



MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

INTERNATIONAL CONFERENCE

STECIŠTE NAUKE I PRAKSE U OBLASTIMA KOROZIJE,  
ZAŠTITE MATERIJALA I ŽIVOTNE SREDINE

MEETING POINT OF THE SCIENCE AND PRACTICE IN THE FIELDS OF  
CORROSION, MATERIALS AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

**PROCEEDINGS**

**KNJIGA RADOVA**

Pod pokroviteljstvom

*Under the auspices of the*

MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA  
REPUBLIKE SRBIJE

MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGICAL  
DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF SERBIA

September 12-15, 2017 : : Tara Mountain, Serbia

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

620.193/.197(082)(0.034.2)  
621.793/.795(082)(0.034.2)  
667.6(082)(0.034.2)  
502/504(082)(0.034.2)  
66.017/.018(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНА конференција ЈУКОР (19 ; 2017 ; Тапа)

Stecište nauke i prakse u oblastima korozije, zaštite materijala i životne sredine [Elektronski izvor] : knjiga radova = Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection : proceedings / XIX YuCorr [Jugoslovenska korozija] Međunarodna konferencija = XIX YuCorr International Conference, September 12-15, 2017, Tara Mountain, Serbia ; [organizatori Udruženje inženjera Srbije za koroziju i zaštitu materijala ... [et al.] = [organized by] Serbian Society of Corrosion and Materials Protection ... [et al.] ; urednici, editors Miomir Pavlović, Miroslav Pavlović]. - Beograd : Udruženje inženjera Srbije za koroziju i zaštitu materijala UISKOZAM, 2017 (Beograd : Foto Futura). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemski zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Tiraž 200. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts. - Registar.

ISBN 978-86-82343-25-7

a) Премази, антикорозиони - Зборници b) Превлаке, антикорозионе - Зборници c)  
Антикорозиона заштита - Зборници d) Животна средина - Заштита - Зборници e) Наука о  
материјалима - Зборници  
COBISS.SR-ID 244324620

## **XIX YUCORR – Međunarodna konferencija | *International Conference***

### **IZDAVAČ | PUBLISHED BY**

UDRUŽENJE INŽENJERA SRBIJE ZA KORZIJU I ZAŠTITU MATERIJALA (UISKOZAM),  
SERBIAN SOCIETY OF CORROSION AND MATERIALS PROTECTION (UISKOZAM)

Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd, Srebija, tel/fax: +381 11 3230 028, [office@sitzam.org.rs](mailto:office@sitzam.org.rs); [www.sitzam.org.rs](http://www.sitzam.org.rs)

**ZA IZDAVAČA | FOR PUBLISHER:** *Prof. dr MIOMIR PAVLOVIĆ, predsednik UISKOZAM*

### **NAUČNI ODBOR | SCIENTIFIC COMMITTEE: Prof. dr M. Pavlović, Serbia – President**

*Prof. dr Đ. Vaštag, Serbia; Prof. dr D. Vuksanović, Montenegro; Prof. dr D. Čamovska, Macedonia;  
Prof. dr M. Antonijević, Serbia; Prof. dr M. Jotanović, Bosnia and Herzegovina; Prof. dr S. Stopić, Germany;  
Prof. dr R. Zejnilović, Montenegro; Prof. dr V. Alar, Croatia; Dr N. Nikolić, Serbia; Dr I. Krastev, Bulgaria;  
Prof. dr J. Bajat, Serbia; Doc. dr M. Gvozdrenović, Serbia; Prof. dr S. Hadži Jordanov, Macedonia;  
Prof. dr R. Fuchs Godec, Slovenia; Prof. dr J. Stevanović, Serbia; Dr R. Jeftić-Mučibabić, Serbia;  
Dr T. Vidaković-Koch, Germany; Dr V. Panić, Serbia; Dr M. Pavlović, Serbia; Dr V. Cvetković, Serbia;  
Dr V. Pavelkić, Serbia; Prof. dr J. Jovičević, Serbia; Prof. dr D. Jevtić, Serbia; Prof. dr M. Sak Bosnar, Croatia;  
Dr F. Kokalj, Slovenia; Prof. dr I. Juranić, Serbia; Prof. dr M. Gligorić, Bosnia and Herzegovina  
Prof. dr A. Kowal, Poland; Prof. dr M. Tomić, Bosnia and Herzegovina*

### **ORGANIZACIONI ODBOR | ORGANIZING COMMITTEE: Dr Vladimir Panić – president**

*Prof. dr Miomir Pavlović; Jelena Slepčević, B.Sc.; Dr Nebojša Nikolić; Dr Vesna Cvetković;  
Doc. dr Milica Gvozdrenović; Zagorka Bešić, B.Sc.; Gordana Miljević, B.Sc.; Miomirka Anđić, B.Sc.  
Prof. dr Dragica Jevtić; Dr Aleksandar Dekanski; Dr Miroslav Pavlović; Dr Marija Mihailović;  
Marijana Pantović Pavlović, M.Sc.*

*Milja Božić – secretary; Lela Mladenović – secretary*

**UREDNICI | EDITORS:** *Prof. dr Miomir Pavlović, Dr Miroslav Pavlović*

**OBLAST | SCIENTIFIC AREA:** KOROZIJA I ZAŠTITA MATERIJALA / CORROSION AND MATERIALS PROTECTION

**KOMPJUTERSKA OBRADA I SLOG | PAGE LAYOUT:** *Dr Miroslav Pavlović*

**TIRAŽ | CIRCULATION:** *200 primeraka / copies*

**ISBN 978-86-82343-25-7**

## The roughness of surface of aluminum after chemical and electrochemical treatment

### *Hrapavost površine aluminijuma nakon hemijske i elektrohemijske obrade*

Marija G. Riđošić<sup>1</sup>, Milorad V. Tomić<sup>1</sup>, Miroslav M. Pavlović<sup>2</sup>, Vaso Bojanić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Technology, Zvornik, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

<sup>2</sup>University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>University of Banja Luka, Faculty of Technology, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

<sup>1</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, Zvornik, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju tehnologiju i metalurgiju, Beograd, Srbija

<sup>3</sup>Univerzitet u Banja Luci, Poljoprivredni fakultet, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

### **Abstract**

*In this paper chemical and electrochemical treatment of aluminium and measurement of roughness were carried out. Before chemical or electrochemical treatment of aluminium samples chemical preparation is done to remove oxide coating on surface. Three solutions are used for chemical and two solutions for electrochemical treatment. All used solutions give good results, because after chemical and electrochemical treatment the roughness of surface is decrease for all samples. It is shown by measurements of surface roughness. The surface of aluminium has specific color and visual appearance after treatments. Because of various colours, aluminium can be used in different enterer or exterior, depending of the needs of the market. Some of used solutions are commercial, which is used in d.o.o "Alpro" Vlasenica. Increase of time of treatments leads to decrease of the roughness of surface. The best results were obtained in solutions (H1) and (H2) of all used solutions for chemical and electrochemical treatments of aluminium surface. The samples of aluminium treated in solutions (H1) and (H2) have lower roughness of surface and its value is 0,235-0,268 $\mu$ m. The most intense color is obtained during treatment of samples in solutions (H1) and (H2), i.e. by chemical treatment of aluminium samples.*

**Key words:** *Preparation of surface, chemical treatment, electrochemical (anodic) treatment, roughness of surface.*

### **Izvod**

*U ovom radu je vršena hemijska i elektrohemijska obrada aluminijuma, nakon čega je merena hrapavost uzoraka. Pre hemijske ili elektrohemijske obrade uzoraka aluminijuma potrebno je izvršiti hemijsku pripremu i ukloniti zaštitnu oksidnu opnu. Za hemijsku obradu korišćena su tri, a za elektrohemijsku obradu dva rastvora. Svih pet korišćenih rastvora daju dobre rezultate, jer nakon hemijske i elektrohemijske obrade dolazi do smanjenja površinske hrapavosti. To pokazuju izvršena merenja površinske hrapavosti svih uzoraka. Takođe, nakon tretmana u svakom od rastvora dobija se i specifična boja i različit vizuelni izgled površine aluminijuma. U zavisnosti od boje, aluminijum se može uklapati u različite enterijere i eksterijere u zavisnosti od zahteva tržišta. Neki od korišćenih rastvora su komercijalni rastvori koji se već koriste u d.o.o „Alpro“ Vlasenica.*

Sa povećanjem vremena obrade dolazi do smanjenja hrapavosti uzoraka aluminijuma. Od pet korišćenih rastvora za hemijsko i elektrohemijsko bojenje aluminijuma, najbolje rezultate pokazali su rastvori ( $H_1$ ) i ( $H_2$ ). Uzorci aluminijuma obrađeni u ovim rastvorima imaju najmanju hrapavost i ona se kreće od 0,235-0,268 $\mu$ m. Najintezivnija boja je dobijena prilikom obrade uzoraka u rastvoru ( $H_1$ ) i ( $H_2$ ) tj. pri hemijskoj obradi uzoraka aluminijuma.

**Ključne reči:** Priprema površine, hemijska obrada, elektrohemijska (anodna obrada), hrapavost površine.

## Uvod

Aluminijum je veoma postojan u atmosferskim uslovima, zbog velikog afiniteta prema kiseoniku i formiranja pasivne oksidne opne na njegovoj površini, ali je nepostojan u rastvorima većine kiselina i baza [1,3]. Aluminijum spada u grupu metala koji se u industrijskoj praksi mogu malo elektrohemijski obrađivati kako katodnom tako i anodnom polarizacijom. Pre hemijske ili elektrohemijske obrade potrebno je ukloniti pasivnu oksidnu opnu sa površine aluminijuma. Opna se najčešće uklanja hemijskim postupcima. Fenomen poravnavanja metalnih površina procesom anodnog rastvaranja pod određenim uslovima je poznat duže od osamdeset godina. Prema tome, oblast u kojoj je gustina struje praktično nezavisna od napona, a koja je poznata kao plato granične difuzione gustine struje, je oblast u kojoj se javlja maksimalni efekat poravnavanja i zavisi od brzine toka elektrolita oko anode, tj. od debljine hidrodinamičkog graničnog sloja. Na anodnu oksidaciju, kao najzastupljeniji vid antikorozijske zaštite aluminijuma i njegovih legura, nadovezuju se postupci elektrohemijskog bojenja, zasnovani na poluprovodničkoj prirodi anodne oksidne prevlake [4-14]. Aluminijum se mnogo koristi u građevinarstvu za izradu stolarije, fasada i uređivanje enterijera. Anodna obrada i bojenje aluminijuma u industriji je veoma zastupljeno, pa je u ovom radu pokušano u laboratorijskim uslovima koristiti komercijalne elektrolite i porediti dobijene rezultate sa novim elektrolitima.

Cilj ovog rada je bio da se, koristeći dosadašnja iskustva iz ove oblasti, kroz eksperimentalni rad, da doprinos u iznalaženju nekih od elektrolita i optimalnih uslova za hemijsko i elektrohemijsko bojenje aluminijuma i njegovih legura. Takođe cilj je bio da se pokaže kako odabrani rastvori za hemijsko i elektrohemijsko bojenje utiču na vizuelni izgled i hrapavost površine aluminijumskih uzoraka.

## Eksperimentalni deo

Eksperimenti su rađeni sa aluminijumskim pločicama nepoznatog sastava površine 0,5dm<sup>2</sup> u laboratoriskoj ćeliji zapremine 500cm<sup>3</sup>. Za eksperimente u laboratoriji korišćen je i aluminijum koji se koristi u procesu proizvodnje d.o.o. "Alpro" Vlasenica. Pre hemijske i elektrohemijske anodne obrade vršena je hemijska priprema uzoraka aluminijuma u rastvorima koje se koriste u d.o.o. "Alpro" Vlasenica.

1. Rastvor za odmašćivanje: 25% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 25% Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O, t = 60 - 70°C, τ = 3-10 min.  
Rastvor za nagrivanje: 5% NaOH, t = 50-55°C, τ = 3-5 min.
3. Rastvor za osvetljavanje: 160-180 g/dm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub>, τ = 3-5 min, temperatura sobna
4. Korišćeni rastvori za hemijsko bojenje su komercijalni rastvori koji se koriste u proizvodnom procesu doo "Alpro" Vlasenica :
  - Rastvor ( $H_1$ ): Alficolor Schwarz 711 (17-18 g/dm<sup>3</sup>), pH=4.5, t= 60°C, τ = 3-10 min.
  - Rastvor ( $H_2$ ): Arficolor gold 603 (1-5 g/dm<sup>3</sup>), t= 60°C, τ = 3-10 min.
  - Rastvor ( $H_3$ ): SnSO<sub>4</sub> (15 g/dm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (18 g/dm<sup>3</sup>), aditiv (30 g/dm<sup>3</sup>), temperatura sobna, τ = 6min. [14].

5. Korišćeni rastvori za elektrohemijsko bojenje su [13,14]:

Rastvor (EH<sub>1</sub>): KMnO<sub>4</sub> (18.5 g/dm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (150 g/dm<sup>3</sup>),  $\tau = 10$  min.,  $U=20$  V,  $j=1.0$  A/dm<sup>2</sup>, katoda: olovo

Rastvor (EH<sub>2</sub>): C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (5%),  $\tau = 40$  min.,  $U=36$  V,  $j=1.5$  A/dm<sup>2</sup>, katoda: olovo

6. Siliranje: destilovana voda,  $t=98^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 3$  min.

Hemijska priprema svih uzoraka pre elektrohemijske obrade rađena je na isti način: hemijsko odmašćivanje 6 min, nagrizanje 4 min., osvetljavanje 4 min., a između svake od operacija vršeno je ispiranje u protočnoj i destilovanoj vodi.

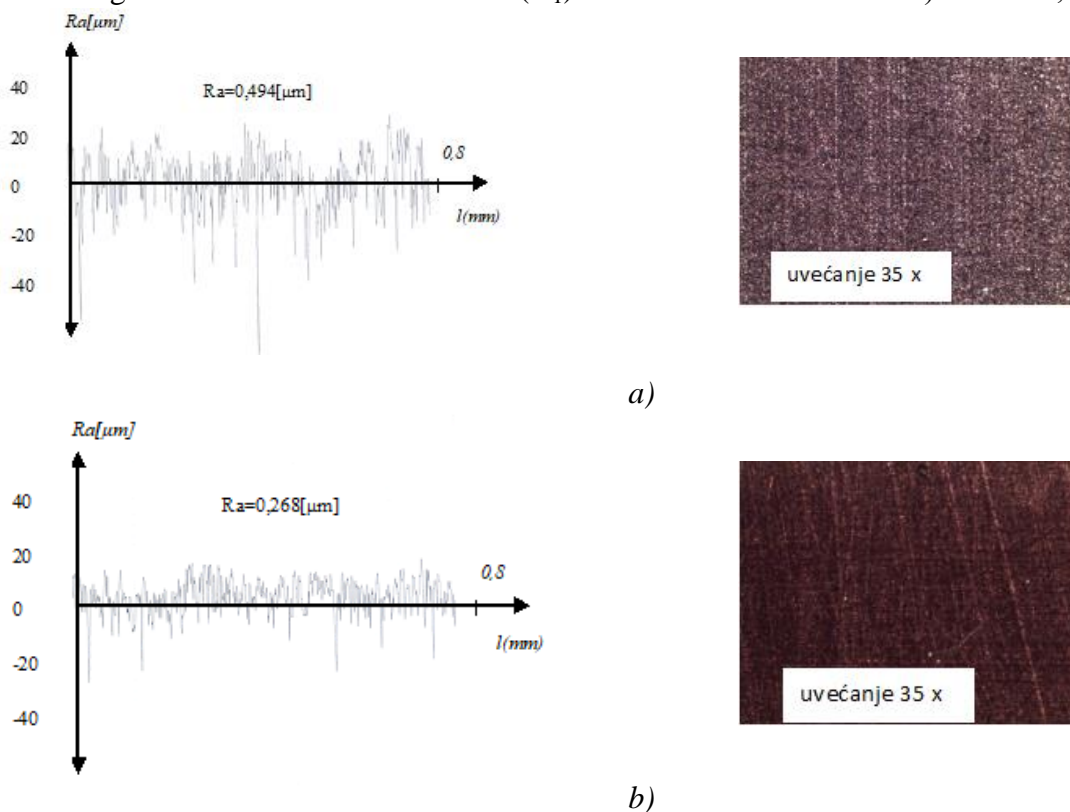
Ovako hemijski pripremljeni uzorci bili su podvrgnuti hemijskoj ili elektrohemijskoj obradi u rastvorima H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, EH<sub>1</sub> i EH<sub>2</sub> uz mešanje elektrolita, ispiranje u protočnoj i destilovanoj vodi, siliranje i sušenje.

Merenje hrapavosti vršeno je ručnim taster uređajem TR 200. To je novi proizvod razvijen od strane kompanije Time Group Inc. Veoma je pogodan za brzo i precizno merenje hrapavosti proizvedenih predmeta i u pogonskim uslovima. TR 200 preračunava parametre po izabranim mernim uslovima i jasno prikazuje parametre i grafike profila na LCD ekranu. Uređaj ima mogućnost softverske podrške i upravljanja preko računara. Mogućnosti multi-parametarsko merenje:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_y$ ,  $R_q$ ,  $R_p$ ,  $R_m$ ,  $R_t$ ,  $St$ ,  $S$ ,  $Sm$ ,  $tp$

Površina uzoraka aluminijuma nakon hemijskog i elektrohemijskog bojenja, ispiranja, siliranja i sušenja snimana je optičkim mikroskopom Leica EZ4 HD. Aparat karakteriše kvalitetno 4,4:1 zumiranje odnosno uvećanje od 8-35 puta.

## Rezultati i diskusija

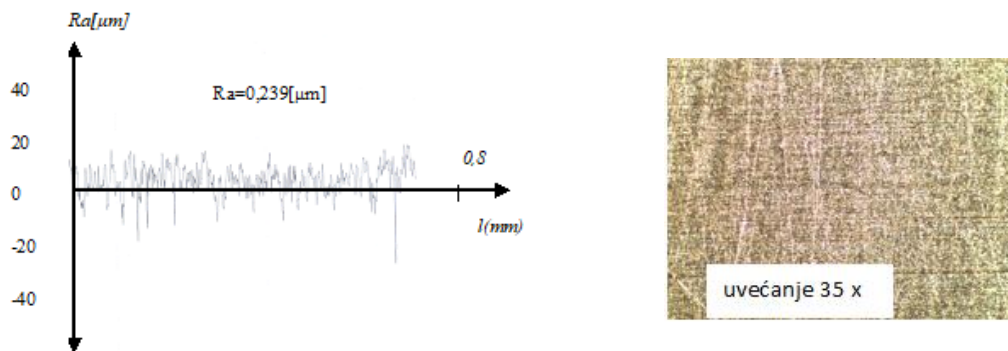
Na slici 1. prikazan je izgled hemijski pripremljenih uzoraka aluminijuma u rastvorima 1-3, a nakon toga uzorci su tretirani u rastvoru (H<sub>1</sub>) u vremenskom intervalu: a)  $\tau = 5$  min; b)  $\tau = 10$  min.



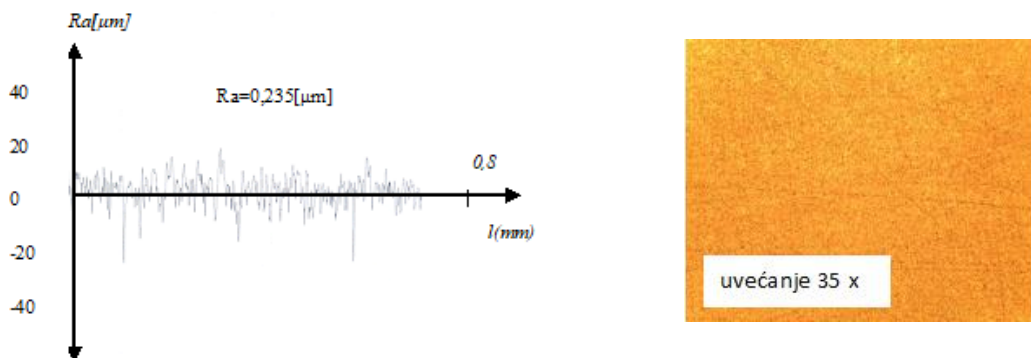
Slika 1. Grafički i fotografski prikaz hrapavosti i izgleda uzoraka aluminijuma nakon tretmana u rastvoru (H<sub>1</sub>) u vremenu: a) 5 min. i b) 10 min.



Na slici 2. prikazan je izgled hemijski pripremljenih uzoraka aluminijuma u rastvorima 1-3, a nakon toga uzorci su tretirani u rastvoru ( $H_2$ ) u vremenu: a)  $\tau = 5$  min; b)  $\tau = 10$  min;



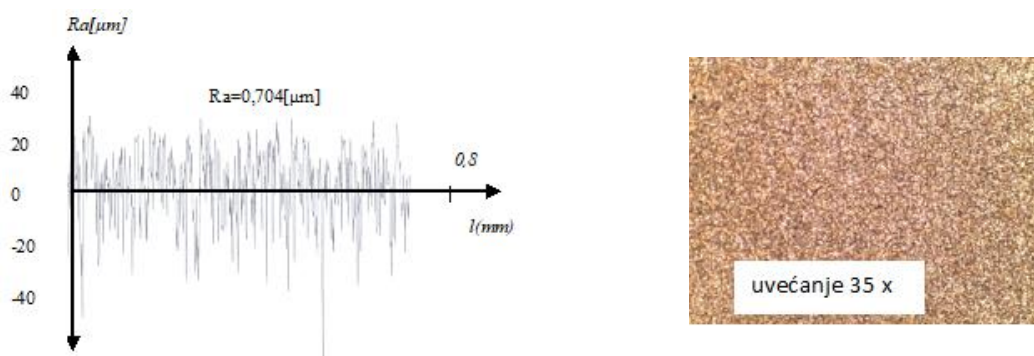
a)



b)

Slika 2. Grafički i fotografski prikaz hrapavosti i izgleda uzoraka aluminijuma nakon tretmana u rastvoru ( $H_2$ ) u vremenu: a) 5 min. i b) 10 min.

Na slici 3. prikazan je izgled hemijski pripremljenog uzorka aluminijuma u rastvorima 1-3, a nakon toga uzorak je potopljen u rastvor ( $H_3$ ),  $\tau = 6$  min.



Slika 3. Grafički i fotografski prikaz hrapavosti površine uzorka aluminijuma nakon tretmana u rastvoru ( $H_3$ ),  $\tau = 6$  min.

Sa slika 1-3 može se videti da se iz različitih rastvora dobija površina aluminijuma različitih boja, kao i različite hrapavosti. Takođe, može se primetiti da i vreme tretmana tj. zadržavanja uzorka u rastvoru bitno utiče na izgled (boju), a ponekad i na hrapavost površine.

Nakon tretmana u rastvoru ( $H_1$ ) (slika 1), dobija se površina tamno zlatne boje, a tamnija braon nijansa nakon tretmana uzorka 10 minuta. Primetno je i smanjenje površinske hrapavosti sa vremenom tretmana. Nakon 5 minuta  $R_a=0.494 \mu\text{m}$ , a nakon 10 minuta  $R_a=0.268 \mu\text{m}$ .

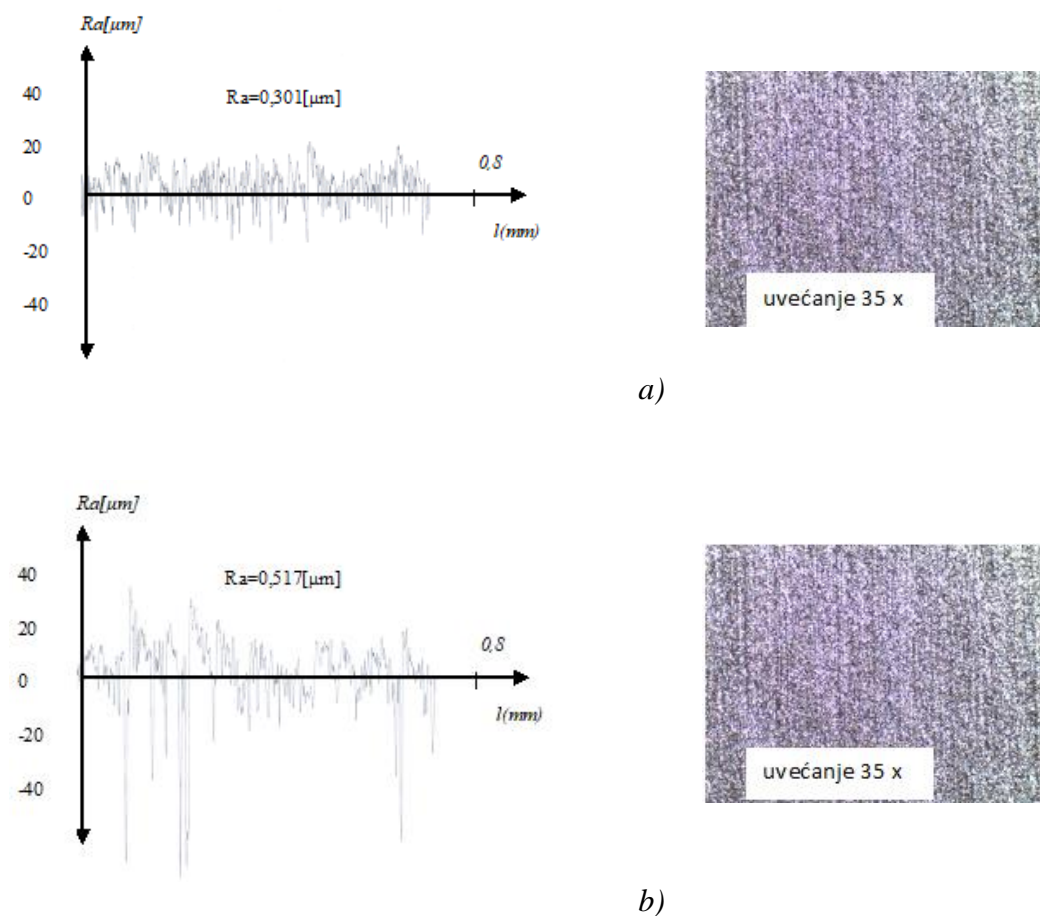
Sa slike 2. može se videti da se iz istog rastvora ( $H_2$ ) nakon 5 minuta dobija površina aluminijuma zelenkaste boje, a nakon 10 minuta površina ima zlatno-žutu boju. Može se primetiti da vreme tretmana bitno ne utiče na hrapavost površine, jer ona je nakon 5 minuta  $R_a=0.239 \mu\text{m}$ , a nakon 10 minuta  $R_a=0.235 \mu\text{m}$ .

Iz rastvora ( $H_3$ ) (slika 3) dobija se površina aluminijuma obojena svetlo braon i vidi se krupnozrnija struktura na površini. To je pokazao i rezultat izmerene hrapavosti površine  $R_a=0,704 \mu\text{m}$ .

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da se najmanja hrapavost površine dobija iz rastvora ( $H_1$ ) pri vremenu 10 min., i iz rastvora ( $H_2$ ) bez obzira na vreme tretmana i kreće se od 0,235 – 0,268  $\mu\text{m}$ .

Za bojenje površine aluminijuma mogu se koristiti sva tri rastvora, u zavisnosti koja boja površine se želi dobiti.

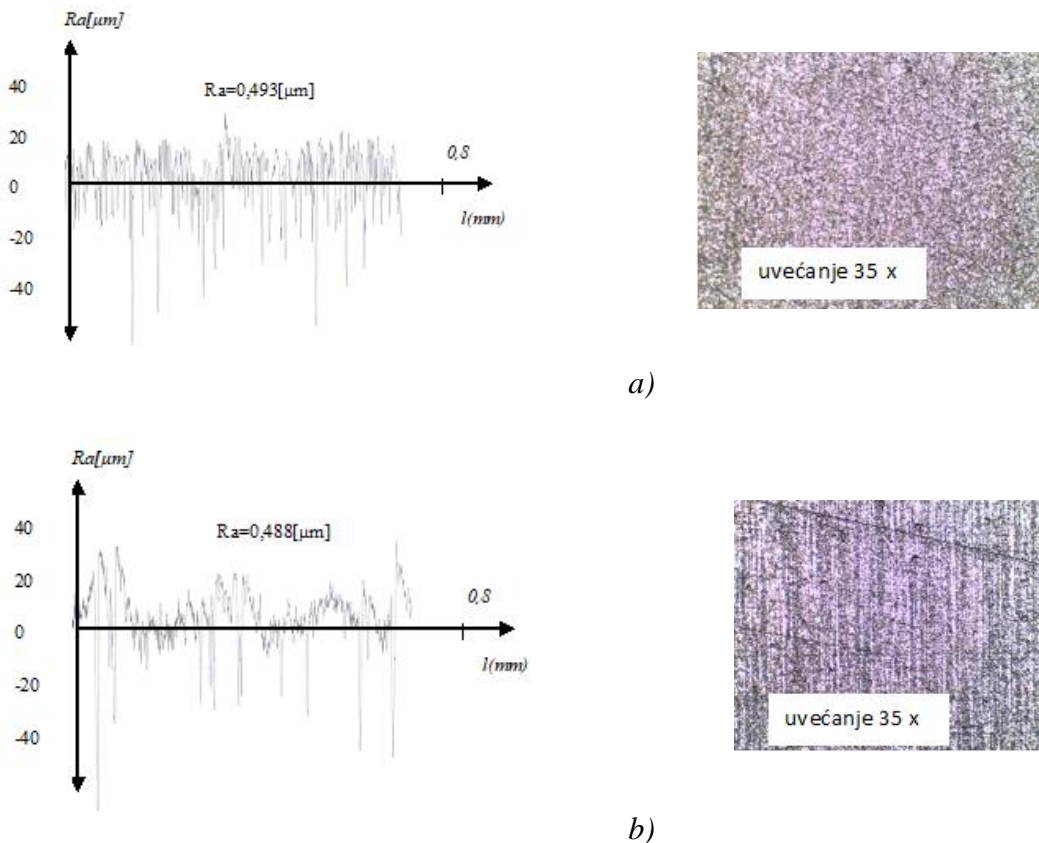
Na slici 4. prikazan je izgled površine uzoraka aluminijuma nakon hemijske pripreme i anodne obrade u rastvoru ( $EH_1$ ) 10 minuta, pri gustini struje  $j_a = 1.0 \text{ A/dm}^2$ : a) alpro uzorak i b) obična pločica



Slika 4. Grafički i fotografski prikaz izmerene hrapavosti nakon anodne obrade u rastvoru ( $EH_1$ ), 10 minuta,  $j_a = 1.0 \text{ A/dm}^2$ : a) alpro uzorak i b) obična pločica

Sa slike 4. može se videti da je boja površine oba uzorka nakon elektrohemijskog tretmana pri struji  $j=1 \text{ A/dm}^2$  skoro ista, ljubičasto-zelena i da je hrapavost uzoraka aluminijuma koji je nabavljen iz d.o.o. "Alpro" znatno manja  $R_a=0,301 \text{ }\mu\text{m}$ . To ukazuje da uslovi skladištenja, transporta, kao i sam hemijski sastav uzorka utiču na površinsku hrapavost.

Na slici 5. prikazan je izgled površine uzoraka aluminijuma nakon hemijske pripreme i elektrohemijskog tretmana (anodne obrade) u rastvoru ( $\text{EH}_2$ ) pri gustini struje  $j_a=1,5 \text{ A/dm}^2$  a) alpro uzorak i b) obična pločica



Slika 5. Grafički i fotografski prikaz izmerene hrapavosti nakon anodne obrade u rastvoru ( $\text{EH}_2$ ), 40 minuta,  $j_a=1,5 \text{ A/dm}^2$ : a) alpro uzorak i b) obična pločica

Sa slike 5. može se videti da je boja površine aluminijuma veoma slična onoj koja se vidi na slici 4. tj. ljubičasto zelena. To govori da se iz dva različita rastvora i pri različitim uslovima anodne obrade može dobiti slična boja površine aluminijuma i hrapavost površine se puno ne razlikuje. Kod rastvora ( $\text{EH}_1$ ) hrapavost se kreće od  $0,301$  do  $0,517 \text{ }\mu\text{m}$ , a kod rastvora ( $\text{EH}_2$ ) od  $0,488$  do  $0,493 \text{ }\mu\text{m}$ .

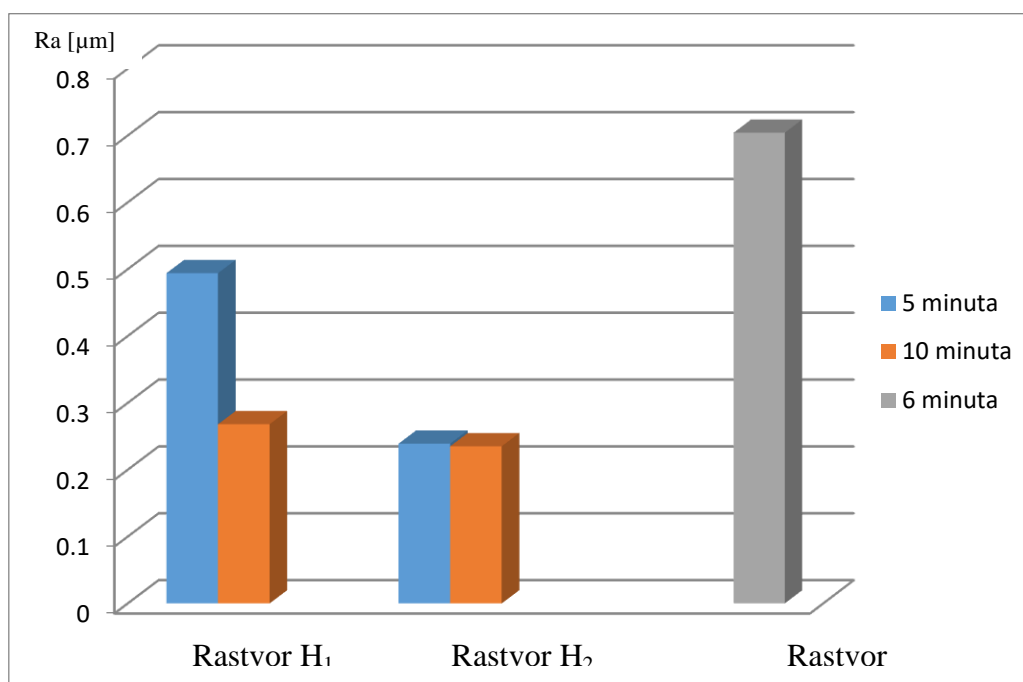
U tabeli 1. dat je prikaz izmerenih parametara hrapavosti hemijski i elektrohemijski obrađivanih uzoraka aluminijuma.



Tabela 1. Parametri izmerene hrapavosti u svih 5 korišćenih rastvora za hemijski i elektrohemijski tretman

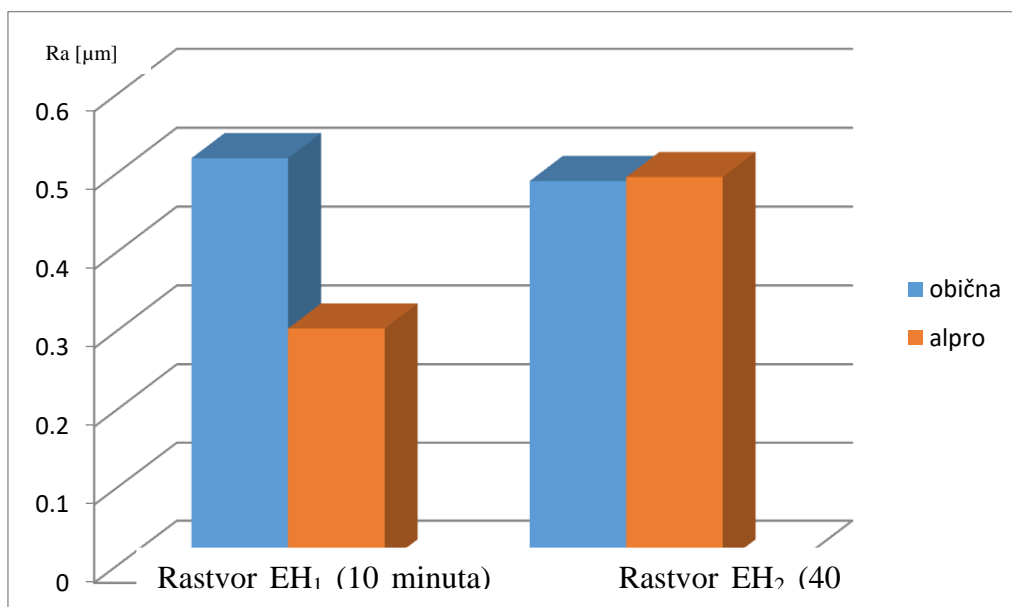
Rastvor	Vreme (min)	Ra( $\mu\text{m}$ )
H <sub>1</sub>	5	0.494
	10	0.268
H <sub>2</sub>	5	0.239
	10	0.235
H <sub>3</sub>	6	0.704
EH <sub>1</sub>	10	0.517 (obična)
		0.301 (alpro)
EH <sub>2</sub>	40	0.488 (obična)
		0.493 (alpro)

Na slici 6 dat je prikaz izmerene hrapavosti uzoraka aluminijuma nakon obrade u rastvorima H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> i H<sub>3</sub> u zavisnosti od vremena tretmana uzoraka u pojedinim rastvorima.



Slika 6. Prikaz hrapavosti nakon obrade u rastvorima H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> i H<sub>3</sub> u zavisnosti od vremena

Sa slike 6. može se videti da je najmanja hrapavost izmerenje na uzorcima koji su hemijski bojani (tretirani) u rastvoru H<sub>2</sub> i da vreme obrade ne utiče na hrapavost površine. Kod tretmana u rastvoru H<sub>1</sub> hrapavost površine se smanjuje sa vremenom i za 10 minuta hrapavost je približno ista, kao kod uzoraka tretiranih u rastvoru H<sub>2</sub>. Najveća hrapavost je izmerenje kod uzoraka bojanih u rastvoru H<sub>3</sub>. Na slici 7. prikazana je izmerenje hrapavost obične pločice i alpro uzorka nakon anodne obrade u rastvorima EH<sub>1</sub> i EH<sub>2</sub> u vremenskim intervalima od 10 i 40 min.



Slika 7. Prikaz hrapavosti obične pločice i alpro uzorka nakon anodne obrade u rastvorima EH<sub>1</sub> i EH<sub>2</sub> u zavisnosti od vremena

Sa slike 7. može se videti da je hrapavost uzorka aluminijuma koji je nabavljen u d.o.o. "Alpro" Vlasenica nakon anodne obrade od 10 min. u rastvoru EH<sub>1</sub> skoro za duplo manja od hrapavosti drugog uzorka aluminijuma. To ukazuje da sastav i čistoća aluminijuma utiču na hrapavost površine nakon anodnog tretmana u rastvoru EH<sub>1</sub>. To se ne može reći za uzorke nakon anodne obrade u vremenu od 40 min. u rastvoru EH<sub>2</sub>, jer je hrapavost oba uzorka približno ista i za nijansu manja od uzorka aluminijumskog lima (obična). Najmanju hrapavost Ra=0,301 μm, ima uzorak alpro koji je tretiran u rastvoru EH<sub>1</sub>, 10 min.

## Zaključak

Pre hemijske ili elektrohemijske obrade uzorka aluminijuma potrebno je uzorke hemijski pripremiti i ukloniti zaštitnu oksidnu opnu. Iz rastvora (H<sub>1</sub>) se dobijaju nijanse od tamno zlatne do tamnije braon nijanse, a iz rastvora (H<sub>2</sub>) dobijaju se uzorci zelenkaste i zlatno-žutu boje u zavisnosti od vremena tretmana. Najmanja hrapavost na uzorcima koji su hemijski tretirani je u rastvorima (H<sub>1</sub>) i (H<sub>2</sub>) i kreće se od Ra=0.235-0.268 μm.

Prilikom elektrohemijske obrade u rastvoru (EH<sub>1</sub>), hrapavost uzorka aluminijuma koji je nabavljen u d.o.o. "Alpro" Vlasenica je znatno manja od hrapavosti običnog uzorka (aluminijumski lim ≠1mm), i iznosi Ra=0.301 μm. Najveća hrapavost je izmerenje kod uzorka bojenih u rastvoru (H<sub>3</sub>) i iznosi Ra=0,704 μm, a površina aluminijuma je obojena svetlo braon i vidi se krupnozrnija struktura na površini. Vreme tretmana tj. zadržavanja uzorka u rastvoru bitno utiče na izgled (boju) kao i na hrapavost površine. Tako npr. nakon hemijske obrade u rastvoru (H<sub>1</sub>) posle 5 minuta Ra=0.494 μm, a nakon 10 minuta Ra=0.268 μm. Očigledno je da se hrapavost smanjuje, a boja menja sa povećanjem vremena tretmana. U zavisnosti koja se nijansa boje želi dobiti (od zelenkaste, ljubičasto – zelene, zlatno – žute, do raznih nijansi braon) može se koristiti hemijski ili elektrohemijski tretman. Takođe, vreme obrade igra važnu ulogu kada je u pitanju nijansa boje, kao i hrapavost površine aluminijuma. Rezultati hemijskog i elektrohemijskog bojenja u laboratorijskim uslovima i industrijskim uslovima (d.o.o. „Alpro“ Vlasenica) daju približno iste rezultate u nijansi boja i izmerene hrapavosti, za korišćene rastvore.

## Literatura

1. Antić, M., Smiljanić, M.: *Aluminijum i aluminijumske legure*, ZZZ, Beograd, 2003.
2. M. Pourbax, *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions*, Pergamon London 1966. str. 168 – 176
3. M.J. Pryor, D.S. Keir, *J. Electrochem. Soc.*, 102 (1955) 605.
4. S. Đorđević, M. Maksimović, M.G. Pavlović, K.I. Popov, *Galvanotehnika*, Tehnička knjiga, Beograd, 2000.,
5. Yu. Ya. Lukomskii, V. K. Gorshkov, "Galvanicheskie i lakokrasochnye pokrytiya na alyuminii i ego splavakh", Leningrad, 1985
6. M.V. Tomić, Lj. J. Pavlović, M. G. Pavlović, *Zaštita materijala*, 46(2005)3, 13-16.
7. B. C. Bunker, G. C. Nelson, K. R. Zavadil, J. C. Barbour, F. D. Wall, J. P. Sullivan, C. F. Windisch Jr., M. H. Engelhardt, D. R. Baer *J. Phys. Chem. B*, 2002, 106 (18), pp 4705–4713
8. Z. Wang, Y.-K. Su, H.-L. Li, *Applied Physics A*, 74(2002) 4, pp 563–565.
9. M.V. Tomić, Lj. J. Pavlović, M. G. Pavlović, D. Stanojević, M. Gligorić, *Zaštita materijala*, 47(2006)4, str. 23-28.
10. H. Masusda, M. Satoh: *Jpn. J. Appl. Phys.* 35, (1996), 1126
11. S.I. Krichmar, A. Ya. Pronskaya, *Elektrokhimiya* 2 (1966).
12. Catherine Y. Han, Gerold A. Willing, Zhili Xiao, H. Hau Wang, *Langmuir*, 23(2007)3, pp 1564–1568.
13. P.V. Shchigolev, *Elektroliticheskoe i himicheskoe polirovanie metallov*, Akafemii nauk SSSR, Moskva, 1959.
14. S. Ya. Grilikhes, *Elektroliticheskoe i himicheskoe polirovanie*, Mashinostroenie, Leningrad, 1987.