

УДК 622.7.004.183

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Докт. техн. наук, проф. БОКУН И. А.

Белорусская государственная политехническая академия

В практике обогащения полезных ископаемых, к которым относится классификация зернистых материалов, широкое распространение получили гравитационные методы, основанные на различиях в скоростях движения частиц зернистого материала в водной или воздушной среде под действием гравитационных сил.

Условия движения зерен в гравитационных обогатительных машинах характеризуются закономерностями массового взаимодействия группы зерен, при котором каждое из них испытывает влияние окружающих, а взвешивающая среда ощущает динамическое воздействие как каждого зерна в отдельности, так и всей движущейся массы в целом. При этом совместное движение зерен сопровождается не только гидродинамическим сопротивлением, но и возникновением трения частиц друг о друга и стенки аппарата, что способствует возникновению дополнительного сопротивления, которое изменяет характер движения каждой отдельной частицы.

Отсадочные машины многочисленных конструкций, используемые для разделения зернистых материалов, в основном работают со стационарным потоком. Однако, как показали опыты, эффективно работают отсадочные машины с пульсирующей подачей взвешивающей среды [1].

Несмотря на то, что установки с пульсирующим слоем, относившиеся к аппаратам с интенсивным протеканием процессов, осуществляемых за счет обмена количеством движения между взвешивающей средой и твердым зернистым материалом, применялись для обогащения и флотации в горно-металлургической промышленности еще в XV столетии, до сегодняшнего дня продолжают дискуссии об их эффективности [1, 6].

В пневматических отсадочных машинах с неподвижной рабочей поверхностью процесс расслоения материала происходит в стесненных условиях под воздействием пульсирующих воздушных потоков.

Повышение эффективности работы машин с пульсирующей подачей взвешивающей среды происходит за счет возрастания скоростей воздуха в отдельные периоды цикла пульсаций и динамического характера его воздействия на слой зернистого материала, что периодически приводит слой в более разрыхленное состояние, способствующее усилению кон-

центрации материала в продольном и поперечном направлениях на рабочей поверхности.

Вследствие динамического воздействия прерывистых (пульсирующих) струй взвешивание материала наступает при меньших на 15–20 % расходах газа по сравнению со стационарным потоком.

Как показали исследования, среднеинтегральная скорость перехода слоя во взвешенное состояние при прерывистой подаче воздуха может быть определена по формуле Тодеса [2] с введением поправки на прерывистость потока

$$Re = \frac{Ag}{(1400 + 5,22 Ag) [1 + 2 / \pi \sin(2n + 1)2\pi f\tau]}, \quad (1)$$

где $Re = \frac{Wd}{\nu}$ – критерий Рейнольдса;

$$Ag = \frac{gd_3^3}{\nu^2} \frac{\rho_m - \rho_r}{\rho_r} \text{ – критерий Архимеда;}$$

W – скорость фильтрации;

d_3 – эквивалентный диаметр частиц;

ν – коэффициент кинематической вязкости;

ρ_m – плотность зернистого материала;

ρ_r – плотность взвешивающей среды;

f – частота пульсаций;

τ – время;

g – ускорение силы тяжести.

При определении критериев Re и Ag используется эквивалентный диаметр зерен, который может рассчитываться по размерам проходного и непроходного сит (d_1 и d_2) и весовому составу зерна исходного класса q_i [3]:

$$d_i = \sqrt[3]{\frac{d_1^2 d_2^2}{d_1 + d_2}}; \quad d_3 = 1 / \sum_{i=1}^k \frac{q_i}{d_i},$$

где k – число исходных классов в слое рассева.

Эффективность разделения зернистого материала при пульсирующей подаче воздуха осуществляется за счет возрастания мгновенных скоростей в активных периодах цикла. При прерывистой подаче воздуха осредненные вертикальные скорости движения твердых частиц зависят как от их диаметра, так и мгновенных скоростей воздуха. В малоактивный период цикла, когда отсутствует подача взвешивающей среды, слой зернистого материала начинает падать, и расстояние между частицами сужается. Сужение потоков увеличивает градиент относительной скорости газового потока, а следовательно, увеличиваются касательные направления, которые действуют на частицы и повышают гидродинамическое сопротивление. Поэтому под действием одной и той же силы тяжести скорость частиц при совмещенном падении будет меньше скорости их свободного падения. Стесненность условий падения в малоактивной стадии (отсутствие подачи газа) ведет к уменьшению расстояния между частицами, а следовательно, и к снижению скорости их стесненного падения. Численные значения сил при стесненном падении значительно

отличаются от сил, действующих на свободную частицу. Кроме того, прерывистость струй способствует выравниванию подачи воздуха по всему сечению, так как для эффективной работы отсадочной машины нежелательны как избыток, так и недостаток воздуха.

Среднеинтегральное значение гидравлического сопротивления при пульсирующей подаче воздуха на 15–20 % ниже, чем при стационарной и может быть рассчитано по формуле

$$\Delta\rho_{\max} = [(\rho_m - \rho_r)(1 - \varepsilon_0)gh_0][1 - \exp(-2f\Theta)], \quad (2)$$

где ε_0 – порозность неподвижного слоя;

h_0 – высота неподвижного слоя;

Θ – волновой коэффициент.

Мощность, затрачиваемая на взвешивание слоя зернистого материала пульсирующим потоком воздуха, на 30 % ниже, чем при стационарном потоке и определяется по формуле

$$N = \frac{\Delta\rho_{\max}Q}{3600 \cdot 1000\eta}, \quad (3)$$

где Q – часовой расход воздуха;

η – КПД воздуходувной машины.

Кроме того, как показано в работе [1], производительность отсадочных пульсационных машин выше, чем при стационарном потоке. Запыленность выбрасываемого воздуха увеличивалась с уменьшением частоты пульсаций [1]. Такое явление подтвердилось экспериментальными данными, на основании которых получена формула для определения уноса зернистых материалов слоя

$$Q_{\text{ун}} = 5,95\rho_m W \left(Fr \frac{\rho_m}{\rho_r} q \right)^{1,37} \exp[2,5(f\Theta)^{-1}], \quad (4)$$

где $Fr = \frac{W^2}{gd}$ – критерий Фруда;

q – концентрация мелочи.

Качество обогащения зависит от частоты пульсаций. Так, для крупных фракций рекомендуется применять низкие частоты пульсаций порядка 30–50 в минуту, а для более мелких частиц – порядка 90–100 пульсаций в минуту. Частота пульсаций воздушного потока в обогащительных отсадочных машинах выбирается в зависимости от состава и физических свойств материала.

Известно [4], что при обогащении узкокласифицированного материала требуется больший расход воздуха, чем при обогащении ширококласифицированного. Обогащение производится в пневматических сепараторах и пневматических отсадочных машинах. Сепараторы применяются для обогащения классов крупности 6–50 мм. Отсадочные машины используются для обогащения мелкого зернистого материала крупностью до 6 мм. Воздушная классификация применяется для сухих материалов крупностью от 0,005 до 1,5 мм.

В табл. 1 приведены некоторые технические характеристики пневматических сепараторов [4, 5].

Таблица 1

Параметр	Тип сепаратора		
	УШ-3	СПК-40	ПОМ-2А
Производительность, т/ч	15–40	40–60	100
Крупность угля, мм	50–10	50–0	13–0
Число пульсаций в мин.	б/п	125–225	126–266
Удельный расход электроэнергии, кВт · ч/т	2,76	1,8	0,58

Из таблицы видно, что удельный расход электроэнергии при наличии пульсаций воздушного потока значительно ниже, чем для установки со стационарным потоком.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. П а р ш и н О. П. Эффективность обогащения углей на пневматических сепараторах при работе с непрерывной и пульсирующей подачами воздуха // Обогащение угля и химическая переработка топлив. – 1968. – Т. 24. – Вып. II.
2. Г о р о ш к о В. Д., Р о з е н б а у м Р. Б., Т о д е с О. М. Приближенные закономерности гидравлики взвешенного слоя и стесненного падения // Нефть и газ. Изв. вузов. – 1958. – № 1.
3. К о н д у к о в Н. Б. Гидродинамическое сопротивление в переходной области псевдооживления полидисперсного слоя // ИФЖ. – 1962. – № 3.
4. Ш о х и н В. Н., Л о п а т и н А. Г. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1980.
5. С п р а в о ч н и к по обогащению углей / Под ред. И. С. Благова. – М.: Недра, 1974.
6. П р е й г е р з о н Г. И. Обогащение угля. – М.: Недра, 1964.

Представлена кафедрой
экономики и организации
энергетики

Поступила 2.11.2000