

ГРАВИТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ В РАВНОМЕРНОМ ПОТОКЕ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ СВОБОДНЫМИ И СТЕСНЕННЫМИ УСЛОВИЯМИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ

Зашихин А.В.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии и химической технологии» Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия (660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, строение 24), email: avz@icct.ru

Рассмотрено одно из направлений развития гравитационных методов обогащения, которое заключается в поиске комбинации сепарационных эффектов в условиях равномерных транспортных потоков среды разделения. Приведены некоторые теоретические предпосылки развития данного направления к возможности применения равномерных транспортных потоков для эффективного разделения частиц по их плотности и крупности. Отражены результаты исследования в лабораторных условиях эффективности принципиально нового гидравлического гравитационного сепаратора, в котором реализованы эффекты равномерного потока разделения и периодического действия на частицы свободных и стесненных условий. На примере обогащения модельных смесей показана положительная динамика извлечения ценного компонента при дополнении к равномерному транспортному потоку эффектов свободного и стесненного движения частиц, обусловленных конструктивными особенностями запатентованного гидравлического сепаратора.

Ключевые слова: гравитационное обогащение, гидравлический сепаратор, комбинированное действие разделительных эффектов.

GRAVITY SEPARATION IN EQUAL TRANSPORT FLOW WITH PERIODIC CROWDED AND FREE SETTLING

Zashikhin A.V.¹

¹Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, Krasnoyarsk, Russia (660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok 50/24), email: avz@icct.ru

Considered one of the directions of gravity concentration methods, which it to find a combination of separation effects in a equal transport flow. Some of theoretical backgrounds of this trend to the possibility of equal transport flow for efficient separation of particles according to their density and size are presented. Studies on the effectiveness of a fundamentally new hydraulic gravity separator, which implemented the effects of equal flow separation with periodic action of crowded and free settling conditions. On the example of the enrichment model mixtures showed a positive trend extract valuable component in addition to the equal transport flow effects of free and constrained motion of particles due to the design of the patented hydraulic separator.

Key words: gravity separation, concentrator, joint action of the separation effects.

Введение

Гравитационный метод обогащения остается одним из наиболее распространенных методов разделения минералов по плотности, крупности и форме частиц на протяжении всего периода добычи полезных ископаемых человеком. Активное теоретическое освоение знаний и практическое применение механизмов сепарации началось лишь в конце 19 века, и по результатам на сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что настоящим этапом освоения является поиск комбинации сепарирующих эффектов в одном сепараторе, позволяющей достигнуть максимальной эффективности разделения. Примером попыток комбинирования разделительных эффектов могут служить центробежные отсадочные машины, центробежный круглый концентрационный стол и др. В данной работе

представлены результаты поиска комбинации сепарационных эффектов в равномерном транспортирующем потоке среды разделения. Теоретические предпосылки к возможности применения равномерных транспортных потоков для высокоэффективного разделения были отмечены в работах П.В. Лашенко [5] и М.В. Верхотурова [2].

Одним из основополагающих элементов теории являлся тезис о необходимости минимизации энергии псевдооживления или ее полном отсутствии для достижения высокой эффективности разделения, который по результатам работы [3] претерпел изменения и формулируется в общем случае как «...снижение (оптимизация) энергии псевдооживления частиц, обеспечивающей минимизацию флуктуационных явлений...». Другими словами, снижение энергии разрыхления до величины, достаточной для контакта частицы с транспортирующей средой без, в общем случае, диссипации этой энергии (рассеяния в дисперсной среде на смещение других частиц). Достигнув некоторого практического предела в эффективности сепарации [3; 6], предложено комбинировать условия разделения, а именно: равномерный горизонтальный поток среды и периодические свободные и стесненные условия движения частиц [4] (рис. 1).

Материал и методы исследования

На рисунке 1 изображен гидравлический сепаратор, который содержит цилиндрический корпус, образованный внешним 1 и внутренним 2 цилиндрами. К нижней кромке цилиндров прикреплены приемники продуктов разделения 3 с наклонным цилиндром 4 и вращающимся валом 5. На вал насажена спираль 6 для разгрузки продуктов из приемников. Внутри корпуса соосно с цилиндрами 1 и 2 с зазорами к ним и приемникам продуктов разделения установлена разделительная камера 7, выполненная из двух коаксиальных цилиндрических обечаек, соединенных парами радиальных перегородок П-образной формы основанием вверх 8. В зазоре между перегородками установлены пластины 9, выполненные из отдельных прямоугольных элементов с возможностью их вертикального перемещения и демонтажа. Разделительная камера посредством траверсы 10 связана с валом 11 и приводится во вращение электродвигателем 12. Сепаратор снабжен питателем исходного материала 13, установленным над разделительной камерой, и устройством для регулировки уровня зоны сепарации 14. Данное устройство выполнено в виде внешнего кармана с патрубками для слива и подачи воды. В зазоре между разделительной камерой и приемниками продуктов разделения расположены пластины экрана 15 в виде сегментов кругового кольца с возможностью их перемещения и снятия.

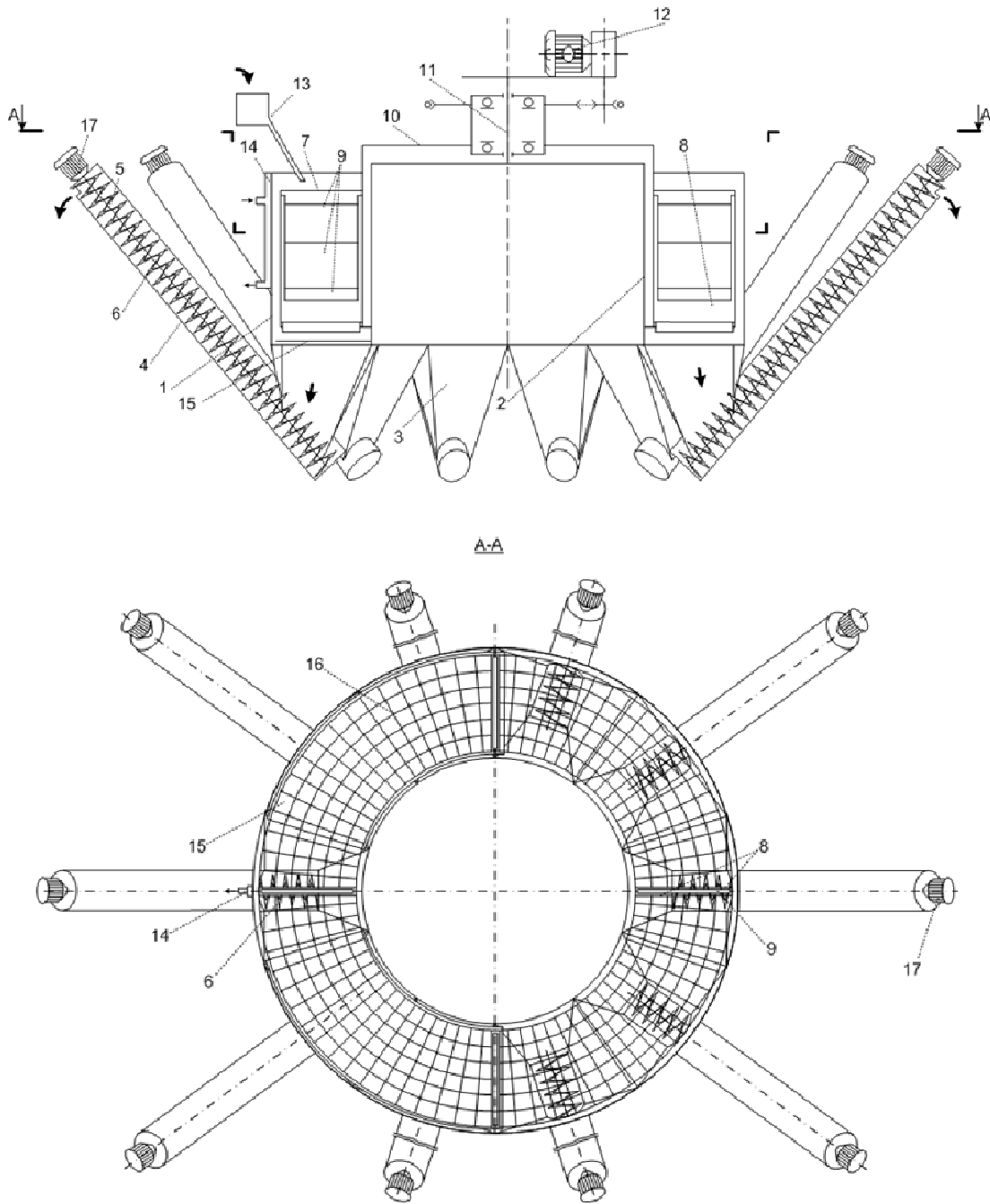


Рисунок 1 – Конструкция гидравлического сепаратора.

В разделительной камере на различных ее глубинах установлены секции узких каналов 16, выполненные в виде пересекающихся вертикальных пластин, которые образуют зоны пристеночного осаждения.

На рисунке 2 изображено расположение пластин, образующих три секции вертикальных каналов на различной глубине разделительной камеры.

Сепаратор работает следующим образом. В режиме обогащения материала, содержащего частицы различной

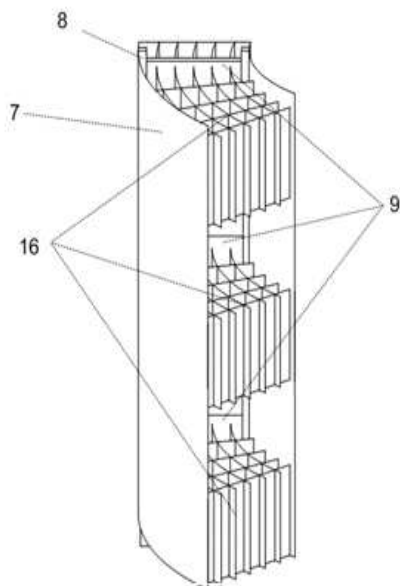


Рисунок 2 – Секции узких каналов.

плотности, устанавливаются пластины экрана 15 таким образом, чтобы препятствовать распределению частиц по всем приемникам продуктов сепарации и обеспечить разгрузку только из определенных приемников. На заданной высоте рабочей зоны сепаратора в зависимости от крупности сепарируемого материала устанавливаются элементы радиальных пластин 9 и секции узких каналов 16. Корпус, образованный внешним 1 и внутренним 2 цилиндрами с приемниками продуктов сепарации 3, и установленная в нем разделительная камера 7 заполняются водой на соответствующий уровень рабочей зоны сепаратора. Камера посредством вала 11 и электродвигателя 12, связанных траверсой 10, приводится во вращение. Вал 5 и спираль 6 с помощью электродвигателя 17 каждого приемника продуктов разделения приводится во вращение. В камеру питателем 13 подается исходный материал в сухом виде или в виде жидкой пульпы.

Частицы сепарируемого материала в зоне разделения приобретают различную скорость осаждения в среде и в зависимости от нее, а также высоты и скорости вращения камеры распределяются по приемникам и пластинам экрана.

За счет секций узких каналов, установленных через промежутки по высоте зоны разделения, частицы многократно подвергаются условиям стесненного и свободного осаждения, а также переходным условиям (из стесненных в свободные и из свободных в стесненные условия). При стесненном осаждении и переходах, по аналогии с дифференциальным ускорением [1], увеличивается влияние на результаты разделения плотности частиц, при свободном – конечной скорости осаждения частиц.

По ходу движения камер материал, накопившийся на пластинах экрана, посредством нижней части радиальных пластин механически транспортируется в соответствующие приемники продуктов обогащения. Разгрузка продуктов из приемников производится за счет вращения спиралей. В режиме гидравлической классификации материала для получения узких классов крупности пластины экрана 15 не устанавливаются, и разгрузка продуктов производится из всех приемников.

Оптимизация процесса сепарации исходного материала производится изменением скорости вращения разделительной камеры, уровнем зоны сепарации, а также высотой секций узких каналов, протяженностью зоны свободного осаждения (расстоянием между двумя последовательными секциями узких каналов), числом секций по пути осаждения частиц и размером каналов.

Результаты и их обсуждение

Показатели эффективности разделения модельной смеси (кварц – стальной порошок) крупностью $-1+0,5$ мм на сепараторах [1; 4], отличающихся в первую очередь наличием у последнего секций узких каналов, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики продуктов разделения сравниваемых сепараторов

Сепаратор	Продукты	Выход, %	Содержание ценного компонента, %	Извлечение ценного компонента, %	Критерий Хенкока, %
Без узких каналов	Концентрат	16,8	98,5	94,6	94,3
	Хвосты	83,2	1,1	5,4	5,7
	Исходный	100	17,5	100	-
С узкими каналами	Концентрат	18,1	96,7	98,0	97,3
	Хвосты	81,9	0,4	2,0	2,7
	Исходный	100	17,8	100	-

Из данных таблицы видно, что извлечение ценного компонента с помощью модернизированного сепаратора увеличивается при равных прочих условиях на 3,4% при увеличении критерия Хенкока на 3%.

Высокая эффективность разделения частиц по крупности и по плотности достигается тем, что аппарат практически исключает перемешивание частиц в зоне разделения и реализует комбинацию сепарационных механизмов: в равномерном потоке среды, в периодических стесненных и свободных условиях движения частиц.

Выводы

1. Предложена модернизированная конструкция гравитационного гидравлического сепаратора, реализующего эффект равномерных транспортных потоков среды разделения (Патент РФ 2463112).

2. На примере искусственных смесей показана положительная динамика извлечения ценного компонента при дополнении к равномерному транспортному потоку эффектов периодического свободного и стесненного движения частиц, обусловленных конструктивными особенностями сепаратора.

Список литературы

1. Берт Р.О. Технология гравитационного обогащения. – М. : Недра, 1990. – С. 193.
2. Верхотуров М.В. Гравитационные методы обогащения : учеб. для вузов. – М. : МАКС пресс, 2006. – 352 с.
3. Зашихин А.В. Гравитационное разделение минеральных частиц в равномерных транспортных потоках : дис. ... канд. технич. наук. – Иркутск, 2010. – 166 с.

4. Зашихин А.В., Самойлов В.Г. Гидравлический сепаратор : Патент России № 2463112. 2011. Бюл. № 28.
5. Лященко П.В. Гравитационные методы обогащения. – М.- Л. : Гостопиздат, 1935. – 356 с.
6. Самойлов В.Г., Зашихин А.В. Гидравлический сепаратор : Патент России № 2395345. 2010. Бюл. № 21.

Рецензенты:

Брагин Виктор Игоревич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.

Жереб Владимир Павлович, д.х.н., профессор, зав. кафедрой, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.