
ЖЫЛУ ФИЗИКАСЫ ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖЫЛУ ТЕХНИКАСЫ

ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

УДК 621.7

К.Кусаиынов, Б.Р.Нусупбеков, Г.М.Шаймерденова, Г.К.Алпысова

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВОЛЛАСТОНИТА

Табиғатта кездесетін әр түрлі табиғи қазбаларды бөлшектеу мен ұсақтау үшін, оларды кең көлемде байыту қажет. Волластонитті бояуларға түрлі қоспа ретінде енгізу олардың қасиеттерін арттырып ғана қоймай, түсіне де көп әсерін тигізеді. Алынған бояулар ашық ақ және түрлі-түсті түстермен ерекшелене алады. Ұсынылған нәтижелер волластонит кенін ұсақтау барысында энергияның белгілі параметрлерінде ірі кесектен ұсақ бөлшектерді алуға болатындығын көрсеткен. Зерттеулерден байқайтынымыз, ұсақталу нәтижесіне электрогидроимпульстік қондырғыдағы энергия шамасымен бірге, электр разрядының жиілігі де көп әсерін тигізетіндігі дәлелденген. Жиіліктің барлық параметрлерінде волластонит кенін ұсақтау белгілі заңдылыққа сүйенетіндігі айқындалған. Коммутирлеуші қондырғыдағы жиіліктің шамасы артқан сайын, кеннің ұсақталуы да бірқалыптана бастайды.

Processing of most mass produced mountain means crushing and grinding it as a preparatory process for the direct enrichment. The use of wollastonite as a filler in paints perhaps largely due to its color, needle-shaped form, the low absorption of oil. The material has a bright white color, and it provides high quality pure white and bright colored paint. The results of the distribution of particle size, which has a well-pronounced maximum of the asymmetric shape of the steep recession in the fines and more flat in the large, maximum is shifted toward smaller particles with increasing specific energy. Studies have shown that the main parameter, leading to intense shredder wollastonitovoy ore, is also the frequency of electrical discharge. When all the values of the frequency of discharge, there is a general pattern of influence-distance commuting in the bit period of the device on the efficiency of crushing ore wollastonitovoy. With the increasing frequency of pulses is set equal ragging.

Растущее потребление топлива, черных, цветных и редких металлов, неметаллорудных материалов, являющихся основой для развития современной промышленности, требует увеличения объемов добычи и обогащения полезных ископаемых. Вместе с неметаллорудными, строительными материалами и горнохимическим сырьем объем добычи и переработки полезных ископаемых в мире составляет несколько миллиардов тонн в год.

Геологическими исследованиями установлено, что Республика Казахстан обладает крупнейшими в мире запасами волластонитовых руд — около 70 млн. т (после Америки и Китая), позволяющими Казахстану занять лидирующее положение в производстве нового продукта — волластонита. Зарубежные страны испытывают острый недостаток в природном волластоните, так как получение синтетического аналога обходится в 15–20 раз дороже [1].

Внутренняя структура неметаллорудных материалов, особенно природного происхождения, отличается, как правило, сложным иерархическим строением. Структура материалов представляет собой сложный статистический ансамбль макро- и микроэлементов, различных по своим физико-химическим свойствам, гранулометрическому составу, разнообразных по форме, распределенных в объеме некоторого континуума и взаимодействующих между собой. На основе расширенной трактовки понятия структуры известными авторами предложены следующие подходы к классификации структур: по химическому и минералогическому фазовому составу, включая совокупность параметров, которые характеризуют геометрическое строение, взаимное расположение структурных элементов; по структуре связей различных видов между отдельными элементами; по характеристикам элементов, определяющим переносные свойства материала [2, 3].

Волластонит представляет собой природный минерал, отличающийся игольчатым строением кристаллов, что обуславливает его широкое использование в качестве ценного наполнителя композиционных материалов, как экологически чистого заменителя асбеста и волокнистого талька. Игольчатость является определяющим свойством для повышения долговечности и износостойкости лакокрасочных материалов, в некоторых отраслях промышленности имеет значение и химический состав волластонита [2]. В свою очередь, структурные характеристики имеют несколько уровней описания, при этом к первому относятся форма и геометрические свойства частиц. Структурные свойства игольчатых частиц имеют ряд особенностей по сравнению с хорошо изученными свойствами структурных элементов сферической формы [4, 5]. Последние годы измельченный минерал волластонита в виде различных фракций применяется в асбоцементной, резинотехнической, бумажной, лакокрасочной, химической промышленности, а также для производства теплоизоляционных материалов в металлургии. Измельченный минерал размерами до $2 \cdot 10^{-4}$ м применяется в асбестоцементной промышленности для изготовления предметов строительной фурнитуры (канализационные трубы и др.), а диаметрами фракции до $1 \cdot 10^{-4}$ м — для изготовления теплоизоляционных материалов и т.др. Часто используется в производстве пластмасс, минеральной ваты и абразивных материалов, в составе обмазок для сварочных электродов при изготовлении специальных фильтров и теплоизоляторов, в сельском хозяйстве и др. Применение волластонита в качестве наполнителя красок возможно в основном благодаря его цвету, иглообразной форме, низкому поглощению масла. Материал обладает ярким белым цветом, и это позволяет получать высококачественные белые и яркие чистые цветные краски. Игольчатая форма зерен волластонита придает краске способность распространяться ровно по поверхности, низкий коэффициент масляного поглощения позволяет уменьшить расход связующего вещества.

До настоящего времени для дробления, измельчения и обогащения волластонитовых руд на разные фракции используются известные установки и механические дробильные устройства (например, шаровая, вибромельница и др.).

Как показывает практика, механические способы дробления и измельчения, техника и технология, основанные на известных принципах, обладают многими существенными недостатками:

- в них реализуется физический принцип разрушения горных пород механическими напряжениями сжатия, сопротивляемость которым для горных пород в 10–30 раз больше, чем напряжения разрыва, и КПД механического разрушения остается низким;
- подводимая электрическая энергия многократно трансформируется в механическую в редукторах и передачах с потерями, где значительная часть энергии теряется на взаимные соударения (шаров) между собой и по футеровке;
- технико-экономические показатели дробления в значительной степени зависят от твердости и абразивности разрушаемых руд;
- сравнительно высокая сложность и стоимость дробильно-измельчительного оборудования, малые межремонтные периоды при эксплуатации ввиду невысокой износостойкости рабочих органов и др. [2–5].

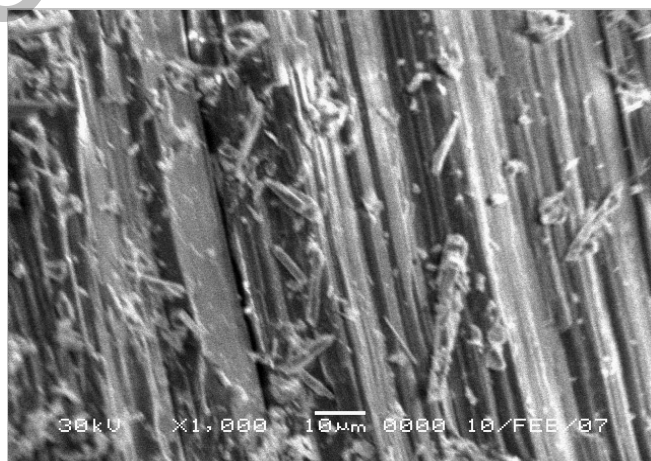


Рис. 1. Микроиглы волластонита, $\times 1000$

На рисунке 1 приведена структура микрогольчатого волластонитового материала с высоким характеристическим отношением.

В связи с этим известные способы дробления и измельчения (механический, пневмомеханический, аэродинамический, термоэлектрический, ультразвуковой, лазерный и др.) не удовлетворяют необходимым требованиям, следствием чего является незначительная производительность и высокая энергоемкость их. Поэтому требования увеличения количества перерабатываемых горных пород и руд при улучшении качественных показателей переработки (повышение степени извлечения) ставят весьма актуальные задачи, направленные на рационализацию и удешевление процессов дробления и измельчения.

Поэтому растущее потребление неметаллорудных волластонитовых материалов, являющихся основой для развития современной промышленности, требует увеличения объемов добычи и обогащения полезных ископаемых. Переработка большинства добываемой горной массы означает дробление и измельчение ее как подготовительного процесса к непосредственному обогащению. Данные процессы являются весьма дорогостоящими операциями и приблизительно достигают 50 % всех затрат на обогатительных фабриках. Огромное значение для последующих технологических операций имеет качество дробления и измельчения, предполагающее получение волластонитового продукта заданной фракции без переизмельчения.

Результаты исследований, а также зависимости измельчения волластонитовой руды от удельной энергии разряда и от частоты следования импульсов электрогидроимпульсного воздействия приведены на рисунках 2–5.

В проведенных экспериментах исходный диаметр частиц волластонита в среднем составил $2 \cdot 10^{-3} \div 8 \cdot 10^{-3}$ м. Степень его измельчения возрастает с увеличением удельной энергии, вводимой в канал разряда, что объясняется тем, что в обрабатываемой руде сначала образуется сеть микротрещин на пути прохождения ударной волны, которая и создает сплошное напряженное состояние. Подводимое значение напряжения на коммутирующее устройство регулировали от 10 до 45 кВ. Получены зависимости степени измельчения руды от электрических и геометрических параметров установки, где ϑ — удельная энергия, K — доля фракций от общего объема, $d_{фрак}$ — диаметр фракции исходного материала.

На рисунке 2 приведено распределение частиц по их размерам, которое имеет хорошо выраженный максимум асимметричной формы с крутым спадом в сторону мелких фракций и более пологим — в сторону крупных, максимум сдвигается в сторону мелких частиц при увеличении удельной энергии. В данных экспериментах исходный диаметр частиц волластонита в водном растворе в среднем был равен 2 и 5 мм. Установлено, что степень измельчения возрастает с увеличением удельной энергии, вводимой в канал разряда. Это объясняется тем, что первоначально в обрабатываемой руде образуется сеть микротрещин в поле прохождения ударной волны, которое создает сплошное напряженное состояние. После воздействия на руду серией импульсов длительностью ($10^{-5} \div 10^{-4}$ с) на начальном этапе накапливаются пластические деформации, которые в некоторой степени увеличивают его прочность, но в зонах дефектности структур возникают напряжения, разрушающие минерал.

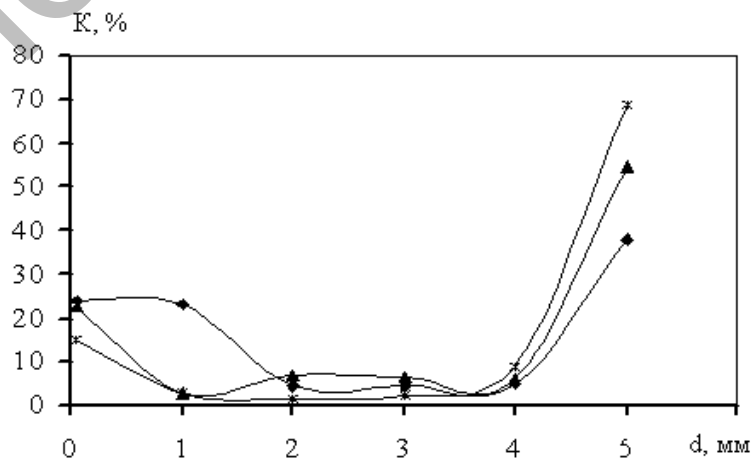


Рис. 2. Зависимость степени измельчения волластонита от удельной энергии разряда. $d_{фр} = 5$ мм; ϑ : * — $1,5 \cdot 10^4$ Дж/м; ▲ — $3,0 \cdot 10^4$ Дж/м; ◆ — $5,0 \cdot 10^4$ Дж/м

При электрогидравлическом воздействии в водном растворе волластонита интенсивность процесса измельчения можно усилить использованием дополнительного давления, связанного с кавитацией, так как на каждой частице минерала возникает кавитационная микрополость, которая схлопываясь генерирует кратковременные высокоамплитудные ударные микроволны. Проведенные эксперименты показали, что при удельных затратах энергии в пределах $\sim 0,7 \div 5 \cdot 10^4$ Дж/м значение напряжения на батареях конденсаторов составляло 40 кВ при постоянной концентрации раствора.

Таким образом, основными факторами, влияющими на механизм измельчения, являются интенсивность импульса волны давления, его длительность, характер ввода энергии в канале разряда, общая длительность процесса измельчения, высокоскоростные потоки жидкости, образуемые в результате объемной микрокавитации.

Задачей дальнейших исследований явилось определение влияния частоты следования импульсов на дробление и измельчение. На рисунке 3 приведены зависимости степени измельчения руды от частоты следования импульсов при двух значениях напряжения на коммутирующем устройстве.

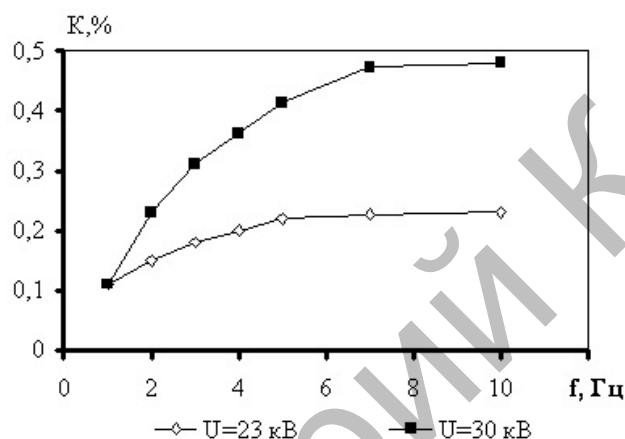


Рис. 3. График зависимости измельчения волластонитовой руды от частоты следования импульсов ЭГЭ при постоянных напряжениях на коммутирующем устройстве; $d_{фр} = 20$ мм; $C = 0,5$ мкФ

Исследования показали, что основным параметром, приводящим к интенсивному измельчению волластонитовой руды, также является частота электрического разряда. При всех значениях частоты разряда наблюдается общая закономерность влияния расстояния разрядного промежутка на коммутирующем устройстве на эффективность дробления волластонитовой руды.

С ростом частоты следования импульсов устанавливается равномерное дробление руды. Анализ степени дисперсности продуктов измельчения показал, что оптимальная частота следования импульсов подаваемых разрядов варьируется от 4 Гц до 15 Гц.

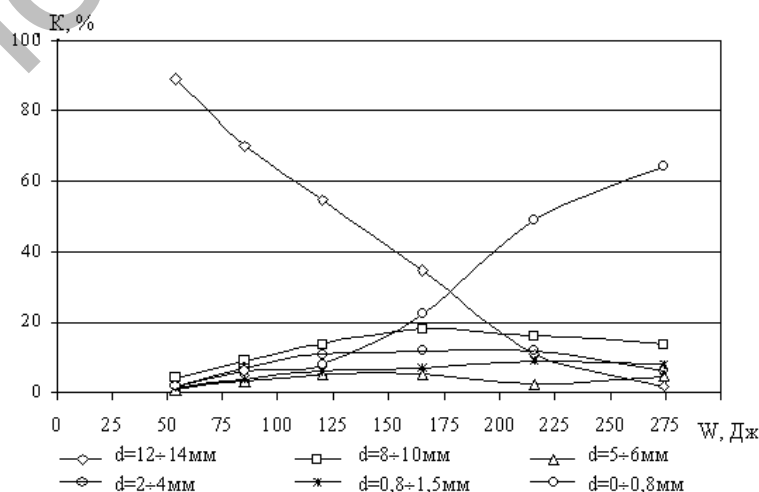


Рис. 4. График зависимости измельчения руды при установленных значениях энергии разряда $d_{фр} = 15$ мм; $C = 0,75$ мкФ

В последующих экспериментах (рис. 4 и 5) нами получены зависимости измельчения и дробления руды выбранной исходной фракции ($d_{фр}$ = 20, 15 и 5 мм) при установленных значениях энергии разряда на коммутирующем воздушном разряднике (фиксированная емкость конденсаторной батареи $C = 0,75$ мкФ).

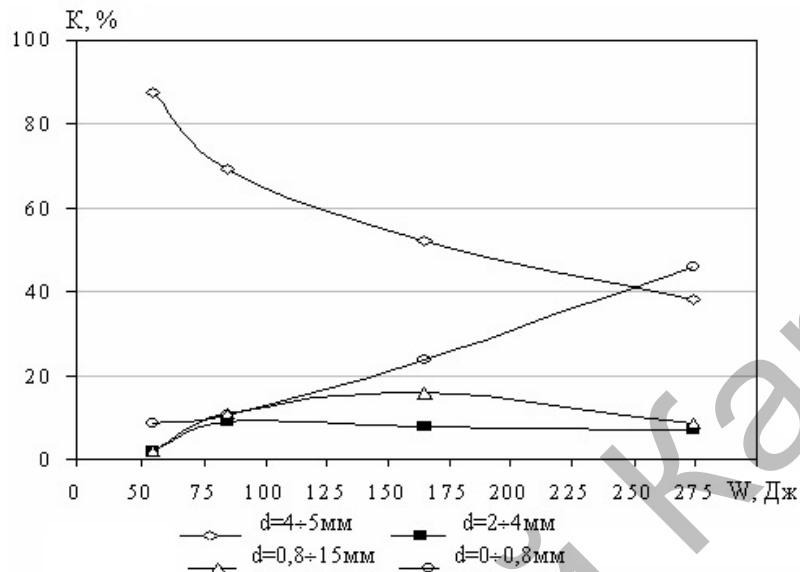


Рис. 5. График зависимости измельчения руды при установленных значениях энергии разряда $d_{фр} = 5$ мм; $C = 0,75$ мкФ

Из полученных зависимостей видно, что с ростом энергии наблюдается увеличение интенсивности дробления руды, а самым оптимальным диаметром исходной фракции является 5 мм.

Достоверность полученных результатов по дроблению и измельчению руды подтверждена воспроизводимостью, объяснением их теоретических основ и сопоставлением их с данными других исследований.

Таким образом, основными факторами, влияющими на механизм измельчения, также являются характер ввода энергии в канале разряда, общая длительность процесса измельчения и высокоскоростные потоки жидкости, образуемые в результате объемной микрокавитации.

Предлагаемый метод и параметры воздействия являются наиболее приемлемыми в производственных условиях, обеспечивают интенсивное дробление и измельчение волластонитовой руды. Проведение этих исследований и внедрение их результатов на предприятия будут способствовать техническому прогрессу в промышленности.

Список литературы

1. Каримова З., Умирбаева Э. Минеральные ресурсы Казахстана и мира // Экономика и статистика. — 2002. — № 2. — С. 40–48.
2. Черноглазова Т.В. Волластонит и его применение в промышленности. — Алматы: АО «Алаш», 1999.
3. Аванесова А.С., Самойлович И.Ю. Применение волластонита в фаянсовых массах // Исследования по технологии строительных материалов. — Ташкент: Фан, 1985. — С. 44–49.
4. Гулямов М.Г., Ахметов М.С., Мир-Рахимов М.Д. Изучение влияния волластонита на свойства белого портландцемента // Узб. хим. журн. — 1978. — № 3. — С. 1–4.
5. Матвеев М.А., Норуллаев З.П., Кашкаев И.С. Высокопрочная облицовочная керамика на основе волластонита // Строит. материалы. — 1987. — № 9. — С. 22–26.