

STRUČNI RAD

R.Kovač, S.Jojin*

ČVRSTOĆA LEGURE ALUMINIJUMA DOBIJENE NA BAZI
SEKUNDARNIH SIROVINA

Rezime

Korišćenje sekundarnih sirovina aluminijuma i njegovih legura, može dati značajne efekte u ekonomiji zemlje, naročito ako se koriste za razradu određene grupe legura. Rad prikazuje čvrstoću legure Al-Cu-Mg dobijene na bazi sekundarnih sirovina.

STRENGTH OF ALUMINIUM ALLOYS OBTAINED ON SCRAP BASE

Summary

Important effects in economy of a country can be obtained by using aluminium on scrap base and its alloys, especially if they are used for developing a new alloys. This paper, deals with strength of Al-Cu-Mg alloys made on scrap base.

1. UVOD

Porast potrošnje aluminijuma i njegovih legira, u raznim oblastima tehnike, uslovio je da se u svetu, u sve većoj meri, koriste sekundarne sirovine.

Za dobijanje 1 tone primarnog aluminijuma treba iskopati i preraditi 6 tona rude [3]. Istovremeno za dobijanje 1 tone legura aluminijuma iz sekundarnih sirovina dovoljno je oko 1090 kg otpada (stari sakupljački materijal). Utrošak električne energije za proizvodnju 1 tone legura aluminijuma od sekundarnih sirovina 23 puta je niži nego pri proizvodnji legure iz rude [3].

Ovo ukazuje na značajne ekonomske efekte koji se mogu postići u ekonomiji zemlje, razumnim korišćenjem sekundarnih sirovina.

*) Kovač dr Risto, dipl.ing., docent, Jojin Siniša, dipl.ing., asistent u naučnom radu - Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V.Perića-Valtera 2.

U industrijski razvijenim zemljama čine se značajni napori i ulažu značajna sredstva za osvajanje tehnologija proizvodnje legura aluminijuma na bazi sekundarnih sirovina.

Rezultati istraživanja, iznešeni u ovom radu, predstavljaju pokušaj da se koristeći samo metod legiranja, tj. izborom odgovarajućih legirajućih elemenata dobije legura aluminijuma sa mehaničkim svojstvima, bliskim ili istim sa svojstvima analognih legura, dobijenih od primarnih sirovina.

2. USLOVI EKSPERIMENTA

Hemijskom analizom osnovne sirovine konstatovan je sledeći hemijski sastav: 1,49% Si; 0,063% Mn; ostalo aluminijum. Bakar i magnezijum nisu nadjeni u sirovini. Željezo nije određivano.

Radi mogućnosti poredjenja rezultata čvrstoće, predviđeno je da se obavi livenje epruveta od osnovnog materijala čiji je sastav naveden napred i epruvete legirane bakrom i magnezijumom, a da se dodatno modificiranje obavi titanom.

Obavljena su tri eksperimenta:

1. Osnovni aluminijum (1,49% Si; 0,063 Mn; ostalo aluminijum)
2. Dodatak osnovnom aluminijumu 3% Cu; 0,3% Mg i 0,25% Ti
3. Osnovnom aluminijumu dodato 5% Cu; 0,3% Mg i 0,25% Ti.

Bakar, magnezijum i titan dodavani su rastopu direktno, a ne u obliku predlegure. Topljenje je obavljeno u naftnoj peći sa loncem od sivog liva, premazanim premazom na osnovi gline. Rafinacija liva obavljena je "degazatorom-25", a modificiranje "sil-topom" - proizvodom "Termit" - Domžale.

Livenje je obavljeno u kokili od sivog liva. Premaz cink oksid 5%; vodeno staklo 3% i 92% vode. Početna temperatura kokile iznosila je oko 120 °C, a temperatura livenja 720 °C.

3. REZULTATI EKSPERIMENTA

Kao osnovni kriterijum za ocenu dobijenih rezultata uzeta je čvrstoća. Livene epruvete su obradjene rezanjem, čime je skinut površinski sloj sa najvećom čvrstoćom, te se može smatrati da je čvrstoća prikazana u tabeli niža za (10-20) MPa, u odnosu na neobradjene epruvete.

U tabeli br.1 prikazani su rezultati čvrstoće eksperimenta 1, 2 i 3 za koje je sastav legura dat napred.

Tabela br.1

Red. br.	Eksperiment 1		Eksperiment 2		Eksperiment 3	
	čvrstića σ_{M_1} MPa	Izduž. $\delta_1\%$	čvrstoća σ_{M_2} MPa	Izduž. $\delta_1\%$	čvrstoća σ_{M_3} MPa	Izduž. $\delta_3\%$
1.	86,0	11,3	174,5	10,0	177,2	5,0
2.	66,1	5,0	176,2	7,3	186,0	7,3
3.	87,0	6,6	169,5	8,1	192,2	9,5
4.	89,8	13,3	189,0	9,3	195,7	6,8
5.	89,0	10,0	189,1	8,1	187,2	8,3
6.	81,9	6,6	174,1	7,0	192,8	6,6
7.	84,7	9,3	180,6	7,5	202,2	6,2
8.	77,4	9,0	178,5	7,3	197,8	7,3
9.	86,6	11,6	179,9	6,8	198,7	5,5
10.	91,7	15,0	195,5	7,1	190,4	8,3
	$\bar{\sigma}_{M_1}=84,0$	$\bar{\delta}_1=8,77$	$\bar{\sigma}_{M_2}=180,7$	$\bar{\delta}_2=7,85$	$\bar{\sigma}_{M_3}=192,0$	$\bar{\delta}_3=7,08$

$\bar{\sigma}_{M_i}$ (i=1,2,3)-prosečna čvrstoća

4. OBRADA REZULTATA

Cilj eksperimenta je da se utvrdi da li i koliko legiranja utiče na povećanje čvrstoće aluminijuma dobijenog pretapanjem sekundarnih sirovina.

Procentualno prosečno povećanje čvrstoće legure obuhvaćene eksperimentom 2 u odnosu na aluminijum obuhvaćen eksperimentom 1 (vidi tabelu br.1) iznosi:

$$\sigma_M = \frac{\bar{\sigma}_{M_2} - \bar{\sigma}_{M_1}}{\bar{\sigma}_{M_1}} 100 = \frac{180,7 - 84,0}{84,0} 100 = 115,1\%$$

Prosečno procentualno povećanje čvrstiće legure obuhvaćene eksperimentom 3 u odnosu na aluminijum obuhvaćen eksperimentom 1 iznosi

$$\sigma_M = \frac{\bar{\sigma}_{M_3} - \bar{\sigma}_{M_1}}{\bar{\sigma}_{M_1}} 100 = \frac{192,0 - 84,0}{84,0} 100 = 128,5\%.$$

Dalje, treba utvrditi da li povećanje bakra sa 3% (eksperiment 2) na 5% (eksperiment 3) utiče na povećanje čvrstoće legure. Prema rezultatima prosečne čvrstoće iz tabele br.1 dobije se

$$\sigma_M' = \frac{\bar{\sigma}_{M_3} - \bar{\sigma}_{M_2}}{\bar{\sigma}_{M_2}} 100 = \frac{192,0 - 180,7}{180,7} 100 = 6,25\%.$$

Potvrda da li je dobijeno povećanje čvrstoće od 6,25% značajno ili slučajno odrediće se na osnovu disperzione analize [4]. U tu svrhu obradjeni su rezultati u tabeli br.2.

Tabela br.2

Red. br.	σ_M MPa		$\sigma_{M_3} - \sigma_{M_2} = \Delta\sigma_M$	$\Delta\sigma_M - \Delta\bar{\sigma}_M$	$(\Delta\sigma_M - \Delta\bar{\sigma}_M)^2$
	σ_{M_2}	σ_{M_3}			
1.	174,5	177,2	2,7	-9,13	83,3
2.	176,2	186,0	9,8	-2,03	4,12
3.	169,5	192,2	22,7	10,87	118,15
4.	189,0	195,7	6,7	-5,13	26,31
5.	189,1	187,2	-1,9	-13,73	188,51
6.	174,1	197,8	23,7	11,87	140,89
7.	180,6	202,2	21,6	9,67	93,5
8.	178,5	197,8	19,3	7,47	55,8
9.	179,9	198,7	18,8	6,97	48,58
10.	195,5	190,4	-5,1	-16,93	286,62
UKUPNO			118,3		1045,78

$\bar{\sigma}_M$ - srednja vrednost povećanja čvrstoće

$$\bar{\sigma}_M = \frac{118,3}{10} = 11,83 \text{ MPa}$$

Disperzija greške se određuje na osnovu sledećeg obrasca

[4]

$$S^2 = \frac{\sum (\Delta \bar{\sigma}_M - \Delta \bar{\sigma}_M)^2}{n-1} = \frac{1045,78}{9} = 116,19$$

gde je n-broj eksperimenata

$$S=10,77.$$

Saglasno nultoj hipotezi, za $\mu=0$, može se napisati [4]

$$t = \sqrt{n} \frac{\Delta \bar{\sigma}_M}{S} = \sqrt{10} \frac{11,83}{10,77} = 3,47.$$

Za verovatnoću $V=95\%$ i 9 stepeni slobode Studentov kriterijim iznosi $t_1=2,262$, što je manje od izračunate vrednosti $t=3,47$. Na osnovu ovoga se zaključuje da je povećanje čvrstoće od 6,25% značajno a ne slučajno, a rezultat je povećanja sadržaja bakra u leguri.

5. ANALIZA REZULTATA

Srednja čvrstoća aluminijuma dobijenog topljenjem sekundarnih sirovina iznosi 84 MPa (vidi tabelu b.1), što je znatno manje od čvrstoće čistog aluminijuma ($\sigma_M=120$ MPa). Ovo se može objasniti, u prvom redu, poroznošću usled prisustva vodonika i prisustva oksida aluminijuma, što karakteriše svojstva aluminijuma i njegovih legura dobijenih na bazi sekundarnih sirovina. Takođe se zapaža znatnije rasipanje rezultata čvrstoće (od 66,1-91,7 MPa) i izduženja.

Bakar i magnezijum kao legirajući elementi uz dodatak titana kao modifikatora uticali su povoljno na povećanje čvrstoće koje u leguri sa 3% Cu iznosi 115,1%, a u leguri sa 5% Cu 128,5%.

Poredjenjem čvrstoća ovih legura sa čvrstoćama nekih standardnih legura (prema JUS-u) uočava se da one ne zastaju. Npr. legura K. AlSi5Cu3 u livenom stanju ima čvrstoću 170-220 MPa. Napred je napomenuto da su čvrstoće ispitivanih legura određene na obradjenim epruvetama, a na ne livenim, što je uticalo na dobijanje nižih čvrstoća.

Ova, početna istraživanja, ukazuju na mogućnost dobijanja legura aluminijuma od sekundarnih sirovina. Za očekivati je da bi čvrstoće bile veće da je obavljena rafinacija neutralnim ga-

som. Ipak, treba ukazati da je bakar skupa sirovina i da polje istraživanja treba proširiti i na druge elemente.

ZAKLJUČAK

Na osnovu obavljenih istraživanja može se zaključiti:

- Čvrstoća aluminijuma dobijenog pretapanjem sekundarnih sirovina vrlo je niska, znatno niža od čvrstoće primarnog aluminijuma.
- Legiranjem aluminijuma dobijenog pretapanjem sekundarnih sirovina dobija se legura zadovoljavajuće čvrstoće i izduženja.
- Dobijeni rezultati ukazuju na opravdanost istraživanja u cilju razrade legura aluminijuma na bazi sekundarnih sirovina.

LITERATURA

- |1| Postnikov, N.S.: Korrozionnostojkie aljuminievye splavy, "Metalurgija", Moskva, 1976.
- |2| Abramov, A.A., Zelov, V.B.: Vodorod v litejnyh aljuminievyh splavah, "Litejnoe proizvodstvo", No-1, 1984.
- |3| Eršov, G.S., Byčkov, Ju.B.: Vysokopročnye aljuminievye splavy na osnove vtoričnogo syrja, Moskva, 1979.
- |4| Pantelić, I.: Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta, "R.Ćirpanov", Novi Sad, 1976.