

4. Предложенный метод может быть использован лишь для уточнения места возникновения пожара уже в ходе его ликвидации; фактические меры в соответствии с ПЛА принимаются после сигнала с основного, а в целях повышения достоверности обнаружения – первого дублирующего его датчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Н.Ф. Обнаружение подземных пожаров по изменению концентрации окиси углерода в исходящих струях воздуха / Н.Ф. Васильев, Н.Н. Хохлов // Уголь Украины.- 1988.- № 12. – С. 35.
2. Ерахмилевич В.И. Совершенствование контроля содержания окиси углерода на шахтах / В.И. Ерахмилевич // Безопасность труда в промышленности. – 1982. - № 5. – С. 22-23.
3. Поздняков К.И. Возможность применения и расстановка датчиков обнаружения подземных пожаров / К.И. Поздняков, А.В. Шабельников // Уголь. – 1990. - № 9. - С. 39-41.

УДК 621.926.22.001:622.732

В.П. Франчук, д-р техн. наук (НГУ)

ВИБРАЦИОННАЯ ТЕХНИКА В МАЛЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Наведено схеми, дано опис, області застосування й результати випробувань вібраційного встаткування для дезінтеграції й класифікації тонко здрібнених матеріалів, такого як вібраційні шоківі дробарки, вертикальні вібраційні млини, грохот із просторовими коливаннями, віброадгезійний класифікатор

VIBRATION EQUIPMENT IN SMALL PRODUCTION CYCLES

The schemes are shown, the description of design, the branches of usage and the tests results of vibration equipment for disintegration and classification of fine ground materials are given. The considered machines are vibration crushers, vertical vibration mills, screens with complex oscillations and vibro-adhesive separators

Особенностью современных условий развития промышленного производства в горном деле, металлургии, производстве строительных материалов, наряду с сохранением традиционных технологий, отличающихся гигантоманией, является достаточно бурное развитие малых производств. Эти производства заполняют нишу комплексного использования сырья, осуществляют разработку так называемых «техногенных месторождений», являющихся продуктом элементарной бесхозяйственности или отсталости технологий переработки.

Малые производства, это, как правило, предприятия небольшой производительности, использующие малоэнергоёмкое, экономически целесообразное оборудование. Получают развитие и предприятия по выпуску материалов и изделий, требующих высоких технологий (микро- и нанотехнологии).

Для подготовки материалов в этих производствах широко применяются такие технологические операции, как дробление, тонкое и сверхтонкое измельчение, грохочение, классификация. Все эти операции могут быть выполнены с использованием вибрационного оборудования, отличающегося простотой конструкции и малой энергоёмкостью [1].

В Национальном горном университете и институте геотехнической механики НАН Украины накоплен достаточно большой опыт конструирования и ис-

пользования вибрационного оборудования при выполнении технологических операций с различными материалами.

Так, вибрационная щековая дробилка (ВЩД) отличается простотой конструкции и имеет универсальное применение. В зависимости от настройки она применима как для дробления прочных и абразивных материалов, металлов, так и для получения порошков из мягких, пластичных горных пород.

Дробление материалов в данной дробилке (рис. 1) осуществляется движущимися навстречу друг другу щеками 1, подвижно сочлененными с корпусом 2 посредством подшипниковых опор 3 и упругих элементов 4. Колебания щек генерируются силами инерции вращающихся неуравновешенных масс вибровозбудителей 5, установленных на каждой подвижной щеке. Требуемое направление вращения дебалансных валов и их фазировка осуществляется посредством синхронизатора. Высокие ускорения щек в момент изменения направления их движения значительно уменьшают вероятность налипания материала на исполнительном органе. Корпус дробящего органа установлен на раме 6 с помощью упругих элементов 7, что обеспечивает его виброизоляцию и способствует перемещению материала в сторону разгрузки. Загрузка исходного материала осуществляется через загрузочный патрубок 8, разгрузка дробленого продукта – в нижней части дробилки. Крупность конечного продукта регулируется изменением величины разгрузочной щели, массой, амплитудой, частотой и направлением колебаний щек, величиной параллельной зоны и формой их футеровки. Следует отметить, что дробилка, в силу принципа своей работы, защищена от поломок при попадании недробимых тел, обеспечивает регулировку усилия дробления. Последнее позволяет производить дробление материала при минимальном переизмельчении, осуществлять избирательное его разрушение. Так, при криогенной переработке кабеля и проводников тока обеспечивалось последовательное снятие изоляции с получением чистоты токопроводящей меди не ниже 97%. Переработка алюмо- и медьсодержащих шлаков с использованием вибрационной щековой дробилки позволяет выделить на грохоте алюминий или медь в виде пластинок.

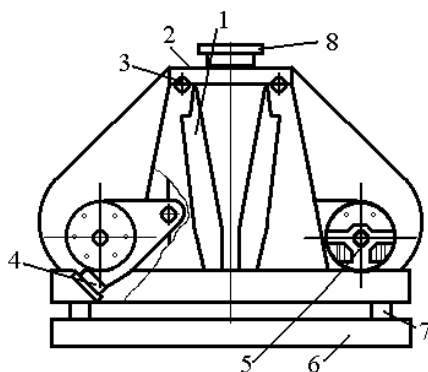


Рис. 1 – Вибрационная щековая дробилка

Имеется опыт использования ВЩД при разрушении прочных и абразивных материалов, таких как дробь чугунная и стальная, твердые сплавы, корунд, гра-

нат, а также пластичные материалы типа твердые бессеребряные припои, которые при динамическом нагружении переходят в охрупченное состояние. Естественно, для разрушения таких материалов необходимо, чтобы дробилка, ее щеки, имели достаточную величину кинетической энергии.

Величина кинетической энергии приближенно может быть определена из выражений

$$T = 0,5 J_{\dot{u}} \omega^2, \quad \text{где} \quad J_{\dot{u}} = J_0 + m_{щ} l_{щ}^2,$$

и в свою очередь J_0 – динамический момент инерции щеки относительно центра тяжести, $m_{щ}$ и $l_{щ}$ – масса щеки и расстояние от центра тяжести до оси подвеса щеки, ω – угловая частота колебаний дробилки.

Существуют ограничения и по величине амплитуды поворотных колебаний щеки, которая не должна превышать $\Phi \leq \Delta / 2l_{щ}$, где Δ – зазор в нижней части щек в статическом состоянии, который определяется требуемой крупностью продуктов дробления, $l_{щ}$ – длина щеки. Это приводит к ограничению на величину кинетостатического момента дебалансных грузов привода $m_0 r$:

Кинетостатический момент должен быть $m_0 r \leq J_{\dot{u}} / l_{щ}$, $l_{щ}$ – расстояние от оси подвеса щеки до оси вала дебалансного вибровозбудителя.

Такой расчет ВЦД выполняется только для оценки возможностей дробилки для разрушения конкретного материала. Для определения требуемой энергии разрушения необходимо выполнить предварительные исследования на лабораторном копре. В дальнейшем после конструкторской проработки выполняется полный динамический расчет и выбор параметров дробилки.

Для некоторых типов материалов (мягких, хрупких) ВЦД может быть использована в качестве мельницы с получением (в замкнутом цикле с грохотом) продукта до 160 мкм со значительно меньшей энергоемкостью процесса по сравнению с мельницами.

Другим типом оборудования для получения тонкоизмельченных продуктов являются вибрационные мельницы. Достаточно широко применяющиеся в малых производствах вибрационные мельницы с горизонтальным расположением трубчатого исполнительного органа, совершающего эллиптические колебания, просты по конструкции и позволяют получить достаточно тонкий помол. Измельчение в них происходит преимущественно истиранием. Это приводит к снижению энергоемкости процесса измельчения, по сравнению с барабанными мельницами, образованию короткоживущей активной поверхности, но в то же время, к повышенному износу мелющих тел, нагреву технологической нагрузки и помольной камеры. Следует отметить, что для эффективного ведения процесса измельчения и механоактивации для мельниц с инерционным вибровозбудителем необходимо, чтобы масса корпуса мельницы не менее чем в 2,5 раза превышала массу технологической загрузки.

Измельчение материала в вертикальной вибрационной мельнице (МВВ) происходит при квазиударном взаимодействии мелющих тел с корпусом помольной камеры, между собой и с измельчаемым материалом. Разрушение частиц происходит преимущественно сжатием (ударом), что приводит к умень-

шению износа мелющих тел, обеспечивает измельчение прочных и абразивных материалов. При этом наблюдается механоактивация не только поверхности, но активный слой проникает в глубину частиц вследствие развития микротрещин.

Схема промышленного образца двухкамерной вертикальной вибрационной мельницы непрерывного действия представлена на рис.2.

Мельница состоит из двух помольных камер 1 и 2, установленных на раме 3 с помощью упругих элементов 4. Рама, в свою очередь, установлена на основании с помощью упругих элементов 8. Противофазное движение помольные камеры получают от двух эксцентриковых вибровозбудителей 5, валы которых приводятся во вращательное движение от электродвигателей 6 через упругие муфты 7. Помольные камеры разбиты на ряд секций, заполненных мелющими телами с зазором Δ между верхним слоем шаров и крышкой. Зазор Δ выбирается таким, чтобы обеспечивалась максимальная энергопередача в слой мелющих тел при двустороннем взаимодействии слоя технологической загрузки с дном и крышкой секции. Мельница практически уравновешена: силы инерции движущихся помольных камер и технологической нагрузки взаимно компенсируются через эксцентриковый вибропривод и на раму, а, следовательно, на основание не передаются.

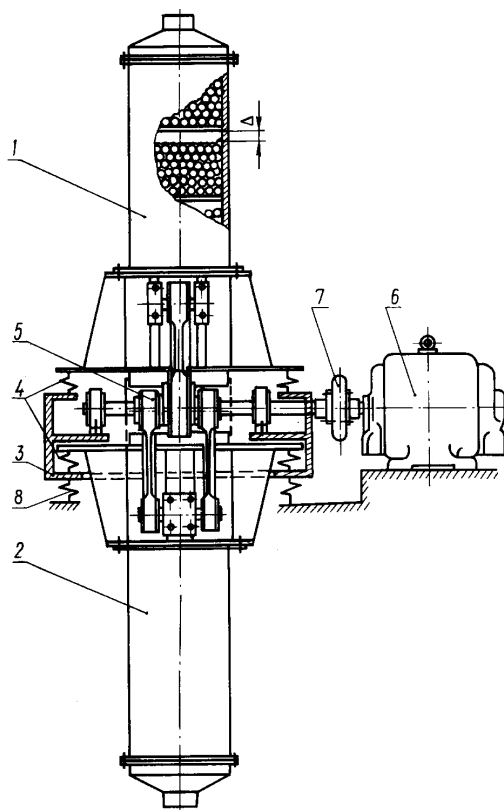


Рис.2 Вертикальная вибрационная мельница

Такие мельницы нашли применение при производстве металлических порошков из чугуна, хрома металлического, ферроматериалов и т.п. Для измельчения и переработки более «экзотических» продуктов применимы мельницы меньших типоразмеров, многокамерные и однокамерные, работающие в непрерывном (прямоточном и противоточном) и периодическом режиме виброудар-

ного измельчения. Так, при получении шлифпорошков наблюдается остроугольная форма конечного продукта; при измельчении синтетических алмазов мелющие тела – стальные шары, шаржируются самими алмазами, что предохраняет мелющие тела от износа и обеспечивает минимальный намол железа; совместный помол компонентов карбидостали [2] значительно улучшает (до 1,5 раз) прочностные характеристики режцового инструмента.

Большие возможности открываются при использовании вертикальной вибрационной мельницы для виброударной механоактивации материалов. Так, механоактивация водоугольного топлива позволяет довести температуру замерзания смеси с -8° до -20°C , повысить удельную теплоту сгорания на 12 МДж/кг. В ряде случаев виброударная обработка материалов увеличивает контрастность поверхности материалов, что приводит к повышению эффективности разделения при обогащении полезных ископаемых. Наблюдались случаи изменения структуры и свойств материалов при виброударной обработке, как, например, изменение кристаллической структуры и свойств известняков, используемых при осветлении сахара, получение материалов для производства низкотемпературных сверхпроводников и т.п. Этому в значительной мере способствует возникновение кратких по времени действия достаточно высоких (сотни, до 1000°C) температур в зоне контакта [3] при взаимодействии мелющих тел между собой и с измельчаемым материалом.

Для целей классификации мелких материалов на перфорированных поверхностях получили распространение «высокочастотные» грохоты, работающие при малых амплитудах и высоких (1500 кол/мин и выше) частотах колебаний. Такой режим позволяет осуществлять движение материала по рабочей поверхности грохота с рациональными параметрами [4]. Вместе с тем, применяемая эллиптическая или прямолинейная траектория движения рабочей поверхности не всегда способствует качеству разделения материала по крупности, поскольку сегрегация материалов при вибрационном воздействии для мелкодисперсных материалов происходит достаточно медленно.

Классификация мелкодисперсных материалов происходит более интенсивно при использовании грохотов с пространственными колебаниями рабочей поверхности. Отличительной особенностью данного грохота (рис. 3), состоящего, как и обычный, из короба 1 с ситом 2, установленного на упругие амортизаторы 5, является то, что ось одновального инерционного вибровозбудителя 6 располагается в вертикальной плоскости под углом $90^{\circ}-\beta$ к рабочей поверхности. Кроме того, грохот снабжен загрузочно-распределительным 3 и разгрузочными 4 устройствами.

Рабочая поверхность грохота совершает сложные пространственные колебания, благодаря чему перемещается по ней как в продольном, так и в поперечном направлении, совершая винтообразные движения. Просеивание материала осуществляется более интенсивно, рабочая поверхность очищается.

Так, например, при классификации полевого шпата по крупности 100 мкм при одинаковых размерах рабочей поверхности и производительности на грохоте с направленными колебаниями рабочей поверхности была получена эф-

фektivность грохочения 48%, а на грохоте с пространственными колебаниями – 97% [5].

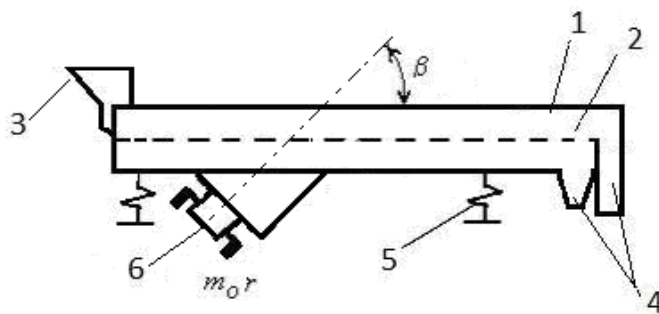


Рис.3 Конструктивная схема грохота с пространственными колебаниями рабочей поверхности

Следует отметить, что предельная крупность разделения на перфорированных поверхностях ограничивается размером 100 (минимум 50) мкм. Для сухой классификации более тонких материалов однородного состава были разработаны виброадгезионные классификаторы, осуществляющие разделение материалов по крупности на неперфорированной наклонной поверхности [6].

Принцип действия такого классификатора можно пояснить по рис. 4.

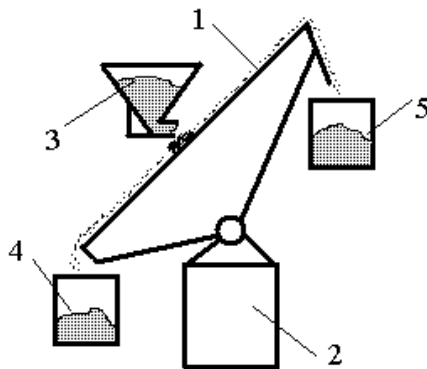


Рис. 4 - Схема работы виброадгезионного классификатора

Рабочий орган 1 с неперфорированной поверхностью расположен под углом к горизонту и получает колебания в вертикальном направлении от регулируемого электромагнитного вибратора 2. Исходный материал из бункера-питателя 3 подается на рабочую поверхность, где под действием вибраций расслаивается (сегрегирует). Более крупные частицы выделяются в верхний слой, скатываются вниз по наклонной плоскости и разгружаются в контейнер 4. Мелкие частицы за счет вибраций и сил адгезии (аутогезии) перемещаются вверх по наклонной плоскости и разгружаются в контейнер 5. Крупность зерен продукта разделения зависит от физико-механических свойств материала, материала и состояния, угла наклона и параметров вибрации поверхности. Крупность граничного зерна разделения, в зависимости от настройки классификатора, лежит в пределах от сотен до 10 мкм. Находят применение виброадгезионные классификато-

ры с рабочей поверхностью тарельчатой формы, совершающей вертикальные и поворотные колебания. На них можно делить материал по нескольким фракциям.

Выводы. Применение предложенной конструкции вибрационного оборудования для дезинтеграции и классификации материалов позволяет эффективно перерабатывать отходы промышленного сырья с выделением ценного компонента на грохоте, осуществлять механоактивацию материалов и получать материалы с новыми свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н., Франчук В.П., Надутый В.П. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах.- Днепропетровск: НГА Украины. – 2002. – 190 с.
2. Отработка технологии измельчения и смешения компонентов карбидостали в вертикальной вибрационной мельнице. – Одесса: ОГМА – // Франчук В.П., Зубкова В.Т., Каменева С.А., Светкина Е.Ю., Анциферов А.В./ Материалы конференции "Теория и практика процессов измельчения и разделения". ч. I – 1995. – с.58-62.
3. Франчук В.П., Светкина Е.Ю. Температурные эффекты при виброн нагружении. – Днепропетровск: Науковий вісник національного гірничого університету, № 1. – 2003. – с.70-72.
4. Франчук В.П., Надутый В.П., Егурнов А.И. Выбор параметров движения рабочих поверхностей грохотов с учетом крупности разделения. – Дніпропетровськ: Збагачення корисних копалин. Науково-технічний збірник, Вип. 33 (74). – 2008. – с. 44 – 52.
5. Франчук В.П., Федоскин В.А., Куница В.Ф. Лабораторные испытания грохота с пространственными колебаниями. – Дніпропетровськ: Збагачення корисних копалин. Науково-технічний збірник, вип. 33 (74). – 2008. – с. 61 – 65.
6. Некоторые результаты классификации мелкодисперсных порошков на виброадгезионном классификаторе ВАК-02 – Одесса: ОГМА – / Франчук В.П., Захаров А.А., Хомасуридзе В.Д., Шаповалов М.Я.// - Материалы конференции "Теория и практика процессов измельчения и разделения". ч. I. – 1995. – с.70-75.

УДК [539.215,2+54.06]:622.33.002.68

Л.Н. Прокопишин, канд. техн. наук
(ИГТМ НАН Украины)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ СЖИГАНИЯ УГЛЯ

Приведено результати дослідження гранулометричного і хімічного складу золи і шлаків теплових електростанцій, що працюють на вугіллі, запропоновані рекомендації з їхнього раціонального використання у народному господарстві

RESULTS of RESEARCHES of the MINERALOGICAL CONTENT of SOLID WASTE AFTER COAL FIRING

The results of research granulometric and chemical structure of ashes and slag of thermal power stations working with a coal are given the recommendations for their rational use in a national economy are offered

Сформировавшаяся за последние десятилетия экологическая обстановка переросла в одну из семи наибольших угроз национальной безопасности Украины. В принятом Законе «Об охране окружающей природной среды» указано, что территория Украины является зоной экологического бедствия. Рабочая группа по угляю, сознавая необходимость принятия срочных мер по улучшению