

5. Долинина А.С., Коробочкин В.В., Усольцева Н.В., Балмашнов М.А., Горлушко Д.А. Исследования фазового состава продуктов электрохимического окисления кадмия и меди в растворах хлорида аммония // Перспективные материалы. – 2014. – №5. – С. 77 – 80.
6. Коробочкин В.В., Усольцева Н.В., Балмашнов М.А. Фазовый состав наноразмерных продуктов неравновесного электрохимического окисления меди и алюминия // Известия Томского политехнического университета. Химия. – Томск, 2012. – Т. 321. – № 3. – С. 59 – 63.
7. Enger B.Ch., Lødeng R., Holmen A. A review of catalytic partial oxidation of methane to synthesis gas with emphasis on reaction mechanisms over transition metal catalysts // Applied Catalysis A: General. – 2008. – V. 346. – Is. 1–2. – P. 1 – 27.
8. Gayán P., Dueso C., Abad A., Adanez Ju., Diego L.F., Garcia-Labiano F. $\text{NiO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ oxygen carriers for chemical-looping combustion prepared by impregnation and deposition–precipitation methods // Fuel. – 2009. – V. 88. – Is. 6. – P. 1016 – 1023.
9. Horiguchi Ju., Kobayashia Ya., Kobayashia S., Yamazakia Yu., Omataa K., Nagaob D., Konnob M., Yamadac M. Mesoporous $\text{NiO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst for high pressure partial oxidation of methane to syngas // Applied Catalysis A: General. – 2011. – V. 392. – 86 – 92.
10. Huang X., Sun N., Xue G., Wang Sh., Zhan H., Zhao N., Xiao F., Wei W., Sunc Yu. Effect of pore geometries on the catalytic properties of $\text{NiO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts in CO_2 reforming of methane // RSC Advances. – 2015. – V. 5. – P. 21090 – 21098.
11. Lazić M.M., Hadnadev M.S., Bošković B.C., Obadović D.Ž., Kiss E.E. Influence of excess sodium ions on the specific surface area formation in a $\text{NiO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst prepared by different methods // Science of Sintering. – 2008. – V. 40. – Is. 2. – P. 175 – 184.

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЕ МЕТОДЫ РАЗРУШЕНИЯ

А.И. Прима, Н.В. Войтенко

Научный руководитель доцент А.С. Юдин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение

В горнодобывающей промышленности существует ряд производственных процессов, связанных с разрушением негабаритов горных пород, откола породы от массива, бурение скважин при проходке выработки, дробление и измельчение породы при обогащении руды и т.д. Для выполнения такого рода задач обычно используются взрывчатые вещества (ВВ) и механические способы разрушения [4]. Несмотря на широкий ряд достоинств традиционных методов разрушения, все они имеют свои недостатки. Например, применение взрывчатых веществ экологически небезопасно и требует эвакуации персонала из зоны возможного поражения, что приводит к остановке других работ. От сейсмического воздействия взрыва могут быть повреждены коммуникации, оборудование и строения. Механическое оборудование подвержено значительному износу, что нередко приводит к преждевременной поломке или необходимости дорогостоящего ремонта рабочего инструмента. Одним из наиболее важных факторов является то, что структура горных пород и бетона обладает высоким сопротивлением к сдавливающим воздействиям, поэтому механическое воздействие не всегда приносит желаемый результат. По этим причинам возрастает актуальность поиска альтернативных способов разрушения, обладающих высокой эффективностью и низкими удельными энергозатратами при разрушении. Многочисленные исследования, проводимые различными научными центрами в крупных странах, неоднократно демонстрировали достоинства электроразрядной технологии для разрушения твердых материалов [5–7].

Электроразрядные методы разрушения горных пород

Электрический разряд в сравнении с ВВ имеет неоспоримое достоинство, это возможность контролировать энерговыделение в разрядном контуре, так как подвод энергии в канал разряда происходит от емкостного накопителя, и может регулироваться в широких пределах по величине и во времени, создавая оптимальные условия нагружения твердого тела в зависимости от его природы и размера разрушаемых фрагментов. Многие известные исследователи неоднократно отмечали, что по энергетической эффективности, применительно к таким процессам как бурение, резание, снятие поверхностного слоя и т.д., электроимпульсный способ заметно предпочтительнее большинства других способов разрушения [3, 5, 6].

Необходимым условием развития процесса разрушения является передача некоторого количества энергии разрушаемой среде от внешних источников. В основе электроразрядного способа разрушения лежит использование энергии, выделяемой в плазменном канале электрического разряда при протекании через него мощного импульса тока. Фундаментально, можно выделить электрогидравлический метод разрушения, предложенный Л.А. Юткиным [8], суть которого отражена на рис. 1а, и электродинамический метод разрушения, он был зарегистрирован как научное открытие А.А. Воробьевым, Г.А. Воробьевым и А.Т. Чепиковым, в основе метода лежит электрический пробой твердого тела с использованием высокого импульсного напряжения, соответствующего по амплитуде электрической прочности породы, как показано на рис. 1б [5, 6].

При реализации электродинамического разрушения, или как его еще называют электроимпульсного способа разрушения, требуется создать особые условия для пробоя, которые бы гарантировали сквозной электрический пробой твердого тела и исключали возможность электрического разряда по его поверхности. На импульсном напряжении, в диапазоне времени воздействия менее 10^{-6} с электрическая прочность горных пород становится ниже прочности диэлектрической жидкости, а при временах импульса напряжения менее 10^{-7} с ниже прочности технической воды. Требуемое условие для соотношения пробивных напряжений сквозного пробоя

породы и перекрытия по поверхности в простейшем случае достигается размещением электродов в предварительно подготовленные шпуры так, чтобы путь перекрытия по поверхности был значительно больше разрядного промежутка в твердом теле. Используемый для таких целей генератор, должен иметь короткий (наносекундный) фронт и квазипостоянную амплитуду ($\geq 200-300$ кВ) в пределах времени формирования пробоя. Требуемые параметры импульса получают при помощи генератора импульсных напряжений (ГИН) по схеме Аркадьева-Маркса [2, 4, 6].

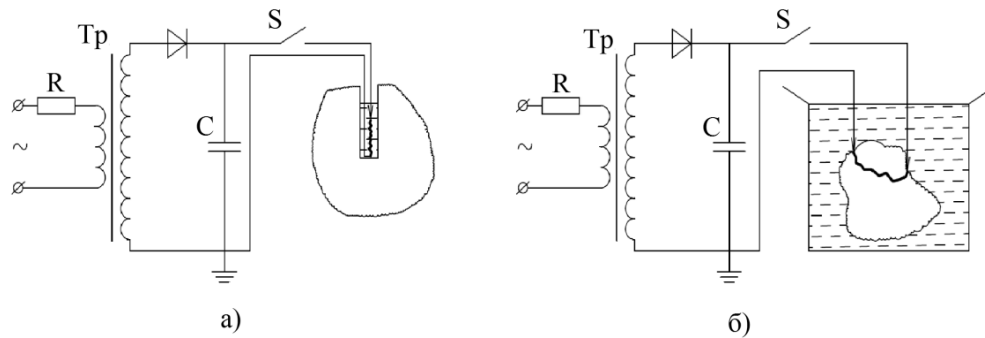


Рис. 1. Схемы электроразрядного разрушения
а) Электрогидравлический метод. б) Электроимпульсный метод.

Разрушение твердых материалов электрогидравлическим способом основано на использовании в качестве рабочего инструмента, расширяющегося плазменного канала разряда, инициируемого в жидкости между двумя электродами. Расширение плазменного канала сопровождается эффективным преобразованием энергии мощного импульса тока в энергию ударных волн, создающих поле механических напряжений. Для реализации данного способа используют генераторы импульсных токов (ГИТ) с рабочим напряжением 5-50 кВ. Эффективность способа в основном зависит от параметров генератора, длины разрядного канала и свойств его плазмы. Для увеличения длины канала разряда, его инициирование может осуществляться при помощи электрического взрыва проводника [1, 7]

Комбинированный метод разрушения горных пород

На основе описанных методов, развиваются современные технологии электроразрядного разрушения. Так, например, исследование характера ударно-волновых возмущений в твердых непроводящих материалах, вызванных электрическим разрядом, при многошпуровом электроразрядном разрушении, ведутся Томском Политехническом Университете на кафедре Высоковольтной электрофизики и силовой электроники. Исследуемая технология шпурового разрушения и откола горных пород и бетона (рис. 2), основывается на использовании расширяющегося плазменного канала (электровзрыв), инициируемого электрическим взрывом проводника в капилляре специального картриджа. Проводимые исследования показали эффективность использования капиллярного эффекта за счет создания разряда в ограниченном объеме, также экспериментально продемонстрирована эффективность использования в качестве передающей среды картриджами из пластичных материалов, внешний вид картриджа показан на рис. 2б [2].

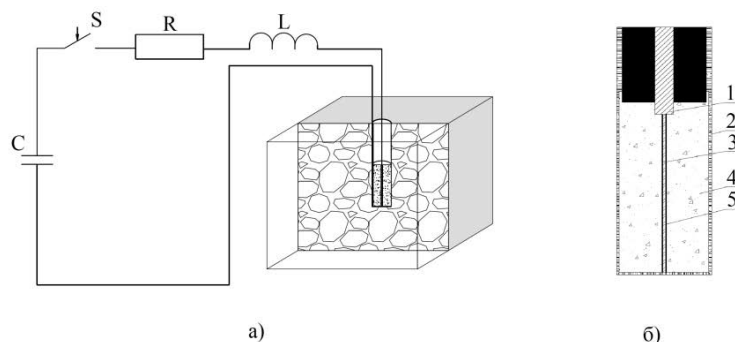


Рис.2. Схемы разрушения горных пород и откола.
а) схема шпурового электроразрядного разрушения горных пород; б) картридж в разрезе.
1 – высоковольтный электрод; 2 – заземленный электрод; 3 – взрывающийся проводник;
4 – передающая среда; 5 – капилляр.

Исследования проводились на бетонном блоке марки В22 с размерами $2 \times 3 \times 1,8$ м для минимизации влияния отраженных волн погруженного в землю. Кроме верхней грани блока свободной была оставлена еще одна боковая грань. Шпуров бурились со стороны верхней грани на расстоянии 25–30 см от свободной боковой грани. Использовался генератор со следующими параметрами: $U_{\text{макс}} = 15$ кВ, $C = 1120$ мкФ, $L = 30$ мкГн, $r_z = 0,01$ Ом. В ходе проведения исследований воздействия электроразрядного метода разрушения на массив бетона при импульсном выделении запасаемой энергии 80 кДж установлена возможность откола кусков с характерными размерами $25 \times 40 \times 50$ см.

Заключение

Электроразрядные технологии имеют большой потенциал для применения в различных процессах горнодобывающей и строительной промышленности. На сегодняшний день существует широкий ряд прикладных задач, которые возможно решать при помощи электроразрядных технологий, особенно если это связано с разрушением прочных и особо прочных материалов. Дальнейшее развитие технологий и методов разрушения, основанных на использовании электрического разряда и их успешное применение в промышленности, зависит от долговечности и надежности используемых комплектующих элементов. Так как рабочим инструментом является канал разряда, устройства, предназначенные для разрушения твердых непроводящих материалов электроразрядным способом, отличаются исключительно малым износом рабочего инструмента, но при этом ресурс не менее важных компонентов системы – конденсаторов и коммутаторов рассчитанный в среднем на 10^5 импульсов снижает общую надежность оборудования. Повышать ресурс возможно путем использования компонентов с кратным запасом по основным рабочим характеристикам, ток, напряжение и т.п., но это приводит к неоправданному удорожанию оборудования в целом.

Литература

1. Буркин В.В., Кузнецова Н.С., Лопатин В.В. Волновая динамика электровзрыва в твердых диэлектриках // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 79. – № 5. – С. 42 – 48.
2. Иванов Н.А., Пивоваров М.И., Войтенко Н.В., Юдин А.С. Шпуровое разрушение горных пород и бетона // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321 – № 2. – С. 136–140.
3. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. – Изд. Кольского научного центра РАН, 2002. – 324 с.
4. Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. – М.: Горная книга, 2001. – 453 с.
5. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. – СПб.: Наука, 1993. – 276 с.
6. Усов А.Ф. Полувековой юбилей электроимпульсного способа разрушения материалов // Вестник Кольского научного центра РАН, 2012. – № 4 (11). – С. 166–193.
7. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1986. – 253 с.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ МЕДИ И КАДМИЯ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА²

С.Е. Пугачева¹, А.В. Бикбаева¹, А.С. Долинина¹, М.В. Попов

Научный руководитель ассистент А.С. Долинина

¹ **Национальный исследовательский Томский политехнический университет,**

г. Томск, Россия

² **Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия**

Уникальной особенностью электрохимического синтеза на переменном токе является возможность получения двойных оксидных систем [1]. Синтез медь-кадмиевой оксидной системы направлен на получение материалов, которые обладают ценными свойствами, позволяющими использовать полученные оксиды в различных областях промышленности. В последние годы все большее применение находят нанодисперсные порошки оксидов металлов. Порошки оксидов кадмия и оксидов меди применяют в производстве катализаторов, в производстве различных пигментов [6], как антикоррозионные покрытия и во многих других отраслях [9].

Процесс электролиза на переменном токе протекает в неравновесных условиях, что обеспечивает протекание нескольких электродных реакций, в результате которых возможно образование оксидов различной степени окисления металлов с высокоразвитой поверхностью. На поверхности электрода протекает два последовательных процесса: образование оксидных зародышей во время анодного полупериода тока, разряд протонов с выделением водорода, который способствует отрыву частицы от поверхности во время катодного полупериода тока. Если допустить, что в анодный полупериод реализуются механизмы образования зародышей, такие же, как на постоянном токе, то следует ожидать формирования высокодисперсных структур, поскольку время протекания стадии роста зародышей будет ограничено частотой изменения полярности электродов. В катодный период мелкие частицы, в силу слабых адгезионных свойств к поверхности электрода, диспергируются в растворе электролита [8].

Целью работы является установление зависимости скорости электрохимического окисления меди и кадмия на переменном токе от концентрации ацетата натрия. Исследование кинетики совместного электрохимического окисления кадмия (марка Кд0) и меди (марка М1) с использованием переменного тока