

Ю.Н. ФИЛИППЕНКО канд. техн. наук,

Б.Н. ПИЛИПЕНКО

(Украина, Луганск, ГП "УКРНИИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ")

О ПЕРСПЕКТИВЕ ЗАПУСКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ОКИСЛЕННЫХ КВАРЦИТОВ В УСЛОВИЯХ КГОКОР

Технология, применяемая на отечественных железорудных ГОКах, предполагает обогащение преимущественно магнетитовых кварцитов (содержание Fe более 35%) с применением барабанных магнитных сепараторов слабого поля с полупротивоточной ванной.

Параллельно с магнетитовыми кварцитами (в качестве вскрышных пород) на ГОКах открытым способом извлекаются окисленные железистые кварциты (гематит-мартитовые руды с содержанием Fe 30-46%), которые считаются труднообогатимыми и складировуются в отдельные отвалы. К началу 1980-х годов все ГОКи Кривбасса, помимо отходов ("хвостов") обогащения, располагали значительными объемами извлеченных окисленных кварцитов, накопленных в рудных отвалах.

К этому времени отечественными НИИ были разработаны технические решения и технологические схемы извлечения Fe из гематитовых руд, что, наряду с наличием добытых и складированных запасов сырья, обусловили межгосударственные договоренности о начале строительства Криворожского горно-обогатительного комбината окисленных руд (КГОКОР), базовым сырьем, для которого являлись гематитовые руды.

В 1970-х годах ЦГОК являлся единственным предприятием, который использовал окисленные руды для получения железорудного концентрата по энергоемкой и экологически небезопасной технологии обжиг-магнитного обогащения. Отрицательное влияние обжиг-магнитного обогащения на окружающую среду, отказ от применения бурого угля и высокая стоимость природного газа требовали от разработчиков обогатительного оборудования принципиально новых решений конструкций высокоградиентных магнитных сепараторов, которые должны обогащать гематитовые руды без предварительной термической обработки.

В 1972-1974 г.г. на опытно-промышленной секции № 4 ЦГОКа был испытан ряд конструкций высокоинтенсивных магнитных сепараторов роторного типа с шариковым ферромагнитным наполнителем, сепараторы конвейерного типа, и сепараторы валкового типа со стержневой рабочей зоной. Сепаратор роторного типа с шариковой рабочей зоной ЭБШМ-1 в режиме кратковременных испытаний по 2-стадиальной схеме, включающей 7 (семь) операций магнитного обогащения, обеспечил получение концентрата с массовой долей Fe 55-60%, при извлечении в концентрат 50-60%. Другие типы сепараторов были испытаны по неполной схеме в связи с низкой механической или технологической надежностью.

Загальні питання технології збагачення

В начале 1980-х годов Министерство черной металлургии СССР оснастило 2 (двумя) сепараторами DP-317 Jones® WHIMS обогатительные секции Михайловского ГОКа (окисленные железистые кварциты) и Донского ГОКа (хромитовые руды). Опыт эксплуатации сепараторов DP-317 Jones® WHIMS заставил всех разработчиков отечественного обогатительного оборудования взять на вооружение для вновь разрабатываемой техники все прогрессивные технические и компоновочные решения этого сепаратора. В свою очередь, эти сепараторы устанавливали высокие требования к качеству технологических схем и культуре эксплуатации обогатительного оборудования на отечественных ГОКах. Наиболее уязвимыми техническими решения в сепараторах типа Jones®, в применении к отечественным рудам, оказались проблема быстрого зарастания обогатительных матриц сильномагнитными включениями продуктов сепарации и проблематичность синхронного срабатывания очистительных приспособлений относительно вращающегося ротора. Все это приводило к частым остановкам сепараторов DP-317 Jones®, разборке роторов, извлечению обогатительных матриц и их ручной очистке от неразгруженных продуктов обогащения и посторонних включений пульпы.

По итогам эксплуатации сепараторов DP-317 Jones®, руководством Министерства черной металлургии СССР было поставлено задание перед отечественными НИИ спроектировать отечественный аналог сепаратора, который должен иметь соразмерные параметры по габаритам, массе, производительности и параметрам обогатительной матрицы для проведения сравнительных испытаний.

Требования к аналогу DP-317 Jones®:

- применить апробированные конструкторские и технологические решения, удовлетворяющие требованиям отечественных предприятий, что позволит наладить массовый выпуск сепараторов на отечественных предприятиях;
- учесть специфику отечественных руд и особенности технологических линий отечественных ГОКов (наличие большого количество крупных, сильномагнитных или посторонних волокнистых включений пульпы);
- отказаться от дорогостоящих вспомогательных агрегатов и применять готовые промышленные разработки отечественных предприятий;
- отказаться от дорогостоящих конструкционных материалов и применять конструктивные решения с учетом низкой стоимости электроэнергии и оборотной воды.

Электромагнитный роторный сепаратор с ферромагнитным наполнителем для мокрого обогащения слабомагнитных руд ЭРФМ-1 был спроектирован институтом "Гипромашуглеобогащение" (г. Луганск) в содружестве с прочими отечественными НИИ как альтернативный проект сепаратору DP-317 Jones® WHIMS, и изготовлен на "Машиностроительном заводе им. А.Я. Пархоменко", (г. Луганск).

В 1984 году на опытно-промышленной секции № 4 ЦГОКа были проведены сравнительные испытания 2-стадиальной магнитной схемы с применением высокоинтенсивных магнитных сепараторов ВМС-100/2, 2/2 ЭРФМ-160 и

Загальні питання технології збагачення

ЭРФМ-1. По результатам испытаний сепаратор ЭРФМ-1 был принят к серийному производству и откорректированный под шифром 6 ЭРМ-35/315 был рекомендован для обогащения окисленных руд при отказе от обжиг-магнитной технологии на отечественных ГОКах. По результатам испытаний, проведенных в 1985-1986 годах ЦГОК заказал еще несколько модернизированных сепараторов 6 ЭРМ-35/315А для оснащения секции № 4 обогатительной фабрики.

В это время в Криворожском бассейне завершились детальные разведывательные работы на окисленных кварцитах Восточно-Валявківського месторождения (с запасами свыше 1,0 млрд. тонн), которые залегают на малых глубинах. Добыча этих руд планировалась открытым способом с последующей переработкой на КГОКОРе. При этом сепаратор 6 ЭРМ-35/315 был заложен в проект КГОКОРа как базовый и его массовое изготовление было передано в Чехословакию на предприятие VMZ (г. Спишка Нова Весь). Словацкая сторона укомплектовала обогатительные мощности КГОКОРа сепараторами 6 ЭРМ-35/315 в количестве 110 шт. (100 шт. – в технологических линиях и 10 шт. – в резерве). Стоимость этого оборудования является основной составляющей доли Словакии в стоимости КГОКОРа.

В 1997 ÷ 1998 г.г. ГОК КГГМК "Криворожсталь" выполнил рабочий проект реконструкции и технического перевооружения секции № 10 РОФ-2 для переработки окисленных руд. По проекту были установлены 5 (пять) высокоградиентных роторных сепараторов типа 6 ЭРМ-35/315.

В 2000 ÷ 2003 г.г. ГОКом КГГМК "Криворожсталь" были проведены пуско-наладочные работы по освоению технологии обогащения окисленных руд. Проектные показатели не были достигнуты. Лучшие показатели обогащения получены при производительности секции 130 т/ч (60 т/ч на 1 сепаратор первой стадии): массовая доля Fe в концентрате 59,0%, а извлечение Fe в концентрат 54,0%. Основными причинами низких технологических параметров являлись:

- выход из строя части катушек электромагнитной системы, что привело к понижению извлекающего усилия в обогатительной матрице
- блокирование большинства каналов обогатительных матриц сильномагнитными и минерально-органическими отложениями.

В 2004 ÷ 2005 г.г., после привлечения к работам на секции № 10 специалистов магнитного обогащения, была восстановлена работоспособность основных сборочных узлов и агрегатов сепараторов в модернизированном виде (коренной переделке подлежали только питатели, конструкция которых показала низкую эффективность). В ходе проведения работ были изменены параметры принудительного режима охлаждения блоков катушек, проведены сравнительные эксперименты в лабораторных условиях и физико-математическое моделирование аналогичного процесса.

Технологический пуск оборудования и отработка технологии первой стадии обогащения на секции № 10 (2 сепаратора 6 ЭРМ-35/315 из 4 по проекту) в декабре 2005 г. показала работоспособность оборудования и схемы обогащения после их модернизации и реконструкции.

Извлечение Fe в магнитный продукт сепараторами 6 ЭРМ-35/315 состави-

Загальні питання технології збагачення

ло 77,4% при проектном значенні 72,8%. Для оцінки можливості отримання кінцевого концентрата були проведені випробування повної схеми обогачення секції № 10, які забезпечили отримання масової частини Fe в концентраті 61,5%, при извлеченні Fe в концентраті 64,2%.

Высокоинтенсивный электромагнитный роторный сепаратор 6 ЭРМ-35/315 с 6 зонами обогачення площею 35 см² кожна, діаметром ротора 315 мм призначений для мокрого обогачення слабомагнітних окислених залізнитих кварцитів класу крупності менше 0,15 мм в 2 стадії.

Производительность сепаратора по твердому продукту составляет 65-100 т/ч в зависимости от минерального состава обогащаемого материала. Исходным питанием сепаратора является рудная пульпа (водная суспензия классифицированного материала, измельченного до крупности 95% кл.кр. -0,074 мм) при содержании в ней не менее 25% твердого материала. Обогащительные матрицы сепаратора закреплены в ячейках трех вращающихся роторах, и представляют собой блоки рифленых ферромагнитных пластин, разделенных воздушными каналами шириной 4 мм. В каналах обогащительных матриц обеспечивается пленочное течение пульпы вдоль рифленой поверхности пластин.

Верхний ротор сепаратора (индукция магнитного поля 0,3 Тл) предназначен для предварительного извлечения из пульпы ферромагнитных частиц (в т.ч. магнетита). Средний и нижний роторы (индукция магнитного поля 1,2 Тл) предназначены для извлечения из пульпы слабомагнитных минералов. Технические решения, заложенные в конструкцию сепаратора, позволяют обеспечить высокое извлечение и разгрузку слабомагнитных минералов в магнитный продукт и предотвращают блокирование каналов в процессе эксплуатации.

Мощность, потребляемая электромагнитной системой сепаратора, не превышает 190 кВт. Номинальная мощность электродвигателей привода и вентиляторов не превышает 56 кВт. Расход воды на промывку каналов и разгрузку продуктов обогачення не превышает 140 м³/ч. Удельный расход электроэнергии не превышает 2,33 кВт·ч/т. Сепаратор имеет габаритные размеры 6443 × 4983 × 6970 мм. Масса сепаратора составляет 183 тонны без учета массы шкафа системы управления и выпрямительного преобразователя.

Главным отличием сепаратора 6 ЭРМ-35/315 от иностранных аналогов являются: широкие каналы между рифлеными пластинами ферромагнитной матрицы и пленочное течение суспензии в каналах. Данное конструкторское решение обеспечивает высокое извлечение слабомагнитных минералов в магнитную фракцию, и предотвращает блокирование каналов неразгруженными продуктами обогачення. Конструкция ферромагнитной матрицы является базисом конструкции всего сепаратора. По состоянию на 2012 г. на территории стран СНГ не разработан и не изготовлен сепаратор, аналогичный 6 ЭРМ-35/315.

В единой технологической увязке с сепаратором 6 ЭРМ-35/315 применяется следующее вспомогательное оборудование:

- грохот для выделения из пульпы древесной щепы и минеральных частиц руды повышенной крупности;
- барабанный сепаратор на постоянных магнитах типа СБаМ (аналог ПБМ)

Загальні питання технології збагачення

для выделения из пульпы избыточного количества сильномагнитных частиц.

С 2011 г. в составе ГП "УКРНИИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ" сформирована рабочая группа магнитных методов обогащения с привлечением специалистов, которые участвовали в разработке и проведении ремонтно-восстановительных мероприятий на сепараторе 6 ЭРМ-35/315.

Рабочая группа провела анализ перспектив внедрения сепараторов 6 ЭРМ-35/315 в эксплуатацию на КГОКОРе. Анализ позволяет сделать следующие выводы:

- обогатительная матрица с эффектом самотечного, пленочного течения суспензии в канале шириной $\geq 4,0$ мм по поверхности скрещенных, рифленых пластин является реальной альтернативой матрице типа JONES® с эффектом принудительного течения суспензии в канале шириной $\leq 2,0$ мм между софусными и рифлеными пластинами;

- уникальная конструкция матрицы определяет рациональное компоновочное решение сепаратора 6 ЭРМ-35/315;

- сепаратор 6 ЭРМ-35/315 является только подобием сепаратора JONES® DP-317 WHIMS в части соотношения габаритов и производительности, но не является его аналогом;

- все выявленные недостатки технологических решений, вспомогательного оборудования и элементов конструкции сепаратора 6 ЭРМ-35/315 имеют эффективные технические решения, которые частично внедрены в конструкцию сепараторов типа ЭРМ более поздних разработок;

- неэффективное вспомогательное оборудование (сгустители, барабанные грохоты, барабанные сепараторы, фильтры очистки оборотной воды) должно быть заменено на современное высокоэффективное оборудование;

- существующая конструкция сепаратора 6 ЭРМ-35/315 обладает высоким механическим ресурсом и ресурсом к модернизации;

- модернизированные версии сепаратора 6 ЭРМ-35/315 могут эффективно применяться для обогащения слабомагнитных руд цветных металлов; переработки труднообогатимых хвостов обогащения руд цветных металлов; глубокой очистки кварцевых и циркониевых песков, пегматита, волластонита и пр. нерудных материалов от слабомагнитных примесей.

Рабочая группа подготовила Программу пуска сепараторов 6 ЭРМ-35/315 в эксплуатацию на КГОКОРе. Главной целью мероприятий рассматривается запуск сепараторов после длительного простоя в промышленную эксплуатацию в предложенной последовательности мероприятий:

- комплексное обследование состояние важнейших элементов конструкции (в т.ч. обмоток и обогатительных матриц) с предоставлением заключение о степени готовности, как отдельных сборочных единиц, так и сепаратора в целом к дальнейшей эксплуатации;

- предоставление рекомендаций по проведению ремонтно-восстановительных и модернизационных работ;

- проведение лабораторного исследования пробы сырья на обогатимость;

- разработка технико-экономического обоснования на внесение корректив

Загальні питання технології збагачення

в отдельные позиции технологической схемы цепи аппаратов ОФ;

- разработка плана мероприятий по модернизации элементов конструкции сепаратора с целью повышения эффективности эксплуатации, повышения качества продуктов обогащения и снижения потребления электроэнергии;
- разработка конструкции и модернизированных обогатительной матрицы для достижения максимального извлечения Fe в магнитный продукт и определение ожидаемых показателей обогащения;
- организация проведения ремонтно-восстановительных и модернизационных работ с привлечением собственных производственных мощностей;
- организация поставки необходимого вспомогательного оборудования.

© Филиппенко Ю.Н., Пилипенко Б.Н., 2011

*Надійшла до редколегії 21.11.2011 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*