

# Svojstva i primjena aluminijskih legura pri izradi dijelova poljoprivredne tehnike

---

Čanadić, Renato

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:438013>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Renato Čanadić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Svojstva i primjena aluminijskih legura pri izradi dijelova  
poljoprivredne tehnike**

Završni rad

Osijek, 2017. godina

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Renato Čanadić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Svojstva i primjena aluminijskih legura pri izradi dijelova  
poljoprivredne tehnike**

Završni rad

Osijek, 2017. godina

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Renato Čanadić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Svojstva i primjena aluminijskih legura pri izradi dijelova  
poljoprivredne tehnike**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Ivan Vidaković, mag.ing.mech., mentor
2. Prof.dr.sc. Goran Heffer, član
3. Doc.dr.sc. Ivan Plaščak, član

Osijek, 2017. godina

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Završni rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija

Renato Čanadić

### **Svojstva i primjena aluminijskih legura pri izradi dijelova poljoprivredne tehnike**

#### **Sažetak:**

U radu su opisana svojstva aluminijskih legura, načini izrade poljoprivredne tehnike i problematika strojne obrade i zavarivanja aluminijskih legura određenih dijelova poljoprivredne tehnike. Aluminijske legure su legure aluminija i njegovih legiranih elemenata, npr. mangan, silicij, krom i cink. Proizvode poljoprivredne tehnike od aluminijskih legura dobivamo ljevanjem u pijesku, kokile i tlačnim lijevanjem. Zavarivanje i navarivanje dijelova se primjenjuje za popravak oštećenih dijelova poljoprivredne tehnike. Zavarivanje se obavlja *MIG/MAG* i *TIG* tehnikom. Načini obrade dijelova poljoprivredne tehnike koji su opisani u radu su tokarenje, glodanje, bušenje i poliranje. Opisani su postupci izrade dijelova poljoprivredne tehnike.

#### **Ključne riječi:**

23 strane, 24 slika, 2 tablice

Aluminijske legure, poljoprivredna tehnika, MIG i TIG zavarivanje, strojna obrada, lijevanje

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Jurja Strossmayer University of Osijek

BSc Thesis

Faculty of Agriculture in Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course Mehanization

Renato Čanadić

### **Properties and application of aluminium alloys in preparation of parts agricultural techniques**

#### **Abstract:**

In this paper are described the properties of aluminium alloys, manufacture methods agricultural techniques and machining and welding problems of certain parts of agricultural technology. Aluminium alloys is the alloy of multiple metals, such as manganese, silicon, chrome and zinc. Agricultural techniques parts we got from casting aluminium alloys under pressure, molds and casting in sand. Welding and threading of parts is used to repair damaged parts. For repairs and manufacturing agricultural parts we used *MIG/MAG* and *TIG* techniques of welding. Machining ways of manufacture agricultural techniques parts which is in this papers, is turning, milling, drilling and polishing. Manufacturing agricultural technique parts are described.

#### **Key words:**

23 pages, 24 pictures, 2 tables

Aluminium alloys, agricultural techniques, MIG and TIG welding, machining, casting

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

## SADRŽAJ

---

1. UVOD.....	1
2. PODJELA I OZNAČAVANJE ALUMINIJSKIH LEGURA.....	2
2.1. Legirni elementi aluminija .....	4
2.2. Označavanje aluminijских legura.....	5
3. OBRADA ALUMINIJSKIH LEGURA ODVAJANJEM ČESTICA.....	8
3.1. Tokarenje aluminijских legura.....	8
3.2. Glodanje aluminijских legura .....	8
3.3. Bušenje aluminijских legura .....	9
3.4. Poliranje aluminijских legura.....	10
4. ZAVARIVANJE ALUMINIJSKIH LEGURA .....	11
4.1. TIG zavarivanje aluminijских legura.....	11
4.2. MIG zavarivanje aluminijских legura.....	12
5. PROIZVODI OD ALUMINIJSKIH LEGURA U POLJOPRIVREDI .....	14
5.1. Visokotlačna crpka .....	14
4.2. Membranska crpka niskog tlaka.....	15
4.3. Kućište motora SUI motokultivatora.....	16
4.4. Regulator zraka zračnih kočnica prikolice traktora.....	16
4.5. Kućište reduktora razbacivača gnojiva, malčera i uređaja za košnju trave.....	17
4.6. Hladnjak zraka.....	18
4.7. Sigurnosni ventil tlaka zraka pneumatskih kočnica kod traktora.....	19
4.8. Ventilator i zaštitni lim raspršivača.....	20
4.9. Prikolica za prijevoz konja .....	20

5. ZAKLJUČAK.....	21
6. POPIS LITERATURE.....	22

## 1. UVOD

Aluminij i njegove legure su kao konstrukcijski materijali u današnje vrijeme jako zastupljeni u svim granama industrije. Zbog male mase (približno 3 puta manja od čelika), relativno velike čvrstoće, dobre zavarljivosti uz primjenu odgovarajućeg postupka ima široku primjenu u brodogradnji, automobilskoj, zrakoplovnoj, svemirskoj, poljoprivrednoj i vojnoj industriji (Filetin i sur., 2006.). Tablica 1. prikazuje fizikalna svojstva aluminija.

Tablica 1. Fizikalna i mehanička svojstva čistog aluminija

([https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al\\_lg.pdf](https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al_lg.pdf))

Gustoća	kg/m <sup>3</sup>	2700
Talište	°C	660
Modul elastičnosti	N/mm <sup>2</sup>	69000
Toplinska rastezljivost	10 <sup>-6</sup> /K	23,8
Električna vodljivost	m/Ωmm <sup>2</sup>	36...37,8
Granica razvlačenja	N/mm <sup>2</sup>	20...120
Vlačna čvrstoća	N/mm <sup>2</sup>	40...180
Istezljivost	%	50...4

Čisti aluminij se tali pri 660°C, dok aluminijske legure imaju nešto niže talište od 482°C – 660°C ovisno o vrsti legure i legirnih elemenata. (Šanko, 2008.).

Legiranjem aluminija se mogu proizvesti legure koje imaju čvrstoću kao i većina čelika. Kako bi se postigla što veća čvrstoća i tvrdoća aluminij se legira s (Cu) bakrom, (Mg) magnezijem, (Si) silicijem, (Mn) manganom, (Cr) kromom, (Zn) cinkom i drugim elementima za poboljšavanje. Legiranje aluminija često djeluje na njegovu otpornost na koroziju, a posebno legiranje s (Cu) bakrom, koji s druge strane bitno poboljšava mehanička svojstva aluminija. (Filetin i sur., 2006.).



## 2. PODJELA I OZNAČAVANJE ALUMINIJSKIH LEGURA

Aluminijske legure upotrebljavaju se u lijevanom i u gnječenom stanju. Mnogima od njih se mogu mehanička svojstva poboljšati precipitacijskim očvrnućem, ali se brojne koriste i bez spomenute obrade (Filetin i sur., 2006.).

**Lijewane legure** mogu se svrstati u tri osnovne skupine: Al-Si, Al-Mg, Al-Cu. U lijevane legure još spadaju tzv. *antikorodal*, *duralumin* i *duraluminij*. *Duraluminij* - (3,5-5 % Cu, 0,5-0,8 % Mg, 0,5-0,8 % Mn), primjena u strojarskim i građevinskim konstrukcijama (u poljoprivredi kao poljoprivredne konstrukcije). Legure s kombinacijom tih triju osnovnih skupina mogu se dobiti legure s nekim poboljšanim osnovnim svojstvima. Npr. AlMg3 i AlMg5 su legure koje su vrlo dobro otporne na koroziju, dok AlSi12 ima dobru livljivost (Filetin i sur., 2006.).

Aluminijske legure lijevamo u tri načina (Filetin i sur., 2006.):

- u pijesku, kokilu i tlačno (slika 1.)

Neke od lijevanih legura mogu se dodatno očvrnuti, a neke se pak mogu i gnječiti, iako su osnovno ljevačke legure (Filetin i sur., 2006.).



Slika 1. Predmet od aluminijske legure izliven tlačno

(<http://www.heunisch-guss.com/en/products/aluminium-die-casting.html>)



Slika 2. Predmet od aluminijske legure izliven u pijesku  
(<http://uneko.webcode.cz/en/foundry/#>)

**Gnječene legure** se dijele prema kemijskom sastavu i mogućnosti očvršćavanja. U gnječene legure još spadaju tzv. *silal* i *silumin*. *Silumin* je legura aluminija sa silicijem (2 – 12,5 % Si) koja se izradu kućišta elektropokretača i alternatora (Filetin i sur., 2006.).

Od legura koje očvršćuju hladnim deformiranjem zahtjeva se dovoljna čvrstoća i krutost u hladnome stanju, kao i dobra korozijska otpornost. Legure s višim udjelom magnezija imaju odličnu karakteristike i postojanost u morskoj vodi i pomorskoj atmosferi i zato se koriste u brodogradnji. Željena mehanička svojstva postižu se stupnjem ugnječenja primijenjenim u zadnjoj fazi hladnog oblikovanja deformiranjem, stoga se legure obično isporučuju u mekome stanju. Glavni im je nedostatak u tome što se mehanička svojstva materijala, proizvedenog na konačne dimenzije, ne mogu više mijenjati osim mekšanja postupkom žarenja (Filetin i sur., 2006.).

**Precipitacijski očvrstljive legure** imaju prednost kada se traži povoljan omjer čvrstoće i gustoće. Osnovnu precipitacijski očvrstljivih legura čine legirni elementi (Cu) bakar, (Mg) magnezij, (Zn) cink i (Si) silicij koji stvaraju intermetalne spojeve s aluminijem (bakar) ili međusobno (magnezij, silicij i cink). Ostali elementi koji poboljšavaju mehanička svojstva: titan nalazi primjenu kao dodatak za sitnije zrno, olovo poboljšava rezljivost, a krom pospješuje precipitacijsko očvrstnuće (Filetin i sur., 2006.).

## 2.1. Legirni elementi aluminija

Glavni legirni elementi aluminijskih legura su Cu, Si, Mn, Mg, Li i Zn. Elementi kao što su Ni, Cr, (Zr) cirkonij, Ti i (Sc) skandij se također mogu dodati u malim količinama kako bi se postigla određena svojstva. Ostali elementi također mogu biti prisutni u malim količinama, ali se oni smatraju nečistoćama i nemaju povoljan utjecaj na mehanička svojstva (Mathers, 2002.).

Svojstva pojedinih elemenata za legiranje kod aluminijskih legura su (Mathers, 2002.):

- *Magnezij (Mg)* - povećava čvrstoću mehanizmom očvršćivanja pomoću čvrste topivosti i poboljšava očvršćivanje deformacijom.
- *Mangan (Mn)* - povećava čvrstoću mehanizmom očvršćivanja pomoću čvrste topivosti i poboljšava očvršćivanje deformacijom.
- *Bakar (Cu)* - značajno povećava čvrstoću, omogućuje precipitacijsko očvršćivanje, smanjuje otpornost na koroziju, duktilnost i zavarljivost.
- *Silicij (Si)* - povećava čvrstoću i duktilnost, u kombinaciji s magnezijom omogućava precipitacijsko očvršćivanje.
- *Cink (Zn)* - značajno povećava čvrstoću, dozvoljava precipitacijsko očvršćivanje, može izazvati napetosnu koroziju.
- *Željezo (Fe)* - povećava čvrstoću čistog aluminija, uglavnom je zaostali element.
- *Krom (Cr)* - povećava otpornost na napetosnu koroziju.
- *Nikal (Ni)* - poboljšava čvrstoću na povišenim temperaturama.
- *Cirkonij (Zr)* - se koristi za smanjenje veličine zrna, naročito u dodatnom materijalu.
- *Litij (Li)* - značajno povećava čvrstoću, omogućuje precipitacijsko očvršćivanje i smanjuje gustoću.
- *Skandij (Sc)* - značajno povećava čvrstoću mehanizmom starenja materijala, koristi se za smanjenje veličine zrna osobito kod zavarivanja.
- *Olovo (Pb) i bizmut (Bi)* - poboljšavaju svojstva kod obrade odvajanjem čestica.

## 2.2. Označavanje aluminijskih legura

Prema Europskom odboru za normiranje (CEN) postoje dvije metode za identifikaciju aluminijskih legura. Jedna se temelji na brojčanom označavanju, a druga na kemijskom sustavu. Detalji su opisani u normi HRN EN 573 (Mathers, 2002.).

U europskom sustavu koriste se slijedeće oznake (Mathers, 2002.):

- AB – ingoti,
- AC – lijevani materijal,
- AM – predlegura za lijevanje,
- AW – gnječeni materijal.

Kod gnječenih legura slijedi četveroznamenkasti broj koji služi za identifikaciju legure. Prva znamenka označava glavni legirni element, a one su (Mathers, 2002.):

- AW 1XXX – tehnički čisti aluminij,
- AW 2XXX – legura aluminijska i bakra,
- AW 3XXX – legura aluminijska i mangana,
- AW 4XXX – legura aluminijska i silicija,
- AW 5XXX – legura aluminijska i magnezija,
- AW 6XXX – legura aluminijska magnezija i silicija,
- AW 7XXX – legura aluminijska, cinka i magnezija,
- AW 8XXX – legura s ostalim elementima (litij, željezo),
- AW 9XXX – nije određena legirna grupa.

Osim tehničkog čistog aluminijskog, posljednje tri znamenke su proizvoljne i koriste se za označavanje određene legure. U slučaju čistog aluminijskog posljednje dvije znamenke se koriste za oznaku minimalnog udjela aluminijskog, npr. AW-1098 sadrži najmanje 99,98 % aluminijskog, AW-1090 sadrži najmanje 99,90 % aluminijskog. Druga znamenka označava udio nečistoća u aluminijsku (Mathers, 2002.).

Postoji ukupno 36 ljevačkih aluminijskih legura, od kojih je 29 na bazi Al-Si.

Aluminijske legure za lijevanje dijele se na 11 podskupina :

- AC 2 1 XXX – Al Cu,
- AC 4 1 XXX – Al SiMgTi,
- AC 4 2 XXX – Al Si7Mg,
- AC 4 3 XXX – Al Si10Mg,
- AC 4 4 XXX – Al Si,
- AC 4 5 XXX – Al Si5Cu,
- AC 4 6 XXX – Al Si9Cu,
- AC 4 7 XXX – Al Si(Cu),
- AC 4 8 XXX – Al SiCuNiMg,
- AC 5 1 XXX – Al Mg,
- AC 7 1 XXX – Al ZnMg.

Kao i kod gnječanih legura treća i četvrta znamenka su proizvoljne i koriste se za označavanje određene legure u skupini.

Na mehanička svojstva aluminijskih legura ne utječe samo kemijski sastav, već i stanje u kojem se nalaze, npr. odžareno, hladno deformirano, precipitacijski očvrtnuto. Prema tome CEN je razvio sustav označavanja, gdje se pomoću pet slova kojima mogu biti pridruženi jedan ili više brojeva određuje točno stanje legure (Mathers, 2002.). Tablica 2. prikazuje aluminijske legure s određenim mehaničkim svojstvima.

Tablica 2. Primjeri aluminijskih legura određeni mehaničkim svojstvima

([https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al\\_lg.pdf](https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al_lg.pdf) )

Legura	Serijska	Tip	Internacionalne oznake	Raspon mehaničkih karakteristika (MPa)						
				0	100	200	300	400	500	600
	1000	Al	1050A 1070A 1100 1200 1080							
	3000	Al-Mn	3003 3004 3005 3105							
	5000	Al-Mg	5086 5083 5056A 5456 5052 5005 5454 5754 5254 5182							
	2000	Al-Cu Al-Cu-Mg	2011 2030 2017A 2618A 2024 (2124) 2014 (2214) 2219							
	6000	Al-Si-Mg	6005A 6060 6061 6082 6081 6106 6351							
		Al-Zn-Mg	7020 7021 7039							
	7000	Al-Zn-Mg-Cu	7049A 7175 7075 7475 7010 7150 7050							

### **3. OBRADA ALUMINIJSKIH LEGURA ODVAJANJEM ČESTICA**

#### **3.1. Tokarenje aluminijevskih legura**

Tokarenje je postupak obrade skidanjem čestice kojim se proizvode obratci rotacijskih površina (valjkasti proizvodi). Izvodi se na alatnim strojevima, tokarilicama. Obradak obavlja glavno gibanje, dok alat obavlja posmično, pripremno i dostavna gibanja (Slade, 2012.).

Kod tokarenja aluminijevske legure potrebno je izvršavati tokarenje propisanom brzinom od 200 – 2.000 min<sup>-1</sup> (Slade, 2012.). Na slici 3 prikazan je postupak obrade tokarenja aluminijevske legure.



Slika. 3. Tokarenje aluminijevske legure  
(<http://lesmillerdesigns.com/machining.html>)

#### **3.2. Glodanje aluminijevskih legura**

Glodanje je nakon tokarenja najvažniji postupak obrade materijala skidanjem čestice. Tim postupkom možemo obraditi ravne plohe, prizmatične žljebove i utore, zupčanike, navoje te uzdužno i prostorno profiliranje površine (Slade, 2012.).

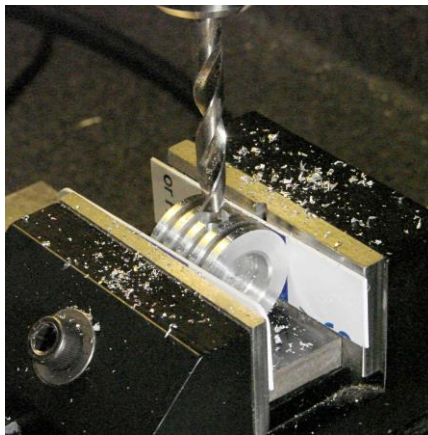
Glodanje je postupak obrade skidanjem čestice kod kojeg alat obavlja glavno gibanje. Posmično gibanje je uvijek pod nekim kutom u odnosu na os rotacije alata i obavlja ga ili predmet obrade ili alat (Slade, 2012.). Na slici 4. prikazan je postupak glodanja CNC strojem aluminijevske legure.



Slika 4. Postupak glodanja aluminijske legure CNC metodom  
(<http://www.ironal.sk/>)

### 3.3. Bušenje aluminijskih legura

Bušenje je način obrade odvajanjem čestica kojim se specifičnim alatom izrađuju cilindrične rupe u aluminijskoj leguri. Alat obavlja glavno rotacijsko gibanje i pravocrtno posmično gibanje koje mora biti u smjeru osi rotacije (Slade, 2012.). Na slici 5. prikazan je postupak bušenja aluminijske legure.



Slika 5. Postupak bušenja aluminijske legure  
(<https://softsolder.files.wordpress.com/2016/06/dsc08826-ersatz-aluminum-heatsink-drilling.jpg>)

Bušenje je povezano s predradnjom zabušivanja i naknadnim operacijama proširivanja, upuštanja, razvrtanja i izbušivanja (Slade, 2012.).



### 3.4. Poliranje aluminijevskih legura

Na slici 6. je prikazan postupak strojnog poliranja aluminijevskih legura.



Slika 6. Postupak poliranja aluminijevskih legura

(<http://www.nepean.com/transport/news-media/galleries/vis-polish%C2%AE>)

## 4. ZAVARIVANJE ALUMINIJSKIH LEGURA

Aluminijske legure mogu se zavarivati plinski, elektrolučnim, elektrotopornim postupcima, difuzijski, eksplozijom, ultrazvukom, plazmom, elektronskim i laserskim snopom, itd (Gojić, 2008.).

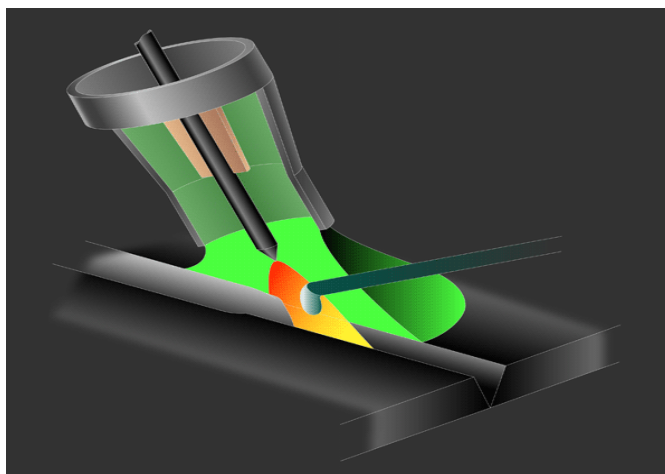
Najčešće korišteni postupci su *TIG* i *MIG*, jer je ovim postupcima osigurana zaštitna atmosfera. *TIG* postupak se koristi za zavarivanje limova i elemenata do 6 mm debljine, dok se *MIG* postupak koristi za zavarivanje debljih elemenata, iznad 6 mm debljine (Gojić, 2008.).

Aluminij se može zavarivati i **plinskim zavarivanjem**, ali bi se također trebao koristiti samo za dijelove koji ne zahtijevaju visoku kvalitetu ili kod reparature dijelova kada nije dostupno elektrolučno zavarivanje pod zaštitom inertnog plina. Kod plinskog zavarivanja se koristi ( $C_2H_2 + O_2$ ) s reducirajućim plamenom – viškom acetilena. Koristi se talilo u obliku praška i paste (kloridi ili fluoridi alkalnih metala) da se kemijski veže i odstrani aluminijev oksid. Ostatke talila nakon zavarivanja treba odstraniti, jer uzrokuju koroziju (Lukačević, 1998.).

### 4.1. TIG zavarivanje aluminijskih legura

TIG zavarivanje je elektrolučno zavarivanje netaljivom volframovom (W) elektrodom u zaštitnoj atmosferi plinova (kod aluminijskih legura se najčešće kao zaštitni plin argon). Energija potrebna za zavarivanje dobiva se od električnog luka koji se održava između radnog komada i netaljive elektrode. Zavarivati se može sa i bez dodatnog materijala pri čemu se koristi neaktivni (inertni) zaštitni plin (slika 8.) koji štiti zagrijanu zonu, talinu metala, zagrijani i rastaljeni vrh žice i zagrijani vrh netaljive elektrode od pristupa štetnih plinova iz atmosfere (Živčić, 1985.).

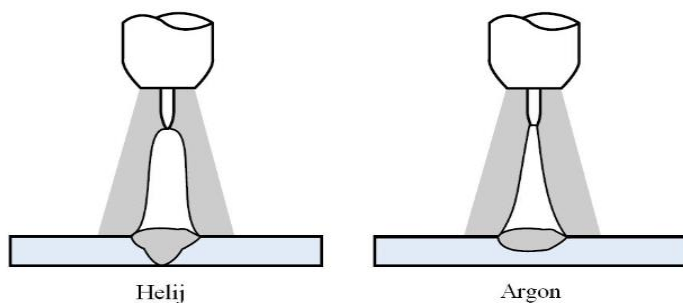
Osnovna oprema za TIG zavarivanje se sastoji od izvora energije, pištolja za zavarivanje, sustava za dovod zaštitnog plina, dodatnog materijala i nekim slučajevima rashladnog sustava. Za većinu materijala koji se zavaruju TIG postupkom koristi se istosmjerna struja sa elektrodom spojenom na minus pol. U tom slučaju, prilikom zavarivanja aluminijski dolazi do lošeg uklanjanja oksida s površine. Kada je elektroda spojena na plus pol dolazi do pregrijavanja i taljenja elektrode. Iz tog razloga se za TIG zavarivanje aluminijski koristi izmjenična struja (Živčić, 1985.). Na slici 9. prikazan je postupak TIG zavarivanja.



Slika 9. Prikaz TIG postupka zavarivanja

([http://www.arcabrasives.com/Images/Weld\\_Tig-Final.gif](http://www.arcabrasives.com/Images/Weld_Tig-Final.gif) )

Kod TIG zavarivanja aluminija koristi se argon, helij i mješavina argona i helija. Argon u odnosu na helij daje stabilniji električni luk, ali i manju dubinu protaljivanja kod iste jakosti i vrste električne struje zavarivanja. Također, korištenjem argona se postiže najlakše paljenje luka i najstabilniji luk. Primjeri oblika i učinka električnog luka kod argona i helija prikazani su na slici 10 (Živčić, 1985.).

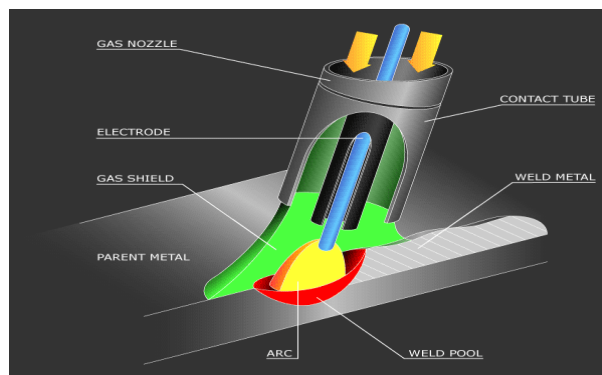


Slika 10. Oblik i učinak električnog luka kod argona i helija  
(Živčić, M. TIG zavarivanje, 1985.)

#### 4.2. MIG zavarivanje aluminijskih legura

Elektrolučno zavarivanje metalnom taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi plinova spada u postupke zavarivanja taljenjem. Postupak MIG zavarivanja odvija se u zaštitnoj atmosferi inertnih plinova (argon ili helij). Prilikom zavarivanja koristi se kontinuirano dodavanje žice koja služi kao elektroda i kao dodatni materijal. Metalna elektroda (žica) i osnovni materijal tale se toplinom električnog luka. Prednosti postupka su velike brzine

zavarivanja, manje zone utjecaja topline nego kod TIG postupka, izvrsno čišćenje oksidnog sloja tijekom zavarivanja, te mogućnost zavarivanja u svim položajima. Iz tih razloga MIG postupak je najčešće korišten postupak zavarivanja aluminija (Mathers, 2002.). Na slici 12. je prikazan postupak MIG zavarivanja



Slika 12. Prikaz MIG postupka zavarivanja

([http://www.arcabrasives.com/Images/Weld\\_Mig.gif](http://www.arcabrasives.com/Images/Weld_Mig.gif))

Pri zavarivanju MIG postupkom način prijenosa metala električnim lukom ovisi o polaritetu elektrode, jakosti struje zavarivanja, naponu zavarivanja, vrsti zaštitnog plina, kemijskom sastavu žice, te karakteristikama izvora struje zavarivanja. Ovisno o jakosti struje i naponu električnog luka kod MIG zavarivanja prijenos metala može se odvijati na četiri načina: kratki luk, prijelazni (miješani) luk, štrcajući luk i impulsni luk (Gojić, 2008.). Na slici 13. prikazan je proces zavarivanja aluminijske legure.



Slika 13. MIG zavarivanje aluminijskih legura

(<http://www.millerwelds.com/education/articles/images/GateShot.jpg>)

## 5. PROIZVODI OD ALUMINIJSKIH LEGURA U POLJOPRIVREDI

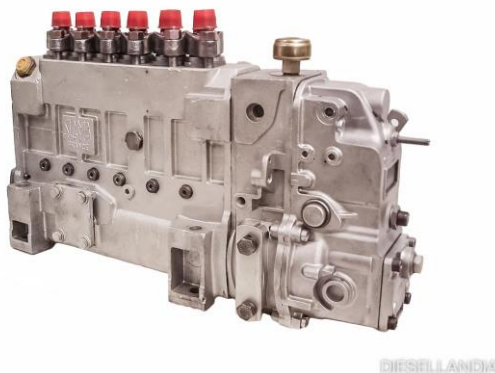
Aluminijske legure koriste se u mnogim industrijskim granama zbog dobrog antikoroziivnog svojstva, čvrstoće i izdržljivosti. Zbog toga se koristi u poljoprivrednoj tehnici. Neki od dijelova poljoprivredne tehnike su visokotlačna crpka, hladnjaci rashladne tekućine, klipovi, klipnjače.

### 5.1. Visokotlačna crpka

Crpka visokog tlaka je jedan od najvažnijih dijelova uređaja za napajanje motora diesel gorivom, a zadatak joj je:

- opskrbiti svaki cilindar s dovoljnom količinom goriva,
- gorivo mora ubrizgati pod velikim tlakom,
- gorivo se u cilindre mora dobiti u točno određeno vrijeme.

Kućište visokotlačne crpke se izrađuje postupkom tlačnog lijevanja aluminijske legure, također se primjenjuju strojne obrade glodanja i bušenja (Vojvodić, 2008.). Na slici 14. prikazana je linijska visokotlačna crpka od koje je kućište izrađeno od aluminijske legure.



Slika 14. Kućište linijske visokotlačne crpke izrađeno od aluminijske legure  
(<http://www.herlevi.fi/shop/diesellandia-parts/6cyl-sigma-billet-pump/>)

Na slici 15. prikazana je rotacijska visokotlačna crpka od koje je kućište izrađeno od aluminijske legure.



Slika 15. Kućište rotacijske visokotlačne crpke izrađeno od aluminijske legure  
(<http://www.mholdingsuk.com/products.php?companyid=1&categoryid=12>)

#### 4.2. Membranska crpka niskog tlaka

Membranska crpka niskog tlaka primjenjuje se kod velikog broja diesel motora. Najčešće ima mehanički pogon, a neke su sa pneumatskim ili električnim pogonom. Prema načinu rada je samo regulirajuća, tj. omogućava automatsko prilagođavanje potrošnje goriva.

Membranska crpka sa mehaničkim pogonom dobiva pogon od ekscentra, koji može biti na bregastom vratilu ili na koljenastom vratilu. Membranska crpka tlači gorivo pod tlakom od 0,2 – 0,3 bara.

Kućište membranske crpke niskog tlaka se najčešće izrađuje od aluminijske legure s postupkom tlačnog lijevanja (Vojvodić, 2008.). Na slici 15. prikazana je membranska niskotlačna crpka čije je kućište izrađeno od aluminijske legure



Slika 15. Kućište membranske crpke niskog tlaka izrađeno od aluminijske legure  
(<http://www.mholdingsuk.com/products.php?companyid=1&categoryid=12>)

#### 4.3. Kućište motora SUI motokultivatora

Kućišta motokultivatora su najčešće izrađena od aluminijskih legura zbog svoje težine i otpornosti na koroziju, i žilavosti same legure. Kućišta se izrađuju lijevanjem pod tlakom. Na slici 16. prikazano je kućište motora motokultivatora izrađeno od aluminijske legure.



Slika 16. Kućište motora SUI motokultivatora izrađeno od aluminijske legure  
(<https://www.hlsproparts.com/Honda-GX270-crankcase-engine-block-p/h30270.htm>)

#### 4.4. Regulator zraka zračnih kočnica prikolice traktora

Regulator zraka zračnih kočnica ujedno je i ventil, koji služi za odvajanja i spajanje kočionog crijeva preko spojnice. Regulator regulira količinu zraka koji prolazi do prikolice, a svrha mu je propustiti dovoljnu količinu zraka kako bi odnos kočenja bio veći na prikolici nego li na traktoru. Kućište regulatora izrađeno je tlačnim lijevanjem i primjenjuje se obrada tokarenja, glodanja i bušenja.

Na slici 17. prikazan je regulator zraka čije je kućište izrađeno od aluminijske legure.



Slika 17. Regulator tlaka zraka kod kočnica traktorske prikolice  
([https://roko.si/prodajni\\_program/rezervni\\_deli/deli\\_za\\_traktorje/zracni\\_sistemi/6483/ventil\\_prikolice\\_rocka\\_regulator\\_zraka\\_522200010/](https://roko.si/prodajni_program/rezervni_deli/deli_za_traktorje/zracni_sistemi/6483/ventil_prikolice_rocka_regulator_zraka_522200010/))

#### 4.5. Kućište reduktora razbacivača gnojiva, malčera i uređaja za košnju trave

Kućište reduktora razbacivača gnojiva, malčera i uređaja za košnju trave izrađeno je od aluminijskih legura lijevanjem pod tlakom, primjenjuje se stroja obrada glodanja, i bušenja. Na slikama 18.,19. i 20. prikazani su reduktori priključnih strojeva čija su kućišta izrađena od aluminijske legure.

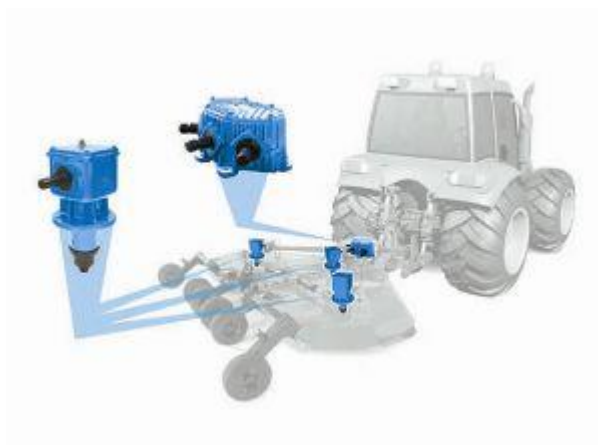


Slika 18. Kućište reduktora razbacivača gnojiva izrađeno od aluminijske legure  
([https://roko.si/prodajni\\_program/rezervni\\_deli/deli\\_za\\_traktorje/zracni\\_sistemi/6483/ventil\\_prikolice\\_rocka\\_regulator\\_zraka\\_522200010/](https://roko.si/prodajni_program/rezervni_deli/deli_za_traktorje/zracni_sistemi/6483/ventil_prikolice_rocka_regulator_zraka_522200010/))





Slika 19. Kućište reduktora malčera izrađeno od aluminijske legure  
(<http://www.comerindustries.com/en/products/prodotti-abstract/speed-increasers-for-flail-mowers.html#.WazeQtFLeUI>)



Slika 20. Kućište reduktora uređaja za košnju trave izrađeno od aluminijske legure  
(<http://www.comerindustries.com/en/products/prodotti-abstract/gearboxes-for-finishing-mowers.html#.WazeZdFLeUI>)

#### **4.6. Hladnjak zraka**

Hladnjak zraka (interkuler) služi za rashlađivanje čistog zraka koji ulazi u cilindar motora kod diesel motora s turbopunjačem. Izrađen je od lima legiranog aluminijske legure i primijenjena je strojna obrada zavarivanja TIG postupkom. Na slici 21. prikazan je hladnjak zraka koji je izrađen od aluminijske legure.



Slika 21. Hladnjak zraka izrađen od limova aluminijske legure  
(<http://www.ebay.com/itm/New-John-Deere-4066M-Tractor-Turbo-Diesel-Intercooler-LVA17534-TRAD-Inter-Cooler-/151502744419>)

#### **4.7. Sigurnosni ventil tlaka zraka pneumatskih kočnica kod traktora**

Sigurnosni ventil služi za izbacivanje prekomjernog zraka iz sustava za kočenje traktora. Kućište sigurnosnog ventila je od aluminijske legure i izrađeno je postupkom tlačnog lijevanja. Na slici 22. prikazan je sigurnosni ventil zraka čije je kućište izrađeno od aluminijske legure.



Slika 22. Sigurnosni ventil izrađen od aluminijske legure  
([https://roko.si/prodajni\\_program/rezervni\\_deli/deli\\_za\\_traktorje/zracni\\_sistemi/6525/ventil\\_z\\_raka\\_regulator\\_pritiska\\_kompresorja\\_5221100110/](https://roko.si/prodajni_program/rezervni_deli/deli_za_traktorje/zracni_sistemi/6525/ventil_z_raka_regulator_pritiska_kompresorja_5221100110/))

#### 4.8. Ventilator i zaštitni lim raspršivača

Ventilator i zaštitni lim raspršivača izrađen je od legiranog aluminijskog lima, zbog dobre kemijske otpornosti i svoje težine. Na slici 23. prikazan je primjer primjene lima od aluminijske legure kod raspršivača.



Slika 23. Zaštitni lim i ventilator raspršivača izrađen od legiranog aluminijskog lima  
([http://lesko.hr/?page\\_id=434](http://lesko.hr/?page_id=434))

#### 4.9. Prikolica za prijevoz konja

Prikolica za prijevoz konja izrađena je od aluminijskih profila te aluminijskog lima. Primjenjuje se strojna obrada rezanja i bušenja, također se primjenjuje tehnika *MIG* i *TIG* zavarivanja. Na slici 24. prikazana je prikolica za prijevoz konja koja je izrađena od aluminijske legure.



Slika 24. Prikolica za prijevoz konja izrađena od aluminijske legure  
(<http://www.batesontrailers.com/shop/livestock-trailers/48hb-livestock-trailers-cattle-cow-sheep-pig-calf/>)

## 5. ZAKLJUČAK

Aluminijske legure se vrlo često primjenjuju u poljoprivrednoj tehnici za izradu dijelova motora, reduktora, hidrauličnih crpki, hladnjaka, itd. Svojom malom gustoćom, toplinskom otpornošću i malom toplinskom rastezljivošću postaju idealna zamjena za odljevke od željeznih ljevova.

U slučaju loma ili kidanja, aluminijske legure imaju dobro svojstvo zavarljivosti, s time mogu se primijeniti tehnike *MIG* i *TIG* zavarivanja. Jedina problematika zavarivanja aluminijskih legura jest prije vremena obrada i čišćenje dijela koji je potrebno zavariti, jer u protivnom neće biti kvalitetan zavar i u tim slučajevima dolazi do pucanja zavara.

Glavna primjena aluminijskih legura u poljoprivrednoj tehnici je pri izrađivanju kućišta raznih navedenih dijelova i uređaja. Primjenjuju se zbog svoje dobre livljivosti, toplinske otpornosti, otpornosti na koroziju (čime je bolje održavanje) i čvrstoći koja je slična čeliku.

## 6. POPIS LITERATURE

- [1] - Cebalo, R. (1996): Obrada odvajanjem čestica, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [2] - Filetin, T., Kovačiček, F., Indof, J.: Svojstva i primjena materijala, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2006.
- [3] - Gojić, M.: Tehnike spajanja i razdvajanja materijala, Metalurški fakultet, Sisak, 2008.
- [4] - Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1982.
- [5] - Kralj, S., Andrić, Š.: Zavarivanje i zavarljivost aluminija i legura, Savjetovanje, Zavarene aluminijske konstrukcije, Šibenik, 1990
- [6] - Lukačević, Z.: Zavarivanje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet, Slavonski brod, 1998.
- [7] - Mathers, G.: The welding of aluminium and its alloys, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, 2002.
- [8] - Rudan, M.: MIG zavarivanje tankih aluminijskih limova, 5. SEMINAR, Aluminij i aluminijske legure – rukovanje, priprema, zavarivanje, Pula, 2008.
- [9] - Šanko, Z.: Odabir dodatnog materijala kod zavarivanja aluminija, 5. SEMINAR, Aluminij i aluminijske legure – rukovanje, priprema, zavarivanje, Pula, 2008.
- [10] - Vojvodić, M.: Pogonski motori i traktori, Beograd, 2008.
- [11] - Vujčić, M.; Emert, R.; Jurić, T.; Heffer, G.; Baličević, P.; Pandurović, T.; Plaščak, I. (2011): Osnove poljoprivrednog strojarstva, Poljoprivredni fakultet, Osijek
- [12] - Živčić, M.: TIG zavarivanje – osnovne karakteristike postupka, Časopis Zavarivanje, 28 (1): 39-46., 1985.
- [13] – URL: [https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al\\_1g.pdf](https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al_1g.pdf) – 20.7.2017.
- [14] – URL: <http://www.heunisch-guss.com/en/products/aluminium-die-casting.html> – 20.7.2017.
- [15] – URL: <http://uneko.webcode.cz/en/foundry/#> - 20.7.2017.

- [16] – URL: <http://lesmillerdesigns.com/machining.html> – 22.7.2017.
- [17] – URL: <http://www.ironal.sk/> - 22.7.2017.
- [18] – URL: <https://softsolder.files.wordpress.com/2016/06/dsc08826-ersatz-aluminum-heatsink-drilling.jpg> – 22.7.2017.
- [19] – URL: <http://www.nepean.com/transport/news-media/galleries/vis-polish%C2%AE> – 25.7.2017.
- [20] – URL: [http://www.arcabrasives.com/Images/Weld\\_Tig-Final.gif](http://www.arcabrasives.com/Images/Weld_Tig-Final.gif) – 25.7.2017.
- [21] – URL: [http://www.arcabrasives.com/Images/Weld\\_Mig.gif](http://www.arcabrasives.com/Images/Weld_Mig.gif) – 10.8.2017.
- [22] – URL: <http://www.herlevi.fi/shop/diesellandia-parts/6cyl-sigma-billet-pump/> - 23.8.2017.
- [23] – URL: <http://www.mholdingsuk.com/products.php?companyid=1&categoryid=12> – 23.8.2017.
- [24] – URL: <https://www.hlsproparts.com/Honda-GX270-crankcase-engine-block-p/h30270.htm> – 23.8.2017.
- [25] – URL: [https://roko.si/prodajni\\_program/rezervni\\_deli/deli\\_za\\_traktorje/zracni\\_sistemi/6483/ventil\\_prikolice\\_rocka\\_regulator\\_zraka\\_522200010/](https://roko.si/prodajni_program/rezervni_deli/deli_za_traktorje/zracni_sistemi/6483/ventil_prikolice_rocka_regulator_zraka_522200010/) - 25.8.2017.
- [26] – URL: <http://www.comerindustries.com/en/products/prodotti-abstract/speed-increasers-for-flail-mowers.html#.WazeQtFLeUI> – 25.8.2017.
- [27] – URL: <http://www.ebay.com/itm/New-John-Deere-4066M-Tractor-Turbo-Diesel-Intercooler-LVA17534-TRAD-Inter-Cooler-/151502744419> – 26.8.2017.
- [28] – URL: [https://roko.si/prodajni\\_program/rezervni\\_deli/deli\\_za\\_traktorje/zracni\\_sistemi/6525/ventil\\_zraka\\_regulator\\_pritiska\\_kompresorja\\_5221100110/](https://roko.si/prodajni_program/rezervni_deli/deli_za_traktorje/zracni_sistemi/6525/ventil_zraka_regulator_pritiska_kompresorja_5221100110/) - 30.8.2017.
- [29] – URL: [http://lesko.hr/?page\\_id=434](http://lesko.hr/?page_id=434) – 1.9.2017.
- [30] – URL: <http://www.batesontrailers.com/shop/livestock-trailers/48hb-livestock-trailers-cattle-cow-sheep-pig-calf/> - 1.9.2017.