

## О ВЫБОРЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ В КАРЬЕРЕ

Приведено аналіз застосування попереднього сухого магнітного збагачення на кар'єрах Кривбасу і країн СНД. Показано, що вибір устаткування і його параметри в технологічних схемах передзбагачення руди в кар'єрах залежить від типу гірської маси і її шматкуватості. Визначено стадію дроблення гірської маси.

## THE CHOSE OF EQUIPMENT AT THE ORE PRELIMINARY CONCENTRATION TECHNOLOGY IN OPEN PIT

The analysis of use the preliminary dry magnetic concentration in the Krivbas' quarries and CIS countries is shown. The chose of equipment and it parameters at the technological schemes of ore preliminary concentration in quarries depend on type of rock mass and lumpiness. The subdivision stage of rock mass is specified.

Одной из главных проблем добычи и переработки руд в Кривбассе является высокая себестоимость концентрата, которая с одной стороны снижает его конкурентность на рынке, с другой – снижает доступность запасов и соответственно экономичность добычи руд.

Главными причинами высокой себестоимости концентрата являются:

- низкое качество исходного минерального сырья, что требует в процессе переработки больших энергетических затрат, особенно на стадии измельчения;
- высокий коэффициент вскрыши и ее стоимость, которая почти в три раза превышает себестоимость концентрата;
- большой объем некондиционных руд, включаемых во вскрышные работы;
- высокие потери и разубоживание руды при отработке приконтактных зон.

Исходя из этого, основными направлениями снижения себестоимости концентрата являются повышение качества рудного сырья, поступающего на обогатительную фабрику, и снижение объемов вскрышных работ. Это можно достичь при технологии предобогащения руды в карьере (ТПРК), позволяющей повысить качество руды и уменьшить объем вскрышных работ путем включения в переработку некондиционных руд, разубоженных руд, пород вскрыши, содержащих магнетит. Применение технологии предобогащения руды в карьере позволяет снизить вредное влияние, наносимое окружающей среде за счет более полного использования минерального сырья.

Сущность этой технологии заключается в том, что предобогащение руды осуществляют в карьере, а отходы предобогащения размещают в выработанном пространстве или складировать совместно со вскрышными породами. Эта технология горных работ отличается от известных тем, что в карьере производят дополнительные технологические процессы: среднее дробление (при

необходимости) и сухую магнитную сепарацию.

Об эффективности внедрения сухой магнитной сепарации (СМС) в карьере и его влияние на повышение качества рудного потока, поступающего на обогатительную фабрику можно судить из следующего анализа. В таблицу 1 сведены данные лабораторных исследований, полупромышленных и промышленных испытаний СМС. Результаты применения СМС на горнорудных предприятиях Украины и стран СНГ ранжировались по условиям проведения экспериментов: оборудование, крупность куска, наличие процесса грохочения, производительность комплекса (табл. 1).

Анализируя опыт работы горнодобывающих предприятий можно сделать следующие выводы:

1. В горнорудной промышленности Украины и стран СНГ проявляется общая тенденция ухудшения качества добываемого полезного ископаемого. Бедные и забалансовые руды перерабатывать традиционными методами обогащения невыгодно из-за высокой себестоимости конечной продукции.

Поэтому большинство предприятий решение возникшей проблемы находят путем применения сухой магнитной сепарации.

2. Согласно этапам развития научно-технического прогресса проявляется тенденция внедрения нового современного оборудования СМС в производство и соответственно изменяются технологические и экономические показатели работы (рис. 1):

- первоначально на ГОКах проводили опытно-промышленные испытания на сепараторах типа 4ПБС-63/200. Результаты этих испытаний были противоречивые: так если на Полтавском ГОКе отобрано всего 3,5 % хвостов с высоким содержанием железа, то на Центральном ГОКе сухая магнитная сепарация дает хорошие показатели работы с извлечением хвостов до 13,8 %;

- в 1980-х годах в промышленных масштабах внедряли сепараторы 2ПБС-90/250, которые характеризуются более высокими производственными показателями (Полтавский ГОК, Стойленский ГОК, Азейбаржанский ГОК). Горная масса, подвергавшаяся сухой магнитной сепарации, была фракцией 60 - 0 мм с извлечением хвостов 5,0 - 8,75 % с содержанием железа магнитного 2,22-3,52 %;

- в 1990-х годах все чаще используется импортное оборудование ("Sala International AB" Швеция). Оборудование рассчитано на крупность кусков обогащения в среднем 50 - 0 мм. Практические результаты показали высокие показатели извлечения хвостов до 9,3 - 14,5 % с содержанием железа магнитного 4,03-5,27 %;

- в 2000-е года определилось новое направление в сухой магнитной сепарации, при котором увеличивается крупность перерабатываемых кусков обогащения до 300 - 450 мм (ПП "Магнитный сепаратор" Российской Федерации или ООО "НТЦ МАГНИС ЛТД" г. Луганск). Ожидаемые показатели извлечения до 15 - 16 % хвостов из рудной массы и 45-67 % из вскрышных пород.

3. При выборе комплекса оборудования предварительного обогащения руды, в т.ч. стадии дробления горной массы, необходимо учитывать тип пе-

рерабатываемых руд и ценность горной массы (табл. 2).

Таблица 1 – Параметры комплексов предварительного сухого обогащения на ГОКах Украины и стран СНГ

Горно-рудные предприятия	Этап внедрения	Крупность кусков, мм	Оборудование
1	2	3	4
Полтавский ГОК	работает на ОФ	60-33	4ПБС-63/200 с грохочением Q=200т/ч, Q <sub>ф</sub> =250т/ч
	-//-	60-33	2ПБС-90/250 с грохочением, Q=500т/ч, Q <sub>ф</sub> =350т/ч
	-//-	60-0	2ПБС-90/250 без грохочен. Q=500т/ч, Q <sub>ф</sub> =500т/ч
Михайловский ГОК	опытно-пром. испытания	-250	ПБМ – 120/400
Михайловский ГОК с 2007 г.	работает/испытание	-70 /-200	Узел «Магнис» КРМ-1,2/2М, Q=400-450 т/час=2,2 млн/год
Стойленский ГОК	работает	20-10	2ПБС-90/250 с грохочением
	опытно-пром. испытания	50-20	2ПБС-90/250 с грохочением
	-//-	18-0	BSA-1223-235
Азербайджанский ГОК	работает		2ПБС-90/250 с грохочением
ОАО «Олкон»	-//-	40-10	BSA-1223-235 Q=682т/ч,
Костомукшского месторождения	-//-	10-0 +10	DS-1124-65 Q=340т/ч,
ОАО «Карельский окатш»	опытно-пром. испытания	20-0	2ПБС-90/250 с грохочением
	-//-	60-20	2ПБС-90/250 с грохочением
	-//-	15-0	BSA-1223-235
Западный карьер Копганского месторождения	Опытно-пром. эксплуатация	-350	Комплекс «Магнис» КРМ-1,8/2КО, Q=355-500 т/час
Центральный ГОК	работает	25-0	4ПБС-63/200
1	2	3	4
Соколово-Сабайский ГОК на Кунжункульском карьере	Пром. эксплуатация с 2008 года на ОФ		Комплекс «Магнис» Q=210-250 т/час
Лебединский ГОК	На стенде «Магнис»	400 – 100 350 - 0	Комплекс «Магнис»
Ингулецкий ГОК	ОФ	25-0	
	На стенде «Магнис»	350 - 0	Комплекс «Магнис»
Коршуновский ГОК	На стенде «Магнис»	350-0	Комплекс «Магнис»

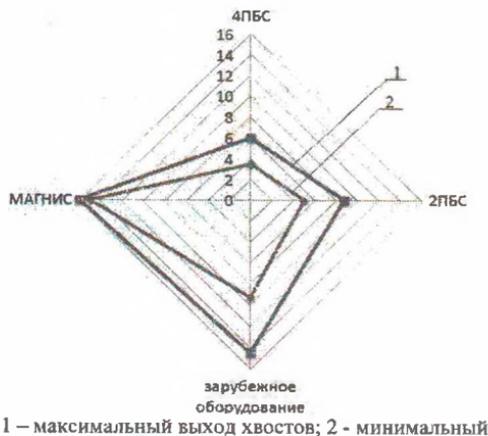


Рис. 1 – Гистограмма, отображающая продуктивность используемого в производстве оборудования по сухой магнитной сепарации

Кондиционные руды с высоким содержанием полезного компонента рационально подвергать всем трем стадиям дробления и только после этого предварительно обогащать через сухую магнитную сепарацию. Учитывая запыленность процесса мелкого дробления и трудности транспортирования мелкой фракции, эти руды перерабатывать лучше на обогатительной фабрике. Некондиционные руды или сильно разубоженные руды из приконтактных зон можно подвергать рудоразборке после среднего дробления в карьере или непосредственной близости от него. После крупного дробления подвергать рудоразборке рационально вскрышные породы, содержащие магнетит, тем самым увеличить производительность карьера по руде, уменьшить объем вскрышных пород, уменьшить потери полезного ископаемого.

Таблица 2 – Стадия дробления горной массы для разных типов руд

Руды, подлежащие сухой магнитной сепарации	Стадия дробления	Крупность куска, мм	Выход хвостов, %
Кондиционные руды	мелкое	25-0	5,0-13,8
Некондиционные руды	среднее	100-0	8,2-14,5
Разубоженные руды из приконтактных зон	среднее	100-0	7,5-15,7
Вскрышные породы, содержащие магнетит	крупное	350-0	45,0-67,0

4. Противоречивые результаты получены о полезности использования процесса грохочения перед сухой магнитной сепарацией. Одни исследователи

доказывают целесообразность применения грохочения [1] так как влагоемкая мелочь приводит к залипанию рабочей поверхности барабана сепаратора и теряется напряженность магнитного поля. Другие [2] приводят промышленные результаты, что без процесса грохочения получаются лучшие показатели обогащения, так как

- при грохочении через колосниковые сита со щелью +10 мм происходит их залипание, что приводит к нарушению технологического цикла;
- использование резиновых сит с отверстиями +33 мм приводит к тому, что после процесса грохочения остается лишь 35 % надрешетного продукта от проектного 60 %, что снижает содержание железа в руде, прошедшей сухую магнитную сепарацию.

Третьи исследователи [3] ищут оптимальную производительность сепаратора с учетом работы грохота и без него.

Анализ технических характеристик оборудования сухой магнитной сепарации и результаты его использования на горно-обогатительных комплексах (кусковатость, обогатимость горной массы, выход хвостов и процентное содержание железа в них) показали, что СМС позволяет отобрать из горной массы до 10-15 % пустых пород в зависимости от типа используемого оборудования. Так в работе [4] приведены результаты применения СМС, на основании которых сделан вывод, что сухая магнитная сепарация позволяет увеличить производство концентрата на 12-17 %, снизив расход руды на 1 т концентрата с 2,628 до 2,473 т.

На карьерах применяют различные способы повышения качества рудной массы: селективная выемка, взрывание рудного уступа с сохранением геологической структуры рудного массива, списывание сильно разубоженной горной массы в потери, усреднение полезного компонента в рудной массе путем смешивания разных сортов руд, предварительное сухое обогащение.

Анализ существующих способов повышения качества руды в очистном забое [5] показал, что, несмотря на современные научно-технические разработки, на производстве самым распространенным способом остается селективная выемка полезного ископаемого. Однако, с учетом тенденции увеличения вместимости ковшей экскавационного оборудования (от 3 до 20 м<sup>3</sup>) эффективность селективной выемки снижается, так как это приводит к повышенному разубоживанию рудной массы или большим потерям.

Учитывая данные таблицы 1 можно сделать вывод, что основным направлением повышения качества исходного минерального сырья является предварительное обогащение. Несмотря на высокую экономическую эффективность предобогащения непосредственно на обогатительных фабриках, особенно в связи с уменьшением затрат на измельчение, увеличение производства концентрата при тех же мощностях, она является недостаточной. Это обусловлено следующим:

- а) слиянием на обогатительной фабрике после крупного, среднего и мелкого дробления потоков руд разного типа. В том числе и тех, которые не подлежат сухой магнитной сепарации;

б) большими затратами на транспорт руды в карьере и от карьера до обогатительной фабрики;

в) затратами на транспорт мелкодробленных отходов предобогащения, подверженных процессу пыления, и необходимость их складирования с последующим орошением.

Более перспективным направлением является технология предобогащения руды в карьере. Эта технология включает в себя достоинства предварительной концентрации металла в руде и позволяет преодолеть недостатки ее использования на обогатительной фабрике. Кроме того, развитию технологии предобогащения руды в карьере способствуют используемые технологические схемы, современные разработки в области обогащения и конструкторские решения по обогатительному оборудованию.

Возможны следующие направления применения технологии предобогащения руды в карьере:

Первое. Переработка всего добываемого рудного потока, подлежащего сухой магнитной сепарации.

Второе. Выемка и переработка в карьере некондиционных кварцитов и использование части вскрыши, содержащих магнетит, как рудное сырье.

Третье. Выемка и переработка горной массы из приконтактных зон для снижения эксплуатационных потерь и разубоживания.

Применение технологии предобогащения руды в карьере эффективно там, где применяется циклично-поточная технология, так как имеется оборудование для крупного механического дробления. При переносе рудного автомобильно-конвейерного перегрузочного пункта на нижележащие горизонты, верхний перегрузочный пункт остается либо недозагруженный, либо законсервированный. Его можно переоборудовать под дробление некондиционных руд и части скальной вскрыши.

Оборудование, которое необходимо использовать при технологии предобогащения руды в карьере определяется следующими технологическими процессами:

- механическое дробление: крупное, среднее, мелкое;
- сухая магнитная сепарация: сепараторы для слабомагнитных и магнитных руд;
- транспортирование: передача руды и отходов с уступа на уступ, использование крутонаклонных конвейеров.

Согласно данным таблицы 2 для разных типов руд нужны различные стадий механического дробления. Для крупного дробления рационально применять хорошо зарекомендовавших себя конусные дробилки. Для среднего и мелкого дробления целесообразно применение конусных либо центробежно-ударных дробилок. Вышеуказанное оборудование могут производить на заводах Уралмаш, НКМЗ, ЗАО «Новые технологии» и др.

Применение технологии предобогащения руды в карьере возможно благодаря новейшим техническим разработкам в области сухого магнитного обогащения и создания магнитных сепараторов для предобогащения магнитных,

слабомагнитных и окисленных руд. Для магнитных и слабомагнитных кварцитов рекомендуется применять сепараторы нового поколения с магнитной системой, которые представлены ООО «НПП «Укрэкология», НПФ «Эрга» г. Калуга, ООО «НТЦ магнитной сепарации МАГНИС Лтд». Для гематит-мартитового железорудного сырья, характеризующегося низкой магнитной восприимчивостью, разработаны и применяются сепараторы сухой магнитной сепарации на основе сплава Nd-Fe-B. По окисленным рудам разработаны комплексы для сухого магнитного обогащения НПФ «Продэкология» г. Ровно.

Транспортирование горной массы непосредственно в технологическом комплексе или при выдаче на поверхность осуществляется различными видами транспорта: автомобильный, железнодорожный и конвейерный. В технологических комплексах в качестве передаточных звеньев рационально применять крутонаклонные конвейеры с целью экономного месторасположения оборудования на уступе или борту карьера. Крутонаклонные конвейеры могут транспортировать горную массу под углом  $35 - 70^\circ$ , т.е. соответственно углу откоса нерабочего борта карьера. Это является важным, поскольку их можно устанавливать на опорах по борту карьера, избежать разноса борта, как это необходимо при проведении наклонной граншей под конвейерный подъемник. Кроме того, появляется возможность устанавливать их на временно нерабочих бортах для отработки отдельных участков месторождения.

В зависимости от геологических особенностей, технологических и технических возможностей технология предобогащения руды в карьере может быть реализована в различных технологических схемах [6]: в очистном забое, передвижным дробильно-обогащительным комплексом, на перегрузочном пункте в карьере или на поверхности, в непосредственной близости от карьера. Однако принципиальным отличием каждого технологического комплекса является то, что минимизируются потери полезного ископаемого, уменьшается объем разубоживающих руд в горной массе, повышается качество рудной массы поступающей на обогащительную фабрику.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Испытание сухой магнитной сепарации на опытно-промышленной секции Стойленского горно-обогащительного комбината [Текст] / Л.С. Грабко, Ю.В. Панов, Н.Я. Головаченко [и др.] // Черная металлургия. - 1990. - № 2 (1090). - С. 47-53.
2. Воронов, Е.Ф. Опыт обогащения бедных железистых кварцитов [Текст] / Е.Ф. Воронов, Т.С. Красуя, В.К. Хмель // Горный журнал. - 1985. - № 11. - С. 26 - 31.
3. Совершенствование технологии обогащения на фабрике Азербайджанского ГОКа с применением сепараторов 2ПЭС-90/250 [Текст] / В.А. Сентемова, Л.В. Смирнова, М.Ф. Мухтаров [и др.] // Обогащение руд. - 1986. - № 3. - С. 11-14.
4. Кретов, С.И. Совершенствование технологии переработки руд Михайловского месторождения [Текст] / С.И. Кретов, С.Л. Губин, С.А. Потапов // Горный журнал. - 2006. - № 7. - С. 71-74.
5. Бабий, Э.В. О качестве рудного потока при технологии предобогащения руды в карьере [Текст] / Э.В. Бабий, М.А. Сенико // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. - Кривий Ріг: - 2010. - № 25. - С. 19-24.
6. Четверик, М.С. Формирование комплексов при технологии предобогащения руды в карьерах [Текст] / М.С. Четверик, Э.В. Бабий, А.А. Икол // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2007. - № 3. - С. 91-93.