



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35
Тел:(030)432-299;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs



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)**

**RECIKLAŽA BAKRA I SREBRA IZ POSREBRENIH
MESINGANIH KUĆIŠTA KOMBINACIJOM
PIROMETALURŠKIH, ELEKTROMETALURŠKIH I
HEMIJSKIH POSTUPAKA
br. T1/2012**



Datum: 30.01.2012.god.

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ У БОРУ

Предмет: Покретање поступка за валидацију и верификацију техничког решења

Према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача („Службени 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-83 (нови технолошки поступак), под називом:

ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ (М 83)

РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЊИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА бр. Т1/2012

Установа /Аутори решења:

Институт за рударство и металургију у Бору / мр Силвана Димитријевић, др Властимир Трујић, Сузана Драгуловић, мр Радмила Марковић, Весна Цонић, мр Биљана Мадих, мр Зденка Станојевић-Шимшић

Предложено техничко решење је резултат реализације пројекта ТР 34024 у области материјала и хемијских технологија, период 2011.-2014.

За рецензенте предлажем:

1. др Милован Вуковић, ванредени професор, ТФ, Бор
2. др Јасна Стајић-Трошић, виши научни сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију – ЦММ, Београд

Сагласан руководиоца пројекта

Властимир Трујић
Др Властимир Трујић, дипл. инж.мет.

Подносилац захтева:

Силвана Димитријевић
Мр Силвана Димитријевић, дипл.инж.мет.



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

Број: VI/5.1.

Од 31.01.2012.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 VI-ој седници одржаној дана 31.01.2012. године донело:

ОДЛУКУ

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

I

На захтев мр Силване Димитријевић, истраживача сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Рециклажа бакра и сребра из посребрених месинганих кућишта комбинацијом пирометалуршких, електрометалуршких и хемијских поступака*“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Милован Вуковић, ванредни професор, Технички факултет Бор
2. др Јасна Стајић-Трошић, виши научни сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију-ЦММ Београд



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Др Миланко 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)

**RECIKLAŽA BAKRA I SREBRA IZ POSREBRENIH MESINGANIH
KUĆIŠTA KOMBINACIJOM PIROMETALURŠKIH,
ELEKTROMETALURŠKIH I HEMIJSKIH POSTUPAKA
br. T1/2012**

U Boru, 01.04.2012.

Autor:

Mr Silvana Dimitrijević, dipl.inž.met.



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

Предложено Техничко решење је обрађено на укупно 13 страна укључујући насловне стране и пратећи Прилог са следећим садржајем:

1. OPŠTI DEO
2. DETALJANI OPIS TEHNIČKOG REŠENJA
3. PRILOG I– Hemijske analize

1. OPŠTI DEO

1.1 Ustanova / Autori rešenja:

Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru,

mr Silvana Dimitrijević, dr Vlastimir Trujić, Suzana Dragulović, mr Radmila Marković,
Vesna Conić, mr Biljana Madić, mr Zdenka Stanojević-Šimšić

e-mail: silvana.dimitrijevic@irmbor.co.rs

1.2 Naziv i evidencioni broj projekta sa brojem aktivnosti, u kome je ostvaren rezultat iz kategorije M83:

Projekat TR 34024: Razvoj tehnologija za reciklažu plemenitih, retkih i pratećih metala iz čvrstog otpada Srbije do visokokvalitetnih proizvoda

1.3. Naziv tehničkog rešenja:

RECIKLAŽA BAKRA I SREBRA IZ POSREBRENH MESHINGANH KUĆIŠTA
KOMBINACIJOM PIROMETALURŠKIH, ELEKTROMETALURŠKIH I HEMIJSKIH
POSTUPAKA

1.4 Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi:

Tehničko rešenje pripada oblasti: materijali i hemijske tehnologije.



1.5 Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:

Cilj ovog rada bio je da se iz posrebranih mesinganih kućišta valorizuju srebro i bakar a da se nečistoće kao što su olovo, kalaj, antimon, kadmijum i druge uklone. Srebro (99,99%) i bakar čistoće (>99,90%) iz posrebranih mesinganih kućišta dobijeni su kombinacijom pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka u laboratorijama i poluindustrijskim postrojenjima Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru.

Posrebrana mesingana kućišta moguće je preraditi i hemijskim postupkom ali bi se na taj način dobilo samo srebro, dok bi bakar i cink bili gubitak. Iz tog razloga mesingana kućišta prerađena su postupcima:

- topljenja
- elektrolitičke rafinacije
- hemijske rafinacije

Praćenjem i održavanjem parametara elektrolize (koji su različiti u odnosu na klasičnu elektrolitičku rafinaciju anodnog bakra) dobijen je katodni bakar i srebro u anodnom mulju (Prilog I-Izveštaji o hemijskoj analizi broj: 12260, 12416 i 12239).

Srebro iz anodnog mulja prerađivano je hemijskim postupkom do čistoće 99,99% Ag (Prilog I-Izveštaj o hemijskoj analizi broj 12393).

1.6 Stanje rešenosti tog problema u svetu

Danas poznate rezerve većeg broja metala koje se mogu eksploatisati raspoloživim komercijalnim tehnologijama nedovoljne su da, ako se izrazito uzlazni trend potražnje za metalima kakav se beleži poslednjih sto godina nastavi i u narednih stotinu godina. Ovo posebno važi za neke od najvažnijih obojenih metala, kao što su bakar, cink, olovo itd. [1].

Recikliranje metala iz otpadnih materijala predstavlja ne samo ekonomski opravdanu potrebu, već i nezaobilaznu nužnost da bi se afirmisao deklarirani Princip održivog razvoja [2]. U recikliranju metala prednjače ekonomski najrazvijenije zemlje. U Zapadnoj Evropi reciklira se 55% bakra, 45% aluminijuma, itd., a u SAD, čak 90% olova. U našoj zemlji sa organizovanim recikliranjem metala počelo se relativno skoro, ali se recikliranju pridaje sve veći značaj zbog očiglednih ekonomskih efekata koji se na taj način mogu ostvariti [3].

U novije vreme povećan je interes za recikliranjem metala čime se smanjuje količina otpada kao i troškovi tretiranja otpadnih voda. Razvoj industrije u svetu doveo je do povećanja količina sekundarnih sirovina koje su u novije vreme sve interesantnije kao polazna sirovina za proizvodnju mnogih metala. Sekundarni materijali uglavnom sadrže veliki procenat metala pa se iz tog razloga velika pažnja poklanja razvoju tehnologija za njihovu preradu u cilju dobijanja metala visoke čistoće. Primenom savremenih tehnologija moguće je znatno smanjenje količina otpadnih materijala, smanjenje troškova tretiranja otpadnih voda i gasova, smanjenje potrošnje energije [4]. Veliki broj istraživanja i tehnologija našao je praktičnu primenu u procesima reciklaže. Prerada sekundarnih sirovina u odnosu na proizvodnju metala iz primarnih sirovina ima niz prednosti:

- Mnogo manje investicije u odnosu na preradu primarnih sirovina
- Proizvodnja metala visoke čistoće uz visok stepen iskorišćenja istih
- Manja potrošnja energije
- Očuvanje prirodnih resursa
- Manji troškovi tretiranja otpadnih voda i gasova [5]



Patent [6] koji opisuje elektrolitičku rafinaciju mesinga poslužio je kao ideja da se u laboratorijama IRM-a Bor razradi tehnološki postupak za elektrolitičku rafinaciju mesinganih anoda dobijenih topljenjem posrebnih mesinganih kućišta na postojećem poluindustrijskom postrojenju za elektrolitičku rafinaciju anoda nestandardnog hemijskog sastava (detaljno opisano u tehničkom rešenju T1/2011) locirano u laboratoriji IRM-a Bor [7].

1.7 Za koga je rešenje rađeno:

IRM - Institut za Rudarstvo i metalurgiju Bor i Holding "Kablovi " a.d. Jagodina (FKS)

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

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

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 na 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, u laboratorijama i poluindustrijskim postrojenjima IRM-a Bor urađena je prerada posrebnih mesinganih kućišta u cilju dobijanja katodnog bakra i srebra.

Rezultati rada verifikovani su kroz: Tehničko rešenje T1/2012 koje je usklađeno sa važećom zakonskom regulativom iz ove oblasti, odnosno sa važećim PRAVILNIKOM O POSTUPKU I NAČINU VREDNOVANJA I KVANTITATIVNOM ISKAZIVANJU NAUČNO-ISTRAŽIVAČKIH REZULTATA ISTRAŽIVAČA (Sl. glasnik RS, br. 38/2008).

Treba napomenuti da je elektrolitička rafinacija anoda urađena na Novom poluindustrijskom postrojenju za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava – Linija I koje je detaljno opisano u okviru tehničkog rešenja T1/2011.

Izgled kompletnog postrojenja na kome su mesingane anode prerađivane može se videti na slici 1.



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

2.2 Opis tehnološkog procesa

Bakar i srebro komercijalnog kvaliteta dobijeni su iz posrebranih mesinganih kućišta kombinacijom pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka.

2.2.1 Određivanje hemijskog sastava

Hemijski sastav posrebranih mesinganih kućišta prikazan je u tabeli 1 (Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12130 - Prilog I).

Tabela 1 Hemijski sastav posrebranih mesinganih kućišta

%	Posrebrana mesingana kućišta	Analitička metoda
Cu	58,77	T
Zn	35,50	T
Pb	2,19	EG
Cd	0,016	AAS
Ag	2,38	FA

T-titrimetrija

EG-elektrogravimetrija

AAS-atomska apsorpciona spektrofotometrija

FA-plamena analiza plemenitih metala, dokimastična analitička metoda

2.2.2 Topljenje

Posrebrena mesingana kućišta topljena su u indukcionoj peći. Redukciona atmosfera u peći obezbeđena je topljenjem pod slojem ćumura u cilju sprečavanja oksidacije i isparavanja srebra. Nakon topljenja izliveno je 28 anoda ukupne mase 664 kg dimenzija 280x400 mm. Hemijski sastav anoda prikazan je u tabeli 2 (Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12189-Prilog I).

Tabela 2 Hemijski sastav mesinganih anoda

%	Posrebrena mesingana kućišta	Analitička metoda
Cu	58,55	T
Zn	34,22	T
Pb	2,03	EG
Cd	0,021	AAS
Ag	2.71	FA

T-titrimetrija

EG-elektrogravimetrija

AAS-atomska apsorpciona spektrofotometrija

FA-plamena analiza plemenitih metala, dokimastična analitička metoda

2.3.3 Elektrolitička rafinacija

Elektrolitička rafinacija anoda dobijenih topljenjem posrebranih mesinganih kućišta realizovana je kroz dva anodna perioda na Novom poluindustrijskom postrojenju za elektrolitičku preradu anoda nestandardnog hemijskog sastava.

U toku elektrolitičke rafinacije mesinganih anoda koncentracija bakra u elektrolitu se smanjuje a raste koncentracija cinka. Upravo iz tog razloga, u toku procesa koncentracije bakra i cinka moraju se svakodnevno pratiti i vršiti korekcija bakra u elektrolitu. Korekcija elektrolita vršena je:

- u I anodnom periodu svakodnevnim dodavanjem 10 kg bakar sulfata i 5 dm³ sumporne kiseline
- u II anodnom periodu svakodnevnim dodavanjem 10 kg bakar sulfata i 5 dm³ kompletnom zamenom elektrolita na kraju svakog katodnog perioda.

Otpadni elektrolit sa visokom koncentracijom cinka transportuje se u pogon Cementacije (RTB Bor).

I anodni period

Za elektrolitičku preradu korišćeno je 12 mesinganih anoda ukupne mase 345,4 kg (3 ćelije). Proces je trajao 22 dana i to I katodni period: 11 dana i II katodni period: 11 dana. Organizacija elektroda u ćelijama je: katoda – anoda – katoda, tako da je u svakoj ćeliji bilo po 4 anode. Međuelektrodno osno rastojanje iznosilo je 60 mm, cirkulacija elektrolita: jedna izmena zapremine ćelije na 2÷2.5 h.

Jačina struje održavana je u opsegu od 130 do 150 A, temperatura elektrolita u granicama 53-57 °C.

Zbog specifičnosti procesa, sastav elektrolita je određivan na tri dana i prikazan je u tabeli 3.



Tabela 3 Hemijski sastav elektrolita za I anodni period i dva katodna perioda

g/dm ³	E ₁ /I I dan	E ₂ /I IV dan	E ₃ /I VII dan	E ₄ /I XI dan	E ₅ /II I dan	E ₆ /II IV dan	E ₇ /II VII dan	E ₈ /II XI dan
Cu	35	31,45	28,35	25,77	28,44	34,38	32,56	30,77
Zn	0	20,00	40,51	51,76	70,13	89,38	91,32	96,66
H ₂ SO ₄	188	188,02	170,33	162,45	150,22	156,33	155,21	153,67
Ag	0	0	0	0	0,0014	0,016	0,00018	0,00019
Fe	0	0	0	1,50	1,62	1,76	1,80	1,82

Korekcija elektrolita vršena je svakodnevnim dodavanjem 10 kg bakar sulfata i 5 dm³ sumporne kiseline.

Tokom procesa meren je napon na svakoj ćeliji pojedinačno kao i ukupan napon na strujnom snabdevaču. Napon na ćeliji 1 kretao se u granicama: 220 - 260 mV, na ćeliji 2: 225-270 mV i na ćeliji 3: 240-280 mV.

Dobijeni katodni bakar bio je čistoće 99,34 % Cu sa sadržajem srebra od 0,12% (Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12260-Prilog I).

II anodni period

Za elektrolitičku preradu korišćeno je 12 mesinganih anoda ukupne mase 318,6 kg (3 ćelije). Proces je trajao 28 dana i to I katodni period: 10 dana, II katodni period: 10 dana i III katodni period: 8 dana. Organizacija elektroda u ćelijama je: katoda – anoda – katoda, tako da je u svakoj ćeliji bilo po 4 anode. Međuelektrodno osno rastojanje iznosilo je 60 mm, cirkulacija elektrolita: jedna izmena zapremine ćelije na 2÷2.5 h.

Jačina struje održavana je u opsegu od 150 do 160 A, temperatura elektrolita u granicama 53-57 °C.

Zbog specifičnosti procesa, sastav elektrolita je određivan na pet dana tokom sva tri katodna perioda i prikazan je u tabeli 4.

Tabela 4 Hemijski sastav elaktrolita za II anodni period i sva tri katodna perioda

g/dm ³	E ₁ /I I dan	E ₂ /I V dan	E ₃ /I X dan	E ₄ /II I dan	E ₅ /II V dan	E ₆ /II X dan	E ₇ /III I dan	E ₈ /III V dan	E ₉ /III VIII dan
Cu	37	33,84	17,22	38	24,45	17,32	36	27	32,58
Zn	0	40,67	63,72	0	38,34	63,72	0	45,33	76,32
H ₂ SO ₄	180	235,5	253,52	183	201,22	253,52	178	198,66	233,45
Ag	0	0,0006	0,023	0	0	0,00023	0	0,002	0,060
Fe	0	0	0	0	0	0	0	0	0

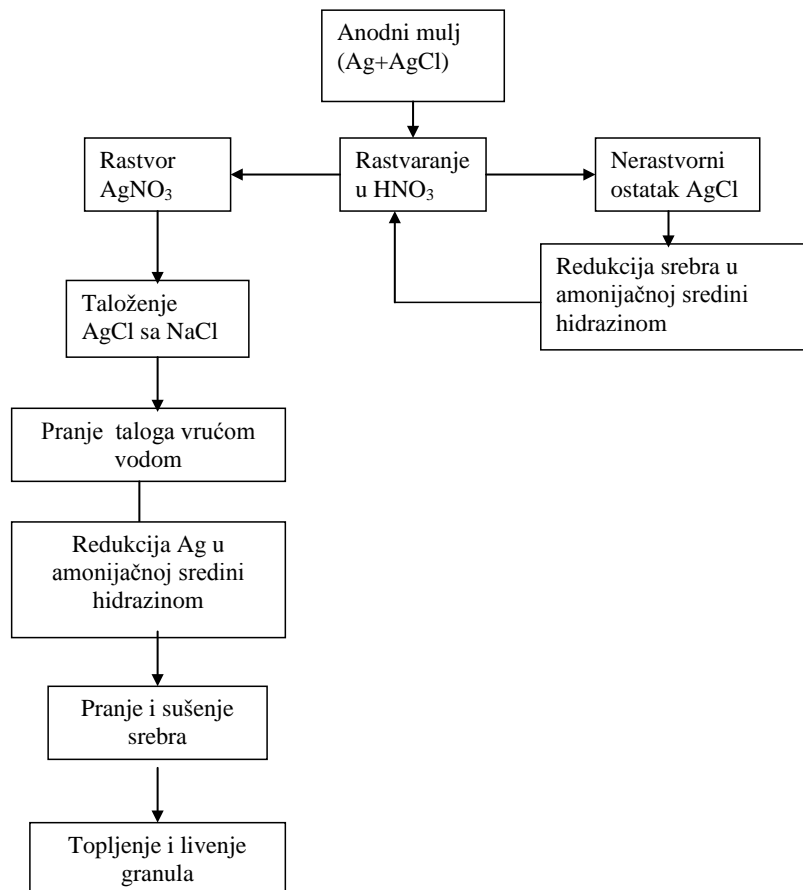
Korekcija elektrolita vršena je svakodnevnim dodavanjem 10 kg bakar sulfata, 5 dm³ sumporne kiseline i kompletnom zamenom elektrolita na kraju svakog katodnog perioda.

Tokom procesa meren je napon na svakoj ćeliji pojedinačno kao i ukupan napon na strujnom snabdevaču. Napon na ćeliji 1 kretao se u granicama: 230 - 260 mV, na ćeliji 2: 235-260 mV i na ćeliji 3: 245-275 mV.

Dobijeni katodni bakar bio je čistoće 99,90 % Cu sa sadržajem srebra od 0,077% (Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12416-Prilog I).

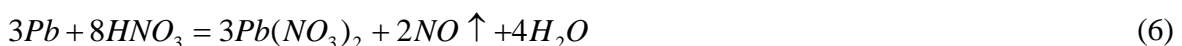
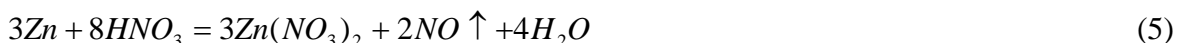
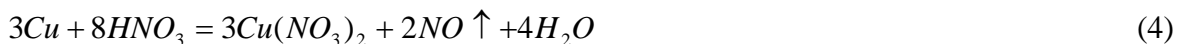
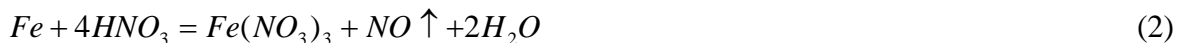
2.3.4 Hemijska rafinacija anodnog mulja

Anodni mulj sa sadržajem srebra od 55,87 % (Izveštaj o hemijskoj analizi br 12239- Prilog I) prerađivan je tehnološkim postupkom prikazanim na slici 2. Anodni mulj pored bakra sadrži i olovo, gvožđe, kadmijum i druge nečistoće. Cilj hemijske rafinacije bio je da se dobije srebro čistoće 99,99%.



Slika 2. Tehnološka šema prerade anodnog mulja

Prva faza prerade anodnog mulja je rastvaranje u razblaženoj azotnoj kiselini (1:1), pri čemu, osim srebra, u rastvor prelaze i prisutne nečistoće, prema sledećim reakcijama:



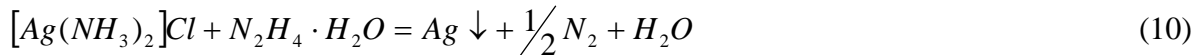
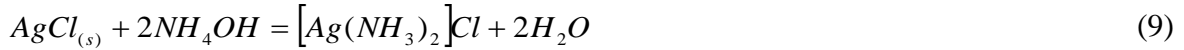
Srebro se od ostalih nečistoća iz nitratnog rastvora odvaja taloženjem natrijum-hloridom, pri čemu se, osim srebra taloži i prisutno olovo u obliku hlorida. Reakcije taloženja srebra i olova u obliku hlorida odvijaju se po sledećim jednačinama:





Dobijeni beli talog, koji predstavlja smešu srebra i olovo hlorida ispira se vrućom vodom do negativne reakcije na Cu^{2+} jon (proba sa NH_4OH) i na Pb^{2+} jon (proba sa SO^{2-}_4).

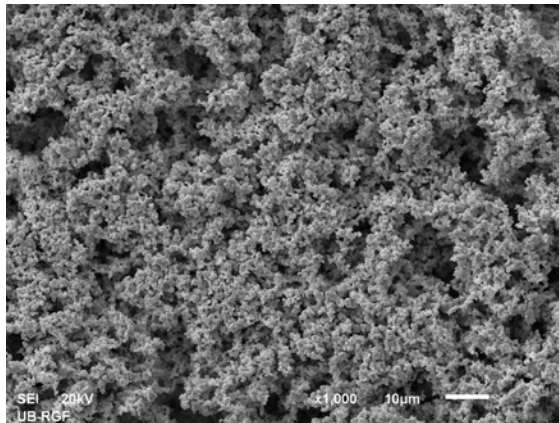
Srebro-hlorid se rastvara uz dodatak amonijum-hidroksida i redukuje do elementarnog srebra hidrazin-hidratom, prema sledećim jednačinama:



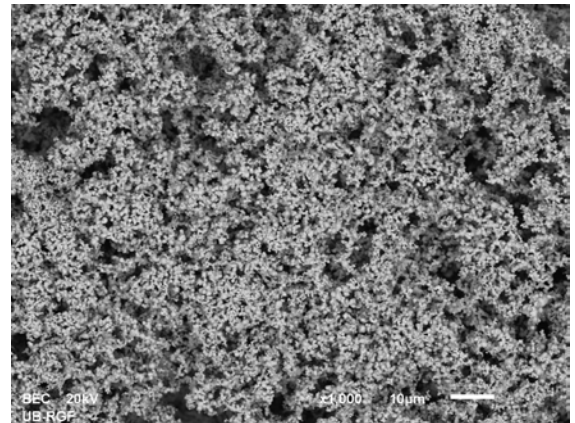
Dobijeni prah srebra se filtrira, ispira destilovanom vodom i etil alkoholom i suši na 105^0C .

Nakon sušenja, urađena je skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) sa energetsko-disperzivnom spektrometrijom (EDS) srebra u prahu.

Na slici 3 (a i b) prikazan je SEM snimak (BSE i SE snimci) srebrnog praha, a na slici 3 (a i b) EDS snimak sa EDS spektrom srebra.

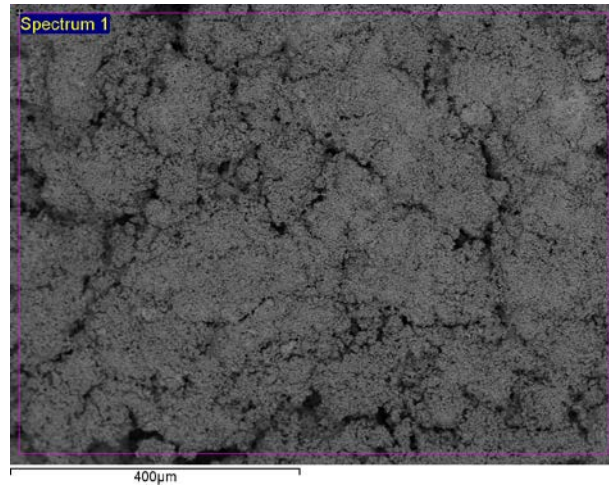


a)

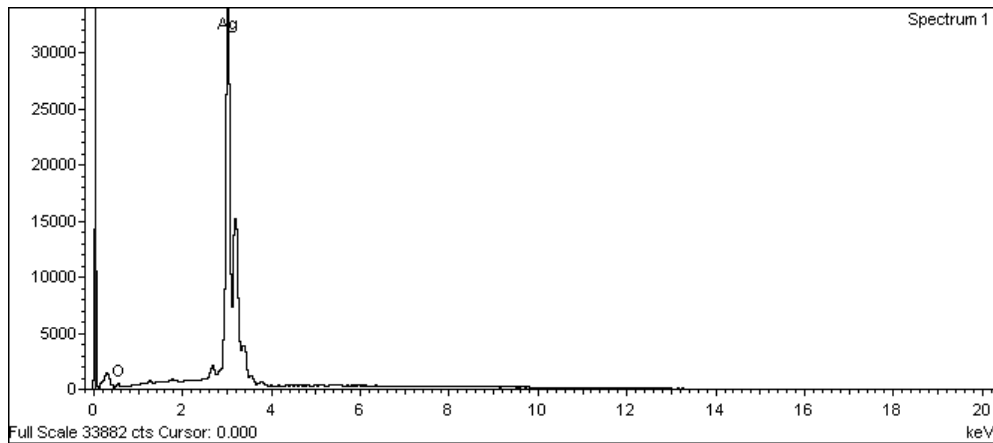


b)

Slika 3. SEM snimak srebrna u prahu: a) BSE snimak b) SE snimak



a)



b)

Slika 4. EDS snimak sa EDS spektrom srebra u prahu a) EDS slika, b) EDS

EDS analiza pokazala je sledeće:

Spectrum	In stats.	Ag	Total
Spectrum 1	Yes	100.00	100.00
Mean		100.00	100.00
Std. deviation		0.00	
Max.		100.00	
Min.		100.00	

Nakon sušenja srebro se topi i lije u granule. Dobijeno srebro je čistoće 99,99% (Izveštaj o hemijskoj analzi br.12393-Prilog I).



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 temperature elektrolita
4. Kontrola sadržaja bakra, cinka, srebra i sumporne kiseline u elektrolitu
5. Merenje nivoa elektrolita
6. Kontrola ravnomernosti katodnog depozita

- **Jačina struje i napon**

U toku procesa elektrolize kontrolisane su jačine struje i napona na ćeliji na svaka dva sata.

- **Temperatura elektrolita**

Temperatura elektrolita kontroliše sa kao i napon i jačine struje na svaka dva sata procesa.

- **Sadržaj bakra, cinka, srebra i sumporne kiseline u elektrolitu**

Sadržaj bakra, cinka, srebra i sumporne kiseline u elektrolitu određivani su na tri dana u prvom anodnom periodu a u drugom anodnom periodu na pet dana.

Tokom procesa dolazi do smanjenja koncentracije bakra, povećanja koncentracije cinka i smanjenja koncentracije sumporne kiseline. Korekcija elektrolita vršena je:

- U I katodnom periodu svakodnevnim dodavanjem 10 kg bakar-sulfata i 5 dm³ sumporne kiseline
- U II katodnom periodu svakodnevnim dodavanjem 10 kg bakar-sulfata, 5 dm³ sumporne kiseline i kompletnom zamenom elektrolita na kraju svakog katodnog perioda

- **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 usporavanje procesa elektrolize. Dodavanje koloida u poluindustrijskom postrojenju rešeno je dodavanjem na svakih 12 sati direktno u rezervoar za recirkulaciju po 1 dm³ vodenog rastvora 3g želatina i 3 g uree.



2.5 Zaključak

Nakon prerade 664 kg posrebranih mesinganih kućišta u laboratorijama Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, može se zaključiti sledeće:

- Izabrana kombinacija pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka za preradu kućišta dala je odlične rezultate.
- U procesima topljenja, livenja, elektrolize i hemijske prerade mulja postignuto je visoko iskoršćenje (99,98%).
- Elektrolitička rafinacija mesinga u cilju dobijanja bakra je moguća, ali uz strogo praćenje parametara elektrolize i svakodnevnu korekciju elektrolita.
- Katodni bakar je čistoće 99,34-99,90%.
- Anodni mulj, koji se izdvaja prilikom elektrolitičke rafinacije mesinganih anoda rafinisan je hemijskim postupcima i dobijeno je srebro kvaliteta 99,99%.
- Otpadni elektrolit koji predstavlja gubitak sa sadržajem cinka do 100 g Zn/dm³ transportovan je u pogon Cementacije.

Literatura

- [1] N. Magdalinović, Recikliranje otpadnog materijala i sekundarnih sirovina u funkciji zaštite životne sredine, Beograd, 1995. (77-90)
- [2] A. Vassart, Putting the batteries back, Waste Management World XI-XII, 2003
- [3] B. Nikolić, D. Vučurović, S. Ostojić, Obojena metalurgija Jugoslavije na kraju 20. veka, monografija, B. Nikolić, D. Stanojević, Poglavlje o cinku, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd, 2002. god. (43-59)
- [4] W.W.Kelloog, J.Metals, 28 (12) 1976, p.p. 29-32
- [5] Kočovski B. Bakar i bakarne legure, Bakar, Bor, 1991.
- [6] Charles A. Rose, Electrolytic refining of brass, No. 418158, 1933.
- [7] Tehničko rešenje, Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava, Projekat TR 34024, T1/2011



3 PRILOG I

Hemijske analize

1. Hemijski sastav posrebnih mesinganih kućišta – Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12 130
2. Hemijski sastav anoda – Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12 189
3. Hemijski sastav katodnog bakra iz I anodnog perioda – Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12260
4. Hemijski sastav katodnog bakra iz II anodnog perioda – Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12416
5. Hemijski sastav anodnog mulja (zbirni uzorak iz I i II anodnog perioda) – Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12239
6. Hemijski sastav srebra u prahu – Izveštaj o hemijskoj analizi br. 12 393



ИРМ-Заједнички трошкови
198-500

Датум: 20.02.2009.
Date:

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ бр. 12130

1. Датум пријема узорка: 11.02.2009.
2. Врста /шифра/порекло узорка: Посребрни контакти /Заједнички трошкови 198-500/
3. Посебни услови/допуна/одступање узорковања: анализа је рађена на узорку који је доставио корисник
4. Начин узимања/припрема узорка: по важећем стандарду за дати материјал

Елемент	Ms – шпон – 1	Аналитичка метода
Ознака узорка		
% Cu	58.77	T
% Zn	35.50	"
% Pb	2.19	EG
% Cd	0.016	AAS
% Ag	2.38	FA

Метода:

AAS – атомска апсорпциона спектрофотометрија
EG – електрогравиметрија
T – титриметрија
FA – анализа племенитих метала докимастичка аналитичка метода

Извештај припремио

главни инжењер:
P. Ivanović

Број јединица:

68

Управник лабораторије
за хемијска испитивања

M. Stanić

Достављено:

1 x Пословодство ИРМ-а
1 x Архиви лабораторије за хемијска испитивања
1 x Саша Ивановић, дипл.инж.

ИРМ-Заједнички трошкови
198-500Датум: 19.03.2009.
Date:

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ бр. 12189

1. Датум пријема узорка: 13.02.2009.
2. Врста /шифра/порекло узорка: Посребрени контакти /Заједнички трошкови 198-500/
3. Посебни услови/допуна/одступање узорковања: по процедури
4. Допуне, изузимања или одступања везане за испитивање:

Елемент \ Ознака узорка	MS – шпон JAG - II	Аналитичка метода
% Ag	2.71	FA
% Cu	58.55	"
% Zn	34.22	T
% Pb	2.03	"
% Cd	0.021	AAS

Метода:

AAS- атомска апсорпциона спектрофотометрија

T – титриметрија

FA – пламена анализа племенитих метала докимастичка аналитичка метода

Извештај припремио

главни инжењер:

Број јединица:

64

Управник лабораторије
за хемијска испитивања

Достављено:

1 x Пословодство ИРМ-а
1 x Архиви лабораторије за хемијска испитивања
1 x Саша Ивановић, дипл.инж.



ИРМ-Профитни центар-Електрометалургија
194-200

Датум: 08.04.2009.
Date:

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ бр. 12260

1. Датум пријема узорка: 30.03.2009..
2. Врста /шифра/порекло узорка: Катодни бакар /Електрометалургија 194-200/
3. Посебни услови/допуна/одступање узорковања: по процедури
4. Допуне, изузимања или одступања везане за испитивање:

Ознака узорка	КI-месинг	Аналитичка метода
Елемент		
% Zn	0.0042	AAS
% Cu	99.34	EG
% Ag	0.12	AAS

Метода:

AAS – атомска апсорпциона спектрофотометрија
EG-електрогравиметрија

Извештај припремио
главни инжењер:

[Signature]

Број јединица:
28

Управник Лабораторије
за хемијска испитивања

[Signature]

Достављено:

2 x Сектор за специјалну производњу-електрометалургија (Силвана Димитријевић)
1 x Архиви Лабораторије за хемијска испитивања



ИРМ-Профитни центар-Електрометалургија
194-200

Датум: 12.06.2009.
Date:

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ бр. 12416

1. Датум пријема узорка: 11.06.2009..
2. Врста /шифра/пороккло узорка: Катодни бакар /Електрометалургија 194-200/
3. Посебни услови/допуна/одступање узорковања: по процедури
4. Допуне, изузимања или одступања везане за испитивање:

Ознака узорка	Ел-месинг-8	Аналитичка метода
Елемент		
% Cu	99.90	EG
% Zn	0.0041	AAS
% Ag	0.077	AAS

Метода:

EG – електрогравиметрија
AAS- атомска апсорпциона спектрофотометрија

Достављено:

1 x Сектор за специјалну производњу-електрометалургија (Силвана Димитријевић)
1 x Архиви лабораторије за хемијска испитивања

Извештај припремио
главни инжењер:
J. Probošević

Број јединица:
31

Управник Лабораторије
за хемијска испитивања
Асаско

ИРМ-Профитни центар-Електрометалургија
194-200Датум: 01.04.2009.
Date:

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ бр. 12239

1. Датум пријема узорка: 20.03.2009..
2. Врста /шифра/порекло узорка: Анодни муљ/Електрометалургија 194-200/
3. Посебни услови/допуна/одступање узорковања: по процедури
4. Допуне, изузимања или одступања везане за испитивање:

Ознака узорка	АМ – Ag - 1	Аналитичка метода
Елемент		
% Cu	18.89	EG
% Ag	55.87	FA

Метода:

EG – електрогравиметрија

FA – пламена анализа племенитих метала докимастичка аналитичка метода

Извештај припремио

главни инжењер:

Број јединица:

28

Управник лабораторије
за хемијска испитивања

Достављено:

1 x Сектор за специјалну производњу-електрометалургија (Силвана Димитријевић)
1 x Архиви лабораторије за хемијска испитивања

-Дати резултати се односе само на испитане узорке

-Извештај се не може умножавати без одобрења управника лаб. за хем. испитивања

-Жалбе и рекламације на наш рад можете улутити директору Института за рударство и металургију.

-Број јединица одређивања дефинисан је по важећем ценовнику лаб. за хем. испитивања.



ИРМ-Профитни центар-Електрометалургија
194-200

Датум: 05.06.2009.
Date:

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ бр. 12393

1. Датум пријема узорка: 04.06.2009.
2. Врста /шифра/порекло узорка: Ag прах /Електрометалургија 194-200/
3. Посебни услови/допуна/одступање узорковања: по процедури
4. Допуне, изузимања или одступања везане за испитивање:

Метода:

ICP-AES – атомска емисиона спектроскопија са индуктивно куплованом плазмом

Извештај припремио

главни инжењер:
J. K. Branković

Број јединица:

320

Управник Лабораторије
за хемијска испитивања

M. Stojanović

Достављено:

1 x Сектор за специјалну производњу-електрометалургија (Силвана Димитријевић)
1 x Архиви Лабораторије за хемијска испитивања



Ознака узорка Елемент (ppm)	Ag прах 1	Аналитичка метода
Pd	12	ICP-AES
Se	∅	ICP-AES
Te	∅	ICP-AES
Bi	∅	ICP-AES
Fe	12	ICP-AES
Pb	6	ICP-AES
Cu	74	ICP-AES
As	∅	ICP-AES
Ni	∅	ICP-AES
Sb	∅	ICP-AES
Zn	1	ICP-AES
Al	∅	ICP-AES
Cd	∅	ICP-AES
In	∅	ICP-AES
W	∅	ICP-AES
Sn	∅	ICP-AES

Научном већу ИРМ-а Бор

Предмет: Рецензија техничког решења бр. Т1/2012

РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА

Аутора:

мр Силвана Димитријевић, дипл.инж.мет.
др Властимир Трујић, дипл.инж.мет.
Сузана Драгуловић, дипл.инж.техн.
мр Радмила Марковић, дипл.инж.техн.
Весна Цонић, дипл.инж.мет.
мр Биљана Мадић, дипл. екон.
мр Зденка Станојевић-Шимшић, дипл.инж.мет.

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. VI/5.1. од 31.01.2012. год, именована сам за рецензента техничког решења под називом: **"РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА "**.

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:

1. Општег дела
2. Детаљног описа техничког решења
3. Прилога I (хемијске анализе)

износим своје мишљење:

Предложено техничко решење је представљено на 13 страна (плус хемијске анализе као прилог I).

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, приказ проблема који се овим техничким решењем решава и стање решености проблема прераде секундарних сировина у свету.

Документација поглавља 2, која се односи на детаљан опис техничког решења садржи следеће целине:

- уводни део
- опис технолошких процеса топљења, електролитичке рафинације месинганих анода и хемијске рафинације анодног муља са усвојеним технолошким параметрима
- закључак.

Приложена документација је поткрепљена хемијским анализама.

Наведена поглавља садрже довољно информација о усвојеној технологији за прераду посребрених месинганих кућишта комбинацијом пиromеталуршких, електрометалуршких и хемијских поступака у складу са напред наведеним правилником.

Закључак

Техничко решење под називом: " РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА ", 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:

- да се комбинацијом пиromеталуршких, електрометалуршких и хемијских поступака из посребрених месинганих кућишта могу добити бакар и сребро комерцијалног квалитета,
- употребљивост Новог полуиндустријског постројења за електролитичку прераду анода нестандарног хемијског саства (детаљно описано у техничком решењу Т1/2011) за електролитичку рафинацију месинганих анода.

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

Датум: 15.04.2012. год.

Рецезент

др Јасна Стајић-Трошић, виши научни сарадник,
Институт за хемију, технологију и металургију – ЦММ, Београд

Научном већу ИРМ-а Бор

Предмет: Рецензија техничког решења бр. Т1/2012

РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА

Аутора:

мр Силвана Димитријевић, дипл.инж.мет.
др Властимир Трујић, дипл.инж.мет.
Сузана Драгуловић, дипл.инж.техн.
мр Радмила Марковић, дипл.инж.техн.
Весна Џонић, дипл.инж.мет.
мр Биљана Мадих, дипл. екон.
мр Зденка Станојевић-Шимшић, дипл.инж.мет.

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. VI/5.1. од 31.01.2012. год, именован сам за рецензента техничког решења под називом:

**"РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ
КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ,
ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА "**

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:

1. Општег дела
2. Детаљног описа техничког решења
3. Прилога I (хемијске анализе)

износим своје мишљење:

Приказано техничко решење је урађено у складу са захтевима дефинисаним Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата – Сл. Гласник РС 38/2008. Наведена поглавља садрже довољно информација и дају јасну слику о усвојеној технологији за прераду посребрених месинганих кућишта комбинацијом пирометалуршких, електрометалуршких и хемијских поступака у лабораторијама и полуиндустијским постројењима ИРМ-а Бор.

Закључак

Техничко решење под називом : "РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА" припремљено је у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата Сл. Гласник, РС 38/2008.

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

Датум: 25.04.2012. год.

 Рецензент

Др Милован Вуковић, ванредни професор, ТФ Бор



30.04.2012.

Predmet: Dokaz o verifikaciji tehničkog rešenja T1/2012. pod nazivom:**„RECIKLAŽA BAKRA I SREBRA IZ POSREBRENIH MESINGANIH KUĆIŠTA KOMBINACIJOM PIROMETALURŠKIH, ELEKTROMETALURŠKIH I HEMIJSKIH POSTUPAKA“**

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 prosvetu i nauku Republike Srbije, izradio tehničko rešenje:

„RECIKLAŽA BAKRA I SREBRA IZ POSREBRENIH MESINGANIH KUĆIŠTA KOMBINACIJOM PIROMETALURŠKIH, ELEKTROMETALURŠKIH I HEMIJSKIH POSTUPAKA“

Autora:

mr Silvana Dimitrijević, dipl.inž.met.
 dr Vlastimir Trujić, dipl.inž.met.
 Suzana Dragulović, dipl.inž.tehn.
 mr Radmila Marković, dipl.inž.tehn.
 Vesna Conić, dipl.inž.met.
 mr Biljana Madić, dipl. ekon.
 mr Zdenka Stanojević-Šimšić, dipl.inž.met

Korisnik novog tehnološkog postupka je IRM Bor. Novi tehnološki postupak za preradu posrebrenih mesinganih kućišta kombinacijom pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka osvojena je na postojećoj opremi u laboratorijama i polindustrijskim postrojenjima IRM-a Bor.

Nakon prerade 664 kg posrebrenih mesinganih kućišta u poluindustrijskim postroenjima i laboratorijama Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, može se zaključiti sledeće:

- Izabranom kombinacijom pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka za preradu kućišta postignuti su odlični rezultati.
- U procesima topljenja, livenja, elektrolize i hemijske prerade mulja postignuto je visoko iskoršćenje (99,98%).
- Elektrolitička rafinacija mesinga u cilju dobijanja bakra je moguća, ali uz strogo praćenje parametara elektrolize i svakodnevnu korekciju elektrolita.



- Katodni bakar je čistoće 99,90%.
- Anodni mulj, koji se izdvaja prilikom elektrolitičke rafinacije mesinganih anoda rafinisan je hemijskim postupcima i dobijeno je srebro kvaliteta 99,99%.
- Otpadni elektrolit koji predstavlja gubitak sa sadržajem cinka do 100 g Zn/dm³ transportovan je u pogon Cementacije.

Prihvam da se Tehničko rešenje:

„RECIKLAŽA BAKRA I SREBRA IZ POSREBRENIH MESINGANIH KUĆIŠTA
KOMBINACIJOM PIROMETALURŠKIH, ELEKTROMETALURŠKIH I HEMIJSKIH
POSTUPAKA“

svrsta u kategoriju M83, novi tehnološki postupak, 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-u Bor u Sektoru Specijalne proizvodnje.

Zamenik direktora Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor



Dr Mile Bugarin, dipl.inž.geolog.



Datum: 30.04.2012.god.

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ У БОРУ

Предмет: Захтев за прихватање техничког решења

Према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС”, бр. 38/2008) обраћам се Научном већу Института за рударство и металургију у Бору са молбом да покрене поступак за прихватање техничког решења М-83 (нови технолошки поступак), под називом:

ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ

(М 83)

РЕЦИКЛАЖА БАКРА И СРЕБРА ИЗ ПОСРЕБРЕНИХ МЕСИНГАНИХ КУЋИШТА КОМБИНАЦИЈОМ ПИРОМЕТАЛУРШКИХ, ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРШКИХ И ХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА бр. Т1/2012

Установа /Аутори решења:

Институт за рударство и металургију у Бору/мр Силвана Димитријевић, др Властимир Трујић, Сузана Драгуловић, мр Радмила Марковић, Весна Цонић, мр Биљана Мадић, мр Зденка Станојевић-Шимшић

Предложено техничко решење је резултат реализације пројекта ТР 34024 у области материјала и хемијских технологија, период 2011.-2014.

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења (Одлука Научног већа бр. VI/5.1), мишљења рецензената (др Милован Вуковић, ванредени професор, ТФ, Бор и др Јасна Стајић-Трошић, виши научни сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију – ЦММ, Београд) и корисника (ИРМ Бор) обраћам Вам се са захтевом за прихватање наведеног Техничког решења.

Сагласан руководиоца пројекта

Властимир Трујић
Др Властимир Трујић, дипл. инж.мет.

Подносилац захтева:

Силвана Димитријевић
Мр Силвана Димитријевић, дипл.инж.мет.



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

НАУЧНО ВЕЋЕ

Број: VIII/6.2.

Од 17.05.2012.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 VIII-ој седници одржаној дана 17.05.2012. године донело:

ОДЛУКУ
о прихватању техничког решења

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Рециклажа бакра и сребра из посребрених месинганих кућишта комбинацијом пирометалургијских, електрометалургијских и хемијских поступака*“, аутора: *мр Силване Димитријевић, др Властимира Трујића, Сузана Драгуловић, мр Радмиле Марковић, Весне Цонић, мр Биљане Мадић, мр Зденке Станојевић-Шимшић* и мишљења рецензената и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Миленко Љубојев
Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.
Научни саветник

