

РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ
UDK
Научни рад

Технички факултет у Бору – Универзитет у Београду, В.Ј. 12, 19210 Бор, Србија
Катедра за минералне и рециклажне технологије
Тел. +381 30 424 555, 424 556, Фак. +381 30 421 078

**УТИЦАЈ ПРОЦЕСА ПРЖЕЊА КОНЦЕТРАТА БАКРА У ФЛУО – СОЛИД
РЕАКТОРУ НА ЗАГАЂЕЊЕ АТМОСФЕРЕ**

**INFLUENCE PROCESS OF COPPER CONCENTRATE ROASTING IN FLUO-SOLID
REACTOR ON POLLUTED AIR**

Мира Цоцић^{#1}, Миховил Логар², Снежана Девих³, Бранко Матовић⁴

¹Технички факултет у Бору, Војске Југославије 12, Бор

²Рударско-геолошки факултет; Ћушина 7, 11000 Београд

³ИМС И институт, Булевар војводе Мишића 43, Београд

⁴Институт Винча, Мике Петровића Аласа 12–14, Београд

ИЗВОД

У овом раду приказани су резултати проучавања процеса пржења концентрата бакра у флуо-солид реактору са циљем да се испита степен трансформације примарних рудних минерала, што је од битног значаја за комплетно сагледавање процеса пржења и његову оптимизацију. Оптимално вођење процеса трансформације минерала пржењем има еколошки значај због минималног утрошка енергије и најмањег могућег загађења атмосфере.

Кључне речи: концентрат бакра, трансформација, пржење, загађење

ABSTRACT

In this paper the results of the examination process of copper concentrate roasting in fluo – solid reactors are presented with the goal of examining the transformation grade of primary mining materials, witch is very important for complete look of process of roasting and its optimization. The adequate following of the mineral transformation process by roasting has got an ecological significance due to the mineral energy expenditure and the least possible atmosphere pollution.

Key words: Concentrate copper, transformation, roasting, polluted air

[#] Особа за контакт: mcocic@tf.bor.ac.yu

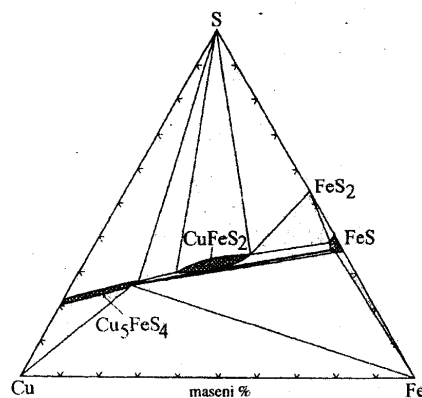
УВОД

Процес пржења сулфидних концентрата бакра у реактору са флуидизационим слојем је сложен физичко-хемијски процес и представља прву фазу у ланцу прераде концентрата бакра у Бору, те је и разумљив значај правилног и квалитетног вођења процеса као предуслов за коректну прераду у фазама које следе, а на крају и за квалитетан катодни бакар. Одвија се у високом топлотном режиму између чврсте и гасовите фазе, без појаве течне фазе, са идеалним мешањем реагујућих компоненти. Топлота добијена оксидацијом једног дела сумпора из минерала бакра и гвожђа (халкопирит, пирит) довољна је за одвијање укупног процеса при температурама од 620-670 °С; (то значи, да када се при одређеним условима сулфиди загреју до температуре паљења, процес се надаље одвија аутогено) без довођења других облика енергије (Вучуровић, Кнежевич). Температура паљења сулфида која одређује почетак пржења зависи од физичких особина сулфида, али веома битан утицај имају величина честица као и карактеристике продукта оксидације (Чађеновић ет ал., 1998).

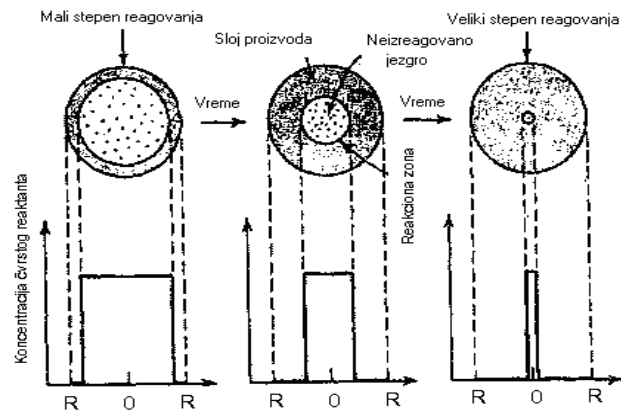
Код дисоцијације сулфида важи принцип ступњевитости; обично виши сулфид лакше

одпушта сумпор и прелази у нижи сулфид (Живковић & Савовић, 1994). При томе, виши сулфидни минерали бакра и гвожђа прелази у ниже сулфиде а дисосовани сумпор се оксидише до сумпордиоксида. На изотермском пресеку система Cu-Fe-S на 700° С, слика 1. (Минерали, 1974; Yund & Kullerud, 1966), могу се видети области чврстих раствора (шрафиране површине). Видљиво је поље стабилности халкопирита (CuFeS₂) који у извесној мери остаје у неизреагованом облику у условима оксидационог пржења у флуо-солид реактору.

Левенспиел (1972) је илустровао модел неизреагованог језгра који описује процес делимичног оксидационог пржења и приближио слику о оксидацији сулфида (слика 2). Овим моделом се предпоставља да се реакција оксидације најпре одвија на спољашњој површини честице. Реакциона зона се затим помера ка унутрашњости чврсте честице, а за собом може оставити потпуно изреаговани реактант и чврст продукт реакције. У сваком моменту постоји неизреаговано језгро материјала које се за време реакције смањује, док укупна величина честица остаје непромењена.



Слика 1. Изотермски пресек система Cu-Fe-S на 700 °С, шрафиране површине су области стабилности чврстих раствора (Минерали, 1974)



Слика 2. Модел неизреагованог језгра (Левенспиел, 1972)

РЕЗУЛТАТИ РАДА

Да би се реализовали постављени истраживачки задаци приступљено је врло детаљном испитивању великог броја узорака. Полазни узорци за испитивање представљају шаржу узету из погона топионице у Бору. Шаржа је подвргнута пржењу у флуо-солид реактору бр. 2 при следећим условима: проток процесног ваздуха 24000 – 25000 Nm³, проток расхладне воде 1 – 2 m³/h, при чему је вариран капацитет шаржирања 45 – 55 t/h; чиме је постигнут различит степен одсумпоравања као и различите температуре пржења при фиксираним осталим параметрима флуидизације.

Након пржења узети су узорци полетине и прелива. Узорци полетине узети су на њеном путу у пламену пећ, непосредно на излазу из шаржирног уређаја, док су узорци прелива узети непосредно на преливу (флуосилу).

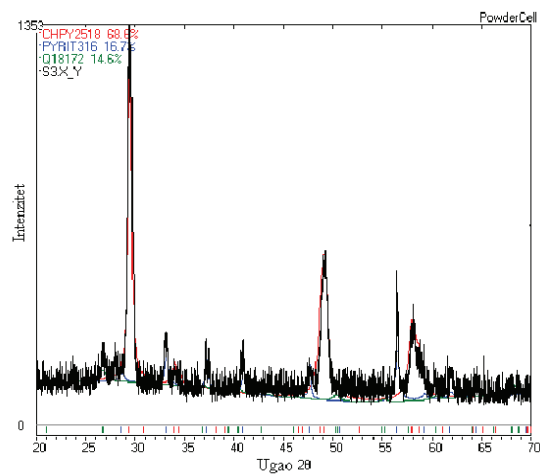
Узорци су испитивани хемијском и рендгенско-дифракционом анализом у лабораторији Института за бакар. Рендгенско – дифракциона анализа испитиваних узорака урађена је на апарату фирме “SIEMENS“ са Cu – антикатодом и филтрираним зрачењем Ni – филтрима при напону од 40 kV и јачини струје од 20 mA. Литературни подаци са

којима су упоређиване израчунате вредности међупљосних растојања узети су из картотеке ASTM и JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STANDARD. Квантитативни минерални састав одређен је применом програма Powder cell. Рудна микроскопија је урађена на микроскопу Leitz-Ortolux у одбијеној светлости.

У условима оксидационог пржења у флуо-солид реактору, време задржавања честица у реакционом простору је веома кратко (90 s), па се због тога у овим агрегатима сулфидни концентрати бабра не испрже у потпуности. Пирит и део халкопирита дисосују и прелазе у стабилније сулфиде бабра и гвожђа: борнит, пиротин и магнетит, а део халкопирита остаје непромењен јер нема довољно времена за његову потпуну трансформацију (Цоцић, 2004). На табели 1 приказани су резултати парцијалних хемијских анализа у којима су одређивани поједини хемијски елементи који су били од битног значаја за праћење процеса, и квантитативни минерални састав (RDA) који је одређен применом програма Powder cell. На сликама 3 и 4 дати су дифрактограми узорака шарже 3 и полетине 3.

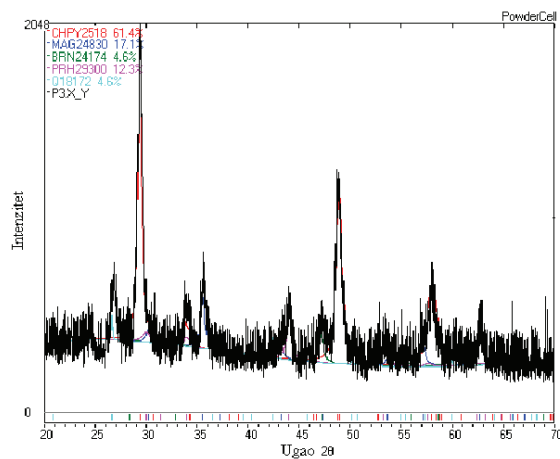
Табела 1. Резултати парцијалне хемијске анализе (НА) и рендгенско-дифракционе анализе (RDA)

узорак	НА%						RDA%							
	Cu	SiO ₂	Fe	CaO	S	Fe ₃ O ₄	Нр	Mt	Bt	Ph	Py	Q	An	C
шаржа 1	14.76	10.42	26.44	5.77	34.85	0.34	42.3				30	27.74		
полетина 1	16.97	15.85	33.23	1.32	20.3	10.66	56.6	21.5	7.91	14				
прелив 1	1.1	7.2	2.11	45.01	0.8	0.44						12.71	12.5	74.8
шаржа 2	12.86	16.26	25.97	3.19	29.55	0.39	26.86				17.6	55.52		
полетина 2	14.93	20.57	30.07	1.32	18.89	8.99	75.96	12.1	1.55	10.3				
прелив 2	0.79	17	1.73	41.56	0.6	0.54						26.14	8.87	65
шаржа 3	19.41	11.37	29.18		32.72	0.27	68.61				16.8	14.64		
полетина 3	20.68	16.53	30.58		19.5	10.31	66.81	18.7	3.48	11				
прелив 3	4.17	20.65	5.01	33.14	0.6	3.1						38.67	6.34	55



Легенда: Нр – халкопирит, Мт – магнетит, Вт – борнит, Ph – пиротин,
Py – пирит, Q – кварц, An – анхидрит, С - Калцит

Слика 3. Дифрактограм узорка шаржа 3.



Слика 4. Дифрактограм узорка полетина 3

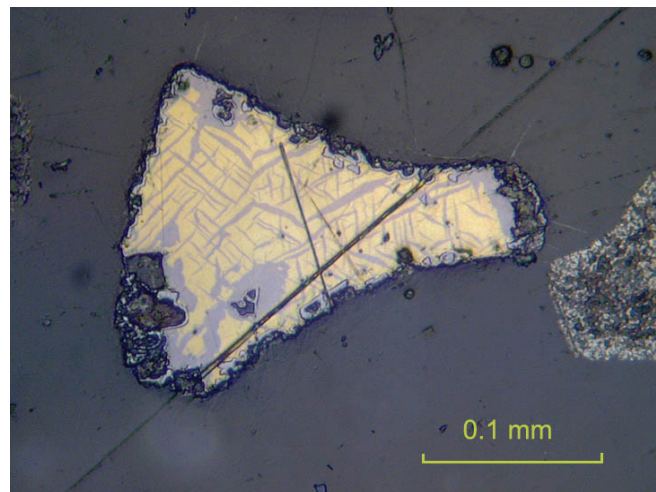
Резултати експерименталних истраживања показују одређена одступања: реална слика развоја процеса трансформације је другачија у односу на теоријске моделе. Од случаја до случаја уочени су морфолошки другачији видови трансформација: ламенарна издвајања слика 5, издвајања дуж привилегованих праваца итд.

Да би се израчунао степен трансформације за сваку класу зрна посебно, а затим за цео узорак урађена је интеграција рудних препарата узорка полетина 1 и полетина 5. Слагање са резултатима квантитативног минералног састава су задовољавајућа што се види на табели 2, из које се запажа да је у узорку полетина 1 трансформисано 12.78% халкопирита, док је у узорку полетина 5 трансформисано 21.48% халкопирита. То

указује да се реакције трансформација минерала одвијају делимично.

На табели 3 дати су резултати интеграције карактеристичних зрна. Слика 6 представља трансформисано зрно број 7 из табеле 3.

Динамички, процес у флуореактору могао би се разложити на два дела: уситњавање и фазну трансформацију; али је питање редоследа. Очигледно је да се зрна уситне а да је ниво трансформације низак од 12 до 22%. То значи да нетрансформисана зрна халкопирита могу бити фрагменти делимично трансформисаних што је мало вероватно; или процес оксидације касни за процесом уситњавања па уситњена зрна остају нетрансформисана, што указује на то да је кратко време пржења.



Слика 5. Микрофотографија халкопирита са издвајањем борнита у узорку полетина 1, гранулометријска фракција +0.075mm

Табела 2. Степен трансформације добијен на основу квантитативног минералног састава и интеграцијом рудних препарата

узорак	% трансформације	
	Powder cell	интеграција
полетина 1	12.26	12.78
полетина 5	16.05	21.48

Табела 3. Интеграција рудног препарата полетина бр.1 + 0.075 mm

	Халкопирит (%)	Борнит (%)
зрно 1	49.01	50.99
зрно 2	81.86	18.14
зрно 3	80.29	19.71
зрно4	39.03	60.97
зрно 5	35.92	64.08
зрно 6	95.02	4.98
зрно 7	12.61	78.981
зрно 8	80.231	18.45



Слика 6. Део микрофотографије полетине 1 + 0.075 mm x16
(зрно 7 из табеле 3)

ЗАКЉУЧАК

На основу истраживања трансформација минерала у флуо – солид реактору добијени су резултати из којих се могу извести следећи закључци:

- У процесу пржења шарже пирит и део халкопирита дисосују и прелазе у стабилније сулфиде бакра и гвожђа: борнит и пиротин, а део халкопирита остаје непромењен.
- Реакције трансформација минерала нису потпуне тј. одвијају се само делимично (12 – 22%), што је последица недовољног

времена, неодговарајуће температуре или неиспуњености других параметара као што је нпр. величина зрна.

- Непотпуна трансформација не само да омета технолошки процес, већ има и еколошки значај – већи део сумпора не одлази у фабрику сумпорне киселине, већ одлази у околину загађујући је . Из тих разлога неопходна је оптимизација производње, као и стална контрола шарже и полетине.

ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је урађен уз финансијску помоћ Министарства науке и заштите животне средине и део је пројекта 146020 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Цоцић М., „Минералне трансформације при пржењу концентрата бабра у флуо-солид реактору“, Магистарска теза, Бор, 34-45., 2004.
2. Ђирковић М., „Теоријска и експериментална проучавања процеса пржења сулфидних бакарних концентрата у реактору са флуидизационим слојем применом ваздуха обогаћеног кисеоником“, Магистарска теза Бор, 3-88., 1999.
3. Чађеновић Б. ет.ал., „Модернизација топионице бабра и фабрике сумпорне киселине у Бору“, Бор, 21-44., 1998.
4. Levenspiel O., "Chemicals Reaction Engineering", New York, NY. John Willey Sons, Inc., 1972.
5. Merwin H. E., Lombard R. H., "The System Cu-Fe-S, Economic Geology", 32, No-2, 203-284., 1937.
6. „Минерали“, Наука, Москва, 39., 1974
7. Вучуровић Д., Кнежевић Ч., „Бакар“, (монографија у штампи).
8. Живковић Ж. Д., Савовић В., „Теорија пирометалуршких процеса“, Бор, 17-19., 1994.
9. Yund R. A., Kullerud G. J., "J. Petrology", No-7, 454-488., 1966.