

ALEKSANDAR V. PETKOVIĆ<sup>1</sup>  
SONJA V. PETKOVIĆ<sup>1</sup>  
SRĐANA R. MAGDALINOVIC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RTB Bor grupa, RBB Bor  
<sup>2</sup> Institut za Rudarstvo i metalurgiju  
u Boru

STRUČNI RAD

UDK 666.9:338.45:666.924:549.281

DOI: 10.2298/HEMIND0901061P

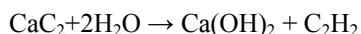
## UPOTREBA GAŠENOG KREČA IZ PROIZVODNJE ACETILENA ZA REGULACIJU pH SREDINE PRI FLOTACIJSKOJ KONCENTRACIJI MINERALA BAKRA

*U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja primene gašenog kreča iz firme Messer—Tehnogas, Beograd, u pogonima flotacije Bor, Veliki Krivelj i Majdanpek. U radu je dat prikaz povezivanja nesrodnih grana industrije i mogućnost upravljanja otpadom «gašeni kreč» koji se javlja u jednoj, a predstavlja potrebnu sirovinu «regulator sredine» u drugoj industriji.*

*Postignuti rezultati u laboratorijskim uslovima su primjenjeni u praksi i dali su dobre rezultate. Naime, primenom gašenog kreča iz firme Messer od 2,1 g/l dobija se odgovarajuća vrednost pH 11,82. Sa ekonomski strane upotreba gašenog kreča višestruko je isplativija od upotrebe komadnog kreča iz razloga što je cena nabavke za komadni kreč 4,200 din/kg, dok se celokupna suma troškova gašenog kreča iz Messer-a dobija besplatno. Takođe cena pripreme gašenog kreča je niža od cene pripreme komadnog kreča za 0,160 din/kg. Transport i distribucija gašenog kreča u odnosu na komadni kreč je nešto veća i iznosi 1,088 din/kg. Suma troškova nabavke, transporta, pripreme i distribucije gašenog kreča u odnosu na komadni kreč je manja za 2,955 din/kg. Sa ekološke strane, i u cilju zaštite životne sredine, apsolutno je opravdana upotreba gašenog kreča iz Messer-a jer nije potrebna priprema, već samo distribucija gašenog kreča iz Messer-a čime se smanjuje zagadnjenje radne sredine česticama kreča koje se stvaraju prilikom pripreme krečnog mleka.*

Firma Messer-Tehnogas, Beograd, pri proizvodnji acetilena kao tehničkog gasa za potrebe zavarivanja u industriji kao nusproizvod reakcije dobija gašeni kreč Ca(OH)<sub>2</sub> koji se smatra otpadom.

Gašeni kreč se dobija po hemijskoj reakciji [1]:



Gašeni kreč se skladišti u posebne bazene koji služe samo za tu namenu. Iz razloga nedovoljnog skladišnog prostora za gašeni kreč, deševalo se da je obim proizvodnje tehničkog gasa bio smanjen.

U pogonu Flotacija, Bor, Veliki Krivelj i Majdanpek, kao regulator pH vrednosti sredine pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra iz jamske rude, kopove rude i šljake plamene peći koristi se krečno mleko koje se dobija preradom komadnog kreča iz pogona Krečana Zagrade.

U ovom radu su dati rezultati korišćenja gašenog kreča iz firme Messer kao regulator pH vrednosti pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra, umesto krečnog mleka koje se dobija iz komadnog kreča iz Zagrade.

### EKSPERIMENTALNI RAD

#### Priprema i karakterizacija uzorka

Uzorak gašenog kreča iz firme Messer-Tehnogas, Beograd, je otpadni (gašeni) kreč karakteristične sive

boje, čvrste koizistencije i slabog mirisa na vodonik sulfide. Na uzorku koji je firma Messer poslala pogonu Flotacija, Bor, u laboratorijskim uslovima izvršeno je ispitivanje pH vrednosti i titracija kao i mogućnost primeće gašenog kreča kao regulatora sredine pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra. Sa uzorkom gašenog kreča firma Messer je poslala i sertifikate u kojima se utvrđuje karakter otpada i fizičko–hemijske karakteristike. U tabeli 1 prikazane su hemijske karakteristike gašenog kreča iz firme Messer i komadnog kreča iz Krečane Zagrade.

Gradski zavod za zaštitu zdravlja u Beogradu je firmi Messer izdao uverenje o utvrđivanju otpada u kojem je konstatovano da je gašeni kreč otpad iz proizvodnje tehničkog gasa acetilena koji nije opasan [2]. Uverenje je izdato u skladu sa pravilnikom o uslovima i načinu razvrstavanja, pakovanja i čuvanja sekundarnih sirovina. (Službeni glasnik RS.br.55/2001) i važi uz izveštaj laboratorije (pod rednim brojem 3703/4).

#### Laboratorijski eksperiment

Laboratorijske eksperimente je izvršila tehnička priprema Flotacija, Bor, na uzorku gašenog kreča iz Messer-Tehnogas, Beograd, kao i na uzorku krečnog mleka koji se dobija preradom komadnog kreča iz pogona Krečana Zagrade ispitivana je zavisnost pH vrednosti i titracija od masenog sadržaja Ca(OH)<sub>2</sub> u pulpi za uzorce jamske rude i šljake plamene peći.

U tabeli 2 i na slici 1 su dati rezultati ispitivanja pH vrednosti i titracije u zavisnosti od masenog sadržaja za krečno mleko koje se dobija preradom komadnog kreča iz Zagrade i za gašeni kreč iz Messer-a na uzorku jamske rude.

Autor za prepisku: A. Petković, RTB Bor grupa, RBB Bor, Flotacija Veliki Krivelj, Kestenova 8, 19210 Bor, Srbija.

E-pošta: saspetko@ptt.rs

Rad primljen: 7. novembar 2008.

Rad prihvaćen: 8. januar 2009.

Tabela 1. Hemiske karakteristike gašenog kreča i komadnog kreča  
Table 1. Chemical characteristics of slaked lime and lime in pieces

Hemiske karakteristike gašenog kreča iz Messera			Hemiske karakteristike komadnog kreča iz Zagrađa		
Parametar	Nadena vrednost	Referentna vrednost mg/kg	Parametar	Nadena vrednost	Referentna vrednost mg/kg
CaCO <sub>3</sub> %	< 95	Maks. 98	CaCO <sub>3</sub> %	< 85	Maks. 98
Sadržaj metala u mg/kg					
Pb	< 17	1000	CaO %	< 50,10	54,88
Cd	< 3,5	60	MgO %	< 1,2	0,1–1,5
Zn	< 7	5000	SiO <sub>2</sub> %	< 0,08	0,05–1,00
Cu	< 9	60000	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	< 0,015	0,01–0,40
Ni	< 17	3000	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	< 0,045	0,001–0,10
Cr	< 17	2500	K <sub>2</sub> O %	< 0,33	0,49
Hg	< 0,3	7	Na <sub>2</sub> O %	< 1,5	1,6
As	0,18	50			
Ba	968	100000			
Sb	< 350	700			
NH <sub>4</sub>	44	10000			
Sulfidi (H <sub>2</sub> S)	< 1	200			

Tabela 2. Rezultati ispitivanja uticaja sadržaja Ca(OH)<sub>2</sub> iz Messer-a i Krečane Zagrađe na pH vrednost pri flotaciji minerala bakra iz Jamske rude

Table 2. influence of content of Ca(OH)<sub>2</sub> from Messer and Limekiln Zagrađe on pH value for flotation concentration of copper minerals from shaft ore

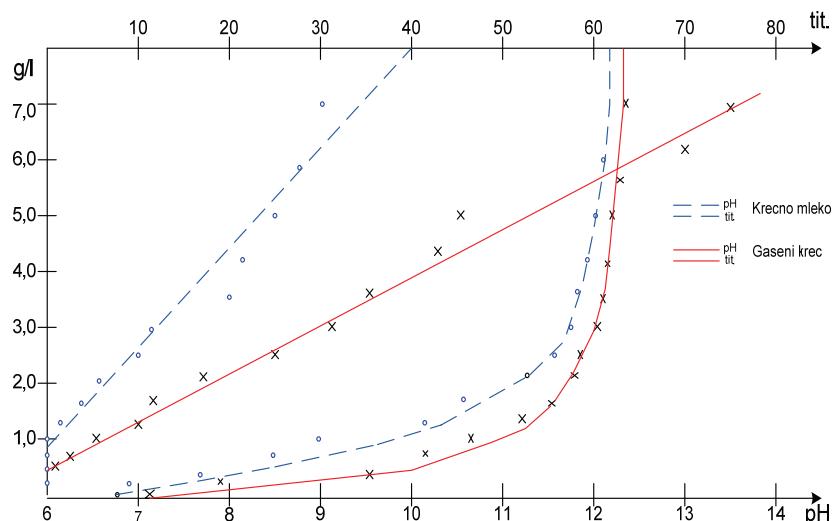
Uzorak	Krečno mleko iz komadnog kreča			Gašeni kreč iz Messer-a		
	pH	Titracija	c(Ca(OH) <sub>2</sub> ), g/l	pH	Titracija	c(Ca(OH) <sub>2</sub> ), g/l
1	6,78	–	–	7,23	–	–
2	6,98	–	0,2	7,96	–	0,2
3	7,72	–	0,4	9,50	1	0,4
4	8,42	–	0,7	10,14	3	0,7
5	8,91	–	1,0	10,74	7	1,0
6	10,11	2	1,3	11,20	10	1,3
7	10,59	4	1,7	11,51	12	1,7
8	11,07	6	2,1	11,82	18	2,1
9	11,37	10	2,5	11,93	25	2,5
10	11,60	12	3,0	12,04	32	3,0
11	11,74	20	3,6	12,10	36	3,6
12	11,86	22	4,2	12,17	44	4,2
13	11,94	25	5,0	12,20	46	5,0
14	12,01	27	5,9	12,26	70	5,9
15	12,09	31	7,0	12,31	75	7,0

U tabeli 3 i na slici 2 dati su rezultati ispitivanja pH vrednosti i titracije u zavisnosti od masenog sadržaja za krečno mleko koje se dobija prerađom komadnog kreča iz Zagrađa i za gašeni kreč iz Messer-a na uzorku šljake plamene peći.

Sagledavajući ukupno ostvarene rezultate laboratorijskih ispitivanja možemo zaključiti da se sa manjom količinom gašenog kreča iz Messer-a od količine krečnog mleka koje se dobija od komadnog kreča, može do-

biti tražena pH vrednost pulpe pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra.

Naime, tražena vrednost pH na osnovnom flotiranju minerala bakra od 10,0 postiže se sa 0,6 g/l CaCO<sub>3</sub> iz gašenog kreča, tj. sa 1,2 g/l CaCO<sub>3</sub> iz krečnog mleka. Tražena vrednost pH na prečišćavanju koncentrata bakra od 11,5 postiže se sa 1,7 g/l CaCO<sub>3</sub> iz gašenog kreča, tj. sa 2,9 g/l CaCO<sub>3</sub> iz krečnog mleka.



Slika 1. Uporedni prikaz zavisnosti pH vrednosti i titracija od masenog sadržaja  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  spremlijenog od kreča iz Krečane Zagrađe i gašenog kreča na uzorku jamske rude.

Figure 1. Comparative survey of pH value and titration in relation to mass content of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  prepared using lime from Limekiln Zagrađe and slaked lime for shaft ore sample.

Tabela 3. Rezultati ispitivanja uticaja sadržaja  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  iz Messer-a i Krečane Zagrađe na pH vrednost pri flotaciji minerala bakra iz šljake plamene peći

Table 3. influence of content of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  from Messer and Limekiln Zagrađe on pH value for flotation concentration of copper minerals from reverberatory furnace slag

Uzorak	Krečno mleko iz komadnog kreča			Gašeni kreč iz Messer-a		
	pH	Titracija	$c(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ , g/l	pH	Titracija	$c(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ , g/l
1	7,74	—	—	7,76	—	—
2	8,10	—	0,2	8,47	—	0,2
3	8,41	—	0,4	9,04	2	0,4
4	9,16	—	0,7	10,29	2	0,7
5	10,16	3	1,0	10,96	4	1,0
6	10,73	5	1,3	11,34	8	1,3
7	11,21	7	1,7	11,53	12	1,7
8	11,42	10	2,1	11,74	20	2,1
9	11,61	13	2,5	11,84	25	2,5
10	11,75	18	3,0	11,93	30	3,0
11	11,85	22	3,6	12,03	55	3,6
12	11,96	25	4,2	12,13	60	4,2
13	12,03	32	5,0	12,22	70	5,0
14	12,09	40	5,9	12,30	80	5,9
15	12,15	50	7,0	12,33	90	7,0

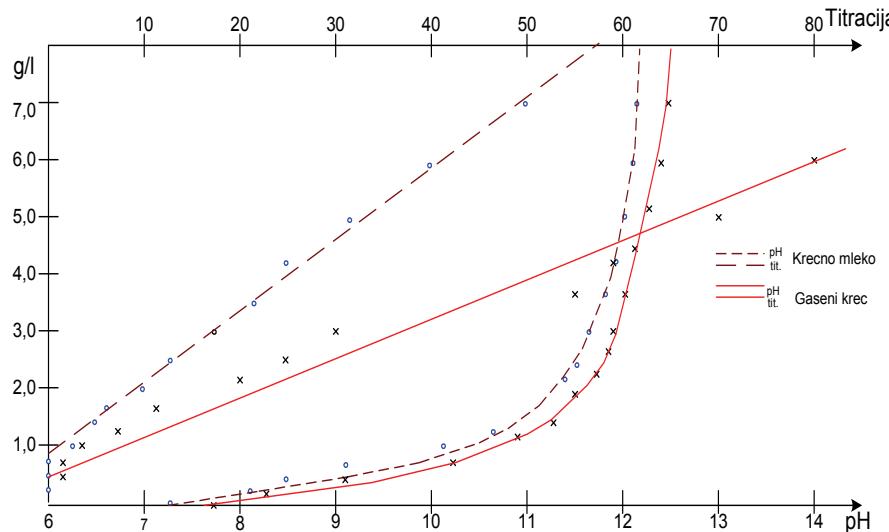
Vrednosti pH se očitavaju pH-metrima na ekranu na komandnom pultu. Opseg merenja ovog uređaja je u granicama od 8 do 13. Vrednost pH može se odrediti i posredno, titracijom [3].

### Primena rezultata u flotaciji

Na slici 3 dat je šematski prikaz pravljenja i distribucije krečnog mleka kao i prikaz distribucije gašenog kreča u flotaciji Bor i Veliki Krivelj.

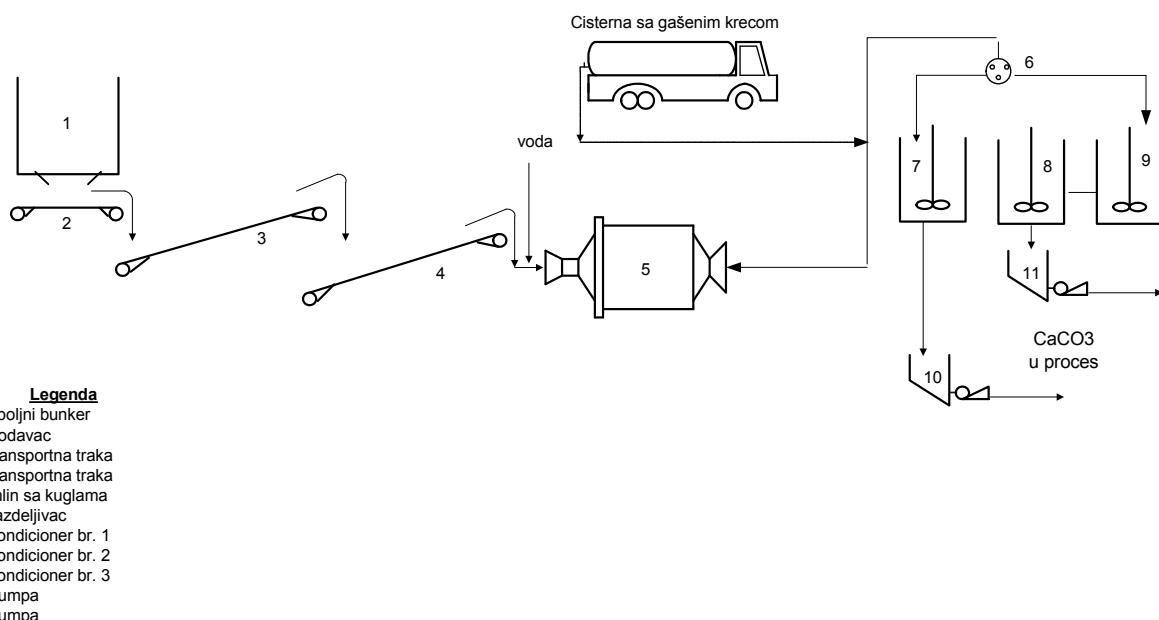
Na slici 3 dat je uporedni prikaz pripreme i distribucije krečnog mleka iz Messer-a i pogona Krečane Zagrađe.

Hemijska jedinjenja koja se dodaju u pulpi da bi se površina zrna određenih minerala učinile flotabilnim nazivaju se flotacijski regulatori sredine [4]. Priprema i doziranje krečnog mleka u proces flotacijske koncentracije minerala bakra obuhvata postupke pripremanja krečnog mleka radi lakšeg uvođenja u proces flotiranja u cilju postizanja što boljeg iskorišćenja.



Slika 2. Uporedni prikaz zavisnosti pH vrednosti i titracija od masenog sadržaja  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  spremljenog od kreča iz Krečane Zagrađe i gašenog kreča na uzorku šljake plamene peći.

Figure 2. Comparative survey of pH value and titration in relation to mass content of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  prepared using lime from Limekiln Zagrađe and slaked lime for reverberatory furnace slag sample.



Slika 3. Uporedni prikaz pripreme i distribucije gašenog kreča iz Messer-a i komadnog kreča iz Zagrađa u flotacijama Bor i Veliki Krivelj.

Figure 3. Comparable survey of milk glass of lime preparation and distribution, as well as distribution of slaked lime in of flotation plants Bor and Veliki Krivelj.

#### Opis tehnološke šeme (slika 3) pripreme komadnog kreča i distribucije krečnog mleka

Komadni kreč iz krečane Zagrađe doprema se u 4 bunkera (pozicija 1) u flotaciji. Zapremina svakog bunkera je  $80 \text{ m}^3$ . Iz bunkera se komadni kreč vibrododavačima dodaje na transportnu traku (pozicija 2) i sistemom transportnih traka (pozicije 3 i 4) doprema do mлина sa kuglama (pozicija 5). Na ulazu u mlin dodaje se voda i vrši mlevenje komadnog kreča. Ovako spremljeno kreč-

no mleko gravitacijom dolazi u koš pumpe (pozicija 6), odakle se cevovodima transportuje do kondicionera (pozicije 7–9) a iz kondicionera se manualnim i (ili) automatskim ventilima dozira u proces flotacijske koncentracije minarala bakra (pozicija 10). Formirano krečno mleko ima gustinu  $1050\text{--}1100 \text{ kg/m}^3$ . Sadržaj aktivne komponente u komadastom kreču iznosi oko 55% [5].

Vreme rada postrojenja za pripremu kreča zavisi od kvaliteta komadnog kreča i pH rude i u proseku je 25% vremenskog iskoršćenja tj. 6 h dnevno.

### *Opis tehnološke šeme distribucije gašenog kreča*

Gašeni kreč se do flotacija Bor, Veliki Krivelj i Majdanpek, doprema cisternama zapremine 21 m<sup>3</sup>. Rebrastim crevom gašeni kreč se istače iz cisterne u kondicionere (pozicije 7–9), a iz kondicionera se manualnim i (ili) automatskim ventilima dozira u proces flotacijske koncentracije minarala bakra (pozicija 10). Upotreboom gašenog kreča iz Messer-a znatno se olakšava proces pripreme i distribucije sa ekonomskog i ekološkog aspekta (tabela 4). Nije potrebno puštanje cele linije za pripremu krečnog mleka, što se vidi na slici 3. Potrošnja električne energije kao i vode je svedena na minimum, dok uopšte nema trošnja čeličnih kugli, gumenih obloga mlina kao i ostalih mašinskih i elektro-delova. Smanjeno je i zagađenje radne sredine do koje dolazi prilikom transporta i mlevenja komadnog kreča, tako da je sa ekološke strane i u cilju zaštite životne sredine apsolutno opravdana upotreba gašenog kreča iz Messer-a.

*Tabela 4. Upredni prikaz troškova korišćenja komadnog i gašenog kreča za potrebe pogona Flotacija V. Krivelj*

*Table 4. Comparable presentation costs of used of milk glass of lime and of slaked lime in of flotation plants V. Krivelj*

Troškovi	Komadni kreč din/kg	Gašeni kreč din/kg	Razlika din/kg
Nabavka	4,200	0	4,200
Transport	0,243	1,648	-1,088
Priprema	0,160	0	0,160
Distribucija	0,023	0,023	0
Suma troškova	4,626	1,671	2,955

### **KOMENTAR REZULTATA**

Laboratorijska ispitivanja mogućnosti regulacije pH vrednosti pulpe upotreboom gašenog kreča, pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra, pokazala su da se njime uspešno može dobiti odgovarajuća pH vrednost pulpe od 11,20 pri masenom sadržaju gašenog kreča od 1,3 g/l. Pored toga dokazano je da se sa manjom količinom gašenog kreča od 2,5 g/l od količine krečnog mleka 5,0 g/l može dobiti pH vrednost pulpe jamske rude od ≈11,93, što je prikazano u tabeli 2 i na slici 1. Isto tako, sa manjom količinom gašenog kreča od 2,5 g/l od količine krečnog mleka 3,6 g/l može se dobiti pH vrednost pulpe pri flotaciji šljake plamene peći od ≈11,85, što je prikazano u tabeli 3 i na slici 2.

Upotreboom gašenog kreča smanjuje se potreba za komadnim krečom tokom flotacije pa se samim tim omogućuje fabrici kreča Zagrade da veće količine komadnog kreča koristi za dobijanje hidratisanog kreča. Treba istaći da je i sa ekonomске strane upotreba gašenog kreča višestruko isplativija od upotrebe komadnog kreča iz razloga što je cena nabavke i transporta gašenog kreča niža od cene dobijanja komadnog kreča, njenog transporta i tretmana radi dobijanja krečnog mleka.

Iz tabele 5 može se videti da je primena gašenog kreča višestruko jeftinija od primene komadnog kreča.

Podaci za izračunavanje troškova nabavke krečnog mleka i gašenog kreča dobijeni su iz Komercijane službe RBB Bor d.o.o. koja se bavi nabavkom istih. Podaci i cene određenih troškova dobijeni su na dan 01.jul 2008. godine.

*Tabela 5. Potrošenja gašenog kreča (kg) u flotacijama RTB Bor od 2006. do 2008. godine*

*Table 5. Lime consumption (kg) used at RTB Bor flotation plants from 2006 to 2008*

Pogon	2006. god. (od aprila)	2007. god.	2008. god (mart-jul)	Suma
Flotacija Bor	2.812.500	990.720	–	3.803.220
Flotacija	1.323.080	45.000	1.507.800	2.875.880
Veliki Krivelj				
Flotacija	365.000	1.098.000	599.000	2.062.000
Majdanpek				
Suma	4.500.580	2.133.720	2.106.800	8.741.100

Podaci o transportnim troškovima dobijeni su od TIR Bor Teretni transport a.d. transport, Bor, tj. od firmi koje se bave transportnom komadnog kreča i gašenog kreča.

Podaci troškova pripreme i distribucije krečnog mleka i gašenog kreča proračunati su na osnovu cena koštanja svih normativa koji idu pri pripremi i distribuciji u flotaciji Veliki Krivelj.

Korišćenjem gašenog kreča iz Messer-a u flotacijama Bor, V. Krivelj i Majdanpek značajno je smanjena potrebe za pravljenjem krečnog mleka tj. puštanjem u rad cele linije za pripremu krečnog mleka čime dolazi do uštade u električnoj energiji, čeličnim kuglama, gumenim oblogama i vodi. Pored toga smanjenjem potrebe za puštanjem cele linije pripreme krečnog mleka, slika 3, smanjeno je i zagađenje radne sredine česticama komadnog kreča, što znači da je i sa ekološke strane opravданo korišćenje gašenog kreča iz firme Messer-Tehnogas Beograd.

U tabeli 5 prikazani su pogoni koji koriste gašeni kreč u procesu proizvodnje.

### **ZAKLJUČAK**

Pozitivni rezultati primene gašenog kreča u pogonu Flotacija Bor za regulaciju pH vrednosti sredine pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra ukazali su da se ovaj kreč može primenjivati i u drugim flotacijama, Veliki Krivelj i Majdanpek. Od aprila 2006. godine flotacije RTB Bor, u Boru, Velikom Krivelju i flotaciji u Majdanpeku, koriste gašeni kreč Ca(OH)<sub>2</sub> koji se dobija kao otpad pri proizvodnji acetilena u firmi Messer, Beograd, kao regulatora pH vrednosti sredine pri flotacijskoj koncentraciji minerala bakra. Treba istaći da je sa ekonomске strane upotreba gašenog kreča višestruko is-

plativija od upotrebe komadnog kreča iz razloga što je cena nabavke, transporta, pripreme i distribucije gašenog kreča niža od cene nabavke, transporta, pripreme i distribucije komadnog kreča i iznosi 2,955 din/kg. U cilju zaštite radnika i radne sredine opravdana je upotreba gašenog kreča iz Messer-a jer radnici manje vremena provode u zagađenoj sredini.

## LITERATURA

- [1] O. Vitorović, R. Šaper, Analitička hemija – teorijske osnove, Tehnološko–metalurški fakultet, Beograd, 1987, str. 15
- [2] Gradski zavod za zaštitu zdravlja: Uverenje o utvrđivanju karaktera otpada, 2004.
- [3] J. Savić, M. Savić, Osnovi analitičke hemije, Svjetlost, Sarajevo, 1990, str. 23
- [4] N. Čalić, Teorijski osnovi pripreme mineralnih sirovina, Rudarsko–geološki fakultet, Beograd, 1990.
- [5] Tehnička dokumentacija pogona Flotacije Bor, RBB Bor, 1974–2006.

## SUMMARY

### UTILIZATION OF SLAKED LIME FOR THE REGULATION OF PH VALUE IN THE PROCESS OF COPPER

Aleksandar V. Petković<sup>1</sup>, Sonja V. Petković<sup>1</sup>, Srđana R. Magdalinović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RTB Bor group, RBB Bor, Bor

<sup>2</sup>Institute for Mining and Metallurgy, Bor

(Professional paper)

The investigations of used lime at plant from company Messer-Tehnogas, Belgrade, were in the aim to improvement technologically results from flotation concentration of copper minerals in flotation plant Veliki Krivelj. This paper shows usage of slaked lime, which is waste in the process of technical gas production, for regulation of pH value in the process of copper minerals flotation concentration. It is important to point out that slaked lime is a waste material that is not dangerous. Preparation and dosage includes preparation procedures, which enable introduction into flotation process with the aim of achieving better results. Lime from Limekiln Zagrađe is brought into four storage places in flotation. Volume of each storage place is 80 m<sup>3</sup>. Lime in pieces from storage place is added by air-bladders on transportation line and by system of transportation lines lime gets to the ball mill. At the mill entrance water is added and then follows lime grinding. Milk glass of lime thus prepared goes to the pump basket from where is transported by pipeline to conditioner, and then by manual and (or) automatic valves it is dosed to the flotation concentration of copper minerals process. Prospect of advancement and rationalization of the used lime in flotation plant Bor, Veliki Krivelj and Majdanpek as well as a way to link different branches of industry was demonstrated. Total cost of lime supplying, transporting, preparation and distribution related slaked lime is lower for 2.955 din/kg. Particularly, using lime from Messer in content of 2.1 g/l value of pH 11.82 is possible to obtain.

Key words: Lime • Slaked lime • Flotation concentration • pH value  
Ključne reči: Gašeni kreč • Komadni kreč • Flotacijska koncentracija • pH vrednost