
**ВЕСТНИК РАЗВИТИЯ НАУКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ**

*Научный журнал | Издаётся с 2006 года
Периодичность выхода: 1 раз в два месяца*

№ 3, 2014

Главный редактор:
Крючкова Н. В.,
д-р фил. наук, проф.

Редакционная
коллегия:
11 человек

Рецензенты:
16 человек

Редакторы:
**Акимова И. В.,
Павлова Е. А.**

Корректор:
Борцова М. Е.

Компьютерная верстка:
Тяпаев С. С.

Адреса редакции:
г. Москва, Ленинский просп., 30
г. Саратов, просп. Энтузиастов, 43

Адреса для почтовой связи:
115551, г. Москва, а/я 66
410039, г. Саратов, а/я 160

www.sced.ru,
e-mail: info@sced.ru

Тел.: (495) 666-29-30;
(845-2) 921-901

Учредитель:
ИД «Наука образования»®

Свидетельство
о регистрации средства
массовой информации
ПИ № ФС77-49014.

Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)
и реферруется ВИНТИ РАН

© «Вестник развития науки
и образования», 2014

**BULLETIN OF SCIENCE AND
EDUCATION DEVELOPMENT**

*Scientific journal | It is published since 2006
Published once: once in two months*

№ 3, 2014

Editor-in-Chief:
Kryuchkova N. V.,
Dr. of Phil. Sci, Prof.

Editorial
board:
11 members

Reviewers:
16 members

Editors:
**Akimova I. V.,
Pavlova E. A.**

The proof-reader:
Bortsova M. E.

Computer make-up:
Tyapaev S. S.

Addresses of the editorial office:
Russia, Moscow, Leninsky prospect, 30
Russia, Saratov, prospect Entuziastov, 43

Addresses for the mail service:
Russia, 115551, Moscow, p/o/b 66
Russia, 410039, Saratov, p/o/b 160

www.sced.ru,
e-mail: info@sced.ru

Тел.: (495) 666-29-30;
(845-2) 921-901

Founder:
«Science of Education»®
Publishing house

Registration certificate
PI № FS77-49014.

The journal is included
in the database
of the Russian Science Citation
Index (RSCI)
and is abstracted by VINITI RAS

© «Bulletin of Science
and Education Development», 2014

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

*Л. А. СИВАЧЕНКО, О. В. ГОЛУШКОВА, В. С. МИХАЛЬКОВ,
Е. А. ШАРОЙКИНА*

*Белорусско-Российский университет,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Аннотация. Приведены сведения о новом технологическом комплексе для получения цементного клинкера с помощью пружинного грохота, рессорной мельницы и штифтовой мельницы, рабочие органы которых обладают повышенной виброактивностью.

Ключевые слова: пружинный грохот, роторно-цепная дробилка, рессорно-стержневая мельница и штифтовая мельница.

Помол клинкера при производстве цемента по затратам энергии уступает только его обжигу. На эти цели расходуется 30–40 кВт ч/т электроэнергии, а процесс осуществляется в чрезвычайно энергоемких металлоемких и дорогостоящих мельницах – шаровых и валковых [1–3]. Функциональная уникальность этих машин проверена десятилетиями и сомнений не вызывает. Однако это оборудование является чрезвычайно металлоемким, сложным в эксплуатации и имеет КПД менее 1%. Оборудование отработало свою историческую миссию и через определенное время должно быть заменено на более совершенное. Попытки создания принципиально новых помольных агрегатов предпринимались много раз. Но до сих пор реального успеха не имели. В такой острой конкурентной борьбе неизбежно появление новых технических решений.

Принимая во внимание тот факт, что исходный материал имеет

фракцию от 0–50 мм и более, то представляется возможным изменение технологии помола. В основу предлагаемого комплекса легли идеи использования аппаратов, использующих в работе принципы вибрации и высокочастотных ударов, так, в цепь оборудования предлагается включить вибрационный пружинный грохот, дробилку ударного действия [4]. В этом случае выделенная на грохоте крупная фракция 2,5–50 мм направляется на дробление в роторную дробилку, мелкая фракция – 0–2 мм, направляется на финишный помол, а средняя 2–25 мм, подвергается обработке в рессорно-стержневой мельнице. Весь клинкер окончательно домальвается в штифтовой мельнице. Технологическая схема реализации такого помола приведена на рисунке 1. При наборе оборудования реализован вариативный подход к выбору аппаратов для каждой из технологических стадий, отвечающих условиям оптимизации.

Согласно схеме (рис. 1), клин-кер поступает на пружинный грохот, который отделяет мелкую фракцию, не требующую предварительного измельчения, а крупная фракция, доля которой не превышает 10–15%, как надрешетный продукт, поступает для дробления в роторную дробилку. Измельчение основного класса материала крупностью 2–25 мм производится рессорно-стержневой мельницей.

Измельченный до крупности менее 3 мм продукт с введенным в него подрешетным продуктом, прошедшим грохот, для окончательного помола поступает в штифтовую мельницу, который производит помол до требуемой дисперсности.

Рассмотрим принцип работы и конструкции основных агрегатов, образующих помольный комплекс.

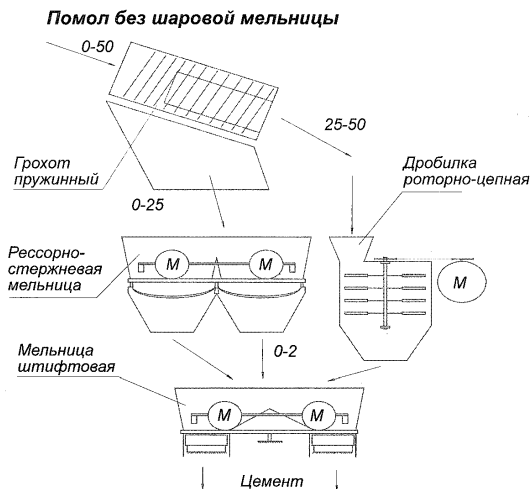


Рисунок 1. Технологическая схема цепей оборудования для помола цемента

Первым в технологической схеме цепей оборудования для помола цемента является пружинный грохот, который выгодно отличается от существующих грохотов совершенствованием механизма прохождения материалов через просеивающие элементы, совершающие дополнительные колебания в направлении, перпендикулярном направлению движения сортируемого материала.

Эти колебания позволяют улучшить прохождение материала через просеивающую поверхность, увеличивая при этом производительность, а в результате непостоянства отверстий просеивания устраняется эффект забивания и залипания просеивающей поверхности материалом с влажностью более 3%.

Просеивающая поверхность грохота выполнена в виде спирального барабана (пружины), связанного с

приводом, создающим центробежное движение материала по всему периметру рабочих зон, дополнительного смешивания и возбуждения высокочастотной вибрации витков спирали. При этом создаваемые за счет активных виброколебаний центробежные

силы способствуют отводу подрешетного продукта, а дополнительная вибрация витков пружины устраняет забивание проходных зон. Высказанные положения поясняются рисунком (рис. 2).

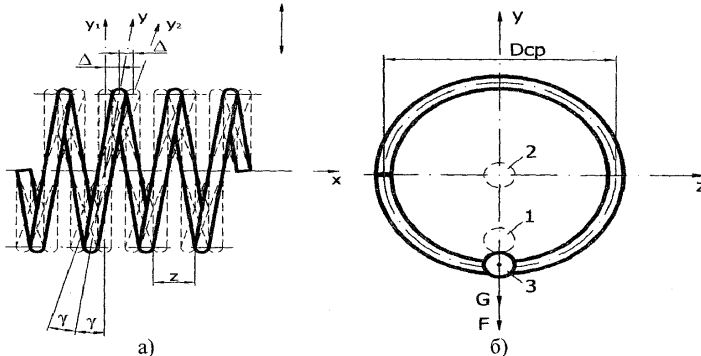


Рисунок 2. Спиральный барабан (пружина): а) состояние рабочего органа с учетом малых колебаний, возникающих на рабочих поверхностях витков; б) схема движения частицы внутри рабочего органа: 1 – положение частицы при нижнем положении рабочего органа; 2 – положение частицы при верхнем положении рабочего органа; 3 – положение частицы в момент просева

Пружинный рабочий орган устанавливался с возможностью вибрационных колебаний под углом от 0 до 45°.

На рисунке 3 представлен один из вариантов вибрационного грохота промышленного назначения.

Перемещения витков в вертикальной плоскости равны амплитуде колебаний рабочего органа. Перемещения витков в горизонтальной плоскости возникают за счет собственных колебаний витков, которые способствуют очищению просеивающей поверхности и дополнительной подвижности материала, что положительно влияет на эффективность и производительность процесса.

Для определения оказываемого влияния на рабочий процесс пружинного грохота от возникающего эффекта наложения собственных колебаний витков по направлению, перпендикулярному направлению движения материала, был проведен эксперимент, в котором витки рабочего органа между собой жестко соединялись внизу и вверху. Таким образом, пружинный рабочий орган выглядел как проволочное сито со щелевидными отверстиями. Остальные параметры пружинного грохота при проведении эксперимента оставались неизменными и соответствовали параметрам, с которыми производился основной эксперимент (рис. 4).

В основу конструкции положен принцип многоярусной дробилки ударного действия с вертикальной осью вращения рабочего органа. В качестве рабочих элементов применены отрезки цепей или последовательно шарнирно закрепленные ударные элементы. Отражатели, установленные на внутренней поверхности корпуса между рядами ударных элементов, предназначены для возврата материала в зону обработки и увеличения кратности воздействия на него.

Рабочие органы РЦД в виде многозвенных подвижных ударных элементов обеспечивают:

- адаптивность к геометрии поверхности разрушаемого материала и ориентацию к поверхности, захлестывание холостого конца вокруг оси куска материала и его максимальный охват по периметру, а также минимальное радиальное скольжение измельченного материала вдоль поверхности ударных элементов;

- высокоскоростное ударное воздействие, обеспечивающее предельные разрушающие напряжения материала за счет ударной волны растяжения-сжатия. Высокая скорость распространения волн в материале исключает дислокационные перестройки структуры и релаксацию напряжений;

- самоочищение рабочей поверхности ударных элементов и корпуса дробилки. Ступенчатое, шахматное расположение ударных звеньев, большая степень их подвижности гарантируют встряхивание рабочих элементов, очистку цилиндрической поверхности корпуса;

- селективность воздействия, обусловленную малым относительным весом рабочих элементов и их подвижностью. Попадание недроби-

мых включений не приводит к разрушению рабочего органа, так как ударный элемент отклоняется в сторону препятствия его прохождению. Дозированное импульсное воздействие на анизотропный материал вызывает его разрушения по границам сростани минералов.

Крупная фракция 25–50 мм поступает на измельчение в роторную цепную дробилку, на выходе мы получаем фракцию: 3 мм – 54%, 1 мм – 22%, 0,5 мм – 13%, 0,25 мм – 8%, 0,08 мм – 3%.

В связи с тем, что после измельчения цементного клинкера роторной цепной дробилкой фракция материала 3 мм составляет более 50%, предлагаем материал средней фракции 2–25 мм направить на измельчение рессорно-стержневую мельницу.

Рессорно-стержневая мельница разработана в Белорусско-Российском университете на кафедре С, ПТМ и О и отвечает требованиям предъявляемым к оборудованию для измельчения материала.

Просеянный материал с крупностью фракции до 25 мм движется по наклонному лотку под воздействием вибрации, которую создает вибродвигатель ИВ-9в, установленный на консоль 2, приводит в движение прижимную плиту 4 с помощью прижима 3. Между лотком 5, установленном на раме 8, и прижимной плитой находятся стержневые (рессорные) элементы, собранные в каскаду 6 (рис. 7). Так, при движении материала вдоль лотка, установленного под углом 7–25°, он попадает в рабочую полость, где и разрушается под воздействием ударной нагрузки, которую передают рабочие элементы. Компенсация действия вибратора достигается с помощью возвратно

пружины 7. Между консолью и возвратным механизмом установлена пружина, которая и обеспечивает возвратное действие. В процессе работы стержневые элементы упруго деформируются только от силы разрушения частиц материала и имеют высокую надежность. Они обеспечивают адаптивное воздействие на разрушаемый материал.

Рессорно-стержневая мельница, как видно из вышепредставленных изображений, проста в конструкции, замена рабочих элементов производится в течение 50 минут.

Результаты измельчения клинкера рессорно-стержневой мельницей представлены на рисунке 10.

Испытания рессорно-стержневой мельницы при переработке цементного клинкера показали, что она обеспечивает эффективное измельчение частиц исходной крупностью 0–25 мм до полного выхода продукта мельче 1 мм 95%.

На завершающей стадии помола клинкера наиболее целесообразно использовать штифтовую мельницу.

Принципиальная схема проведения штифтового измельчения иллюстрируется рисунком 10, а один из вариантов исполнения штифтового рабочего органа – рисунком 11.

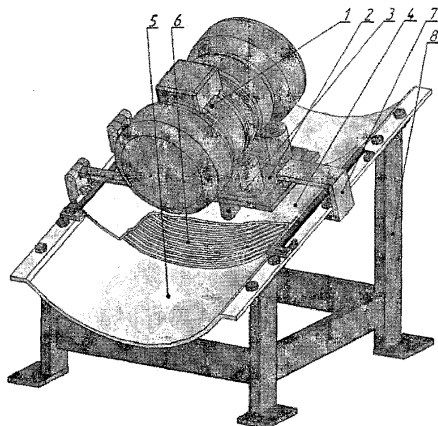


Рисунок 7. Модель рессорно-стержневой мельницы

Набор штифтов (стержней) определяется исходя из характеристик перерабатываемого материала, и может иметь множество конструктивных решений как по расположению стержней, так и по их закреплению на планшайбе.

Стержни соединены в кассеты и одной своей стороной жестко закреплены в планшайбе, толкатель которой связан с приводом. Диаметры стержней (штифтов) могут составлять от 0,05 до 20–30 мм в зависимости от характеристик измельчаемого материала.