

## Poboljšavanje osobina odlivaka od aluminijumske legure 7075

ZVONKO P. GULIŠIJA, Institut za tehnologiju nuklearnih  
i drugih mineralnih sirovina, Beograd  
ALEKSANDRA S. PATARIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih  
i drugih mineralnih sirovina, Beograd  
MARIJA D. MIHAILOVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih  
i drugih mineralnih sirovina, Beograd  
ZORAN V. JANJUŠEVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih  
i drugih mineralnih sirovina, Beograd

*Originalni naučni rad*  
UDC: 621.74.043:669.715

*U radu je prikazana mogućnost dobijanja homogenije mikrostrukture i ravnomernije raspodele legirajućih elemenata Zn i Mg u aluminijumskoj leguri EN AW 7075, prilikom livenja u prisustvu elektromagnetnog polja. Ispitana su i mehanička svojstva uzoraka koji su odliveni bez i sa elektromagnetnim poljem. Rezultati pokazuju da se livenjem u elektromagnetnom polju postižu prednosti u odnosu na klasičan postupak livenja aluminijumskih legura.*

**Ključne reči:** Al legura 7075, legirajući elementi, mehanička svojstva

### 1. UVOD

Aluminijumske legure visoke čvrstoće imaju raznovrsnu i široku primenu u skoro svim granama industrije. Zbog specifičnosti osobina, pre svega odnosa čvrstoće i mase, i pored veće proizvodne cene u odnosu na legure železa aluminijumske legure su obezbedile značajno mesto na svetskom tržištu.

U radu je korišćena aluminijumska legura 7075 koja pripada grupi legura serije 7000. To je termički obradiva legura i namenjena je za plastičnu preradu. Proizvodnja i prerada ove legure je dugotrajna i skupa jer se sastoji iz niza tehnoloških operacija (modifikacija, livenje, homogenizacija, presovanje plastična prerada i termička obrada). Da bi postupak proizvodnje bio što ekonomičniji potrebno je dobiti u najranijoj fazi procesa (u livenom stanju) dobar kvalitet ingota. Sve tehnološke operacije posle livenja dodatno poskupljuju i produžavaju proizvodnju. Poznato je da konvencionalnim horizontalnim ili vertikalnim livenjem u kokile, usled neravnotežnih uslova očvršćavanja, dolazi do pojave segregacija po granicama

zrna ili dendrita.

Pored ovoga javlja se poroznost, tople pukotine i neujednačenost u veličini zrna. Sve ovo utiče na pogoršanje mehaničkih svojstava pre svega čvrstoće i žilavosti. Da bi se navedeni nedostaci otklonili u svetu su primenjene razne metode: metalurgija praha, ultra-zvuk i mehaničke vibracije. Na žalost postupci su dosta komplikovani, skupi ili nedovoljno efektivni. Podaci iz literature pokazuju da je mnogo efikasniji postupak livenja pod dejstvom elektromagnetnog polja [1-8]. Ovaj postupak još uvek nema široku komercijalnu upotrebu i predstavlja interesantnu oblast za istraživače. Kod elektromagnetnog livenja naizmenična struja generiše vremenski promenljivo magnetno polje u istopljenoj masi, što opet povećava indukovanu struju u istopljenoj masi i ingotu. Stoga je istopljena masa podvrgnuta elektromagnetnim silama koje su prouzrokovane interakcijom indukovane struje i magnetnog polja. Razlog koji dovodi do poboljšanja mikrostrukture, smanjenja poroznosti i podsticanja heterogene nukleacije, je što prinudna konvekција generisana elektromagnetnim silama rezultira protokom hladnijeg istopljenog metala od ivica prema centru i obrnuto. Na taj način se uspostavlja ravnomernije temperaturno polje. Ujednačena temperatura kroz poprečni presek ingota smanjuje i naprezanja koja nastaju u toku očvršćavanja [9-11]. Takođe se može očekivati i smanjenje metalurških grešaka u odlivcima.

---

Adresa autora: Zvonko Gulišija, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Franše d'Eperea 86

Rad primljen: 30.04.2014.

Rad prihvaćen: 13.05.2014.

## 2. EKSPERIMENT

Hemijski sastav korišćene legure EN AW 7075 prikazan je u tabeli 1.

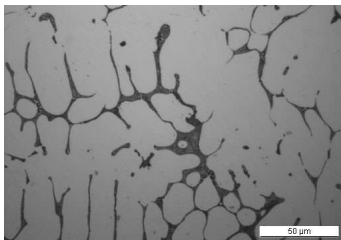
Tabela 1. Hemijski sastav legure EN AW 7075

Element	Zn	Mg	Cu	Mn	Cr	Fe
Sadržaj %	5.51	2.29	1.45	0.13	0.19	0.14

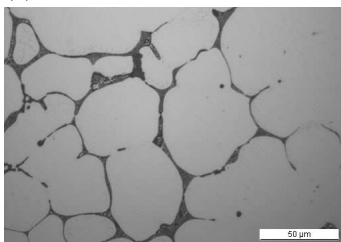
Za eksperiment je korišćena indukciona peč IP 100, kapaciteta do 100 kg. Na dnu peći nalazi se ispust sa grafitnim kristalizatorom koji se intenzivno hladi vodom, a oko samog kristalizatora je postavljeno nisko-frekventno elektromagnetno polje. Uzorci za ispitivanje dobijeni su vertikalnim polu-kontinuiranim livenjem. Iz odlivka čiji je prečnik 90 mm uzeti su uzorci za ispitivanje. Radni parametri pod kojima su uzorci odliveni strogo su kontrolisani i definisani su različitim vrednostima jačine struje (A), frekvencije (Hz), i jačine elektromagnetnog polja izraženu kroz veličinu amper navojaka (At). Jedan uzorak je odliven bez elektromagnetnog polja i on je služio kao etalon, a drugi je odliven pod dejstvom elektromagnetnog polja sa frekvencijom od 30 Hz kako bi se pratio uticaj polja. Mikrostruktura je ispitivana na poprečnom preseku uzoraka nakon uobičajene metalografske pripreme i nagrizanja u Kelerovom reagensu.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1. je prikazan karakterističan izgled mikrostrukture po preseku uzoraka odlivenih pod različitim uslovima. Očigledno je da se radi o dendritno-čelijskoj morfologiji izdvajanja Al-čvrstog rastvora.



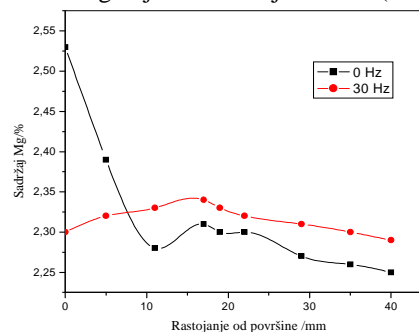
(a)



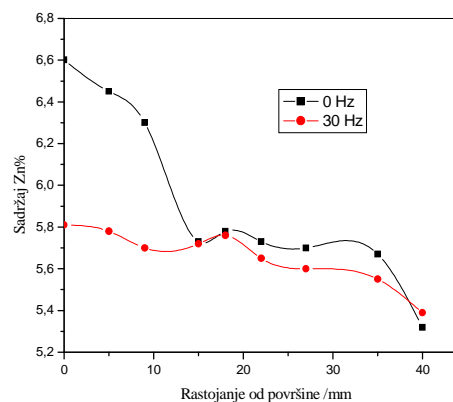
(b)

Slika 1 - Mikrostruktura po preseku uzoraka livenom stanju, Kelerov reagens, 500x (a) bez polja, (b) sa poljem-30 Hz

Kod uzorka bez uticaja elektromagnetnog polja, slika 1 (a) struktura je više dendritna u odnosu na uzorak 2, slika 1 (b), gde su dendriti slabije izraženi, a čelije su izraženije. Pored ovoga može se videti da u uzorku 1 ima više izlučenog neravnotežnog eutektikuma nego u uzorku 2 koji je odliven pod uticajem elektromagnetnog polja. Uzorak 2 ima homogeniju mikrostrukturu po porečnom preseku uzorka. Hemijskom analizom je praćena raspodela legirajućih elemenata po poprečnom preseku uzoraka. Na slici 2 prikazana je raspodela glavnih legirajućih elemenata Zn i Mg duž poprečnog preseka. Prilikom livenja bez prisustva elektromagnetnog polja (uzorak 1) usled neravnotežnih uslova očvršćavanja javlja se neujednačen raspored legirajućih elemenata od površine uzorka prema centru. Sadržaj Zn i Mg na površini uzorka je znatno viši nego njihov sadržaj u centru (slika 2).



(a)



(b)

Slika 2 - sadržaj Mg (a) i Zn (b) po poprečnom preseku uzoraka odlivenih pod različitim uslovima

Primenom elektromagnetnog polja tokom livenja znatno se smanjuje pothlađenje jer je kontakt između kalupa i metala manji. Na ovaj način se nehomogenost u raspodeli legirajućih elemenata znatno smanjuje. Poznavajući vezu između mikrostrukture i mehaničkih svojstava, sledeća ispitivanja su se odnosila na određivanje mehaničkih svojstava uzorka 1 koji je dobijen bez dejstva elektromagnetnog polja i uzorka 2

koji je dobijen pod dejstvom elektromagnetnog polja. Mehanička svojstva su određena ispitivanjem zatezanjem na mernom sistemu Zwick/Roel Z/100 koji je povezan sa kompjuterom radi automatske obrade podataka, a rezultati merenja su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Vrednosti mehaničkih svojstava

Uzorak (otkovak)	Rp [N/mm <sup>2</sup> ]	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	A [%]
1	201,63	229,88	3,73
2	216,35	243,60	5,94

Poređenjem dobijenih vrednosti mehaničkih svojstava može se zaključiti da uzorak 2 koji je dobijen postupkom livenja u elektromagnetnom polju sa frekvencom od 30 Hz ima više vrednost zatezne čvrstoće (Rm), granice tečenja (Rp) i izduženja pri razaranju (A). S obzirom da dobijena mikrostruktura direktno utiče na mehanička svojstva, dobijeni rezultati su u saglasnosti.

#### 4. ZAKLJUČAK

Rezultati prikazani u radu pokazuju nedvosmislen uticaj elektromagnetnog polja prilikom livenja aluminijumske legure EN AW 7075. Ovaj postupak livenja ima prednosti u odnosu na konvencionalne postupke jer se dobija bolja površina ingota, homogenija mikrostruktura, ravnomernija raspodela legirajućih elemenata Zn i Mg, kao i bolja mehanička svojstva. Izborom odgovarajućih radnih parametara pre svega frekvence stvaraju se uslovi za uštedu energije i skraćenje vremena trajanja procesa proizvodnje aluminijumskih legura.

#### ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u radu predstavljaju deo istraživanja na projektu TR34002 čiju realizaciju finansira

Ministarstvo prosvete nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

#### LITERATURA

- [1] Zhihao Z., Jianzhong C., J Mater Process Technol 182, p.185-190, 2007.
- [2] Zhihao Z., Jianzhong C., Jie D., Zhefeng W., J Alloy Compd 396, p.164-168, 2005.
- [3] Beijiang Z., Guimin L., Jianzhong C., J Mater Sci Technol 18, p.401-403, 2002.
- [4] Zhang B., Cui J., Lu G., Zhang Q., Ban C., Trans Nonferrous Met Soc China 13, p.158-161, 2003.
- [5] Zhu Q., Zhao Y., Cui J., Zuo B., Qu F., Acta Metall Sin 21, p.205-210, 2008.
- [6] Patarić A., Mihailović M., Gulišija, Z., J Mater Sci Vol. 47, Issue 2, p.793-796, 2012.
- [7] Jie D., Jianzhong C., Fuxiao Y., Chunyan B., Zhihao Z., Metall Mater Trans 35, p.2487-2494, 2004.
- [8] Yubo Z., Jianzhong C., Jie D., Fuxiao Y., J Alloy Compd 402, p.149-155, 2005.
- [9] Jie D., Cui J., Yu F., Zhao Z., Zhuo Y., J Mater Process Technol 171, p.399-404, 2006.
- [10] Cui J., Zhang Z., Le Q., Trans Nonferrous Met Soc China 20, p.2046-2050, 2010.
- [11] Patarić A., Gulišija Z., Marković S., Prakt Metalogr 44, p.290-298, 2007.

## SUMMARY

### PROPERTIES IMPROVEMENT OF THE AL 7075 ALLOY CASTINGS

*The microstructure and the mechanical properties of the samples obtained by conventional vertical continuous casting and electromagnetic casting of 7075 aluminium as-cast alloy were investigated. The better surface quality, more homogeneous alloying elements distribution and hence the microstructure and better mechanical properties were obtained in samples casted with electromagnetic field (EMF) compared with samples casted without EMF. The microstructure was analyzed by optical microscope and the variation of alloying elements, Zn and Mg, through the sample cross section was examined by chemical analysis. The mechanical properties of samples casted with and without electromagnetic field were determined using computerized materials testing machine Zwick/Roel Z 100.*

**Key words:** 7075 aluminium alloy, alloying elements, mechanical properties