

УДК 681.128.6:666.3/7

А. Р. Ризун, Т. Д. Денисюк, Ю. В. Голень

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО РАЗРУШЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ

Исследованы процессы электроразрядного разрушения высокопрочных стержней. Изучены динамические характеристики (предел прочности и удельная работа разрушения) керамических стержней при их электроразрядной обработке в воде и активной разрядной среде на основе ПАВ – диспергатора. Определена производительность электроразрядного разрушения.

Ключевые слова: электроразрядное разрушение, керамические стержни, удельная работа разрушения, производительность электроразрядного разрушения.

Досліджено процеси електророзрядного руйнування високоміцних стрижнів. Вивчено динамічні характеристики (межа міцності й питома робота руйнування) керамічних стрижнів при їх електророзрядній обробці в воді та активному розрядному середовищі на основі ПАР – диспергатора. Визначено продуктивність електророзрядного очищення точного лиття.

Ключові слова: електророзрядне руйнування, керамічні стрижні, питома робота руйнування, продуктивність електророзрядного руйнування.

The processes of the electric-discharge destruction and removal from the casting of high-strength rods, identified and studied by the dynamic properties (tensile strength and specific work of destruction) ceramic rods in their electric discharge processing in the active bit environment on the basis of SURFACTANT – disperser. The production capacity electric discharge cleaning of precision casting.

Keywords: electric discharge cleaning precision casting, ceramic rods, the specific operation of the destruction of, the performance of the cleaning.

Разрушение высокопрочных керамических стержней и форм является одним из ответственных этапов изготовления точного литья. Традиционно применяемые на предприятиях способы их разрушения помимо большой энергоемкости являются вредными и загрязняют окружающую среду. Поэтому поиск эффективных методов разрушения керамических литейных стержней и форм является актуальным, особенно в настоящее время, при переходе производств на новые прогрессивные технологические основы с учетом высоких требований экологии. Результаты ранее проведенных исследований подтвердили, что электроразрядный способ является

эффективным при разрушении песчано-глинистых форм и стержней и удовлетворяет все требования техники безопасности и экологической безопасности, но разработанная ранее технология не может в полной мере обеспечить качественное разрушение керамических стержней и форм с приемлемой производительностью [1]. Их разрушение электроразрядным способом осложняется тем, что импульсные нагрузки, возбуждаемые разрядом в жидкости, превосходят допустимые механические нагрузки на отливку, а снижение интенсивности динамического воздействия влечет неудовлетворительную полноту очистки отливки. Повысить эффективность метода можно за счет применения активных разрядных сред [2, 3]. В настоящей работе исследовано влияние комплексного физико-химического воздействия электроразряда и поверхностно-активных веществ (ПАВ) на степень разупрочнения керамических стержней.

Изучение этих вопросов является актуальным, так как позволяет решить важную научно-техническую задачу усовершенствования метода электроразрядной очистки точного литья от высокопрочных керамических стержней и форм.

Цель настоящей работы – исследование влияния высоковольтных импульсных электроразрядов в активных разрядных средах на основе раствора ПАВ на прочностные и динамические характеристики керамических стержней и форм, применяемых в точном литье, и производительность электроразрядного разрушения керамических блоков.

Выбор параметров процесса разрушения керамических стержней и форм определяется прочностью и динамическими характеристиками материала.

В исследованиях были использованы образцы стержней диаметром 20 мм и шириной 7 мм на основе корунда, модифицированные алюминием (5 % Al), с пределом прочности на сжатие 38 МПа, и модифицированные кремнием (5 % Si), с пределом прочности на сжатие 80 МПа (разработанные и изготовленные в ФТИМС НАН Украины). С целью установления влияния адсорбции и высоковольтного импульсного электроразрядного воздействия керамические образцы обрабатывались в двух разрядных средах: в водной разрядной среде и в 30 %-ном растворе адипиновой кислоты. Количество импульсов составляло – 100, энергия разряда – 0,625 кДж, индуктивность контура – 4 мкГн, напряжение – 50 кВ.

Эффективность снижения прочности характеризуется затратами энергии на разрушение образца, пропорциональными суммарной работе внешних сил, действующих на керамические стержни. Чтобы вычислить работу разрушения, исследуем диаграммы деформирования образцов керамических стержней, полученные с помощью экспериментального метода Кольского с использованием разрезного стержня Гопкинсона по методике, изложенной в работе [4]. В результате экспериментальных исследований устанавливаются две диаграммы деформирования для каждого материала – зависимость деформации от напряжений и скорости деформации.

Диаграммы деформирования керамических стержней после их электроразрядной обработки в различных разрядных средах представлены на рис. 1-4.

Сравнение диаграмм позволяет отметить, что предел прочности образцов на сжатие при электроразрядной обработке в разрядной среде на основе 30 %-ного раствора адипиновой кислоты значительно снизился:

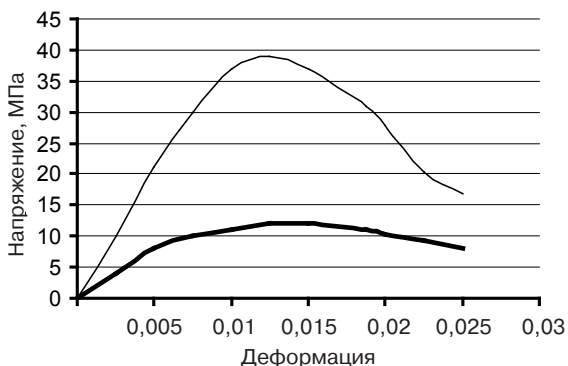


Рис. 1. Диаграмма динамического сжатия керамического образца стержня на основе корунда, модифицированного 5 % Al: — - ЭР обработка в ПАВ; — - ЭР обработка в воде

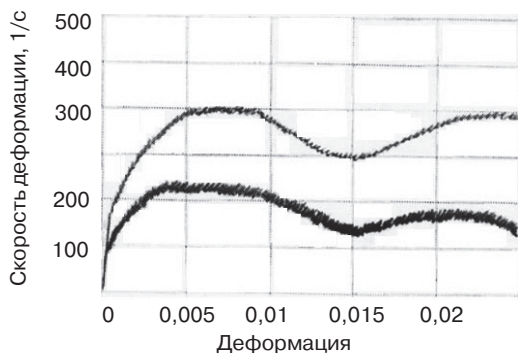


Рис. 2. Диаграмма скорости деформации керамического образца стержня на основе корунда, модифицированного 5 % Al: — - ЭР обработка в воде; — - ЭР обработка в растворе адипиновой кислоты

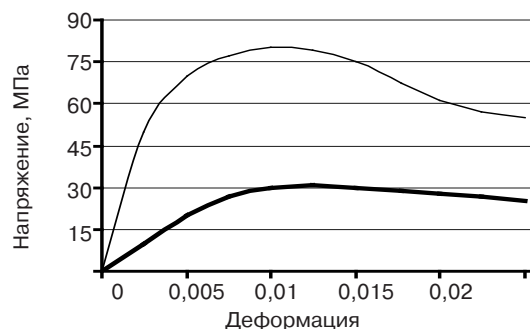


Рис. 3. Диаграмма динамического сжатия керамического образца стержня на основе корунда, модифицированного 5 % Si: — - ЭР обработка в воде; — - ЭР обработка в ПАВ

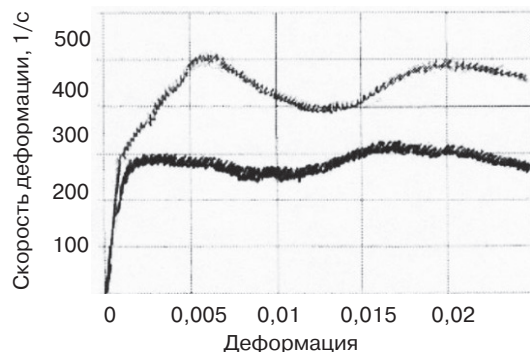


Рис. 4. Диаграмма скорости деформации керамического образца стержня на основе корунда, модифицированного 5 % Si: — - ЭР обработка в воде; — - ЭР обработка в растворе адипиновой кислоты

отливок за единицу времени. Время очистки отливок, главным образом, зависит от прочности керамических стержней, параметров электрического разряда, частоты повторения разрядов, профиля литья.

- для образцов на основе корунда, модифицированных 5 % Al, в 2,4 раза;
- для образцов на основе корунда, модифицированных 5 % Si, в 1,9 раза.

Удельную работу силы давления на образец керамического стержня А можно определить по диаграмме деформирования материала

$$A = \int_0^{\varepsilon} \sigma \cdot d\varepsilon, \quad (1)$$

где σ – напряжение в образце, Па; ε – деформация образца.

Диаграммы изменения удельной работы сил давления при разрушении керамических образцов после их электро-разрядной обработки в различных разрядных средах представлены на рис. 5, 6.

Сравнительная оценка работы деформации керамических заготовок, прошедших электроразрядную обработку в воде и активной разрядной среде, определяет значительное понижение прочности керамики, обработанной в активной среде, а удельные затраты работы для разрушения таких образцов значительно отличаются. Работа разрушения образца на основе корунда, модифицированного 5% Al, обработанного в воде, больше в 1,8 раза, чем обработанного электроразрядом в ПАВ; образца на основе корунда, модифицированного 5% Si, соответственно в 2,7 раза.

По этому критерию можно определить степень разупрочнения керамических стержней при комплексном использовании электроразрядного импульсного нагружения и адсорбционного действия разрядных сред на основе ПАВ – диспергаторов, а также минимальные затраты энергии для разрушения керамических образцов.

Основным технологическим показателем электроразрядного разрушения стержней является производительность. Под производительностью очистки точного литья принимают массу разрушенных стержней до размеров, позволяющих извлечь частицы материала из полости

Оценку производительности можно дать, предположив следующее:

- трещины в стержнях возникают вблизи мест концентрации напряжений;

- разрушение стержней происходит в результате создания в стержнях сложного напряженного состояния при комплексном действии механизмов раздавливания (напряжения превышают предел прочности материала стержня на сжатие), раскалывания (напряжения превышают предел прочности материала на растяжение), скалывания (касательные напряжения превышают предел прочности стержня на сдвиг), удара;

- объем зоны разрушения стержневой смеси от одного разряда V_0 определяется разрядным промежутком l и радиусом зоны разрушения R , то есть

$$V_0 = \pi l R^2; \quad (2)$$

- осколки при достижении оптимальных размеров удаляются из полости отливки.

Учитывая принятые допущения, производительность G очистки точного литья электрическими разрядами определяется следующей зависимостью:

$$G = \pi R^2 l n, \quad (3)$$

где n – количество разрядов, необходимых для разрушения и удаления керамических стержней.

Установлена эмпирическая зависимость радиусов зон разрушения керамических стержней от максимального давления волн сжатия (P_{\max}), генерируемых разрядом, и предела прочности материала на сжатие ($\sigma_{\text{сж}}$):

$$R = \sqrt{\frac{P}{k \sigma_{\text{сж}}}} 10^{-2} \quad (4)$$

где k – коэффициент разупрочнения, полученный экспериментально.

Подставив выражение (3) в (1), получим зависимость объема разрушения

$$G = \pi l \frac{P}{k \sigma_{\text{сж}}} n 10^{-4}. \quad (5)$$

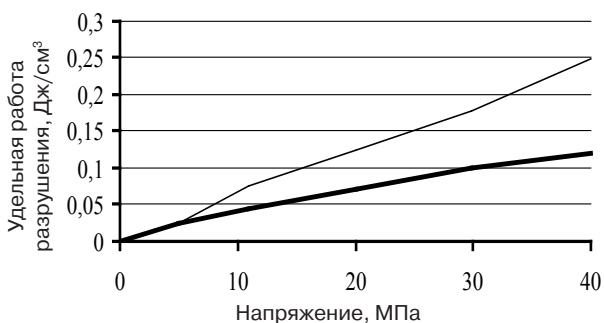


Рис. 5. Диаграмма удельной работы разрушения керамического образца стержня на основе корунда, модифицированного 5 % Al: — - ЭР обработка в воде; — - ЭР обработка ПАВ

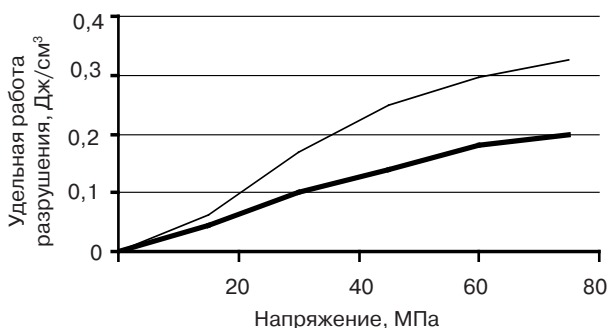


Рис. 6. Диаграмма удельной работы разрушения керамического образца стержня на основе корунда, модифицированного 5 % Si: — - ЭР разрушение в воде; — - ЭР разрушение в ПАВ

Давление на фронте волны сжатия P для зоны цилиндрической симметрии можно выразить соотношением [5]

$$P = \frac{\sqrt[3]{U_0^5 C}}{\sqrt{b} \sqrt[3]{L^3 l_{pm}^5}} \quad (6)$$

где U – напряжение зарядной батареи, В; C – емкость конденсаторных батарей, мкФ; b – расстояние от оси канала разряда до разрушаемого объекта, м; L – индуктивность разрядного контура, Гн.

Расчетные значения давления на фронте волн сжатия в зависимости от емкости и расстояния от оси канала разряда до разрушаемого объекта при постоянных значениях напряжения ($U = 50$ кВ), индуктивности разрядного контура ($L = 4$ мкГн) и длине разрядного промежутка ($l = 0,05$ м) представлены в таблице.

Расчетные величины давления на фронте волн сжатия

$C \times 10^{-6}, \Phi$	$b = 0,01$ м	$b = 0,05$ м	$b = 0,09$ м	$b = 0,1$ м	$b = 0,12$ м	$b = 0,15$ м	$b = 0,2$ м	$b = 0,22$ м
	$P \times 10^6, \text{МПа}$							
0,5	117,434	52,518	39,145	37,136	33,90	30,321	15,260	12,03
1,0	139,653	62,455	46,01	44,162	40,314	36,058	19,518	13,011
1,5	154,551	69,117	51,517	48,872	44,615	39,905	20,113	15,021

Зависимость производительности разрушения и удаления керамических стержней от удельных затрат энергии приведена на рис. 7.

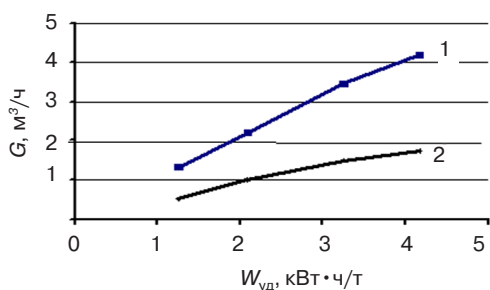


Рис. 7. Зависимость производительности разрушения керамических стержней от удельных затрат энергии: 1 – корунд + 5 % Al; 2 – корунд + 5 % Si

Данную методику можно применить и для определения производительности процесса очистки оборудования от нежелательных высокопрочных отложений и загрязнений.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что предел прочности на сжатие образцов керамических стержней, обработанных импульсами высоковольтных электроразрядов в разрядной среде на основе 30 % раствора адипиновой кислоты, значительно снизился – от 1,9 до 2,4 раза. Работа разрушения таких образцов снизилась от 1,8 до 2,7 раз. Получены данные для расчета коэффициента разупрочнения.

Зная предел прочности на сжатие керамических стержней, можно определить производительность комплексного электроразрядного разрушения керамических стержней. Установлено, что максимальная производительность комплексного электроразрядного метода разрушения керамических модифицированных стержней на основе корунда достигается при оптимальных удельных затратах энергии 4,17 кВт · ч/т.

Полученные результаты приводят к выводу, что комплексное использование высоковольтного импульсного электроразрядного нагружения и адсорбционного воздействия активных разрядных сред на основе ПАВ – диспергаторов позволяет разрушить керамические стержни практически любой прочности.



Список литературы

1. Ризун А. Р. Технология разрушения неметаллических материалов электровзрывом: Тез. докл. V научно-технической конференции «Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности», Николаев, 8–10 сентября 1992. – С. 166.
2. Денисюк Т. Д., Ризун А. Р. Электроразрядное разрушение литейных форм и стержней в различных разрядных средах // Электронная обработка материалов. – 2005. – № 6. – С. 83-85.
3. Ризун А. Р., Голень Ю. В., Денисюк Т. Д. Пути повышения эффективности электроразрядной очистки точного литья // Литейн. пр-во. – 2006. – № 6. – С. 21-23.
4. Косенков В. М., Ризун А. Р. Определение характеристик импульсного разрушения каменного угля с использованием метода Кольского // Электронная обработка материалов. – 2011. – № 2. – С.100-107.
5. Наугольных К. А., Рой Н. А. Электрические разряды в воде. – М.: Наука, 1971. – 154 с.

Поступила 02.04.2012

ВНИМАНИЕ!

Предлагаем разместить в нашем журнале рекламу Вашей продукции или рекламный материал о Вашем предприятии. Редакция также может подготовить заказной номер журнала.

Стоимость заказного номера - 4000 грн.

**Расценки на размещение рекламы
(цены приведены в гривнях)**

Размещение	Рекламная площадь	Стоимость, грн.
Рекламные блоки в текстовой части журнала		
Цветные	1/2 страницы	900
	1/3 страницы	600
	1/4 страницы	300
Черно-белые	1/2 страницы	550
	1/3 страницы	380
	1/4 страницы	200
Цветная реклама на обложке		
Третья страница обложки	1 страница	2800
	1/2 страницы	1400
	1/4 страницы	700
Четвертая страница обложки	1 страница	3100
	1/2 страницы	1550
	1/3 страницы	1000

При повторном размещении рекламы - скидка 15 %

Наш адрес: **Украина, 03680, г. Киев-142, пр. Вернадского, 34/1**
 Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины
телефоны: (044) 424-12-50, 424-04-10, 424-34-50
факс: (044) 424-35-15; E-mail: proclit@ptima.kiev.ua