

10. Critical Raw Materials – Sourcing Study in Poland. Proceedings 19th Conference on Environment and Mineral Processing, Part I. VSB-TU Ostrava. Czech Republik 2015, s.13-19.
11. Critical Raw Material for the EU – Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw materials. EU Commission Enterprise and Industry. 2010.
12. Galos K., Smakowski T.: Surowce krytyczne dla Unii Europejskiej z punktu widzenia potrzeb polskiej gospodarki, debaty pt.: „Problemy polityki i bezpieczeństwa surowcowego Polski – postulaty środowiska naukowego” Warszawa, Pałac Staszica, 02 czerwca 2015 r.
13. Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego ws. Przeglądu wykazu surowców krytycznych dla UE i wdrażania inicjatywy na rzecz surowców, 26 maja 2014 r. (COM/2014/0297).
14. Stefanowicz J. A.: Strategia surowcowa w strategiach zintegrowanych ŚSRK i KPZK 2010 – obszary funkcjonalne i złoża strategiczne. Materiały XXVIII Konferencji z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej, Zakopane, 2014, s.61-79
15. Smakowski T.: Surowce mineralne – krytyczne czy deficytowe dla gospodarki UE i Polski. Zeszyty naukowe IGSMiE PAN nr 81, 2011.
16. Strategia Rozwoju Kraju 2020 (MP z 2013, nr 0, poz. 121).
17. ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2015 r., poz. 196 – tekst jednolity).
18. Witkowska-Kita B. (red.), Baic I., Biel K., Blaschke W., Blaschke Z., Góralczyk S.: Surowce krytyczne i strategiczne w Polsce., Monografia, wyd. IMBiGS, 2015.
19. Witkowska-Kita B. Biel K., Blaschke W. , Orlicka A.: Gospodarka surowcami nieenergetycznymi w Polsce - surowce mineralne krytyczne, strategiczne i deficytowe, Przegląd Górniczy.

## ТЕХНОЛОГИЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА ИЗ УПОРНЫХ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД

*С.Л. Орлов*

ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия, orlov\_sl@umbr.ru

*A new thermo-chemical technology of nickel and cobalt extraction from refractory oxidized nickel ores was developed. This technology includes granulation of crushed ore with special additives followed by low temperature roasting in a steam atmosphere. Sulfuric acid heap leaching of roasted material in 18 days resulted in extraction of 80 % of nickel and cobalt from the ore to a pregnant solution.*

Разработана новая термохимическая технология извлечения никеля и кобальта из упорных окисленных никелевых руд. Технология включает гранулирование измельченной руды со специальными добавками и низкотемпературный обжиг в атмосфере пара. Сернокислотное кучное выщелачивание позволяет в течение 18 суток извлечь из руды в продуктивный раствор до 80 % никеля и кобальта.

Для проведения эффективного кучного выщелачивания, для кислотоупорных латеритов с влажностью 24 % одного из месторождений Урала, была разработана технология, включающая сушку и измельчение руды до 0,5 мм, шихтование измельченной руды со стабилизирующими добавками, гранулирование шихты и обжиг образованных гранул в специальных условиях. Химический состав руды приведен в таблице 1.

Процесс гранулирования измельченной руды производится без связующего. Расход воды на гранулирование составляет 25 % от массы руды. Образующиеся гранулы имеют размер 5 – 10 мм. Гранулы после естественной сушки на воздухе приобретают прочность, необходимую для обжига, и после обжига при температуре 500°C не разрушаются после длительного контакта с раствором серной кислоты. Время обжига гранул со стабилизирующими добавками при температуре 500°C составляет 30 минут. Обжиг производится в атмосфере водяного пара.

Таблица 1 - Химический состав руды

Наименование элемента или соединения	Содержание, %	Наименование элемента или соединения	Содержание, %
Никель	0,84	Оксид марганца	0,93
Кобальт	0,08	Оксид магния	12,44
Железо (общее)	28,48	Оксид кальция	0,6
Оксид кремния	31,1	Медь	0,035
Оксид титана	0,05	Мышьяк	0,03
Оксид алюминия	0,06	Оксид хрома	0,77

Фазовый и минералогический анализ продуктов обжига никелевых руд железистого типа по разработанной технологии, проведенный на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 и дериватографе Diamond TG/DTA, показывает, что гидрогетит, являющийся основным носителем никеля в руде железистого типа, при обжиге в специальных условиях переходит в гематит с несовершенной, близкой к рентгено – аморфной структурой (рисунки 1 и 2).

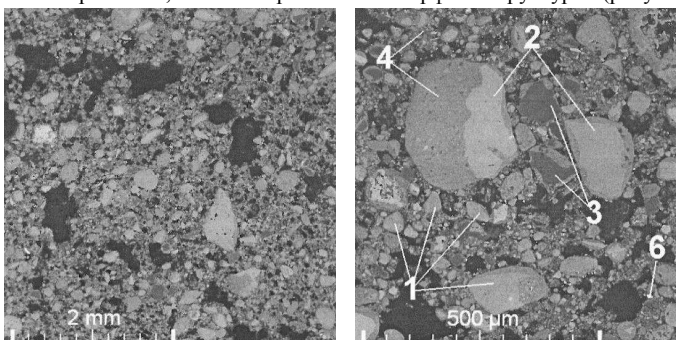


Рисунок 1 - исходная руда: 1- гетит; 2- магнетит; 3- кварц; 4- тонкодисперсная составляющая

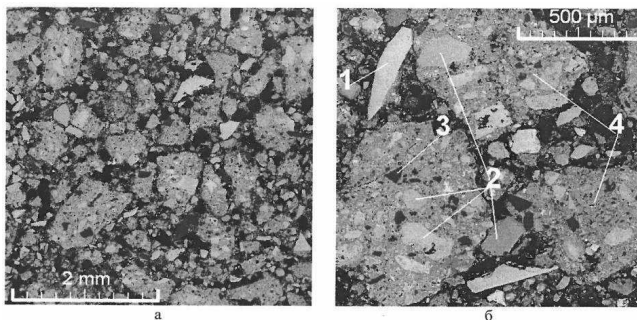


Рисунок 2 - Руда после обжига с паром:

1 –магнетит; 2- гематит; 3- кварц; 4- тонкодисперсная составляющая

Размытый профиль дифракционных линий гематита свидетельствует о высокой дисперсности фазы.

Проведены исследования по влиянию крупности измельчения руды, количества ста-

билизирующих добавок, температуры и времени обжига гранул, условий проведения обжига гранул.

Проведены лабораторные исследования и укрупненные лабораторные испытания по серноокислотному кучному выщелачиванию обожженных гранул, влиянию концентрации серной кислоты на извлечение никеля.

Укрупненные лабораторные испытания проводились на перколяционной колонне высотой 5,0 м и внутренним диаметром 0,28 м, в которую загружалось 293 кг обожженных гранул. Выщелачивание проводилось раствором серной кислоты объемом 300 литров с концентрацией 50 г \ л.

Результаты укрупненно – лабораторных испытаний представлены в таблице 2. Скорость подачи раствора на поверхность гранул составляла в среднем 3 - 4 л \ час. Из таблицы 2 видно, что выщелачивание никеля практически заканчивается через 12 суток, а извлечение кобальта через 18 суток.

Дальнейший процесс выщелачивания приводил к увеличению в растворе концентрации железа, магния и хрома без увеличения концентрации никеля и кобальта.

Таблица 2 - Выщелачивание никеля и кобальта из обожженных гранул в укрупненных лабораторных условиях при концентрации серной кислоты 50 г/л

Время выщелачивания, час.	Концентрация элементов в продуктивном растворе после выщелачивания, г/л							
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ni	Co	Mn	Mg	Fe(II)	Fe(III)	Cr
42	pH=3,42	4,7	0,23	6,4	3,4	1,95	0,28	0,05
138	pH=2,5	3,83	0,264	4,7	3,36	1,95	1,4	0,23
212	5,9	5,28	0,284	2,97	5,76	4,6	7,5	0,23
286	26,3	5,51	0,49	3,17	5,25	5,3	11,45	0,23
360	39,8	5,22	0,52	5,6	5,52	6,0	20,9	0,24
434	21,2	5,48	0,61	7,62	6,72	6,7	24,0	0,49
508	18,6	5,48	0,6	7,4	7,44	6,98	24,16	0,45
582	22,9	5,48	0,61	8,1	10,9	6,98	27,9	0,58
656	25,43	5,51	0,55	4,86	9,0	7,5	33,27	0,67
730	20,3	5,51	0,65	5,9	11,3	8,65	35,75	0,94

В связи с наличием в продуктивном растворе большой концентрации трехвалентного железа переработку растворов рекомендуется проводить методом противоточной сорбции никеля и кобальта ионообменными смолами в пульпе после гидролиза трехвалентного железа.

После отделения ионообменной смолы от пульпы гидроокислов трехвалентного железа и десорбции никеля и кобальта, никель и кобальт осаждаются из сульфатных растворов в виде основных карбонатов.

Таким образом, разработанная термохимическая технология кучного выщелачивания никеля и кобальта из упорных окисленных никелевых руд охристо – глинистого типа позволяет в течение короткого времени эффективно извлекать из руды никель и кобальт при относительно низком удельном расходе серной кислоты в 21 кг на 1 кг извлеченного в продуктивный раствор никеля.