

19. Довгялло А.Г., Кудрявцева М.А., Волчок В.Ф., Жиженко Г.А. Электроразрядные приборы и их применение для экспресс-диагностики заболеваний // Микроэлектроника-2002. Труды конференции, Мн., 2002, с. 398–400.
20. Жиженко Г.А., Агабеков В.Е., Михайловский Ю.К., Котов Е.В. Роль различных составляющих коронного разряда в процессе визуализации на термо-накаленных слоях органических красителей // Весці НАНБ, сер. хім. навук, 1997, с. 53–60.
21. Жиженко Г.А., Агабеков В.Е., Довгялло А.Г. Тонкопленочные органические регистрирующие материалы для электроразрядной визуализации // Весці НАНБ, сер. фіз.-тэх. навук, 1998, № 1, с. 3–6.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРУЖИННЫХ ГРОХОТОВ

*Голушкова О.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «ПГС»,  
«Белорусско-Российский университет», г. Могилёв*

Современное состояние техники и технологии разделения материалов по крупности предполагает создание новых интенсивных методов разделения. К числу одного из них можно отнести применение в качестве просеивающей поверхности интенсивно вибрирующую пружинную поверхность.

Отличительной положительной особенностью использования спирали в качестве просеивающей поверхности является возникновение вибрации разжижения, малый коэффициент трения материала о просеивающую поверхность, высокая способность к самоочистке, возможность обработки материала естественной влажности без залипания и засорения, возможность регулирования характеристик просеивания.

Реализуя данную концепцию, нами были разработаны конструкции пружинных грохотов [1]. В результате анализа технических решений пружинных просеивающих устройств, было установлено, что наиболее простым и достаточно эффективным с технологической точки зрения является вариант просеивания с рабочим органом в виде винтовой цилиндрической пружины с раздвижными витками и регулируемым зазором. По характеру колебаний спирали остановились на двух вариантах: с гирационным возбуждением колебаний в вертикальной плоскости (ГПП) и с инерционным приводом (ГПИ).

Как известно, сущность процесса грохочения заключается в том, что материал на «ите грохота просеивается в две стадии, протекающие одновременно и непрерывно [2]. На первой стадии — сегрегации мелкие зерна проходят сквозь толщу материала к просеивающей поверхности, на второй — через отверстия сита, т.е. происходит процесс грохочения. Эффективность процесса грохо-

чения может быть повышена за счет интенсификации одной или обеих стадий процесса.

Исследуемые установки работают следующим образом. Исходный материал загружается на внутреннюю поверхность пружины через торцевое входное отверстие. Рабочий орган, являясь грузонесущим просеивающим органом, совершает колебательные движения в вертикальной плоскости с постоянной частотой и амплитудой колебаний. Исходный материал движется внутри рабочего органа в сторону выходного торцевого отверстия т.к. он установлен под некоторым углом к горизонтальной плоскости и на материал действуют силы вибротранспортирования. При этом зерна нижнего монослоя исходного материала, имеющие средний размер меньше, нежели величина зазора между двумя соседними витками рабочего органа, проходят вниз под действием силы тяжести и образуют подрешетный продукт. Зерна, не прошедшие через витки пружины, уходят через выходное торцевое отверстие и образуют надрешетный продукт.

Так как, в результате колебаний, значения всех зазоров между витками пружины постоянно изменяются в определенном диапазоне, то изменяются и значения проходного размера зерен материала. То есть, для нормального обеспечения качества грохочения (ограничение по граничному размеру сортировки) необходимо, чтобы границы диапазона изменения величин межвитковых зазоров не превышали верхний предел нижней фракции, что обеспечивается определенной амплитудой и частотой колебаний пружины, а также начальной величиной межвитковых зазоров в спокойном положении.

Интенсификация стадий грохочения обеспечива-

ется: во-первых — колебательным движением пружины с большой амплитудой, в результате которого, возникает неоднородное поведение отдельных монослоев материала (активное перемешивание), вытекающее из значительных разниц значений между кинетическими и энергетическими параметрами отдельных монослоев материала; во-вторых, своеобразностью поверхности просеивания — витки пружины при придании ей колебательного движения будут вести себя не однородно из-за отсутствия жесткой взаимосвязи, характерной, например, для плоского проволочного сита.

Таким образом, разброс кинетических параметров поведения витков будет положительно влиять в основном на стадию сегрегации процесса грохочения.

В результате интенсификации процесса сегрегации и процесса просеивания повышается производительность, а в результате непостоянства отверстий поверхности просеивания не возникает эффекта забивания и залипания последних исходным материалом (труднопроходимые зерна должны при этом выдавливаться витками пружины вверх или вниз, при малой жесткости пружины), что также влияет на эффективность и производительность грохочения (рис. 1).

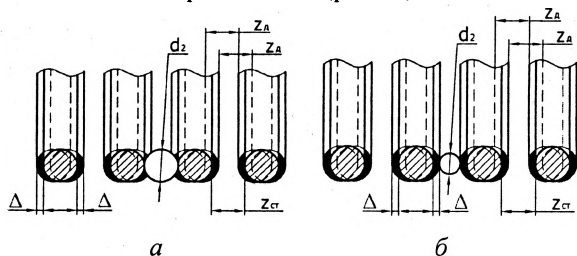


Рис. 1. Схема взаимодействия рабочего органа с частицей материала при просеивании: а — «затрудняющей» частицы; б — «легкой» частицы

Возможно большое число технических решений пружинных грохотов по исполнению рабочих органов, их количеству, расположению, количеству границ разделения, особенностям установки, характеру создаваемых колебаний и методам их реализации. Разработаны варианты применения пружинных грохотов с совмещением в них дополнительных функций: промывки, сушки, обезвоживания, дезагрегации, гранулирования, диспергирования.

Для получения материала нескольких фракций возможно использование пружины с переменным шагом навивки, набором из нескольких последовательно расположенных пружин с разным шагом навивки, применение осевой, каскадной или комбинированной схемы расположения рабочих органов.

При осевой схеме грохочения вначале происхо-

дит отсев мелкой фракции, затем фракций по возрастанию крупности материала (рис. 2, а). При каскадной схеме сначала осуществляется разделение на крупную и мелкую фракции с удалением крупной, а затем происходит последовательное отделение верхней фракции (рис. 2, б). Комбинированная схема представляет собой совмещение двух названных вариантов расположения рабочих органов. С целью увеличения производительности без снижения качества продукта, можно использовать многосекционные рабочие органы, в которых поток исходного материала разделяется на несколько частей, соответствующих числу фракций.

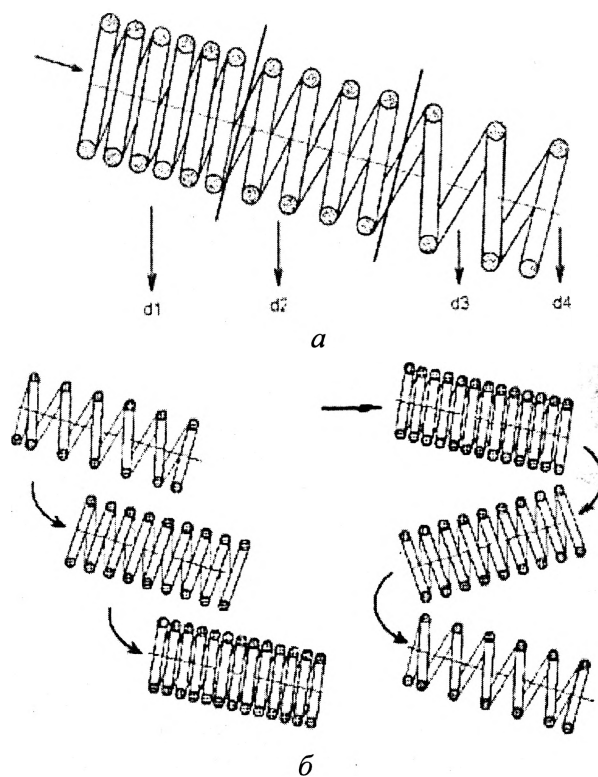


Рис. 2. Варианты организации разветвлённых схем разделения: а — осевая схема грохочения материала; б — каскадная схема грохочения материала

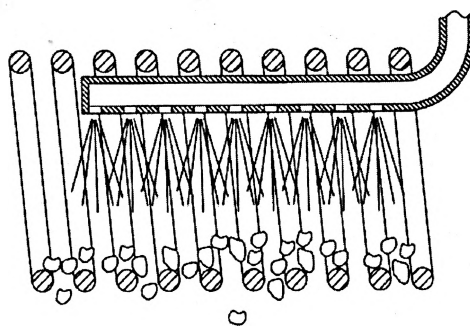


Рис. 3. Пример организации промывки при классификации

В случае необходимости в пружинном грохоте можно осуществлять промывку (просушку) материала. Вибрация является дополнительным фактором, очищающим материал. Промывающая жидкость подается во внутреннюю полость рабочего органа из специальных сопел и удаляется через межвитковые зазоры пружины (рис. 3).

Производительность пружинного грохота по подрешетному продукту определяем по формуле как для циклического аппарата, цикл которого совершается за время  $t$ :

$$P_{\text{подр}} = \frac{3600 \times l_{\text{ср}} \times z_{\text{дин}} \times (L - i \times d_{\text{в}})}{t} \times k_{\text{в}} \times k_{\text{дин}} \times k_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $3600/t$  — количество циклов, совершаемых за время  $t$  в час;  $z_{\text{дин}}$  — величина динамического зазора, м;  $L$  — длина рабочего органа в статическом положении, м;  $d_{\text{в}}$  — диаметр проволоки витка, м;  $l_{\text{ср}}$  — длина дуги сегмента рабочего органа, по которой происходит просев, м;  $i$  — количество витков рабочего органа;  $k_{\text{в}}$  — коэффициент, учитывающий число зазоров реально участвующих в процессе просеивания;  $k_{\text{в}} = 0,7$ ;  $k_{\text{дин}}$  — номинальный динамический коэффициент, учитывающий влияние скорости движения материала и вероятность прохождения частиц при изменении величин зазоров пружины,  $k_{\text{дин}} = 1$  (при спокойной работе грохота);  $k_{\text{пр}}$  — коэффициент, учитывающий тип привода пружинного грохота;  $k_{\text{пр}} = 1$  — для грохота с гирационным приводом;  $k_{\text{пр}} = 0,85-0,9$  — для грохота с инерционным приводом.

Наиболее значимым параметром в формуле (1) является номинальный динамический зазор  $z_{\text{дин}}$ , он определяет полное прохождение нижней фракции через поверхность просеивания и зависит от частоты колебаний рабочего органа и задается граничным размером. Между тем, значительное увеличение динамического зазора приводит при увеличении производительности к снижению эффективности процесса грохочения.

Расчет мощности для пружинного грохота будем производить аналогичными методами, представленными в [2] для подобного рода машин. Расчет мощности сводится к определению затрат энергии на преодоление трения в подвижных элементах механизма привода, на преодоление потерь, связанных с перемещением материала, на преодоление потерь в пружинной подвеске рабочего органа. Потребляемая мощность расходует

в соответствии с моментами сил, возникающими в разных частях пружинного грохота.

Моменты сил сопротивления при работе пружинного грохота складываются из:  $M_1$  — момент трения в подвижных элементах механизма привода;  $M_2$  — момент, возникающий при перемещении материала по просеивающей поверхности;  $M_3$  — момент, возникающий при растяжении упругих элементов при опускании рабочего органа в нижнее положение.

Мощность, потребляемая пружинным грохотом, определяется [3]:

$$N = \frac{\sum M \times n}{\eta} = \frac{n \times A}{\eta} \times [f_1 \times 4\pi^2 \times n^2 \times m \times d + f_2 \times G_M + c \times (G_M + G_{\text{р.о}})], \quad (2)$$

где  $\eta$  — КПД привода;  $n$  — частота колебаний рабочего органа, Гц;  $A$  — амплитуда колебаний, мм;  $f_1$  — коэффициент трения металла о металл;  $m$  — масса дебаланса, кг;  $d$  — диаметр подвижного механизма элемента привода, м;  $f_2$  — коэффициент трения материала о просеивающую поверхность;  $G_M$  — вес материала на просеивающей поверхности, Н;  $c$  — коэффициент жесткости пружинных подвесок;  $G_{\text{р.о.}}$  — вес рабочего органа, Н.

Основным с точки зрения работы пружинного грохота параметром, влияющим на мощность, является масса просеиваемого материала на рабочем органе  $G_M$ , который зависит от производительности по питанию —  $\Pi$ .

При исследовании процесса грохочения зернистых материалов (смесь кварцевого песка) на пружинном грохоте частота колебаний рабочего органа  $n$  изменялась от 8 до 18 Гц; угол наклона рабочего органа  $\alpha$  — от 2 до 12°; влажность материала исходной смеси  $w$  — от 1 до 5 % и зерновой состав исходной смеси  $B_n$  — от 25 до 75 % содержится надрешетного продукта в исходной смеси. За критерии оценки конечных результатов процесса грохочения принимали: эффективность процесса грохочения  $E$ , производительность по подрешетному продукту с учетом обеспечения эффективности  $\Pi$ . Граница разделения составляла 1,6 мм (фракции 0–1,6 мм и 1,6–5 мм). Рабочая длина спиральной пружины — 200 мм, наружный диаметр — 60 мм, диаметр проволоки витка пружины — 6 мм.

Для определения технологической эффективности пружинных грохотов сравним результаты грохочения влажных материалов с помощью пружин-

ных грохотов и существующих конструкций грохотов. Из представленных графических зависимостей мы видим, что эффективность грохочения резко снижается при влажности материала более 3% для существующих грохотов и составляет 30%, тогда как для пружинных грохотов она снижается незначительно и изменяется согласно, графических зависимостей (рис. 4) [4, 5].

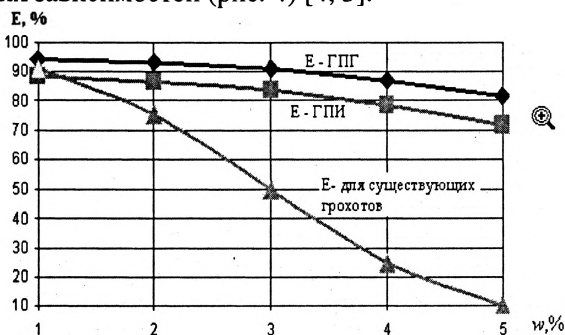


Рис. 4. Изменение эффективности процесса грохочения от влажности материала для пружинных грохотов и существующих вибрационных грохотов

Результаты процесса грохочения на ГПГ при частоте колебаний рабочего органа  $n = 13$  Гц показывают, что максимальная эффективность достигает 93,5% при влажности материала до 3%, далее эффективность снижается незначительно до 89%, производительность уменьшается при увеличении влажности смеси.

Таким образом, мы видим, что пружинные грохо-

ты в отличие от существующих грохотов способны производить качественное грохочение материалов повышенной влажности (до 5%) сухим способом.

### Литература

1. Голушкова О.В. Варианты конструкций пружинных просеивателей и их развитие / О.В. Голушкова, Л.А. Сиваченко // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: материалы междуз. сборн. статей. В. IV – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – С. 138 – 142.
2. Кабалкин В.А. Машины для сортировки каменных материалов (грохоты) / В.А. Кабалкин. – Изд-во Саратовского унив-та, 1981. – 96 с.
3. Сиваченко Л.А. Дробилки с многозвенными ударными элементами и пружинные грохоты для рудоподготовки / Л.А. Сиваченко, С.С. Гаврюшин, О.В. Голушкова, Д.М. Хононов // Обогашение руд. – 2005. – №3. – С. 21 – 25.
4. Бауман В.А. Анализ методов расчета производительности и качественных показателей виброгрохотов. Обзор / В.А. Бауман, П.С. Ермолаев. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1970. – 50 с.
5. Голушкова О.В. Пружинный грохот повышенной эффективности для разделения мелкозернистых материалов: автореф. дис. канд. техн. наук. – Б.: 2006. – 22с.

## ПРУЖИННЫЕ МЕХАНОАКТИВАТОРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Богатырев М.Г., аспирант кафедры «СДПТМиО»,  
«Белорусско-Российский университет», г. Могилёв

В условиях повышения цен на энергоресурсы остро встает проблема ресурсосбережения. Вопросу рационального использования и экономии вяжущих веществ уделяется большое внимание. Высокая энергоёмкость процесса производства и стоимость вяжущих веществ, их дефицитность диктует необходимость экономии цемента, извести и других строительных материалов. Величина потерь только по цементу составляет в целом более 15%. Потери происходят на всех стадиях производства и использования вяжущих [1].

Одним из способов уменьшения расхода цемента при производстве изделий из бетона, силикатного

кирпича, теплоизоляционных материалов и т.д. является активация части или всего объема составляющих строительную смесь компонентов [1].

К оборудованию для механоактивации предъявляется сегодня ряд требований: высокая производительность при тонком и сверхтонком помоле, высокая энергонапряженность процесса помола и активации, малая энергоёмкость и металлоёмкость, небольшой вес и габаритные размеры, надёжность и простота конструкции.

Тонкомолотый цемент или известь, как высокодисперсные материалы, имеют значительную гигроскопичность. В процессе транспортирования