

MILORAD V. TOMIĆ<sup>1\*</sup>, VLADAN MIČIĆ<sup>1</sup>, MIOMIR G. PAVLOVIĆ<sup>1</sup>, MIROSLAV M. PAVLOVIĆ<sup>2</sup>, GORAN BOŠKOVIĆ<sup>3</sup>, NEBOJŠA D. NIKOLIĆ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Technology Zvornik, Zvornik, Republic of Srpska, <sup>2</sup>University of Belgrade, ICTM - CMM, Belgrade, Serbia, <sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia, <sup>4</sup>University of Belgrade, ICTM - Center of Electrochemistry, Belgrade, Serbia

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:661.25.097.8:669.3-492.2

doi:10.5937/ZasMat1504496T



Zastita Materijala 56 (4)  
496 - 504 (2015)

## Katalitičko delovanje sumporne kiseline na morfologiju elektrohemijski dobijenog bakarnog praha

### IZVOD

*Predmet istraživanja je uticaj sumporne kiseline na morfologiju elektrohemijski dobijenog bakarnog praha pri galvanostatskom režimu elektrolize. U ovom radu je vršeno elektrohemijsko taloženje bakarnog praha iz sulfatnih elektrolita. Korišćeni su elektroliti sa tri koncentracije  $\text{Cu}^{2+}$  ( $7 \text{ g/dm}^3$ ,  $18 \text{ g/dm}^3$  i  $33 \text{ g/dm}^3$ ) i svaka u kombinaciji sa tri koncentracije  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $100 \text{ g/dm}^3$ ,  $150 \text{ g/dm}^3$  i  $200 \text{ g/dm}^3$ ), tako da je bakarni prah taložen iz devet elektrolita. Kao katoda je korišćena bakarna žica površine  $1 \text{ cm}^2$ , a bakarna anoda u obliku lima je bila priljubljena uz zid elektrohemijske ćelije, zapremine  $500 \text{ cm}^3$ . Eksperimenti su izvođeni na sobnoj temperaturi, a mešanje elektrolita vršeno je pomoću magnetne mešalice. Bakarni prah taložen je galvanostatski pri gustinama struje od:  $j=1500 \text{ A/m}^2$ ,  $j=2000 \text{ A/m}^2$  i  $j=2500 \text{ A/m}^2$ . Proizvedeni bakarni prah je uklanjan sa katode svaka tri minuta. Sve osobine praha zavise od oblika i dimenzija čestica (morfologije) i međusobno su povezane. Ispitivanje morfologije i veličine čestica vršeno je pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Sa povećanjem koncentracije  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , povećava se i razgranatost bakarnog praha. Utvrđeno je da se veličina čestica smanjuje sa povećanjem koncentracije  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .*

**Ključne reči:** elektrohemijsko taloženje, prah bakra, morfologija, kataliza

### 1. UVOD

Prahovi metala nalaze široku primenu u raznim oblastima industrije: u proizvodnji filamenata za volframove svetiljke, zubarskih instrumenata, proizvodnji kugličnih bezuljnih ležajeva, probojnih projektila, elemenata za nuklearna goriva, delova za razne mašine i alate, filtera za rad na visokim temperaturama, proizvodnji avionskih kočnica, baterija sa mogućnošću punjenja i u proizvodnji komponenta za mlazne motore. Metalni prahovi takođe se koriste i za pigmente za boje, štampana kola, eksplozive, elektrode za zavarivanje, raketno gorivo, mastilo za kompjutersku štampu, katalizatore itd. [1]. Godišnja svetska potrošnja metalnog praha danas iznosi oko  $10^9 \text{ kg}$  [2].

Za dobijanje proizvoda iz praha, u većini slučajeva, koriste se sledeći postupci:

- hladno oblikovanje prahova (presovanje, izostatsko presovanje, valjanje i dr.) i
- sinterovanje.

\*Autor za korespondenciju: Milorad Tomić

E-mail: mtomicc@yahoo.com

Rad primljen 11.08.2015.

Rad prihvaćen 30.09.2015.

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

Hladno oblikovanje ima za cilj da telu da odgovarajući oblik, pri čemu se postiže kontakt među česticama i izvestan stepen densifikacije (konsolidacije). Finalni oblik sinterovanog proizvoda uspostavlja se upravo u ovoj fazi, operacijom inicijalnog presovanja, nakon što se u matricu ubaci tačno odmerena količina praha. Na ovaj način postiže se proizvodnja sa niskim otpadom ili čak sasvim bez njega, pri čemu se smanjuju ili eliminišu drugi proizvodni koraci u kojima se troše energija i vreme [3-8].

U postupku dobijanja gotovih proizvoda ili poluproizvoda od metalnih prahova, po potrebi mogu se koristiti i druge operacije, kao što su infiltracija, kovanje i mašinska obrada. Oni služe za poboljšanje mehaničkih svojstava proizvoda ili njegovu doradu.

Način i uslovi dobijanja metalnih prahova imaju odlučujuću uticaj na osobine dobijenih prahova, pa tako i bakarnog praha. Tečljivost prahova ima značaj ne samo za industriju, već i za industrijsku ekologiju [9] i održivi razvoj [10,11], jer omogućava primenu proizvodnih postupaka (poput metalurgije praha), koji su u potpunosti u saglasnosti sa principima industrijske ekologije [12,13]. Ovde se, pre svega, misli na princip minimiziranja potrošnje

energije i materijala, ali i na način kojim se poboljšava kvalitet života kroz dizajniranje i primenu novih proizvoda i očuvanje (ili poboljšanje) njihove ekonomske vrednosti [14,15]. Tečljivost prahova je veoma složena pojava, koja pre svega zavisi od osobina čestica [16,17].

Osobine pahova zavise od elektrokatalitičkog procesa dobijanja praha [1-8,18-23]. Za primenu metalnih prahova od važnosti su sledeće osobine: fizičke (veličina čestica, raspodela veličine čestica i specifična površina), hemijske (sadržaj metala primesa, adsorbovanih ili rastvorenih gasova i koroziona otpornost) i tehnološke (nasipna masa, brzina tečenja, prividna gustina, mogućnost presovanja, itd.). Sve tehnološke osobine uglavnom zavise od oblika i veličine čestica, zbog čega je pri taloženju prahova od velike važnosti mogućnost dobijanja čestica odgovarajuće nasipne mase i morfologije.

Cilj ovog rada je da se ispita uticaj promene koncentracije  $\text{Cu}^{2+}$  jona i katodne gustine struje, kao i katalitičko delovanje sumporne kiseline, pri promeni koncentracije u elektrolitima, na morfologiju elektrohemijski dobijenog bakarnog praha.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

Pri eksperimentalnom radu korišćeno je devet elektrolita čiji sastav i radni uslovi su prikazani u tabeli 1. Korišćene su tri koncentracije  $\text{Cu}^{2+}$  ( $7 \text{ g/dm}^3$ ;  $18 \text{ g/dm}^3$  i  $33 \text{ g/dm}^3$ ) i svaka u kombinaciji sa tri koncentracije  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $100 \text{ g/dm}^3$ ;  $150 \text{ g/dm}^3$  i  $200 \text{ g/dm}^3$ ). Na ovaj način je bakarni prah elektrolitički taložen iz devet različitih elektrolita na sobnoj temperaturi i pri tri različite gustine struje ( $1500 \text{ A/m}^2$ ;  $2000 \text{ A/m}^2$  i  $2500 \text{ A/m}^2$ ).

Mešanje elektrolita je vršena pomoću magnetne mešalice. Kao katoda korišćena je bakarna žica površine ( $S_{\text{elekt.}}=1\text{cm}^2$ ), a bakarna anoda je bila priljubljena uz zid elektrohemijske ćelije zapremine  $500 \text{ cm}^3$ .

Tabela 1 - Sastav elektrolita i radni uslovi

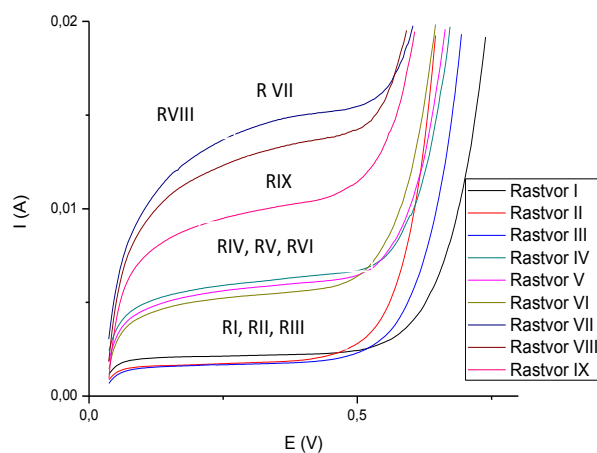
Elektrolit	Sastav		Radni uslovi	
	$\text{Cu}^{2+}$ ( $\text{g/dm}^3$ )	$\text{H}_2\text{SO}_4$ ( $\text{g/dm}^3$ )	Temperatura	Gustina struje ( $\text{A/m}^2$ )
R I	7	100	sobna	j=1500 j=2000 j=2500
R II	7	150		
R III	7	200		
R IV	18	100		
R V	18	150		
R VI	18	200		
R VII	33	100		
R VIII	33	150		
R IX	33	200		

Pre svakog eksperimenta, elektrode su nagražane u rastvoru  $\text{HNO}_3$  (1:1), ispirane protočnom vodom, a zatim dva puta destilovanom vodom. Anoda je bila u svim slučajevima priljubljena uz zidove cilindrične ćelije, a katoda uronjena u sredinu ćelije, radi ravnomerne raspodele struje. Bakarni prah taložen je galvanostatski pri gustinama struje  $j=1500 \text{ A/m}^2$ ,  $j=2000 \text{ A/m}^2$  i  $j=2500 \text{ A/m}^2$ . Proizvedeni bakarni prah je uklanjao sa katode svaka tri minuta. Otreseni prah je ispiran protočnom i dva puta destilovanom vodom i suspendovan u etanolu.

Polarizacioni dijagrami snimljeni su pomoću potencioštata/galvanostata/ZRA Gamry Series  $G^{TM}$ . Morfologija čestica bakarnih prahova dobijenih pri navedenim uslovima praćena je primenom skenirajućeg elektronskog mikroskopa tipa Philips, model XL30, pri uveličanjima od 60x do 10.000x.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Da bi se odabrala optimalna područja potencijala i struje za taloženje bakarnog praha, snimljene su katodne polarizacione krive za svih devet pripremljenih elektrolita. Na slici 1 su prikazane katodne polarizacione krive za proces taloženja bakra iz pripremljenih elektrolita (I-IX) sa tri koncentracije  $\text{Cu}^{2+}$  ( $7 \text{ g/dm}^3$ ;  $18 \text{ g/dm}^3$  i  $33 \text{ g/dm}^3$ ) i svaka u kombinaciji sa tri koncentracije  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $100 \text{ g/dm}^3$ ;  $150 \text{ g/dm}^3$  i  $200 \text{ g/dm}^3$ ).

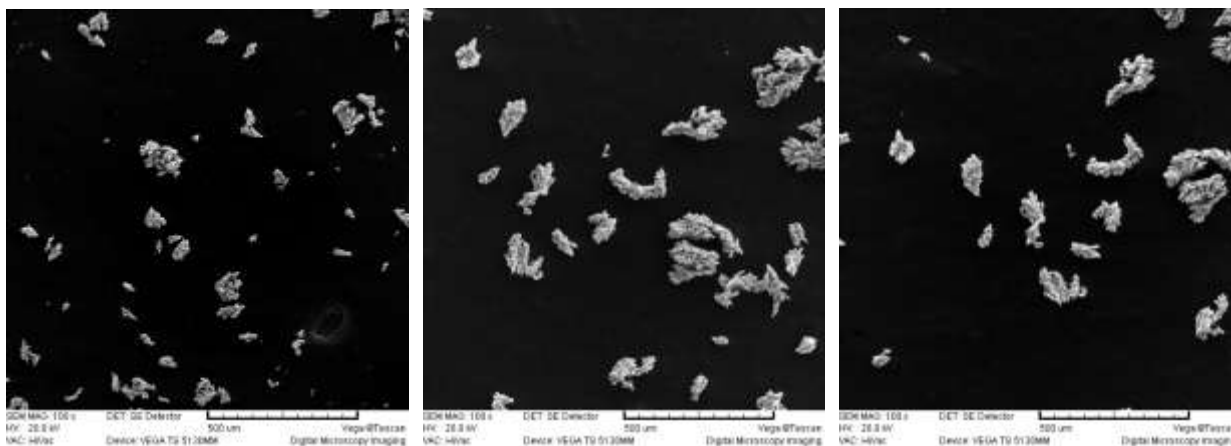


Slika 1 - Polarizacione krive za katodni proces taloženja bakra

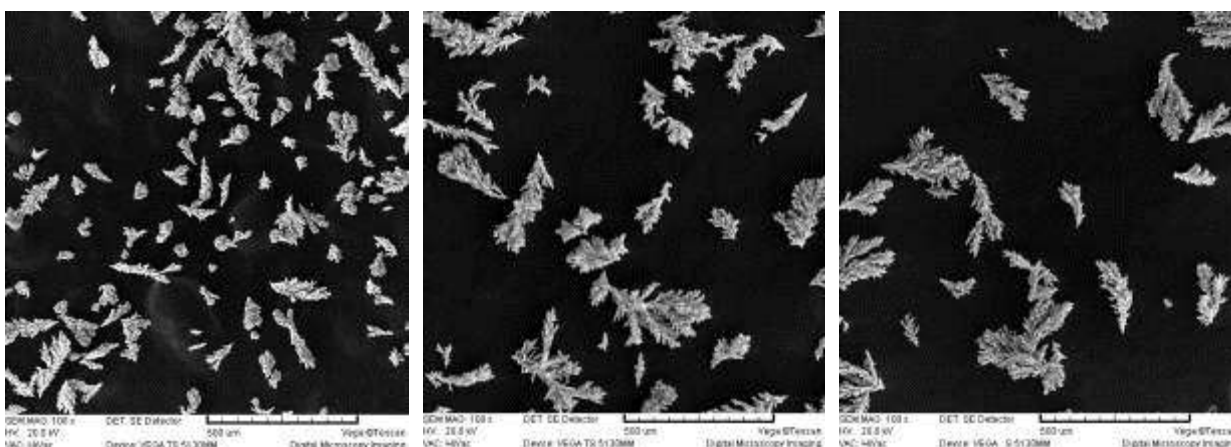
Sa slike 1. se može videti velika podudarnost polarizacionih krivih u oblasti platoa za rastvore  $R_I$ – $R_{III}$  ( $\text{Cu}^{2+} = 7 \text{ g/dm}^3$ ), bez obzira na promenu koncentracije  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Takođe, to se može primetiti i za rastvore  $R_{IV}$ – $R_{VI}$  ( $\text{Cu}^{2+} = 18 \text{ g/dm}^3$ ) uz pomeranje platoa u oblast veće gustine struje. Međutim, za rastvore  $R_{VII}$ ,  $R_{VIII}$  i  $R_{IX}$  nema podudarnosti polarizacionih krivih u oblasti platoa, što ukazuje na

veći uticaj  $H_2SO_4$  pri koncentraciji  $Cu^{2+} = 33 \text{ g/dm}^3$  na elektrohemijski proces i dobijanje bakarnog praha. Na slikama 2 i 3 prikazane su SEM mikro-

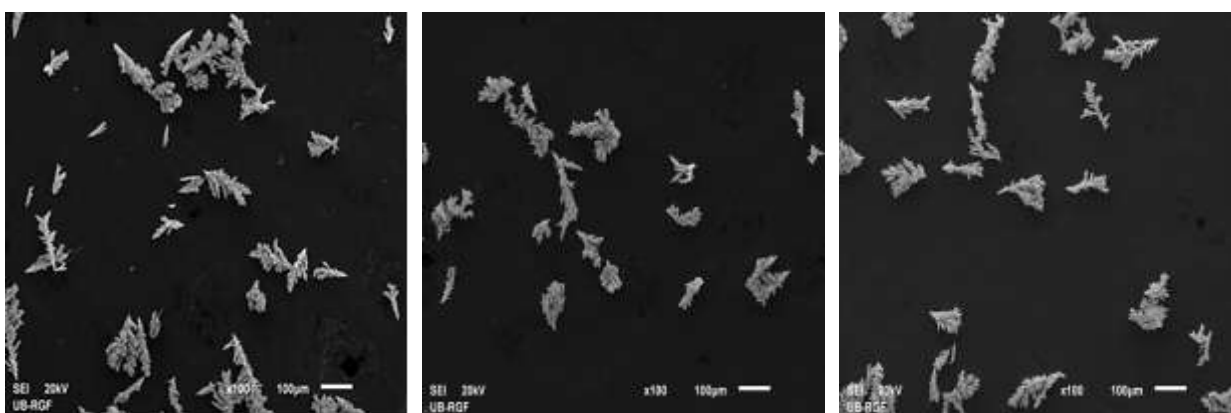
fotografije bakarnog praha taloženog pri gustini struje od  $1500 \text{ A/m}^2$  i koncentracijama sumporne kiseline od  $100 \text{ g/dm}^3$ ,  $150 \text{ g/dm}^3$  i  $200 \text{ g/dm}^3$ .



$H_2SO_4=100\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=7\text{g/dm}^3$  b)  $H_2SO_4=150\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=7\text{g/dm}^3$  c)  $H_2SO_4=200\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=7\text{g/dm}^3$

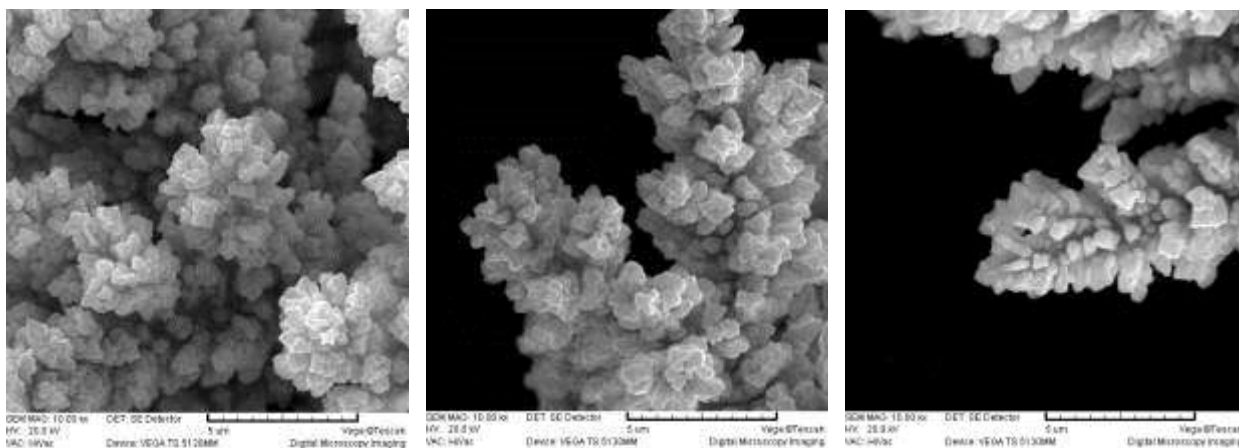


a)  $H_2SO_4=100\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=18\text{g/dm}^3$  b)  $H_2SO_4=150\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=18\text{g/dm}^3$  c)  $H_2SO_4=200\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=18\text{g/dm}^3$

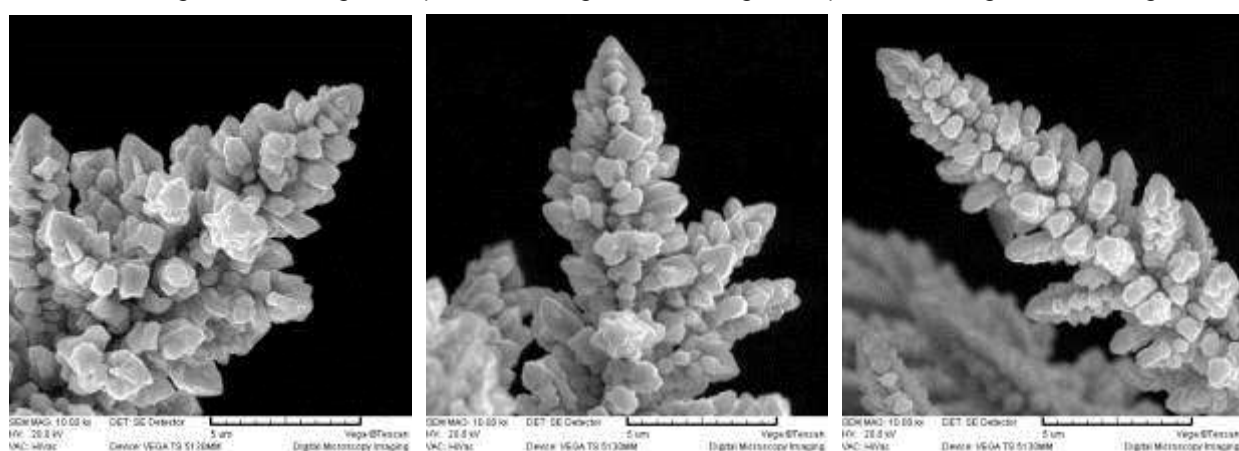


a)  $H_2SO_4=100\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=33\text{g/dm}^3$  b)  $H_2SO_4=150\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=33\text{g/dm}^3$  c)  $H_2SO_4=200\text{g/dm}^3; Cu^{2+}=33\text{g/dm}^3$

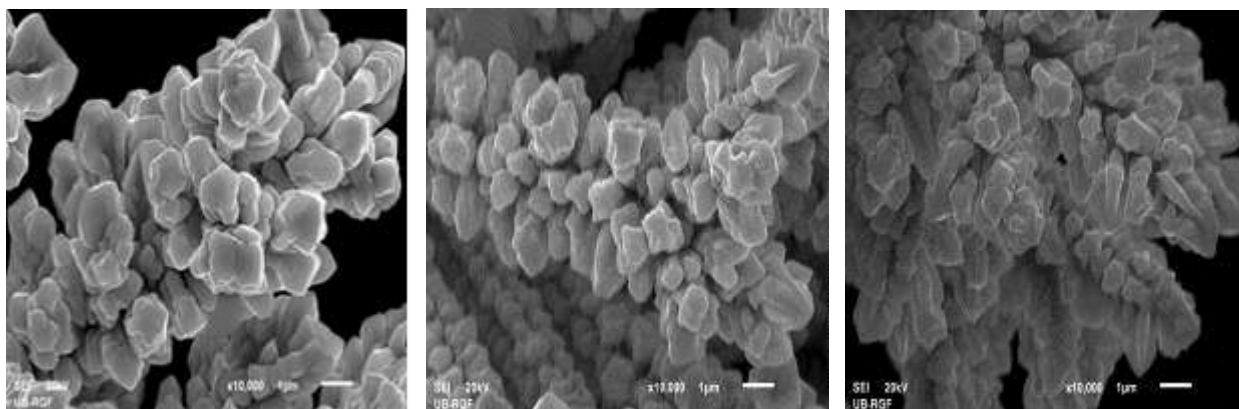
Slika 2 - SEM mikrofotografije čestica bakarnog praha dobijenog galvanostatski pri gustini struje  $j=1500 \text{ A/m}^2$  i koncentracijama  $H_2SO_4$ : a)  $100 \text{ g/dm}^3$ ; b)  $150 \text{ g/dm}^3$ ; c)  $200 \text{ g/dm}^3$ . Uvećanje:  $\times 100$



*H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=100g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=7g/dm<sup>3</sup> b) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=150g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=7g/dm<sup>3</sup> c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=200g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=7g/dm<sup>3</sup>*



*a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=100g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=18g/dm<sup>3</sup> b) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=150g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=18g/dm<sup>3</sup> c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=200g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=18g/dm<sup>3</sup>*

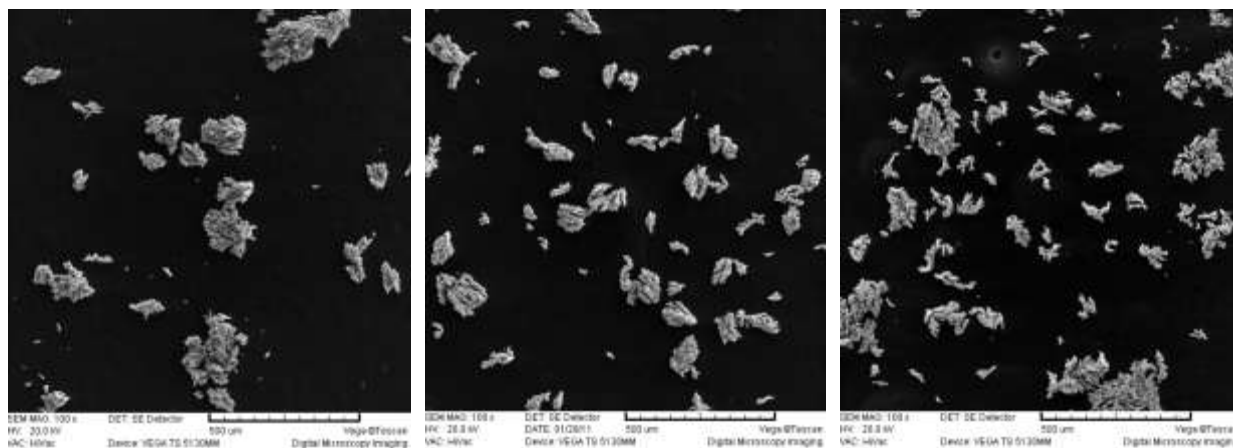


*a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=100g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=33g/dm<sup>3</sup> b) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=150g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=33g/dm<sup>3</sup> c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=200g/dm<sup>3</sup>;Cu<sup>2+</sup>=33g/dm<sup>3</sup>*

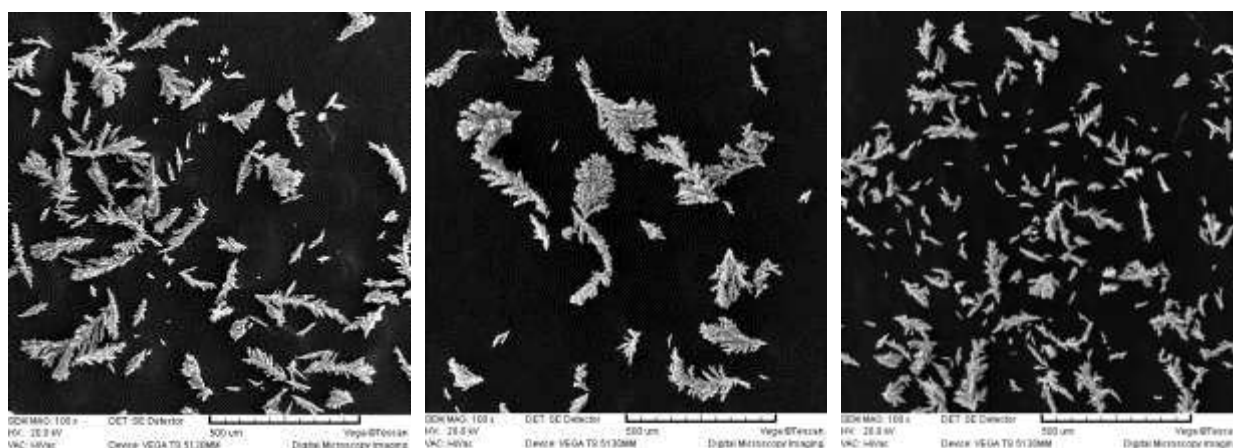
*Slika 3 - SEM mikrofotografije čestica bakarnog praha dobijenog galvanostatski pri gustini struje  $j=1500$  A/m<sup>2</sup> i koncentracijama H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: a) 100 g/dm<sup>3</sup>; b) 150 g/dm<sup>3</sup>; c) 200 g/dm<sup>3</sup>. Uvećanje: x10 000*

Na slikama 4 i 5 prikazane su SEM mikrofotografije bakarnog praha taloženog pri gustini struje od 2000 A/m<sup>2</sup> i koncentracijama sumporne kiseline od 100 g/dm<sup>3</sup>, 150 g/dm<sup>3</sup> i 200 g/dm<sup>3</sup>. U skladu sa činjenicom da prenapetost taloženja pri galva-

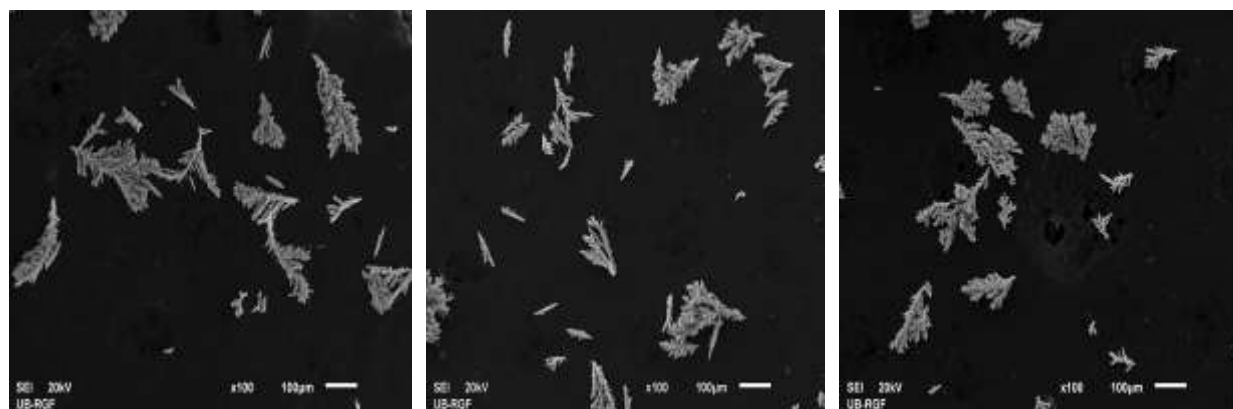
nostatskoj depoziciji opada sa vremenom, jer se zbog povećanja površine elektrode smanjuje realna gustina struje, moguće je i očekivati da se rastresitiji talog dobija pri većim gustinama struje, a što je i uočljivo sa prikazanih slika.



a)  $H_2SO_4=100g/dm^3; Cu^{2+}=7g/dm^3$  b)  $H_2SO_4=150g/dm^3; Cu^{2+}=7g/dm^3$  c)  $H_2SO_4=200g/dm^3; Cu^{2+}=7g/dm^3$



a)  $H_2SO_4=100g/dm^3; Cu^{2+}=18g/dm^3$  b)  $H_2SO_4=150g/dm^3; Cu^{2+}=18g/dm^3$  c)  $H_2SO_4=200g/dm^3; Cu^{2+}=18g/dm^3$



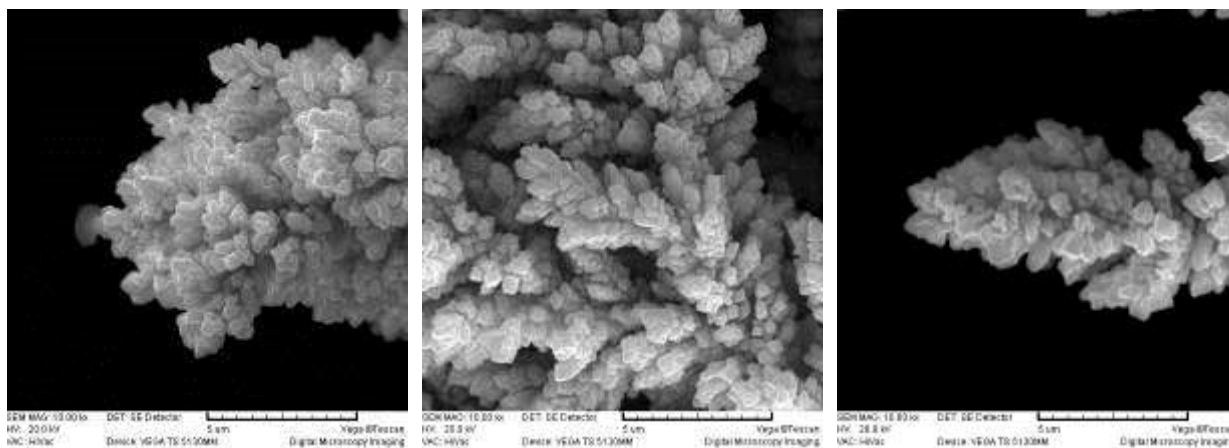
a)  $H_2SO_4=100g/dm^3; Cu^{2+}=33g/dm^3$  b)  $H_2SO_4=150g/dm^3; Cu^{2+}=33g/dm^3$  c)  $H_2SO_4=200g/dm^3; Cu^{2+}=33g/dm^3$

Slika 4 - SEM mikrofotografije čestica bakarnog praha dobijenog galvanostatski pri gustini struje  $j=2000 A/m^2$  i koncentracijama  $H_2SO_4$ : a)  $100 g/dm^3$ ; b)  $150 g/dm^3$ ; c)  $200 g/dm^3$ . Uvećanje:  $\times 100$

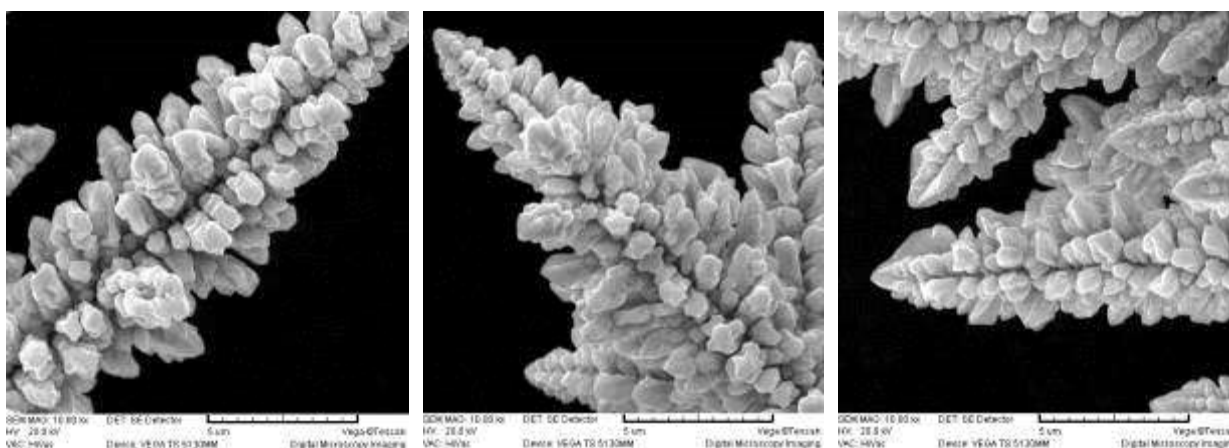
Sa slika 2-5 je uočljiva dendritična struktura bakarnog praha te da se najsitnije čestice bakarnog praha dobijaju pri koncentraciji  $H_2SO_4$  od  $200 g/dm^3$  i  $Cu^{2+}$  od  $18g/dm^3$  (Sl.4b). Ovo ukazuje da povećanje koncentracije  $H_2SO_4$  utiče na dobijanje sit-

nijih i dendritičnijih čestica bakarnog praha. Na snimljenim polarizacionim dijagramima se može uočiti da promena koncentracije  $H_2SO_4$  katalitički deluje na dobijanje bakarnog praha, posebno pri povećanju koncentracije  $Cu^{2+}$  jona.

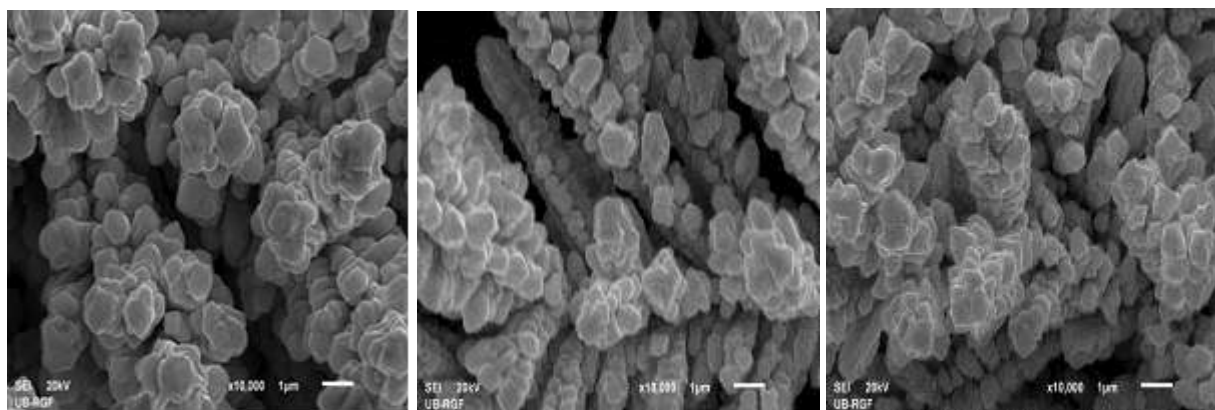




a)  $H_2SO_4=100g/dm^3; Cu^{2+}=7g/dm^3$  b)  $H_2SO_4=150g/dm^3; Cu^{2+}=7g/dm^3$  c)  $H_2SO_4=200g/dm^3; Cu^{2+}=7g/dm^3$



a)  $H_2SO_4=100g/dm^3; Cu^{2+}=18g/dm^3$  b)  $H_2SO_4=150g/dm^3; Cu^{2+}=18g/dm^3$  c)  $H_2SO_4=200g/dm^3; Cu^{2+}=18g/dm^3$



a)  $H_2SO_4=100g/dm^3; Cu^{2+}=33g/dm^3$  b)  $H_2SO_4=150g/dm^3; Cu^{2+}=33g/dm^3$  c)  $H_2SO_4=200g/dm^3; Cu^{2+}=33g/dm^3$

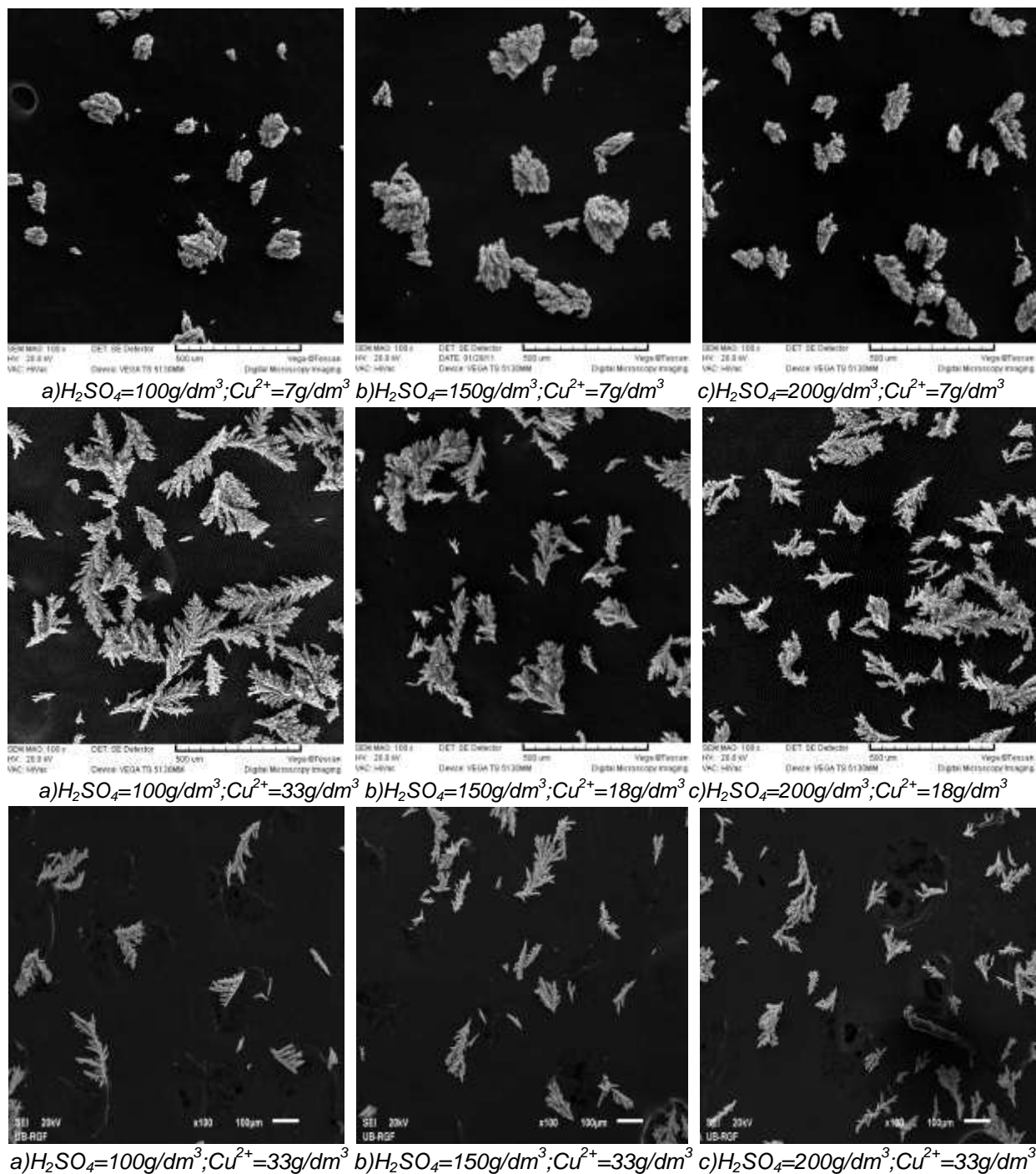
Slika 5 - SEM mikrofotografije čestica bakarnog praha dobijene galvanostatski pri gustini struje  $j=2000 A/m^2$  i koncentracijama  $H_2SO_4$ : a)  $100 g/dm^3$ ; b)  $150 g/dm^3$ ; c)  $200 g/dm^3$ . Uvećanje:  $\times 10.000$

Sa povećanjem koncentracije  $H_2SO_4$  uočljiv je pravilan raspored zrna bakarnog praha - pravilnije grananje (slika 5a).

Na slici 5 zapaža se jasna kristalna struktura zrna bakarnog praha koja su približno iste veličine, a zrna su složena jedno na drugo, od korena čestice ka periferiji. Zrna bakarnog praha su približ-

no iste veličine, a sa povećanjem koncentracije  $H_2SO_4$  dobijaju se sitnija zrna jasne kristalne strukture.

Na slikama 6 i 7 prikazane su SEM mikrofotografije bakarnog praha taloženog pri gustini struje od  $2500 A/m^2$  i koncentracijama sumporne kiseline od  $100 g/dm^3$ ,  $150 g/dm^3$  i  $200 g/dm^3$ .



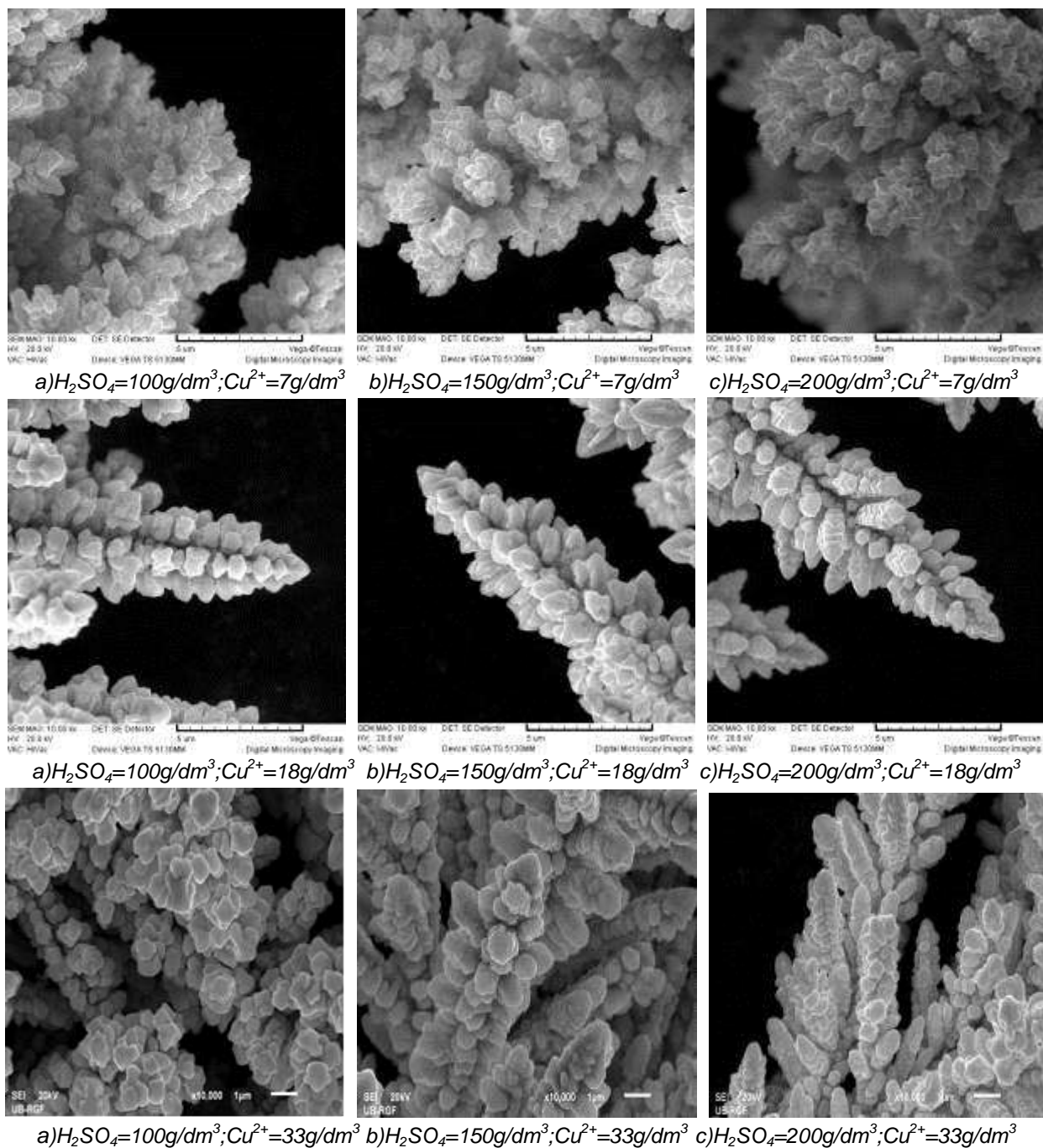
Slika 6 - SEM mikrofotografije čestica bakarnog praha dobijenog galvanostatski pri gustini struje  $j=2500$  A/m<sup>2</sup> i koncentracijama H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: a) 100 g/dm<sup>3</sup>; b) 150 g/dm<sup>3</sup>; c) 200 g/dm<sup>3</sup>. Uvećanje: x100

Sa slike 6 se vide dendritične čestice bakarnog praha i može se uočiti da se sa povećanjem koncentracije H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dobijaju sitnije čestice bakarnog praha. Poređenjem slike 6 sa slikama 2 i 4 (ista uvećanja, 100x), može se uočiti da se sa povećanjem gustine struje dobijaju sitnije čestice pri istim koncentracijama H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Sa slike 7 se može videti jasno definisan kristalni oblik zrna bakarnog praha. Uočljivo je da je sa povećanjem koncentracije H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pri gustini struje

od 2500 A/dm<sup>3</sup>, izraženije grananje, od korena čestice ka periferiji te da se dobijaju sitnije čestice bakarnog praha.

Takođe, zapaža se da su zrna kristalnog oblika i da su približno iste veličine za iste vrednosti koncentracije H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, bez obzira na primenjenu radnu gustinu struje i koncentraciju Cu<sup>2+</sup> jona. Povećanje koncentracije Cu<sup>2+</sup> jona i gustine struje utiče na intenzitet grananja i dendritičnu strukturu čestica bakarnog praha.



Slika 7 - SEM mikrofotografije čestica bakarnog praha dobijenog galvanostatski pri gustini struje  $j=2500 \text{ A/m}^2$  i koncentracijama  $H_2SO_4$ : a)  $100 \text{ g/dm}^3$ ; b)  $150 \text{ g/dm}^3$ ; c)  $200 \text{ g/dm}^3$ . Uvećanje:  $\times 10.000$

#### 4. ZAKLJUČCI

Na osnovu snimljenih polarizacionih krivih uočljiva je velika podudarnost u oblasti platoa granične difuzione struje za rastvore  $R_I-R_{III}$  ( $Cu^{2+} = 7 \text{ g/dm}^3$ ), bez obzira na promenu koncentracije  $H_2SO_4$ . Takođe se može primetiti velika podudarnost i za rastvore  $R_{IV}-R_{VI}$  ( $Cu^{2+} = 18 \text{ g/dm}^3$ ) uz pomeranje platoa u oblast veće gustine struje. Međutim, za rastvore  $R_{VII}$ ,  $R_{VIII}$  i  $R_{IX}$  nema podudarnosti polarizacionih krivih u oblasti platoa, što ukazuje na veći uticaj  $H_2SO_4$  pri koncentraciji

$Cu^{2+} = 33 \text{ g/dm}^3$  na elektrohemijski proces i dobijanje bakarnog praha.

Zrna bakarnog praha imaju jasnu kristalnu strukturu, ali se njihova veličina smanjuje sa povećanjem koncentracije  $H_2SO_4$ , što ukazuje na katalitičko dejstvo  $H_2SO_4$  u procesu elektrolitičkog dobijanja bakarnog praha. Povećanjem koncentracije  $H_2SO_4$  i gustine struje izraženije je grananje od korena čestice ka periferiji. Kristali su približno iste veličine i oblika za iste koncentracije i gustine struje i da su složeni jedan na drugi od korena do vrha



grane. Najizraženije elektrokatalitičko dejstvo  $H_2SO_4$  je uočljivo pri koncentraciji  $Cu^{2+}$  jona  $33 \text{ g/dm}^3$ .

## 5. LITERATURA

- [1] Industry Segment Profile –SIC 33991 (2000) Metal Powder Production, Center for Materials Production.
- [2] M.G.Pavlović, K.I.Popov (2005) Metal Powder Production by Electrolysis, Electrochemistry Encyclopedia (<http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/>)
- [3] W. Schatt, K.P. Wieters (1997) Powder Metallurgy – Processing and Materials, European Powder Metallurgy Association Technical University Dresden, Germany.
- [4] R.M.German (1994) Powder Metallurgy Science, Metal Powder Industries Federation, 2<sup>nd</sup> ed., Princeton, New Jersey.
- [5] A.Calusaru (1979) Electrodeposition of Metal Powders, Materials Science Monographs, vol.3, Elsevier- Amsterdam, Oxford - New York.
- [6] Lj.J.Pavlović (2002) Uticaj parametara režima elektrolize na morfologiju, raspodelu veličine čestica i nasipnu masu bakarnog praha, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-Metalurški fakultet, Beograd.
- [7] V.M.Maksimović, Lj.J.Pavlović, M.G.Pavlović, M.V. Tomić (2009) Characterization of copper powder particles obtained by electrodeposition as function of different current density, Journal of Applied Electrochemistry, 39, 2545-2552.
- [8] M.V.Tomić (2007) Uticaj režima elektrolize na dobijanje prahova metala, dok. disertacija, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik.
- [9] World Commission on Environment and Development (1988) Our Common Future, Oxford Univ.
- [10] Environment, Health and Safety Committee (1995) White Paper on Sustainable Development and Industrial Ecology, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [11] E.A.Lowe, J.L.Warren, S.R.Moran (1997) Discovering Industrial Ecology, Battelle Press, Columbus OH.
- [12] D.O'Rourke, L.Connelly, C.P.Koshland (1996) Electrodeposition of Metal, International Journal of Environment Pollution (IJEP), 6, 89-112.
- [13] D.J.Richards (1997) The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management, National Academy Press, Washington DC.
- [14] R.Socolow, C.Andrews, F.Berkhout, V.Thomas (1994) Industrial Ecology and Global Change, Cambridge University Press, New York.
- [15] V.V.Kelkar, M.Ng.Ka (2002) Development of fluidized catalytic reactors: Screening and scale-up, AIChE Journal, 1498-1518.
- [16] J.W.Carson, J.Marinelli (1994) Characterize bulk solids to ensure smooth flow, Chem. Eng., 101, 78-90.
- [17] R.L.Carr (1965) Evaluating flow properties of solids, Chem Eng. 72, 163-168.
- [18] E.Kiš, P.Putanov (2002) Catalytic Concept of Mineralizing Effects, Reaction kinetics and catalysis letters., 75(1) 39-45.
- [19] P.Putanov (1995) Uvod u heterogenu katalizu, Novi Sad, Ogranak SANU u Novom Sadu i Prosveta, Beograd.
- [20] D.Pletcher (1982) Industrial electrochemistry, London, New York.
- [21] G.Bošković (2007) Heterogena kataliza u teoriji i praksi, Tehnološki fakultet, Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.
- [22] J.Hagen (1999) IndustrialCatalysis: APractical Approach, Wiley-VCH., Weinheim,.
- [23] S.Bhaduari, D.Mukesh (2000) Homogeneous Catalysis: Mechanisms and Industrial Applications, Wiley – Interscience, New York.

## ABSTRACT

### CATALYTIC ACTIVITY OF SULFURIC ACID ON THE MORPHOLOGY OF ELECTROCHEMICALLY OBTAINED COPPER POWDER

*The subject of the research is influence of sulfuric acid on morphology of electrochemically obtained copper powder during galvanostatic electrolysis mode. In this paper electrodeposition of copper powder from sulphate electrolyte was carried out. Electrolytes with three different concentrations of  $Cu^{2+}$  ( $7 \text{ g/dm}^3$ ,  $18 \text{ g/dm}^3$  and  $33 \text{ g/dm}^3$ ) were used, each in combination with three different concentrations of  $H_2SO_4$  ( $100 \text{ g/dm}^3$ ,  $150 \text{ g/dm}^3$  and  $200 \text{ g/dm}^3$ ), so that copper powder was deposited from nine electrolytes. Copper wire with surface area of  $1 \text{ cm}^2$  was used as cathode, and copper anode in the form of metal sheet was pressed against the wall of electrochemical cell that had volume of  $500 \text{ cm}^3$ . Experiments were carried out at room temperature, and electrolyte stirring was performed using a magnetic stirrer. Copper powder was deposited galvanostatically at current densities of  $j = 1500 \text{ A/m}^2$ ,  $j=2000 \text{ A/m}^2$  and  $j=2500 \text{ A/m}^2$ . Produced copper powder was removed from cathode every three minutes. All the characteristics of powder depend on the size and shape (morphology) of particles and they are mutually correlated. Research of morphology and size of particle was carried out using scanning electron microscopy (SEM). Increase of  $H_2SO_4$  concentration causes increase in branching of copper powder. It was concluded that the size of copper powder grains reduces with the increase in concentration of  $H_2SO_4$ .*

**Keywords:** electrodeposition, copper powder, morphology, catalysis

Scientific paper

Paper received: 11. 08. 2015.

Paper accepted: 30. 09. 2015.

Paper is available on the website: [www.idk.org.rs/casopis](http://www.idk.org.rs/casopis)