

MILORAD V. TOMIĆ¹, MILICA GVOZDENOVIĆ²,
MIROSLAV B. JOKIĆ¹, JELENA B. BAJAT^{2*}

¹Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, Republika Srpska, ²Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-meta-lurški fakultet, Beograd, Srbija

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:620.197.5:669.018

doi:10.5937/ZasMat1601166T



Zastita Materijala 57 (1)

166 - 172 (2016)

Karakterizacija prevlaka trojnih legura Zn-Ni-Co na čeliku elektrolitički taloženih iz sulfatnog rastvora

IZVOD

U radu su ispitivani uslovi za elektrohemijsko taloženje trojne legure Zn-Ni-Co iz sulfatnog elektrolita bez prisustva aditiva. Ispitivan je uticaj odnosa koncentracija $[Co^{2+}]/[Ni^{2+}]$ u sulfatnom elektrolitu i gustine struje taloženja na hemijski sastav i na korozionu postojanost dobijenih legura. Taloženje je ispitivano na sobnoj temperaturi. Utvrđeno je da je odnos Co i Ni u legurama приметно veći od njihovog odnosa u rastvoru za taloženje ukazujući na povoljan efekat u kotaloženju. Na osnovu sadržaja legirajućih komponenata u sulfatnom rastvoru i prevlaci pokazano je da se trojne legure Zn-Ni-Co talože po anomalnom tipu. Na osnovu ispitivanja korozione stabilnosti trojne legure, utvrđeno je da su optimalni uslovi za elektrohemijsko taloženje trojne legure odnos koncentracija jona $[Co^{2+}]:[Ni^{2+}] = 0,46$, pri većim gustinama struje taloženja od 3 i 6 A dm⁻². Pokazano je, da se pod ovim uslovima dobijaju trojne legure sa malim sadržajem legirajućih elemenata i povećane korozione stabilnosti.

Ključne reči: Elektrohemijsko taloženje, Zn-Ni-Co legure, koroziona stabilnost, SEI

1. UVOD

Standardni ravnotežni elektrodni potencijal cinka iznosi -0,76 V, što ga čini vrlo aktivnim metalom koji lako korodira. Ova karakteristika cinka omogućava njegovu upotrebu kao „žrtvujuće“ prevlake na materijalu koji ima veći standardni elektrodni potencijal [1-9]. Razlika u elektronegativnosti između prevlake i podloge je pogonska sila za koroziju zaštitnog sloja pod odgovarajućim uslovima korozije. Zahvaljujući veoma velikim razlikama u elektronegativnosti između cinka i čelika, dolazi do brzog propadanja prevlake cinka. Problem ubrzane korozije Zn se može prevazići legiranjem sa raznim metalima, čime se postiže približavanje vrednosti standardnih potencijala date legure potencijalu podloge metala, pri čemu je još uvek uloga anodne strane da obezbedi „žrtvujuću“ zaštitu. Pokazano je da elektrohemijski taložene prevlake Zn-Ni legure sa sadržajem nikla između 8-14 % mogu da imaju do šest puta bolja fizička svojstva i nekoliko deseti

na puta dužu zaštitu čelika od korozije u odnosu na prevlake čistog cinka [10-11]. Sa druge strane, prevlake Zn-Co legura su interesantne pošto ove legure imaju značajnije veću korozionu stabilnost, kao i bolju površinsku morfologiju od prevlaka cinka [12,13]. Prevlake Zn-Co legura se, u zavisnosti od udela kobalta, mogu ponašati dvojako: ukoliko je udeo Co nizak onda su manje plemenite od čelika i spadaju u grupu žrtvujućih prevlaka, a ukoliko je udeo Co u leguri veći, onda su plemenitije od čelične podloge i predstavljaju barijernu zaštitu. U odnosu na prevlake čistog cinka i Zn-Ni legure, ove legure karakteriše bolja čvrstoća, manji unutrašnji napon, lakša obrada. U poređenju sa prevlakama cinka dvojne legure imaju i druge superiorne osobine, kao na primer tvrdoću, veliku duktilnost, zavarljivost, čvrstoću, kao i dobru adheziju organskih prevlaka. Međutim, dvojne legure cinka sa malim sadržajem kobalta ili sa 8-14 mas. % nikla, koji obezbeđuje dobra svojstva legure, ima hrapavu, često neuniformnu površinu, tako da se u elektrohemijskom taloženju često moraju primenjivati dodaci, kao što su površinski aktivne supstance i dodaci za sjaj. Zbog svega navedenog pretpostavlja se da bi se elektrohemijskim taloženjem trojne Zn-Ni-Co legure mogle objediniti dobre oso-

*Autor za korespondenciju: Jelena B. Bajat

E-mail: jela@tmf.bg.ac.rs

Rad primljen: 12. 12. 2015.

Rad prihvaćen: 23. 01. 2016.

Rad je dostupan na sajtu: www.idk.org.rs/casopis

bine dvojnih Zn-Ni i Zn-Co legura u jednoj leguri. U našem prethodnom radu pokazano je da zajedničko prisustvo Ni i Co može da ima povoljan uticaj na korozionu postojanost trojnih legura dobijenih elektrohemijским taloženjem iz hloridnih rastvora [14].

U ovom radu biće ispitivane trojne legure Zn-Ni-Co elektrohemijски taložene na čeliku iz sulfatnih rastvora, sa malim odnosom legirajućih elemenata. Pošto morfologija, hemijski sastav i koroziona stabilnost legura zavise od primene parametara taloženja, za dobijanje prevlake Zn-Ni-Co legure biće ispitani neki od najvažnijih parametara elektrohemijskog taloženja. Legure će biti taložene na čeliku galvanostatski, iz sulfatnih prostih rastvora, bez dodatka. Ispitivaće se uticaj odnosa jona kobalta i nikla na hemijski sastav dobijenih prevlaka, uticaj gustine struje taloženja na iskorišćenje struje prilikom elektrohemijskog taloženja iz ovih rastvora, kao i koroziona stabilnost dobijenih prevlaka. Rezultati eksperimentalnog ispitivanja biće dati kao uporedna analiza sa prevlakama dvojnih legura Zn-Ni i Zn-Co, radi ispitivanja dobijanja zaštitnih prevlaka trojnih legura sa malim sadržajem legirajućih elemenata, u cilju mogućeg poboljšanja korozione stabilnosti.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Kao radna elektroda za taloženje trojne legure Zn-Ni-Co korišćena je pločica od čelika dimenzija 3 x 5 cm. Anoda je bila od cinka čistoće 99,99%. Pre taloženja prevlake vršena je priprema uzoraka na sledeći način: odmaščivanje deterdžentom; ispiranje protočnom i destilovanom vodom; hemijsko odmaščivanje u rastvoru: 35 g dm⁻³ NaOH, 45 g dm⁻³ Na₂CO₃; 4,0 g dm⁻³ Na₃PO₄ x 10H₂O, na temperaturi od 85°C u trajanju od 15 minuta; ispiranje protočnom i destilovanom vodom; nagrizanje u 20% H₂SO₄ na temperaturi od 65°C u trajanju od 60 sekundi; ispiranje protočnom i destilovanom vodom; ispiranje alkoholom; sušenje i merenje mase uzorka.

Na ovako pripremljene uzorke čelika (katode) taložene su prevlake trojnih legura galvanostatski gustinama struje od 0,5; 1; 3 i 6 A dm⁻² na sobnoj temperaturi uz mešanje laboratorijskom mešalicom. Pri taloženju je propuštana količina elektriciteta koja odgovara debljini prevlaka od približno 10µm. Elektrohemijска ćelija je bila zapremine 0,4 dm³. Nakon taloženja prevlake uzorci su ispirani u protočnoj i destilovanoj vodi, a potom sušeni ventilatorskom grejalicom u trajanju od 10 minuta. Korišćeni su sulfatni rastvori za taloženje prevlaka, prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Rastvori za taloženje

Sastav rastvora	Rastvor 1 [Co ²⁺]:[Ni ²⁺] = 0,10	Rastvor 2 [Co ²⁺]:[Ni ²⁺] = 0,46	Rastvor 3	Rastvor 4
ZnSO ₄	0,38	0,38	0,38	0,38
NiSO ₄	0,345	0,26	0,345	-
CoSO ₄	0,035	0,12	-	0,035
Na ₂ SO ₄	0,1	0,1	0,1	0,1
H ₃ BO ₃	0,24	0,24	0,24	0,24
H ₂ SO ₄	0,01	0,01	0,01	0,01

Pri korozionim merenjima kao pomoćna elektroda je korišćena pločica sa prevlakom TiO₂-RuO₂, a kao referentna elektroda korišćena je zasićena kalomelova elektroda (ZKE) i svi potencijali su prikazani u odnosu na nju. Sve korišćene hemikalije su p.a čistoće, rastvori su pravljani sa dva puta destilovanom vodom. Svi eksperimenti su urađeni na sobnoj temperaturi.

Hemijski sastav Zn-Ni-Co legura je određen metodom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS) na instrumentu PYE Unicam SP9, Philips. Površina prevlaka je snimana optičkim mikroskopom Leica EZ4 HD. Koroziona merenja prevlaka legura su vršena pomoću potencio-stata/galvanostata ZRA Gamry Series GTM 750.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

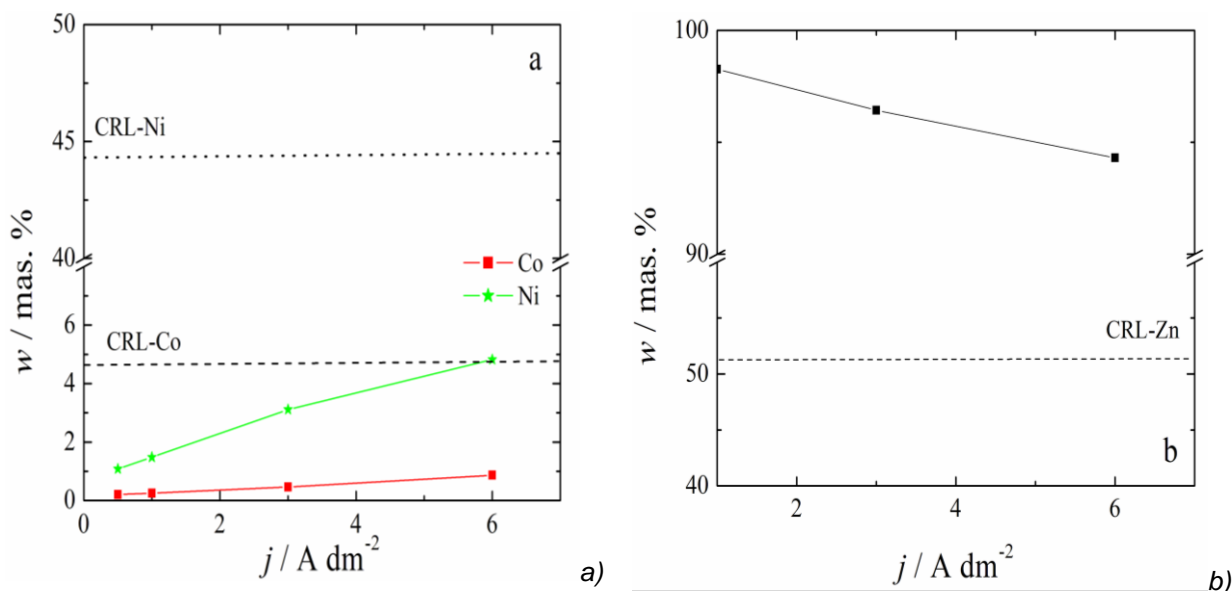
3.1. Hemijski sastav Zn-Ni-Co legura

Uticaj gustine struje taloženja, kao i odnosa jona legirajućih elemenata, na sadržaj Co, Ni i Zn u Zn-Ni-Co leguri, određenog atomskom apsorpcionom spektroskopijom, prikazan je na slikama 1-3, za legure taložene iz rastvora sa različitim odnosom jona Co²⁺ i Ni²⁺. Da bi se odredio hemijski sastav trojnih legura potrebno je znati tri promenljive. Način na koji se menja sastav rastvora za taloženje trojnih legura je veoma važan [9]. Najpogodniji postupak je da se ukupan sadržaj jona metala, kao i procenat jednog metala u rastvoru, održavaju konstantnim, čime se postiže da sastav trojne legure zavisi samo od od procentnog sadržaja jednog od preostala dva metala u rastvoru za

taloženje [9]. U ovom radu je sadržaj Zn održavan konstantnim u svim ispitivanim rastvorima za taloženje, a menjan je odnos legirajućih metala, Ni i Co.

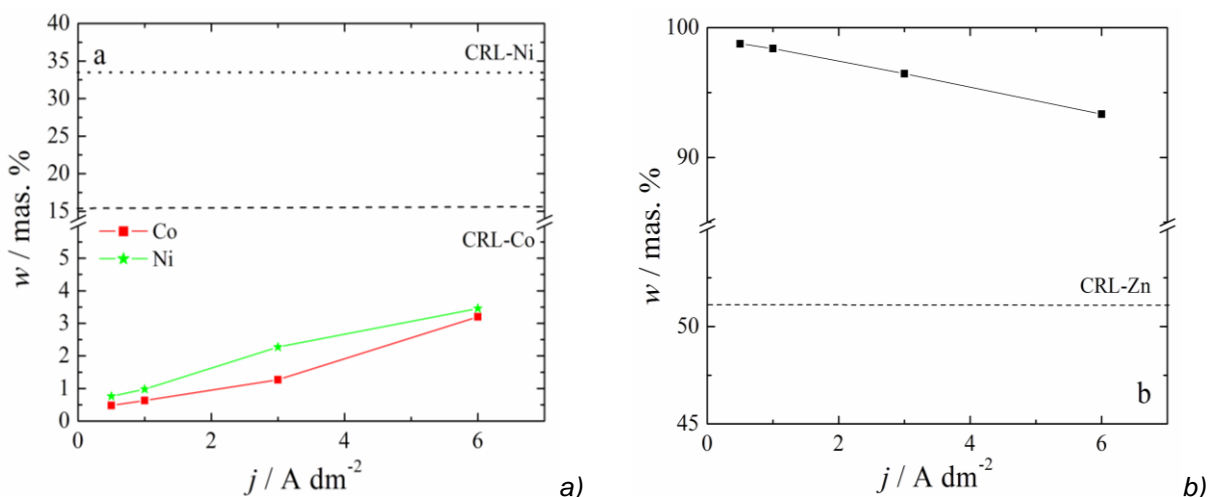
Na osnovu slika 1a i 2a može da se zaključi da hemijski sadržaj legirajućih elemenata zavisi kako od njihovog odnosa u rastvoru za taloženje, tako i

od gustine struje taloženja. Sadržaj Ni i Co u prevlakama legura raste sa porastom gustine taloženja, kod svih ispitivanih rastvora za taloženje. Legure dobijene elektrohemijom taloženjem iz rastvora sa odnosom $[Co^{2+}]/[Ni^{2+}] = 0,1$ imaju veći sadržaj Ni u poređenju sa Co (slika 1a).



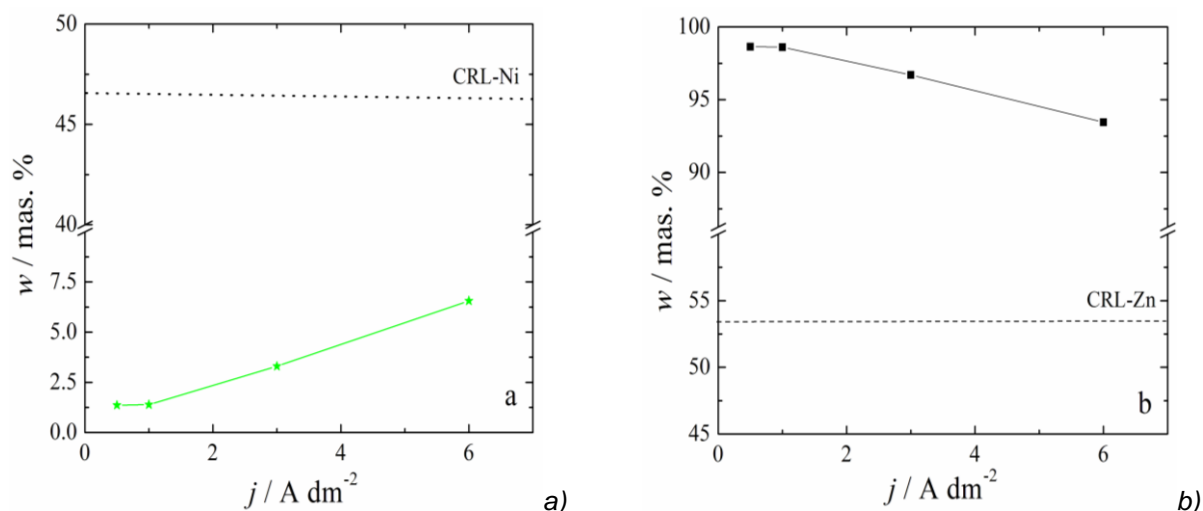
Slika 1 - Zavisnost procentnog sadržaja a) Ni i Co i b) Zn u prevlakama Zn-Ni-Co legura od njihovog procentnog sadržaja u rastvoru za taloženje, za rastvor 1 ($[Co^{2+}]/[Ni^{2+}] = 0,10$).

Razlike u sadržaju Ni i Co u trojnim legurama se smanjuju sa povećanjem njihovog odnosa u rastvoru za taloženje na 0,45 (sl. 2a). Međutim, ukupan sadržaj legirajućih elemenata nije bitno promenjen sa promenom odnosa njihovih jona u rastvoru za taloženje.

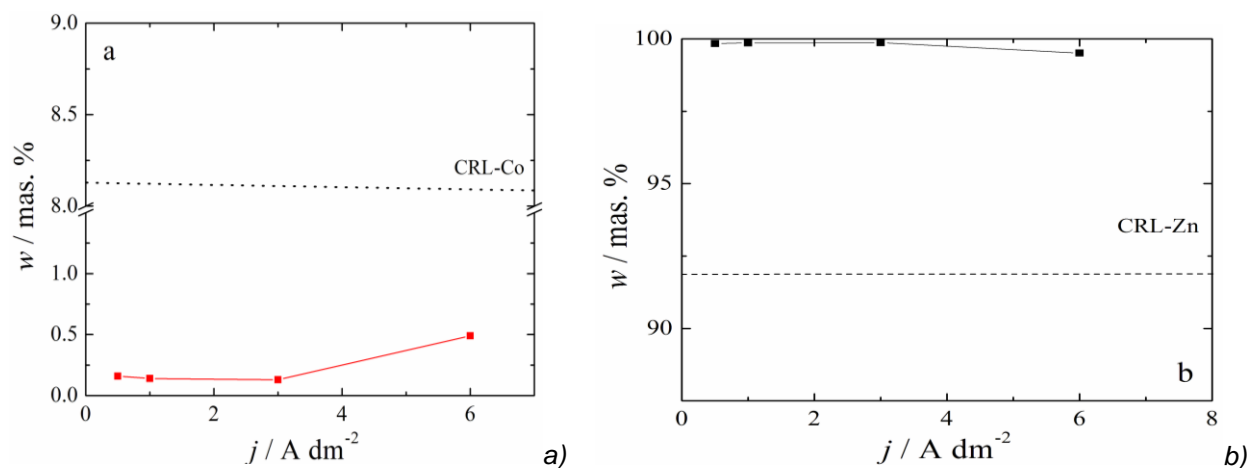


Slika 2 - Zavisnost procentnog sadržaja a) Ni i Co i b) Zn u prevlakama Zn-Ni-Co legura od njihovog procentnog sadržaja u rastvoru za taloženje, za rastvor 2 ($[Co^{2+}]/[Ni^{2+}] = 0,46$).

Radi poređenja, elektrohemijom su taložene i prevlake dvojnih legura Zn-Ni i Zn-Co. Na slikama 3 i 4 prikazane su zavisnosti hemijskog sadržaja ovih legura od gustine struje taloženja, redom.



Slika 3 - Zavisnost procentnog sadržaja a) Ni i b) Zn u prevlakama Zn-Ni legura od njihovog procentnog sadržaja u rastvoru za taloženje, za rastvor 3



Slika 4- Zavisnost procentnog sadržaja a) Co i b) Zn u prevlakama Zn-Co legura od njihovog procentnog sadržaja u rastvoru za taloženje, za rastvor 4

Sadržaj Ni i Co raste sa porastom gustine struje taloženja, pri čemu je brži porast, kao i veći sadržaj, Ni u Zn-Ni legurama u odnosu na sadržaj Co u Zn-Co legurama. Na slikama 1-4 prikazane su i tzv. kontrolne, referentne linije (CRL), koje predstavljaju odnos jona Co^{2+} (isprekidana linija), odnosno Ni^{2+} (tačkasta linija), prema ukupnoj količini Co^{2+} , Ni^{2+} i Zn^{2+} u rastvoru za taloženje. Brenner je taloženje dvojnih legura Zn sa elementima trijade gvožđa klasifikovao kao anomalno, pri čemu se cink, kao elektronegativniji metal, prvenstveno taloži i sadržaj legirajućeg elementa je manji u prevlaci nego u rastvoru za taloženje [9]. S obzirom da se sadržaj Ni, odnosno Co, u dvojnim legurama nalazi ispod odgovarajućih CRL, a sadržaj Zn iznad CRL u obe dvojne legure, može se za-

ključiti da se elektrohemijsko taloženje Zn-Ni i Zn-Co legura odigrava po anomalnom tipu taloženja.

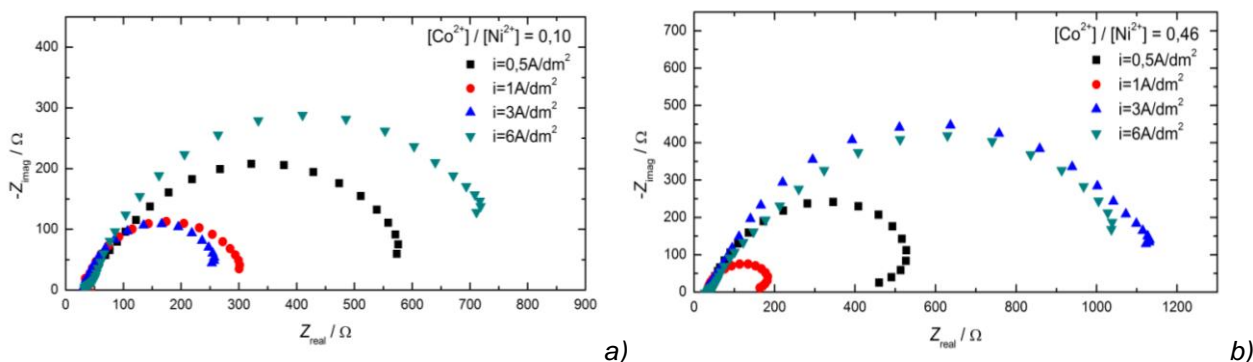
Ako bi se pri razmatranju taloženja trojnih legura primenila analogija taloženja dvojnih legura cinka, pri tome imajući u vidu mnogobrojna slična svojstva legirajućih elemenata, Ni i Co, na osnovu rezultata prikazanih na sl.1 i 2 može se zaključiti da se i Ni i Co talože po anomalnom tipu, pošto se sadržaj ovih metala u prevlakama trojnih legura nalazi ispod odgovarajućih CRL kod oba ispitivana rastvora za taloženje (sl. 1a i 2a). Iz zavisnosti sadržaja Zn od gustine struje taloženja (sl. 1b i 2b), može se zaključiti da se Zn preferencijalno taloži iz oba rastvora, pošto je sadržaj Zn iznad vrednosti CRL za Zn (koja iznosi ~ 51%) u oba ispitivana rastvora.

U rastvoru za taloženje br. 1 je odnos legirajućih elemenata 0,10, dok je odnos ovih metala u prevlaci u opsegu 0,15-0,19, u zavisnosti od gustine struje taloženja. U rastvoru za taloženje br. 2 u kome je odnos jona Co^{2+} i Ni^{2+} bio veći, 0,46, odnos metala u prevlaci je još više povećan i kreće se od 0,60 za niže struje taloženja do 0,92 pri većim stujama taloženja. U oba ispitivana rastvora za taloženje postignuti su uslovi da je odnos Co i Ni u prevlaci приметно veći od njihovog odnosa u rastvoru za taloženje, što ukazuje da ovi legirajući elementi imaju povoljan efekat u kotaloženju. Sinergijski efekat Ni na kotaloženje Co u prevlakama trojnih legura je pokazan i iz drugih rastvora za taloženje, hloridnog [14] ili u prisustvu želatina [15].

3.2. Koroziona stabilnost trojne legure Zn-Ni-Co

Koroziona stabilnost trojnih legura Zn-Co-Ni dobijenih iz rastvora različitog početnog odnosa koncentracija jona Co^{2+} i Ni^{2+} od 0,10 i 0,46 (rastvori za taloženje 1 i 2), kao i koroziona stabilnost dvojnih legura Zn-Ni i Zn-Co, ispitivana je primenom tehnike spektroskopije elektrohemijske impedancije.

Na slici 5, dati su spektri impedancije u kompleksnoj ravni dobijeni nakon 1 h izlaganja korozivnoj sredini za trojne legure Zn-Co-Ni dobijene taloženjem različitim gustinama struje iz rastvora različitog odnosa koncentracija jona Co^{2+} i Ni^{2+} od 0,10 i 0,46.

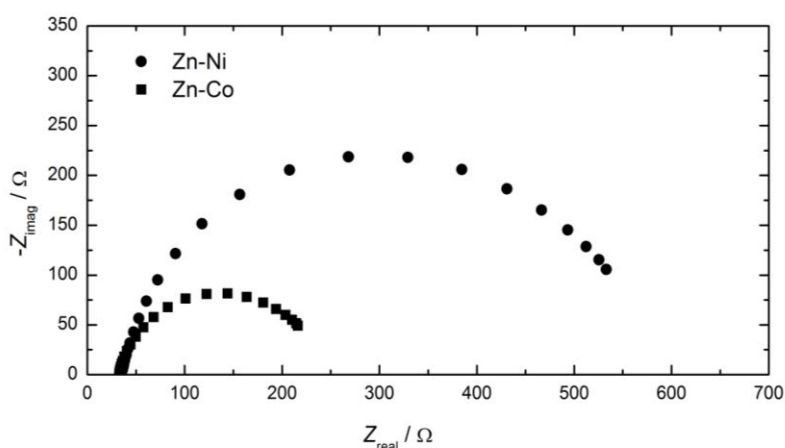


Slika 5 - Spektre elektrohemijske impedancije u kompleksnoj ravni nakon 1 h izlaganja 3 % rastvoru NaCl za prevlake trojnih legura Zn-Co-Ni dobijenih taloženjem različitim gustinama struje iz rastvora za taloženje sa odnosom jona $[\text{Co}^{2+}]/[\text{Ni}^{2+}]$: a) 0,10 i b) 0,46.

Spektre elektrohemijske impedancije za trojne legure Zn-Co-Ni, dati na slici 5, sastoje se iz dva preklapajuća polukruga sa oblašću visokih frekvencija koja odgovara prisustvu poroznog filma oksida i oblašću niskih frekvencija koja se dovodi u vezu sa barijernim svojstvima legure [11,14]. Na spektrima za legure taložene iz rastvora sa odnosom jona $[\text{Co}^{2+}]/[\text{Ni}^{2+}] = 0,46$ (slika 5 b) može se primetiti postojanje kapacitivnog odziva u oblasti niskih frekvencija, što se dovodi u vezu sa formiranjem pseudo-pasivnog sloja. Slično ponašanje uočeno je i kod Zn-Mn legura [16]. Sa slike 5 može se uočiti uticaj gustine struje taloženja na zaštitna svojstva trojne legure Zn-Co-Ni. Zaštitna svojstva prevlake taložene iz rastvora sa većim odnosom koncentracija jona Co^{2+} i Ni^{2+} ($[\text{Co}^{2+}]/[\text{Ni}^{2+}] = 0,46$, slika 5b) i većim gustinama struje (3,0 i 6,0 A dm^{-2}) pokazuju skoro dvostruko veća zaštitna svojstva u odnosu na zaštitna svojstva prevlake dobijene iz rastvora sa manjim odnosom koncentracije jona

Co^{2+} i Ni^{2+} ($[\text{Co}^{2+}]/[\text{Ni}^{2+}] = 0,10$, slika 5a). Ovakva zaštitna svojstva su očekivana imajući u vidu da je sadržaj Co i Ni u samoj trojnoj leguri taloženoj iz rastvora sa većim odnosom koncentracija jona Co^{2+} i Ni^{2+} , potvrđen na osnovu AAS, veći u odnosu na sadržaj Co i Ni u leguru taloženu iz rastvora sa manjim odnosom koncentracije jona Co^{2+} i Ni^{2+} .

Na slici 6, prikazani su spektri impedancije u kompleksnoj ravni dobijeni nakon 1 h izlaganja korozivnoj sredini za dvojne legure Zn-Co i Zn-Ni koje su pokazale najbolja zaštitna svojstva. Sa slike 6 uočava se da su zaštitna svojstva dvojne legure Zn-Ni dvostruko bolja u odnosu na zaštitna svojstva Zn-Co dvojne legure. Ovakvi rezultati se mogu objasniti činjenicom da je sadržaj Co u dvojnjoj leguri Zn-Co veoma mali, oko 0,2 mas%. Sa druge strane, vrednosti ukupne impedancije za Zn-Ni dvojnju leguru su očekivane imajući u vidu sadržaj Ni u dvojnjoj leguri dobijen na osnovu AAS.



Slika 6 - Spektri elektrohemijske impedancije u kompleksnoj ravni nakon 1 h izlaganja 3 % rastvoru NaCl za prevlake dvojnih legura Zn-Ni i Zn-Co.

Poređenjem zaštitnih svojstava prikazanih na slikama 5 i 6 može se zaključiti da trojna legura Zn-Co-Ni dobijena taloženjem iz rastvora sa odnosom jona $[Co^{2+}]/[Ni^{2+}] = 0,46$ i dobijena većim gustinama struje taloženja, pokazuje dvostruko bolja zaštitna svojstva u odnosu na dvojni leguru Zn-Ni, iako je sadržaj Ni u samoj leguri značajno manji a i ukupna količina legirajućih elementata Ni i Co daleko manja od sadržaja ovih elementata u dvojnim legurama, za koje se po literaturi zna da pružaju isti stepen zaštitnih svojstava. Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da je elektrohemijom taloženjem iz sulfatnih rastvora trojne Zn-Co-Ni legure koja ima manju količinu legirajućih elemenata, postignuto značajno povećanje zaštitnih svojstava u odnosu na dvojne legure.

Pokazano je da se optimalna zaštitna svojstva trojne legure postižu taloženjem iz rastvora elektrolita sa odnosom jona $[Co^{2+}]/[Ni^{2+}] = 0,46$ gustinama struje od 3 i 6 A dm⁻².

4. ZAKLJUČCI

Trojne legure Zn-Ni-Co je moguće uspešno elektrohemijski taložiti u galvanostatskim uslovima iz elektrolita na bazi sulfata bez prisustva aditiva. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da sadržaj jona u elektrolitu, kao i gustina struje kojom se taloži, imaju uticaja na sastav i korozionu postojanost Zn-Ni-Co legura. Ni i Co se u trojnoj leguri talože po anomalnom tipu taloženja pošto se sadržaj ovih metala u leguri nalazi ispod CRL, dok se Zn taloži preferencijalno, sa sadržajem iznad vrednosti CRL. Sa druge strane, odnos Co i Ni u legurama je приметно veći od njihovog odnosa u rastvoru za taloženje ukazujući na povoljan efekat u kotaloženju. Ispitivanjem zaštitnih svojstava legu-

ra, utvrđeni su optimalni uslovi za taloženje, i pokazano je da je moguće dobiti trojne legure sa manjim sadržajem legirajućih elemenata, koje pružaju daleko bolja zaštitna svojstva u odnosu na dvojne legure sa optimalnim sadržajem Co, odnosno Ni.

Zahvalnica

Zahvaljujemo se Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Projekat br. III 45019) i Ministarstvu nauke i tehnologije Republike Srpske (Projekat: „Elektrohemijom dobijanje ekološki prihvatljivih zaštitnih prevlaka legura Zn-Ni-Co na čeliku i njihova karakterizacija“).

5. LITERATURA

- [1] M.Pushpavanam, S.Natarajan, K.Balakrishnan, L.Sharma (1991) Corrosion behavior of electrodeposited zinc-nickel alloys, J. Appl Electrochem, 21, 642-645.
- [2] J.Bajat, M.Maksimović, G.Radović (2002) Electrochemical deposition and characterization of zinc-nickel alloys deposited by direct and pulse current, J.Serb.Chem.Soc., 67 (8-9) 625-634.
- [3] P.Chen, I.Sun (2001) Electrodeposition of cobalt and zinc-cobalt alloys from a Lewis acidic zinc chloride-1-ethyl-3-methylimidazolium chloride molten salt, Electrochim Acta, 46(8), 1169-1177.
- [4] M.Pech-Canul, R.Ramanauskas, L.Maldonado (1997) An electrochemical investigation of passive layers formed on electrodeposited Zn and Zn-alloy coatings in alkaline solutions Electrochim Acta, 42, 255-260.
- [5] J.Bajat, S.Stanković, B.Jokić (2009) Electrochemical deposition and corrosion stability of Zn-Co alloys, J.Solid State Electrochem., 13 (5), 755-762.

- [6] P. De Lima-Neto, A.N.Correia, R.P.Colares, W.S. Araujo, (2007) Corrosion Study of Electrodeposited Zn and Zn-Co Coatings in Chloride Medium, J. Braz. Chem. Soc., 18(6), 1164-1175.
- [7] N.Boshkov, K.Petrov, D.Kovacheva, S.Vitkova, S. Nemska (2005) Corrosion Study of Electrodeposited Zn and Zn-Co Coatings in Chloride Medium, Electrochim Acta, 51(1), 77-84.
- [8] R.Ramanauskas, R.Juskenas, A.Kalinicenko, L. Darfias-Mesias (2004) Microstructure and corrosion resistance of electrodeposited zinc alloy coatings, J. Solid State Electrochem, 8(6), 416-421.
- [9] A.Brennera (1963) Electrodeposition of Alloys, Vol. 2, Academic Press, New York, pp194-227.
- [10] R.Srivastava, R. Mukerjee (1976) Electrodeposition of binary alloys: an account of recent developments, J. Appl. Electrochem., 6, 321-331.
- [11] J.B.Bajat (2009) Prevlake legura cinka – elektrohemijsko dobijanje i korozijska stabilnost, SITZAMS, Beograd.
- [12] W. Kautek, M. Sahre, W. Paatsch (1994) Transition metal effects in the corrosion protection of electroplated zinc alloy coating, Electrochim. Acta, 39, 1151-1157.
- [13] R. Fratesi, G. Roventi, G. Giuliani, C.R.J. Tomachuk (1997) Zinc-cobalt alloy electro-deposition from chloride baths, Appl. Electrochem., 27, 1088-1094.
- [14] M.V.Tomić, M. M. Petrović, S.Stanković, S.I.Stevanović, J.B.Bajat (2015) Ternary Zn-Ni-Co alloy: anomalous codeposition and corrosion stability, J.Serb.Chem.Soc., 80(1), 73-86.
- [15] N. Eliaz, K. Venkatakrishna, A. Hegde (2010) Electroplating and characterization of Zn-Ni, Zn-Co and Zn-Ni-Co alloys, Surf Coat Tech, 205(7), 1969-1978.
- [16] M. Bučko, J. Rogan, S.Stevanović, A. Perić-Grujić, J. Bajat (2011) Initial corrosion protection of Zn-Mn alloys electrodeposited from alkaline solution, Corr. Sci., 53(9), 2861-2871.

ABSTRACT

THE CHARACTERIZATION OF TERNARY ZN-NI-CO ALLOY COATINGS ELECTROCHEMICALLY DEPOSITED ON STEEL FROM SULFATE SOLUTION

In this work the electrochemical deposition of ternary Zn-Ni-Co alloy coatings on steel from sulfate, additive-free electrolyte, was investigated. The ratio of metal cations $[Co^{2+}]/[Ni^{2+}]$ in the plating solution was analysed, as well as the influence of deposition current densities on the chemical content and corrosion stability of ternary coatings. Coatings were deposited at 25 °C. On the basis of the results obtained it was shown that the cobalt to nickel ratio in alloy coatings is significantly higher as compared to their ratio in the plating electrolyte, indicating beneficial effect of Ni and Co codeposition. Deposition of Zn-Ni-Co alloy coatings from both plating electrolytes analysed in this work was anomalous. The optimal parameters for electrodeposition of ternary Zn-Ni-Co alloy coatings with increased corrosion stability are metal ion ratio $[Co^{2+}]:[Ni^{2+}] = 0,46$ in the plating bath and deposition at current densities of 3 i 6 A dm⁻².

Keywords: Electrochemical deposition, Zn-Ni-Co alloys, corrosion stability, EIS.

Scientific paper

Paper received: 12. 12. 2015.

Paper accepted: 23. 01. 2016.

Paper is available on the website: www.idk.org.rs/casopis