

УДК 622.777

Т.Н. Гзогян, В.А. Винников

**ПРОЦЕССЫ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ
В СХЕМАХ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ
СЛОЖНОГО СОСТАВА***

Даны примеры в отношении использования тонкого фракционирования после первичной и вторичной дезинтеграции при обогащении железистых кварцитов. Представлены преимущества тонкого фракционирования в схемах обогащения железистых кварцитов КМА.

Ключевые слова: дезинтеграция, тонкое фракционирование, эффективность фракционирования, надрешетный и подрешетный продукты.

По мере развития горных работ на крупных горных предприятиях происходит усложнение горно-геологических условий добычи полезных ископаемых, сопровождаемое ростом объемов извлекаемых из недр их разновидностей минерального сырья сложного (нетрадиционного) состава.

Их переработка на производственных мощностях действующих предприятий затруднена из-за существенного отличия состава и, соответственно, технологических свойств от аналогичных показателей руд кондиционных разновидностей. Поэтому они обычно направляются в отвалы, увеличивая объемы экологически опасных твердых минеральных отходов горного производства. Разработка технологии, позволяющей получать из железистых кварцитов сложного состава, кондиционные концентраты является актуальной задачей.

В основе таких технологий должны лежать процессы, основанные на органичном сочетании специфики состава и строения вовлекаемого в пе-

реработку минерального вещества и возможностей, используемых при переработке технологических процессов, осуществляемых при соблюдении специально выбранных условий и режимах.

Если учесть, что эффективность операции раскрытия в процессе измельчения растет с повышением концентрации сростков в питании мельницы, то за счет правильной организации операции фракционирования в замкнутых циклах измельчения, можно обеспечить эффективное разделение материала на раскрытые зерна и сростки, вывод раскрытых зерен и рост концентрации сростков в питании мельницы. Применяемое в настоящее время в циклах измельчения руд оборудование для фракционирования (классификаторы и гидроциклоны), в которых разделение материала производится по принципу равнопадаемости, не позволяют обеспечить эффективного фракционирования при переработке железистых кварцитов сложного состава.

Таким образом, в результате ис-

* Работа выполнена при поддержке Минобр науки РФ.

пользования технических средств фракционирования, в которых осуществляется разделение по принципу равнопадаемости, в питание мельницы попадает большое количество раскрытых зерен, что приводит к переизмельчению в первую очередь рудных минералов и высоким потерям полезного компонента при обогащении. С другой стороны, в слив классификатора и гидроциклона попадает большое количество бедных сростков, что снижает качество получаемого концентрата. В цикле измельчения циркулируют раскрытые минеральные зерна, что приводит к дополнительным затратам на измельчающем и транспортирующем оборудовании.

На действующих горно-перерабатывающих комбинатах эффективность классификации по готовому классу колеблется в широких пределах от 23,0 % (ОАО «Карельский окатыш») до 57,7 % по классу минус 0,045 мм (ОАО «Стойленский ГОК»).

Анализ продуктов фракционирования с распределением железа по классам крупности показал, что тонкие фракции песков обогащены магнетитом, а сливы разубожены сростками магнетита с пустой породой.

Например, в классах крупности $-0,071+0,045$ и $-0,045$ мм песков гидроциклонов массовая доля железа на 1,7 и 14,2 % выше по сравнению со сливом гидроциклонов, а диоксида кремния — ниже соответственного класса крупности на 1,1 и 17,3 %.

Такое распределение железа и диоксида кремния по классам крупности объясняется особенностями фракционирования магнетитовых пульп в гидроциклонах. В поле центробежных сил разделение материала происходит в большей степени по плотности и в меньшей — по крупности. Это приводит к тому, что в слив гидроциклонов поступают крупные сростки

магнетита с пустой породой, а в тонкие классы — раскрытый магнетит. Таким образом происходит засорение концентрата диоксидом кремния, создаются условия для переизмельчения магнетита, снижается эффективность работы узла измельчения, что приводит к нерациональному использованию производственных мощностей, перерасходу электроэнергии и мелющих тел. Такое положение в технологии обогащения рудного сырья может быть исправлено за счет использования другого принципа фракционирования, реализуемого с применением высокочастотных грохотов для разделения материала по крупности. Это позволит повысить качество концентрата по массовой доле железа и диоксида кремния, а также исключить переизмельчение магнетита и снизить затраты на измельчение (электроэнергию и мелющие тела).

Для фракционирования в замкнутом цикле измельчения и в технологии доводки железорудного сырья с целью повышения массовой доли железа и снижения диоксида кремния в магнетитовых концентратах за рубежом используются высокочастотные грохоты (предприятия Minntac, Northshore, Ispat, Evtac, National Steel, Empire — США и Griffit, Shermann — Канада). Корпорацией Derrick (США) производятся грохоты различных типоразмеров и производительности. В частности, пятидечный грохот «StackSizer®» (габаритные размеры: длина 4780 мм; ширина 1470 мм; высота 4120 мм; масса 4420 кг) имеет производительность в зависимости от крупности разделяемого материала до 150 т/час. Для тонкого фракционирования в нем используются полиуретановые или стальные плетеные панели с размером отверстий до 0,071 мм. Срок службы полиуретановых панелей до девяти месяцев, стальных — до трех.

Таблица 1

Результаты дообогащения концентрата по различным схемам

Наименование показателей и продуктов	Схема с соотношениями мельниц		
	3:2	2:2	1:1
Питание:			
Нагрузка по твердому, т/ч	111,14	78,92	38,42
Массовая доля:			
железа общего, %	55,09	53,76	55,32
твердого, %	75,8	78,1	59,30
Концентрат:			
Выход, %	44,85	39,52	40,8
Массовая доля:			
железа общего, %	66,22	65,98	66,09
железа магнитного, %	65,21	63,88	64,50
класса минус 0,071 мм, %	71,7	80,40	72,2
Извлечение:			
железа общего, %	86,77	83,28	82,99
железа магнетитового, %	98,68	98,02	98,40
Хвосты:			
Выход, %	10,83	11,04	10,02
Массовая доля:			
железа общего, %	8,99	10,0	11,45
железа магнитного, %	0,77	1,68	1,65

Таблица 2

Усредненная гранулометрическая характеристика продуктов тонкого фракционирования

Классы, мм	Продукты, %:		
	Питание	Надрешетный	Подрешетный
+0,1	23,9	62,2	9,6
-0,1+0,071	16,1	21,2	16,9
-0,071+0,05	15,6	5,2	17,6
-0,05+0,045	4,6	1,0	2,9
-0,045	39,8	10,4	53,0
Всего	100,0	100,0	100,0

В настоящее время на современных горно-обогатительных предприятиях России и стран СНГ выполняются большие работы по модернизации оборудования и совершенствованию технологического процесса, в том числе совершенствуются и схемы обогащения железистых кварцитов сложного состава. Например, на обогатительной фабрике ОАО «Коршуновский ГОК» при использовании специально разработанной технологической схемы, включающей тонкое фракционирование, массовая доля железа в концентрате повышается с 62,9 до 63,6 % за счет снижения крупности в

конечной стадии измельчения с 65,1 класса минус 0,071 мм до 80 % класса минус 0,071 мм.

На Соколовско-Сарбайском горно-обогатительном производственном объединении (Казахстан) за счет использования высокочастотных грохотов корпорации Demick в цикле мокрой магнитной сепарации удалось увеличить массовую долю железа до 68,0–68,5 %.

На обогатительной фабрике ОАО «Стойленский ГОК» и ОАО «Комбинат КМАруда» разрабатывается технология производства концентрата с массовой долей железа 68,0 %, пригодного для окомкования. В технологи-

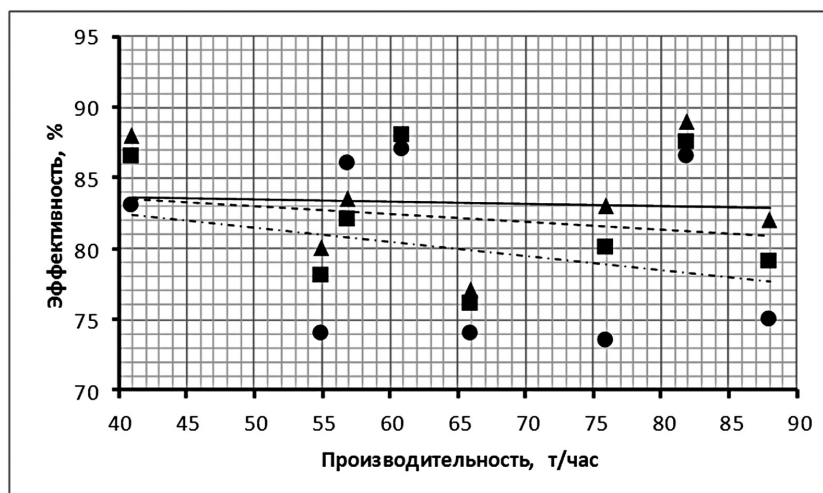


Рис. 1. Зависимость эффективности тонкого фракционирования от производительности грохота

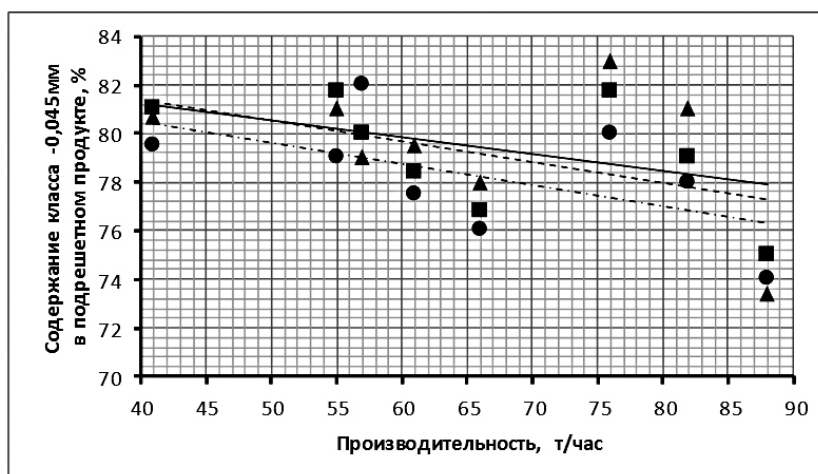


Рис. 2. Зависимость массовой доли класса минус 0,045 мм от производительности грохота

ческой схеме также предусматривается использование высокочастотных грохотов корпорации Derrick (США) [1]; в частности, в качестве оборудования для тонкого фракционирования — Derrick StackSizer® модели 2SG48-60W-5STK с размером ячейки 0,1 мм и площадью грохочения 9,29 м².

Учитывая положительный опыт применения тонкого грохочения для

фракционирования, были проведены исследования возможностей применения тонкого фракционирования в технологии переработки железистых кварцитов сложного состава: на первом этапе — после первичной дезинтеграции, на втором — после вторичной. При этом реализовывались различные технологические схемы дезинтеграции: три головные мельницы и

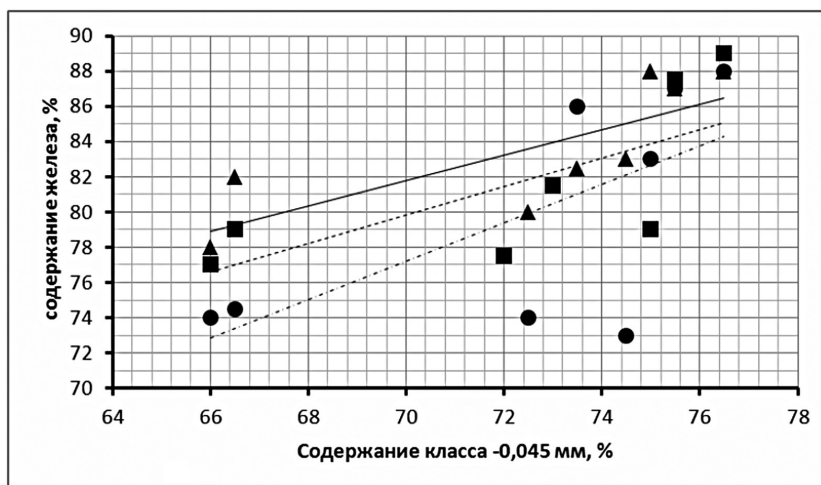


Рис. 3. Зависимость массовой доли железа в концентрате от массовой доли в нём класса минус 0,045 мм при тонком фракционировании

две вторичные (3:2); две головные мельницы и две вторичные (2:2); одна головная и одна вторичная (1:1).

В табл. 1 приведены результаты применения тонкого фракционирования по первому этапу дообогащения черного концентрата мокрой магнитной сепарации, полученного по различным схемам.

Анализ этих результатов показывает, что в зависимости от реализуемой технологической схемы изменялась нагрузка на дообогащение, в первую очередь это отразилось на процессе тонкого грохочения. Нагрузка составила для схем с соотношением первичных и вторичных мельниц 3:2, 2:2 и 1:1 соответственно 111,14; 78,92 и 38,42 т/час.

Если получаемые рядовые магнетитовые концентраты всех трех примененных схем были близки по массовой доле железа (65,98–66,22 %), то параметры отходов процесса обогащения (хвостов обогащения) отличались между собой существенно. Выход их составлял от 10,02 до 11,04 %, при массовой доле общего железа от 8,99 (3:2) до 11,45 % (1:1) и магнитного от 0,77 до 1,65 % соответственно.

В табл. 2 приведен гранулометрический состав получаемых усредненных продуктов тонкого фракционирования.

Анализ результатов исследования процесса фракционирования по примененным схемам показывает, что на грохот поступала различная нагрузка: 156,5 (3:2); 116,67 (2:2) и 52,42 (1:1) т/час, что соответствует удельной производительности: 16,58, 12,56 и 5,64 т/ч·м².

Исследования показали, что в результате фракционирования на грохоте в подрешетном продукте массовая доля класса минус 0,071 мм составила 69,0; 78,3 и 73,5 %, в надрешетном осталось: 27,0; 32,9 и 16,4 %.

Эффективность классификации (оцениваемая по формуле Хенкокка-Луйкена) при этом составила для примененных схем соответственно 33,73, 38,9 и 48,71 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением нагрузки эффективность классификации снижается, эффективность тонкого грохочения по классу минус 0,071 мм низка и приближается к

эффективности классификации в гидроциклонах. Низкая эффективность объясняется наличием большого количества шламов в надрешетном продукте (табл. 2).

Это объясняется тем, что эффективность процесса тонкого грохочения в первую очередь зависит от granulометрического состава питания, т.е. питание грохота, состоящее преимущественно из частиц подрешетного продукта, быстро проходит через сито и толщина слоя приближается к идеальному монослою. Питание, преимущественно состоящее из надрешетного продукта, обеспечивает толстый слой материала на сите, тем самым резко снижается возможность контакта подрешетной частицы с поверхностью сита. Кроме того, для тонкого грохочения серьезной проблемой является наличие «трудных» зерен, застревающих внутри отверстий поверхности грохочения тем самым «закрывая» ее, особенно в крупномасштабных операциях.

На втором этапе исследований тонкое фракционирование использовалось для разделения черного концентрата, полученного в результате двухстадийного измельчения и трехстадийного обогащения. Подрешетный продукт тонкого фракционирования подвергался мокрой магнитной сепарации и являлся конечным продуктом обогащения.

На рис. 1–3 приведены результаты экспериментов, проведенных при различных частотах колебаний грохота Derrick StackSizer® модели 2SG48-60W-5STK: треугольниками обозначены точки при частоте 42 Гц; квадратами — при 45 Гц и кружочками — при 50 Гц. Соответствующие линии тренда показаны сплошной, пунктирной и штрих-пунктирной линиями. Анализ полученных результатов показал, что в данном случае эффективность фракционирования изменяется от 72 до 90 % (рис. 1), при этом производительность грохота снижает эффективность незначительно (рис. 2). Это свидетельствует о том, что применение тонкого фракционирования позволяет получать магнетитовый концентрат заданного качества при массовой доле класса минус 0,045 мм на 5,3 % ниже, чем при технологии без тонкого фракционирования (рис. 3).

Таким образом, совершенствование технологии переработки железистых кварцитов сложного состава может быть достигнуто за счет применения тонкого фракционирования, позволяющего по сравнению с технологическими схемами с применением гидроциклонов уменьшить количество материала, направляемого на вторичную дезинтеграцию, и обеспечить прирост массовой доли железа в концентратах и снижение переизмельчения минералов железа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пелевин А.Е., Лазебная М.В. Применение грохотов «Деррик» в замкнутом цикле измельчения на обогатительной фабрике ОАО «Комбинат КМАруда»//Обогащение руд. — № 2. — 2009.

2. Гзоган Т.Н. Теоретические и экспериментальные исследования получения высококачественных концентратов. — ГИАБ № 4. — 2010. — С. 389—393. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гзоган Татьяна Николаевна — кандидат технических наук, зав. лабораторией ОАО «ВИОГЕМ», действительный член АГН и МАМР, e-mail mehanobr1@yandex.ru,
Винников Владимир Александрович — доктор физико-математических наук, профессор, руководитель научно-учебной лаборатории «Исследование физических процессов в горных породах», e-mail priem@msmu.ru.