotom, saj nam zagotavlja optimalno mazanje. Pri srednjegnetnih in mehkognetnih zlitinah, ki imajo običajno večjo stopnjo deformacije, je dalo boljše rezultate vlečno orodje, ki ima vlečni kot 5° – 6° . Večji vlečni kot oziroma bolj odprto orodje omogoča boljše mazanje glede na velik odvzem oziroma veliko stopnjo deformacije.

S pomočjo dobljenih rezultatov sem izdelal tabelo za predpis orodja za toleranco h9. Glede na rezultate testov in pretekle izkušnje je tabela za predpis orodja vsekakor dovolj zanesljiva, da se lahko uporabi pri izdelavi delovnega naloga. V času po testiranju vlečnih orodij so se nekatera naročila ponovila. V delovnem nalogu je bilo predpisano vlečno orodje po novih kriterijih in rezultati so bili zelo dobri. Material PD XX Ø 18,00 $+0/-0,043$ mm (h9) se sedaj vleče z vlečnim orodjem Ø 17,95 / 3° .

Na podlagi analize rezultatov testiranja različnih vlečnih orodij sem prišel do koristnih ugotovitev, ki mi bodo v prihodnje še kako pomagale pri mojem delu. Glede na to, da so zahteve kupcev po bolj natančnih izdelkih vedno večje, je pričakovati, da bo v prihodnje vedno več izdelkov s toleranco h9. Žal nisem imel možnosti testirati vseh zlitin, ki bi jih želel, ker je izdelava vlečnega orodja precejšen finančni zalogaj. Vendar raziskava tukaj še ni končana. Ko se bo na stroju pojavila kakšna nova dimenzija ali zlitina, bom takoj ponovil meritve in jih v prihodnje uporabil.

Prepričan sem, da smo skupaj s tehnologi v našem podjetju s tem diplomskim delom prišli do koristnih informacij za nadaljnje raziskave in delo. Tabela za predpis vlečnega orodja se že uporablja pri izdelavi delovnih nalogov in se sproti dopolnjuje glede na zlitine in dimenzije materiala, ki še ni bil testiran. Je tudi veliko bolj obširna, kot sem jo smel prikazati v diplomskem delu. Zaradi poslovne skrivnosti sem v nalogi namreč lahko prikazal samo glavne skupine zlitin, ki jih vlečemo v našem podjetju, medtem ko v Impolu izdelamo več kot 170 različnih zlitin.

9 VIRI, LITERATURA

- Gologranc F. (1987). *Uvod v preoblikovanje*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo.
- Google.com. (6. junij 2016). *patents/US5342459*. Pridobljeno iz Google.com: <https://www.google.com/patents/US5342459>
- http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/Tehnologija_gradiv/Preob_1.png. (20. maj 2016). Pridobljeno iz Iz spletnega mesta http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/Tehnologija_gradiv/Preob_1.png
- http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/Tehnologija_gradiv/Preob_7.png. (brez datuma). Pridobljeno iz Preob_7.png: http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/Tehnologija_gradiv/Preob_7.png
- http://www.impol.si/imagelib/background/default/backgrounds/ozadja/lokalno_okolje.jpg. (brez datuma). Pridobljeno iz lokalno_okolje.jpeg: iz spletnega mesta http://www.impol.si/imagelib/background/default/backgrounds/ozadja/lokalno_okolje.jpg
- <http://www.impol-servis.com/si/imagelib/source/default/fotografije/izdelki/cevi-web.jpg>. (7. maj 2016). Pridobljeno iz cevi - weg. jpg: Iz spletnega mesta <http://www.impol-servis.com/si/imagelib/source/default/fotografije/izdelki/cevi-web.jpg>
- <http://www.tehnikaset.si/wp-content/uploads/2014/06/skl-drog-03.jpg>. (7. maj 2016). Pridobljeno iz skl - drog - 03.jpeg: Iz spletnega mesta <http://www.tehnikaset.si/wp-content/uploads/2014/06/skl-drog-03.jpg>
- Impol 2000, d. d. (6. junij 2016). Partizanska 38, 2310 Slovenska Bistrica. *Interna dokumentacija podjetja*. Slovenska Bistrica, Slovenska Bistrica, Slovenija.
- Kisin. (2011). *Tehnologija*. Ljubljana: Zavod IRC.
- Lastna raziskava. (brez datuma).
- Lastna raziskava. (2016).
- Puhar Jože. (1994). *Krautov strojniški priročnik 11. izdaja*. Ljubljana: Tehnična založba Slovenije.

Puhar, S. (2011). *Krautov strojniški priročnik, petnajsta slovenska izdaja predelana*. Ljubljana: Littera picta.

Skupina Impol. (5. maj 2016). *aluminijeve zlitine - Impol* . Pridobljeno iz Impol.si: <http://www.impol.si/aluminij/aluminijeve-zlitine>

Skupina Impol. (17. junij 2016). *Izdelki - Impol*. Pridobljeno iz Impol.si: <http://www.impol.si/izdelki>

Skupina Impol. (20. maj 2016). *LP_2014_SLO.pdf*. Pridobljeno iz Impol.si: http://www.impol.si/files/default/letna-porocila/LP_2014_SLO.pdf

Skupina Impol. (6. junij 2016). *Palice in cevi - Impol*. Pridobljeno iz Impol.si: Iz spletnega mesta <http://www.impol.si/izdelki/stiskani-izdelki/palice-in-cevi>

Votlica, d. o. o. (10. junij 2016). *Votlica*. Pridobljeno iz Votlica.si: <http://votlica.si/>