

# Razvoj inovativne ultra-lake Al-Mg-Li legure otporne na degradaciju u ekstremnim svemirskim uvjetima

---

**Kozina, Franjo; Zovko Brodarac, Zdenka; Brajčinović, Sandra; Petrič, Mitja**

*Source / Izvornik:* **Inovacije Sveučilišta u Zagrebu, 2021, 197 - 200**

**Book chapter / Poglavlje u knjizi**

*Publication status / Verzija rada:* **Accepted version / Završna verzija rukopisa prihvaćena za objavljivanje (postprint)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:533511>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)





## Obrazac rezultata istraživačkoga i stručnoga rada s inovacijskim potencijalom

Koji rezultati rada se pokrivaju obrascem može se vidjeti u čl. 5 Pravilnika o Uredu za transfer tehnologije dostupnom na poveznici:  
[http://www.unizg.hr/fileadmin/rektorat/O\\_Sveucilistu/Dokumenti\\_javnost/Propisi/Pravilnici/Pravilnik\\_Ureda\\_za\\_transfer\\_tehnologije.pdf](http://www.unizg.hr/fileadmin/rektorat/O_Sveucilistu/Dokumenti_javnost/Propisi/Pravilnici/Pravilnik_Ureda_za_transfer_tehnologije.pdf)

**\* ukoliko netko nije popunio sva polja iz određenih razloga, tada treba u navođenju u Katalogu ta prazna, nepopunjena polja, te sam upit izbrisati**

### **A. OPIS INOVACIJE (javna objava)**

#### **A.1. Stvaratelji inovacije**

Navedite informacije o osobi, istraživačkoj grupi, organizaciji uključenoj u nastanak inovacije.

Istraživačku grupu čini konzorcij istraživača s Metalurškog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Oddeleka za materiale in metalurgijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Franjo Kozina, mag.ing.met., Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet

prof.dr.sc. Zdenka Zovko Brodarac, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet

Sandra Brajčinović, mag.ing.met., Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet

doc.dr.sc. Mitja Petrič, Univerza v Ljubljani Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za materiale in metalurgijo

#### **A.2. Naziv inovacije**

Navedete naziv koji opisuje inovaciju i naglašava njezinu jedinstvenost, ali ne uključuje povjerljive informacije. Navedite naziv inovacije na **hrvatskom i engleskom jeziku** te **akronim** inovacije.

Razvoj inovativne ultra-lake Al-Mg-Li legure otporne na degradaciju u ekstremnim svemirskim uvjetima

Development of innovative ultra-light Al-Mg-Li alloy resistant to degradation in extreme space conditions

ResistantAlloy

#### **A.3. Opis inovacije**

Navedite kratki opis inovacije s glavnim osobinama te objašnjenjem koji problem rješava inovacija. Vodite računa da ne navodite povjerljive informacije.

Optimizacija kemijskog sastava kombiniranim dodatkom litija i magnezija omogućila je dodatno smanjenje mase vozila, poboljšanje modula elastičnosti, specifične čvrstoće, udarne žilavosti, otpornosti na umaranje te smanjenje rasta pukotina uslijed umaranja. U odnosu na druge legirajuće elemente, dodatcima litija smanjuje se gustoća za otprilike 3 % te povećava modul elastičnosti za 6 % dok dodatak magnezija direktno utječe na razvoj mikrostrukture i očvršćivanje krute otopine. Razvoj mikrostrukture tijekom skrućivanja aluminij-magnezij-litij legure te mehanička svojstva rezultat su brojnih parametara kao što su: kemijski sastav, obrada taline, brzina hlađenja, postupak lijevanja te naknadna toplinska obrada.

Iako je u industriji zrakoplovnih i svemirskih letjelica veliki naglasak stavljen na mehanička svojstva materijala, njihovo ponašanje prilikom izloženosti ekstremnim uvjetima te podložnost degradaciji značajno utječu na stabilnost i dugovječnost letjelica. Slabija otpornost metalnih materijala poput čelika, aluminijskih, magnezijevih te titanovih legura na degradaciju potječe od kompleksne mikrostrukture nastale tijekom lijevanja, oblikovanja termo-mehaničkom obradom te završne toplinske obrade. Iako mikrostruktura nastala tijekom proizvodnje pozitivno utječe na mehanička

svojstva, međusobna interakcija pojedinih mikrostrukturnih konstituenata te reakcija s metalnom osnovom dovodi do degradacije materijala. Degradacija materijala rezultira nastankom pukotina te raslojavanjem površinskih slojeva. Nestabilnosti materijala dodatno pridonose naprezanja zaostala tijekom oblikovanja gnječenjem te mogući porast u veličini zrna.

Rezultati elektrokemijskih ispitivanja provedenih na aluminijskoj leguri s dodatcima 2,18 mas.% magnezija te 1.92 mas.% litija ukazuju na dobru otpornost materijala na degradaciju prilikom izlaganja ekstremnim svemirskim uvjetima. Uočena stabilnost posljedica je međusobne interakcije magnezija i litija te njihovog utjecaja na razvoj mikrostrukture i formiranje pasivnog zaštitnog sloja na površini materijala.

Dugovječnost, proizašla iz otpornosti na degradaciju, u kombinaciji s visokim funkcionalnim svojstvima ovu leguru čine potencijalnim i vrlo interesantnim inovativnim inženjerskim materijalom u zrakoplovnoj industriji i svemirskoj tehnologiji.

#### **A.4. Ključne riječi**

Navedite ključne riječi (na engleskom i hrvatskom jeziku) koje opisuju inovaciju.

Aluminij-magnezij-litij legura, proizvodi smanjene mase, funkcionalna svojstva, otpornost na degradaciju, zrakoplovna i svemirska industrija

Aluminum-magnesium-lithium alloy, light-weight products, functional properties, degradation resistance, aerospace and space industry

#### **A.5. Reference (opcionalno, za javnu objavu)**

Navedite dvije ili tri reference iz kojih je vidljiva funkcionalnost inovacije (npr. javno objavljena patentna dokumentacija, znanstveni radovi ili druge publikacije iz kojih se može saznati više o inovaciji).

Potencijal i funkcionalnost inovacije vidljivi su iz sljedećih publikacija:

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, P. Mrvar, M. Petrič, Solidification sequence of Al-2, 5wt.%Mg-0, 7wt.%Li alloy, 49th International October Conference on Mining And Metallurgy Proceedings, (N. Štrbac, I. Marković, Lj. Balanović), University of Belgrade Technical Faculty in Bor, 18.-21.10.2017, 2017, Bor, Serbia, pp. 556-559.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, M. Petrič, Influence of solution hardening on microstructure and mechanical properties of Al-2.5Mg-0.7Li alloy, The 73rd World Foundry Congress "Creative Foundry", Congress Proceedings, (N. Sobczak, R. Asthana, J. Szajnar), Stowarzyszenie techniczne odlewników Polskich/Polish Foundrymen's Association, 23-27.08.2018, 2018, Krakow, Poland, pp. 21-22.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, M. Petrič, Analysis of the low energy layering fracture in Al- 2.5Mg-0.7Li, Proceedings book of 17th International Foundrymen Conference, (N. Dolić, Z. Zovko Brodarac, A. Begić Hadžipašić), Sveučilište u Zagrebu Metalurški Fakultet, 16-18.05.2018, 2018, Sisak, Croatia, pp. 144-160.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, M. Petrič, A. Penko, The influence of iron impurities on the compression behaviour of Al-2.24Mg-2.09Li alloy, Journal of mining and metallurgy. Section: B, Metallurgy, 56(2020)3, 425-433 doi:10.2298/JMMB200613038K.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, S. Brajčinović, M. Petrič, Determination of Al-2.18Mg-1.92Li Alloy's Microstructure Degradation in Corrosive Environment, Crystals 11(2021)4, 338, <https://doi.org/10.3390/cryst11040338>.

#### **Napomena:**

Ukoliko postoji obaveza navođenja financijera inovacija, navedite ga kao napomenu.

Dosadašnji razvoj inovacije financiran je potporama i projektima:

„Dizajn i karakterizacija inovativnih inženjerskih legura“, 2014-2019, IP-124-2020-ZZB, Sveučilište u Zagrebu, Financijska potpora istraživanju – Institucijski projekt.

„Dizajn i karakterizacija inovativne aluminij - magnezij - litij legure, Znanstveno-tehnološka suradnja sa Slovenijom (2018.-2019.), Ministarstvo znanosti i obrazovanja.

„Centar za ljevarstvo – SIMET“, KK.01.1.1.02.0020, infrastrukturni znanstveni projekt financiran iz Europskog fonda za regionalni razvoj, Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020.

„VIRTULAB - Integrirani laboratorij za primarne i sekundarne sirovine“, Operativni program "Konkurentnost i kohezija" 2014.-2020, Europski strukturni i investicijski fondovi broj: KK.01.1.1.02.0022.

## **B. KOMERCIJALNI POTENCIJAL INOVACIJE**

### **B.1. Prednosti inovacije (javna objava)**

Procijenite **ključne prednosti** koje vaša inovacija može donijeti korisnicima.

Pored smanjenja mase, boljih mehaničkih svojstva u odnosu na ostale komercijalno korištene legure, mogućnosti dobivanja gotovog proizvoda s poboljšanim svojstvima već u lijevanom stanju te primjene u obradi drugih legura, sintetizirana Al-Mg-Li legura pokazala je iznimnu otpornost na degradaciju u ekstremnim uvjetima.

### **B.2. Ciljano tržište/područja primjene (javna objava)**

Navedite ciljana tržišta/primjene za vašu inovaciju.

Inovacija predstavlja potencijal za proizvodnju vozila u transportnoj industriji s naglaskom na automobilsku, zrakoplovnu i svemirsku industriju. Do sada razvijene gnječive aluminijske legure s litijem kao glavnim legirnim elementom pronašle su primjenu u zrakoplovnoj industriji i industriji svemirskih letjelica zbog iznimno kompleksne termo-mehaničke obrade i skupe proizvodnje. Međutim, razvojem aluminij-magnezij-litij legure uz optimiziranje kemijskog sastava i drugih ključnih proizvodnih parametara omogućit će se dobivanje gotovog proizvoda već u lijevanom stanju.

### **B.3. Ključni potencijalni kupci / krajnji korisnici (interna evidencija)**

Navedite tko je potencijalni kupac vaše inovacije. Navedite tko bi bili krajnji korisnici proizvoda temeljenog na vašoj inovaciji.

Potencijalni kupac inovacije su proizvođači sigurnosno-kritičnih komponenti za transportnu industriju, s naglaskom na automobilsku i zrakoplovnu industriju. Krajnji korisnici su vozači / putnici u navedenim vozilima.

### **B.4. Tržišna konkurencija (interna evidencija)**

Navedite tvrtke, njihove proizvode ili usluge koje postoje na tržištu a predstavljaju konkurenciju proizvodima ili uslugama zasnovanim na vašoj inovaciji.

Nema.

## **C. DOSADAŠNJE POSTUPANJE S INOVACIJOM**

### **C.1. Stupanj razvoja inovacije (javna objava)**

Navedite stupanj razvoja inovacije, npr. da li je inovacija na nivou teorije ili ideje, funkcionalnog laboratorijskog prototipa, industrijskog prototipa, gotovog proizvoda ili slično. Ukoliko znate, a ovisno o vašem području primjene, navedite na kojoj je razini tehnološke spremnosti (TRL – technology readiness level) vaša inovacija.

Inovacija je na nivou ideje te laboratorijskog prototipa. Na temelju rezultata dosadašnjih istraživanja proizvedene su tri serije legura s različitim udjelima magnezija i litija te različitim postupcima proizvodnje i obrade. Do sada provedena karakterizacija legura ukazala je na dobra mehanička svojstva kojima može konkurirati komercijalnim aluminij-silicij legurama. U provedbi je detaljnija karakterizacija mikrostrukture i ostalih funkcionalnih svojstava.

### **C.2. Zaštita intelektualnog vlasništva (javna objava)**

Navedite da li je za inovaciju već predana patentna prijava ili prijava za zaštitu nekog drugog oblika intelektualnog vlasništva (npr. žig, industrijski dizajn), te datum, naslov i prihvatni ured za prijavu.

Nema.

### **C.3. Izvori financiranja inovacije (interna evidencija)**

Navedite sve izvore financiranja (proračun RH, državne agencije, EU izvori, privatni sektor) koji su korišteni u vezi s ovim ili povezanim istraživanjem. Navedite vrstu potpore (R&D ili komercijalni projekti, potpore za nabavku opreme, sporazumi o stipendiranju i sl.).

„Dizajn i karakterizacija inovativnih inženjerskih legura“, 2014-2019, IP-124-2020-ZZB, Sveučilište u Zagrebu, Financijska potpora istraživanju – Institucijski projekt.

„Dizajn i karakterizacija inovativne aluminij - magnezij - litij legure, Znanstveno-tehnološka suradnja sa Slovenijom (2018.-2019.), Ministarstvo znanosti i obrazovanja.

„Centar za ljevarstvo – SIMET“, KK.01.1.1.02.0020, infrastrukturni znanstveni projekt financiran iz Europskog fonda za regionalni razvoj, Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020.

„VIRTULAB - Integrirani laboratorij za primarne i sekundarne sirovine“, Operativni program "Konkurentnost i kohezija" 2014.-2020, Europski strukturni i investicijski fondovi broj: KK.01.1.1.02.0022.

## **D. KOMERCIJALIZACIJA INOVACIJE**

### **D.1. Dosadašnja komercijalizacija inovacije (interna evidencija)**

Molimo navedite dosadašnje aktivnosti komercijalizacije.

Nema.

## **E. KONTAKT PODACI**

### **E.1. Kontakt podaci za daljnje informacije**

Molimo navedite kontakt osobe koju je moguće kontaktirati za dodatne informacije, dopune i pojašnjenja.

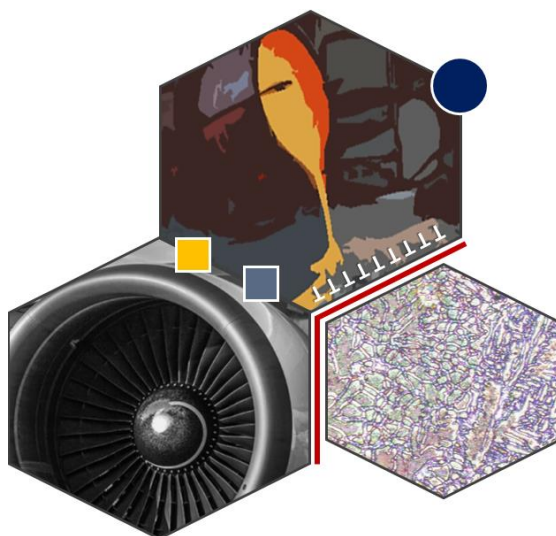
Franjo Kozina, mag.ing.met., [fkozin@simet.unizg.hr](mailto:fkozin@simet.unizg.hr)

izv.prof.dr.sc. Zdenka Zovko Brodarac, [zovko@simet.unizg.hr](mailto:zovko@simet.unizg.hr)

## **F. SLIKA INOVACIJE**

### **F.1. Slika, skica ili druga vizualna prezentacija**

Ukoliko je moguće prikazati vizualizaciju inovacije u obliku fotografije, skice, crteža ili video link



## **G. NAGRADE**

### **F.1. Nagrade i priznanja**

Popis nagrada ukoliko se sa inovacijom natjecalo na različitim skupovima ili priznanja od raznih državnih i društvenih tijela na međunarodnoj i domaćoj razini

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, P. Mrvar, M. Petrič, T. Rupčić, Inovativna Al-Mg-Li legura s poboljšanim svojstvima za avio- i svemirsku industriju, 15. Međunarodni sajam inovacija ARCA 2017, 19.-21.10.2017., 2017., Zagreb, Hrvatska // zlatna medalja.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, M. Petrič, Prekretnica u dizajnu i sintezi lakih inženjerskih legura za zrakoplovnu i svemirsku industriju, 16. Međunarodni sajam inovacija ARCA 2018, Zagreb, 18.-20.10.2018., 2018, Zagreb, Hrvatska // brončana medalja.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, M. Petrič, T. Sinteza i modeliranje svojstava ultra lake Al-Mg-Li legure kao imperativ u zrakoplovnoj i svemirskoj industriji, 17. Međunarodni sajam inovacija ARCA 2019, 17.-19.10.2019., 2019, Zagreb, Hrvatska // srebrna medalja.

F. Kozina, Z. Zovko Brodarac, S. Brajčinović, M. Petrič, Razvoj inovativne ultra-lake Al-Mg-Li legure otporne na degradaciju u ekstremnim svemirskim uvjetima, 18. Međunarodni sajam inovacija ARCA 2019, 15.-17.10.2020., 2020, Zagreb, Hrvatska // zlatna medalja.