

Введение

Предварительная сепарация руд представляет собой процесс удаления отдельных кусков пустых пород и убогих некондиционных руд из крупнодробленой горной массы¹. Целью применения методов предварительной сепарации является получение обогащенного продукта, который направляется на обогащение и крупнукусового материала с отвальными концентрациями полезных компонентов.

Применение предварительной сепарации приводит к уменьшению объема руды для мелкого дробления и измельчения, что приводит к снижению общих эксплуатационных затрат на обогащение. Уменьшенный объем перерабатываемого материала позволяет использовать более компактное оборудование, следовательно, уменьшаются размеры обогатительной фабрики, что приводит к выигрышу и в капитальных затратах. Из-за заметного улучшения качества сепарированной руды наблюдается эффект повышения извлечения полезных компонентов в основных обогатительных процессах, что часто приводит к повышению сквозного извлечения [10].

С другой стороны, низкая себестоимость процесса сепарации может привести к вовлечению в переработку бедных руд (или пересчет контура балансовых руд из-за снижения бортового содержания), а следовательно, и к увеличению производительности горного предприятия, срока эксплуатации рудника и чистого дисконтированного дохода [20].

В России разработки различных методик предварительной сепарации имеют давнюю историю, некоторые труды приведены в библиографии [2–8]. В настоящее время применяется большое количество методик предварительной сепарации, основанных на физико-механических характеристиках руды:

- плотности (отсадка, тяжелосреднее обогащение углей, алмазного, хромитового, баритового и других видов сырья);
- магнитной восприимчивости (сухая магнитная сепарация дробленой железной руды и др.);
- по форме частиц (обогащение асбеста, слюд и пр.);
- по размеру частиц (промывка и другие операции классификации сырья);
- использование объемных эффектов при фазовых переходах и декрипитации (обогащение сподумена) и т.д.

Наконец, существует огромное количество методов предварительной сепарации, основанной на ре-

Таблица 1

Типы сенсоров для сортировки руды

Тип излучения	Длина волны, м	Тип сенсора	Распознаваемое свойство руды
Гамма-излучение	10^{-12}	Радиометрический	Естественное гамма-излучение
	10^{-11}		
	10^{-10}		
Рентгеновское излучение	10^{-9}	Рентгенографический/ Рентгено-флуоресцентный	Атомная плотность/ Видимая флуоресценция
	10^{-8}		
Ультрафиолетовое излучение	10^{-7}	Камера для цветной съемки, фотометрический	Отражающая способность, яркость, люминесценция, прозрачность, форма/ Монохромное отражение/абсорбция
Видимое излучение	10^{-6}		
Ближний инфракрасный диапазон	10^{-5}	Ближний инфракрасный спектрометр	Отражение/абсорбция
	10^{-4}		
Инфракрасное излучение	10^{-3}	Инфракрасная камера	Термоэлектрическая проводимость, рассеивание тепла
Микроволновое излучение	10^{-2}		
	10^{-1}	Микроволновый инфракрасный	Разница в скорости нагревания
Радиоволновое излучение	$10^1 - 10^2$	—	
Переменный ток	$10^3 - 10^4$	Электромагнитный Проводимость	

гистрации различных спектральных характеристик руды (табл. 1 — с использованием [3, 8, 20]). Эти методы вместе называют спектральными или сенсорными (sensor-based sorting).

В последнее время все больше внимания уделяется спектральным методам сортировки и, особенно, XRT-сортировки, которая позиционируется как некий универсальный метод предварительной сортировки и концентрации руды. На горнодобывающую промышленность приходится 2–3 % мирового энергопотребления. Производители оборудования указывают, что сенсорные сортировочные установки способны снизить энергопотребление на 15 %, а также сократить расход воды на 3–4 м³ на каждую тонну руды. Именно этот метод сортировки руд мы постараемся всесторонне обсудить в настоящей публикации.

Мировыми центрами производства сортировочного сенсорного оборудования являются немецкие фирмы TOMRA² и STEINERT³. Здесь изготавливают сортировочные аппараты для пищевой промышленности, переработки вторичных материалов и горнорудной промышленности, основанные на применении различных типов сенсоров.

Компания DebTech (подразделение De Beers) разработала сортировочный комплекс XRT Coarse

¹ Видео <https://www.youtube.com/watch?v=Z5vxJIHFc2U>

² <https://www.tomra.com/ru-ru/sorting/mining..>

³ <https://steinertglobal.com/mining/>