

УДК 622.23.05

Ю. В. Дмитрак, д.т.н., профессор, **К. С. Сидоров**, аспирант, Московский государственный горный университет

E-mail: SidorovKS@gmail.com

Применение вибрационных методов дезинтеграции минералов

Представлены возможные методы и средства дезинтеграции минералов. На основе анализа, рассмотрено эффективное использование вибрационных мельниц для получения минералов в тонкодисперсном состоянии, а так же использование этих мельниц для механической активации, во многом замещающей химические и термические метода.

Ключевые слова: дезинтеграция, дробление, измельчение, разрушение минералов, тонкодисперсный помол, сверхтонкий помол, механическая активация, вибрационная мельница.

Yu.V. Dmitrakov, K.S. Sidorov

Application of Methods of Vibration Disintegration of Minerals

Presents possible methods and means of disintegration of minerals. Based on the analysis examined the effective use of vibrating mills to obtain minerals in fine dispersed state, as well as the use of these mills for mechanical activation, largely substitute chemical and thermal methods.

Keywords: disintegration, crushing, grinding, destruction of minerals, fine grinding, ultra-thin grinding, mechanical activation, vibrating mill.

Современные методы дезинтеграции твердых материалов, как имеющих кристаллическую решетку, так и не имеющих ее, основаны на механических способах дробления и измельчения. Главным их принципом является создание внутри разрушаемых тел областей деформаций и напряжений, способных нарушить их целостность.

Как известно, предельные прочностные характеристики материалов напрямую зависят от их структуры и межмолекулярных или межатомных связей. Из-за чего, нарушение сплошности кристаллической решетки требует приложения очень высоких нагрузок. При этом полная энергия, затрачиваемая при разрушении, складывается, в основном, из двух составляющих энергий, затраченных на образование новых поверхностей в результате разделения тела на несколько частей и на деформирование остальных объемов тела. Полезно затраченной будет считаться лишь энергия, затраченная на образование новых поверхностей. В связи с этим,

современные методы дезинтеграции материалов обладают весьма малым коэффициентом полезного действия, не превышающим нескольких процентов для различных способов дробления и измельчения.

В большинстве традиционно применяемого дробильно-измельчительного оборудования, используются сжимающие нагрузки, хотя горные породы и другие твердые материалы имеют прочность на сжатие на порядок выше прочности на растяжение. При таких рабочих условиях, оборудование должно обладать высокой прочностью и высокой мощностью.

Нагрузка, как правило, сосредоточена на каждом отдельном куске материала по одной оси. Это обуславливает низкую степень сокращения размеров за один рабочий цикл и многостадийность процесса. Область воздействия нагрузки является случайной, вследствие чего наблюдается неселективное разрушение. Энергия тратится не только на развитие имеющихся на пути приложения нагрузки зародышевых трещин, но и на разрыв связей на неразупрочненных участках, что приводит к излишним энергозатратам.

Современные теоретические представления о закономерностях процессов дробления и измельчения, в основном, базируются на положениях классической механики сплошной среды, хотя в реальности материалы имеют неоднородное строение. Горные породы состоят из множества разнородных фаз, таких как кристаллические блоки различных минералов, в поверхностях раздела которых происходит резкое изменение изотропности свойств.

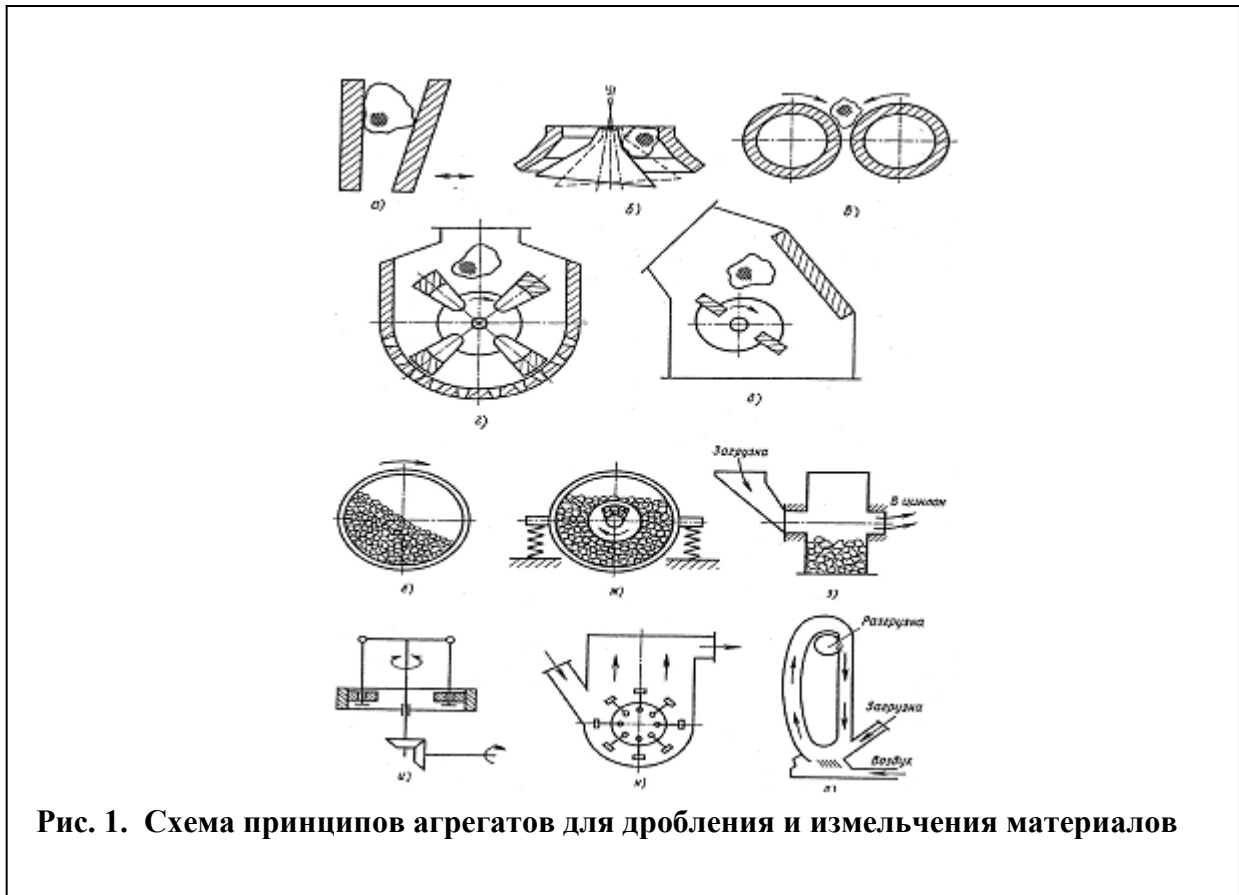
При приложении вызывающих деформацию нагрузок, разрушение начинается в местах микротрещин путем развития их в магистральные трещины. Процесс развития и перехода микротрещин в макротрещины во многом зависит от характера напряжений в данном месте. Микротрещина может развиваться только под действием растягивающих или сдвиговых напряжений. Сжимающая нагрузка, наоборот, может способствовать ее смыканию.

Дальнейшее развитие нового подхода к проблеме прочности деформируемого тела с учетом его неоднородности и наличия дефектов внутреннего строения должно изменить некоторые принципы конструирования дробильно-измельчительного оборудования.

Сформулировать данный подход можно следующим образом: как на основе дефектов структуры материала и образования зародышевых трещин на поверхности раздела фаз, осуществить эффективное разрушение. Реализуя данный подход при организации процессов дезинтеграции возможно разрушение высокопрочных материалов с минимальными затратами энергии, с высокой степенью сокращения за один рабочий цикл и не требующий создания высокого уровня усилий.

Таким образом, в отличие от одноосного сжатия или удара при традиционных методах единицы материала должны подвергаться комбинированному нагружению, включающему элементы сдвига, изгиба, кручения и если это механически удастся осуществить, растяжению.

Для осуществления дезинтеграции минералов в настоящее время, в основном, используют дробилки и мельницы различного типа действия.

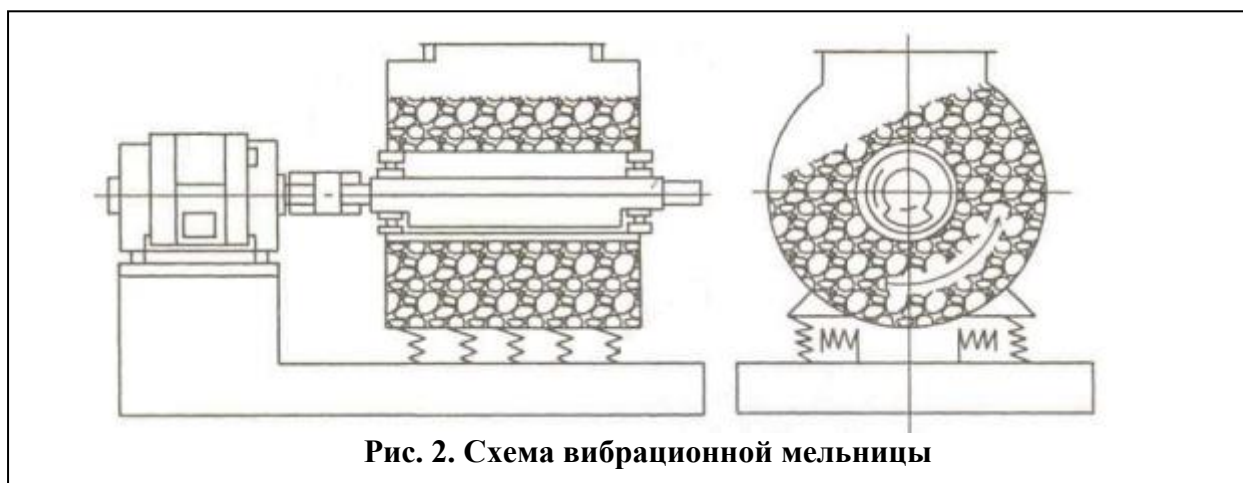


Дробилки, в свою очередь, по принципу действия (рис.1) разделяют на: а - щековые; б - конусные; в - валковые ударного действия; г - молотковые; д – роторные. Мельницы по принципу действия разделяют на барабанные (рис. 1 е-з), в которых материал измельчается во вращающемся (рис. 1 е) или вибрирующем режиме (рис. 1 ж), при помощи загруженных в барабан мелющих тел или без них, с ударными и истирающими нагрузками (рис. 1 з); среднеходные, в которых материал измельчается раздавливанием и частичным истиранием между основанием и рабочей поверхностью шара, вала, ролика (в ролико-маятниковой мельнице (рис. 1 и), ролик прижимается центробежной силой к борту чаши и измельчает материал, попадающий между бортом и роликом); ударные (рис. 3 к), в которых материал измельчается ударом шарнирных или жестко закрепленных молотков (продукт, достигший определенной тонины

помола, выносятся из зоны действия молотков воздушным потоком); струйные (рис. 3 л), где материал измельчается в результате трения и соударения частиц материала, а также о стенки камеры при движении частиц под действием воздушного потока, имеющего большую скорость.

Отдельную нишу занимают вибрационные мельницы, которые используют для получения тонкого и сверхтонкого продукта и нашли широкое применение в различных областях промышленности. Вибрационные мельницы применяют для измельчения угля при производстве угольного порошка, используемого в качестве топлива в котлах с пылеугольными форсунками, так же для измельчения различных минералов для дальнейшего использования в фармакологии, при производстве пигментов, наполнителей клеевых композиций, ферритовых смесей для получения металлокерамических изделий и др.

Следует отметить, что к настоящему времени, вибрационные агрегаты, в частности вибрационные мельницы (Рис.2), ограниченно используются для механической активации минералов мелкого и тонкодисперсного гранулометрического состава.



Активация измельчением, или механоактивация — способ интенсификации физико-химических процессов. В ее основе лежит изменение реакционной способности твердых веществ под действием механических сил.

Вещества в тонкодисперсном состоянии становятся более химически активными, бурно, иногда со взрывом, реагируют с другими веществами, плавятся при более низких температурах, лучше спекаются, дают более прочные спеки и т.д.

Кроме того, они вызывают следующие физические явления:

- инициируют излучение электромагнитных волн в широком диапазоне, в том числе и звуковых и световых;
- производят тепло, вызывающее разогрев измельчаемого материала;
- стимулируют эмиссию электронов и создают разность потенциалов;

- приводят к нарушению сплошности материала и увеличивают свободную поверхность вещества;

- вызывают упругие и пластические деформации. Релаксация деформаций и остаточных напряжений в твердых телах при невысокой температуре протекает достаточно медленно, и, следовательно, вещество, подвергнутое действию механических сил, какое-то время обладает запасом «избыточной» энергии.

- через нарушение сплошности измельчаемого материала приводят к разрыву химических связей вещества (механолиз, механокрекинг и т.п.). Образующиеся при этом некомпенсированные химические связи или свободные радикалы обладают запасом «избыточной» энергии;

- при тонком измельчении приводят в конечном счете к частицам такого размера, которые соизмеримы с параметрами кристаллической решетки. Дальнейшее диспергирование неминуемо влечет за собой перестройку (изменение кристаллической решетки, аморфизацию) с соответствующим изменением всех термодинамических характеристик вещества и его реакционной способности.

Активация минералов в вибрационной мельнице происходит под действием ударов, истирания и раздавливания между движущимися мелющими телами. Энергонапряженность вибрационных мельниц значительно выше, чем шаровых, что предопределяет их более широкое использование в качестве активаторов для интенсификации физико-химических процессов, таких, как выщелачивания полезных компонентов из руд или концентратов.

При сверхтонком измельчении исходный минерал перестает существовать в своей изначальной структуре или химическом составе, превращаясь в новое вещество с иными свойствами, структурой и элементарным составом.

Механическая активация нашла применение, как способ снижения параметров основного технологического процесса: понижения температуры плавления или спекания, уменьшения концентрации (или давления) жидких и газообразных реагентов. Активация порошков перед спеканием увеличивает прочность изделий и их магнитные свойства.

Перспективным является применение механической активации вибрационными агрегатами в процессах выщелачивания, экстракции, селективного и валового растворения веществ, так же в подготовке композиционных смесей. Композиционные смеси широко используются в различных областях промышленности. Их готовят в виде шихты перед пиропроцессами, применяют при подготовке пресс-подшипников, применяют при подготовке растворов для катализаторов или других целей. На их основе работает керамическая промышленность, применяют при подготовке формовочных земель, флюсов для покрытия электродов, для штамповки металлокерамических деталей, клеевых композиций и т.п.

Вибрационные методы активации используются в производстве калийных, фосфорных и других удобрений. Разрушение структуры минералов, обусловленное сверхтонким измельчением, повышает растворимость отдельных компонентов горных пород и усвояемость их растениями.

Механоактивация посредством тонкого измельчения на вибрационных мельницах нашла применение в производстве красителей. Так, как кроющая способность пигментов в значительной степени зависит от их дисперсности.

Широки перспективы применения активации с целью интенсификации каталитических процессов. В этой области определились возможности создания новых катализаторов и разработки оригинальных способов осуществления каталитического процесса.

Активация песка, проявляется в том, что приготовленный на его основе строительный бетон быстро твердеет и оказывается в 1,5 раза прочнее, чем бетон, приготовленный с применением неактивированного песка.

Развитие аппаратов вибрационного действия и вибрационных мельниц способствует активации минералов в широком диапазоне рабочих режимов, что позволит добиваться оптимального состояния активированных веществ, при эффективном использовании, как энергетических, так и других ресурсов. Однако, до сих пор отсутствуют общепризнанные представления о природе и механизме активации веществ, не создано теории инициирования химических реакций механическими силами, не определены пути превращения энергии измельчаемого аппарата в химическую энергию измельчаемого вещества.

Таким образом, применение вибрационных методов, в частности применения вибрационных мельниц, создает условия не только для создания мелкого и тонкодисперсного помола, но и для эффективной механической активации минералов, взамен химических и термических методов.

Список литературы

1. **Андреев Е.Е., Тихонов О.Н.** Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. Санкт - Петербургский горный институт. – СПб. – 2007. – С. 439.
2. **Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра. –1980. – С. 416.
3. **Акунов В.И.** Струйные мельницы. – М.:Машиностроение. – 1967. – С. 264.
4. **В.А. Арсентьев, Л.А. Вайсберг, Л.П. Зарогатский, А.Д. Шулюяков.** Производство кубовидного щебня и строительного песка с

использованием вибрационных дробилок. – Спб.: Изд-во ВСЕГЕИ. – 2004. – С. 112.

5. **Дмитрак Ю.В.** К вопросу об обосновании выбора оборудования для тонкого измельчения минерального сырья / В сб. Оборудование для комплексного использования сырья горного производства. – М.: МГГУ. – 1994.

6. **Дмитрак Ю.В.** Тенденция применения оборудования для тонкого измельчения горных пород. Уголь №4. – 1999. – С.56-59.

7. **Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н.** Активация минералов при измельчении. – М.: Недра, – 1988, – С.208с.