



## **PROJEKAT:**

**TR 34024: RAZVOJ TEHNOLOGIJA ZA RECIKLAŽU PLEMENITIH, RETKIH I PRATEĆIH METALA IZ ČVRSTOG OTPADA SRBIJE DO VISOKOKVALITETNIH PROIZVODA**

## **TEHNIČKO I RAZVOJNO REŠENJE (M 83)**

### **NOVO POLUINDUSTRIJSKO POSTROJENJE ZA ELEKTROLITIČKU PRERADU BAKARNIH ANODA NESTANDARNOG HEMIJSKOG SASTAVA – LINIJA I br. T1/2011**

**U Boru, 22.12.2011**

#### **Podnosilac zahteva:**

Mr. Radmila Marković, dipl.inž.tehn.



Datum: 23.09.2011.god.

## NAUČNOM VEĆU INSTITUTA ZA RUDARSTVO I METALURGIJU U BORU

**Predmet:** Pokretanje postupka za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja

Prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata istraživača („Službeni glasnik RS”, br. 38/2008) obraćam se Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru sa molbom da pokrene postupak za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja M-83 (novo poluindustrijsko postrojenje), pod nazivom:

### **Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandarnog hemijskog sastava – Linija I**

Ustanova /Autori rešenja:

Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru / mr Radmila Marković, dr Vlastimir Trujić, Silvana Dimitrijević, Suzana Dragulović, Oliver Dimitrijević, Zoran Ilić, Aleksandra Ivanović

Predloženo tehničko rešenje je rezultat realizacije projekta TR 34024 u oblasti materijala i hemijskih tehnologija, period 2011-2014.

Za recenzente predlažem:

1. dr Milica Gvozdenović, docent TMF, Beograd
2. dr Branimir Jugović, viši naučni saradnik ITN Srpske akademije nauka i umetnosti, Beograd

Saglasan rukovodilac projekta TR-34024:

Dr Vlastimir Trujić, viši naučni saradnik, IRM



Podnosilac zahteva

Mr Radmila Marković, dipl.ing.teh.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**

**Број: IV/8.6.**

**Од 06.12.2011.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 IV-ој седници одржаној дана 06.12.2011. године донело:

**ОДЛУКУ**

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

**I**

На захтев мр Радмиле Марковић, дипл.инж.техн. Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Ново полуиндустријско постројење за електролитичку прераду бакарних анода нестандардног хемијског састава-Линија I*“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Милица Гвозденовић, доцент ТМФ, Београд
2. др Бранимир Југовић, виши научни сарадник ИТН Српске академије науке и уметности, Београд.

**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

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





## **PROJEKAT:**

**TR 34024: RAZVOJ TEHNOLOGIJA ZA RECIKLAŽU PLEMENITIH, RETKIH I PRATEĆIH METALA IZ ČVRSTOG OTPADA SRBIJE DO VISOKOKVALITETNIH PROIZVODA**

### **TEHNIČKO I RAZVOJNO REŠENJE (M 83)**

### **NOVO POLUINDUSTRIJSKO POSTROJENJE ZA ELEKTROLITIČKU PRERADU BAKARNIH ANODA NESTANDARNOG HEMIJSKOG SASTAVA – LINIJA I br. T1/2011**

**U Boru, 22.12.2011**

**Podnosilac zahteva:**

Mr. Radmila Marković, dipl.inž.tehn.



**Grupa M80: „Техничка и развојна решења“  
Категорија: „Ново полуиндустријско постројење“  
Резултат M83**

**Предложено Техничко решење је обрађено на укупно 11 страна укључујући насловне стране и пратећи Прилог, са следећим садржајем:**

1. ОПШТИ ДЕО
2. ДЕТАЛЈАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА
3. ПРИЛОГ – Технолошка шема

## **1. ОПШТИ ДЕО**

### **1.1 Установа / Аuttori решења:**

**Институт за рударство и металургију у Бору,  
Mr Radmila Marković, Dr Vlastimir Trujić, Silvana Dimitrijević, Suzana Dragulović,  
Oliver Dimitrijević, Zoran Ilić, Aleksandra Ivanović  
e-mail: [radmila.markovic@irmbor.co.rs](mailto:radmila.markovic@irmbor.co.rs)**

### **1.2 Назив и евиденциони број пројекта са бројем активности, у коме је остварен резултат из категорије M83:**

Пројекат TR 34024: Развој технологија за рециклажу племенитих, ретких и пратећих метала из чврстог отпада Србије до високкоквалитетних производа

### **1.3. Назив техничког решења:**

Ново полуиндустријско постројење за електролитичку прераду бакарних анода нестандарног хемијског састава – Линија I

### **1.4 Област на коју се техничко решење односи:**

Техничко решење припада области материјали и хемијске технологије.

### **1.5 Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:**

За потребе испитивања у области електролитичке рафинације бакра и других метала, електрохемијског преčišćавања отпадних сumporno киселих раствора из погона електролиза бакра, електрохемијско добијања бакра из раствора коришћењем нерастворних анода и др., IRM Бор је користио постројење које је изграђено локацији: Електролиза бакра Бор - hala Електролизе реализацијом пројекта изградње објекта са пратећом опремом:

1. Formirano je poluindustrijsko postrojenje koje je u potpunosti bilo nezavisno od proizvodnog dela pogona Elektrolize. Postrojenje se sastojalo od dve ćelije industrijskih razmera i kompletne prateće opreme.
2. Formirano je uvećano laboratorijsko postrojenje za istraživanja u oblasti proizvodnje elektrolitičkog bakarnog praha
3. Kompletirana je oprema za kvalitativno-kvantitativnu kontrolu procesa.

Власничка трансформација Института за рударство и металургију (IRM) Бор, као и статус у коме се Рударско топioničарски басен Бор налази већ дужи временски период, наметнули су неопходност дислоцирања постојеће опреме као и формирање новог полуиндустријског постројења за електрохемијска истраживања у лабораторијама Института.



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

Razvoj industrije u svetu doveo je do povećanja količina sekundarnih sirovina koje se u novije vreme sve više koriste kao polazna sirovina za proizvodnju mnogih metala. Sekundarni materijali uglavnom sadrže visoki procenat metala pa se iz tog razloga velika pažnja poklanja razvoju tehnologija za njihovu preradu a u cilju izvlačenja metala do proizvoda visoke čistoće. Rezultati različitih istraživanja kao i tehnologije razvijene na osnovu postignutih rezultata, nalaze praktičnu primenu u procesima reciklaže. Prerada sekundarnih sirovina u odnosu na proizvodnju metala iz primarnih sirovina ima niz prednosti:

- Niže investicije u odnosu na preradu primarnih sirovina
- Proizvodnja metala visoke čistoće uz visok stepen iskorišćenja
- Manja potrošnja energije
- Očuvanje prirodnih resursa
- Niži troškovi tretiranja otpadnih voda i gasova

Poluindustrijsko postrojenje koje je izrađeno za potrebe rada na projektu TR 34024, locirano je u laboratoriji IRM Bor i koristi se za elektrolitičku rafinaciju bakarnih anoda koje se dobijaju adekvatnom preradom sledećih sekundarnih sirovina:

- Elektronski škart
- Automobilski katalizatori
- Katalizatori iz hemijske industrije
- Opeke iz industrije staklenih vlakana
- Filter masa

Postrojenje se sastoji od tri elektrolitičke ćelije i prateće opreme i uređaja.

### **1.7 Za koga je rešenje rađeno: IRM - Institut za Rudarstvo i metalurgiju Bor**

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

2011. godina / IRM - Institut za Rudarstvo i metalurgiju Bor

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

Direktora IRM Bor, a na osnovu podnete dokumentacije autora i pisanog mišljenja dva recenzenta.

## 2. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

### 2.1 Uvod

U okviru planiranog programa istraživanja, po projektu TR 34024: **"Razvoj tehnologija za reciklažu plemenitih, retkih i pratećih metala iz čvrstog otpada Srbije do visokokvalitetnih proizvoda"**, za verifikaciju i potvrđivanje rezultata laboratorijskih ispitivanja elektrohemijske prerade bakarnih anoda sa povećanim sadržajem plemenitih metala, neophodno je bilo uraditi seriju opita na poluindustrijskom postrojenju. Kako IRM Bor ne poseduju postrojenje na kome je moguće proizvesti veće količine bakra u procesu elektrolitičke rafinacije bakarnih anoda odgovarajućeg hemijskog sastava, nametnula se potreba za izradom novog postrojenja i to poluindustrijskih razmera. Verifikacija i kontrola rada novog poluindustrijskog postrojenja, postignuta je korišćenjem anoda dobijenih preradom automobilskih katalizatora. Urađena su dva eksperimenta. Rezultati rada ovog postrojenja verifikovani su kroz: Tehničko rešenje T1/2011 koje je usklađeno sa važećom zakonskom regulativom iz ove oblasti, odnosno sa važećim PRAVILNIKOM O POSTUPKU I NAČINU VREDNOVANJA I KVANTITATIVNOM ISKAZIVANJU NAUČNOISTRAŽIVAČKIH REZULTATA ISTRAŽIVAČA (Sl. glasnik RS, br. 38/2008).

Izgled kompletnog postrojenja može se videti na slici 1. Detaljna tehnološka šema data je na slici 2 (prilog 1).



Slika 1. Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava – Linija I

### 2.2 Tehničke karakteristike opreme i materijala

Tehnološko-mašinska oprema raspoređena je u dva nivoa i to:

- elektrolitičke ćelije: kota +0.6 m na kojoj je i radna platforma
- elektrolitni rezervoari kota  $\pm 0.00$  m i + 1.8 m
- prihvatne posude za anodni mulj kota  $\pm 0.00$  m

Dimenzionisanje opreme izvršeno je na osnovu sledećih projektnih podloga:

- Karakteristike ispravljača U 10V i I 200 A
- Masa anodnog bakra cca 360 kg po anodnoj operaciji



**Tabela 1. Specifikacija opreme i materijala**

Naziv i opis uređaja	Poz.
<b>Električno vitlo</b> , Namena: za transport i manipulaciju elektrodama, Nosivost: 400/200 kg; Visina dizanja: 11,5/5,5; Snaga elektomatora: 0,78 kW; Materijal: Č0361; Komada: 1	EV
<b>Elektrolitička ćelija – linija I</b> , Namena: za odvijanje procesa elektrolitičke rafinacije bakarnih anoda; Dimenzije: 800×600×380 mm; Materijal: PP; Komada: 3	A 101,102, 103
<b>Rezervoar za recirkulaciju elektrolita – linija I</b> , Namena: da obezbedi odgovarajuću cirkulaciju elektrolita; Dimenzije: 1000×475×650 mm; Materijal: PP; Komada: 1	B 101
<b>Prihvatni rezervoar – linija I</b> , Namena: da obezbedi prihvat elektrolita iz sve tri ćelije u slučaju prinudnog isticanja; Materijal: PP; Komada: 1	B 102
<b>Napojni sud – linija I</b> , Namena: da obezbedi ravnomerni gravitacioni dotok elektrolita u elektrolitičke ćelije i konstantnost pritiska u cevovodima preko ugrađenog preliva kao i za odvod viška elektrolita preko prelivne cevi u rezervoar za recirkulaciju elektrolita; Dimenzije: Ø225×450 (300+150) mm; Materijal: PE; Komada: 1	R 101
<b>Elektrolitna pumpa – linija I</b> , Namena: da obezbedi potrebnu cirkulaciju elektrolita u sistemu; Tip: Centrifugalna; Protok: 4 m <sup>3</sup> /h; Pritisak: 3,0 bar; Snaga elektomatora: 0,75 kW; Broj obrtaja: 2800 <sup>0</sup> /min; Materijal: PP; Komada: 1	P 101
<b>Elektrolitna pumpa za transport elektrolita – linija I</b> , Namena: da obezbedi potrebnu cirkulaciju elektrolita u sistemu; Tip: Potapajuća; Protok: 1 m <sup>3</sup> /h; Napor: 8 m H <sub>2</sub> O; Snaga elektomatora: 0,55 kW; Broj obrtaja: 2800 <sup>0</sup> /min; Materijal: PP; Komada: 1	P 102
<b>Strujni snabdevač – linija I</b> , Namena: da obezbedi snabdevanje ćelija jednosmernom strujom, I max. 150 A, U max. 10 V; Karakteristke: 50 Hz, 3×380 V; Komada: 1	T 201
<b>Sladišni rezervoar za elektrolit - linija I</b> , Namena: za prihvat viška elektrolita i skladienje elektrolita; Dimenzije: Ø800×2000 mm; Materijal: PE, Komada: 1	B 204
<b>Sistem za merenje i regulaciju temperature - linija I</b> 1. Galvanski grejači u porcelanskoj cevi: Dimenzije: Ø58×400 mm; Napon: 220 V; Snaga: 1200 W 2. Sonda: Tip: NTC ; Opseg merenja: - 40 ÷ +105 <sup>0</sup> C 3. Digitalni regulator temperature: Tip: NTC; Opseg merenja: 0 ÷ 500 <sup>0</sup> C; Materijal: Porcelan (grejač), PP (sonda) Komada: grejači: 3, sonde: 4, regulatori temperature: 4	
<b>Ventilator</b> , Namena: za ventilaciju radnog prostora; Tip: centrifugalni; Snaga motora: 1,1 kW; Protok: 3000 m <sup>3</sup> /h; Napor: 1600Pa; Materijal: PVC; Komada: 1	V
<b>Materijali</b>	





<b>Komercijalna anoda</b> Oblik, vrsta: nestandardna anoda, pravougaonog oblika sa jednim anodnim uvom Materijal: bakarna anoda sa nestandardnim sadržajem pratećih elemenata Dimenzije tela anode (dužina x širina x debljina): 390 x 265 x 30 ± 2 mm Dimenzije anodnog uva: 49 x 42 x 30 ± 2 mm Masa anode: prosečna: cca 27 kg	
<b>Polazna katoda</b> Oblik, vrsta: pravougaoni bakarni list na koji je bakarnim nitnama zanitovana jedna bakarna ušica kroz koju se postavlja katodni nosač (strujni provodnik) Materijal: katodni bakar koji se proizvodi u Elektrolizi bakra Bor u obliku bakarnog lista, debljine ~ 0.7 mm, čistoće min 99.95 % Cu Dimenzije tela: (dužina x širina x debljina) i masa: 400 x 300 x 0.7 mm, masa ~ 0,750 kg Dimenzije ušica: 390 x 90 x 0.7 mm, masa ~ 0,220 kg	
<b>Elektrodni nosači</b> Oblik, vrsta: osnova - bakarna žica, Ø 16 x 470 mm	

## 2.3 Opis tehnološkog procesa

### Generalni opis

Tehnološka šema postrojenja za elektrolizu bakra sa povećanim sadržajem plemenitih metala prikazana je na crtežu broj TR 34024/T1.

Pre početka elektrolitičke rafinacije vrši se tzv. „hladna proba“ - proveravanje poluindustrijskog postrojenja na ispravnost svih elemenata. Uklanjanjem svih uočenih nedostataka na postojećoj opremi (pumpa za recirkulaciju, ventili, ćelije i dr.) pristupa se tzv. „toploj probi“, pri čemu se proverava ispravnost grejača i termostata, kao i svih elemenata na tehnološkoj liniji na radnoj temperaturi. Nakon hladne i tople probe, sistem se puni elektrolitom i uključuju grejači koji se koriste za grejanje i održavanje temperature elektrolita u granicama 55-62°C. Po dostizanju projektovane vrednosti temperature elektrolita, u ćelije se ulažu izmerene i prethodno analizirane anode na sadržaj plemenitih metala, kao i prethodno pripremljene i izmerene polazne katode.

Elektrode se raspoređuju na odgovarajuća međuosna rastojanja i nakon toga ćelije priključuju na strujni snabdevač a jačina struje podešava tako da gustina struje odgovara vrednostima od 120-160 A/m<sup>2</sup>.

Proces rafinacije traje oko 20 dana - 2 katodna perioda. Elektrolit i anodni mulj se ispuštaju iz ćelija nakon završetka procesa. Elektrolit se skladiira u skladišni rezervoar, a mulj ispušta u odgovarajuće plastične posude u cilju dalje prerade.

### • Punjenje sistema elektrolitom

Ukoliko se za proces koristi elektrolit koji nije predhodno skladiran u skladišnom rezervoaru za elektrolit, poz.B104, elektrolit se ručno uliva u rezervoar za recirkulaciju, poz.B101 i elektrolitnim pumpama, poz.P101 ili poz.P102 transportuje potisnim cevovodima do ćelija.

U slučaju kada je elektrolit skladiran u rezervoaru, poz.B104 na kome su montirani priključci, poz.CV108.1 i CV108.2 na čijim se ispustima mogu montirati fleksibilna creva, punjenje sistema se obavlja na sledeći način: fleksibilno crevo se priključuje na priključak poz.CV108.1 i slobodnim padom puni rezervoar za recirkulaciju elektrolita poz.B101 na kome je postavljen priključak, poz.CV108 sa ventilom, poz.V101.1. Iz rezervoara za recirkulaciju, poz.B101, pomoću elektrolitne (centrifugalne) pumpe, poz.P101 ili elektrolitne (vertikalne) pumpe,



poz.P102 elektrolit se transportuje do ćelija postojećim sistemom cevovoda. Prilikom punjenja, otvoreni su ventili poz.V101 i V102 (ako se uključuje centrifugalna pumpa) ili poz.V104 (ako se uključuje vertikalna pumpa) i cevovodom poz.CV101 ili CV102, respektivno, elektrolit transportuje do napojnog suda, poz.TR 101. Višak elektrolita iz napojnog suda vraća se cevovodom poz.CV103 u rezervoar za recirkulaciju, poz.B101. Delimično su otvoreni ventili poz.V103 (za smanjenje dotoka elektrolita u napojni sud), poz.V105, V106, V107 i V108 (za regulaciju protoka elektrolita u ćelijama poz.A101, A102 i A103). Ventili poz.V109, V110 i V111 koji se koriste za ispuštavanje elektrolita su zatvoreni. Ђelije se pune elektrolitom do preliva poz.CV105.2 na ćeliji poz.A101, CV106.2 na ćeliji A102 i CV107.2 na ćeliji A103 a rezervoar za recirkulaciju, poz.B101 do ½ svoje visine, što se prati na nivometru.

Nakon punjenja sistema elektrolitom, uključuje se sistem za grejanje elektrolita koji se sastoji od tri grejača, poz. el.101, el.102 i el.103 sa termoregulatorom. Po dostizanju optimalne vrednosti temperature elektrolita za odvijanje elektrolitičke rafinacije (55-62<sup>0</sup>C), u elektrolitičke ćelije se ulažu elektrode.

- **Ulaganje elektroda u elektrolitičke ćelije**

Raspored elektroda u sistemu je: anoda-katoda-anoda. Bakarne anode sa povećanim sadržajem plemenitih metala se liju u laboratorijama sektora za specijalnu proizvodnju IRM Bor, u delu za pirometalurgiju. Anode se liju u specijalno konstruisane kalupe sa jednom ušicom, koja se buši i na njoj namešta kuka od bakarne žice Ø 8 mm. Vešanje anoda ostvaruje se postavljanjem kuke na bakarni strujni snabdevač kružnog poprečnog preseka Ø 16 mm. Istog oblika i dimenzija su i bakarni strujni snabdevači polaznih katoda.

Strujne šine čiji je poprečni presek trougao koriste se za dovođenje jednosmerne struje na ćelije.

Anode se podižu pomoću kрана, poz.EV, sa poda i postavljaju na šine na koje se dovodi pozitivno naelektrisanje. Polazne katode se ručno postavljaju na strujne šine na koje se dovodi negativno naelektrisanje. Nakon raspoređivanja elektroda na potrebna međuosna rastojanja i odgovarajuću udaljenost od stranica i čela ćelija, uključuje se strujni snabdevač i podešava jačina struje, tako da gustina struje bude 120-160 A/m<sup>2</sup>. Sve vreme dok traje elektrolitička rafinacija jačina struje se održava konstantnom i kontroliše napon kako u celom sistemu, tako i na svakoj ćeliji.

- **Elektrolitička rafinacija**

Proces elektrolitičke rafinacije – jedan anodni period traje oko 20 dana ukoliko se odvija prema definisanim parametrima (odgovarajuća koncentracija bakra i sumporne kiseline, temperatura, gustina struje, cirkulacija). Vreme trajanja procesa zavisi i od mase, odnosno, debljine anoda. Tokom anodnog perioda (na polovini) vade se proizvedene bakarne katode - I katodni period a na njihovo mesto se postavljaju nove polazne katode, II katodni period. U toku elektrolitičke rafinacije se održava približno konstantni nivo elektrolita u rezervoaru za recirkulaciju, poz.B101 što se registruje na nivometru koji je postavljen na rezervoaru, poz.B101. Razblaženi elektrolit od pranja anodnog mulja i sistema za elektrolizu ili pijaća voda koriste se kao nadoknada usled isparavanja vode sa površine ćelije.

- **Kraj elektrolitičke rafinacije**

Proces elektrolitičke rafinacije se završava kada je više od 80 mass. % anoda rastvoreno (nekad i više od 90 %) i kada procesni parametri ne mogu da se održavaju konstantnim. Sa rastvaranjem, smanjuje se površina anoda i remeti odnos površina anoda i katoda što se



manifestuje porastom napona na ćelijama i sistemu ćelija, smanjenjem prelaska bakra na katodu, naglim povećanjem utroška električne energije (usled velikog otpora i pada napona).

Proces elektrolize se prekida realizacijom sledećih aktivnosti:

1. Isključuje se strujni snabdevač, poz.T101
2. Isključuju se grejači u ćelijama na termoregulatoru, poz.TR 101
3. Isključuje se elektrolitna pumpa poz. P101 ili P 102
4. Ručno se vade zaostali delovi nerastvorenih anoda – retur iz ćelija.
5. Katodni bakar se pomoću kрана podiže iznad ćelija gde se spira zaostali elektrolit i transportuje na skladištenje.
6. Ђелије се празне након достизања температуре електролита од око 40<sup>0</sup>С и потпуног таложења анодног муља на дно ћелија.

#### Ispuštanje elektrolita iz ćelija

Elektrolit se iz ćelija ispušta u rezervoar za recirkulaciju elektrolita, poz.B101. Na cevovodu poz. CV105.3 se postavi fleksibilno crevo, koje se drugim krajem priključi na rezervoar za recirkulaciju, poz.B101, otvori se ventil, poz.V109 i elektrolit slobodnim padom prebaci u rezervoar, poz.B101. Iz rezervoara, poz.B101 elektrolit se elektrolitnom pumpom, poz.P101 transportuje u skladišni rezervoar, poz.B104. Tokom transporta elektrolita iz rezervoara za recirkulaciju elektrolita, poz. B101 u skladišni rezervoar otvara se ventil, poz. V102, a zatvaraju ventili, poz.V103 i V104. Nivoi elektrolita u rezervoarima prate se preko nivometra. Kad je ispražnjena ćelija, poz.A101, fleksibilno crevo se postavlja na cevovod, poz.CV106.3. i otvara ventil, poz.V110. Nakon pražnjenja ćelije, poz.A102, fleksibilno crevo se premešta na cevovod, poz. CV107.3 (na ćeliji A103) i otvara ventil, poz. V111.

Na ovaj način je iz svih ćelija istače elektrolit a u ćelijama ostala pulpa anodnog mulja.

#### Ispuštanje anodnog mulja iz ćelija

Tokom procesa elektrolize i ispuštanja elektrolita iz sistema, prihvatni rezervoar, poz.B102 postavljen je na transportni uređaj za podni transport, poz.B102.1, ispod platforme na kojoj se nalaze elektrolitičke ćelije. Kada se elektrolit ispusti iz sistema, prihvatni rezervoar se uklanja a ispod ćelija postavljaju duboke plastične posude, zapremine 50 l.

Anodni mulj se ispušta kroz cevovode, poz.CV105.4, CV106.4 i CV107.4 tako što se bušoni sa dna ćelije ručno odvrnu a sa zidova ćelija se pijačom vodom spere zaostala količina mulja i pripoji istočenom anodnom mulju. Za odvajanje čvrste faze-anodnog mulja koristi se Bihnerov levak na kome se vrši i ispiranje vrućom pijačom vodom od zaostalog elektrolita. Mulj se suši do dostizanja konstantne mase, melje u mlinu sa kuglama, prosejava u cilju uklanjanja sitnih komada retura, uzorkuje, meri i pakuje.

Razblaženi elektrolit od filtriranja anodnog mulja i ispirne vode skladiraju se u plastične buriće i ti rastvori se tokom naredne elektrolitičke rafinacije koriste za nadoknađivanje isparene vode u toku procesa. Vode od pranja sistema nakon završetka elektrolize se priključuju elektrolitu, kako bi se isti razblažio i sprečila kristalizacija bakar-sulfata u skladišnom rezervoaru, poz.B104.

#### • **Otpadne vode procesa elektrolize**

Otpadnih voda tokom procesa elektrolitičke rafinacije praktično nema. Sve ispirne vode koje nastaju tokom procesa skladiraju se u skladišni rezervoar, poz.B204, ukoliko postoji slobodna zapremina ili u plastične buriće od 50 l. Ovi rastvori se koriste kao nadoknada usled isparavanja vode iz sistema.



Kada u procesnom elektrolitu poraste koncentracija nečistoća koje uslovljavaju dobijanje katodnog depozita lošeg kvaliteta, što se utvrđuje kvalitativno-kvantitativnom hemijskom analizom elektrolita, takav elektrolit se istače u plastične buriće i odvozi u RTB-JAMA u postrojenje za cementaciju bakra.

- **Otpadni gasovi elektrolize**

U toku elektrolitičke rafinacije anodnog bakra, kao otpadni gas, izdvaja se vodena para, jer se proces odvija na 55-62°C. Otpadne gasove nije potrebno prečistiti pre ispuštanja u atmosferu.

Za ventilaciju prostorije, u kojoj je locirano postrojenje, koristi se sistem za ventilaciju, koji je konstruisan tako da usisava gasove iznad elektrolitičkih ćelija i pomoću ventilatora, poz. V, izbacuje ih u atmosferu.

## 2.4 Kontrola procesa elektrolize

Tokom procesa elektrolitičke rafinacije vrši se:

1. Merenje i kontrola jačine struje
2. Merenje napona na ćelijama i u celom sistemu
3. Merenje i kontrola temperatura elektrolita
4. Kontrola sadržaja bakra i sumporne kiseline u elektrolitu
5. Merenje nivoa elektrolita
6. Kontrola ravnomernosti katodnog depozita

- **Jačina struje i napon**

Vrednost katodne gustine izračunava se na osnovu vrednosti jačine struje i aktivne površine katoda u jednoj ćeliji i iznosi 120-160 A/m<sup>2</sup>. Napon na ćeliji (meri se univerzalnim multimetrom) kreće se u granicama 220-300 mV. Vrednost napona na ćeliji iznad 300mV ukazuje na povećanje otpora u ćeliji što dovodi do tzv. „pada napona”. Pri povećanju napona na ćeliji na vrednost iznad 400 mV treba pronaći uzrok njegovog povećanja i ukloniti ga. Uzroci porasta napona na ćeliji mogu biti različiti:

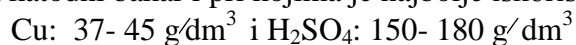
- loš kontakt između šina i nosača elektroda, ili između nosača i same elektrode
- niska temperatura elektrolita
- veliko rastojanje između katoda i anoda
- poremećen odnos površina anoda i katoda (kad se veći deo anode već rastvorio i samim tim se smanjila njena površina)
- pasivizacija anodnih površina usled zadržavanja anodnog mulja na površini anode

- **Temperatura elektrolita**

Temperatura elektrolita održava se u granicama 55-62°C, reguliše se pomoću termoregulatora i kontroliše pomoću termometra merenjem temperature u ćeliji.

- **Sadržaj bakra i sumporne kiseline u elektrolitu**

Optimalne koncentracije bakra i sumporne kiseline u elektrolitu pri kojima se dobija kvalitetan katodni bakar i pri kojima je najbolje iskorišćenje električne struje su:



Koncentracije Cu i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> u elektrolitu određuju se volumetrijskim metodama:

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se određuje metodom volumetrijske titracije standardnim rastvorom NaOH, uz indikator metil-oranž.



- Cu se određuje jodometrijskom metodom-titracijom sa standardnim rastvorom natrijum-tiosulfata, pri čemu se koristi rastvor skroba kao indikator.

Tokom procesa, kao posledica hemijskog rastvaranja, dolazi do povećanja koncentracije bakra i smanjenja koncentracije sumporne kiseline. Pri vrednosti sadržaja bakra većoj od  $45 \text{ g/dm}^3$  koriguje se sadržaj bakra izuzimanjem određene zapremine elektrolita iz sistema. U sistem se dodaje određena zapremina  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i vode koja je izuzeta iz sistema sa delom elektrolita. Količina elektrolita koju je potrebno istočiti iz sistema i količina sumporne kiseline i vode koja se dodaje u sistem preračunava se na osnovu hemijske analize elektrolita na sadržaj Cu i  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i količine elektrolita u cirkulaciji (na liniji I - oko  $600 \text{ dm}^3$  elektrolita).

- **Kontrola morfologije katodnog depozita**

Da bi se dobio što ravnomerniji katodni depozit, u elektrolit se dodaju površinski aktivne supstance - koloidi. Dodaci površinski aktivnih supstanci povoljno utiču na karakter kristalizacije metala na katodi. S druge strane, u nekim slučajevima viša koncentracija ovih materija u rastvoru je nepoželjna jer uzrokuje uključivanje primesa u katodni depozit. Dodavanje koloida u poluindustrijskom postrojenju je rešeno tako što se na svakih 12 sati dodaje direktno u rezervoar za recirkulaciju po 1l vodenog rastvora 3g želatina i 3 g uree.

## 2.5 Testiranje rada postrojenja

Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava – Linija I testirano je kroz dva eksperimenta. Anode su dobijene topljenjem automobilskih katalizatora.

### I Eksperiment

Za elektrolitičku preradu korišćeno je 6 bakarnih anoda ukupne mase 156 kg (2 ćelije). Proces je trajao 27 dana i to I katodni period: 13 dana a II katodni period: 14 dana. Organizacija elektroda u ćelijama je: katoda – anoda – katoda, tako da je u svakoj ćeliji bilo po 4 katode. Međuelektrodno osno rastojanja iznosilo je 80 mm, cirkulacija elektrolita: jedna izmena zapremine ćelije na  $2 \div 2.5 \text{ h}$ .

Jačina struje održavana je u opsegu od 100 do 110 A, temperatura elektrolita u granicama  $53\text{--}57 \text{ }^\circ\text{C}$ , sadržaj Cu u elektrolitu:  $35\text{--}45 \text{ g/dm}^3$ , koncentracija  $\text{H}_2\text{SO}_4$  u opsegu od 160 do  $180 \text{ g/dm}^3$ , koloidi: vodeni rastvor tiouree i želatina (4 g želatina + 4 g tiouree u 2 l vode) dodavani su tokom 24 h u sistem.

Tokom procesa meren je napon na svakoj ćeliji pojedinačno kao i ukupan napon na strujnom snabdevaču. Napon na ćeliji 1 kretao se u granicama: 320 - 360 mV a na ćeliji 2: 325-370 mV.

Dobijeni katodni bakar bio je čistoće 99,99 % Cu a stepen prelaza plemenitih metala u anodni mulj 99 mass. %.

### II Eksperiment

Eksperiment je urađen korišćenjem sve tri elektrolitičke ćelije i ostale prateće opreme od koje se sastoji postrojenje. U ćelije je uloženo po 4 anode i 5 polaznih katoda kako je previđeno projektnom dokumentacijom. Masa 12 anoda iznosila je 319,7 kg. Kao i kod I eksperimenta, proces je trajao 27 dana i to I katodni period: 13 dana i II katodni period: 14 dana. Vreme



trajanja procesa bilo je uslovljeno maksimalno mogućim rastvaranjem anoda u cilju prevodenja plemenitih metala u anodni mulj.

Jačina struje održavana je u opsegu od 150 do 160 A, temperatura elektrolita u granicama 53-57 °C, sadržaj Cu u elektrolitu: 35 - 45 g/dm<sup>3</sup>, koncentracija H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> u opsegu od 160 do 180 g/dm<sup>3</sup>, koloidi: vodeni rastvor tiouree i želatina (6 g želatina + 6 g tiouree u 2 l vode) dodavani su tokom 24 h u sistem.

Tokom procesa meren je napon na svakoj ćeliji pojedinačno kao i ukupan napon na strujnom snabdevaču. Napon na ćeliji 1 kretao se u granicama: 240 - 285 mV, na ćeliji 2: 245-290 mV a na ćeliji 3: 250-290.

I kod ovog eksperimenta katodni bakar bio je čistoće 99,99 % Cu i raspodela plemenitih metala u anodni mulj 99 mass. %.

## 2.6 Zaključak

Novo poluindustrijsko postrojenje predstavlja troćelijski sistem sa pratećim uređajima, opremom i instalacijama čime je omogućeno ispitivanje procesa elektrolitičke rafinacije bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava u cilju izdvajanja bakra i plemenitih metala iz različitih vrsta sekundarnih sirovina na bazi plemenitih metala.

Elektrolitičke ćelije su postavljene tako da može da radi svaka pojedinačno kao i sve tri u sistemu. Na ovaj način omogućeno je da se u svakoj ćeliji mogu da rafinišu anode različitog hemijskog sastava u pogledu sadržaja plemenitih metala.

Ispitivanje procesa elektrolitičke rafinacije bakarnih anoda dobijenih topljenjem automobilskih katalizatora na novoj opremi poluindustrijskih razmera pokazalo je da je postignut visok kvalitet katodnog bakra (99,99 % Cu), visok stepen prelaza bakra u katodni depozit ( 99 mass %), sadržaj plemenitih metala u anodnom mulju od 99 mas %, iskorišćenje struje od 90 % čime su potvrđene vrednosti usvojenih tehnoloških parametara.

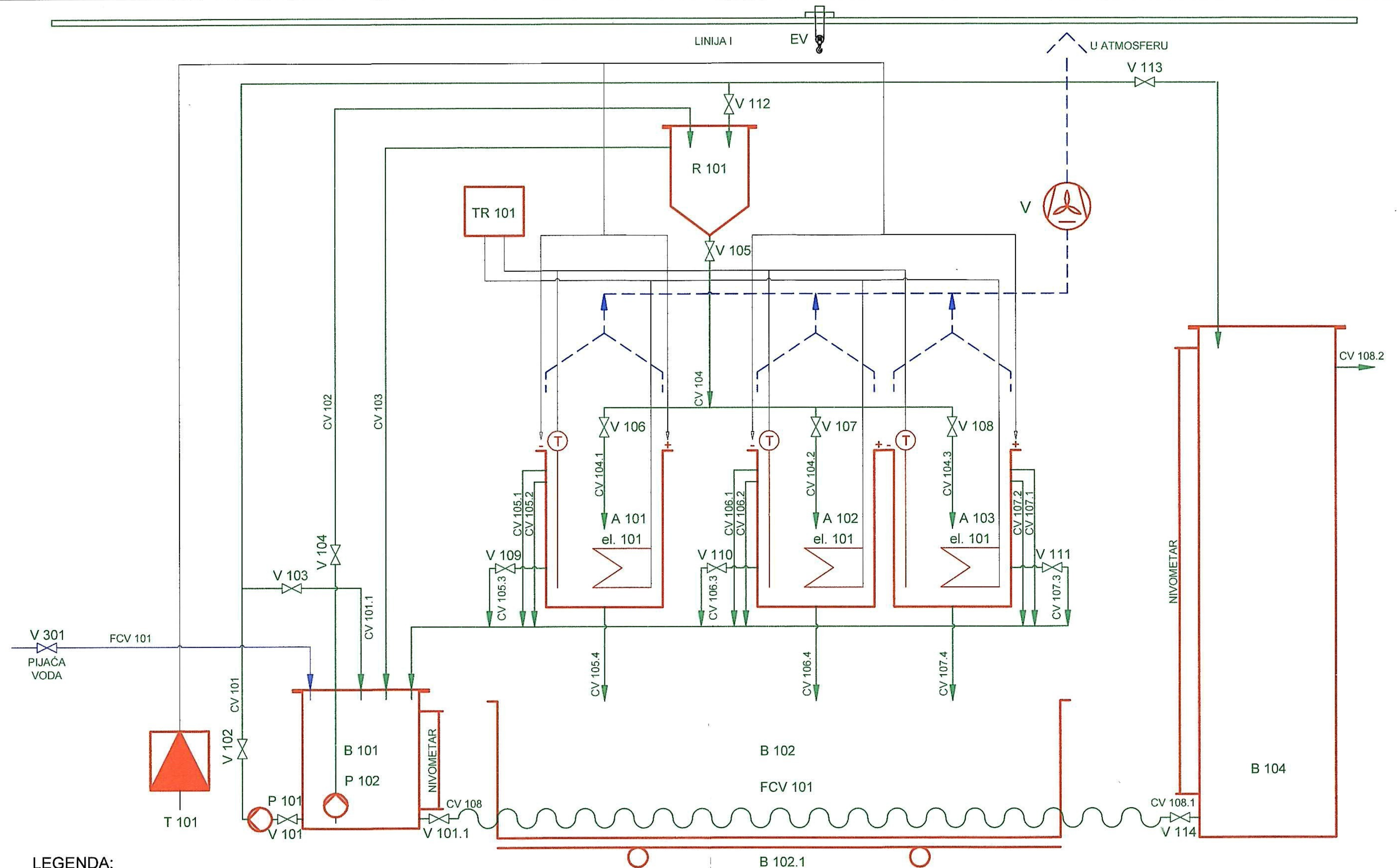
Važna činjenica je da na ovom postrojenju može da se proizvede cca 3 000 kg katodnog bakra na godišnjem nivou a daljom preradom anodnog mulja da se valorizuju u mulju prisutni plemeniti metali tako da se postrojenje sem u istraživačke svrhe može da koristi i za proizvodnju korisnih i visokovrednih metala.

### Literatura

- [1] K. Popov, S. Djokić, B. Grgur, Fundamental Aspects of Electrometallurgy, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2002.
- [2] Y. D. Gamburg, G. Zangary, Theory and Practise of Metal Electrodeposition, Springer



## 3 PRILOG

Tehnološka šema: TR 34024/T1



**LEGENDA:**

- A - Elektrolitička ćelija (A 101, A 102, A 103)
- B 101 - Rezervoar za recirkulaciju elektrolita
- B 102 - Prihvatni rezervoar
- B 102.1-Transportni uređaj za podni transport
- R 101 - Napojni sud
- P 101 - Elektrolitna pumpa
- P 102 - Elektrolitna pumpa
- V(101-114) - Ventil
- CV - Cevovod
- FCV - Fleksibilno crevo (FCV 101)
- el. - Elektro grejač (el. 101, el. 102, el. 103)
- T - Termostat
- TR - Termoregulator (TR 101)
- T 101 - Strujni snabdevač
- B 104 - Skladišni rezervoar
- EV - Električno vitlo
- V-Ventilator

 <b>INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU</b> Sektor za projektovanje i razvoj Projektni biro MEGA			 <b>INVESTITOR</b> <b>INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU</b> <b>BOR</b>	
<b>Odgovorni projektant</b> IX 2011. mr Radmila Marković, dipl.ing.teh.	<b>Ime i prezime</b> mr Radmila Marković, dipl.ing.teh.	<b>Potpis</b> _____	<b>OBJEKAT</b> POLUINDUSTRIJSKO POSTROJENJE ZA ELEKTROLITIČKU PRERADU BAKARNIH ANODA NESTANDARNOG HEMIJSKOG SASTAVA-LINIJA I	
<b>Projektant saradnik</b> IX 2011. Suzana Dragulović, dipl.ing.tehn. mr Silvana Dimitrijević, dipl.ing.met.	<b>Ime i prezime</b> Suzana Dragulović, dipl.ing.tehn. mr Silvana Dimitrijević, dipl.ing.met.	<b>Potpis</b> _____	<b>PROJEKAT</b> TR 34024	
<b>Obradio Crtao</b> IX 2011. Oliver Dimitrijević, dipl.ing.maš. Zoran Ilić, dipl.ing.maš.	<b>Ime i prezime</b> Oliver Dimitrijević, dipl.ing.maš. Zoran Ilić, dipl.ing.maš.	<b>Potpis</b> _____	<b>PROJEKAT</b> TR 34024	
<b>Kontrolisao</b> IX 2011. dr.Vlastimir Trujić, dipl.ing.met.	<b>Ime i prezime</b> dr.Vlastimir Trujić, dipl.ing.met.	<b>Potpis</b> _____	<b>PROJEKAT</b> TR 34024	
<b>Razmera</b> -	<b>Naziv crteza</b> TEHNOLOŠKA ŠEMA POSTROJENJA ZA ELEKTROLITIČKU PRERADU BAKARNIH ANODA NESTANDARNOG HEMIJSKOG SASTAVA-LINIJA I		<b>Odeljenje za</b> IRM BOR <b>Broj crteza</b> TR 34024/T1	
<b>Veza sa crtežima</b>	<b>P=</b> m <sup>2</sup>	<b>List:</b>	<b>Listova:</b>	

Научном већу ИРМ-а Бор

Предмет: Рецензија техничког решења бр. Т1/2011

**НОВО ПОЛУИНДУСТРИЈСКО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ЕЛЕКТРОЛИТИЧКУ  
ПРЕРАДУ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРНОГ ХЕМИЈСКОГ САСТАВА  
ЛИНИЈА I**

Аутора:

Мр. Радмила Марковић, дипл.инж.тех.

Силвана Димитријевић, дипл.инж.мет.

Др. Властимир Трујић, дипл.инж.мет.

Сузана Драгуловић, дипл.инж.тех.

Оливер Димитријевић, дипл.инж.маш.

Зоран Илић, дипл.инж.маш.

Александра Ивановић, дипл.инж.мет.

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. IV / 8.6. од 06.12.2011. год, именована сам за рецензента техничког решења под називом: "НОВО ПОЛУИНДУСТРИЈСКО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ЕЛЕКТРОЛИТИЧКУ ПРЕРАДУ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРНОГ ХЕМИЈСКОГ САСТАВА – ЛИНИЈА I".

Ово техничко решење представља резултат рада на пројекту ТР 34024: РАЗВОЈ ТЕХНОЛОГИЈА ЗА РЕЦИКЛАЖУ ПЛЕМЕНИТИХ, РЕТКИХ И ПРАТЕЊИХ МЕТАЛА ИЗ ЧВРСТОГ ОТПАДА СРБИЈЕ ДО ВИСОКОКВАЛИТЕТНИХ ПРОИЗВОДА који је финансиран од стране Министарства за просвету и науку Србије (перIOD 2011-2014), чији је руководилац Проф. др Властимир Трујић, научни саветник (ИРМ Бор).

На основу добијеног писаног материјала у коме је приказано техничко решење, износим своје мишљење:

- Предложено техничко решење представљено је на 11 страна и то кроз три основна поглавља:

1. Општи део
2. Детаљан опис техничког решења
3. Прилог: Технолошка шема

- Приказ техничког решења је урађен у складу са захтевима дефинисаним Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата – Сл. Гласник РС 38/2008 и по аналогји подношења патентне пријаве. Документација поглавља које се односи на детаљан опис техничког решења је поткрепљена технолошком шемом комплетног постројења са свим припадајућим позицијама коју прати одговарајућа легенда са пратећим објашњењима појединачних позиција.



- Наведена поглавља садрже довољно информација и дају јасну слику о употребљивости наведеног постројења, у складу са напред наведеним правилником.
- У тачки 1.5 која припада поглављу: Општи део образложен је проблем који се решава овим техничким решењем
- У поглављу 2, тачка 2.1. детаљно су приказане техничке карактеристике опреме и материјала.
- Детаљан опис технолошког процеса за који се користи ново полуиндустријско постројење приказан је у поглављу 2., тачка 2.3 а контрола процеса у поглављу 2., тачка 2.4.
- Рад постројења је тестиран кроз два експеримента. Аноде коришћене током експеримената добијене су топљењем аутомобилских катализатора. Резултати тестирања рада постројења показали су да је финални производ овог процеса - катодни бакар задовољавао стандарде БС 6017 а да је степен прелаза племенитих метала био 99 % ( поглавље 2, тачка 2.5).

### **Закључак**

Техничко решење под називом: "Ново полуиндустријско постројење за електролитичку прераду бакарних анода нестандарног хемијског састава – Линија I", припремљено је у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата Сл. Гласник РС 38/2008.

У техничком решењу су приказане све неопходне информације о области на коју се техничко решење односи и проблем који се њиме решава.

У поглављу 2. дат је детаљан опис техничког решења и то како самог постројења тако и технолошког процеса за који је постројење израђено и у сагласности је са технолошком шемом која је приказана у делу 3.

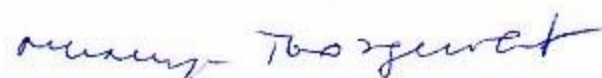
Остварени резултати потврђују употребљивост постројења за прераду анода са повећаним садржајем племенитих метала, које се добијају прерадом отпадних аутомобилских катализатора, у циљу добијања анодног муља са високим садржајем племенитих метала и катодног бакра високе чистоће.

Чињеница да у региону не постоји слично постројење увећава његов значај и употребљивост.

На основу изложених аргумената препоручујем да се Техничко решење прихвати и сврста у категорију М83, ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак, поменутог правилника.

Датум: 16.12.2011. год.

Рецензент



Др Милица Гвозденовић, доцент ТМФ, Београд

# ИНСТИТУТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА САНУ

Научном већу ИРМ-а Бор

Предмет: Рецензија техничког решења бр. Т1/2011

## **НОВО ПОЛУИНДУСТРИЈСКО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ЕЛЕКТРОЛИТИЧКУ ПРЕРАДУ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРНОГ ХЕМИЈСКОГ САСТАВА ЛИНИЈА I**

Аутора:

Мр. Радмила Марковић, дипл.инж.тех.

Силвана Димитријевић, дипл.инж.мет.

Др. Властимир Трујић, дипл.инж.мет.

Сузана Драгуловић, дипл.инж.тех.

Оливер Димитријевић, дипл.инж.маш.

Зоран Илић, дипл.инж.маш.

Александра Ивановић, дипл.инж.мет.

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. IV/ 8.6. од 06.12.2011. год, именован сам за рецензента техничког решења под називом: **"НОВО ПОЛУИНДУСТРИЈСКО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ЕЛЕКТРОЛИТИЧКУ ПРЕРАДУ БАКАРНИХ АНОДА НЕСТАНДАРНОГ ХЕМИЈСКОГ САСТАВА – ЛИНИЈА I"**.

Ово техничко решење представља резултат рада на пројекту **ТР 34024: РАЗВОЈ ТЕХНОЛОГИЈА ЗА РЕЦИКЛАЖУ ПЛЕМЕНИТИХ, РЕТКИХ И ПРАТЕЋИХ МЕТАЛА ИЗ ЧВРСТОГ ОТПАДА СРБИЈЕ ДО ВИСОКОКВАЛИТЕТНИХ ПРОИЗВОДА** који је финансиран од стране Министарства за просвету и науку Србије (период 2011-2014), чији је руководилац Проф. др Властимир Трујић, научни саветник (ИРМ Бор).

На основу добијеног писаног материјала који се састоји од следећих целина: Општег дела, Детаљног описа техничког решења и Технолошке шеме као прилога износим своје мишљење:

Предложено техничко решење је представљено на 11 страна плус технолошка шема као прилог.

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.

Кнез Михаилова 35/IV, П.Ф. 377, 11000 Београд, Србија

Тел.: 011 21 85 437, 26 36 994; Факс: 21 85 263, мејл: [its@itn.sanu.ac.rs](mailto:its@itn.sanu.ac.rs), <http://www.itn.sanu.ac.rs>

Текући рачун: 840-1613660-30, 840-1613666-12, ПИБ: 100039438, матични бр. 07011016

Документација поглавља 2, која се односи на детаљан опис техничког решења садржи следеће целине: уводни део, техничке карактеристике опреме и материјала, опис технолошког процеса, контрола процеса електролизе, тестирање рада постројења и закључак. Приложена документација је поткрепљена технолошким шемом постројења која садржи све позиције које су појединачно објашњене у одговарајућој легенди.

Наведена поглавља садрже довољно информација и дају јасну слику о употребљивости наведеног постројења, у складу са напред наведеним правилником.

### **Закључак**

Техничко решење под називом: "Ново полуиндустријско постројење за електролитичку прераду бакарних анода нестандарног хемијског састава – Линија I", припремљено је у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата Сл. Гласник РС 38/2008.

У техничком решењу су приказане све неопходне информације о области на коју се техничко решење односи и проблем који се њиме решава, као и детаљан опис новог полуиндустријског постројења.

Остварени резултати потврђују употребљивост постројења за прераду анода са повећаним садржајем племенитих метала, у циљу добијања анодног муља са високим садржајем племенитих метала и катодног бакра високе чистоће.

Датум: 20.12.2011. год.

Рецензент



Др Бранимир З. Југовић, виши научни сарадник,  
ИТН Српске академије наука и уметности Београд



27.12.2011.

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Бр. 2358

28. 12. 2011. год.

БОР, Зелени булевар 35

**Predmet:** Dokaz o verifikaciji tehničkog rešenja T1/2011. pod nazivom:

„Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava - Linija I“

Institut za rudarstvo i metalurgiju (IRM) Bor, u okviru projekta TR 34024 "Razvoj tehnologija za reciklažu plemenitih, retkih i pratećih metala" za period 2011.-2014. koji finansira Ministarstvo za obrazovanje i nauku Republike Srbije, a na osnovu laboratoriskih istraživanja elektrolitičke rafinacije anoda nestandardnog hemijskog sastava, izradio i testirao novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku rafinaciju anoda nestandardnog hemijskog sastava i dobijanja katodnog bakra visoke čistoće pod nazivom:

„Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava - Linija I“

Autora:

mr Radmila Marković, dipl.inž.tehn.  
mr Silvana Dimitrijević, dipl.inž.met.  
dr Vlastimir Trujić, dipl.inž.met.  
Suzana Dragulović, dipl.inž.tehn.  
Oliver Dimitrijević, dipl.inž. maš.  
Zoran Ilić, dipl.inž. maš.  
Aleksandra Ivanović, dipl.inž.met.

Postrojenje je namenjeno za potrebe ispitivanja u oblasti elektrolitičke rafinacije bakra i drugih metala, elektrohemijskog prečišćavanja otpadnih sumporno kiselih rastvora iz pogona elektroliza bakra, elektrohemijsko dobijanja bakra iz rastvora korišćenjem nerastvornih anoda i dr. Za dizajniranje i dimenzionisanje novog poluindustrijskog postrojenja iskorišćeni su rezultati preliminarnih eksperimanata navedenog procesa na postojećoj laboratoriskoj opremi u IRM Bor. Verifikacija tehničkog rešenja i testiranje postrojenja izvršeno je kroz dva eksperimenta (dva anodna perioda). Rezultati su potvrdili mogućnost korišćenja novog poluindustrijskog postrojenja za elektrolitičku rafinaciju anoda sa nestandardnim sastavom anoda. Korisnik novog poluindustrijskog postrojenja je IRM Bor. Postrojenje je locirano u prostorijama IRM-a u prostoriji br. 1 Sektora specijalne proizvodnje, a kako u regionu ne postoji slično postrojenje, upotrebljivost istog se uvećava za preradu raznih sekundarnih sirovina na bazi platinskih metala.

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Зелени булевар 35, п.ф.152

19210 Бор, Србија



MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR

35 Zeleni bulevar, POB 152

19210 Bor, Serbia

Тел: +381 (0) 30-432-299 \*Факс: +381 (0) 30-435-175 \* E-mail:institut@irmbor.co.rs

ПИБ : 100627146 \* МБ : 07130279 \*Жиро рачун: 150 – 453 - 40

**Prihvam** da se Tehničko rešenje „Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandarnog hemijskog sastava - Linija I “

svrsta u kategoriju M83, nova proizvodna linija, u skladu sa zahtevima definisanim u okviru „Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata“, Sl.glasnik RS 38/2008, Prilog 2.

Napomena: Navedeno Tehničko rešenje uspešno je primenjeno u IRM-Bor – Sektoru Specijalne proizvodnje i primenjivaće se za elektrohemijska istraživanja.

Zamenik direktora Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor



Dr Mile Bugarin, dipl.inž.geolog.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**

**Број: V/3.2.**

**Од 10.01.2012.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 V-ој седници одржаној дана 10.01.2012. године донело:

**ОДЛУКУ**  
*о прихватању техничког решења*

**I**

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Ново полуиндустријско постројење за електролитичку прераду бакарних анода нестандардног хемијског састава-Линија I*“ и мишљења рецензената и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

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





**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО I METALURGIJU BOR**

19210 Bor, Zeleni bulevar 35

Tel: (030) 436-826; faks: (030) 435-175; E-mail: institut@irmbor.co.rs



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**

Број: V/3.2.

Од 10.01.2012.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 V-ој седници одржаној дана 10.01.2012. године донело:

### **ОДЛУКУ**

*о прихватању техничког решења*

### **I**

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Ново полуиндустријско постројење за електролитичку прераду бакарних анода нестандардног хемијског састава-Линија I“, аутора: мр Радмила Марковић, др Властимир Трујић, мр Силвана Димитријевић, Сузана Драгуловић, Оливер Димитријевић, Зоран Илић, Александра Ивановић и мишљења рецензента и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

Др Миленико Љубојевић, дипл.инж.руд.  
Научни саветник