



29.06.2022г.

г. Москва

Технология сухого обогащения

Технология «сухого» обогащения интересует разработчиков, вероятно, столько же времени, сколько ведутся промышленная добыча и переработка минерального сырья. Отсутствие потребления технологической воды, необходимости сушки продуктов обогащения, потребности в прудах шламонакопителях, сниженные капитальные затраты — далеко не полный перечень преимуществ «сухих» методов обогащения.

Еще в 20-е годы прошлого столетия делались попытки разделять минералы, используя силу воздушных потоков. Однако метод сначала не отличался высокой эффективностью и сопровождался слишком большими потерями полезных компонентов.

Существовавшие ранее, как и производимые в настоящее время на Украине, в Китае и ряде Европейских стран машины сухого обогащения (сепараторы псевдосжиженного слоя), просто копируют принцип действия отсадочных машин гидравлического типа, без учета существенного изменения вязкости и плотности несущей среды. Это привело к невысокой эффективности процессов, реализуемых на данных машинах. Принципиальные их отличия, в основном, касаются механизмов разгрузки продуктов обогащения.

Принцип действия сепараторов псевдосжиженного слоя следующий (рис. 1.). Обогащаемая руда поступает на наклонную подвижную деку сепаратора. Снизу через перфорацию деки поступает под давлением воздух, у некоторых машин воздух пульсирует. За счет вибрации деки и разрыхления горной массы восходящим воздухом происходит движение продукта по деке с одновременным расслаиванием по плотности (сегрегацией). Более тяжелые продукты опускаются вниз к поверхности деки, более легкие концентрируются в верхнем слое. Далее разделенные продукты удаляются с деки с помощью различных видов механизмов (роторным или пневматическим разгрузчиком и т.д.). Толщина слоя горной массы (постели), находящейся на деке, зависит от крупности перерабатываемой руды и изменяется в диапазоне от 100 до 500 мм.

Увеличение толщины постели позволяет увеличивать производительность машины, но одновременно снижает эффективность сепарации.

В настоящее время пневмосепарация широко используется во многих странах (в основном в угольной промышленности), хотя ее недостатки хорошо известны. Пик ее применения пришелся на 50–60-е годы XX века. Академия наук Китая откровенно признается, что китайские угледобывающие предприятия вынуждены использовать низкоэффективную технологию обогащения ввиду расположения большого количества месторождений в безводных и высокогорных районах с суровым климатом. Для нашей страны использование низкоэффективной технологии, допускающей высокие потери угля, не является оправданным.

Разработки последних лет могут коренным образом изменить ситуацию. Компания «Гормашэкспорт» совместно с учеными ООО «Промобогащение» (Новокузнецк) разработали принципиально новую технологию сухого обогащения для различного вида материалов — «СЕПАИР®». Заложенный в нее процесс пневматической сепарации позволяет получать наилучшие результаты при наименьших затратах и использовать сухое обогащение не только для угля, но и для руд цветных металлов и золота, металлургических шлаков, нерудных материалов и др. продуктов.

Уникальность технологии заключается не только в низких затратах на обогащение, но и в высокой эффективности процесса. На сегодняшний день данная технология является уникальной в своей области и не имеет аналогов. Она позволяет значительно повысить качество обогащения исходного продукта, при этом в несколько раз снизив затраты на технологическое оборудование и капитальные сооружения. Кроме того, значительно упрощается сам технологический процесс и, в конечном итоге, в 5–7 раз снижается стоимость обогащения тонны сырья.

Чтобы не поднимать наверх вмещающие породы, оборудование можно устанавливать на дне карьера или непосредственно в шахте.

Еще раз отметим, что ни один из существующих технологических комплексов на сегодняшний день не способен показать более высокие результаты, чем установка «СЕПАИР®», потому что ее отличает:

- возможность получения на одной установке любого количества продуктов различной плотности;
- возможность плавного регулирования плотности получаемых продуктов без остановки технологического комплекса;
- отсутствие потребления воды;
- отсутствие необходимости сушки продуктов обогащения;
- сухое складирование отходов обогащения, в т.ч. шламов;
- низкая стоимость процесса обогащения;
- возможность размещения установки в шахте или на дне карьера;
- возможность работы под открытым небом.

В технологии «СЕПАИР®» и одноименном комплексе пневматической сепарации реализован совершенно новый принцип, не реализованный ранее в машинах пневматической сепарации, — принцип разделения продуктов по плотности в восходящем потоке воздуха, создаваемом в сопле, которое расположено над перфорированным полотном. Высокая эффективность процесса обеспечивается тем, что во время сепарации происходит не разделение всей горной массы единым потоком, а обеспечивается двухстадиальное разделение по заданной границе плотности для каждого отдельно взятого зерна перерабатываемого материала. Реализация процесса заключается в следующем.

Обогащаемый материал размещается на движущейся сетке. Толщина слоя зависит от крупности перерабатываемого материала и может быть кратна 1–5 размеру максимального куска материала (1 — для продуктов с крупностью от 20 до 100 мм, 3–5 — для продуктов с крупностью до 10 мм). Над сеткой расположены всасывающие сопла, в которых создается вертикальный поток воздуха. Материал, движущийся по сетке, поступает в зону под соплом, где на него начинает действовать вертикальная аэродинамическая сила. Если плотность материала значительно превышает плотность, по которой происходит разделение продуктов, то материал остается на ленте и удаляется из зоны сепарации. Если материал имеет плотность меньше или близкую к плотности разделения, то он за счет аэродинамической силы поднимается в сопло. В сопле накапливается взвешенный слой, состоящий из частиц, имеющих плотность, равную плотности разделения. Частицы, имеющие плотность меньше плотности разделения, проходят вертикально вверх через взвешенный слой и воздухом удаляются из процесса. Более тяжелые частицы возвращаются на ленту и так же удаляются из процесса за счет движения ленты. Плотность, по которой происходит разделение в сопле, регулируется за счет геометрических параметров сопла и аэродинамических характеристик восходящего потока. При необходимости разделения продукта на несколько классов различной плотности процесс повторяют нужное количество раз (над сеткой устанавливают несколько сопел).

Повторяемость процесса подтверждена десятками тысяч экспериментов, проведенных на лабораторной установке в период создания технологии. К настоящему времени проведены тестовые испытания сырья десятков месторождений на пилотной установке «СЕПАИР®» в Новосибирске. Получены результаты эксплуатации промышленной установки.

«СЕПАИР®» предназначен для сухого гравитационного обогащения руд и нерудных материалов, металлургических шлаков, золота, аламазосодержащего сырья. При плотности продуктов более 3,0 т/м³ максимальная крупность сортируемых частиц составляет 50 мм. Обогащение ведут на продуктах, прошедших предварительную классификацию по классам, например, минус 1, 1–4, 4–10, 10–25, 25–50 мм.

Установка позволяет производить разделение исходного материала на продукты, различающиеся друг от друга по плотности на 0,01–0,1 г/см³. Изменение границ плотности можно плавно осуществлять в процессе работы установки без ее остановки.

В одной установке возможно получение любого количества продуктов различной плотности. Например, в случае необходимости возможно разделение руды на 4–12 фракций различной плотности, а соответственно и химического и минералогического состава. В настоящее время разработаны модели сепаратора, обеспечивающие разделение исходного продукта на 2, 3, 4 и 5 различных продуктов.

Исследования процессов обогащения различных видов руд показали, что метод применим как для предварительного обогащения руд цветных металлов и золота, так и для обогащения концентратов при доводочных операциях.

Использование технологии «СЕПАИР®» для предварительного обогащения руд позволяет существенно снизить затраты на обогащение за счет сокращения объема руды, поступающей на измельчение. Результаты обогащения рудной мелочи Малевского золото-полиметаллического месторождения (рис. 4) показали, что данный метод позволяет более чем в два раза сократить объем руды, поступающей на дальнейшую переработку.

При обогащении мономинеральных руд использование данной технологии позволяет получать концентраты высокого качества при высоком извлечении полезных компонентов.

На рис. 5 показан концентрат, полученный в результате обогащения золотоносных песков с введенными имитаторами золота из хромосодержащего сплава.

«СЕПАИР®» можно эксплуатировать в любых климатических условиях. Для монтажа комплекса требуется возведение минимального количества зданий и сооружений. В случае эксплуатации при температурах от минус 30 до +50°С необходимо обеспечить только укрытие комплекса от осадков и ветра. В отапливаемом помещении должна находиться только пультовая установка.

Технологические испытания руд на эффективность пневматической сепарации проводятся на опытной установке «СЕПАИР®» в Новосибирске. На пробах массой 0,2–2,0 т по запросу заказчика производится оценка оптимальной крупности дробления, подбираются оптимальные технологические режимы пневмосепарации. После выбора параметров технологии на опытной установке промышленный комплекс «СЕПАИР®» поставляется под ключ.

Он включает в себя:

- дробильно-сортировочную установку;
- установку пневматической сепарации;
- систему конвейерного транспорта;
- комплекс складирования продуктов обогащения;
- системы управления и аспирации.

Для предварительного обогащения руд непосредственно на дне карьера комплекс можно поставить в мобильном исполнении.

Остается только еще раз напомнить, что предлагаемая технология не имеет аналогов в мире, а ее использование позволяет существенно расширить возможности технологических процессов по сравнению с традиционными и одновременно обеспечить высокую их эффективность при значительно более низкой себестоимости.

Комментарии, отзывы, вопросы.

Вопрос: Пожалуйста, сообщите возможно ли применение вашего метода и соот-го оборудования для обогащения сурьмяной руды? Мы выкупили месторождение в Афганистане и ищем поставщика оборудования (желательно полной линии). Уже есть предложение от китайцев, но хотелось бы рассмотреть т другие варианты. Интересует самый бюджетный вариант.

Ответ: Все зависит от состава вашей руды. Надо смотреть отчёты об обогатимости а если их нет выполнять в полном объеме.

Вопрос: Меня интересует обогащаемость окисленной полиметаллической руды. Содержание руды: Магний, Марганец, Алюминий, Хром, Никель, Кобальт, Железо, Медь. Какова возможность извлечения, как всех металлов, та и каждого металла в отдельности.

Ответ: ответ на ваш вопрос дадут только исследования.

Комментарий: Сухой метод обогащения для золотосодержащих руд вполне реально можно использовать, но при этом извлекается металл (минералы) с размерами зерен не менее 0,040 мм. Это связано с необходимостью нейтрализовать силы сцепления между частицами, чем тоньше их величина, тем большие усилия необходимо применять.

Жизнь показала, что над сухим методом обогащения работают как Кузьмин, Степанов, Матвеев (ИГДС), Урванцев (Золотая корона) и др. в том числе и я. Главное преимущество сухого метода обогащения это возможность использовать модульные мобильные установки, непосредственно вблизи от добычного забоя, при этом хвосты обогащения могут быть направлены в отработанное пространство. По утверждению "Золотая корона" себестоимость обогащения сухим методом примерно в 2 раза экономичнее традиционных методов. Эта же группа утверждает, что сухим методом можно извлекать золото с размером частиц 0,020 мм. Мои достижения

начались, когда разработал новую конструкцию роторной мельницы для возможности обогащать металлургические шлаки. Изучив функциональные возможности новой конструкции роторной мельницы, реально ощутил возможность сухого метода обогащения железосодержащих руд (Кривбасс), золотосодержащих руд (Якутия и Магадан), а так же техногенных месторождений. Конструктивные особенности роторной мельницы позволяли мне качественно извлекать как золото так и другие тяжелые минералы размером 0,040 мм и более. Это обусловлено тем, что те кулоновские силы на минеральных частицах размерами 0,040 мм и более полностью нейтрализовались в рабочей камере роторной мельницы, а для более тонких частиц необходимы более мощные режимы. В результате, образуемый сыпучий продукт из мельницы поступал на сепарацию и качественно разделялся. Измельченная руда в шаровой мельнице без дешламации непригодна для ее разделения, по этому обогащение тонко измельченного продукта осуществляют традиционным методом, в водной среде. Качественными показателями нового - сухого метода обогащения - это получение железистого концентрата, где содержание кварца менее 2%, это как для магнетита так и для гематита, получение марганцевого концентрата, где марганца более 40%, получение золотосодержащего концентрата с содержанием золота более 30% (размер золотин более 0,040 мм).