

А.В. БУЛАХ, канд. техн. наук,

О.А. БУЛАХ, М.В. ШВЕЦ

(Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет)

ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОГО ОБОГАЩЕНИЯ СМЕШАННЫХ РУД

В последние годы минерально-сырьевой комплекс Украины обеспечивает около 40% доходов госбюджета. Существенную долю валютных поступлений Украина получает за счет экспорта первичного минерального сырья, прежде всего, железорудного концентрата, агломерата, окатышей.

В недрах Украины сосредоточена значительная часть мировых разведанных запасов железных руд. При общей численности населения Украины, что составляет приблизительно 0,65% общей численности населения Земли, страна обеспечивает около 15% мировой добычи железорудного сырья. Добыча и переработка железорудного сырья составляет основу экономики Украины.

Во многих регионах страны железорудные предприятия, включая обслуживающие организации, являются градообразующими и обеспечивают до 80% рабочих мест. Криворожский железорудный бассейн является основой всей горнодобывающей отрасли промышленности. Наряду с тем, что в нем широкими темпами добываются и перерабатываются на пяти горно-обогатительных комбинатах магнетитовые кварциты, а руды, имеющие частичное окисление, с массовой долей магнетита в пределах 5-15%, в настоящее время складированы, создавая при этом сложную экологическую обстановку в городе.

Большинство железорудных месторождений образовались в результате магматогенных, седиментационных (экзогенных) и метаморфических процессов. Они характеризуются, исключительно, разнообразием по геологическому возрасту, генетическим и морфологическим типам, размерам и условиям залегания, а также по вещественному составу, обогатимости и металлургическим свойствам руд.

Основными минералами, определяющими промышленную ценность железорудных месторождений являются магнетит, гематит, мартит, гетит. В смешанных (полуокисленных) железных рудах соотношение главных рудных минералов колеблется в широких диапазонах в зависимости от физико-химических процессов метаморфогенного рудообразования. Промышленного использования этих руд, как сырьевой базы для предприятий Украины нет.

Проблема регулирования процесса недропользования в Украине и странах СНГ обсуждалась неоднократно с различных точек зрения. Это связано с тем, что в последние годы накоплен значительный научно-технический потенциал в области технологий по переработке железорудного сырья различного минерального состава. В отечественной практике железорудное сырье с массовой долей железа магнетитового до 15% практически не перерабатывается, а складировано в отвалы.

Загальні питання технології збагачення

В станах дальнього зарубіжжя ростуть масштаби обогачення бідних смешаних руд різного мінерального складу. Причому, на багатьох підприємствах США, Канади, Китаю, добувають і обогачають дані руди різного хімічного складу, вкрапленості і текстурно-структурних особливостей, ніж в Україні і країнах СНГ.

Обогачуваність руд і масова частка заліза в кінцевих концентратах залежить від їх фізичних властивостей, що визначають розкриття рудних і нерудних мінералів в процесах дроблення і измельчення і обумовлюють застосування тих або інших методів обогачення.

Застосовувані в даний час технології переробки залізистого сировини в Україні і СНГ вимагають удосконалення, що обумовлено складною рудною базою розроблюваних родовищ і невисокою конкурентоспроможністю отримуваних концентратів.

Розв'язанням даної задачі є збільшення повноти і комплексності використання залізистого сировини, зменшення витрат на його переробку шляхом впровадження нових технологій і економічних рішень і, що часто буває, їх поєднання.

Головним умовом використання нових технологічних рішень при переробці смешаних залізистих руд лежить в області дослідження закономірностей їх измельчення, розкриття рудних і нерудних мінералів, магнітної сепарації для знаходження оптимальних режимів і параметрів цих процесів для забезпечення максимального вилучення всіх рудних мінералів.

Методологічною основою рішення проблеми підвищення ефективності використання полуюкислених залізистих руд є фундаментальні дослідження процесів измельчення, магнітної сепарації в слабкому і сильному полях, удосконалення технології переробки руд на кращих обогачувальних підприємствах країн ближнього і дальнього зарубіжжя.

На основі вищезазначеного, авторами були виконані дослідження по розробці екологічно безпечної і високоєфективної технології переробки смешаних (полуюкислених) залізистих руд з отриманням концентрату, що відповідає вимогам європейського якості.

Для експериментальних досліджень були представлені проби смешаних залізистих руд Кривбасу і КМА. Уже на першому етапі досліджень в пробах, дроблених до крупності 0-3 мм спостерігається збільшення утворення шламу. Масова частка шламу коливається від 5,1 до 8,6%. В більшій мірі шламоутворенню підлягають магнетит-гематитові різновидності руд.

При измельченні проб до прийнятої крупності першої стадії рудопідготовки 70% класу -0,074 мм масова частка шламучастиць в пробах збільшилась до 15-19%, а при измельченні до крупності 95-96% класу -0,044 мм, масова частка дисперсних частиць збільшується до 25-26%. Відомо, що об'єднуються дисперсні частиці рудних і нерудних мінералів негативно впливають на подальший обогачувальний передел [1, 2].

Результати мінералогічного і хімічного аналізів досліджуваних проб свідчать про те, що магнетит асоціює з певною часткою квар-

ца, что значительно усложняет технологии получения высококачественного концентрата, как из магнетитовой, так и окисленной частей железорудного сырья.

С целью определения особенностей технологических свойств проб смешанных железных руд при использованиях использовались следующие варианты: рудоподготовка с последовательным измельчением и обогащением; измельчение и классификация по граничной крупности конечного продукта с последующим обогащением.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что при стадийном магнитном анализе обесшламленных проб массовая доля железа в объединенных магнитных продуктах на 0,6-1,8% ниже по сравнению с массовой долей объединенного магнитного продукта, полученного по второму варианту (рис. 1). Это подтверждает, что магнитные флоккулы, образующиеся после первой стадии сепарации значительно ухудшают дальнейший процесс как рудоподготовки, так и магнитного разделения. Кроме того, наличие дисперсного магнетита в нерудных и малорудных зернах предопределяет нарушение селекции при сепарации.

Таким образом, основным и определяющим фактором, вызывающим нарушение селекции при обогащении смешанных (полуокисленных) железных руд в слабом и сильном магнитных полях являются текстурно-структурные особенности сырья – наличие сростков остаточного магнетита с гематитом, мартитом, кварцем.

На разделительный процесс минеральных частиц смешанных руд в магнитном поле оказывает влияние их крупность. С уменьшением крупности материала длительность его закрепления пропорционально возрастает, вследствие чего, уменьшается извлечение железа в магнитный продукт.

Выделение сильномагнитных минеральных частиц из подготовленного сырья довольно эффективно при использовании сепараторов типа ПБМ.

Для выбора наиболее эффективного магнитного сепаратора при обогащении слабомагнитных минеральных частиц испытывались аппараты с горизонтальным и вертикальным направлением вектора индукции магнитного поля. Направление вектора индукции магнитного поля в сепараторе оказывает существенное влияние на процесс разделения смешанных железных руд, так как может совпадать или не совпадать с направлением подачи исходного питания. В случае совпадения этих векторов уменьшается вероятность перекрытия рабочих зазоров сепараторов сильномагнитными частицами (магнетитом), которые присутствуют в питании. При несовпадении векторов индукции поля и подачи исходного питания опасность зарастания рабочих зазоров увеличивается.

Для проведения испытаний магнитного обогащения смешанных железных руд с горизонтальным направлением вектора индукции магнитного поля использован стендовый роторный сепаратор, созданный ООО "НТЦ МАГНИС ЛТД", рабочие матрицы которого выполнены в виде зубчатых пластин. С вертикальным направлением вектора индукции магнитного поля использовался высокоинтенсивный магнитный сепаратор LGS WHIMS компании LONGI (Ки-

Загальні питання технології збагачення

тай), рабочие матрицы которого представляют собой стержневые феррозакполнители. Кроме того, в рабочей зоне данного сепаратора установлен пульсатор, обеспечивающий периодически, с заданной частотой, возвращение пульпы в матрицу, что способствует повышению точности процесса разделения.

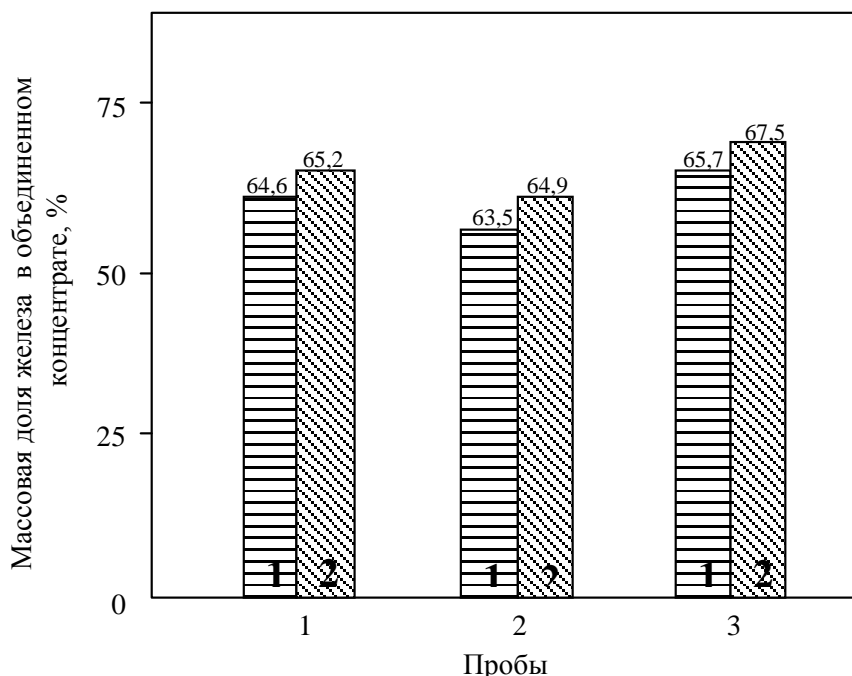


Рис. 1. Гистограммы качественных показателей магнитного анализа проб при стадийной (1) и совмещенной (2) стадий сепарации: пробы: 1 – гематит-магнетитовая; 2 – магнетит – гематитовая; 3 – гематит-силикат-магнетитовая

Как показали результаты исследований (таблица), применение в технологии обогащения высокоградиентных сепараторов LONGI в окисленной ветви схемы способствует получению более качественного концентрата при значительных сокращениях потерь железа в хвостах. Это достигается за счет низкого рассеивания магнитного потока, равномерность индукции магнитного поля в рабочей зоне сепаратора. Кроме этого, подача исходного питания и смывная вода расходятся в противоположных направлениях относительно матриц, способствуя саморазгрузке весьма крупных частиц рудной массы, не прошедших через зазоры в матрице.

Загальні питання технології збагачення

Сравнительные испытания обогащения смешанных железных руд
на сепараторах ЭРЛ и LONGI

Исходный продукт, сепаратор	Массовая доля Fe _{общ} , %	Магнитный продукт, %			Немагнитный продукт, %		
		выход	массовая доля железа	извлечение	выход	массовая доля железа	извлечение
Магнетит-гематитовая руда, сепаратор ЭРЛ	28,7	28,9	62,7	63,1	71,1	14,9	36,9
Магнетит-гематитовая руда, сепаратор LONGI	28,7	30,1	63,8	66,9	69,9	13,6	33,1
Гематит-магнетитовая руда, сепаратор ЭРЛ	23,4	17,9	61,1	46,7	82,1	15,2	53,3
Гематит-магнетитовая руда, сепаратор LONGI	23,4	18,1	62,4	48,3	81,9	14,8	51,7
Гематит-силикат-магнетитовая руда, сепаратор ЭРЛ	26,3	18,1	60,8	41,8	81,9	18,7	58,2
Гематит-силикат-магнетитовая руда, сепаратор LONGI	26,3	22,8	62,5	54,2	77,2	15,6	45,8

На основе опыта работы передовых зарубежных фабрик, перерабатывающих аналогичное сырье, а также на основе собственных экспериментальных исследований определены технологические возможности магнитного обогащения смешанных железных руд с предварительной подготовкой сырья к обогащению.

Операция обесшламливания способствует высокоэффективному ведению процесса магнитного обогащения, как в сильном, так и слабом магнитных полях.

Рекомендуемая технология обогащения смешанных руд в условиях Михайловского ГОКа обеспечит получение суммарного товарного концентрата с массовой долей железа общего 66,2% при извлечении 75,1% (рис. 2). Такая технология будет способствовать комплексной переработке железорудного сырья и обеспечит конкурентоспособность товарной продукции.

Загальні питання технології збагачення

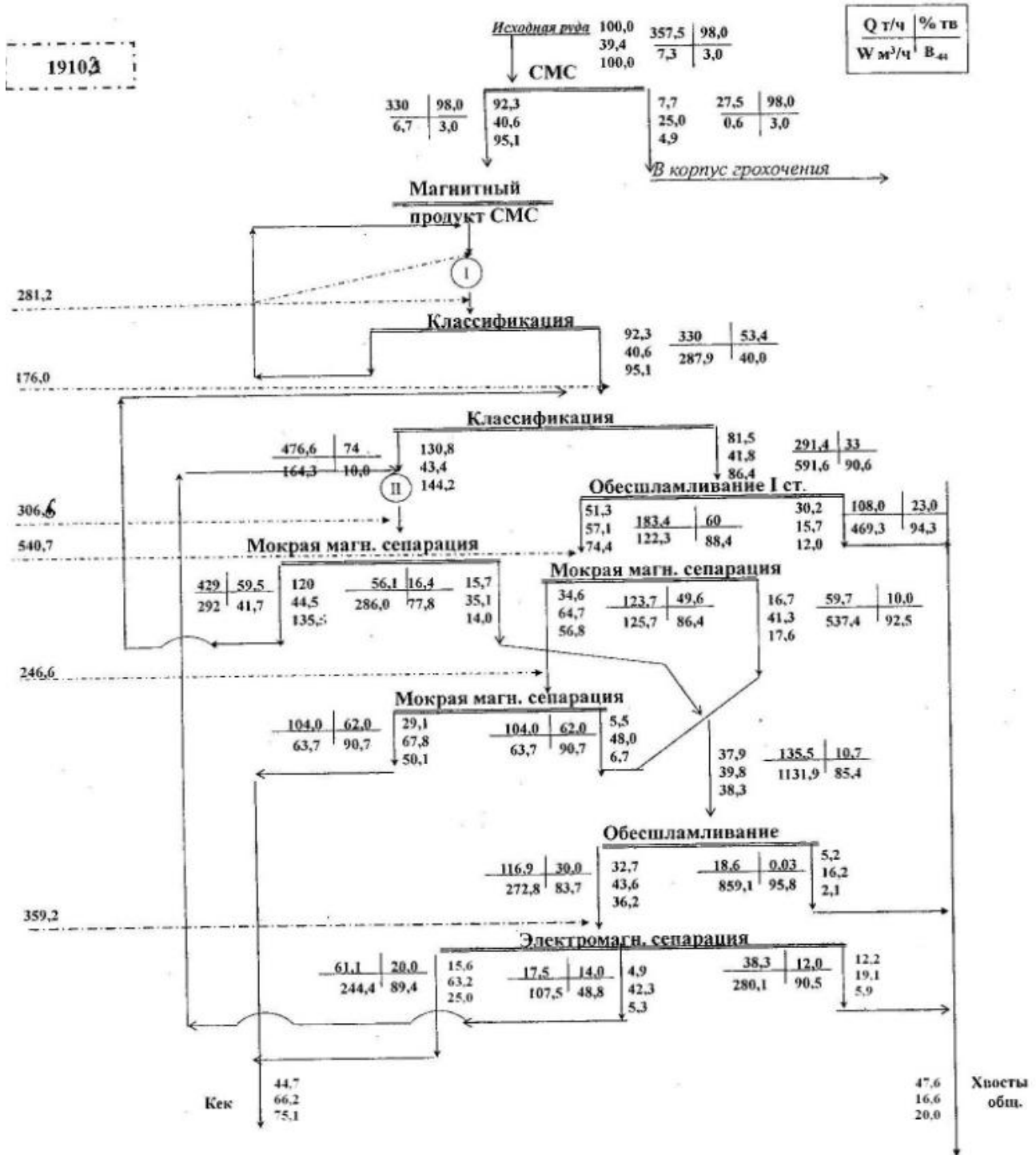


Рис. 2. Рекомендуемая схема обогащения железистых кварцитов на Михайловском ГОКе

Выполненные исследования позволили разработать и рекомендовать к внедрению новые технические решения комплексной переработки смешанных (полуокисленных) железных руд, обеспечивая, при этом, получение высококачественного товарного концентрата с массовой долей железа 65-66,2%.

Список літератури

1. Грицай Ю.Л., Педан М.В., Герасимова З.Ф. Исследования по закреплению дисперсных рудных минералов на поверхности кварца при измельчении железистых кварцитов // Обогащение руд черных металлов. – М.: Недра, 1980. – С. 3-9.
2. Тарасенко В.Н., Кравцов В.Н., Кравцов Н.К. Совершенствование процесса извлечения рудных минералов при магнитном обогащении гипергенно-измененных железистых кварцитов Кривбасса // Геолого-мінералогічний вісник. – 2000. – № 1-2 (3-4). – С. 100-104.

© Булах А.В., Булах О.А., Швець М.В., 2013

*Надійшла до редколегії 13.09.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*