

СЕГРЕГАЦИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ ОБОГАЩЕНИИ

Предложен новый подход и устройства для изучения процесса сегрегации при гравитационном обогащении. При помощи данного устройства были получены интересные факты, доказывающие работу данного устройства и показывающие некоторые особенности и закономерности данного явления.

In the article is offered the new approach and devices for analysis of process of a segregation at vibrational effect. Through the given device the interesting facts demonstrating activity of the given device were obtained and some features and regularity of the given phenomenon are detected.

Одними из наиболее важных этапов процесса концентрации на гравитационных аппаратах являются процесс сегрегации и сепарации минеральных зерен. Эти явления ярко проявляются при разделении материала на таких аппаратах, как концентрационный стол, винтовой шлюз, центробежный концентратор и др. [7]. Процесс расслоения частиц в потоке почти не изучен, хотя сегрегация проявляется на всех стадиях добычи, транспортировки и переработки руды.

Первым, кто коснулся косвенно этого вопроса, был Ф.Дайер. Некоторые особенности процесса расслоения описаны им в приложении к грохочению [10]. Продолжением этих трудов стали материалы, описанные Р.Л.Брауном и др. [1-6, 9]. В.М.Бочковский обратил внимание на то, что свободное и стесненное падение изучалось рядом исследователей, но расслоение почти не изучалось ни теоретически, ни экспериментально [2].

Представляет особый интерес метод исследования состояния мелкокусковой руды после наложения вибрационных воздействий в слоях на разной глубине, предложенный А.Д.Учителем [8]. Была выведена теоретически средняя скорость сегрегации и

введен термин размера пор. Также проведена серия опытов, касающихся интенсификации процесса грохочения.

Все вышеприведенные работы были посвящены теоретическому исследованию сегрегации сухих смесей, в основном, в приложении к грохочению. Полученные при этом уравнения было трудно использовать на практике.

Нами поставлена задача изучения процесса сегрегации в гравитационных процессах разделения, чтобы иметь возможность оптимизировать режимы работы и создавать новые конструкции гравитационных аппаратов.

Для исследования процессов сегрегации было сконструировано устройство, представляющее собой две пластины, соединенные четырьмя болтами, между которыми зажаты пять металлических колец одинакового диаметра и высоты. Навеска (для кварцевого песка около 50 г) засыпается во внутреннее пространство цилиндра, образуемого кольцами, накрывается крышкой, фиксируется болтами и подвергается воздействию колебаний. После окончания воздействия вибраций крышка снимается и фракции материала послойно разгружаются.

С использованием предложенного устройства поставлены опыты на смесях двух классов крупности кварцевого песка месторождения Центральное (Тамбовская область): $-1 +0,8$ мм и $-0,2 +0,1$ мм. В качестве вибратора применялся ситовой анализатор с ударным встряхивающим механизмом, частота круговых колебаний в горизонтальной плоскости составляла 120 мин^{-1} , частота ударов – 60 в минуту. Использовался метод ортогонального планирования экспериментов второго порядка. Изучалось влияние на сегрегацию двух факторов: времени воздействия вибраций (от 1,4 до 11,4 мин) и содержания мелкого класса в смеси (от 30 до 70 %).

Выполнены подробные исследования для изучения скоростей перемещения частиц гранулированного ферросилиция различного размера сквозь кварцевую постель крупностью $-0,2 +0,1$ мм. После выполнения всей серии опытов (13 опытов) был получен полином второго порядка, отражающий изменение массы мелкой составляющей ($-0,2 +0,1$ мм) в слоях смеси на различной глубине от совместного влияния двух указанных факторов.

Приведем описание некоторых полученных зависимостей. Например, распределения частиц ферросилиция разной крупности по глубине кварцевой постели после наложения вибраций в течение одной минуты неоднородно, скорость перемещения частиц ферросилиция с увеличением их крупности уменьшается. При изучении изменения распределения частиц ферросилиция крупностью 0,036 мм в слоях кварцевой постели на разной глубине получили следующее: в слое постели на глубине от 6 до 12 мм (второе кольцо) содержание частиц ферросилиция быстро уменьшается. Последние из первого и из второго кольца быстро перемещаются в пространство третьего кольца на глубину от 12 до 18 мм, скорость движения частиц ферросилиция в котором существенно меньше, из-за чего в третьем кольце сначала идет их накопление и лишь примерно через 2-3 мин содержание частиц ферросилиция начинает снижаться.

Полученные результаты опытов показывают, что частицы ферросилиция одной крупности движутся с разными скоростями, практически подчиняющимися нормальному закону распределения (достоверность, подсчитанная по критерию Фишера, достигала 95 %).

Интерес также вызывают и зависимости средних скоростей движения частиц ферросилиция разной крупности на различной глубине кварцевой постели. Это связано с тем, что скорости перемещения на одной и той же глубине постели мелких частиц ферросилиция больше, чем крупных. Кроме этого, на некоторой глубине, характерной для каждой крупности частиц ферросилиция, скорость перемещения снижается почти до нуля, т.е. расстояние между зернами кварцевой постели становится слишком малым для проникновения в нее частиц тяжелого компонента. Это дает возможность оценивать на разных глубинах эффективные размеры пор постели, через которые проваливаются тяжелые частицы. Эффективный размер пор, безусловно, будет зависеть от параметров вибрационных воздействий, возможность его определения в дальнейшем позволит оптимизировать режимы работы вибраторов и создавать новые конструкции гравитационных разделительных аппаратов.

Таким образом, предлагаемое устройство и метод позволяют подробно изучать в смесях кинетику перемещения частиц различной крупности под воздействием вибраций и может стать эффективным инструментом для изучения механизма сегрегации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блехман И.И. Движение частиц в колеблющейся среде при наличии сопротивления типа сухого трения / И.И.Блехман, В.В.Горловский, Г.Е.Птушкина // Механика и машиностроение. Л.: Изд-во АН СССР, 1963. № 4.
2. Бочковский В.М. Расслаивание как наиболее важный раздел теории и практики гравитации // Горный журнал. 1954. № 1.
3. Исаев И.Н. Концентрационные столы. М.: Недра, 1962.
4. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения. М.: Недра, 1979.

5. *Краснов А.А.* Исследование процессов, машин и аппаратов разделения материалов по крупности. М.: Недра, 1988.

6. *Непомнящих В.А.* К теории самосортирования сыпучих смесей. Л.: Изд-во ЛЭТИ, 1961. Вып.46.

7. *Прокопьев С.А.* Винтовые аппараты для обогащения руд и песков в России. Иркутск: Дарси, 2000.

8. *Учитель А.Д.* Исследование процессов, машин и аппаратов разделения материалов по крупности. М.: Недра, 1988.

9. *Braun R.L.* The fundamental principles of segregation // Inst.Fuel. 1939. № 68. Vol.13.

10. *Daier F.* Reverse classification by grobweed setting in ore-dressing // Eng. and Mining J. 1929. Vol.127.

Научный руководитель д.т.н. *А.В.Богданович*