

MILORAD V. TOMIĆ¹⁾
MIOMIR G. PAVLOVIĆ¹⁾
ZLATKO RAKOČEVIĆ²⁾
LJUBICA PAVLOVIĆ³⁾

Originalni naučni rad
UDC:620.191.5:669.71=861

Uticaj pripreme površine aluminijuma na površinsku hrapavost

Uzorci aluminijuma su podvrgavani elektrohemijском glačanju u jednom od tri rastvora za elektrohemijско glačanje. Na tako pripremljenim uzorcima merena je površinska hrapavost. Takođe je ispitivan i uticaj anodne obrade na površinsku hrapavost aluminijuma. Na hemijski i elektrohemijski pripremljene uzorke aluminijuma, taložena je prevlaka cinka hemijskim putem, a potom merena površinska hrapavost ovakvih uzoraka. Na osnovu dobijenih rezultata ustanovljeno je da je od ispitivanih rastvora za elektrohemijско glačanje, najefikasniji rastvor II. Uzorci aluminijuma tretirani u ovom rastvoru imaju najmanju hrapavost. Ustanovljeno je da usled taloženja hemijske prevlake cinka na prethodno hemijski i elektrohemijski tretirane uzorke dolazi do znatnog smanjenja površinske hrapavosti. Anodna obrada uzoraka takođe značajno smanjuje površinsku hrapavost.

Ključne reči: hrapavost, elektrohemijско glačanje, anodna obrada, hemijska priprema.

UVOD

Hrapavost površine metala se pri proučavanju nastajanja njihovog sjaja obično deli u dve grupe [1,2]:

- a) mikrohrapavost i
- b) submikronsku hrapavost

Mogla bi se navesti i treća grupa – hrapavost vidljiva golim okom. Ipak ova poslednja, malo utiče na sjaj.

Pod mikroneravninama se podrazumevaju ispupčenja i udubljenja na površini metala, čiji je red veličine od nekoliko, do 100 μm . Submikronskim neravninama nazivaju se risevi, izbočine i udubljenja na metalima čije linearne dimenzije ne prelaze 1 μm .

Praksa pokazuje, da fino mehaničko glačanje daje sjaj čak i grubo izbrušenoj površini metala. Prema tome, za dobijanje slabog sjaja dovoljno je odstraniti sa nje submikronska ispupčenja. Pri srednjem i malom mehaničkom brušenju metala pre

njegovog glačanja uklanjaju se takođe mikroispupčenja vidljiva golim okom, koja ne mogu biti uklonjena samo mehaničkim glačanjem. Prema tome, fino izbrušena površina, posle njenog glačanja, dobija vidljivu mikro i submikro glatkoću. Takve površine poseduju maksimalnu sposobnost refleksije svetlosti.

Cilj ovog rada je bio da se hemijski ukloni oksidna opna sa uzoraka aluminijuma, a zatim da se ispita:

- ◆ efekat tri odabrana rastvora za elektrohemijско glačanje na hrapavost aluminijuma;
- ◆ uticaj primene anodne obrade u kombinaciji sa elektrohemijским glačanjem aluminijuma;
- ◆ uticaj hemijski deponovane prevlake cinka na hrapavost uzoraka aluminijuma.

EKSPERIMENTALNI DEO

Sastavi rastvora koji su korišćeni u ovom radu kao i radni uslovi pri izvođenju eksperimenata su identični kao u [3].

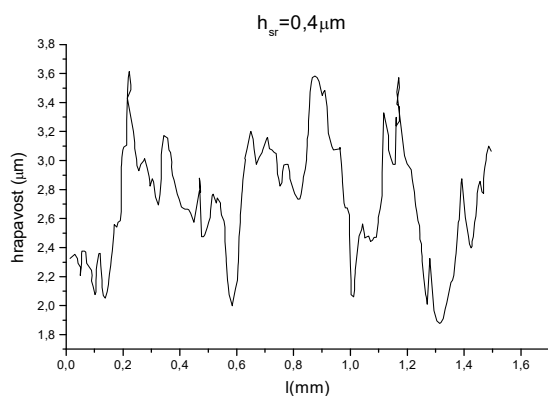
Za merenje hrapavosti površine i kvalitetnu kontrolu mikrotopografije površine korišćen je profilometar tipa Talystep 1 [4].

Adresa autora: ¹⁾Tehnološki fakultet Zvornik, RS, ²⁾Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, ³⁾IHTM, Beograd

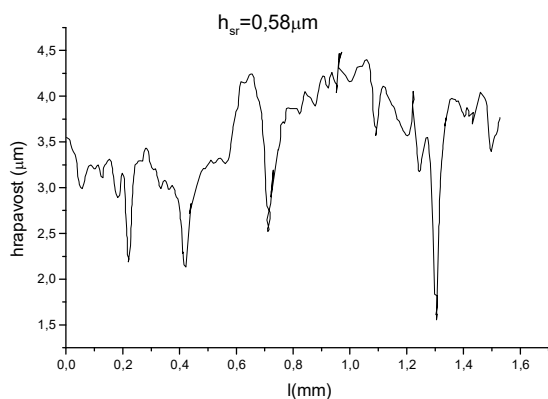
Obrada rezultata rađena je na sledeći način: snimci su skenirani i izvršena je njihova obrada u programu "GraphDigitizer" (za date koordinate određene su x i y tačke za svaki dijagram), zatim su dobijeni rezultati korišćeni za izračunavanje srednje devijacije (hrapavosti) i crtanje grafika u programu "Origin 5.0" za sve uzorke.

REZULTATI I DISKUSIJA

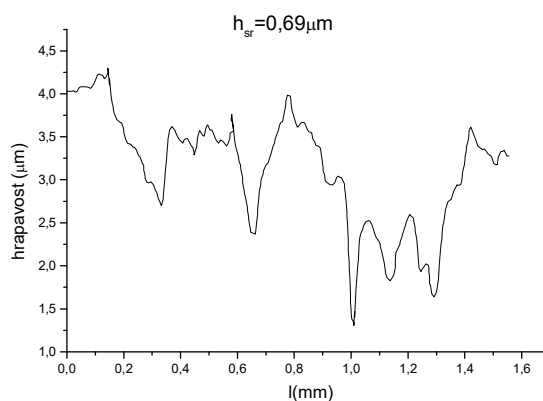
Na slici 1(a-d), dat je grafički prikaz hrapavosti uzoraka aluminijuma koji su hemijski pripremani u rastvorima (1-4) i elektrohemijski glačani u rastvoru 6(I) u vremenu od 2; 3.5; 4; i 5 minuta. Uočljivo je da se srednja hrapavost pojedinačnih uzoraka kreće u granicama od 0.4 do $0.69\mu\text{m}$, tj. da srednja hrapavost za sva četiri uzorka iznosi $0.56\mu\text{m}$.



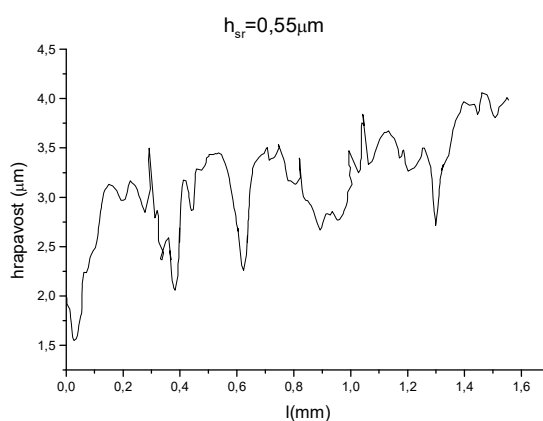
a)



b)



c)



d)

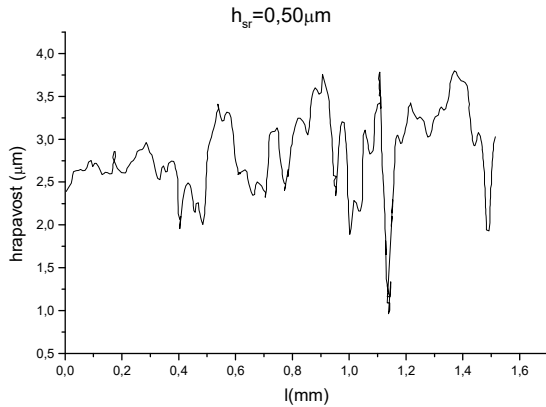
Slika 1 - Hemijski pripremljeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(I) u vremenu od: a) $\tau = 2\text{min}$ b) $\tau = 3,5\text{min}$ c) $\tau = 4\text{min.}$, d) $\tau = 5\text{min}$.

U tabeli 1. prikazan je pregled rezultata [sa slika 1(a-d)], za hemijski pripremljene i elektrohemijski glačane uzorke u rastvoru 6 (I).

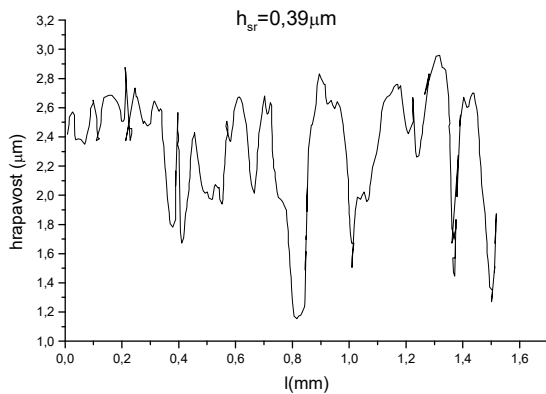
Tabela 1 - Pregled rezultata za hemijski pripremljene i elektrohemijski glačane uzorke aluminijuma u rastvoru 6(I).

Uzorak	Vreme (min)	Hrapavost (μm)
a.	2	0.4
b.	3.5	0.58
c.	4	0.69
D	5	0.55
Srednja		0.56

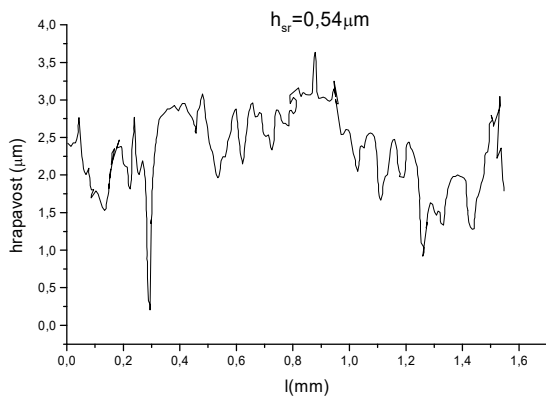
Na slici 2(a-d), dat je grafički prikaz hrapavosti uzoraka aluminijuma koji su hemijski pripremani u rastvorima (1-4), i elektrohemijski glačani u rastvoru 6(II) u vremenu od 3; 5; 5.5; i 8 minuta. Uočljivo je da se hrapavost kreće u granicama od 0.39 do $0.72\mu\text{m}$, tj. da srednja hrapavost za sva četiri uzorka iznosi $0.54\mu\text{m}$.



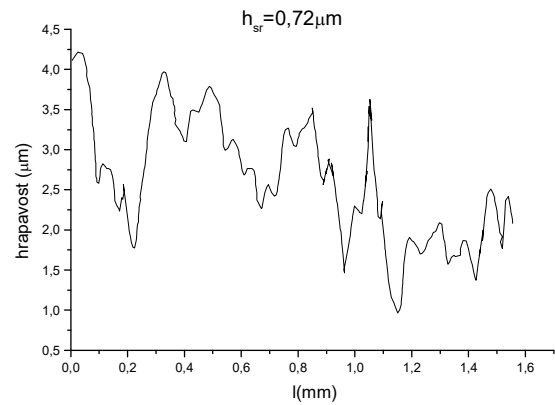
a)



b)



c)



d)

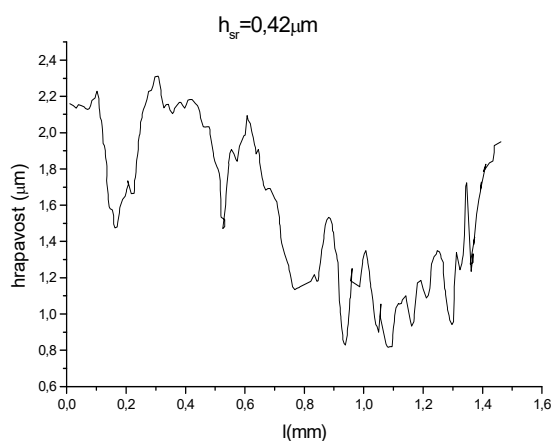
Slika 2 - Hemijski pripremljeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(II) u vremenu od: a) $\tau = 3$ min; b) $\tau = 5$ min; c) $\tau = 5.5$ min; d) $\tau = 8$ min.

U tabeli 2 prikazan je pregled rezultata [sa slika 2(a-d)] za hemijski pripremljene i elektrohemijski glačane uzorake u rastvoru 6(II).

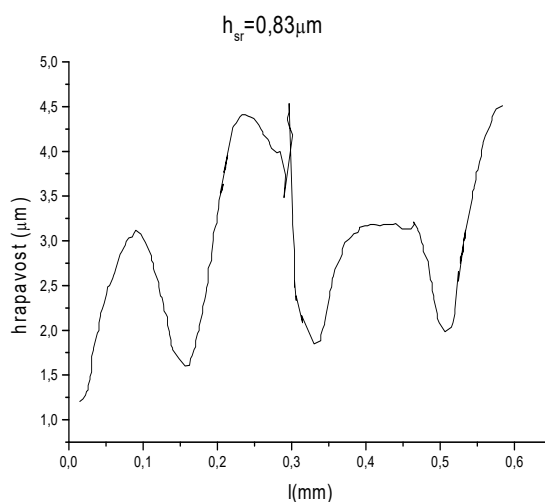
Tabela 2 - Pregled rezultata za hemijski pripremljene i elektrohemijski glačane uzorake aluminijuma u rastvoru 6(II)

Uzorak	Vreme (min)	Hrapavost (μm)
a.	3	0.50
b.	5	0.39
c.	5.5	0.54
d.	8	0.72
Srednja		0.54

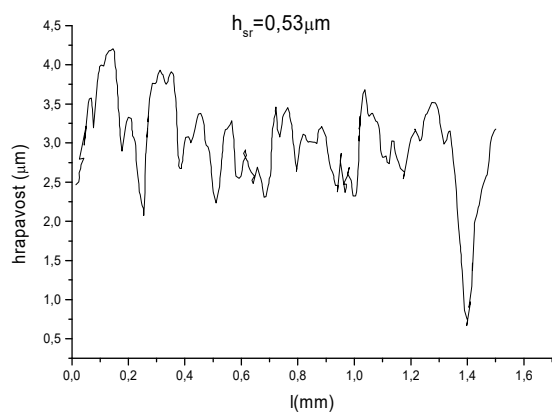
Na slici 3(a-e), dat je grafički prikaz hrapavosti uzorka aluminijuma koji su hemijski pripremani u rastvorima (1-4), i elektrohemijski glačani u rastvoru 6(III) u vremenu od 10; 15; 20; i 25 minuta. Zapaža se da se hrapavost kreće u granicama od $0.42\mu\text{m}$ do $0.97\mu\text{m}$, tj. da srednja hrapavost za svih pet uzoraka iznosi $0.65\mu\text{m}$.



a)



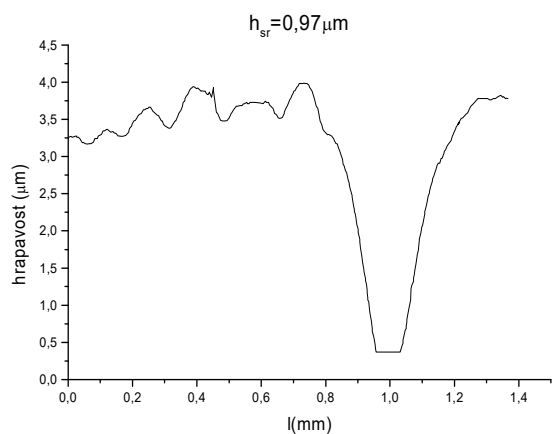
d)



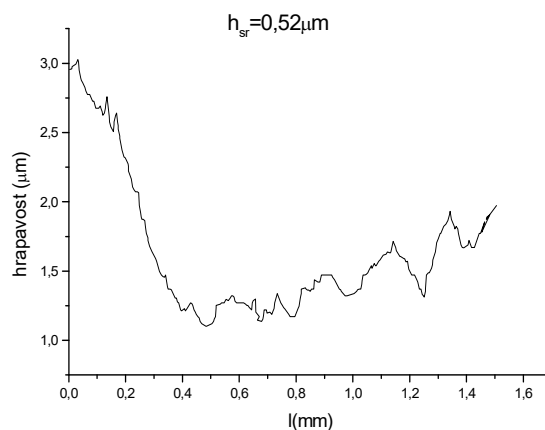
b)

Slika 3 - Hemijski pripremljeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(III) u vremenu od: $\tau = 20$ min; (dužina puta snimanja): c) $l = 1,76$ mm d) $l = 0,6$ mm

Slika 3 - Hemijski pripremljeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(III) u vremenu od: a) $\tau = 10$ min; b) $\tau = 15$ min.



c)



Slika 3e - Hemijski pripremljeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(III) u vremenu od $\tau = 25$ min

Rezultati izmerene hrapavosti (srednje devijacije) za elektrohemijski glačane uzorke u rastvoru 6(III) u vremenu 10, 15, 20 i 25 minuta prikazani su u tabeli 3.

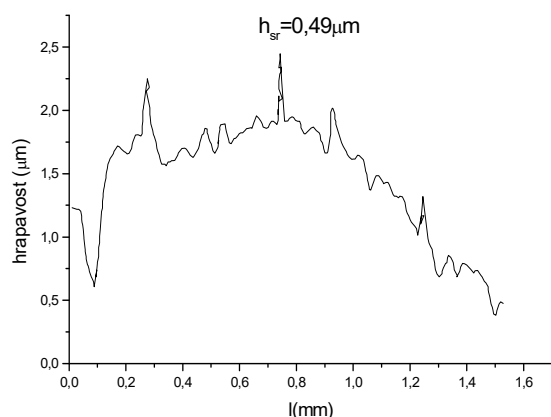
Tabela 3 - Pregled rezultata za hemijski pripremljene i elektrohemijski glačane uzorke aluminijuma u rastvoru 6(III)

Uzorak	Vreme (min)	Hrapavost (μm)
1.	10	0,42
2.	15	0,53
3.	20*	0,97
4.	20*	0,83
5.	25	0,52
Srednja		0,65

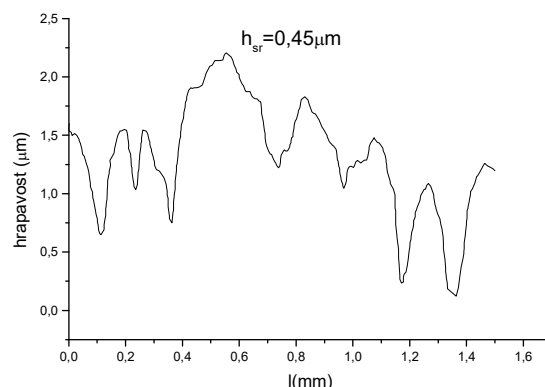
***Napomena:** Uzorci 3 i 4 tretirani su na isti način i pod istim uslovima, ali je razlika u dužini puta snimanja (l). Uzorak 3 (slika 3c) ima put snimanja kao i svi ostali uzorci $l = 1.76\text{mm}$, dok za uzorak 4 dužina puta snimanja je $l = 0.6\text{mm}$ (slika 3d).

Iz dobijenih rezultata može se konstatovati da najmanju srednju hrapavost imaju uzorci aluminijuma elektrohemijski glačani u rastvoru 6(II), $h_{sr} = 0.54\mu\text{m}$, zatim u rastvoru 6(I) $h_{sr} = 0.56\mu\text{m}$ i u rastvoru 6(III) $h_{sr} = 0.65\mu\text{m}$.

Na slici 4 a i b, dat je grafički prikaz hrapavosti uzoraka aluminijuma koji su hemijski pripremljeni u rastvorima (1-4), anodno obrađeni u rastvoru 5 i elektrohemijski glačani u rastvoru 6(II), $\tau = 5.5\text{min}$.



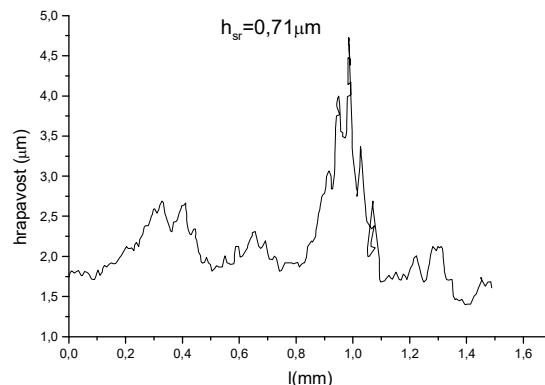
Slika 4a - Hemijski pripremljeni, anodno obrađeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(II), $\tau = 5.5\text{min}$



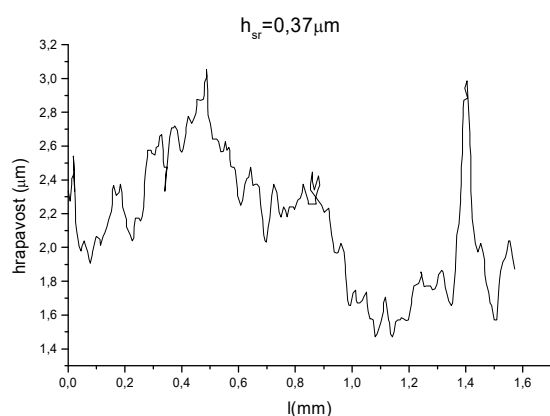
Slika 4b - Hemijski pripremljeni, anodno obrađeni i elektrohemijski glačani: Uzorci aluminijuma u rastvoru 6(II), $\tau = 5.5\text{min}$

Sa slika 4 a i b, može se konstatovati pozitivan efekat anodne obrade kao međufaze između hemijske pripreme i elektrohemijskog glačanja uzorka. Srednja hrapavost za hemijski pripremljene, anodno obrađene i elektrohemijski glačane uzorke u rastvoru 6(II), za vreme od $\tau = 5.5\text{min}$ iznosi $h_{sr} = 0.47\mu\text{m}$. Srednja hrapavost za hemijski pripremljene i elektrohemijski glačane uzorke u rastvoru 6(II) koji nisu bili podvrgnuti prethodnoj anodnoj obradi [slika 2 (a-d)] iznosi $h_{sr} = 0.54\mu\text{m}$. Ovaj podatak upućuje na činjenicu da je hrapavost znatno veća ako uzorci nisu prethodno anodno obrađeni.

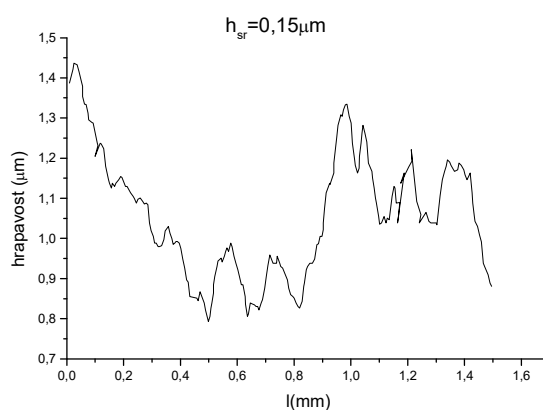
Na slici 5 a i b, dat je grafički prikaz hrapavosti uzoraka koji su hemijski pripremljeni u rastvorima (1-4), anodno obrađeni u rastvoru 5, a zatim istaložen cink hemijskim putem, iz rastvora 7. Izmerena srednja hrapavost za dva uzorka iznosi $h_{sr} = 0.54\mu\text{m}$, i ovaj rezultat je indentičan rezultatu za hemijski pripremljen i elektrohemijski glačan uzorak u rastvoru 6(II).



a)



b)

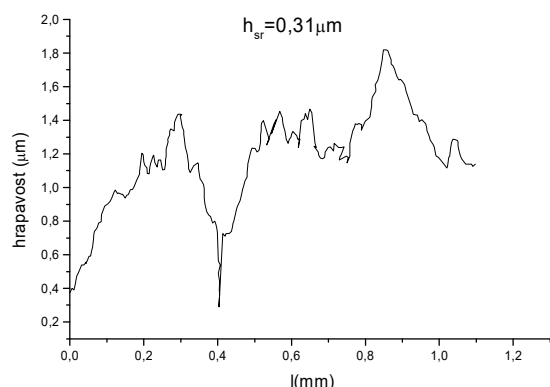


a)

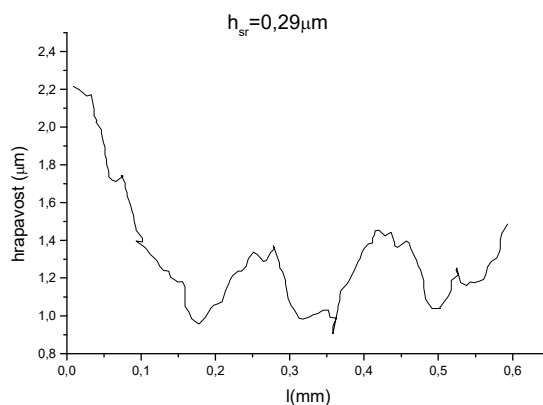
Slika 5 - Hemijski pripremljeni i anodno obrađeni uzorci aluminijuma u rastvoru 5, na koje je cinkatnim postupkom istaložen cink iz rastvora 7

Na slikama 6 i 7 (a i b), prikazani su rezultati hrapavosti hemijski pripremljenih uzoraka koji su elektrohemijski glačani u rastvorima 6(I) i 6(II), a zatim je na njih taložen cink hemijskim putem iz rastvora 7.

Rezultati prikazani na slikama 6 i 7 (a i b), potvrđuju da je rastvor 6(II) najefikasniji od sva tri ispitivana rastvora za elektrohemijsko glačanje. Uzorci koji su elektrohemijski glačani u ovom rastvoru imaju najmanju srednju hrapavost, $h_{sr}=0.22\mu m$, dok u rastvoru 6(I) $h_{sr}=0.31\mu m$.



Slika 6 - Hemijski pripremljen i elektrohemijski glačan uzorak aluminijuma u rastvoru 6(I), na koji je istaložena prevlaka cinka hemijskim putem iz rastvora 7



b)

Slika 7 - Hemijski pripremljeni i elektrohemijski glačani uzorci aluminijuma u rastvoru 6(II), na koje je istaložena prevlaka cinka hemijskim putem iz rastvora 7

U tabeli 4 dat je pregled svih napred prikazanih rezultata hrapavosti.

Analizom dobijenih eksperimentalnih podataka može se konstatovati da prevlaka cinka istaložena hemijskim putem znatno smanjuje hrapavost. Tako npr. hemijski pripremani uzorci aluminijuma koji su elektrohemijski glačani u rastvoru 6(I) (slika 1), imaju srednju hrapavost $h_{sr}=0.56\mu m$, dok isti takav uzorak na koji je hemijskim putem taložen cink (slika 6), ima srednju hrapavost $h_{sr}=0.31\mu m$. Uzorci koji su elektrohemijski glačani u rastvoru 6(II) (slika 2), imaju srednju hrapavost $h_{sr}=0.54\mu m$, dok uzorci tretirani na isti način, na koji je hemijskim putem istaložen cink (slika 7), imaju srednju hrapavost $h_{sr}=0.22\mu m$.

Tabela 4 - Pregled rezultata hrapavosti i srednje hrapavosti uzoraka aluminijuma

Uzorak	Prikazano na slici	Hrapavost za pojedinačne uzorke (μm)	Ukupna srednja hrapavost (μm)
he ₁	1.a,b,c,d.	0.4; 0.58; 0.69 i 0.55	0.56
he ₂	2.a,b,c,d.	0.50; 0.39; 0.54; 0.72	0.54
he ₃	3.a,b,c,d,e.	0.42; 0.53; 0.97; 0.83; 0.52	0.65
hae ₂	4.a,b.	0.49; 0.45	0.47
haZn	5.a,b.	0.71; 0.37	0.54
he ₁ Zn	6.	0.31	0.31
he ₂ Zn	7.a,b.	0.15; 0.29	0.22

h – hemijski pripremljen uzorak u rastvorima (1- 4).

e₁;e₂ i e₃ – elektrohemijski glačan uzorak u rastvorima 6(I); 6(II); 6(III);

a – anodno obrađen uzorak u rastvoru 5

n.p.r. – hae₁ – hemijski pripremljen, anodno obrađen i elektrohemijski glačan uzorak u rastvoru 6(I)

-he₂Zn - hemijski pripremljen, elektrohemijski glačan uzorak u rastvoru 6(II) na koji je hemijskim putem istaložen cink

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata moguće je zaključiti da je od upotrebljenih rastvora za elektrohemijsko glačanje najefikasniji rastvor 6(II). Uzorci aluminijuma tretirani ovim rastvorom imaju najmanju hrapavost. Ustanovljeno je da usled taloženja prevlake cinka hemijskim putem na prethodno hemijski i elektrohemijski tretirane uzorke aluminijuma, dolazi do znatnog smanjenja površinske hrapavosti. Najmanju površinsku hrapavost imaju uzorci koji su posle hemijske pripreme elektrohemijski glačani u rastvoru 6(II), i na koje je zatim istaložen cink cinkatnim postupkom, $h_{sr}=0.22\mu m$. Ova činjenica upućuje na to da je rastvor 6(II) najefikasniji od upotrebljenih rastvora za elektrohemijsko glačanje. Pored toga, hemijski deponovani cink vrši poravnavanje površine, tj. dovodi do smanjenja hrapavosti.

Anodna obrada uzoraka takođe značajno smanjuje površinsku hrapavost, jer usled anodnog tretmana između hemijske pripreme i elektrohemijskog glačanja u rastvoru 6(II) dolazi do smanjenja hrapavosti sa $h_{sr}=0.54\mu m$ na $h_{sr}=0.47\mu m$.

LITERATURA

- [1] Yu. Matulis, "Blestyashchie Elektroliticheskie Pokrytiya", Izd. "Mintis", 1969, Vilnius, str. 82-108.
- [2] M.G. Pavlović, V. Radmilović, A. Dekanski, E.R. Stojilkovic, K.I. Popov, *Zaštita materijala*, **34** (1993)7.
- [3] M.V. Tomić, M.G. Pavlović, Lj.J. Pavlović, Z. Rakočević, *Zaštita materijala*, **44** (2003) 107.
- [4] **Handbook of Thin Film Technology**, Edited by L.I. Maissel and R. Glang, McGraw-Hill Company, Chapter 6 and 11, 1970.

SUMMARY

THE EFFECT OF PREPARATION OF ALUMINUM SURFACE ON SURFACE ROUGHNESS

Aluminum samples were electrochemically polished in one of three solutions for electrochemical polishing. On those samples the surface roughness was measured. The effect of the anode treatment on surface roughness was also investigated. The zinc coating was deposited on chemically and electrochemically treated aluminum samples, and afterwards the surface roughness of these samples was measured. Based on the results it was determined that from all of the solutions for electrochemical polishing, the most efficient solution is the solution number II. Aluminum samples treated with this solution are the least rough. It was determined that chemically deposited zinc coating on previously chemically and electrochemically treated samples leads to significant lowering of surface roughness. The anodic treatment of aluminum surface significantly lowers surface roughness also.

Key words: *roughness, electrochemical polishing, anode treatment, chemical preparation.*