

**»Mladi za napredek Maribora 2020«**

**37. srečanje**

## **ORODJE ZA EKSTRUDIRANJE ALUMINIJA**

Raziskovalno področje : Strojništvo

Raziskovalna naloga

Avtor: DOMINIK JURŠE

Mentor: MIHAEL KUKOVEC

Šola: TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR

Število točk: 126/ 170

Maribor, 2020

**»Mladi za napredek Maribora 2020«**

**37. srečanje**

## **ORODJE ZA EKSTRUDIRANJE ALUMINIJA**

Raziskovalno področje : Strojništvo

Raziskovalna naloga

Maribor, 2020

## **ZAHVALA**

Rad bi se zahvalil mentorju v okviru podjetja IMPOL za pomoč pri pridobivanju materiala za izdelavo seminarske naloge ter za pomoč pri potrjevanju hipotez. Zahvalil bi se tudi šolskemu mentorju za podporo pri sami organizaciji dela in strokovno usmerjanje.

# KAZALO

## Vsebina

<b>1. UVOD</b> .....	6
<b>1.1 Hipoteze</b> .....	6
<b>1.2 POVZETEK</b> .....	7
<b>2 Računanje sil</b> .....	8
<b>2.1 Formule</b> .....	8
<b>3.0 Izdelovanje orodja</b> .....	10
<b>3.1 Vrste orodja</b> .....	10
<b>3.2 Klasična orodja</b> .....	10
<b>3.3 Komorna orodja</b> .....	10
<b>3.4 Mostna orodja</b> .....	11
<b>4.0 Izdelava orodja</b> .....	12
<b>4.1 Tehnološki postopki</b> .....	12
<b>4.2 Razrez materiala</b> .....	12
<b>4.3 Struženje</b> .....	12
<b>4.4 CNC obdelava</b> .....	13
<b>4.6 Žična erozija</b> .....	15
<b>4.7 Kaljenje</b> .....	16
<b>4.8 Brušenje in ročna obdelava</b> .....	16
<b>5.0 Stiskanje surovcev</b> .....	17
<b>6.0 Zaključek</b> .....	18

## **KAZALO SLIK**

Slika 1: Iztisnjen profil.....	6
Slika 2: Sestavljen komplet matrice in trna.....	9
Slika 3: Iztiskovanje klasičnega orodja.....	10
Slika 4: Iztiskovanje komornega orodja.....	10
Slika 5: Dokončana matrica.....	11
Slika 6: Dokončan ojačevalec.....	11
Slika 7: Žaga.....	12
Slika 8: CNC stroj.....	13
Slika 9: Potopna erozija.....	14
Slika 10: Žična erozija.....	15
Slika 11: Ročna obdelava.....	16
Slika 12: Iztisnjen profil 2.....	17

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Temperaturni koeficient dolžinskega raztezka.....	8
Tabela 2: Optimalna sila stiskanja za mehkejšo litino.....	17
Tabela 3: Optimalna sila stiskanja za trše litine.....	17

# 1. UVOD

Strojništvo me že od malih nog zanima. Odkar sem začel s prakso v podjetju KALDERA d.o.o., so me navdušila orodja za ekstrudiranje in princip njihovega delovanja. Glavni razlog mojega zanimanja je tudi ta, da so orodja za ekstrudiranje manj raziskovano področje strojništva in je bilo za vsebino raziskovalne naloge potrebno sodelovanje s podjetjema KALDERA d.o.o. ter IMPOL d.o.o. Pri iztiskavanju aluminija imamo več dejavnikov, ki močno vplivajo na kvaliteto iztisnjenih polizdelkov. Najpomembnejši dejavnik je samo orodje, saj je od njega tudi največ odvisno.

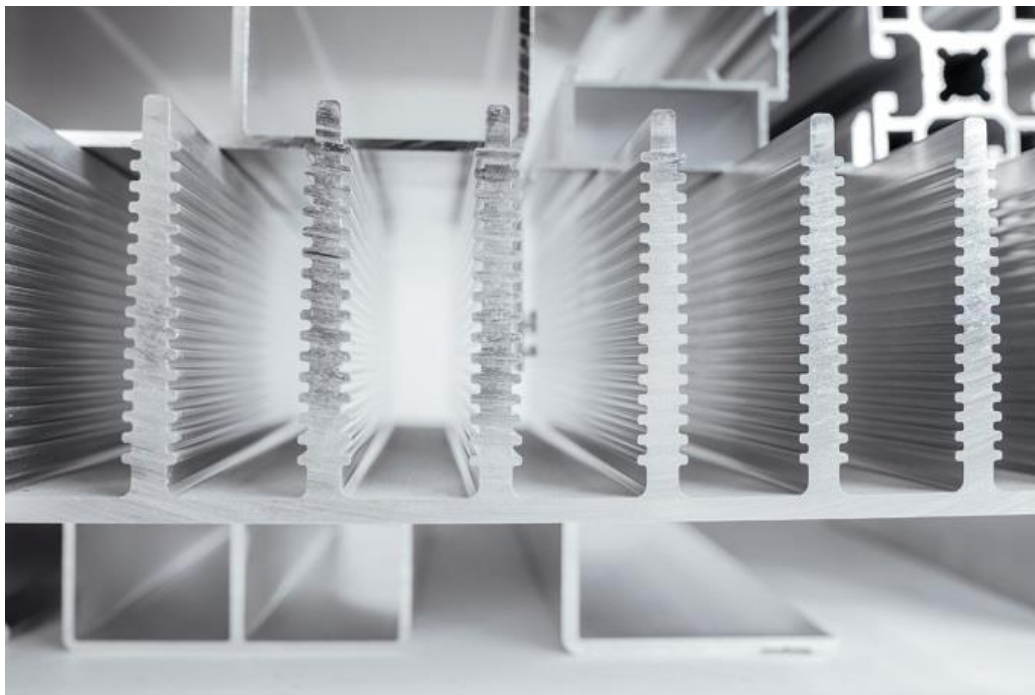
## 1.1 Hipoteze

V okviru raziskovalne naloge bom predstavil orodje za ekstrudiranje aluminija ter izdelavo.

**H1 :** Od samega začetka sem trdil, da lahko s preprostim kompletom matrice in ojačevalca, iztisnemo vsako obliko profila.

**H2 :** Predvidevam, da za ekstrudiranje Al niso potrebne zelo velike sile.

**H3 :** Menim, da je pri takšni tehnologiji izdelave potrebno veliko izkušenj in znanja.



Slika 1: Iztisnjen profil

## **1.2 POVZETEK**

Raziskoval sem orodja in kako delujejo, ter kakšne sile se pri stiskanju pojavijo. Odkril sem več vrst orodij, ki se uporabljajo le za določene zahtevne ali pa tudi manj zahtevne profilne oblike, ki jih s preprostim kompletom matrice in ojačevalca ne moremo izdelati.

## 2 Računanje sil

### 2.1 Formule

Da bi izračunali silo, ki med iztiskovanjem deluje na orodje potrebujemo več enačb:

Izračun sile  $F$  pri istosmernem iztiskovanju polnih profilov:

$$F = F_p + F_t$$

$$F = \frac{A_0 \times k^f \times \varphi}{\eta} + D_0 \pi \mu L k_f$$

$F$ - skupna sila za iztiskovanje

$F_p$  – sila preoblikovanja

$F_t$  – sila trenja

$D_0$  – premer surovca

$L$ - dolžina surovca

$\eta$  – preoblikovalni izkoristek (0,4 – 0,6)

$\mu$  – koeficient trenja (0,15- 0,2)

$A$  – Površina obdelovanca

$\varphi$  - stopnja deformacije

$k^f$  – napetost tečenja

Tabela 1: Temperaturni koeficient dolžinskega raztezka

$10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800°C
	9,8	12,5	13,0	13,2	13,5	13,7	13,8	14,0





Slika 2: Sestavljen komplet matrice in trna

## 3.0 Izdelovanje orodja

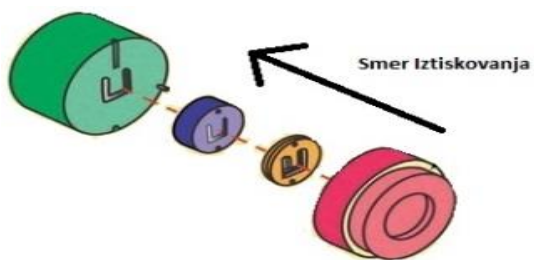
### 3.1 Vrste orodja

Pri izdelovanju orodja se ravnamo po delovnem nalogu, ki ga natisnejo in izpolnijo v podjetju Kaldera d.o.o., ko dobijo naročilo. Ločimo več vrst orodja:

- klasična orodja,
- komorna orodja,
- mostna orodja.

### 3.2 Klasična orodja

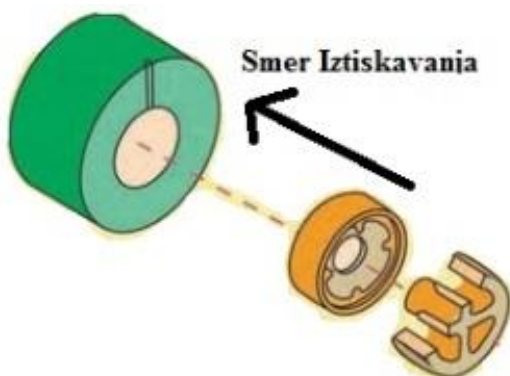
Uporabljamo jih za profile ter palice brez lukenj. Sestavljajo ga matrica, ki nam daje željeno obliko iztisnjenegega profila. Ta je z ohišjem pritrjena na ojačevalec, ki profilu nudi podporo in ojača orodje.



Slika 3: Iztiskovanje klasičnega orodja

### 3.3 Komorna orodja

Uporabljajo se za cevi in profile z luknjo. Sestavljene so iz matrice, trna in velikokrat tudi distančnika. Le-ta je ojača orodje.



Slika 4: Iztiskovanje komornega orodja

### 3.4 Mostna orodja

So najbolj zahtevna orodja za korekcije in izdelavo nasploh, zaradi pomanjkanja prostora pa so zelo zamudna za izdelavo. CNC stroj ne doseže vseh kotičkov matrice, zato jih morajo orodjarji na ročni obdelavi dokončati sami. Pri mostnih orodjih se trn in matrica držita skupaj, vse to pa ojačamo z ojačevalcem ali distančnikom.



Slika 5: Dokončana matrica



Slika 6 : Dokončan ojačevalec

## 4.0 Izdelava orodja

### 4.1 Tehnološki postopki

V podjetju Kaldera d.o.o., kjer izdelujejo orodja za ekstrudiranje, se vse začne z naročilom kupca. Logistični oddelek sprejme naročilo, tehnično dokumentacijo za izvedbo naročila pa tehnična pisarna. Ta preuči želje posameznega kupca in določi karakteristike orodja, ter izdela navodila za izdelavo in konstruiranje orodja. Ko so zadani cilji izdelave, konstrukterji narišejo 3-D izgled s pomočjo računalniške tehnologije.

### 4.2 Razrez materiala

Zaradi velike teže jeklenih palic, material režemo na avtomatski žagi. Jeklene palice s pomočjo dvigal in ročnih magnetnih prijemal prenašamo na delovno mizo rezalnega stroja. Potek nastavljanja žage je dokaj hiter: žagin list prislonimo na jekleno palico, da določimo začetno točko, nato pa v program vstavimo željene parametre (hitrost rezanja, hlajenje, pomig,...).



Slika 7: Žaga

### 4.3 Struženje

Odžagani kosi so v večini primerov neravni in obkroženi z ostrimi robovi, ki pa jih s struženjem odstranimo ter naredimo fazo. Surovce stružimo na končne dolžinske mere.

#### 4.4 CNC obdelava

Stružene komade pripeljemo do CNC stroja, kjer se začne oblikovanje trna, matrice in občasno tudi ojačevalca. To je odvisno od doseženih sil pri samem iztiskovanju profila. Pri CNC obdelavi združijo moči konstrukterji in programerji. Konstrukterji po željah kupcev narišejo takšno obliko, da pri iztiskovanju sestavljenega orodja le-ta tvori njihov željen profil. Delo je naporno zaradi samega načrtovanja, saj se morata konstrukter in programer drug drugemu prilagajati zaradi omejitve CNC strojev, ki vseh željenih prostorov ne dosežejo. Sledi še delo samega operaterja, ki opravlja fizična dela na CNC stroju kot so vpenjanje obdelovancev in nastavljanje osnovnih parametrov rezkanja (mazanje, hitrost rezkanja, pomig, globina rezanja, ...).



Slika 8: CNC Stroj

## 4.5 Potopna erozija

S potopno erozijo erodiramo v večini primerov le matrice in trne, ki jih z rezkarjem pri CNC obdelavi ne moremo doseči. Obdelovanec je potopljen v dielektriku, ki je po navadi namensko olje, za izdelavo elektrod pa uporabimo bakrove zlitine ali grafit. Elektroda in obdelovanec sta povezana z izvorom moči, ki med njima ustvari električni potencial, ko pa se elektroda približa obdelovancu na kritično razdaljo, med njima preskoči iskra. Oba se razelektrita, iskra pa povzroči mikroskopsko odzemanje materiala na obdelovancu.



Slika 9: Potopna erozija

#### 4.6 Žična erozija

Z žično erozijo izdelujemo predvsem zelo ozke matrice s pomočjo žice, ki jo napeljemo skozi obdelovanec, in ne zavzame veliko prostora. Prednost žičnega erodiranja je izjemno visoka natančnost, slabost pa je, da je hitrost rezanja zelo počasna in je žica uporabna le enkrat. Material mora biti električno prevoden. Princip postopka je podoben potopni eroziji.



Slika 10: Žična erozija

#### 4.7 Kaljenje

Za večjo trdoto moramo sestavljena orodja površinsko kaliti. Kalimo jih lahko v skladu z željami strank in glede na parametre stiskanja. Kali se tudi do 24ur.

#### 4.8 Brušenje in ročna obdelava

Po vseh naštetih obdelavah sledi sestavljanje orodja. Ko orodje sestavimo, z indikatorji preverimo odprtine. Tolerance segajo do 2 stotink milimetra. Pod kotom nastavimo luč, ki je indikator ravne površine ter mogočih odrgnin. Če je površina pod toleranco, jo moramo variti in nanjo nanesti dodaten material, ki pa ga nato ponovno ali rezkamo ali brusimo. Če pa je površina nad toleranco, moramo material le fino brusiti. Orodja nato sestavimo in pošljemo stranki.



Slika 11: Ročna obdelava



## 5.0 Stiskanje surovcev

Skozi orodja za ekstrudiranje se ekstrudirajo zlitine aluminija, ki so narejene po točno določenih parametrih, zaradi drugačnega obnašanja posameznega materiala. Tabele prikazujejo optimalno silo stiskalnice v primerjavi z okroglico (surova palica aluminija).

Tabela 2: Optimalna sila stiskanja za mehkejše litine

MEHKEJŠE LITINE	12.5MN	20MN	28MN	40MN
Diagonala okroglice(mm)	152	203	228	279.4-282
Prerez okroglice( $mm^2$ )	180-500	400-1500	700-3700	2000-11300
Dolžina okroglice(mm)	800-7530	1500-12400	1500-8400	1500-8000

Tabela 3: Optimalna sila stiskanja za trše litine

TRŠE LITINE	20MN	35MN	55MN
Diagonala okroglice(mm)	218	275	279.4-282
Prerez okroglice( $mm^2$ )	35-3340	300-12670	314-25000
Dolžina okroglice(mm)	2000-6000	2000-6000	2000-6000



Slika 12: Iztisnjen profil 2

## **6.0 Zaključek**

Ugotovil sem, da je za vsak primer zrisanega profila potrebna ustrezna izračunava sil ter pazljivo načrtovanje tehnoloških postopkov izdelave. Zgoraj navedene hipoteze deloma zavračam zaradi vseh vrst orodja in unikatnega postopka izdelave posameznega profila. Pri industrijskih stiskalnicah so sile zelo velike (tudi do 55MN).

V prvi hipotezi sem predvideval, da lahko s preprostim kompletom matrice in ojačevalca iztisnemo vsako obliko profila. To hipotezo sem zavrnil, saj obstajajo tudi bolj dodelani kompleti, ki se uporabljajo za bolj zahtevna dela.

Z drugo hipotezo sem predpostavil, da za ekstrudiranje aluminija niso potrebne zelo velike sile. Tudi to hipotezo sem zavrnil, saj so potrebne večje sile (tudi do 100MN).

S tretjo hipotezo sem predvideval, da je pri takšni tehnologiji izdelave potrebno veliko izkušenj in znanja. To hipotezo potrjujem, saj je za tovrstno delo potrebno dobro poznavanje materialov in postopkov.