

ИНСТИТУТ ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКАСАРИЈА	
УСТАНОВА КОМЕРЦИЈАЛНИХ СРПСКИХ НАУКА	
Техничко решење:	<u>ТР 19021</u>
Бр. <u>1-28</u>	Датум <u>23.04.2010</u>
Страна: Делорва 06 број. сл. 900	

На основу Правилника о верификацији и валидацији техничко-технолошких решења и процедуре ИП 19 Израда и поступак верификације и валидације техничко-технолошких решења, Научно веће Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, на седници одржаној 29.04.2010. год., донело је

ОДЛУКУ

Да се резултат истраживачког рада *Технолошки поступак прераде механохемијски активираниог тирита борске флотацијске јаловине*, који је проистекао као резултат рада на Пројекту

ТР 19021

Назив пројеката:

РАЗВОЈ И ПРИМЕНА МЕХАНОХЕМИЈСКИХ ПОСТУПАКА ЗА ВАЛОРИЗАЦИЈУ МИНЕРАЛНОГ ОТПАДА

аутора:

- *др Радмиле Марковић, истраживач сарадник, Институт за бакар Бор,*
- *Младеновић Љиљана, дипл. инж. тех., Институт за бакар Бор,*
- *Ивошевић Бранислава, дипл. инж. рударства, ИТНМС, Београд,*
- *др Милана Петров, виши научни сарадник, ИТНМС, Београд и*
- *Вукадиновић Мелине, дипл. инж. геологије, ИТНМС, Београд,*

верификује као техничко решење према индикаторима научне компетентности (М84) у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. гласник РС бр. 38/2008), а након усвајања рецензија рецензираних др Владана Милошевића, научни сарадник, ИТНМС, Београд и др Љубише Андрић, научни саветник, ИТНМС, Београд.

Доставити:

- руководиоцу Пројекта,
- ауторима,
- архиву НВ.



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

 др Слободан Радосављевић, научни саветник

Broj: 4/77
12.04.10.

Naučno veće Instituta za tehnologiju nuklearnih
i drugih mineralnih sirovina (ITNMS)

Beograd

Franša Đ. Perca 86

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja: "Tehnološki postupak prerade mehanohemijski aktiviranog pirita borske flotacijske jalovine".

Tehničko rešenje "Tehnološki postupak prerade mehanohemijski aktiviranog pirita borske flotacijske jalovine", autori mr Radmile Marković, Ljiljane Mladenović, Branislava Ivoševića, Meline Vukadinović i Milana Petrova, prezentirano je na deset (10) strana u okviru pet (6) poglavlja.

U poglavlju 1 - "Predmet" navedeno je da je tehničko rešenje protisteklo angažovanjem njegovih autora u realizaciji projekta finansirana od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

U poglavlju 2- "Fundamentalne osnove tehničkog rešenja" prikazan je kratak pregled tretiranja borske flotacijske jalovine u cilju definisanja optimalnog tehnološkog procesa hidrometalurške valorizacije mehanohemijski aktiviranog pirita. Pogodnim tretmanom u mlinu mehanooaktivatoru povećava se brzina prelaza elemenata u rastvor i u opštem slučaju iskorišćenje metala zavisi od veličine površine čvrstih čestica. Na adekvatno pripremljenim uzorcima BFJ utvrđeno su sledeće fizičke karakteristike: specifična težina, granulometrijski sastav, nasipna masa kao i hemijski sastav i to u laboratorijama Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor. Odvajanje metalne komponente od ostataka mineralne materije iz borske flotacijske jalovine vrši se na visokogradiontom magnetnom separatoru (HGMS), u ITNMS-a. Istraživanja su sprovedena na način da omogućavaju tretman BFJ bez pratećih štetnih uticaja na životnu sredinu.

U poglavlju 3 - "Optimalni parametri tehnološkog procesa dobijanja i verifikacije bitno poboljšanog tehnološkog postupka" dati su: program ispitivanja, karakterizacija uzoraka, luženje, solvent ekstrakcija sa elektrolitičkim izdvajanjem bakra i izdvajanje sumpora. Program ispitivanja je obuhvatio mehanohemijski tretman i hidrometalurške operacije date u predloženoj blok shemi. U mehanohemijskom procesu mlina je izazvao promene u molekularnoj strukturi i kristalnoj rešetci pirita. Sem se vidi da je luženje BFJ vršno sa sumpornom kiselinom uz dodatak nujna lica i alternativno H₂O₂. Nadalje se vršila solvent ekstrakcija, reekstrakcija i elektrolitičko izdvajanje bakra. Čvrsta faza iz procesa kiselinog luženja tretirana je u cilju dobijanja elementarnog sumpora.

U poglavlju 4 - "Zaključak" navedeno je da se ovakvim novim tehnološkim postupkom a na osnovu sprovedenih istraživanja vidi sledeće: dobijeni rezultati omogućuju da se predloženi tehnološki proces može primeniti za preradu borske

flotacijske jalovine. Faza luženja primenom sumporno-kiselog rastvarača uz dodatak odgovarajućeg oksidansa poslužila je za izdvajanje korisnih komponenti: Cu, Fe i S iz uzorka BFJ. Najbolji rezultati u pogledu smanjenja sadržaja ovih elemenata postignuti su kod nemagnetne frakcije uzorka BFJL.

Rezultati solventne ekstrakcije Cu iz rastvora nakon luženja pokazali su da je korišćenjem LIX 984N moguće dosta selektivno razdvojiti Cu od Fe. Elektrolit dobijen u procesu reekstrakcije Cu iz organske faze iskorišćen je u procesu elektrolize za dobijanje katodnog bakra.

Rastvor koji je osiromašen na Cu, vraćan je u proces luženja što je imalo pozitivan efekat na sam proces usled prisustva Fe jona koji imaju ulogu oksidansa.

Proces rastvaranja elementarnog sumpora sa odgovarajućim solventom ima za cilj da spreči pasivaciju površine čvrstog uzorka tokom procesa luženja i da valorizuje slobodni S iz uzorka.

Kombinacija navedenih tehnoloških operacija omogućava tretman BFJ bez praveći štetnih uticaja na životnu sredinu.

Zaključak i predlog

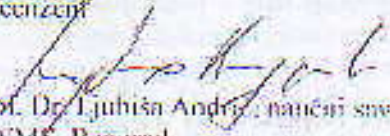
Produljeno tehničko rešenje predstavlja rezultat naučnoistraživačkog rada njegovih autora, koji je verifikovan kroz prihvatene izveštaje o realizaciji projekata Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije i objavljene i saopštene naučne radove.

Tekstualna dokumentacija tehničkog rešenja pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (Službenik RS, br. 38/08). Dade su potrebne informacije u oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi i koji se problem njegovom primenom rešava, sa osnovom na stanje rešenosti problema u svetu.

Imajući u vidu kvalitet predloženog tehničkog rešenja – Tehnološki postupak prerade mehanohemijski aktiviranog pirita borske flotacijske jalovine, predloženi Naučnom veću IFKMS da ga verifikuje i svrsta u kategoriju kao što su predložili autori: M84, bitno poboljšan nov tehnološki postupak.

Beograd, 28.03.2010.god.

Recenzent


Prof. Dr. Ljubisa Andric, naučni savetnik,
IFKMS, Beograd

Broj: 4/77
12.04.2016
BEOGRAD
Izdavanje: 12.04.2016. godine

Naučno veće Instituta za tehnologiju nuklearnih
i drugih mineralnih sirovina (ITNMS)

Beograd
Franša D'Eperea 86

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja: "Tehnološki postupak prerade
mekanohemijski aktiviranog pirita borske flotacijske jalovine".

Tehničko rešenje "Tehnološki postupak prerade mekano-hemijski aktiviranog
pirita borske flotacijske jalovine", autora mr Radmile Marković, Ljiljane Mladenović
Branislava Ivuševića, Meline Vukadinović i Milana Petrova, prezentirano je na deset (10)
strana u okviru pet (6) poglavlja.

U poglavlju 1 - "Predmet" navedeno je da je tehničko rešenje proučeno
angažovanjem njegovih autora u realizaciji projekta finansirana od Ministarstva za nauku
i tehnološki razvoj Republike Srbije.

U poglavlju 2 - "Fundamentalne osnove tehničkog rešenja" prikazan je kratak
pregled tretanja borske flotacijske jalovine u cilju definisanja optimalnog tehnološkog
procesu hidrometalurške valorizacije mekano-hemijski aktiviranog pirita
Vagovim tretmanom u mlinu mekano-hemijski aktiviranu povećava se brzina prelaza elemenata u
rastvor i u opštem slučaju iskorišćenje metala zavisi od veličine površine čvrstih čestica.
Na adekvatno pripremljenim uzorcima BFJ utvrđene su sledeće fizičke karakteristike:
specifična težina, granulometrijski sastav, nasiptina masa kao i hemijski sastav i to u
laboratorijama Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor. Odvajanje metalne komponente
od ostatka mineralne materije iz borske flotacijske jalovine vrši se na visokotemperaturnom
magnetonom separatoru (HGMS), u ITNMS-u. Istraživanja su sprovedena na
način da omogućavaju tretman BFJ bez pratećih štetnih uticaja na životnu sredinu.

U poglavlju 3 - "Optimalni parametri tehnološkog procesa dobijanja i
verifikacije bitno poboljšanog tehnološkog postupka" dati su: program ispitivanja,
karakterizacija uzoraka, luženje, solvent ekstrakcija sa elektrolitičkim izdvajanjem bakra
i izdvajanje sumpora. Program ispitivanja je obuhvatio mekano-hemijski tretman i
hidrometalurške operacije date u predloženoj blok šemi. U mekano-hemijskom procesu
rad mlinu je izazvan promene u molekularnoj strukturi i kristalnoj rešetci pirita. U šemi se
vidi da je luženje BFJ vršeno sa sumpornom kiselinom uz dodatak unijona hlora i
natrijuma H₂O₂. Nadalje se vršila solvent ekstrakcija, reekstrakcija i elektrolitičko
izdvajanje bakra. Čvrsta faza iz procesa kiseličkog luženja tretirana je u cilju dobijanja
elementarnog sumpora.

U poglavlju 4 - "Zaključak" navedeno je da se ovakvim novim tehnološkim
postupkom a na osnovu sprovedenih istraživanja vidi sledeće: dobijem rezultata

omogućuje da se predloženi tehnološki proces može primeniti za preradu borske botarijske jalovine. Faza luženja primenom sumporno-kiselog rastvarača uz dodatak odgovarajućeg oksidansa poslužila je za izdvajanje korisnih komponenti: Cu, Fe i S iz uzorka BF1. Najbolji rezultati u pogledu smanjenja sadržaja ovih elemenata postignuti su kod nemagnetne frakcije uzorka BF11.

Rezultati solventne ekstrakcije Cu iz rastvora nakon luženja pokazali su da je korišćenjem 1:1X 984N moguće dosta selektivno razdvojiti Cu od Fe. Elektrolyt dobijen u procesu ekstrakcije Cu iz organske faze iskorišćen je u procesu elektrolize za dobijanje katodnog bakra.

Rastvor koji je osiromljen na Cu vraćan je u proces luženja što je imalo pozitivan efekat na sam proces usled prisustva Fe jona koji imaju ulogu oksidansa.

Proces rastvaranja elementarnog sumpora sa odgovarajućim solventom ima za cilj da spreči pasivaciju površine čvrstog uzorka tokom procesa luženja i da valorizuje slobodni S iz uzorka.

Kombinacija navedenih tehnoloških operacija omogućava tretman BF1 bez jutećih stepnih otpada na životnu sredinu.

Zaključak i predlog

Predloženo tehničko rešenje predstavlja rezultat naučnoistraživačkog rada njegovih autora, koji je verifikovan kroz prihvaćene izveštaje o realizaciji projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije i objavljene i subscirane naučne radove.

Tekstualna dokumentacija tehničkog rešenja pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (Službenik RS, br. 38/08). Dade su potrebne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi i koji se problem njegovom primenom rešava, sa osvrtom na značaj rešenosti problema u svetu.

Imajući u vidu kvalitet predloženog tehničkog rešenja Tehnološki postupak prerade mehanobenijski aktiviranog pirita borske botarijske jalovine predložen Naučnom veću ITNMS da ga verifikuje i svrsta u kategoriju kao što su predložili autori: M84 bitno poboljšan nov tehnološki postupak.

Beograd, 28.03.2010 god.

Recenzent


dr. Vladan Milošević, naučni saradnik,
ITNMS, Beograd

TEHNIČKO RAZVOJNO REŠENJE

**Tehnološki postupak prerade mehanohemijski aktiviranog
pirita borske flotacijske jalovine**

**M 84 –NOV NAČIN UPOTREBE POSTOJEĆEG PROIZVODA (BITNO
POBOLJŠANI POSTOJEĆI PROIZVOD I TEHNOLOGIJE)**

Autori:

**Mr Radmila Marković, dip. Ing. teh
Ljiljana Mladenović, dipl.ing.teh.
Branislav Ivošević, dipl.ing.rud.
Melina Vukadinović dipl.ing.geol
Dr milan Petrov, dipl.ing.rud**

SADRŽAJ :	strana
1. PREDMET	3
2. FUNDAMENTALNE OSNOVE TEHNOLOŠKOG REŠENJA.....	3
3. OPTIMALNI PARAMETRI TEHNOLOŠKOG PROCESA DOBIJANJA I VERIFIKACIJE BITNO POBOLJŠANOG TEHNOLOŠKOG POSTUPKA.....	4
3.1. Program ispitivanja.....	4
3.2. Karakterizacija uzoraka.....	5
3.2.1. Fizičke karakteristike uzoraka BFJ.....	5
3.2.2. Mineraloška analiza netretiranog uzorka BFJ.....	5
3.2.3. Hemijska karakterizacija uzoraka BFJ.....	5
3.3. Luženje.....	6
3.4. Solventna ekstrakcija i elektrolitičko izdvajanje Cu.....	7
3.5. Izdvajanje sumpora.....	9
4. ZAKLJUČAK.....	9
5. LITERATURA.....	9
6. PRILOZI.....	10

1. PREDMET

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS), Beograd u okviru projekta TR 19021, period 2008-2010 u oblasti materijali i hemijske tehnologije, čiju realizaciju finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, kao rezultat teme „Primena hidrometalurških metoda obogaćivanja na destrukcijom dobijenim sulfidima“, razvio je bitno poboljšanu postojeću tehnologiju, do koncepcije tehničko-tehnološkog rešenja:

„Tehnološki postupak prerade mehanohemijski aktiviranog pirita borske flotacijske jalovine“

Osnov za izradu ovog Tehničkog rešenja je Pravilnik o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata kojim je u Kriterijumima za određivanje kategorije naučnih publikacija (Prilogom 2) definisan postupak dokumentovanja i verifikacije Tehničkih rešenja (M80).

Predloženi tehnološki proces predstavlja novi način prerade borske flotacijske jalovine iz kategorije „Bitno poboljšani postojeći proizvod i tehnologije“, M84

2. FUNDAMENTALNE OSNOVE TEHNOLOŠKOG REŠENJA

Institut za rudarstvo i metalurgiju se duži niz godina bavi pitanjem ekološke valorizacije borske flotacijske jalovine. U okviru programa istraživanja po projektu TR 19021, urađena su tehnološka ispitivanja prerade mehanohemijski aktiviranog pirita borske flotacijske jalovine a u cilju kompleksne valorizacije flotacijske jalovine, pre svega pirita. Eksperimentalna istraživanja su imala je za cilj da utvrdi uslove za izdvajanje metala (bakra i feruma) i sumpora iz mehanohemijski aktivirane borske flotacijske jalovine.

Eksperimenti su urađeni sa netretiranim i mehano-hemijski tretiranim uzorcima borske flotacijske jalovine. Mehanohemijska aktivacija netretiranog uzorka urađena je u laboratorijama ITNMS – Beograd. Nakon karakterizacije mehano hemijskih tretiranih uzoraka urađena su laboratorijska tehnološka ispitivanja prateći blok šemu tehnološkog procesa prikazanoj na slici 1.

Postupak mehano-hemijskog tretmana vršen je u laboratorijskom vibro mlinu „Humbolt“. Mlin ima radnu temperaturu oko 340 K kada radi u kontinuitetu. Mlin može da ostvari rad dispergovanja u visini $7,3 \times 10^3 \text{ KJmol}^{-1}$. Stepenn prensa mehaničkog rada u toplotu je oko 10 % pa sledi zaključak da je usled dispergovanja moguće ostvariti rad na tretiranom uzorku od 730 KJmol^{-1} .

Efektivnost hidrometalurških procesa i procesa hemijskog obogaćivanja, koji imaju svrhu da odvoje važne komponente i vredne primese iz ruda, međuproizvoda i koncentrata, a takode i iz niskokvalitetnih sirovina, u značajnoj meri zavise od potpunosti otvaranja minerala i otvorenosti površina [1]. Brzina prelaza elemenata u rastvor u opštem slučaju zavisi od veličine površine čvrstih čestica, a za neke tipove rada krupnoća predstavlja osnovni faktor izlučljivosti [2].

Ipak mnogobrojne i raznovrsne rude ne poseduju dovoljnu rastvorljivost u hidrometalurškoj preradi čak šta više ni u mikroniziranom obliku, i njihovo prevođenje u rastvornu formu povezano je sa upotrebom dopunskih procesa: rastapanja, zagrevanje, pečenje i drugo. Aktiviranje mlevenjem pripada broju novih i tehnološki savršenijih metoda intenzifikacije

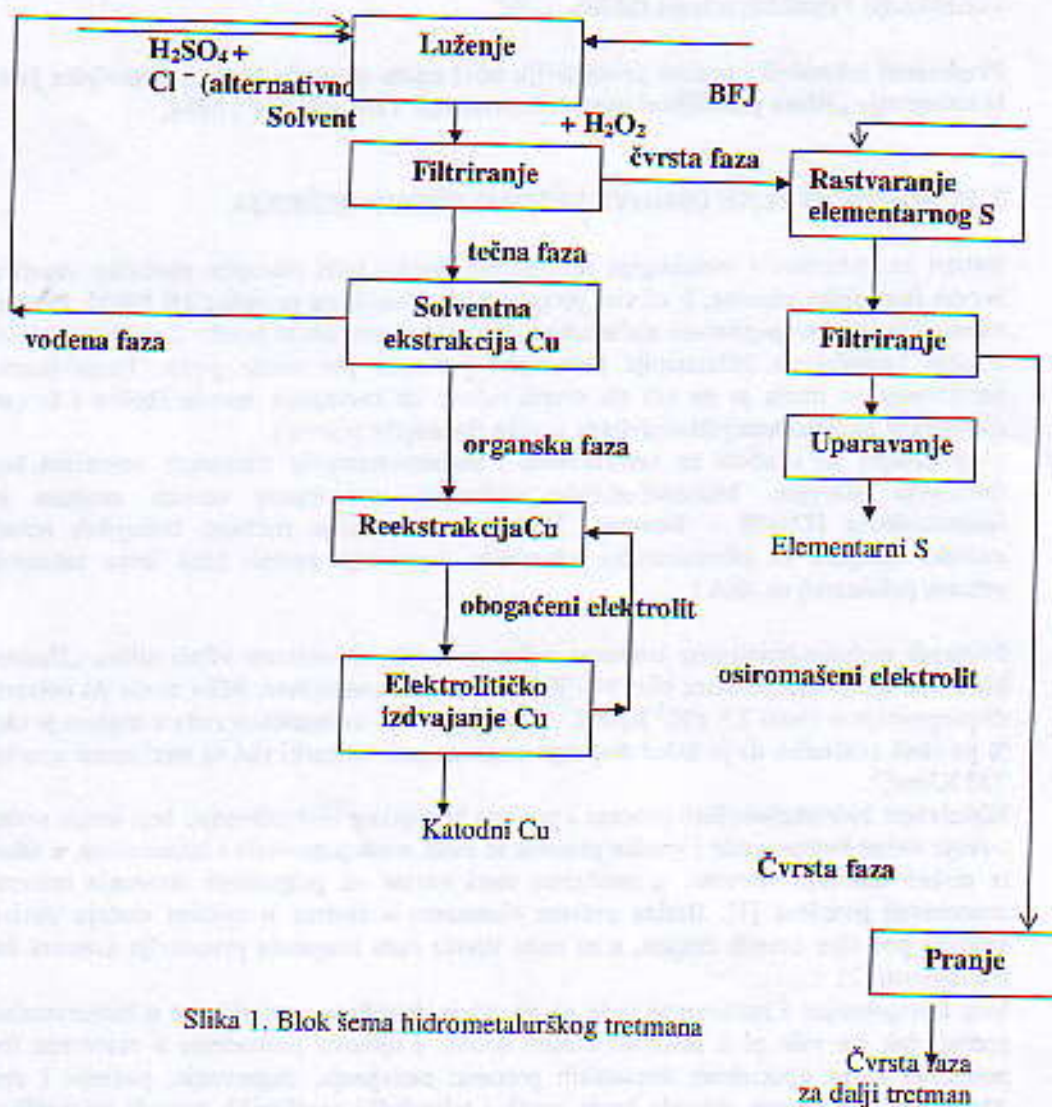
rastvaranja i luženja, koja dopušta uvećavanje reakcione sposobnosti čvrstih tela putem nastajanja defekata u kristalnoj strukturi i aktivnog stanja razvijene površine [3].

Mehaničko aktiviranje je celishodno (korisno) ispitati za postojano teškoraствorljive proizvode, tako i za materijale s nepotpunom ograničenom rastvorljivosti.

3. OPTIMALNI PARAMETRI TEHNOLOŠKOG PROCESA DOBIJANJA I VERIFIKACIJE BITNO POBOLJŠANOG TEHNOLOŠKOG POSTUPKA

3.1. Program ispitivanja

Blok šema predloženog i u laboratorijskim uslovima proverenog postupka za hidrometalurški tretman BFJ prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Blok šema hidrometalurškog tretmana

3.2. Karakterizacija uzoraka

Na adekvatno pripremljenim uzorcima BFJ utvrđene su sledeće fizičke karakteristike: specifična težina, granulometrijski sastav, nasipna masa kao i hemijski sastav i to u laboratorijama Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor. Mineraloški sastav urađen je samo za netretirani uzorak BFJ u ITNMS - Beograd.

Za određivanje nasipne mase uzoraka BFJ korišćena je VMK (Validna metoda kuće) - *Određivanje nasipne mase uzoraka (E.6.11:2007)*. Metoda podrazumeva određivanje mase slobodno nasutog uzorka, bez sabijanja, u sud poznate zapremine V i mase m.

Određivanje specifične težine uzoraka BFJ vršeno je u staklenom sudu-piknometru. Merenje je vršeno u destilovanoj vodi, po standardnom postupku.

3.2.1. Fizičke karakteristike uzoraka BFJ

Fizičke karakteristike netretiranog uzorka BFJ i mehano-hemijski tretiranih uzoraka prikazane su u Tabeli 1:

Tabela 1: Specifična težina i nasipna masa uzoraka BFJ.

Opis	Oznaka uzorka				
	Netretirana BFJ	BFJ1 MF*	BFJ1 NMF*	BFJ2 MF**	BFJ2 NMF**
Specifična težina, kg/m ³	2980	2820	2700	2600	2500
Nasipna masa, kg/m ³	1273	1233	1032	1082	833

Napomena:

- Netretirana BFJ – polazni uzorak
- BFJ1 MF* - magnetna frakcija mehano-hemijski aktivirane jalovine bez dodataka reagenasa
- BFJ1 NMF* - nemagnetna frakcija mehano-hemijski aktivirane jalovine bez dodataka reagenasa
- BFJ2 MF** - magnetna frakcija mehano-hemijski aktivirane jalovine uz dodatak NaOH
- BFJ2 NMF** - nemagnetna frakcija mehano-hemijski aktivirane jalovine uz dodatak NaOH

Tabela 2.: Granulometrijski sastav

Klasa, µm	Netretirana BFJ	BFJ1 MF*	BFJ1 NMF*	BFJ2 MF**	BFJ2 NMF**
+106	6	2	0,5	11,5	2,5
-106+75	10	4	0,5	10	2,5
-75+53	18	6	1	7	5
-53+38	12	14	3	6,5	5
-38	54	74	95	65	85

3.2.2. Mineraloška analiza netretiranog uzorka BFJ

Kvantitativna mineraloška analiza netretiranog uzorka sa lokacije starog borskog flotacijskog jalovišta prikazana je u tabeli 3.

Tabela 3. Kvantitativna mineraloška analiza netretiranog uzorka BFJ

Minerali	Maseno učešće, %
Pirit	23
Halkopirit	0,124
Pirotin	< 1 ppm
Rutil	0,98
Limonit	0,234
Jalovina	75,23

3.2.3. Hemijska karakterizacija uzoraka BFJ

Tabela 4. Hemijska karakterizacija uzoraka BFJ

Opis	Oznaka uzorka					Analitička metoda
	Netretirani uzorak BFJ	BFJ1 MF*	BFJ1 NMF*	BFJ2 MF**	BFJ2 NMF**	
Fe, %	4,82	6,30	3,60	5,03	1,83	AAS
S, %	6,20	10,70	5,60	7,40	2,70	S
Cu – oxid, %	0,006	0,005	0,007	0,015	0,019	AAS
Al ₂ O ₃ , %	15,63	11,79	18,74	15,72	18,50	AAS
SiO ₂ , %	61,60	64,74	62,46	64,10	63,08	G
MgO, %	0,014	0,026	0,021	0,11	0,26	AAS
Cu-ukupno, %	0,131	0,152	0,153	0,135	0,134	AAS
Fe ₂ O ₃ , %	0,359	0,445	/	/	/	T
SO ₄ ²⁻ , %	/	/	/	16,85	5,82	T

Napomena: oznake u Tabeli 4. odgovaraju oznakama iz Tabele 1.

Gde je: S – gasna volumetrija (spaljivanje)
AAS – atomska emisiona spektrofotometrija
G – gravimetrija
T – titracija

3.3. Luženje

Uradjene su dve serije eksperimenata:

1. Tokom I serije eksperimenata za luženje je korišćena 0.8 M H₂SO₄ uz dodatak 30 % H₂O₂ kao oksidansa.
2. Tokom II serije eksperimenata za luženje je korišćena 0.8 M H₂SO₄ uz dodatak 30 % H₂O₂ kao oksidansa i uz prisustvo hlornih jona koji su u rastvor dodavani u obliku NaCl.

Obe serije eksperimenata rađene su na temperaturi od $90 \pm 5^\circ\text{C}$, uz mešanje od 600 min^{-1} , pri odnosu Č:T = 1:20, u trajanju od 8 h. Kod druge serije eksperimenata inicijalna koncentracija NaCl odgovarala je 1M rastvoru a svi ostali parametri bili su istovetni kao kod prve serije eksperimenata.

Usporedni rezultati luženja Cu i Fe prikazani su u tabelama 5 i 6, respektivno.

Tabela 5. Stepen izluženja Cu

Opis	I serija	II serija	I serija	II serija
	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata
	% izluženja Cu – tečna faza		% izluženja Cu – čvrsta faza	
Netretirana BFJ	58,02	61,07	52,17	52,40
BFJ1 MF*	67,50	73,68	57,02	64,39
BFJ1 NMF*	93,14	86,27	91,16	87,90
BFJ2 MF**	76,84	78,64	58,11	69,38
BFJ2 NMF**	67,5	72,6	62,4	65,8

Tabela 6. Stepen izluženja Fe

Opis	I serija	II serija	I serija	II serija
	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata
	% izluženja Fe – tečna faza		% izluženja Fe – čvrsta faza	
Netretirana BFJ	31,54	52,70	38,64	46,6
BFJ1 MF*	27,14	69,21	35,65	63,03
BFJ1 NMF*	91,83	84,44	96,95	92,17
BFJ2 MF**	52,08	56,33	50,88	53,06
BFJ2 NMF**	20,51	28,6	22,4	24

U tabeli 7 prikazani su rezultati izluženja S (analiziran je čvrsti uzorak nakon luženja)

Tabela 7. Stepen izluženja S

Opis	I serija	II serija
	eksperimenata	eksperimenata
	% izluženja S	
Netretirana BFJ	49,48	52,01
BFJ1 MF*	43,96	66,28
BFJ1 NMF*	72,84	66,07
BFJ2 MF**	33,69	44,56
BFJ2 NMF**	28,6	31,4

Rezultati pokazuju da je najveći stepen izluženja Cu postignut kod uzorka BFJ1 NMF* koji je dobijen mehanohemijskom aktivacijom bez dodatka reagenasa, rezultati su gotovo identični i za stepen izluženja Fe i S.

3.4.Solventna ekstrakcija i elektrolitičko izdvajanje Cu

Ekstrakcija bakra rađena je korišćenjem 10 % LIX 984N u kerozinu. Serija eksperimenata rađena je u laboratorijskim uslovima. Korišćeni su leveci za odvajanje, zapremine 250 ml, a ekstrakcija je rađena pri odnosu organske i vodene faze O:V= 1:1 u trajanju od 30 min. Vodena faza nakon ekstrakcije vraćana je u proces luženja BFJ.

Za proces reekstrakcije bakra iz organske faze korišćen je sintetički sumporno kiseli elektrolit sledećeg hemijskog sastava: Cu – 30 g/dm³ i H₂SO₄ – 190 g/dm³. Proces reekstrakcije ispitan je za odnos organske i tečne faze O:T = 5:1, u trajanju od 30 min.

Rezultati ekstrakcije i reekstrakcije Cu iz lužnih rastvora prikazani su u Tabeli 8.

Tabela 8. Stepen ekstrakcije i reekstrakcije Cu

Opis	I serija	II serija	I serija	II serija
	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata
	% ekstrakcije Cu		% reekstrakcije Cu	
Netretirana BFJ	96,75	95,68	88,64	89,25
BFJ1 MF*	91,48	96,96	90,24	89,46
BFJ1 NMF*	92,48	98,18	92,44	90,48
BFJ2 MF**	91,82	98,23	92	90,44
BFJ2 NMF**	93,66	94,58	93	91,62

Rezultati pokazuju da je kod svih eksperimenata korišćenje LIX 984N dalo dobre rezultate u pogledu ekstrakcije Cu. Rezultati reekstrakcije takođe potvrđuju da je iz pomenute organske faze moguće selektivno izdvojiti Cu što se vidi na osnovu podataka za stepen ekstrakcije i reekstrakcije Fe koje je prisutno u rastvoru dobijenom nakon luženja. Rezultati ekstrakcije i reekstrakcije Fe prikazani su u Tabeli 9.

Tabela 9. Stepen ekstrakcije i reekstrakcije Fe

Opis	I serija	II serija	I serija	II serija
	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata	eksperimenata
	% ekstrakcije Fe		% reekstrakcije Fe	
Netretirana BFJ	35,58	32,46	2,39	3,27
BFJ1 MF*	21,26	21,71	8,27	7,54
BFJ1 NMF*	16,67	26,61	2,67	4,83
BFJ2 MF**	30,77	32,38	4,38	2,95
BFJ2 NMF**	18,44	20,2	2,26	2,98

Hemijski sastav elektrolita nakon reekstrakcije bakra iz organske faze bio je: Cu – 36,1 g/dm³, H₂SO₄ – 194,6 g/dm³ i Fe – 0,015 g/dm³. Dobijeni elektrolit korišćen je za dobijanje katodnog bakra primenom elektrohemijskog procesa pri sledećim uslovima: radna jačina struje – 200 A/m², temperatura elektrolita 55±5° C, cirkulacija elektrolita – jedna izmena zapremine ćelije za 1 h. Vreme trajanja procesa preračunato je u odnosu na izlaznu koncentraciju i jačinu struje i iznosilo je 2 h. Radna zapremina ćelije za elektrolizu bila je 600 ml, raspored elektroda u ćeliji: anoda-katoda-anoda sa međuosnim rastojanjem od 20 mm. Katodni bakar čistoće min 99,95 % Cu korišćen je kao polazni list. Anoda je izrađena od olova a dimenzije anode bile su identične dimenzijama polaznog katodnog lista. Kao strujni snabdevač korišćen je galvanostat proizveden u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor sledećih karakteristika: radna jačina struje – max 5A i napon – max 5 V. Nakon predviđenog vremena trajanja procesa elektrolit je filtriran i korišćen u procesu reekstrakcije Cu iz LIX 984N. Hemijski sadržaj Cu u osiromašenom elektrolitu bio je 29,96 g/dm³.

3.5. Izdvajanje sumpora

Čvrsta faza dobijena nakon faze luženja tretirana je rastvorom natrijum sulfida u cilju rastvaranja elementarnog sumpora. Za proces luženja eventualno prisutnog elementarnog sumpora za koji je korišćen rastvor natrijum sulfida, odnos masa S: masa polisulfida bila je 1:1. Pulpa je lužena uz prinudno mešanje mehaničkom mešalicom u trajanju od 15 min. Tečna od čvrste faze je odvojena filtriranjem na laboratorijskom levku, talog je ispran vodom. Filtrat je prebačen u sistem za uparavanje gde se natrijum polisulfid razgrađuje u procesu zagrevanja na temperaturi od 95 °C. Temperatura nije kritična, sumpor kristališe spolja a H₂S se uvodi u vodu.

Razultati hemijske analize čvrstih uzoraka nakon luženja sa Na₂S pokazali su da je max. 2% S (BFJ1 NMF*) izluženo iz tretiranih uzoraka što ukazuje na prisustvo veoma malih količina elementarnog sumpora.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se reći da se predloženi tehnološki proces može primeniti za preradu borske flotacijske jalovine. Faza luženja primenom sumporno-kiselog rastvarača uz dodatak odgovarajućeg oksidansa poslužila je za izdvajanje korisnih komponenti: Cu, Fe i S iz uzorka BFJ. Najbolji rezultati u pogledu smanjenja sadržaja ovih elemenata postignuti su kod nemagnetne frakcije uzorka BFJ1.

Rezultati solventne ekstrakcije Cu iz rastvora nakon luženja pokazali su da je korišćenjem LIX 984N moguće dosta selektivno razdvojiti Cu od Fe. Elektrolit dobijen u procesu reekstrakcije Cu iz organske faze iskorišćen je u procesu elektrolize za dobijanje katodnog bakra.

Rastvor koji je osiromašen na Cu, vraćan je u proces luženja što je imalo pozitivan efekat na sam proces usled prisustva Fe jona koji imaju ulogu oksidansa.

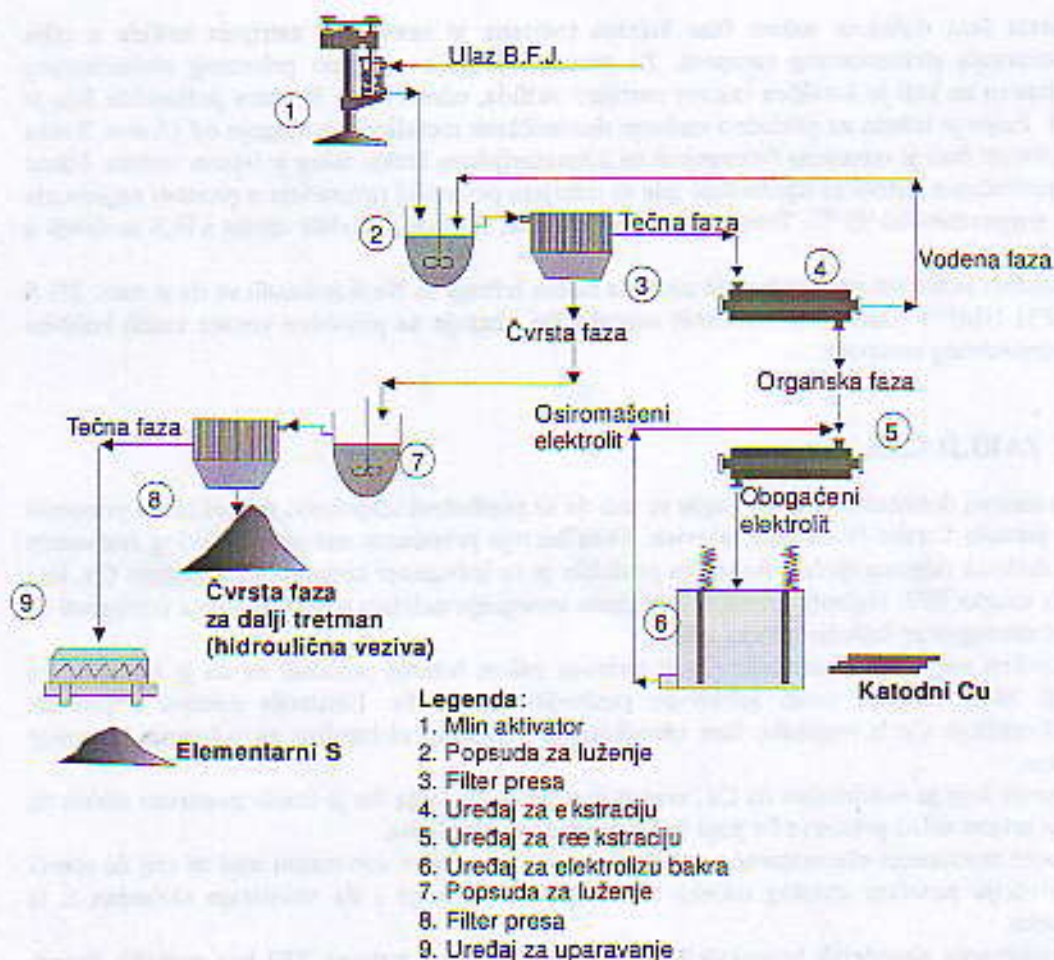
Proces rastvaranja elementarnog sumpora sa odgovarajućim solventom ima za cilj da spreči pasivaciju površine čvrstog uzorka tokom procesa luženja i da valorizuje slobodan S iz uzorka.

Kombinacija navedenih tehnoloških operacija omogućava tretman BFJ bez pratećih štetnih uticaja na životnu sredinu.

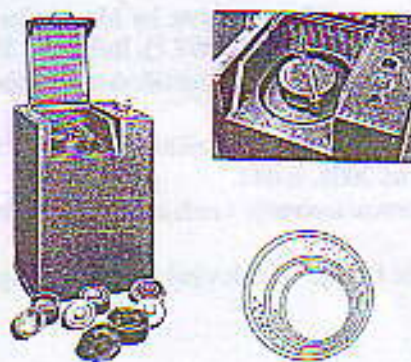
5. LITERATURA

- 1.M. Petrov et al. „Modification of Mineral Waste by Mechanical - Chemical Treatment“, Tehnika, YU ISSN 0040-2176, UDC: 62(062.2)(497.1), Belgrade, 2009. god.
- 2.V.I.Molčanov, T.S.Jusupov, Fizičeskie i himičeskie svojstva tonko-disoergovanih mineralov, Nedra 1981, Moskva, s. 65.
- 3.Dragica Minić, Ankica Antić-Jovanović, „Fizička Hemija“, Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu, Beograd 2005, s. 449.
- 4.Eduard Beer, „Priručnik za dimenzionisanje uređaja hemijske procesne industrije“, SKTH, Zagreb, 1985.
- 5.Ivan Bajalović, „Osnovi fizičke hemije“ Građevinska knjiga, Beograd, 1978.

6. PRILOG



Slika 1. Šema bitno poboljšanog tehnološkog postupka prerade mehanohemijski aktiviranog pirita



Slika 2. Izgled mlina za M-H tretman