

JASMINA STEVANOVIĆ<sup>1</sup>,  
BRANIMIR JUGOVIĆ<sup>2</sup>  
JOVAN POPIĆ<sup>1</sup>,  
JASNA STAJIĆ-TROŠIĆ<sup>3</sup>,  
NADA TALIJAN<sup>3</sup>

Originalni naučni rad  
UDC:669.25.24.28.787.012.37-492.2=861

## Elektrohemijsko dobijanje prahova legure Co-Ni-Mo-O

*Alkalni, amonijačni elektrolit je korišćen za dobijanje prahova Co-Ni-Mo-O legure. Prahovi su taloženi pri konstantnoj gustini struje, kao sporedna reakcija pri reakciji intenzivnog izdvajanja vodonika. Metali grupe gvožđa, Co i Ni indukuju taloženje Mo, koji sam ne može da se taloži iz vodenih elektrolita. Dobijeni prahovi su ispitani EDX, X-ray i SEM analizom i na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se promenom odnosa koncentracija soli u elektrolitu za taloženje, kao i gustom struje taloženja može uticati na hemijski sastav i veličinu čestica prahova Co-Ni-Mo-O legure. Rezultati rendgenske analize ukazuju na amorfnu strukturu dobijenih prahova.*

**Ključne reči:** prah Co-Ni-Mo-O, indukovano taloženje

### 1. UVOD

Legure Co, dobijene elektrohemijskim taloženjem u obliku prahova ili prevlaka, spadaju u važne magnetne materijale [1- 16], kao i dobre katalizatore za reakciju izdvajanja vodonika [17-19].

Neki elementi, kao što su Mo, W, Ti, ne mogu se elektrohemijski redukovati do metala iz vodenih rastvora [20]. Redukciju ovih metala indukuju metali grupe gvožđa. Postoje različite hipoteze o mehanizmu indukovano taloženja. Jedna od njih je da do depolarizacije volframa i molibdena dolazi usled legiranja [21]. Jedan od mehanizama zasnovan je na hipotezi o formiranju mešovito kompleksnog jona, koji sadrži i volfram i metal grupe gvožđa, u elektrolitu za taloženje legure. Redukcija kompleksnog jona je lakša od redukcije jona pojedinačnih metala [22]. Hipoteza zasnovana na prisustvu oksidnog filma na katodi polazi od pretpostavke da se oksidni sloj delimično redukovanih oksida molibdena i volframa redukuje usled reakcije sa vodonikom adsorbovanim na sveže istaloženim metalima grupe gvožđa. Prema ovom katalitičkom redukcionom mehanizmu, broj atoma vodonika adsorbovanih na metalima grupe gvožđa po atomu metala jednak je broju nesparenih elektrona [23-25].

Golubkov i Jurev [26] ukazuju da tokom katodne polarizacije legure Mo sa Fe i Ni dolazi do formiranja sloja nerastvornih jedinjenja, najverova

tnije Mo(III)-oksida/hidroksida, slabo propustljivog za gvožđe (II) i nikal (II)-jone pa se zato redukcija tih jona odigrava pri većim prenapetostima.

Ispitivanja mehanizma taloženja molibdena sa niklom iz citratnih elektrolita dovela su do hipoteze o adsorpciji i katalitičkoj reakciji redukcije molibdatnih vrsta [27-31]. Prema ovom modelu redukcija dvovalentnog kompleksa nikla je kontrolisana procesima transporta, difuzijom do elektrode, a zatim dvostepenom konsekvativnom reakcijom redukcije. Redukcijom adsorbovanog intermedijara  $[Ni^{2+}(aq)MoO_2]_{ads}$  taloži se metalni molibden, a istovremeno se vrste dvovalentnog nikla regenerišu.

### 2. EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorci prahova su taloženi iz elektrolita sastava:  $CoSO_4$ ,  $NiSO_4$ ,  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ ,  $NH_4Cl$  i  $NH_4OH$ .

Odnos soli Co i Ni je varirana i iznosila je 0,1 M Ni i 0,1 M Co (1:1) i 0,16 M Ni i 0,04 M Co (4:1), a takođe je varirana i koncentracija soli Mo od 0,005 mol/dm<sup>3</sup> do 0,06 mol/dm<sup>3</sup>. Koncentracija  $NH_4Cl$  je iznosila 74.13 g / dm<sup>3</sup> uz dodatak  $NH_4OH$  kojim je održavan pH rastvora na 10,6.

Ispitivan je uticaj promene koncentracije soli Co, Ni i Mo u elektrolitu za taloženje na elektrohemijske parametare taloženja, kao i uticaj promene gustine struje taloženja od 200 mA/cm<sup>2</sup> do 800 mA/cm<sup>2</sup> na strukturu i maseni sastav dobijenih prahova legure Co-Ni-Mo-O.

Adresa autora: <sup>1</sup>IHTM-CEH, Njegoševa 12, Beograd, <sup>2</sup>ITN-SANU, Knez Mihailova 35, Beograd, <sup>3</sup>IHTM-CMM, Njegoševa 12, Beograd

Polarizacione krive su snimane u klasičnoj elektrohemijskoj ćeliji, gde je radna elektroda bila od Ti, kontra elektroda od Pt, a referentna Ag/AgCl direktno vezana za Luginovu kapilaru na uređaju PAR273A. Brzina promene potencijala, pri kojem su beležene polarizacione krive je 1 mV/s.

Zapremina elektrohemijske ćelije u kojoj su taloženi prahovi legura je 5,5 dm<sup>3</sup> sa posebnim odvojenim delom sa Luginovom kapilalom, gde je kao referentna elektroda korišćena zasićena Kalomelova elektroda. Anoda je bila od olova, Pb/PbO<sub>2</sub> površine 100 cm<sup>2</sup>, a katoda od titana, ploča površine 32 cm<sup>2</sup> i debljine 0,5 cm. Ćelija je termostatiрана i održavana je radna temperatura od 25 °C. Rastvor je napravljen od p.a. hemikalija i dva puta destilovane vode. Tokom rada korišćeno je standardno električno kolo.

Prah legure Co-Ni-Mo-O je elektrohemijski taložen pri konstantnoj gustini struje. Nakon završene elektrolize dobijeni prah je ispiran više puta, destilovanom vodom. Zatim je ispiran i sa 0,1% rastvorom benzoeeve kiseline. Nakon toga prahovi su sušeni na 110 °C.

Morfologija i veličina zrna dobijenih prahova ispitivana je SEM analizom na uređaju JEOL JSM-6460 LV.

EDX analiza izvršena je na uređaju Oxford Instruments-INCA Energy, i daje kvantitativan maseni hemijski sastav dobijenih legura prahova Co-Ni-Mo-O.

XRD analiza dobijenih prahova urađena je na difraktometru za prah, PANanalytical, u opsegu 20-110°, 2θ sa korakom od 0,02° 2θ, u cilju identifikacije prisutnih faza ispitivanih prahova.

### 3. REZULTATI

Pri zajedničkom taloženju Co i Ni iz alkalnog, amonijačnog elektrolita dolazi do anomalnog taloženja Ni. Poznato je da je ravnotežni potencijal Ni za 20 mV pozitivniji od Co. Polarizacione krive elektrohemijskog taloženja pojedinačnih metala pokazuju da se čist Ni (slika 1, kriva 1) iz amonijačnog elektrolita taloži na potencijalu za oko 100 mV negativnijem od taloženja čistog Co (slika 1, kriva 2). U puferovanom amonijačnom elektrolitu, pri pH vrednosti od 10,6 uticaj svih ostalih liganada je zanemarljiv tako da su Co i Ni prisutni isključivo kao kompleksni joni oktaedarskog tipa: [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> sa konstantom stabilnosti 10<sup>4,39</sup> i [Ni(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> sa konstantom stabilnosti 10<sup>8,01</sup>. Na osnovu vrednosti konstanti stabilnosti, vidi se da je mnogo lakše ostvariti taloženje Co, jer je slabije vezan u kompleks, nego Ni. Anomalno taloženje Ni je posledica znatno jačeg kompleksiranja jona Ni, tako da njegova vrednost potencijala taloženja

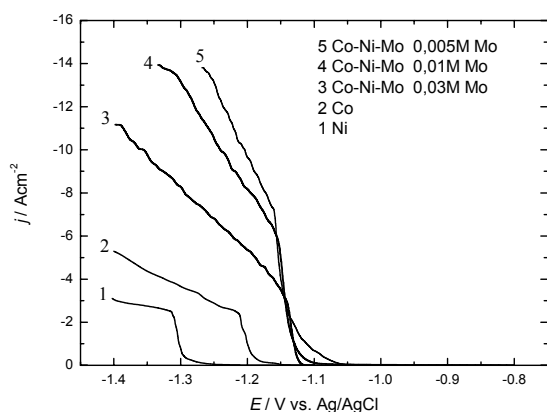
postaje znatno negativnija u odnosu na prvobitno manje plemenit metal Co. Polarizaciona kriva zajedničkog taloženja prahova Co-Ni legure nalazi se između ove dve polarizacione krive i njen položaj zavisi od odnosa koncentracija soli Co i Ni u osnovnom elektrolitu. Praktično potrebno je da koncentracija soli Ni u elektrolitu za taloženje bude značajno veća, čak nekoliko puta od koncentracije soli Co da bi sadržaj Ni u prahu legure bio veći nego Co [14-16].

Prahovi Ni, Co, kao i legura Ni-Co nisu bila cilj ovih istraživanja, već uslovi njihovog dobijanja su ispitivani da bi se objasnio mehanizam taloženja prahova Co-Ni-Mo-O legure i utvrdio ko od metala grupe gvožđa: kobalt ili nikel, preferencijano utiče na taloženje Mo iz amonijačnog elektrolita.

Mo je unet u rastvor za taloženje u obliku molibdata [MoO<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>. I ako sklon da formira polimerne jone, klastere [Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>]<sup>6-</sup>, koji se mogu detektovati u rastvoru difuzionom refleksionom spektroskopijom, pri pH vrednostima većim od 9, a u ovom radu je pH oko 10,6, Mo je preferencijalno prisutan u obliku molibdata. Tek dodatkom kiseline, odnosno H<sup>+</sup> jona pri pH manjim od 5 dolazi do formiranja polimernih jona Mo [32]. Dobijanje prahova iz amonijačnog elektrolita apsolutno podržava hipotezu o adsorpciji i katalitičkoj reakciji redukcije molibdatnih vrsta [27-31], s tim što treba uneti ispravke u terminologiji. Metali grupe gvožđa indukuju taloženje Mo, a Mo katalizuje reakciju taloženja metala grupe gvožđa. Mo pomaže potencijal taloženja Ni za 200 mV (slika 1., kriva 1.), a Co za više od 100 mV u pozitivnu stranu (slika 1., kriva 2.). Čist Ni iz amonijačnog elektrolita kreće da se taloži na potencijalima negativnijim od -1,3 V, čist Co na potencijalima negativnijim od -1,2 V, a prah legure Co-Ni-Mo-O na potencijalima pozitivnijim od potencijala taloženja pojedinačnih metala, na oko -1,1 V.

Na osnovu snimljenih polarizacionih krivih (slika 1. krive 3., 4. i 5.) vidi se da se sa povećanjem koncentracije soli Mo u elektrolitu za taloženje, a pri ostalim konstantnim parametrima sistema, potencijal taloženja prahova Co-Ni-Mo-O pomaže ka negativnijim vrednostima, kao i da se smanjuje plato granične struje taloženja. To znači da taloženje praha iz rastvora sa najmanjom koncentracijom Mo kreće na najpozitivnijim potencijalima. Iz rastvora gde je koncentracija Mo 0,005 M, prah kreće da se taloži na potencijalu od -1,07 V (slika 1., kriva 5). Iz rastvora gde je koncentracija Mo 0,03 M prah kreće da se taloži na potencijalu negativnijem za 100 mV, na -1,123 V (slika 1., kriva 3). Povećanje koncentracije Mo utiče i na

smanjenje platoa granične struje taloženja koje za koncentraciju od 0,005 M Mo iznosi 7,183 A/cm<sup>2</sup>, a za 0,03 M Mo 2,911 A/cm<sup>2</sup>.



Slika 1- Polarizacione krive taloženja: 1) čistog Ni; 2) čistog Co; 3) praha Co-Ni-Mo-O legure dobijene iz 0.03 M rastvora Mo; 4) praha Co-Ni-Mo-O legure dobijene iz 0.01 M rastvora Mo; 5) praha Co-Ni-Mo-O legure dobijene iz 0.005 M rastvora Mo.

Mehanizam taloženja predložen od grupe autora [28-31], potvrđen je u ovom radu i važi samo za alkalne elektrolite gde je Mo prisutan u obliku molibdata, ali ne i za kisele elektrolite gde je Mo prisutan u obliku polimernih jona. Ni i Co bi trebali da se talože dvostepenom konsekvativnom reakcijom redukcije. Mo bi po predloženom mehanizmu mogao da se taloži kao čist metal, u obliku oksida ili čak i jedinjenja sa Co i Ni. Adsorbovani reakcioni intermedijari po predloženom mehanizmu bi trebali da budu  $[Co^{2+}(aq)MoO_2]_{ads}$  i  $[Ni^{2+}(aq)MoO_2]_{ads}$ . Bilo bi takođe očekivano da zbog veće stabilnosti amonijačnog kompleksa Ni, on bude mnogo manje zastupljen u adsorbovanom sloju, što se i vidi iz dobijenih rezultata. Rezultati EDX analize ukazuju da sadržaj Ni u prahu gotovo da ne zavisi od gustine struje taloženja, niti od sadržaja Ni u kupatilu za taloženje, što je prikazano u tabelama 1., 2. i 3. Ukoliko se koncentracija Ni poveća u odnosu na koncentraciju Co u elektrolitu za taloženje četiri puta i njegov sadržaj prahu se povećava, ali za svega jedan ili dva procenta, tabela 3. Može se zaključiti da Co u odnosu na Ni preferencijalno indukuje taloženje Mo. Uticaj Ni je gotovo zanemarljiv.

U prahu Co-Ni-Mo-O, Mo može biti prisutan kao čist Mo, u obliku oksida i u obliku jedinjenja sa Co ili Ni, koja ne moraju biti stehiometrijska. Može se pretpostaviti da adsorbovani sloj formiran na katodi čine  $[Co(NH_3)_6 Mo_x O_y]_{ads}^{2+}$  i  $[Ni(NH_3)_6 Mo_x O_y]_{ads}^{2+}$ , gde je  $x \geq 1$  i  $y \geq 0$ . Međutim, očigledno je

preferencijalno zastupljen  $[Co(NH_3)_6 Mo_x O_y]_{ads}^{2+}$ . Ovakav kompleksni katjon ponaša se tako da sprečava transport Ni iz mase elektrolita do elektrodne površine, a istovremeno omogućava nesmetano taloženje Co i Mo. Zbog konstante stabilnosti amonijačnog kompleksa nikla koja je za četiri reda veličine veća od konstante stabilnosti amonijačnog kompleksa kobalta, Ni najverovatnije u prisustvu Co i ne stiže da sa Mo napravi kompleksni katjon, čime bi olakšao taloženje bilo u obliku jedinjenja sa Mo, bilo u čistom metalnom obliku ili obliku oksida. Iz EDX tabela 1, 2 i 3 se vidi da svaki porast sadržaja Mo u prahu prati i rast Co u prahu, a da je na sadržaj Ni iz amonijačnog, alkalnog elektrolita gotovo nemoguće uticati, bez obzira na variranje odnosa koncentracija soli Co i Ni u rastvoru za taloženje.

Na osnovu dobijenih rezultata SEM analize legure Co-Ni-Mo-O (slike 2 i 3) vidi se da se dobija vrlo fina struktura praha sa česticama nanometarskih dimenzija prisutnih u velikim aglomeratima.

SEM slike prahova dobijenih pri odnosu koncentracija soli 0,1 M Ni i 0,1 M Co (1:1) i 0,06 M Mo u elektrolitu za taloženje, pri konstantnoj gustini struje taloženja od 400 mA/cm<sup>2</sup> (slika 2a) veličina zrna iznosi od 80-150 nm, a pri 800 mA/cm<sup>2</sup> (slika 2c) veličina zrna iznosi od 50-70 nm. Sa povećanjem gustine struje taloženja dobijaju se zrna manjih dimenzija. Veličina čestica je određena SEM analizom pri uvećanju od 100 000 x.

Prah dobijen pri odnosu koncentracija soli 0.1M Ni i 0.1 M Co (1:1) i 0,03 M Mo u elektrolitu za taloženje, pri gustini struje taloženja od 800 mA/cm<sup>2</sup> (slika 2b) veličina zrna iznosi oko 150 nm. To znači da se pri gustini struje taloženja od 400 mA/cm<sup>2</sup>, a pri duplo većem sadržaju Mo u elektrolitu za taloženje dobijaju čestice manjih dimenzija (slika 2a) nego pri gustini struje taloženja od 800 mA/cm<sup>2</sup> i duplo manjem sadržaju Mo (slika 2b).

Pri konstantnoj gustini struje taloženja od 800 mA/cm<sup>2</sup> sa povećanjem koncentracije Mo u rastvoru za taloženje dobijaju se sitnija zrna dva do tri puta (slika 2b i 2c).

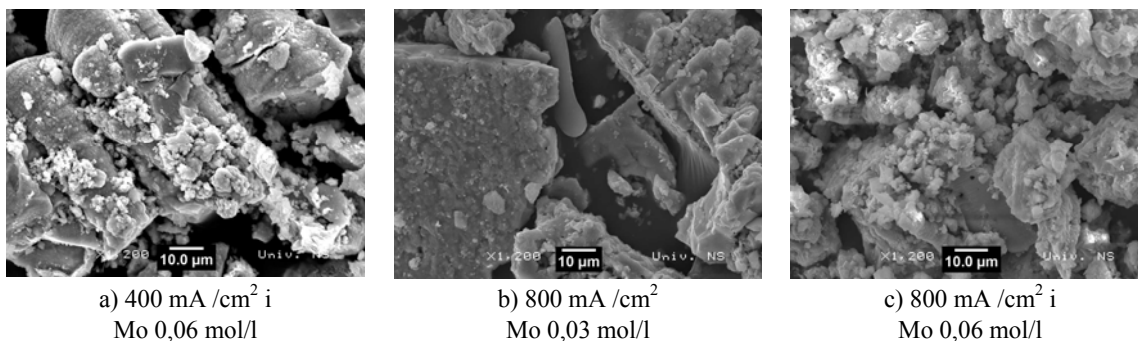
Može se zaključiti da se sa povećanjem sadržaja Mo u elektrolitu za taloženje, kao i sa povećanjem gustine struje taloženja može uticati na dobijanje zrna manjih dimenzija.

Kada se promeni odnos Ni i Co u elektrolitu za taloženje tako da je koncentracija Ni četiri puta veća u odnosu na Co, 0,16 M Ni i 0,04 M Co (4:1) i varira koncentracija Mo od 0,005M do 0,03M, prikazane su ilustrativno SEM slike za jednu gustinu struje taloženja od 400 mA/cm<sup>2</sup> (slika 3). Sa slike se vidi da sa povećanjem sadržaja Mo u elektrolitu za taloženje veličina čestica opada.

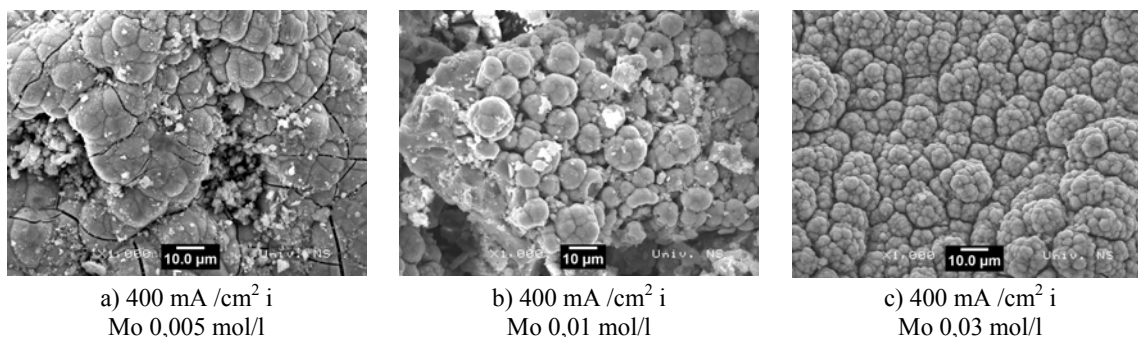
Poređenjem slika 2 i 3 može se uvideti da sa povećanjem Ni u elektrolitu za taloženje dolazi do promene morfologije uzoraka. Sa slike 2, gde je odnos 0,1 M Ni i 0,1 M Co (1:1) dobijaju se čestice primarno ljuspičaste strukture (angularnih oblika), a sa slike 3 gde je odnos 0,16 M Ni i 0,04 M Co (4:1)

pojavljuju se aglomerisane čestice približno sferičnog oblika.

Na osnovu EDX analize, izvršene analiziranjem desetak različitih mesta na površini uzoraka praha, dobijen je sadržaj pojedinačnih elemenata u uzorcima, čije su vrednosti prikazane u tabelama 1, 2 i 3.



Slika 2- SEM snimak legure Co-Ni-Mo-O, dobijen pri odnosu koncentracija 0,1M Ni i 0,1 M Co (1:1)



Slika 3. SEM snimak legure Co-Ni-Mo-O, dobijen pri odnosu koncentracija 0,16M Ni i 0,04 M Co (4:1)

Tabela 1- Rezultati EDX analize ispitivanih uzoraka prahova Co-Ni-Mo-O legure dobijenih pri gustini struje taloženja od 400 mA/cm<sup>2</sup>, pri odnosu 0,1 M Ni i 0,1 M Co (1:1)

Sadržaj Mo u elektrolitu za taloženje, mol/l	Atomski sadržaj kiseonika, %	Atomski sadržaj Co, %	Atomski sadržaj Mo, %	Atomski sadržaj Ni, %
0.005	72	11	14	3
0.01	62	15	30	3
0.03	44	18	36	2
0.06	44	18	36	2

Tabela 2- Rezultati EDX analize ispitivanih uzoraka prahova Co-Ni-Mo-O legure dobijenih pri gustini struje taloženja od 800 mA/cm<sup>2</sup>, 0,1M Ni i 0,1 M Co (1:1)

Sadržaj Mo u elektrolitu za taloženje, mol/l	Atomski sadržaj kiseonika, %	Atomski sadržaj Co, %	Atomski sadržaj Mo, %	Atomski sadržaj Ni, %
0.005	63	12	22	3
0.01	50	16	32	2
0.03	42	19	37	2

Uočeno je da sa promenom (porastom) koncentracije Mo u elektrolitu za taloženje od 0,005 mol/l do 0,03 mol/l, pri konstantnoj gustini struje taloženja (tabela 1, 2, 3) dolazi do povećanja sadržaja Mo u prahu. Pri povećanju koncentracije

solu Mo u elektrolitu za taloženje sa 0,03 mol/l na 0,06 mol/l sadržaj Mo u prahu legure Co-Ni-Mo-O je konstantan (tabela 1), pa dalje povećanje koncentracije Mo u elektrolitu za taloženje nema uticaj na hemijski sastav dobijenih prahova.

Tabela 3- Rezultati EDX analize ispitivanih uzoraka prahova Co-Ni-Mo-O legure dobijenih pri gustini struje taloženja od 400 mA/cm<sup>2</sup>, pri odnosu 0,16 M Ni i 0,04 M Co (4:1)

Sadržaj Mo u elektrolitu za taloženje, mol/l	Atomski sadržaj kiseonika, %	Atomski sadržaj Co, %	Atomski sadržaj Mo, %	Atomski sadržaj Ni, %
0.005	68	12	14	6
0.01	68	12	15	5
0.03	67	13	17	3

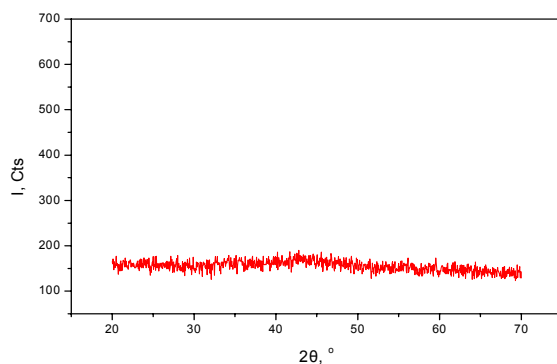
Promene u sadržaju Ni i Co u elektrolitu za taloženje bitno utiču kako na morfologiju tako i na hemijski sastav dobijenih prahova (tabela 1 i 3), gde su uzorci prahova dobijeni pri istoj gustini struje taloženja od 400 mA/cm<sup>2</sup>. Kada je odnos koncentracija 0,1 M Ni i 0,1 M Co (1:1), sa povećanjem koncentracije Mo u elektrolitu za taloženje, sadržaj kiseonika i Ni u dobijenim prahovima opada na račun porasta sadržaja Mo i Co (tabela 1).

Povećanjem koncentracije Ni na 0,16 M Ni i 0,04 M Co (4:1) i sa povećanjem koncentracije Mo u elektrolitu za taloženje, sadržaj kiseonika i Ni u dobijenim prahovima neznatno opada tj. gotovo je konstantan, dok sadržaj Mo neznatno raste (tabela 3).

Poređenjem rezultata iz tabela 1 i 3 vidi se da je ukupan sadržaj pojedinačnih elemenata u prahu Co, Ni i Mo mnogo manji iz elektrolita u kome je veći sadržaj Ni, na račun povećanja sadržaja kiseonika. Svako povećanje sadržaja Co u svim uzorcima prahova legura prati i povećanje sadržaja Mo.

Sa povećanjem gustine struje taloženja sa 400 mA/cm<sup>2</sup> na 800 mA/cm<sup>2</sup> (tabela 1 i 2), a pri ostalim konstantnim parametrima sistema dolazi do povećanja sadržaja Mo i Co sa porastom koncentracije Mo u elektrolitu za taloženje.

Izvršena je rendgenska analiza dobijenih prahova Co-Ni-Mo-O.



Slika 4- X-Ray difraktogram praha legure Co-Ni-Mo-O

Dobijeni X-Ray difraktogram, ilustrativno prikazan na slici 4., ukazuje na amorfnu strukturu dobijenih prahova Co-Ni-Mo-O.

#### 4. ZAKLJUČAK

Iz amonijačnog alkalnog elektrolita pri pH 10,6 molibden je prisutan samo u obliku jona molibdata [MoO<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>, a Co i Ni kao kompleksni joni oktaedarskog tipa: [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> sa konstantom stabilnosti 10<sup>4,39</sup> i [Ni(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> sa konstantom stabilnosti 10<sup>8,01</sup>. Na osnovu vrednosti konstanti stabilnosti, vidi se da je mnogo lakše ostvariti taloženje Co, jer je slabije vezan u kompleks, nego Ni. Anomavno taloženje Ni je posledica znatno jačeg kompleksiranja jona Ni, tako da njegova vrednost potencijala taloženja postaje znatno negativnija u odnosu na prvobitno manje plemenit metal Co za skoro 120 mV.

U prahu legure Co-Ni-Mo-O, Mo može biti prisutan kao čist Mo, u obliku oksida MoO, Mo<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MoO<sub>2</sub>, MoO<sub>3</sub> i Mo<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, kao i u obliku jedinjenja sa Co ili Ni. Može se pretpostaviti da adsorbovani sloj formiran na katodi čine [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>x</sub>O<sub>y</sub>]<sup>2+</sup><sub>ads</sub> i [Ni(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>x</sub>O<sub>y</sub>]<sup>2+</sup><sub>ads</sub>, gde je x ≥ 1 i y ≥ 0. Međutim, očigledno je preferencijalno zastupljen [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>x</sub>O<sub>y</sub>]<sup>2+</sup><sub>ads</sub>. Ovakav kompleksni katjon ponaša se tako da sprečava transport Ni iz mase elektrolita do elektrodne površine, a istovremeno omogućava nesmetano taloženje Co i Mo. Zbog konstante stabilnosti amonijačnog kompleksa nikla koja je za četiri reda veličine veća od konstante stabilnosti amonijačnog kompleksa kobalta, Ni najverovatnije u prisustvu Co i ne stiže da sa Mo napravi kompleksni katjon, čime bi olakšao taloženje bilo u obliku jedinjenja sa Mo, bilo u čistom metalnom obliku ili obliku oksida.

Može se zaključiti da se sa povećanjem sadržaja Co i Mo u elektrolitu za taloženje, kao i sa povećanjem gustine struje taloženja može uticati na dobijanje značajnijih dimenzija.

Povećanjem koncentracije Ni u elektrolitu za taloženje dolazi do promene morfologije uzoraka praha Co-Ni-Mo-O od primarno ljustičaste (angularnih oblika) čestica do aglomerisanih čestica približno sferičnog oblika, kao i do smanjenja sadržaja Co i Mo.

Svako povećanje sadržaja Co u svim uzorcima prahova legura prati i povećanje sadržaja Mo.

Pri elektrohemijском dobijanju ternarnih prahova Co-Ni-Mo-O na katodi paralelno se odigrava reakcija izdvajanja vodonika iz vode, koja je primarna reakcija. Pri manjim gustinama struje taloženja veće je iskorišćenje struje za reakciju taloženja prahova Co-Ni-Mo-O.

#### Zahvalnost

*Autori se zahvaljuju ministarstvu za nauku i zaštitu životne sredine Srbije za finansiranje ovog rada u okviru projekta H 142044*

#### LITERATURA

- [1] P.J. Grundy, J.Phys. D 31 (1988) 2957-2990
- [2] D. E. Laughlin, B.Lu, Y.N.Hsu, J.Zou, D. N. Lambeth, IEEE Trans. Magn.36 (2000) 48-53.
- [3] M.Takai, K. Hayashi, M. Aoyagi, T. Osaka, J. Electrochem.Soc. 144 (1997) L203-L204.
- [4] T. Osaka, M. Takai, K. Hayashi, K. Ohashi, M. Saito, Nature 392 (1998) 796-798.
- [5] M. Futamoto, N. Inaba, A. Nakamura, Y. Honda, Acta Mater. 46 (1998) 3777-3786.
- [6] N.Inaba, Y. Uesaka, M. Futamoto, IEEE trans. Magn. 36 ( 2000) 54-60.
- [7] C.Lin, Y.G.Chen, B.X. Liu, Thin Solid Films 338 (1999) 314-319.
- [8] A. Slawska-Waniewska, P.Didukh, H. K. Lachowicz, T. Kulik, J. Magn.Magn.Mater. 215 (2000) 495-498
- [9] A. Inoue, A. Makino, T. Mizushima, J. Magn. Mater. 215 (2000) 246-252.
- [10] O. Gutfleisch, J. Phys. D 33 (2000) R157-R172.
- [11] I.C. Tung, H.W. Zhang, S.Y. Yao, J.C. Shih, B.G. Shen, T.S. Chin, J. Phys. D 32 (1999) 1587-1590.
- [12] B. Bordin, G. Buttino, A. Cecchetti, M. Poppi, J. Phys. D 32 (1999) 1795-1800.
- [13] I. Nicolov, R. Darkaoui, E. Zhecheva, R. Stoyanova, N. Dimitrov, T.Vitanov, J. Electroanal. Chem. 429 (1997) 157.
- [14] V.D. Jović, B.M. Jović, M.G. Pavlović, Electrochim. Acta 51 (2006) 5468.
- [15] V.D. Jović, B.M. Jović, V. Maksimović M.G. Pavlović, Electrochim. Acta 52 (2007) 4254.
- [16] V.D. Jović, B.M. Jović, V. Maksimović M.G. Pavlović, Electrochim. Acta 52 (2008) 4796.
- [17] M.M.Jakšić, Electrochim. Acta 29 (1984) 1539
- [18] M.M.Jakšić, Int. J. Hydrogen Energy, 11( 1986) 519-532
- [19] J.Liu, W.H.Wang, S.H.Ye..., Journal of Alloys and Compounds, 285 ( 1999) 263-266.
- [20] A. Brenner, Electrodeposition of Alloys; Principles and Practise, Academic Press, New York (1963).
- [21] D. Landolt, Electrochim. Acta, 39 (1994) 1075.
- [22] T. F. Frantsevich-Zabludovskaya, A. I. Zayats, Zhurn. Priklad. Khim., 30 (1957) 723.
- [23] W. E. Clark, M.H. Leitzke, J. Electrochem. Soc., 99 (1952) 246.
- [24] D. W. Ernst, M. L. Holt, J. Electrochem. Soc., 105 (1958) 686.
- [25] H. Fukushima, T. Akiyama, S. Agaki, K. Higashi, Trans. Japan Inst. Metals, 20 (1979) 358.
- [26] L. A. Golubkov, Yurev, Zhurn. Priklad. Khim. 44 (1971) 2419.
- [27] E. Chassaing, K. Vu Quang, R. Wiart, J. Appl. Electrochem., 19 (1989) 839.
- [28] E. J. Podlaha, D. Landolt, J. Electrochem. Soc., 143 (1996) 885.
- [29] E. J. Podlaha, D. Landolt, J. Electrochem. Soc., 143 (1996) 893.
- [30] E. J. Podlaha, D. Landolt, J. Electrochem. Soc., 144 (1997) 1672.
- [31] D. Landolt, E. J. Podlaha, N. Zech, Zeitsch. Physik. Chem. 208 (1999) 167.
- [32] O. N. Kononova, S. V. Kachin, A. E. Chaikovskaya, A. G. Kholmogorov, O. P. Kalyakina, Turk J Chem, 28 (2004) 193.

#### ABSTRACT

##### ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF POWDER ALLOY Co-Ni-Mo-O

*The electrodeposition of the Co-Ni-Mo-O alloy powders from alkaline ammonium electrolytes and at constant current density was investigated. Metals of iron group, Co and Ni induce deposition of Mo, which alone can not be deposited from water electrolytes. Electrodeposited powders were investigated by SEM analysis where it is possible to determine the particle size, as well as the morphology of powders. The quantitative mass and chemical composition of Co-Ni-Mo-O alloy powders was determined by EDX analysis.*

**Key words:** powder Co-Ni-Mo-O