

УДК 622.7:621.796

С.А. Манухин, М.Г. Зильбершмидт

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ГЕМАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ОТХОДОВ
ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ МГОКа**

Одной из важнейших проблем для Михайловского ГОКа является размещение хвостов обогатительных фабрик, которую можно решить путем их сокращения за счет наиболее полного извлечения полезных компонентов. Складированные запасы хвостов обогащения в настоящее время составляют более 400 млн т. Следует учесть, что этот материал уже прошел энергоемкий процесс измельчения.

Неокисленные железистые кварциты Михайловского месторождения являются сырьем сложного вещественного состава с резкой неоднородностью как по физико-механическим, так и технологическим свойствам. Технология их обогащения, применяемая на Михайловском ГОКе, базируется на мокрой магнитной сепарации, которая позволяет успешно извлекать минералы, обладающие повышенными магнитными свойствами, но неприменима к целой гамме слабомагнитных минералов, входящих в состав руд Михайловского месторождения.

По этой причине наблюдаются значительные потери металла в хвостах отделений обогащения ДОКа.

Основные потери железа с хвостами мокрой магнитной сепарации связаны с гематитом, силикатами, карбонатами и магнетитом. В год образуется до 16,2 млн т хвостов. Хвостохранилище растет, и хранение отходов становится все более затратным.

Следует учесть, что хвостохранилище негативно влияет на экологическую си-

туацию региона. Любые природоохранные мероприятия не смогут полностью предотвратить пыление его пляжей.

Переработка содержимого хвостохранилища – это источник получения дополнительного железосодержащего концентрата. Здесь возможно самостоятельное производство, новые цеха и новый поток продукции. Сегодня первоочередное направление – “вписать” технологию дообогащения в текущее производство, увеличить выход концентрата за счет извлечения гематита.

Для повышения комплексности использования сырьевой базы Михайловского месторождения требуется разработка комбинированных технологических схем с применением эффективного обогатительного оборудования.

Особенности состава и строения отходов обогащения

Гранулометрическая характеристика текущих хвостов магнитной сепарации на МГОКе, химический и минеральный состав хвостов обогащения представлены в табл. 1, 2.

Для установления особенностей минералогического состава лежалых хвостов обогащения был выполнен рентгенофазовый анализ лежалых хвостов на дифрактометре Дрон 2.0.

Обработка результатов эксперимента показала, что в лежалых хвостах содержатся следующие минералы: кварц – 73,19 %; гематит – 25,49 %; магнетит – 0,85 %; гетит – 0,32 %; флогопит – 0,15 %.

Таблица 1
Гранулометрическая характеристика хвостов магнитной сепарации на МГОКе

Класс крупности, мм	Выход класса, %
+0,1	4,6
-0,1+0,074	8,0
-0,074+0,05	7,0
-0,05+0,044	5,1
-0,044	75,3

В соответствии с приведенными данными можно заключить, что лежалые хвосты обогатительной фабрики Михайловского ГОКа содержат значительное количество слабомагнитных минералов и являются потенциальным источником получения железорудного концентрата.

Современное состояние исследования по доизвлечению гематита из отходов обогащения кварцитов на МГОКе

В 2000 г. в отделении обогащения ДОК проведены предварительные полупромышленные испытания по выбору и внедрению оптимальной технологической схемы доизвлечения железосодержащих компонентов из лежалых хвостов фабрики, гравитационным способом, на установке, включающей предварительное грохочение и обогащение на центробежном концентраторе "Falcon C-20".

Таблица 2
Химический и минеральный состав хвостов обогащения

Компоненты	Массовая доля		Минерал
	компонента, %	минерала, %	
Fe _{общ}	30,05	0,85	Магнетит
SiO ₂	58,9	25,49	Гематит
CaO	1,54	3,38	Гидроокислы железа
MgO	1,68		
K ₂ O + Na ₂ O	1,59	14,6	Силикаты
Al ₂ O ₃	0,24	5,08	Рудные карбонаты
Ti ₂ O ₃	0,005		
S	0,08	2,2	Нерудные Карбонаты
MnO	0,034		
P ₂ O ₅	0,174	0,49	Апатит
CO ₂	2,9	47,19	Кварц
C _{карб}	0,79		
nnn	2,01	0,72	Прочие

Опыты на лежалых хвостах подтвердили возможность получения в один прием на центробежном концентраторе "Falcon C-20" промежуточного продукта, с массовой долей железа до 58,2 %, выходом около 6 % и извлечением железа около 13 %.

Полупродукт, полученный в ходе дообогащения лежалых хвостов на центробежном гравитационном концентраторе "Falcon C-20" был исследован с использованием методов оптической микроскопии. В ходе исследования на поверхности минеральных частиц были обнаружены гидроксидные соединения.

Теоретическое описание процесса удаления минеральных пленок с поверхности минеральных зерен с использованием УЗ-воз-действия

Снятие различных природных пленок с минеральных частиц улучшает контакт флотационных реагентов с поверхностью первичного материала, снижает их расход и способствует проявлению минералами специфических адсорбционно-флотационных свойств. Под действием акустических колебаний возникают различные дефекты кристаллических решеток минералов, окисляются трудно поддающиеся в обычных условиях действию кислорода участки минеральной поверх-

ности. Все это улучшает химическую адсорбцию реагентов, повышает прочность их закрепления на минеральной поверхности, увеличивает скорость и селективность процесса флотации.

Традиционные методы очистки минеральной поверхности от вторичных минеральных образований и реагентных пленок – химическая и термическая обработка, а также механическая оттирка – часто не обеспечивают необходимого качества очистки, особенно от пленок и примесей, находящихся в дефект-каналах и микро-трещинах. Поэтому использование ультразвуковых и звуковых колебаний в этих целях является весьма перспективным.

Диспергирование поверхностных пленок в акустическом поле происходит в основном под действием кавитации.

На процесс разрушения покрытий и пленок влияют также пульсации и осцилляции незахлопывающихся парагазовых пузырьков, вторичные эффекты, возникающие в жидкости при распространении в ней ультразвуковых волн конечной амплитуды, - акустические течения, радиационное давление и звукокапиллярных эффект.

Кавитация представляет собой процесс неустойчивого изменения размеров парагазовых пузырьков при знакопеременном давлении в жидкости. В ее основе лежит изменение состояния парагазового пузырька под действием ультразвуковой волны. Под действием сжимающих напряжений кавитационный пузырек сжимается с возрастающей скоростью, а давление газа в нем растет.

При неустойчивых пульсациях пузырек в стадии растяжения накапливает энергию и затем в короткий промежуток времени он превращается в кинетическую энергию движения. Парагазовая смесь, находящаяся в полости, адиабатно сжимается до давлений порядка тысяч атмосфер, нагреваясь до температуры около тысячи кельвин. Происходит мгновенный рост пузырька, сопровождающийся возникновением ударной волны.

На поверхности твердых частиц в местах с высокой концентрацией дефектов (высокой поверхностной энергией) образуются зародыши кавитационных пузырьков. Обычно, такими участками являются межзеренные границы, трещины и т.д. В результате акустокапиллярного эффекта жидкость попадает в поры, трещины, около которых при захлопывании пузырьков возникают интенсивные ударные волны, вызывающие диспергирование твердой фазы.

Максимальное давление p_{MAX} , создаваемое кавитационной полостью, можно оценить по приближенной формуле Бронина для несжимаемой жидкости:

$$p_{MAX} = p_{\Delta} \times \left\{ 1 + \frac{(1+3\delta) \cdot z^3 - 4}{4} \cdot \sqrt{4 \cdot [(1+3\delta) \cdot z^3 - 3 \cdot \delta \cdot z^4]} \right\} \quad (1)$$

$$z = \frac{1+3 \cdot \delta}{\delta} \quad (2)$$

$$p_{\Delta} = p_a \cdot \left[-3,4 \cdot \left(\frac{p_0}{p_m} \right)^2 + 2,9 \cdot \frac{p_0}{p_m} + 0,6 \right] \quad (3)$$

где δ – параметр газосодержания; p_0 – гидродинамическое давление; p_m – амплитуда звукового давления.

При

$p_0 = 0,1$ МПа, $p_a = 0,2$ МПа, и $\delta = 2,1 \cdot 10^{-2}$ максимальное давление, создаваемое кавитационной полостью составляет:

$$p_{MAX} = 4,6 \cdot 10^2 \text{ МПа.}$$

Результаты исследования

Было проведено испытание на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-А с целью удаления гидроксидных соединений с поверхности минеральных зерен продукта.

Твердая фаза исследовалась с использованием методов оптической микроскопии. В ходе исследования на поверхности минеральных частиц не было обнаружено гидроксидных соединений, присутствовавших до эксперимента.

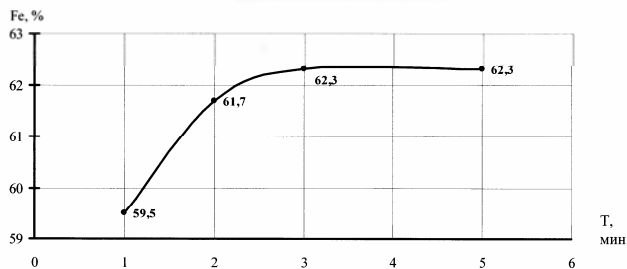


Рис. 1

Анализ минерального состава, отделенного с использованием УЗ-воздействия проведен с использованием рентгеновской дифрактометрии.

Обработка результатов эксперимента показала, что в исследуемой пробе содержатся следующие минералы: кварц – 47,2 %; гематит – 15,8 %; гетит – 22,1 %; флюопит – 14,9 %.

На МГОКе было проведено обогаще-

ние промежуточных продуктов прошедших УЗ-воздействие на лабораторной установке с использованием метода флотации. Исследованию подвергались образцы, прошедшие акустическую обработку в течение 1; 2; 3; 5; минут, что позволило увеличить содержание железа до 59,5; 61,7; 62,3; 62,3 % соответственно (данные химического анализа). График зависимости процентного содержания железа в продукте от длительности акустического воздействия представлен на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что наиболее оптимальным временем УЗ-воздействия на промежуточный продукт является T = 3 мин. При увеличении времени акустического воздействия, содержание железа в

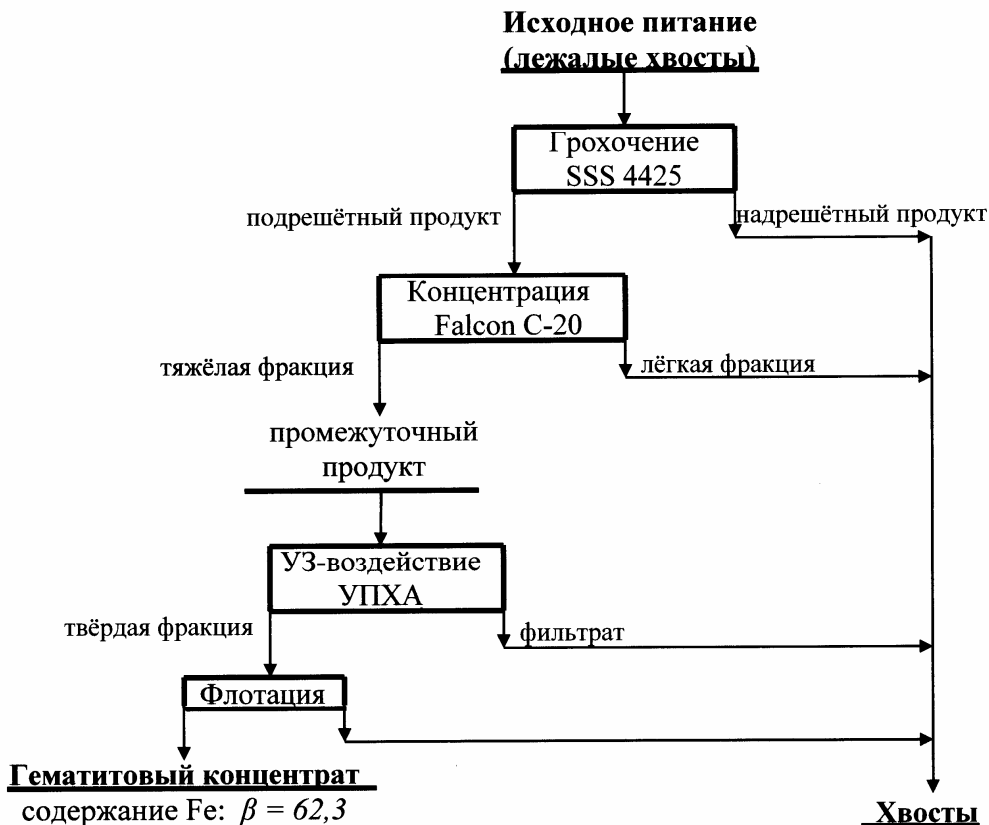


Рис. 2

продукте не изменяется.

Предлагаемая схема подготовки отходов обогащения к извлечению гематита с использованием флотации

Испытания, проведенные на исходном питании (лежалых хвостах) без последующей обработки показали возможность получения достаточно высоких качественных показателей обогащения. Однако, несмотря на прирост общего объема концентрата, в суммарном концентрате про-

изойдет снижение массовой доли железа, что экономически крайне невыгодно. По этой причине все испытания были направлены на поиск оптимальной схемы УЗ-обработки промежуточного продукта и его дальнейшего обогащения в флотационной машине.

Наиболее перспективна технологическая схема представленная на рис. 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новик Г.Я., Зильбершмидт М.Г. Управление свойствами пород. – М.: Недра, 1994.
2. Зильбершмидт М.Г., Ржевская С.В. Рентгеновские методы исследования горных пород. – М., МГИ, 1981.
3. Основы физики и техники ультразвука. – М., Высшая школа, 1987.

Коротко об авторах

Маухин С.А. – инженер,
Зильбершмидт М.Г. – доктор технических наук, профессор, кафедра “Физика горных пород и процессов”,
Московский государственный горный университет.

ДИССЕРТАЦИИ

**ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ
ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ им. Г.В. ПЛЕХАНОВА			
БЕЗНОСЕНКО Дмитрий Михайлович	Структура и алгоритмы управления электротрансмиссией переменного тока большегрузных автосамосвалов	05.09.03	к.т.н.