

## Zamena starih flotacijskih čelija u flotaciji Rudnika „Lece“

PREDRAG M. LAZIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ĐURICA N. NIKŠIĆ, Univerzitet u Beogradu

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

DEJAN S. STOJANOVIĆ, Rudnik i flotacija „Lece“, Medveđa

Stručni rad

UDC: 622.765(497.11)

DOI: 10.5937/tehnika2101027L

*Za flotacijsku koncentraciju minerala olova i cinka u Flotaciji „Lece“, prvobitno su ugrađene flotacijske mašine ruske proizvodnje tipa FPM-GMO-1.6, a za prečišćavanje flotacijske mašine FMR – 10. Pored loših tehnoloških karakteristika ove mašine su veoma nepovoljne za održavanje i veoma su dotrajale.*

*U cilju modernizacije proizvodnje i otklanjanja gore navedenih nedostataka u procesu flotiranja minerala olova pre svega, tokom 2020. godine izvršena je zamena starih flotacijskih čelija novim.*

*Trenutno na liniji flotiranja olova u flotaciji Lece rade 8 novih čelija tipa RCS-5 za grubo i kontrolno flotiranje minerala olova i 4 čelije RCS-3 za prečišćavanje grubog koncentrata minerala olova. Ove čelije je proizvela firma Metso Minerals iz Finske. Flotacijske čelije, koje su ugrađene, su savremenih tehničko – tehnoloških karakteristika, sa svom pratećom opremom za automatsku kontrolu nivoa pulpe i potrošnju vazduha.*

*U ovom radu su date uporedne karakteristike starih i novih flotacijskih čelija, njihov izgled i karakteristike i tehnološki rezultati koji su postizani u flotaciji sa starim i novim čelijama.*

**Ključne reči:** Flotacija „Lece“, flotiranje olova flotacijska čelija RCS, rekonstrukcija

### 1. UVOD

Flotacija kao postupak koncentracije korisnih minerala iz mineralnih sirovina je relativno nov proces čija je industrijska primena počela u dvadesetom veku. Danas flotacija predstavlja jedan od vodećih postupaka koncentracije korisnih minerala pre svega obojenih metala. [1].

Pored ostalih uticajnih parametara, na proces flotiranja bitno utiče stanje i funkcionalnost opreme na kojoj se izvodi sam proces flotiranja (kodnicioneri, muljne pumpe i flotacione čelije).

U postrojenju za flotacijsku koncentraciju minerala olova i cinka Rudnika „Lece“ pre 44 godine ugrađena je oprema proizvedena u bivšem Sovjetskom Savezu, koja je u međuvremenu dotrajala i zastarela u odnosu na sadašnji tehnološki nivo. Treba napomenuti da je od momenta puštanja flotacije u rad vršena samo minimalna zamena rezervnih delova sa ciljem održavanja opreme u radnom stanju.

---

Adresa autora: Predrag Lazić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7

e-mail: predrag.lazic@rgf.bg.ac.rs

Rad primljen: 09.02.2021.

Rad prihvaćen: 12.02.2021.

### 2. STARE FLOTACIJSKE MAŠINE ZA KONCENTRACIJU MINERALA OLOVA I CINKA

Tokom 1976 godine izvršena je rekonstrukcija Flotacije „Lece“ i tom prilikom za flotacijsku koncentraciju minerala olova i cinka u flotaciji Lece ugrađene su flotacijske mašine ruske proizvodnje tipa FPM-GMO-1.6, a za prečišćavanje flotacijske mašine FMR-10.

Za grubo i kontrolno flotiranje minerala olova, stara linija, ugrađeno je 16 flotacijskih čelija zapremine od po 1,6 m<sup>3</sup> što daje ukupnu zapreminu flotacijske mašine od 25,6 m<sup>3</sup>. Svaku čeliju pokreće jedan elektromotor snage 5,5 kW pa je potrošnja struje 3,44 kW/m<sup>3</sup> čelije.

Potrošnja vazduha iznosi 1,6-2,1 m<sup>3</sup>/min po jednoj čeliji što daje ukupnu potrošnju vazduha za aeraciju pulpe na liniji osnovnog flotiranja minerala olova od 25,6-33,6 m<sup>3</sup>/min. Preporučeni pritisak vazduha za ove čelije iznosi 0,12 bar.

Nepovoljne hidrodinamičke karakteristike ovih flotacijskih mašina, kao i ručno upravljanje nivoom pulpe i količinom vazduha za aeraciju pulpe, imaju za posledicu nestabilnost tehnološkog procesa flotacijske koncentracije i relativno niske i nestabilne tehnološke

parametre. Kod ovih mašina je posebno izražena nestabilnost površine pulpe gde se formira flotacijska pena što otežava postizanje visokih kvaliteta koncentrata.

Upravo zbog ovog problema pritisak vazduha za aeraciju pulpe je limitiran na 0,12 bar. Na slici 1 prikazana je flotacijska mašina FPM-GMO-1.6.



Slika 1 - Flotacijska mašina FPM-GMO-1.6 u radu

Za prečišćavanje grubog koncentrata minerala olova ugrađena je mehanička flotacijska mašina tipa FMR-10. Zapremina jedne komore iznosi 1 m<sup>3</sup>.

Svaku ćeliju pokreće takođe jedan elektromotor snage 5,5 kW pa je potrošnja struje 5,5 kW/m<sup>3</sup> ćelije. Ove ćelije same usisavaju vazduh za aeraciju pulpe a količina vazduha se vrlo teško reguliše. Zbog loših tehničkih karakteristika ovih ćelija ne postiže se ujednačen sadržaj metala u odgovarajućim koncentratima, pa se sadržaj olova u koncentratu olova kreće od 50-70% Pb. Izgled flotacijske mašine FMR-10 dat je na slici 2.

Napred iznete činjenice pokazuju da je ekonomski i tehnički jedino ispravno rešenje da se „stara-ruska“ sekcija zameni novim tehnički savremenijim i tehnološki naprednijim flotacijskim ćelijama.



Slika 2 - Flotacijska mašina FMR 10 u radu

### 3. MERE ZA SANACIJU NEDOSTATAKA POSTOJEĆEG STANJA

Da bi se ostvarili ambiciozni planski parametri, kapacitet mlinske sekcije od 37,1 t/h, što iznosi 267.400 t/god suve rude. (pri vremenskom iskorišćenju

82 %). Bilo je neophodno izvršiti rekonstrukciju flotacijske sekcije – osnovno flotiranje i prečišćavanje minerala olova u prvoj fazi a potom u drugoj fazi i minerala cinka. Prva faza, ugradnja nove linije za flotiranje minerala olova završena je krajem 2020. godine i 21. decembra je puštena u rad.

Prema tehnološkim zahtevima (kapacitet, vrsta mineralne sirovine, sadržaj korisnih minerala) kao i raspoloživom prostoru u zgradi postojeće flotacije u flotaciji Rudnika „Lece“, odlučeno je da se za grubo i kontrolno flotiranje minerala olova izaberu 8 flotacijskih ćelija tipa RCS-5 (4 za grubo flotiranje 4 za kontrolno flotiranje). Za prečišćavanje grubog koncentrata olova 4 flotacijske ćelije tipa RCS-3 (2 ćelije za I prečišćavanje i po jedna za II i III prečišćavanje).

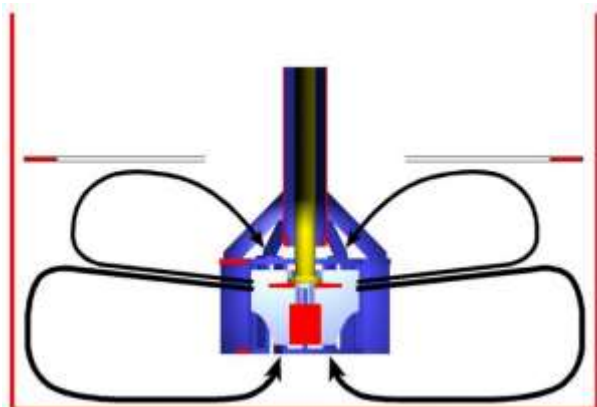
### 4. FLOTACIJSKA ČELIJA TIPA RCS-5

Flotacijska ćelija tipa RCS-5, zapremine 5 m<sup>3</sup> (slika 3) pripada najnovijoj generaciji proizvoda ove vrste. Flotacijske ćelije ovog tipa ugrađene su u velikom broju novijih pogona u svetu. Karakteriše ih impeler specifičnog oblika, koji omogućava pokretanje mašine kada je komora napunjena istaloženim materijalom i veoma dobro mešanje pulpe (slika 4). Ovaj tip mašine ima savršenu disperziju vazduha unutar pulpe (slika 5), što omogućava stvaranje više milona mehurića u metru kubnom pulpe, a samim tim i veoma uspešnu flotacijsku koncentraciju.



Slika 3 - Flotacijska mašina RCS-5 [7]

Posebno je interesantno je mešanje pulpe u ovim flotacijskim ćelijama (slika 4) koje se izvodi kroz dve „petlje“ ispod fiktivnog pregradnog prstena. Donju, koja vrši mešanje pulpe potiskivanjem na dole i gornju koja vrši mešanje pulpe potiskivanjem na gore. To specifično mešanje pulpe sprečava taloženje materijala u flotacijskim ćelijama ovog tipa što je osnovni preduslov za uspešno flotiranje a u isto vreme površina flotacijske mašine ostaje mirna i omogućuje stvaranje stabilne pene.



Slika 4 - Mešanje pulpe u RCS ćeliji [7]



Slika 5 - Distribucija vazduha u RCS ćeliji [7]

Tabela 1. Uporedne karakteristike starih i novih flotacijskih ćelija [2,3]

	OSNOVNO FLOTIRANJE		PREČIŠĆAVANJE	
	<i>FPM-GMO-1.6</i>	RCS 5	<i>FMR 10</i>	RCS 3
Zapremina, m <sup>3</sup>	1,6	5,0	1,0	3,0
Broj ćelija i ukupna zapremina, m <sup>3</sup>	16 ćelija 25,6m <sup>3</sup>	8 ćelija 40 m <sup>3</sup>	6 ćelija 6 m <sup>3</sup>	4 ćelije 12m <sup>3</sup>
Potrošnja vazduha, ukupno, m <sup>3</sup> /min	25,6-33,6	24	-	8
Pritisak vazduha, bar	0,12	0,19	-	0,19
Način snabdevanja vazduhom	duvaljka	duvaljka	Usisavaju vazduh	duvaljka
Instalisani motor, kW	88	120	33	44
Potrošnja struje, kWh/m <sup>3</sup>	3,44	3	5,5	3,67

## 6. NOVA ŠEMA FLOTIRANJA MINERALA OLOVA I OPIS ŠEME

Nova šema flotiranja minerala olova u Flotaciji „Lece“ prikazana je na slici 6. Definitivno samlevena ruda (preliv hidrociklona) kao ulazna pulpa preko postojećeg uzimача uzoraka ulazne rude (U1) dolazi u novi kondicioner minerala olova (poz. 1). Preliv kondicionera gravitacijski odlazi u prijemnu kutiju prve flotacijske mašine (Gr1) grubog flotiranja minerala olova.

Flotacijsku ćeliju RCS-5 pokreće elektromotor od 15 kW što daje potrošnju od 3 kW/m<sup>3</sup> što je manje u odnosu na stare flotacijske ćelije. Potrošnja vazduha je 3 m<sup>3</sup>/ćeliji što za 8 ćelija iznosi 24 m<sup>3</sup>/min što je malo manje nego za stare ćelije.

Preporučeni pritisak vazduha je 0,19 bar što je znatno više nego kod starih ćelija što pospešuje aeraciju, a što je osnovni preduslov dobrog flotiranja.

## 5. FLOTACIJSKA ČELIJA RCS-3

Za prečišćavanje grubog koncentrata minerala olova predviđena je flotacijska ćelija tipa RCS-3. Ova flotacijska ćelija pripada istom tipu flotacijskih ćelija kao i RCS-5 samo je njena zapremina 3 m<sup>3</sup>. Ovu mašinu takođe karakteriše dobra disperzija vazduha i pulpe, dok specijlno konstruisani stator i rotor omogućavaju startovanje mašine u svim uslovima.

Na liniji prečišćavanja grubog koncentrata minerala olova ugrađene su 4 flotacijske ćelije tipa RCS-3. Na prvom prečišćavanju 2 ćelije, na drugom 1 i na trećem 1 ćelija. Ovu ćeliju pokreće elektromotor od 11 kW što daje potrošnju struje od 3,67 kW/m<sup>3</sup> što je daleko manje od starih ćelija. Istina je da ove ćelije imaju potrošnju vazduha od 2 m<sup>3</sup>/min po jednoj ćeliji što za 4 ćelije daje potrošnju od 8m<sup>3</sup>/min međutim veoma je važno što se ovim vazduhom može upravljati što kod starih mašina nije bilo moguće.

Grubo flotiranje minerala olova sastoji se od 4 flotacijske ćelije tipa RCS-5 (Gr1-Gr4) ukupne zapremine 20 m<sup>3</sup>.

Nakon grubog flotiranja, pulpa dalje odlazi u proces kontrolnog flotiranja koje se takođe obavlja u 4 flotacijske ćelije tipa RCS5 (Ko1-Ko4), zapremine 20 m<sup>3</sup>. Grubi koncentrat olova odlazi muljnom pumpom (poz 15) na I prečišćavanje koje se obavlja u dve flotacijske ćelije (C11 i C12) tipa RCS-3 ukupne

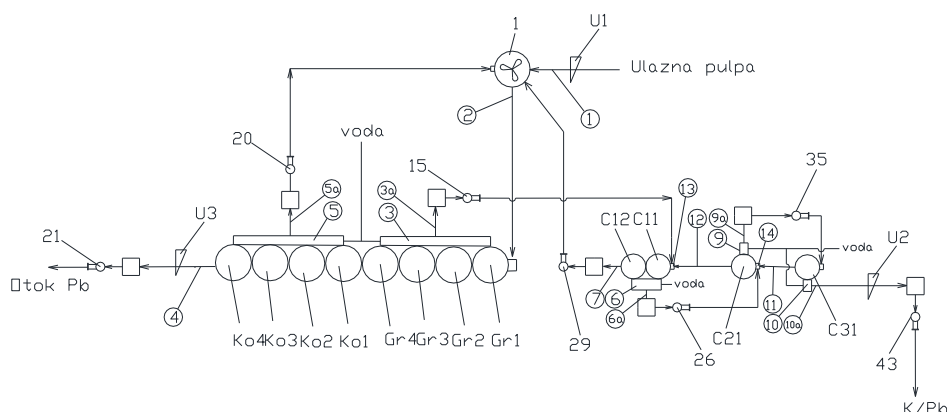
zapremine 6 m<sup>3</sup>. Koncentrat I prečišćavanja odlazi muljnom pumpom (poz 26) na II prečišćavanje koje se obavlja u jednoj flotacionoj ćeliji (C21) tipa RCS-3 ukupne zapremine 3. m<sup>3</sup>.

Koncentrat II prečišćavanja odlazi muljnom pumpom (poz. 35) na III prečišćavanje koje se obavlja u jednoj flotacionoj ćeliji (C31) tipa RCS-3 ukupne zapremine 3 m<sup>3</sup>.

Definitivni koncentrat olova odlazi preko postojećeg uzimача uzorka (U2) u koš muljne pumpe (poz. 43) koja ga šalje u postojeći zgušnjivač.

Otok I prečišćavanja odlazi muljnom pumpom (poz. 29) u kondicioner minerala olova.

Kontrolni koncentrat minerala olova pomoću muljne pumpe (poz. 20) odlazi u kondicioner minerala olova.



Slika 6 - Nova šema osnovnog flotiranja i prečišćavanje grubog koncentrata minerala olova, u Flotaciji „Lece“ [4]

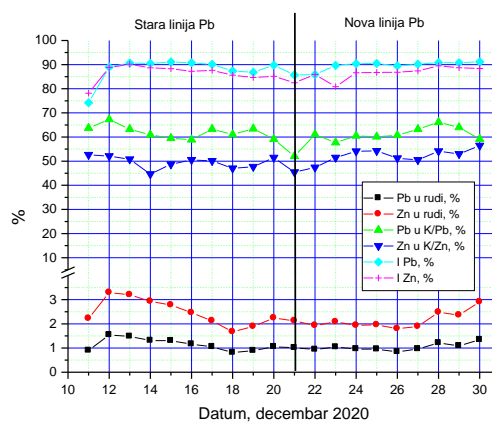
Otok kontrolnog flotiranja preko postojećeg uzimача uzorka (U2) odlazi u koš nove muljne pumpe (poz. 21) koja otok flotiranja minerala olova šalje u postojeću (rusku) liniju za flotiranje minerala cinka. Konceptijski nova šema flotiranja nije promjenjena, u odnosu na staru šemu, samo su promjenjane zapremine flotacijskih ćelija u pojedinim fazama procesa. To je produžilo vremena flotiranja u osnovnom flotiranju i posebno u prečišćavanju što se pokazalo opravdanim za sitne klase krupnoće kakav je galenit.

## 6. OSTVARENI REZULTATI SA STAROM I NOVOM LINIJOM ZA FLOTIRANJE MINERALA OLOVA.

Na slici 7 prikazani su tehnološki pokazatelji rada Flotacije „Lece“ u decembru 2020. po danima.

Kao što se može videti sa slike 7 praktično za tri dana stabilizovana je proizvodnja na novoj liniji flotiranja minerala olova. Pad tehnoloških pokazatelja (što je bilo očekivano) je na nivou rezultata koji se ostvaraju prilikom puštanja flotacije (period 11-12.12.2020.g. Dakle, možemo reći da je nova linija flotiranja minerala olova u Flotaciji „Lece“ krenula „kao da je prethodno bila zaustavljena“.

Što se tiče ostalih parametara flotiranja (kapacitet flotacije, finoća mlevenja rude, reagensni režim, stepena oslobođenosti i sl.) ništa nije promjenjeno u odnosu na rad postojenja sa starim ćelijama. Zbog toga ove parametre ne komentarišemo u ovom radu



Slika 7 - Tehnološki pokazatelji rada flotacije LECE u decembru 2020. po danima [5, 6]

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred rečenog u ovom radu može se zaključiti sledeće:

Potpuno je bila opravdana zamena dotrajalih tehnološki lošijih flotacijskih ćelija novim savremenijim i tehnološki naprednijim ćelijama na liniji flotiranja minerala olova.

Primenjena šema flotiranja grubo-kontrolno flotiranje minerala olova i trostepeno prečišćavanje još jedan put se pokazala kao prihvatljiva za flotiranje minerala olova uopšte pa tako i ovde.

Permanentnim ispitivanjima i usavršavanjima tehnološkog procesa došlo se do zaključka da sitnoznom galenitu a posebno sitnoznom zlatu odgovara duže vreme flotiranja što je u ovom slučaju primenjeno. Zapremina flotacijske mašine za osnovno flotiranje minerala olova povećana je sa 25,6 m<sup>3</sup> na 40 m<sup>3</sup> što je za nepunih 60%. Ovo obezbeđuje mogućnost boljeg flotiranja sitnozrnih minerala sa jedne strane a pruža i mogućnost neznatnog povećanja kapaciteta sa druge strane.

Jako dobra obučenost ljudi i dobra organizacija proizvodnje na flotaciji se pokazala kao bitan preduslov uspešnog prelaska sa stare na novu liniju flotiranja.

Na osnovu ovako dobrih rezultata ostvarenih na liniji za flotiranje minerala olova, bilo bi dobro što pre realizovati drugu fazu i zameniti stare flotacijske ćelije na liniji za flotiranje minerala cinka.

## LITERATURA

- [1] Deušić S, Lazić P, *Mašine i uređaji u pripremi mineralnih sirovina I*, RGF Beograd, 2013.
- [2] Klebanov O. B, Shubov L. Ya, Shcheglova N. K, *Sp-ravochnik tekhnologa po obogashcheniyu rud tsventnykh metallov*, Moscow : Nedra, 1974.
- [3] Metso Corporation, *Basics in mineral processing*, Edition 11, 2018.
- [4] Tehnički rudarski projekat rekonstrukcije flotacije Lece-odeljenja flotiranja minerala olova, Tehnološki deo, RGF Beograd, 2019
- [5] Lazić P, Izvestaj o radu Flotacije „Lece“, decembar, 2020.
- [6] Industrijski rezultat ostvareni u decembru 2020 u flotacijskom postrojenju Rudnika „Lece“, 2020.
- [7] Prospektni materijal firme Metso minerals

## SUMMARY

### REPLACEMENT OF OLD FLOTATION CELLS IN THE FLOTATION PLANT OF THE LECE MINE

*Russian made FPM-GMO-1.6 flotation machines were previously installed for primary stage flotation concentration of lead and zinc minerals in Lece flotation plant. For cleaning stage FMR-10 flotation machines were in use. Beside low technological characteristic, hard maintenance and worn out are characteristic of this machines.*

*In order to modernize the production and eliminate the above shortcomings primarily in the process of lead minerals flotation, in 2020, the old flotation cells were replaced with new ones.*

*Currently, 8 new RCS-5 cells for coarse and scavenger flotation of lead minerals and 4 RCS-3 cells for cleaning of coarse lead mineral concentrate are working on the lead flotation line in Lece flotation. These cells were produced by Metso Minerals from Finland. Flotation cells, which are installed, have modern technical - technological characteristics, with all the accompanying equipment for automatic control of pulp levels and air consumption.*

*This paper presents comparative characteristics of old and new flotation cells, their appearance and characteristics and technological results achieved in flotation with old and new cells.*

**Key words:** *Lecce flotation, lead flotation, RCS flotation cell, reconstruction*