



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35  
Тел: (030) 436-826; факс: (030) 435-175; E-mail: institut@irmbor.co.rs



PROJEKAT:

TR 37001: UTICAJ RUDARSKOG OTPADA IZ RTB-a BOR NA ZAGADENJE VODOTOKOVA SA PREDLOGOM MERA I POSTUPAKA ZA SMANJENJE ŠETNOG DEJSTVA NA ŽIVOTNU SREDINU

### TEHNIČKA I RAZVOJNA REŠENJA

M82 – NOVA PROIZVODNA LINIJA

**IZDVAJANJE BAKRA IZ OTPADNIH SUMPORNO-KISELIH RASTVORA  
ELEKTROLITIČKOM RAFINACIJOM BAKARNIH ANODA NESTANDARDNOG  
HEMIJSKOG SASTAVA**

Br. T2/2013

Bor, 2013.



Датум: 12.11.2013.

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ

Предмет: Покретање поступка за валидацију и верификацију техничког решења

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квалитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача ("Сл.Гласник РС", бр. 38/2008), обраћам се Научном већу института за рударство и металургију у Бору са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења М-82(нова производна линија) под називом:

### ИЗДВАЈАЊЕ БАКРА ИЗ ОТПАДНИХ СУЛФОРНО-КИСЕЛИХ РАСТВОРА ЕЛЕКТРОЛИТИЧКОМ РАФИНАЦИЈОМ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРДНОГ ХЕМИЈСКОГ САСТАВА

Бр. Т2/2013

Установа/Автори техничког решења:

Инститит за рударство и металургију у Бору/мр Радмила Марковић, Радојка Јоновић, Лиљана Аврамовић, мр Рената Ковачевић, Војка Гардић

Институт за хемију, технологију и металургију у Београду, Универзитет у Београду/др Јасмина Стевановић

Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду /др Миле Димитријевић

Предложено техничко решење је резултат реализације пројекта ТР 37001, област: уређење, заштита и коришћење вода, земљишта и ваздуха, за период 2011-2014.

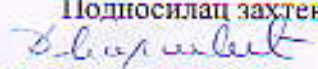
За рецензенте предлагем:

1. Др Милан Петров, виши научни сарадник, ИТНМС Београд
2. Др Дејан Трифуновић, научни сарадник, Технолошко металуршки факултет у Београду

Сагласан руководилац пројекта

  
Др Миле Бугарин, дипл.инж.геол.

Подносилац захтева

  
Мр Радмила Марковић, дипл.инж.тех.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**  
Број: XVI/7.3.  
Од 04.12.2013. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XVI-ој седници одржаној дана 04.12.2013. године донело:

**ОДЛУКУ**

*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом  
техничког решења и именовању рецензената*

**1**

На захтев мр Радмиле Марковић, истраживача сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Издајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора електролитичком рафинацијом бакрних анода нестандардног хемијског састава „ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Милан Петров, виши научни сарадник ИТНМС-а Београд
2. др Дејан Трифуновић, научни сарадник Технолошко-металуршког факултета Београд

**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

**Др Миленко Љубојевић, дип.инж.руд.  
Научни саветник**



**PROJEKAT:**

TR 37001: UTICAJ RUDARSKOG OTPADA IZ RTB-a BOR NA ZAGADENJE VODOTOKOVA SA PREDLOGOM MERA I POSTUPAKA ZA SMANJENJE ŠTETNOG DEJSTVA NA ŽIVOTNU SREDINU

**TEHNIČKA I RAZVOJNA REŠENJA**

**M82 – NOVA PROIZVODNA LINIJA**

**IZDVAJANJE BAKRA IZ OTPADNIH SUMPORNO-KISELIH RASTVORA  
ELEKTROLITIČKOM RAFINACIJOM BAKARNIH ANODA NESTANDARDNOG  
HEMIJSKOG SASTAVA**

Br. T2/2013

**Autori:**

Mr Radmila Marković, dipl.ing.teh.  
Dr Jasmina Stevanović, dipl.ing.teh.  
Radojka Jonović, dipl.ing.teh.  
Ljiljana Avramović, dipl.ing.teh.  
Dr Mile Dimitrijević, dipl.ing.teh.  
Mr Renata Kovačević, dipl.hem.  
Vojka Gardić, dipl.ing.teh.

U Boru, novembar 2013.



Grupa M80: Tehnička i razvojna rešenja  
Kategorija: Nova proizvodna linija  
Rezultat: M82

Predloženo Tehničko rešenje je obradeno na ukupno 11 strana u okviru sledećih osnovnih celina:

1. OPŠTI DEO
2. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

### 1. OPŠTI DEO

#### 1.1. Ustanova / Autori rešenja

- Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru /  
Mr Radmila Marković, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, mr Renata Kovačević, Vojka Gardić
- Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju u Beogradu, Univerzitet u Beogradu /  
Dr Jasmina Stevanović
- Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu /  
Dr Mile Dimitrijević

Kontakt meil: [radmila.markovic@irmbor.co.rs](mailto:radmila.markovic@irmbor.co.rs)

#### 1.2. Naziv i evidencioni broj projekta u kome je ostvaren rezultat:

Projekat MNP: TR 37001: "Uticaj rudarskog otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu", period 2011. god.-2014.god.

#### 1.3. Naziv tehničkog rešenja:

Nova tehnološka linija: "Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava".

#### 1.4. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi:

Tehničko rešenje se odnosi na oblast: uređenje, zaštita i korišćenje voda, zemljišta i vazduha

#### 1.5. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

Elektrolitičkom rafinacijom anoda bakra koje se dobijaju preradom različitih sekundarnih materijala na bazi bakra, dolazi do koncentrisanja primesa u radnom rastvoru. Deo rastvora se



tokom procesa elektrolize izvodi iz sistema cirkulacije kako bi se sadržaj nečistoća zadržao u granicama koje obezbeđuju odgovarajući kvalitet katodnog bakra.

Predloženim tehničkim rešenjem postiže se:

- Smanjenje koncentracije jona bakra u otpadnom sumporno-kiselom rastvoru nastalom u standardnom procesu elektrolitičke rafinacije bakra formiranjem katodnog taloga bakra.
- Koncentrisanje jona nikla u rastvoru prelaskom nikla iz anode, čime polazni sumporno-kiseli rastvor postaje sirovina za dobijanje nikla.

Smanjenje koncentracije jona bakra i povećanje koncentracije jona nikla u radnom rastvoru, postignuto je elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda koje su dobijene iz sekundarnih sirovina a koje pored bakra, sadrže nikl, olovo, antimon i kalaj. Proces elektrolitičke rafinacije odvijao se u galvanostatskom režimu rada, pri vrednosti gustine struje od  $250 \text{ A/m}^2$  koja se nalazi u opsegu primenjenih vrednosti gustina struje kod komercijalnih elektroliza bakra.

#### 1.6. Stanje rešenosti tog problema u svetu:

U predloženom tehničkom rešenju prikazani su originalni rezultati laboratorijskih istraživanja elektrolitičkog tretmana otpadnog sumporno-kiselog rastvora kod koga je pored koncentracije slobodne sumporne kiseline povećana i koncentracija bakarnih, niklovih i arsenovih jona. Kao anodni material korišćene su bakarne anode sa sadržajem nikla od 5 %, a ukupan sadržaj olova, kalaja i antimona bio je 3% [1]. Sastav predloženih anoda odgovara sastavu sekundarnog bakra kod koga su najčešće prisutni navedeni elementi. Veliki broj istraživača bavi se problemima koji nastaju u komercijalnom procesu elektrolize bakra korišćenjem anoda sa povećanim sadržajem nečistoća ali nema podataka o primeni ovako koncipiranih anoda [2-4].

Istraživanja u okviru projekta TR37001 urađena su sa ciljem da se ispita mogućnost rastvaranja bakarnih anoda sa približno 5,3 % nečistoća u rastvoru navedenih karakteristika kako bi se, s jedne strane smanjila koncentracija bakarnih jona formiranjem katodnog taloga bakra, a sa druge strane povećala koncentracija jona nikla rastvaranjem nikla iz anode. Rezultati su poslužili za definisanje tehnoloških parametara za formiranje nove proizvodne linije za elektrolitički tretman otpadnih sumporno-kiselih rastvora korišćenjem nestandardnih bakarnih anoda.

#### 1.7. Za koga je rešenje rađeno

Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru

#### 1.8. Godina kada je rešenje urađeno i ko ga je prihvatio / primenjuje:

2012/2013. godina / Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru

#### 1.9. Kako su rezultati verifikovani (od strane kog tela)

Direktor IRM Bor, na osnovu podnete dokumentacije autora



## 2. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

### 2.1. Uvod

Na osnovu planiranih aktivnosti u okviru projekta TR 37001: "Uticaj rudarskog otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu" u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor realizovana su laboratorijska ispitivanja u cilju izdvajanja bakra iz različitih otpadnih sumporno-kiselih rastvora. Predloženo tehničko rešenje, T2/2013 koje je usklađeno sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača (Sl. glasnik RS, br. 38/2008), predstavlja potvrdu rezultata laboratorijskih ispitivanja.

Konstantna proizvodnja i potrošnja bakra i njegovih legura su ključni faktori razvoja društva, tako da racionalna eksploatacija i korišćenje resursa bakra predstavljaju važne činioce održivog razvoja i društveno odgovornog ponašanja. Potražnja za bakrom i dalje će podsticati otkrića novih ležišta i dalji razvoj tehnologija prerade sekundarnih sirovina na bazi bakra. Objedinjeni podaci iz zemalja Evropske Unije (EU-27) za 2008. godinu pokazuju da je 67 % rafinisanog bakra poticalo iz primarne proizvodnje, a 33 % iz sekundarne proizvodnje [5]. Velike količine čvrstih otpadnih materijala koje se pojavljuju u procesu topljenja bakra potrebno je reciklirati u cilju izdvajanja korisnih komponenti. Proces reciklaže jeftiniji je od procesa proizvodnje bakra iz primarnih sirovina a postiže se i očuvanje mineralnih resursa. Izbor metode za recikliranje zavisi od vrste materijala. Proces elektrolitičke rafinacije je najčešće korišćen proces za izdvajanje Cu, Ni, Pb, Sb i Sn iz različitih otpadnih materijala koji nastaju nakon topioničke prerade koncentrata različitog sastava. Ovi materijali se kroz proces topioničke prerade finalizuju do bakarnih anoda koje se rafinišu do katodnog bakra.

Predloženim tehnološkim postupkom, izdvaja se bakar iz otpadnih rastvora sa visokim sadržajem bakra, nikla, arsena i sumporne kiseline korišćenjem bakarnih anoda sa povećanim sadržajem nikla, olova, antimona i kalaja.

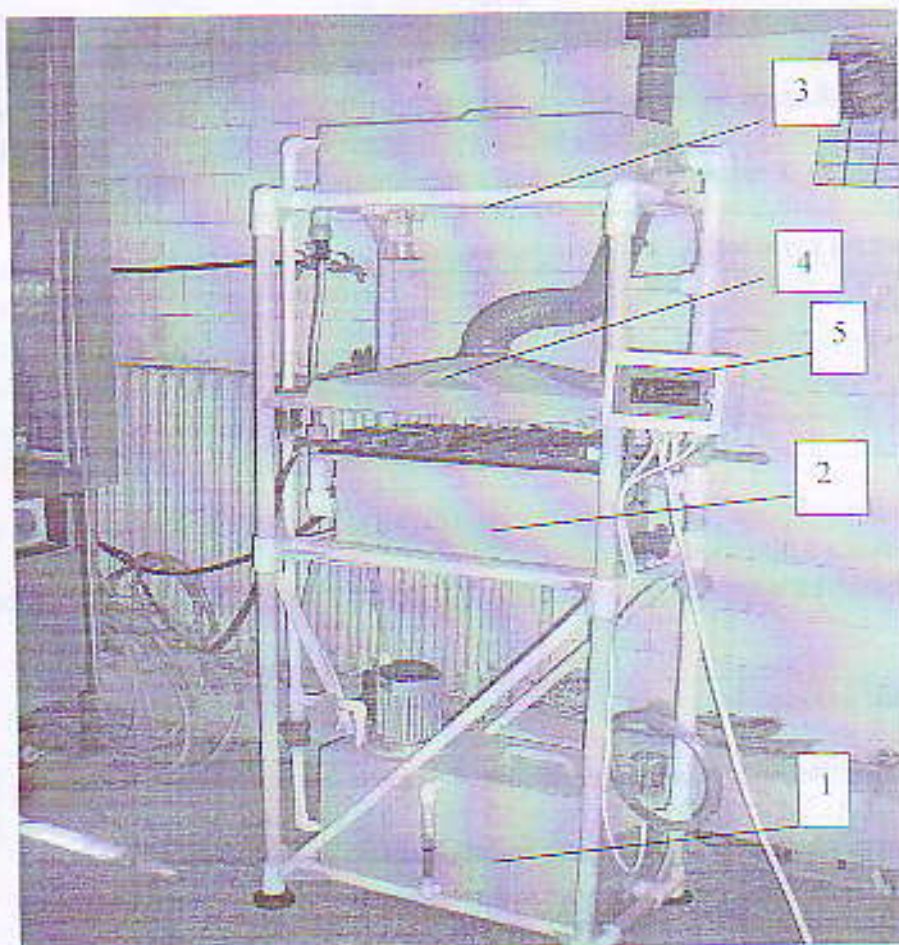
### 2.2. Karakteristike opreme za testove elektrolize

Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrohemijska ispitivanja (slika 1), locirano u Institutu za rudarstvo i metalurgiju u Boru, korišćeno je za proveru rezultata laboratorijskih ispitivanja izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava.

Oprema se sastoji od:

1. sabirnog rezervoara radne zapremine  $20 \text{ dm}^3$  sa električnim grejačem snage 750 W i hemijskom pumpom za cirkulaciju elektrolita,
2. elektrolitičke ćelije radne zapremine  $20 \text{ dm}^3$ ,
3. napojnog rezervoara radne zapremine  $5 \text{ dm}^3$ ,
4. ventilacionog sistema za odvođenje gasova i
5. sistema za kontrolu temperature radnog rastvora.

Eksterni strujni snabdevač, karakteristika 400 A i 15 V, korišćen je za dovod jednosmerne struje.



Slika 1. Oprema za elektrohemijska ispitivanja

### 2.3. Karakteristike korišćenih materijala

#### 2.3.1. Hemijska karakterizacija otpadnih rastvora

Realni sumporno-kiseli rastvori nastali u komercijalnoj proizvodnji katodnog bakra su korišćeni za ispitivanja. U sledećoj tabeli prikazani su rezultati hemijske karakterizacije rastvora.

Tabela 1. Hemijska karakterizacija otpadnog sumporno-kiselog rastvora

Element	Cu	Ni	As	Sb	Zn	Fe	Bi	Sn	Cl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Konc. (g/dm <sup>3</sup> )	32,5	20,5	4	0,3	0,215	0,043	0,024	0,001	0,006	172

Sledeći elementi: Cu, Ni, As, Fe, Zn analizirani su korišćenjem atomske apsorpcione spektrofotometrije na aparatu Perkin-Elmer – 403. Optičko emisiona spektrometrija sa indukovano kuplovanom plazmom, na aparatu SPECTRO, korišćena je za određivanje sadržaja Sb, Bi i Sn, standardna titraciona procedura za određivanje sadržaja H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a turbidimetrijska metoda za određivanje koncentracije Cl jona.





### 2.3.2. Anodni bakar

U tabeli 2 prikazane su rezultati za sadržaj Ni, Pb, Sn i Sb u bakarnim anodama. Sadržaj ostalih elemenata bio je u granicama koje su propisane za anodni bakar komercijalnog kvaliteta. Sadržaj Cu dobijen je matematičkim putem i predstavlja razliku do 100 %.

Tabela 2: Sadržaj karakterističnih elemenata u bakarnim anodama

Anoda	Elementi				
	Ni	Pb	Sn	Sb	Cu
	Sadržaj, %				
A1	4,79	1,11	0,654	1,15	92,1
A2	4,97	0,213	0,136	0,099	94,4

Atomsko absorpciona spektrofotometrija (Perkin-Elmer 403) korišćena je za određivanje sadržaja nečistoća u anodnom bakru.

Sadržaj kiseonika u anodama bio je ispod 100 ppm a masa anode bila je prosečne vrednosti od 2,5 kg.

### 2.3.3. Polazne katode

Katodni bakar sledećeg sastava (ppm): As < 3; Sb < 2; Bi < 1; Fe < 5; Pb < 2; Ni < 1; Si < 9; Ag < 5; Te < 0,1; Sn < 2; Zn < 5; Al < 10; Se < 0,7 i Cu = 99,96 % korišćen je za pripremu polaznih listova. Aktivna površina jedne katode iznosila je 0,0612 m<sup>2</sup>.

## 2.4. Tehničko-tehnološki parametri procesa

Ispitivanja su izvedena u uslovima konstantnog galvanostatskog pulsa, pri gustini struje taloženja od 250 A/m<sup>2</sup>, temperaturi elektrolita od 63±2 °C, u trajanju od 72 h. Organizacija elektroda u ćeliji bila je: katoda – anoda – katoda. Četiri anode i pet polaznih katoda bile su uronjene u rastvor zapremine 20 dm<sup>3</sup>. Interaksijalno rastojanje između dve različite anode bilo je 30 mm.

Dimenzije anoda kao i aktivna površina rastvaranja anoda odgovarale su dimenzijama i površini polaznih katoda.

Vrednost za katodnu gustinu struje usvojena je na osnovu elektrohemijskih galvanostatskih merenja realizovanih u Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju u Beogradu.

Radna zapremina rastvora u sistemu bila je 45 dm<sup>3</sup> a brzina cirkulacije odgovarala je jednoj izmeni zapremine ćelije za sat vremena.

Elektrolitička rafinacija pri standardnim galvanostatskim uslovima korišćena je u cilju ispitivanja promene hemijskog sastava radnog rastvora, promene napona na ćeliji, anodnog potencijala, sastava i mase anodnog mulja, mase katodnog bakra i stepena rastvorljivosti anodnog materijala.

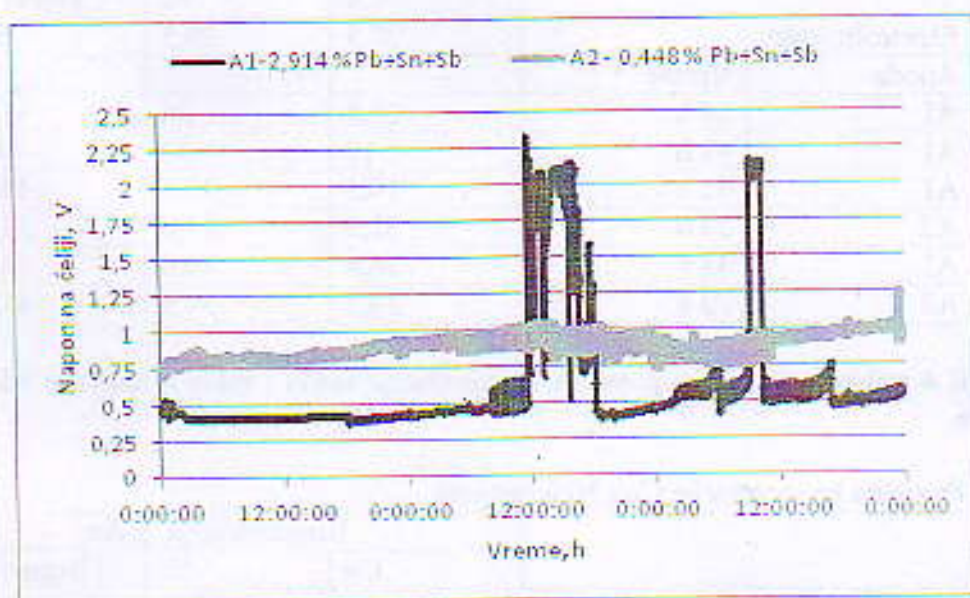
## 2.5. Rezultati verifikacije nove proizvodne linije

Na kraju svakog eksperimenta merene su mase anoda koje su korišćene u procesu rafinacije. Rezultati pokazuju da je neznatno veća masa anoda rastvorena kod eksperimenta kod koga su korišćene anode sa većim sadržajem olova, antimona i kalaja. Tako je rastvaranjem grupe anoda A1 sa 2,914 % Pb+Sn+Sb rastvorena masa iznosila 5312,23 g a rastvaranjem grupe



anoda A2 sa 0,448 % Pb+Sn+Sb rastvoreno je 5229,55 g. Poređenjem ova dva rezultata uočava se da su vrednosti dosta bliske.

Promena napona na ćeliji merena je i beležena radi prikaza zavisnosti promene napona sa vremenom (slika 2).



Slika 2. Promena napona na ćeliji sa vremenom

Sa slike se vidi da su se anode tokom oba eksperimenta rastvarale. Na voltamogramu koji se odnosi na anodu A1 uočava se da je došlo do pasivacije, da je ukupno vreme trajanja prve pasivacije bilo nepunih šest sati, da se sistem anoda nakon tog vremena reaktivirao, da do trajne pasivacije nije došlo. Srednja vrednost napona na ćeliji bila je 0,613 V.

Na voltamogramu koji prikazuje napon na ćeliji kod anoda A2 uočava se da nema pojave pasivacije ali da je srednja vrednost napona na ćeliji veća od vrednosti za set anoda A1 i da iznosi 0,9 V.

Nakon filtriranja, pranja i sušenja anodnog mulja, izmerene su mase anodnog mulja i izračunate procentualne vrednosti u odnosu na masu rastvorene anode. Masa anodnog mulja dobijenog rafinacijom anoda iz grupe A1 iznosi 6,73 % od ukupne mase rastvorenih anoda a 0,82 % mulja u odnosu na masu rastvorenih anoda dobijeno je rastvaranjem anoda iz grupe A2.



Slika 3. Anodni mulj, grupa anoda A1

Na slici 3 prikazan je deo uzorka anodnog mulja dobijenog rafinacijom anoda iz grupe anoda A1. Uzorak je ispiran toplom destilovanom vodom, sušen na temperaturi do 40 °C, meren i analiziran. Detektovano je prisustvo sledećih elemenata: Cu, Ni, Pb, Sn, Sb, As.



Hemijska analiza rastvora radena je na svakih 24 h a rezultati su prikazani u sledećoj tabeli.

Tabela 3. Koncentracija jona Cu i Ni

Opis		Koncentracija, g/dm <sup>3</sup>		
		Cu	Ni	Ukupno
Elektrolit: start		32,5	20,5	53
Anoda	Vreme			
A1	24 h	25,5	26	51,5
A1	48 h	17	31	48
A1	72 h	10,5	37,5	48,0
A2	24 h	33,3	24,6	57,9
A2	48 h	26,8	30,0	56,8
A2	72 h	14,2	34,6	48,8

U tabeli 4 prikazan je stepen promene koncentracije bakra i nikla u rastvoru tokom procesa elektrolize.

Tabela 4. Promena koncentracije Cu i Ni u rastvoru

		Koncentracija, g/dm <sup>3</sup>		
		Cu	Ni	Ukupno
Elektrolit: start		100	100	100
Anoda	Vreme			
A1	24 h	78,46	126,83	97,17
A1	48 h	66,67	119,23	93,20
A1	72 h	32,31	182,93	90,57
A2	24 h	102,46	120,00	109,25
A2	48 h	82,46	146,34	107,17
A2	72 h	43,69	168,78	92,08

Analizom podataka prikazanih u tabeli 3, jasno je da se koncentracija jona bakra na kraju procesa smanjila a da se koncentracija jona nikla povećala. Smanjenje koncentracije bakra u rastvoru je posledica formiranja sloja mulja na anodi usled čega se smanjuje aktivna površina anode iz koje se rastvara bakar, pa dolazi do elektroekstrakcije bakra iz rastvora. Karakteristično za anodu A2 kod koje je sadržaj nečistoća gotovo 6,5 puta manji nego kod anode A1 je da u prvih 24 sata dolazi do povećanja koncentracije bakra u rastvoru a da se tokom narednih 48 sati koncentracija smanjuje. Koncentracija jona bakra smanjena je na 32,31 % u odnosu na polaznu vrednost u procesu rafinacije grupe anoda A1 (tabela 4).

Koncentracija nikla tokom celokupnog procesa raste a veća vrednost na kraju procesa registrovana je kod anoda sa većim učešćem nečistoća.

Zbima koncentracija Cu i Ni jona ima približno iste vrednosti tokom eksperimenta a na kraju je niža od zbirne vrednosti sa početka eksperimenta.

Katodni talog je meren zajedno sa polaznim listom a masa katodnog taloga predstavlja razliku ukupne mase i mase polaznog lista. Masa katodnog taloga dobijenog rafinacijom seta anoda A1 iznosi 5297,35 g, a rafinacijom seta anoda A2 dobijena je masa od 5247,33 g. Poređenjem sa vrednostima mase rastvorenih anoda uočava se da je masa katodnog taloga kod anode A1 manja za 0,28 % a kod anode A2 veća za 0,34 %. Ovakvi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima za koncentraciju bakarnih jona u radnom rastvoru.



Fizički izgled katodnih taloga prikazan je na slikama 4 i 5 i to katodni talog K1 koji je dobijen rafinacijom anoda A1 na slici 4 a katodni talog K2 koji je dobijen rafinacijom anoda A2 na slici 5. Sa slika se vidi da je katodni talog K1 sa puno bubuljica za razliku od katodnog taloga K1 na kome se iste ne uočavaju. Ovakav fizički izgled je posledica kako sadržaja bakra u radnom rastvoru tako i sadržaja nečistoća u anodama.



Slika 4. Katodni talog K1



Slika 5. Katodni talog K2

## 2.6. Zaključak

Predloženim tehničkim rešenjem postignuto je smanjenje koncentracije bakarnih jona u otpadnom rastvoru iz pogona elektrolize bakra. Za proces izdvajanja bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora korišćen je proces elektrolitičke rafinacije bakarnih anoda sa povećanim sadržajem nikla, olova, kalaja i antimona. Tehnološki parametri procesa odgovarali su standardnim uslovima komercijalne proizvodnje katodnog bakra. Obe grupe anoda su se rastvarale tokom procesa. Pojava pasivacije registrovana je kod obe grupe anoda ali je takode karakteristično da se anode nisu trajno pasivirale što bi dovelo do potpunog prestanka rastvaranja. Anode su se nakon određenog vremena reaktivirale i nastavile da rastvaraju. Sadržaj bakra u radnom rastvoru smanjen je na račun formiranja katodnog taloga i anodnog mulja, a koncentracija niklovihi jona je povećana. Rastvor dobijen na kraju procesa rafinacije predstavlja sirovinu za ekstrakciju nikla odgovarajućim postupkom.

## Literatura

- [1] Z. Mubarok, H. Antrekowitsch, G. Mori, "Problems in the Electrolysis of Copper Anodes with High Contents of Nickel, Antimony, Tin and Lead", Cu 2007 – volume V, Copper Electrorefining and Electrowining (2007) 59-76.
- [2] R. Marković, B. Friedrich, J. Stajić-Trošić, B. Jordović, B. Jugović, M. Gvozdenović, J. Stevanović, "Behaviour of non-standard composition copper bearing anodes from the copper refining process", Journal of Hazardous Materials, 182 (1-3) (2010) 55-63.
- [3] E. Hoffman, "The Purification of Copper Refinery electrolyte", Journal of Metals/JOM, 56 (2004) 30-34.
- [4] M. Moats, J. Hiskey, "The Effect of Electrolyte Composition on Passivation of Commercial Copper Electrorefining Anodes", Cu 2007 – volume V, Copper Electrorefining and Electrowining (2007) 47-58.
- [5] ECI (2011) Personal communication. Secretariat of the European Copper Institute (2011) Brussels, Belgium (<http://www.eurocopper.org/copper/>)

## NAUČNOM VEĆU INSTITUTA ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

### BOR

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja: "Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava – rešenje br.T2/2013

Odlukom Naučnog Veća IRM-a Bor, br. XVI/7.3. od 04.12.2013. god, imenovan sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom: "Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava".

Tehničko rešenje autora mr Radmile Marković, dr Jasmine Stevanović, Radojke Jonović, Ljiljane Avramović, dr Mileta Dimitrijevića, mr Renate Kovačević i Vojke Gardić rezultat je rada na projektu TR 37001: "Uticaj rudarskog otpada iz RTB Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu", finansiranog od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Srbije (period 2011-2014).

Na osnovu dobijenog pisanog materijala iznosim svoje **mišljenje**:

Prikaz tehničkog rešenja urađen je u skladu sa zahtevima definisanim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata – Sl. Glasnik RS 38/2008.

Rešenje je prezentirano na 8 (osam) strana u okviru opšteg dela i detaljnog opisa tehničkog rešenja. Opšti deo sadrži podatke o ustanovi i autorima rešenja, naziv i evidencioni broj projekta, naziv tehničkog rešenja, oblast na koju se tehničko rešenje odnosi, prikaz problema koji se ovim tehničkim rešenjem rešava i stanje rešenosti problema u svetu, za koga je rešenje rađeno, godinu kada je rešenje urađeno i ko ga primenjuje, od kog tela su rezultati verifikovani.

Dokumentacija poglavlja 2, koje se odnosi na detaljan opis tehničkog rešenja, sadrži sledeće celine: uvodni deo, karakteristike opreme i materijala, tehničko-tehnološke parametre procesa, rezultate ispitivanja i zaključak. Dokumentacija sadrži 4 tabele i 5 slika.

Navedena poglavlja sadrže dovoljno informacija i daju jasnu sliku o upotrebljivosti predložene proizvodne linije, u skladu sa napred navedenim pravilnikom.

## Zaključak

Tekstualna dokumentacija tehničkog rešenja pripremljena je u skladu sa važećim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata (Sl. Glasnik RS 38/2008).

Date su neophodne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi i koji se problem njegovom primenom rešava, kao i detaljan opis tehničkog rešenja.

Ostvareni rezultati kojima je potvrđeno tehničko rešenje dokazuju da je predloženu tehnološku liniju za izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora moguće koristiti u navedenim uslovima.

Na osnovu iznetih činjenica, predlažem Naučnom veću IRM Bor da tehničko rešenje: **"Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava"**, prihvati i svrsta u kategoriju koja je predložena od strane autora: M82 – nova proizvodna linija.

Beograd, .decembar 2013. god.

Recezent

  
Dr Milan Petrov, viši naučni saradnik,

ITNMS Beograd

Научном већу Института за рударство и металургију Бор

Бор  
Зелени булевар 35

Предмет: Рецензија техничког решења: "Издајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора електролитичком рафинацијом бакарних анода нестандардног хемијског састава"

Аутори:

Мр Радмила Марковић, дипл.инг.тех.  
Др Јасмина Стевановић, дипл.инг.тех.  
Радојка Јонових, дипл.инг.тех.  
Љиљана Аврамовић, дипл.инг.тех.  
Др Миле Димитријевић, дипл.инг.тех.  
Мр Рената Ковачевић, дипл.хем.  
Војка Гардић, дипл.инг.тех.

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. XVI/7.3. од 04.12.2013. год, именован сам за рецензента техничког решења под називом: "Издајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора електролитичком рафинацијом бакарних анода нестандардног хемијског састава".

Ово техничко решење представља резултат рада на пројекту ТР 37001: УТИЦАЈ РУДАРСКОГ ОТПАДА ИЗ РТБ-а БОР НА ЗАГАЂЕЊЕ ВОДОТОКОВА СА ПРЕДЛОГОМ МЕРА И ПОСТУПАКА ЗА СМАЊЕЊЕ ШТЕТНОГ ДЕЈСТВА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ који је финансиран од стране Министарства за просвету и науку Србије (период 2011-2014).

На основу добијеног писаног материјала који се састоји од следећих целина: Општи део и Детаљан опис техничког решења, износим своје

#### МИШЉЕЊЕ

Приказ техничког решења урађен је у складу са захтевима дефинисаним Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата – Сл. Гласник РС 38/2008.

Општи део садржи податке о установи и ауторима решења, назив и евиденциони број пројекта, назив техничког решења, област на коју се техничко решење односи, за кога је решење рађено, годину када је решење урађено и ко га примењује, од ког тела су резултати верификовани као и приказ проблема који се овим техничким решењем решава и стање решености проблема прераде секундарних сировина у свету.

Документација поглавља 2, које се односи на детаљан опис техничког решења, садржи следеће целине: уводни део, карактеристике опреме и материјала, техничко-технолошке параметре процеса, резултати верификације нове производне линије и закључак.

Наведена поглавља садрже довољно информација и дају јасну слику о применљивости предложене технолошке линије, у складу са напред наведеним правилником.

### Закључак

Текстуална документација техничког решења припремљена је у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата, донетом од стране Националног савета за национални и технолошки развој (Сл. Гласник РС 38/2008). Дате су потребне информације о области на коју се техничко решење односи и који се проблем његовом применом решава, са освртом на стање решености проблема у свету. Резултати којима је верификовано техничко решење потврђују применљивост предложене технолошке линије за издвајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора из комерцијалне производње катодног бакра коришћењем бакарних анода добијених из секундарних сировина на бази бакра.

Имајући у виду квалитет предложеног техничког решења: "Издавање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора електролитичком рафинацијом бакарних анода нестандардног хемијског састава", предлажем да се техничко решење прихвати и сврста у категорију М82 – нова производна линија.

Београд, децембар 2013. год.

Рецензент



Др Дејан Трифуновић, научни сарадник

Технолошко-металуршки факултет Београд





Датум: Децембар 2013. год.

**Предмет:** Доказ о верификацији техничког решења Т2/2013: "Издајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора електролитичком рафинацијом бакарних анода нестандардног хемијског састава".

У оквиру пројекта технолошког развоја, ТР 37001: Утицај рударског отпада из РТБ-а Бор на загађење водотокова са предлогом мера и поступака за смањење штетног дејства на животну средину, за период 2011. – 2014. год., који финансира Министрство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, од стране групе аутора предложено је техничко решење под називом:

### "ИЗДАЈАЊЕ БАКРА ИЗ ОТПАДНИХ СУМПОРНО-КИСЕЛИХ РАСТВОРА ЕЛЕКТРОЛИТИЧКОМ РАФИНАЦИЈОМ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРДНОГ ХЕМИЈСКОГ САСТАВА"

Аутори техничког решења:

Мр Радмила Марковић, дипл.инг.тех.  
 Др Јасмина Стевановић, дипл.инг.тех.  
 Радојка Јонових, дипл.инг.тех.  
 Љиљана Аврамовић, дипл.инг.тех.  
 Др Миле Димитријевић, дипл.инг.тех.  
 Мр Рената Ковачевић, дипл.хем.  
 Војка Гардић, дипл.инг.тех.

Нова производна линија за издајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора применом процеса електролитичке рафинације бакарних анода нестандардног хемијског састава освојена је на постојећој опреми полуиндустријских размера, лоцираној у лабораторијама ИРМ Бор. Корисник овог техничког решења је ИРМ Бор.

Резултати су показали следеће:

- Припремљене су нове, до сада неиспитане бакарне аноде нестандардног хемијског састава.
- Предложеним техничким решењем постигнуто је смањење концентрације бакарних јона у отпадном раствору из погона електролизе бакра. За процес издајања бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора коришћен је процес електролитичке рафинације бакарних анода са повећаним садржајем никла, олова, калаја и антимона.
- Технолошки параметри процеса одговарали су стандардним условима комерцијалне производње катодног бакра.
- Појава пасивације регистрована је код испитаних анода али није дошло до трајне пасивације која би онемогућила њихово растварање. Аноде су се након одређеног времена реактивирале и наставиле да растварају.



- Садржај бакра у радном раствору смањен је на рачун формирања катодног талога и анодног муља, а концентрација никлових јона је повећана.
- Раствор добијен на крају процеса рафинације представља сировину за екстракцију титла одговарајућим поступком.

Прихватам да се предложено техничко решење сврста у категорију М82, нова производна линија, у складу са захтевима дефинисаним Правилником о поступку и начину вредновања и квалитативном исказивању научно-истраживачких резултата, (Сл. Гласник РС 38/2008, прилог 2,

Директор

Института за рударство и металургију Бор



Проф. др В. Велимир Грујић, Инст. инт. мет.



Датум: Децембар 2013. год.

**Научном већу Института за рударство и металургију Бор****Предмет: Захтев за прихватање техничког решења**

Према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача ("Сл. Гласник РС 38/2008, прилог 2"), обраћам се Научном већу Института за рударство и металургију да покрене поступак за прихватање техничког решења М-82 (нова производна линија) под називом:

**ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ  
(М82)****ИЗДВАЈАЊЕ БАКРА ИЗ ОТПАДНИХ СУМПОРНО-КИСЕЛИХ РАСТВОРА  
ЕЛЕКТРОЛИТИЧКОМ РАФИНАЦИЈОМ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРДНОГ  
ХЕМИЈСКОГ САСТАВА  
бр. Т2/2013.**

Установа / Аутори решења

- Институт за рударство и металургију Бор / Мр Радмила Марковић, Радојка Јоновић, Љиљана Аврамовић, мр Рената Копачевић, Војка Гардић
- Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију / Др Јасмина Стевановић
- Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору / Др Миле Димитријевић

Предложено техничко решење је резултат реализације пројекта, ТР 37001: Утицај рударског отпада из РТБ-а Бор на загађење водотокова са предлогом мера и поступака за смањење штетног дејства на животну средину, период 2011. – 2014. год. Пројекат финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, припада програму технолошког развоја, област: уређење, заштита и коришћење вода, земљишта и ваздуха.

На основу покренутог поступка за валидацију и верификацију предметног техничког решења (Одлука Научног већа бр. XVI/7.3. од 04.12.2013.), мишљења два рецензента и корисника, обраћам Вам се са захтевом за прихватање техничког решења.

Сагласан руководилац пројекта

Др Миле Бугарин, дипл.инг.геол.

Подносилац захтева

Мр Радмила Марковић, дипл.инг.техн.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ  
Број: XVII/2.3.  
Од 27.12.2013.године**

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XVII-ој седници одржаној дана 27.12.2013. године донело:

**ОДЛУКУ**  
*о прихватању техничког решења*

**I**

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Издвајање бакра из отпадних сумпорно-киселих раствора електролитичком рафинацијом бакрних анода нестандардног хемијског састава“, аутора: *мр Радмила Марковић, др Јасмина Стевановић, Радојка Јоновић, Љиљана Аврамовић, др Миле Димитријевић, мр Рената Ковачевић, Војка Гардић,* и мишљења рецензента и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

*Др Милењко Љубојевић*  
**Др Милењко Љубојевић, дипл.инж.руд.  
Научни саветник**