

УДК 622.777

Т.Н. Гзогян, В.А. Винников

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ В СХЕМАХ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ СЛОЖНОГО СОСТАВА

Приведены результаты лабораторных исследований влияния электрохимического кондиционирования на рядовые магнетитовые концентраты, полученные из трудно- и легкообогащаемых железистых кварцитов КМА. Показана возможность увеличения массовой доли железа на 0,5–1,5 % и извлечения на 1,9–5,7 % за счет введения электрохимического воздействия перед последней стадией мокрой магнитной сепарации.

Ключевые слова: электрохимическое кондиционирование, мокрая магнитная сепарация, извлечение железа, эффективность обогащения.

Большинство крупнейших железорудных предприятий России и стран СНГ перерабатывают железосодержащую руду, применяя технологию мокрой магнитной сепарации, основополагающим недостатком которой является ее низкая выборочная классификация при незначительном контрасте магнитных свойств разделяемых частиц. Даже при использовании развитых технологических схем, концентраты засоряются сростками и механически захваченными частицами нерудных минералов, причем массовая доля вредных примесей в них достаточно высока. Повышенная физико-химическая активность в совокупности с пьезоэффектом измельченного материала вызывает появление зарядов на поверхности частиц кварца, что приводит к закреплению последних на поверхности частиц минералов оксидов железа, снижению контрастности разделительных признаков и, в итоге, затрудняет процесс получения кондиционного магнетитового концентрата [1].

Электронно-микроскопические исследования на растровом электронном микроскопе Quanta 3D рядовых магнетитовых концентратов показали, что все концентраты состоят в основ-

ном из свободных рудных зерен. Присутствуют и сростки: рудных сростков значительно меньше, чем нерудных. Кроме того, наблюдаются и свободные нерудные зерна и сростки, которые имеют примерно одинаковые размеры (от 10^{-6} до 10^{-4} м).

Установлено, что зерна магнетита покрыты большим количеством шламов и присыпок из нерудных минералов, находясь в них как в «рубашке», которая не отмывается даже при перемешивании пульпы в течение 10 минут. Вследствие вышеизложенного магнитная флокуляция компонентов железных руд значительно снижает эффективность процессов гидравлической классификации и измельчения [2]. В процессе магнитной флокуляции образуются рыхлые флокулы, процесс носит комовый характер, что способствует захвату свободных нерудных зерен и сростков (рис. 1).

Усовершенствование способа подготовки пульпы к последней стадии мокрой магнитной сепарации позволит снизить массовую долю диоксида кремния в получаемом продукте, что даст возможность получить кондиционный концентрат.

Исследованиями [3,4] установлена перспективность применения электрохимического кондиционирования железосодержащих пульп. Показано, что основной эффект повышения контрастности оксидов железа по отношению к диоксиду кремния при проведении электрохимической обработки пульпы связан с протеканием на их поверхности электрохимических реакций при контакте с электродами и взаимодействии с электролитическим водородом, приводящих к растворению поверхностной пленки гидроокислов железа и последующему переводу трехвалентного железа в двухвалентное состояние. Интенсификация процесса мокрой магнитной сепарации осуществляется за счет направленного изменения магнитных характеристик зерен минералов путем электрохимического кондиционирования пульпы.

Авторами в лабораторных условиях изучалось влияние электрохимического кондиционирования на получение кондиционного магнетитового концентрата из железистых кварцитов сложного состава.

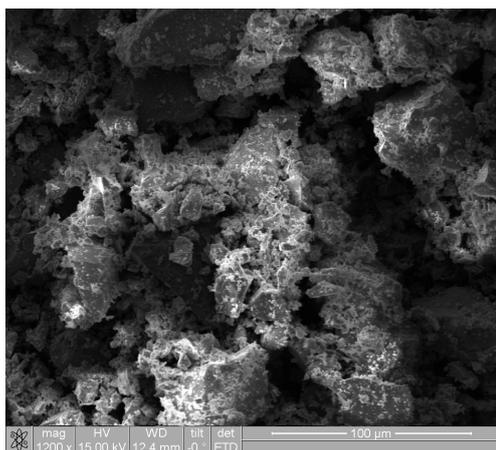


Рис. 1. Магнетитовый концентрат: адгезия нерудных шламов (светлое) на поверхности зерен магнетита (темное)

Для проведения исследований использовались усредненные технологические пробы рядового магнетитового концентрата:

- первая — полученная из труднообогатимых кварцитов сложного состава, с массовой долей диоксида кремния 8,82, свободного 7,35 и железа общего 65,1 %; массовой долей класса минус 0,045 мм — 91 %, причем на долю класса минус 0,02 мм приходилось 15,90, а на долю класса минус 0,005 мм — 4,2 %;

- вторая — полученная из легкообогатимых кварцитов, с массовой долей диоксида кремния 4,60, свободного 3,75 и железа общего 68,3 %; массовой долей класса минус 0,045 мм — 94 %, причем на долю класса минус 0,02 мм приходилось 29, а на долю класса минус 0,005 мм — 8 %.

Для оценки эффективности глубокого обогащения использовался показатель эффективности обогащения (E), рассчитываемый по формуле Хенкока — Луйкена с учетом массовой доли диоксида кремния:

$$E = \gamma \frac{(\alpha_n - \beta_n)}{\alpha_n} (1 - \alpha_n),$$

где γ — выход концентрата, %; α_n и β_n — массовые доли диоксида кремния в исходном продукте и в концентрате.

Электрохимическое кондиционирование проводилось в различных режимах при изменении продолжительности обработки, объемной плотности тока, напряжения на электродах кондиционера, а также напряженности магнитного поля лабораторного анализатора. Схема проведения экспериментов представлена на рис. 2.

В табл. 1 приведены средние результаты магнитного обогащения, полученные при дообогащении магнетитового концентрата, полученного из

труднообогатимых руд при оптимальном режиме кондиционирования.

Введение предварительной поляризации пульпы при $i_v = 1,2$ А/л и времени воздействия 3 мин, повышает приращение извлечения железа в концентрат на 2,8–3,2 %, эффективность обогащения — на 6,29–14,49 %. Увеличение напряжённости магнитного поля до 75 кА/м приводит к возрастанию извлечения железа до 70,3 % с массовой долей 66,8 % и диоксида кремния 5,08 %. В стандартных условиях сепарации данной пробы эти показатели составят 67,5, 66,7 и 6,69 % соответственно. Извлечение железа магнитного при этом увеличивается до 72,4 % против 69,0 % без предварительной поляризации пульпы (рис. 3).

Анализ полученных результатов показал, что введение поляризации вызывает также изменение физико-

химических параметров жидкой фазы пульпы: окислительно-восстановительный потенциал снижается с + 260 мВ до 220 мВ, рН уменьшается на 0,4.

Обработка концентрата, полученного из легкообогатимых руд, проводилась в оптимальном режиме при $i_v = 0,7$ А/л и времени поляризации 6 минут. Предварительная электрохимическая обработка обеспечила прирост



Рис. 2. Схема проведения экспериментов

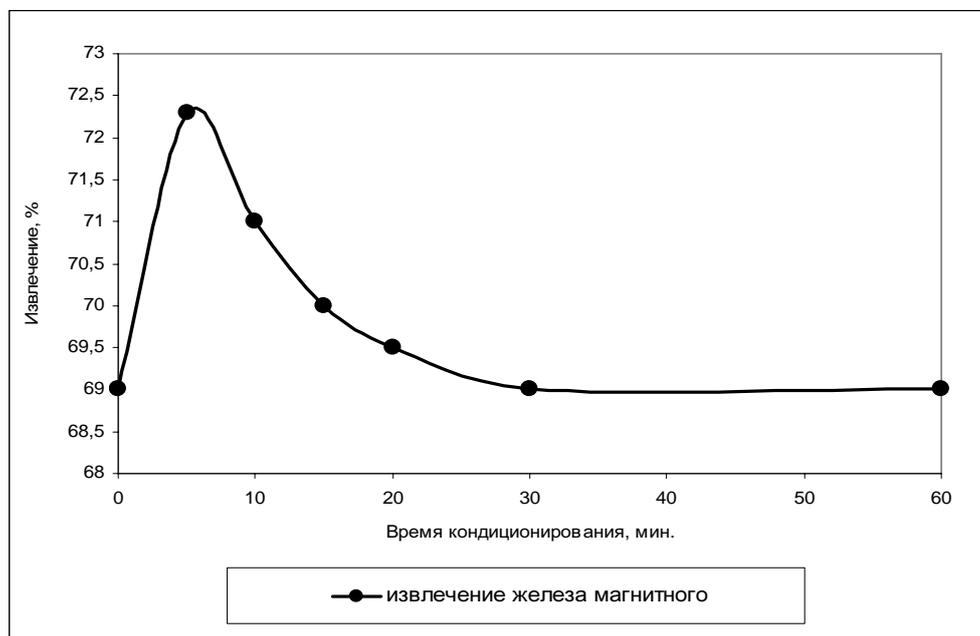


Рис. 3. Зависимость извлечения железа магнитного в концентрат от времени кондиционирования ($H=75$ кА/м)

124 Таблица 1

Технологические показатели сепарации концентрата из труднообогатимых кварцитов (число опытов — 24)

Исходный продукт Fe _{общ} , %	Концентрат после ЭХК			Концентрат без обработки			Условия обработки (объемная плотность тока и время обра- ботки)
	γ, %	β/SiO ₂ , %	ε/Е, %	γ, %	β/ SiO ₂ , %	ε/Е, %	
Н = 40 кА/м							
65,1	29,33	66,8/5,22	30,1/13,22	26,25	66,7/6,71	26,9/6,93	<i>i_v</i> = 1,2 А/л, t = 3 мин
Н = 60 кА/м							
65,1	46,42	66,9/5,2	47,7/21,01	44,73	66,8/6,7	45,9/11,85	<i>i_v</i> = 1,2 А/л, t = 3 мин
Н = 75 кА/м							
65,1	68,51	66,8/5,08	70,3/32,03	65,88	66,7/6,69	67,5/17,54	<i>i_v</i> = 1,2 А/л, t = 3 мин

Таблица 2

Технологические показатели сепарации концентрата из легкообогатимых кварцитов (число опытов — 18)

Исходный продукт Fe _{общ} , %	Концентрат после ЭХК			Концентрат без обработки			Условия обработки (объемная плотность тока и время обра- ботки)
	γ, %	β/SiO ₂ , %	ε/Е, %	γ, %	β/ SiO ₂ , %	ε/Е, %	
Н = 40 кА/м							
68,5	52,1	70,5/1,93	53,62/31,62	48,7	70,1/2,16	49,84/27,01	<i>i_v</i> = 0,7 А/л, t = 6 мин
Н = 60 кА/м							
68,5	63,12	70,8/1,52	65,24/44,18	58,41	70,0/2,18	59,7/32,12	<i>i_v</i> = 0,7 А/л, t = 6 мин
Н = 75 кА/м							
68,5	82,41	71,0/1,47	85,42/58,62	79,07	69,9/2,38	80,69/39,89	<i>i_v</i> = 0,7 А/л, t = 6 мин

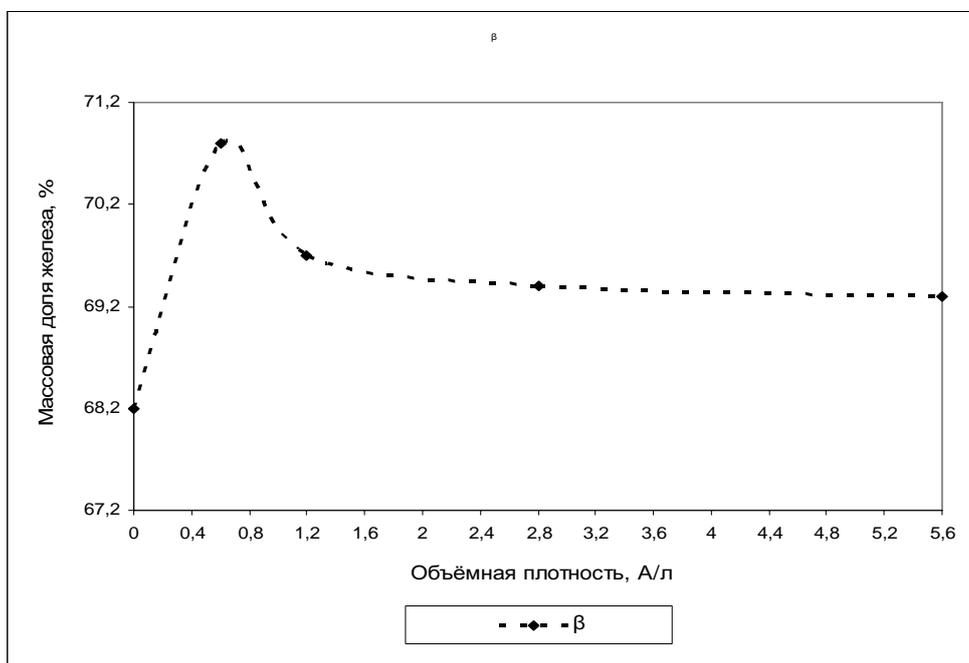


Рис. 4. Зависимость массовой доли железа в концентрате от объёмной плотности тока ($H=75 \text{ kA/m}$)

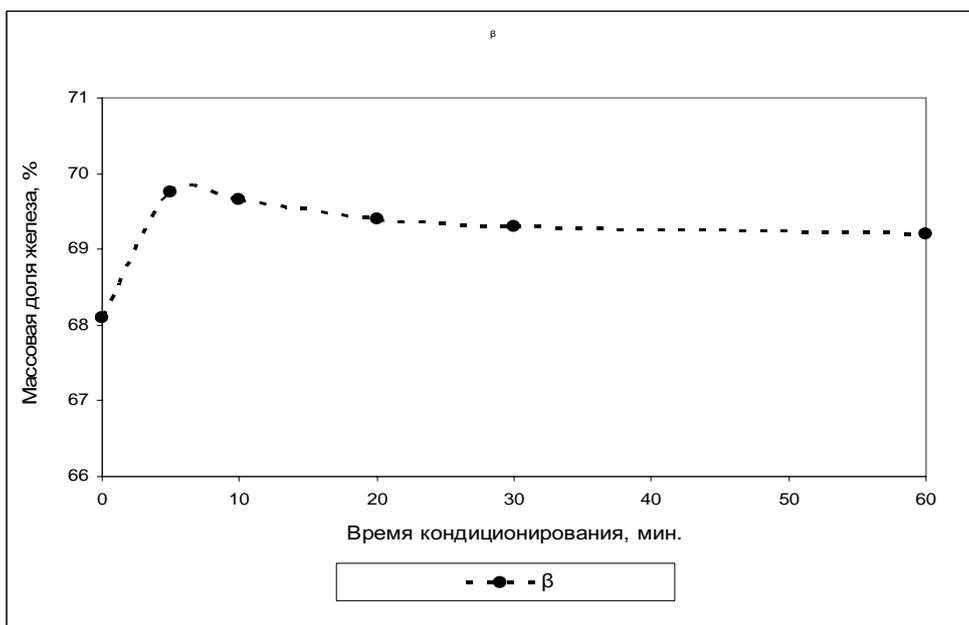


Рис. 5. Зависимость массовой доли железа в концентрате от времени кондиционирования ($H=75 \text{ kA/m}$)

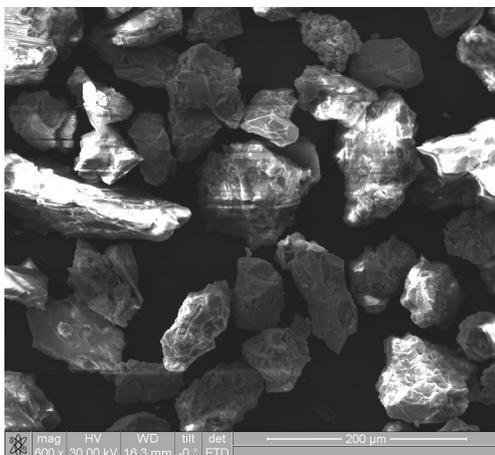


Рис. 6. Магнетитовый концентрат после электрохимического кондиционирования

извлечения железа на 4,73 % при напряженности магнитного поля 75 кА/м, эффективность обогащения выросла на 18,73 % (табл.2, рис. 4,5).

Минералогический анализ полученных концентратов показал, что в результате электрохимической обработки произошла очистка поверхности рудных частиц от шламов из нерудных минералов, объемная доля рудных частиц во флокулах увеличилась до 90 % и уменьшилась объемная доля нерудных. Кроме того, флокулы приобрели овально-удлиненную форму, стали плотны и устойчивы (рис.6). Намагниченность после поляризации увеличилась на 29 %. Электрокинетический потенциал магнетита увеличился в отрицательную сторону, что обеспечивает увеличение силы отталкивания между частицами оксидов железа и диоксида кремния и, в конечном итоге, приводит к снижению их взаимной флокуляции.

Селективность флокуляции при электрохимической обработке опреде-

ляется изменением энергии поверхностей взаимодействия частиц за счет повышения энергетического барьера отталкивания оксидов железа и диоксида кремния. Последний факт установлен измерениями электрокинетического потенциала и исследованиями изменения поверхности на сканирующем электронном микроскопе. Установлено, что введение катодной поляризации ($\varphi = -1,4$ В) вызывает увеличение отрицательного значения электрокинетического потенциала магнетита до -140 мВ. Например, катодная поляризация магнетита из труднообогатимых кварцитов увеличивает электрокинетический потенциал до -260 мВ. У магнетита из легкообогатимых кварцитов электрокинетический потенциал увеличивается при катодной поляризации до -310 мВ. На диоксид кремния поляризация заметного влияния не оказывает.

Результаты измерения скорости осаждения частиц магнетита крупностью минус 0,045 мм также свидетельствуют о повышении селективности флокуляции оксидов железа. Скорость осаждения этого материала при поляризации увеличивается с $1,3 \cdot 10^{-3}$ м/с до $1,85 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования показали возможность улучшения технологических показателей процесса разделения методом магнитной сепарации за счет предварительной электрохимической поляризации пульпы: массовая доля железа увеличивается на 0,5–1,5 %, извлечение на 1,9–5,7 %. Следовательно, предварительная электрохимическая обработка пульпы перед последней стадией мокрой магнитной сепарации может быть использована для повышения качества магнетитовых концентратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молчанов В.И., Юсупов Т.С. Физические и химические свойства тонкодисперсных минералов. М.: Недра, 1981.
2. Гзогян Т.Н. Теоретические и экспериментальные исследования получения высококачественных концентратов // ГИАБ. — 2010. — № 4.
3. Чантурия В.А., Дмитриева Г.М., Трофимова Э.А. Интенсификация обогащения железных руд сложного вещественного состава. М.: Наука, 1988.
4. Гзогян Т.Н. Опыт использования энергетических воздействий для интенсификации процессов рудоподготовки и обогащения железистых кварцитов // ФТПРПИ. — 2001. — № 3. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гзогян Т.Н. — кандидат технических наук, зав. лабораторией ВИОГЕМ, действительный член АГН и МАМР, e-mail mehanobr1@yandex.ru,
Винников В.А. — доктор физико-математических наук, профессор, руководитель научной лаборатории «Исследование физических процессов в горных породах», Московский государственный горный университет e-mail priem@msmu.ru.



КУЗБАССКАЯ ТОПЛИВНАЯ КОМПАНИЯ ОТКРЫЛА В ПОЛЬШЕ «ДОЧКУ» ДЛЯ ПРОДАЖИ УГЛЯ В ВОСТОЧНУЮ ЕВРОПУ

ОАО «Кузбасская топливная компания» (КТК) открыло собственную дистрибьюторскую компанию в Польше, которая будет заниматься продвижением продукции КТК в Восточную Европу, сообщил заместитель генерального директора КТК по коммерции Иван Гептинг.

«Это первая 100-процентная зарубежная «дочка» КТК. Компания юридически зарегистрирована с мая 2012 года, и в ближайшее время начнет свою работу», — отметил Гептинг.

По его словам, КТК в 2011 году экспортировала в Польшу 3 млн т угля — это 50% от общего объема, поставляемого из Кузбасса в эту страну. По оценке Гептинга, российский экспорт в Польшу в 2012 г. составит 6,5–7 млн т, а поставки КТК в эту страну ожидаются на уровне 2,7–3 млн т.

Экспорт энергетического угля компании за 2011 г. составил 6,5 млн т, увеличившись почти в два раза по сравнению с 2010 г. В Польшу было поставлено 46% от общего объема, в Китай и Южную Корею — 43%, в Украину — 4%, в Чехию — 3%, на другие рынки — 4%. Общий объем продаж, включая внутренний рынок, за 2011 год вырос на 24,8% — до 10,66 млн т.

Для справки: ОАО «Кузбасская топливная компания» — один из крупнейших производителей энергетического угля в Западной Сибири, осуществляет добычу на трех разрезах, а также включает дистрибьюторскую сеть и инфраструктурные предприятия. На 1 января 2011 г. ресурсы угля компании по классификации JORC составляли 402 млн т по рядовому углю, а подтвержденные и вероятные запасы, подлежащие разработке в период 2011–2030 годов — 185 млн т.

КТК в 2011 году нарастила производство угля на 28,5% — до 8,74 млн т с 6,8 млн т. Прогнозный план по добыче на 2012 год скорректирован к уровню прошлого года и составляет 8,7 млн т. Инвестиции в 2012 г. составят 3,9 млрд руб., в 2013 году — порядка 2 млрд руб.