

К.Кусаиынов, Б.Р.Нусупбеков, Г.М.Шаймерденова, А.К.Ыдырыс

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ НА СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ РУДЫ ПО ФРАКЦИЯМ

Е.А.Букетов атындағы Қарағанды университетінің проф. Ж.С.Ақылбаев атындағы инженерлік жылуфизикасы кафедрасының жанындағы Гидродинамика және жылуалмасу зертханасында электрогидроимпульстік қондырғының жұмыс арнасы жасалып, жинақталды. Сұйық ортада пайда болған күшті соққы толқынның әсерінен волластонит кені бөлшектене бастайды. Мақалада әр түрлі разряд аралық және конденсатор сыйымдылықтарында жасалған зертханалық тәжірибелердің нәтижелері келтірілген. Электрогидроимпульстік қондырғының конденсаторындағы сыйымдылықтарды өзгерте отырып, волластонит кенін бөлшектенудің нәтижелері қондырғының тұрақты параметрлерінде жасалған. Сонымен қатар волластонит кенінің бөлшектелуіне коммутирлеуші құрылғыдағы кернеудің әр түрлі мәндеріндегі нәтижелері және оның тәуелділіктері алынған.

In the laboratory, Hydrodynamics and heat transfer of faculty of Engineering Thermophysics them. Professor Akylybaev Zh.S. Karaganda State University. E.A.Buketov designed and assembled a working part elektrogidroimpulsnoy installation. When the strong momentum in the liquid medium, which is moistened with the ore, an electrical breakdown, with hydraulic shock of great destructive power. The article presents the results of laboratory tests carried out at various values of bit length of the interval for switching the device to vollastonitovoy ore, and bulk capacitor bank. Effect of value-capacity capacitor bank at the ore crushing vollastonitovoy studied in the constancy of other parameters of the installation. The authors also obtained according to the degree of crushing ore vollastonitovoy of voltage on the switching device with electro effects.

Многим критериям эффективного способа разрушения горных пород и руд отвечает электроимпульсный способ, использующий для разрушения твердых диэлектрических и полупроводящих материалов энергию импульсного электрического разряда при их непосредственном электрическом пробое. Электроимпульсный способ может быть реализован в непрерывном технологическом процессе разрушения массива горной породы или потока кусков руды. На его основе разработаны эффективные технологии для бурения скважин, проходки щелей в массиве, резания крупных блоков и обработки поверхностного слоя массива или отдельного блока, для дезинтеграции материалов и др. [1–3].

Поэтому вопросы электрогидроимпульсного разрушения материалов составляют предмет исследований настоящей работы. Целесообразными сферами применения электрогидроимпульсного разрушения материалов следует считать те случаи, когда могут быть использованы технологические преимущества способа, а именно: высокая избирательность, обеспечивающая возможность повышения извлечения полезных минералов; возможность регулирования в широких пределах гранулометрического состава продуктов измельчения; возможность получения продуктов, не загрязненных аппаратным железом. В отличие от других способов разрушения материалов, и прежде всего в электрогидроимпульсных устройствах, не действует масштабный фактор [3].

Производительность на один электрод (двухэлектродную систему), устанавливаемая в результате оптимизационных исследований, ограничена определенным пределом, уровень которого зависит от выбранного уровня рабочего напряжения, гарантирующего эксплуатационную надежность работы и безопасность.

Расширение области применения мощного искрового разряда в жидкости в легкой и тяжелой промышленности диктуется потребностями производства и определяется возможностями совершенствования способа преобразования энергии и его применением. И поэтому поиск новых эффективных решений дробления и изучение основных свойств волластонитовой руды является на сегодняшний день важной технологической задачей.

Волластонит до настоящего времени не рассматривался как полезное ископаемое. Методами дробления в специальных стержневых мельницах удастся увеличить выход игольчатых разновидностей волластонита из руды, и он стал использоваться как заменитель асбеста в различных абсоцементных и пластмассовых композициях. Керамическая шихта с добавкой волластонита обладает совершенно необычными свойствами. При нагревании до максимальной температуры эта шихта, как и всякая другая, расплавляется лишь частично, нерасплавившиеся остатки волластонитовых иголок создают плотный каркас, препятствующий изменению прежнего объема. Небольшая потеря объема обуслов-

лена увеличением пор связующей глины, являющейся обязательным компонентом шихты (воластонит при плавлении и последующей кристаллизации практически не меняет объема). Последующая кристаллизация шихты при охлаждении изделия прочно скрепляет иголки между собой. Получающийся в результате керамический черепок обладает рядом исключительно ценных свойств: во-первых, он практически сохраняет размеры, приданные ему при формовке, а во-вторых, из-за большой пористости и «сетчатого» строения черепок, несмотря на низкую прочность, близкую к прочности фарфора, почти не бьется. Очень важным свойством воластонитовой керамики является то, что в нее можно забивать гвозди. Впервые воластонитовая керамика была применена за рубежом при изготовлении стеновых облицовочных плиток. Они имеют очень точные размеры и поэтому вплотную подходят одна к другой [4–9].

Таким образом, известные способы обработки воластонитовых руд и действующие промышленные установки требуют больших затрат энергии, не обеспечивают полную выработку воластонита из руды, и не являются эффективными в плане экономии, трудоемкости и экологии.

Для планомерного решения перечисленных проблем, связанных с дроблением и измельчением воластонитовой руды, в лаборатории Гидродинамики и теплообмена кафедры инженерной теплофизики им. профессора Ж.С.Акылбаева Карагандинского государственного университета им. Е.А.Букегова была разработана и собрана электрогидроимпульсная установка [10]. При прохождении мощного импульса в жидкостной среде, представляющей собой смоченную руду, создается электрический пробой, сопровождающийся гидравлическим ударом большой разрушительной силы.

В ходе проведения систематизированных лабораторных исследований собран экспериментальный стенд и контрольно-измерительная система, позволяющие определять количественное значение силы тока, напряжения в разрядной цепи. Разработана дополнительная система защиты и рабочий узел электрогидроимпульсной установки для дробления руды.

Конструктивно электрогидроимпульсная установка выполнена в едином блоке, состоящем из: пульта управления В1, генератора импульсных токов с коммутатором В2, конденсатора с дополнительной системой защиты В3 (рис. 1).

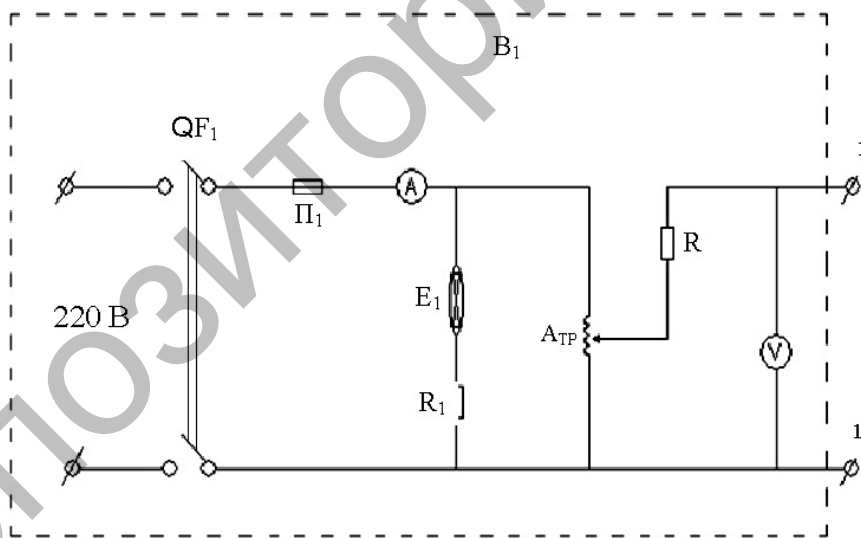


Рис. 1. Функциональный блок В1 (пульт управления): QF₁ — автомат-выключатель; П₁ — предохранитель; E₁ — лампа сигнальная; A_{тр} — трансформатор; A — амперметр; V — вольтметр; R₁ — токоограничивающее сопротивление; R — балластное сопротивление

Пульт управления (рис. 1) работает следующим образом: после включения автомат выключателя QF₁ срабатывает магнитный пускатель и запускается питание установки, подавая напряжение на трансформатор A_{тр}, который имеет несколько выводов, обеспечивает ступенчатую регулировку напряжения и частоты следования импульсов, подаваемых через балластное сопротивление R в генератор импульсных токов.

Пульт управления установки обеспечивает включение и отключение рабочего режима, регулировку частоты следования импульсов разряда на воздушном разряднике, сигнализацию включения рабочего режима, наличие питающего напряжения и контроль основных параметров.

Первичная обмотка генератора-трансформатора намотана ленточным проводом марки ПЭВ, вторичная — проводом ПЭВ на цельновыточенном каркасе, изготовленным из изоляционного материала. В качестве магнитопровода использован сборный трансформаторный сердечник из железа, центральное поперечное сечение которого 80×80 мм. Выпрямительный мост состоит из 4-х селеновых столбов.

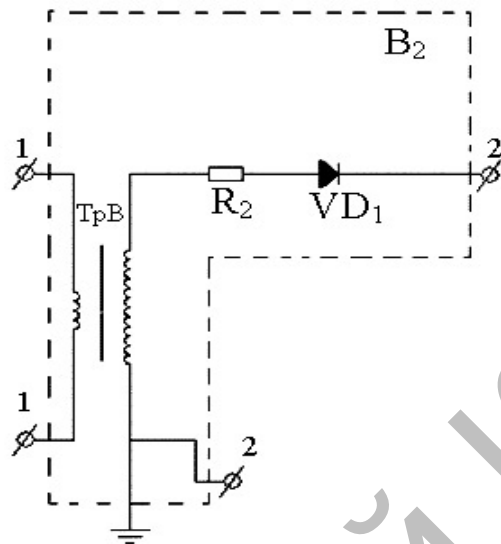


Рис. 2. Функциональный блок В2 (генератор импульсных токов): ТрВ — трансформатор высоковольтный; R_2 — балластное сопротивление; VD1 — выпрямитель

Напряжение на конденсаторе повышается до значения, при котором происходит самопроизвольный пробой воздушного разрядника, и вся энергия, запасенная в конденсаторе, мгновенно поступает на рабочий промежуток в жидкости, где и выделяется в виде короткого электрического импульса большой мощности. Далее процесс при заданных значениях емкости и напряжения повторяется с частотой, зависящей от мощности питающего трансформатора. Основными параметрами генератора (рис. 2) являются: напряжение на коммутирующем устройстве, индуктивность разрядного контура, емкость конденсатора, вид нагрузки и максимальная частота следования импульсов.

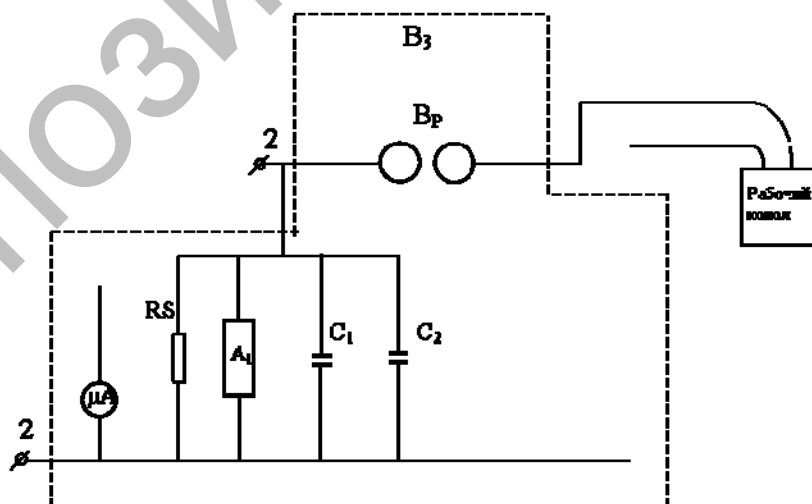


Рис. 3. Функциональный блок В3: A_1 — дополнительная система защиты; B_p — воздушный разрядник; μA — микроамперметр; R_S — делитель напряжения; C_1 и C_2 — импульсные конденсаторы

Для измерения, обработки и регистрации сигналов использован компьютерный цифровой осциллограф Velleman PCS 500. Блок-схема экспериментальной установки представлена на рисунке 4.

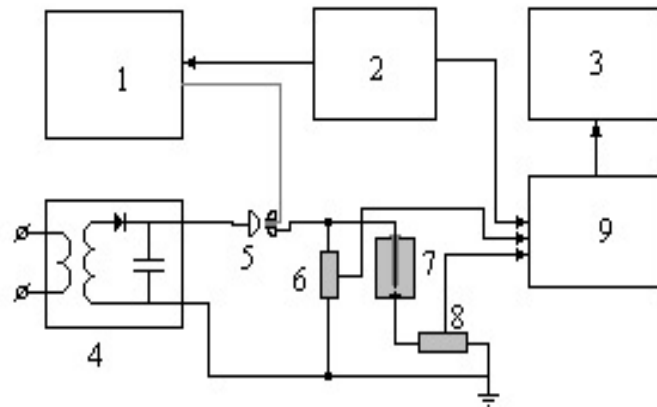


Рис. 4. Схема высоковольтного испытательного стенда: 1 — блок поджига; 2 — генератор управляемых импульсов; 3 — ПЭВМ; 4 — повышающий трансформатор и накопитель энергии; 5 — управляемый разрядник; 6 — делитель напряжения; 7 — рабочий стакан; 8 — токовый шунт; 9 — компьютерный осциллограф PCS-500

Опыты проводились при различных значениях емкости конденсаторной батареи, энергии разряда на коммутирующем устройстве, менялась также частота следования импульсов электрогидроимпульсной установки. Подводимое значение напряжения на коммутирующее устройство регулировали от 10 до 40 кВ, а количество импульсов варьировалось в диапазоне от 22 до 88 разрядов в минуту.

На рисунках 5–8 представлены результаты лабораторных испытаний, проведенных при различных значениях длины разрядного промежутка на коммутирующем устройстве с волластонитовой рудой и емкостях конденсаторной батареи (0,3, 0,5 и 1 мкФ). Были получены зависимости степени измельчения руды от электрических и геометрических параметров установки, где W — выделенная энергия на коммутирующем устройстве, K — доля фракций от общего объема, l_p — длина разрядного промежутка на коммутирующем устройстве.

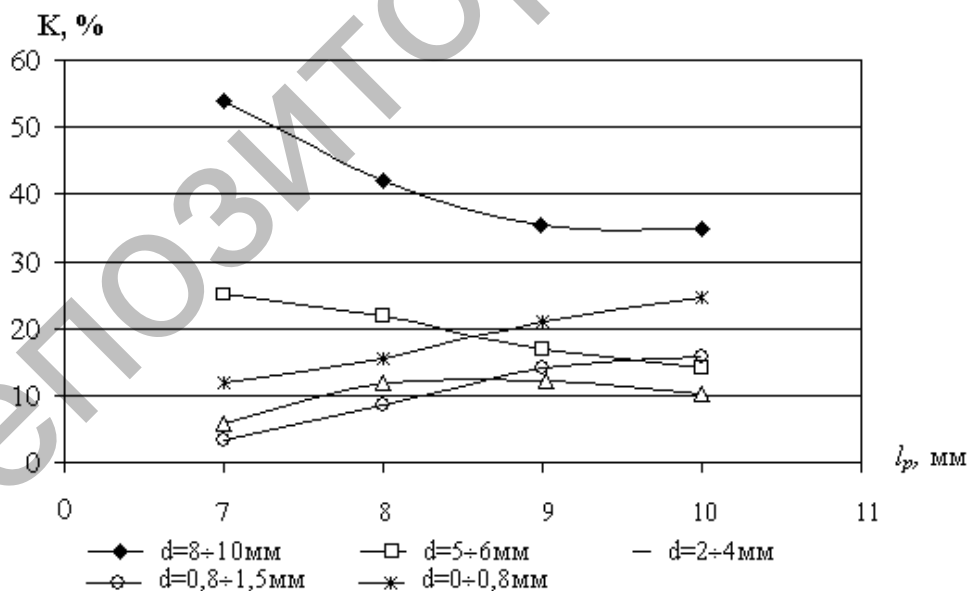


Рис. 5. График зависимости степени разрушения фракций волластонита от длины разрядного промежутка: $d_{фр} = 10$ мм; $C = 0,3$ мкФ; $\tau_{обр} = 5$ мин

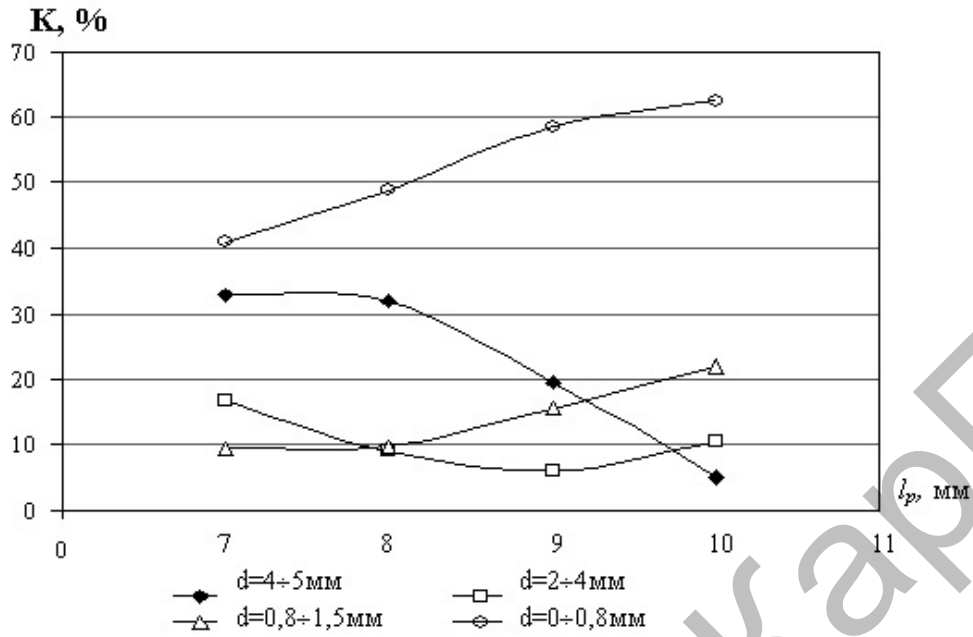


Рис. 6. График зависимости степени разрушения фракций волластонита от длины разрядного промежутка: $d_{fp} = 5$ мм; $C = 0,3$ мкФ; $\tau_{обр} = 5$ мин

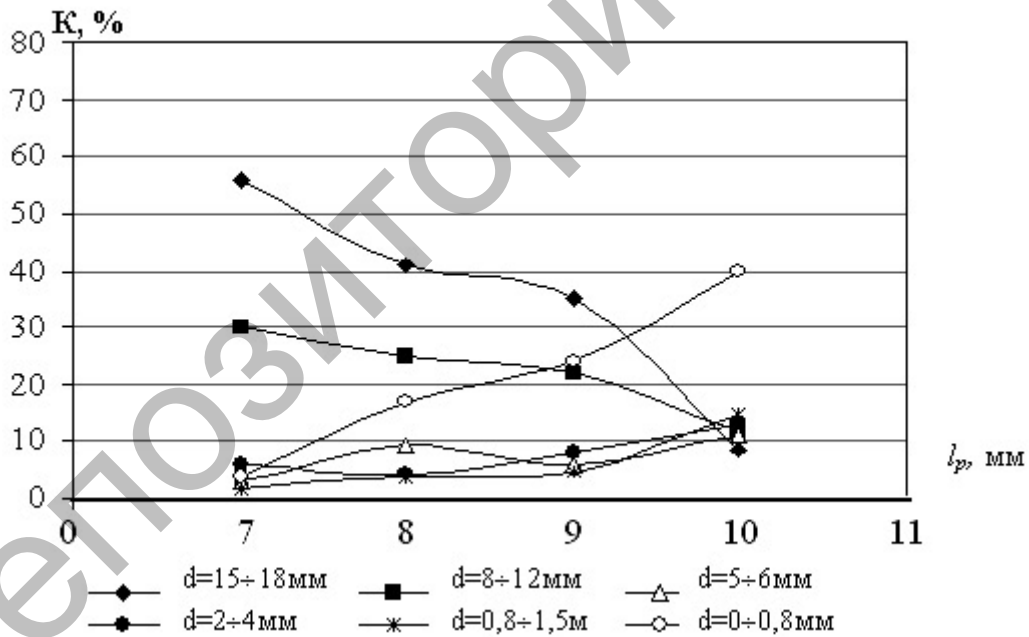


Рис. 7. График зависимости степени разрушения фракций волластонита от длины разрядного промежутка: $d_{fp} = 20$ мм; $C = 0,5$ мкФ; $\tau_{обр} = 5$ мин

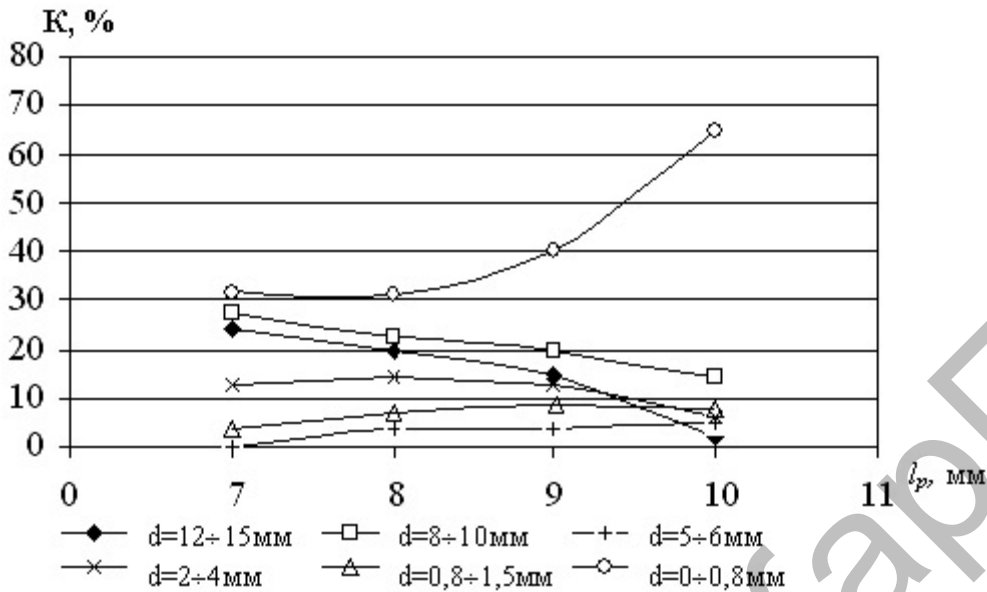


Рис. 8. График зависимости степени разрушения фракций волластонита от длины разрядного промежутка: $d_{фр} = 15$ мм; $C = 1$ мкФ; $\tau_{обр} = 5$ мин

Из приведенных графиков можно сделать вывод, что при увеличении межэлектродного расстояния частицы меньшим диаметром дробятся интенсивнее и наблюдается общая закономерность электрогидравлического эффекта. Самым оптимальным значением емкости конденсаторной батареи является 0,5 мкФ, и диаметр фракции, подвергающейся наиболее интенсивному разрушению, равен $d_{фр} = 5$ мм.

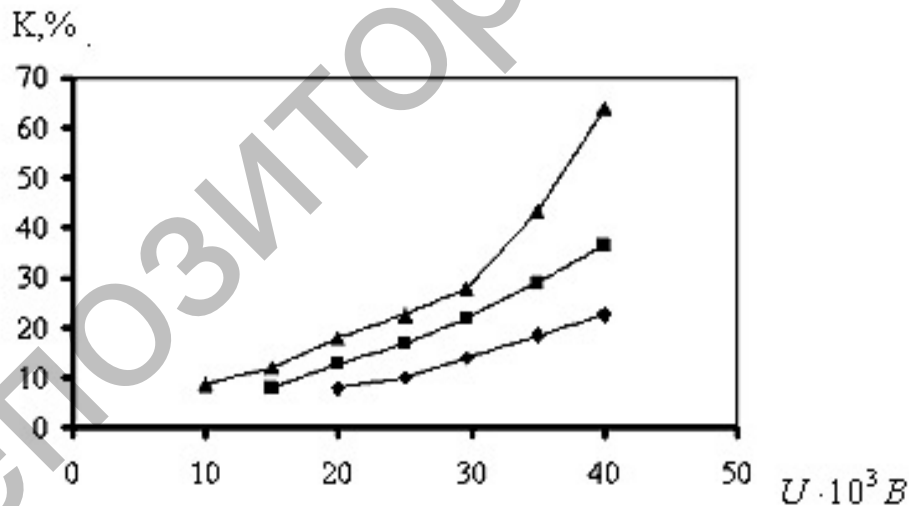


Рис. 9. График зависимости дробления руды при различных емкостях конденсаторной батареи от импульсного напряжения на воздушном разряднике: $d_{фр} \approx 1 \cdot 10^{-3}$ м; $l_p = 10$ мм, ◆ — $0,3 \cdot 10^{-6}$ Ф; ■ — $0,6 \cdot 10^{-6}$ Ф; ▲ — $1 \cdot 10^{-6}$ Ф

В дальнейших экспериментах нами получены зависимости дробления руды при различных значениях емкости конденсаторной батареи для исходной фракции $d_{фр} = 1$ мм (рис. 9).

Влияние значения емкости конденсаторной батареи на дробление волластонитовой руды исследовалось при постоянстве других параметров установки. Из рисунка 9 видно, что интенсивность дробления руды может стабилизироваться с ростом емкости конденсаторной батареи. Это позволяет выбирать оптимальное значение емкости, необходимое для воспроизведения опытов. Как видно из графиков, при фиксированном импульсном напряжении на воздушном разряднике $U = 40$ кВ степень

измельчения руды диаметром меньше 1 мм при $C = 0,3$ мкФ составляет 20 %, а при увеличении емкости до 0,6 мкФ — 32 %, а при емкости конденсаторной батареи 1 мкФ — 65 %.

Полученные графики показывают, что с увеличением энергии разряда на воздушном разряднике разрушение фракций протекает интенсивнее, и наблюдается общая закономерность влияния ЭГЭ.

На рисунке 10 представлен график зависимости измельчения руды при различных значениях импульсного напряжения на воздушном разряднике. Были получены зависимости степени измельчения волластонитовой руды от напряжения на коммутирующем устройстве при электрогидравлическом воздействии.

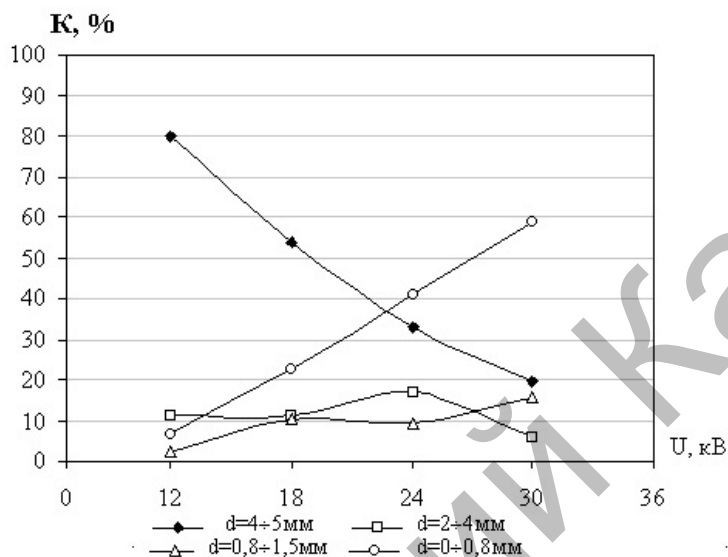


Рис. 10. График зависимости измельчения руды при различных значениях импульсного напряжения на воздушном разряднике: $d_{фр} = 5$ мм; $C = 0,25$ мкФ

Из графика видно, что с увеличением напряжения степень измельчения увеличивается, наиболее оптимальным диаметром фракций из этих зависимостей является $d_{фр} = 5$ мм.

Таким образом, как следует из эксперимента, с ростом напряжения на коммутирующем устройстве наблюдается возрастание интенсивности дробления руды. Это позволяет выбирать оптимальные значения емкости конденсаторной батареи и межэлектродного расстояния, необходимые для воспроизведения опытов.

Список литературы

1. Гулый Г.А., Малюшевский П.П. Высоковольтный электрический разряд в силовых импульсных системах. — Киев: Наук. думка, 1977. — С. 176.
2. Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий // АН УССР ПКБ электрогидравлики. — Киев: Наук. думка, 1990. — 280 с.
3. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. — Апатиты: Изд. Кольского науч. центра РАН, 2002. — 324 с.
4. Черноглазова Т.В. Волластонит и его применение в промышленности. — Алматы: АО «Алаш», 1999.
5. Кужеварт М.В. Неметаллические полезные ископаемые. — М: Мир, 1986. — 253 с.
6. Аванесова А.С., Самойлович И.Ю. Применение волластонита в фаянсовых массах // Исследования по технологии строительных материалов. — Ташкент: Фан, 1985. — С. 44–49.
7. 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.
8. Матвеев М.А., Норуллаев З.П., Кашикаев И.С. Высокопрочная облицовочная керамика на основе волластонита // Строит. материалы. — 1987. — № 9. — С. 22–26.
9. Моисеева М.И., Исмаилов М.И., Эштулатов Я.С. Волластонит // Минералы Узбекистана. — Т. 3. — Ташкент: Фан, 1986. — С. 34–47.
10. Кусаинов К.К. Гидродинамика, теплообмен и электрогидравлические явления при движении двухфазных сред в трубах. — Караганда: КарГУ, 1998. — 112 с.