

Электроразряд – источник энергии экологически чистых технологий разрушения

А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк, В.Ю. Кононов, А.Н. Рачков

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина, e-mail: dpced@ipt.com.ua*

Представлен краткий анализ разработанных и внедренных за последние годы технологических процессов электроразрядного разрушения прочных донных грунтов, формовочных смесей и нежелательных покрытий.

УДК 537.525:622.73+669.78

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим из приоритетных направлений развития науки и техники при современном истощении сырьевых и энергетических ресурсов, безусловно, является создание энергосберегающих технологий, которые можно отнести к категории критических технологий. Особое место в их ряду занимают импульсные технологии обработки. При импульсном режиме работы может быть достигнута высокая степень концентрации энергии во времени. Так, например, в мощных импульсных генераторах в период между импульсами происходит запасание энергии в накопительных элементах. Затем за отрезок времени, протяжённость которого значительно меньше периода накопления, запасённая энергия выделяется в нагрузочном элементе. В результате удаётся получать электрические импульсы, мощность которых значительно превосходит номинальную мощность источников питания, что имеет существенное значение в энергоёмких производственных процессах, требующих создания значительных силовых нагрузок, достижение которых при использовании обычных механических систем затруднительно, а чаще всего просто невозможно. При этом значительно сокращаются производственные площади, габариты оборудования, его материалоемкость.

Электроразрядные источники импульсных давлений, как и взрывные, характеризуются высокой плотностью энергии. Мгновенное расширение канала разряда за счет высоких давлений и образования волны сжатия–разряжения позволяет разрушать материалы высокой прочности подобно взрыву. Мерой полезной работы разрушения, которая может быть произведена ударной волной электроразряда, является энергия положительной фазы волны давления. Поскольку на практике используются разряды с сильно различающимися параметрами, например энергия разряда и его длительность, предполагается, что параметры волны давления также могут изменяться в довольно широких пределах. Скорость расширения канала разряда достигает 2000 м/с, а давление в канале – до $5 \cdot 10^9$ Па. При таких параметрах следует ожидать больших плотностей энергии в волне давления, генерируемой электроразрядом, и при определенных конструктивных решениях применять ее в различных технологических процессах. Одними из перспективных направлений по использованию электроразряда являются технологические процессы разрушения, дробления и измельчения твердых тел, поскольку эти процессы занимают большой объем, на который тратится от 4,5 до 5% электроэнергии от общего ее производства [1]. Общее количество материалов, ежегодно подвергаемых разрушению, составляет более 3 млрд тонн.

Процессы разрушения традиционными способами являются многостадийными, размещение и установка оборудования требуют тяжелых железобетонных фундаментов, что обуславливает большие затраты на здания и сооружения. Например, в структуре капитальных вложений обогатительного производства на долю дробильно-измельчительных работ приходится более 50% общих затрат. В данной работе представлен краткий анализ двух разработанных и внедренных за последние годы технологических процессов разрушения.

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ДОННЫХ ГРУНТОВ

Процесс нашел применение для разрушения донных грунтов, фундаментов зданий и сооружений, при реконструкции морских, речных портов. Целесообразность использования импульсных электроразрядных технологий обусловлена невозможностью применения других методов, в т.ч. взрывчатых веществ из-за высокой прочности донных грунтов, близости действующих акваторий и инженерных сооружений, необходимости сохранения флоры и фауны.

Для определения объема разрушения донных грунтов экспериментально установлена связь радиуса разрушения с параметрами электроразряда, глубиной шнура и прочностью грунта [2]:

$$R_p = \sqrt{B_3 \frac{CU^2}{2\sigma_{сж} \cdot h_{шп}}}, \quad (1)$$

где B_3 – безразмерный коэффициент энергоучета, определяемый экспериментально; R_p – радиус разрушения от одного разряда, м; C – емкость конденсаторов, мкФ; U – напряжение разрядного контура, В; $\sigma_{сж}$ – предел прочности грунта на сжатие, Па; h – глубина шнура, определяющая глубину рыхления грунта, м.

Например, производительность электроразрядного разрушения донных грунтов с прочностью $\sigma_{сж} \approx 20$ МПа, глубиной шнура до 1 м и напряжением до 10000 В от одного разряда достигает порядка $1,0 \text{ м}^3$ с энергозатратами не более $0,05 \text{ кВт/м}^3$. Технологический процесс электроразрядного дноуглубления прошел опытно-промышленную проверку на акватории Севастопольского морского порта.

Электроразрядная технология обеспечивает полную автоматизацию и дистанционное управление процессами разрушения и рыхления донных грунтов. Для разрушения надводных объектов разработано серийное оборудование, которое обеспечивает разрушение скальных пород, крупных бетонных и железобетонных изделий, в т.ч. плиты перекрытия, лестничные марши, площадки, колонны, фундаменты и другие изделия.

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ И НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ОБОРУДОВАНИЯ

В технологических процессах литейного производства весьма надежное место занимает электроразряд, который обеспечил значительное повышение производительности и улучшение условий труда на финишных операциях разрушения форм, выбивки стержней и очистки поверхностей отливок. Аналогичные возможности электроразряда имеют место в очистке технологического оборудования от вредных загрязнений и покрытий.

Для эффективного применения электроразряда необходимо, чтобы давление волн сжатия $P_{в.сж.}$, генерируемых электроразрядом, не превышало прочность материала оборудования σ_m и было достаточным для разрушения нежелательных покрытий σ_n [3]:

$$\sigma_m < P_{в.сж.} > \sigma_n. \quad (2)$$

При контактном разряде на оборудование учитывается давление в канале разряда $P_{к.р}$ [4]:

$$P_{к.р} = 0,17 \left(\frac{\rho U_0^2}{L l_{р.п}} \right)^{1/2}, \quad (3)$$

где $P_{к.р}$ – давление в канале разряда, Па; ρ – плотность разрядной среды, кг/м^3 ; U_0 – напряжение разрядного контура, В; L – индуктивность, Гн; $l_{р.п}$ – разрядный промежуток, м.

А для вариантов неконтактного разряда учитывается давление в волне сжатия [5]:

$$P_{в.сж} = \frac{U_0^{5/4} \cdot C^{1/4}}{r^{1/2} \cdot L^{3/8} \cdot l_{р.п}^{5/8}}, \quad (4)$$

где $P_{в.сж}$ – давление на фронте волны сжатия, Па; r – расстояние обрабатываемого объекта до канала разряда, м.

Для определения производительности электроразрядной очистки поверхностей от нежелательных покрытий экспериментально установлен радиус разрушения от одного разряда [2]:

$$R_p = \sqrt{\frac{P}{\sigma_{сж}} \cdot 10^{-2}}, \quad (5)$$

где R_p – радиус разрушения, м; P – давление в канале разряда или на фронте волны сжатия в зависимости от контактного или бесконтактного разряда на объект, Па; $\sigma_{сж}$ – прочность на сжатие разрушаемого покрытия, Па.

Производительность электроразрядного разрушения нежелательных покрытий определяется по формуле:

$$П = \frac{S_{\text{общ}}}{\pi (R_p^*)^2 \cdot l_{\text{р.п}}}, \quad (6)$$

где $S_{\text{общ}}$ – общая площадь покрытия, м²; R_p^* – радиус разрушения, м.

С помощью контактных или бесконтактных разрядов в зависимости от прочности оборудования производится разрушение покрытий на любой поверхности с любыми габаритами. Так, например, оборудование с общей площадью поверхности 2 м² и прочностью на сжатие не менее 20 МПа очищается электроразрядом в течение 50 секунд с удельными затратами энергии до 0,07 кВт/м².

Таким образом, в представленных технологических процессах разрушения электроразряд обеспечивает выполнение всех требований, предъявляемых к современным технологиям, являясь конкурентоспособным и эффективным механизмом разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревнивцев В.И., Гапонов Г.В., Зарогатский Л.П., Костин И.М., Финкельштейн Г.А., Хопунов Э.А., Яшин В.П. *Селективное разрушение материалов*. М.: Недра, 1988. 286 с.
2. Ризун А.Р., Голень Ю.В., Денисюк Т.Д., Поздеев В.А. Разработка и внедрение технологического процесса электроразрядного разрушения донных грунтов. *Наука та інновації*. 2007, (3), 50–54.
3. Денисюк Т.Д., Ризун А.Р., Голень Ю.В. Электроразрядная очистка поверхностей технологического оборудования от нежелательных неметаллических отложений. *Электронная обработка материалов*. 2007, (6), 50–52.
4. Кривицкий Е.В. *Динамика электровзрыва в жидкости*. Киев: Наукова думка, 1986. 208 с.
5. Шамко В.В., Кривицкий Е.В. Исследование некоторых характеристик канала подводной искры в основной стадии развития разряда. *Журнал технической физики*. 1997, **47**(1), 93–101.

Поступила 28.12.11

Summary

A concise analysis is presented of the technological processes of electrodischarge destruction of stable bottom soils, forming mixes and undesirable coverings developed and introduced during the past years.