

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОРАЗЯДНОГО ВИБРАТОРА

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
пр. Октябрьский, 43А, г. Николаев, 54018, Украина*

Введение

Работа электроразрядного вибратора основана на высоковольтном электрическом разряде в воде, находящейся в замкнутом объеме. Давления, возникающие в воде при разряде, передаются через рабочую пластину вибратора на обрабатываемый объект (рис. 1). По сложившейся практике использования вибраторов обрабатываемыми объектами, как правило, являются кристаллизующиеся металлические слитки, обрабатываемые с целью улучшения их макро- и микроструктуры, а также твердые материалы, обрабатываемые с целью дробления (разрушения) или пластического деформирования [1]. Математическое моделирование процесса передачи воздействия на обрабатываемый объект представляет собой довольно сложную задачу, проводится численными методами и, в конечном счете, требует экспериментальных данных для идентификации модели. Поэтому создание экспериментальных методик исследования этого процесса остается актуальной задачей.

Наиболее простым экспериментальным методом исследования динамических характеристик является метод мерных стержней, подробно описанный в работе [2]; на пластину вибратора устанавливались стержни различной длины, измерялись высоты их подлета после разряда и по ним рассчитывались параметры волны давления, излучаемой вибратором.

В данной работе в качестве динамических характеристик вибратора, которые могут быть определены методом мерного стержня, выбраны два параметра: длительность импульса давления, действующего на нижний торец стержня, и среднее по времени давление в импульсе.

Цель работы – определить зависимость этих характеристик от длины межэлектродного промежутка вибратора и емкости разрядного контура, то есть от тех параметров, которые наиболее точно контролируются и при практическом применении вибраторов варьируются с целью изменения характера воздействия на обрабатываемый объект.

Методика эксперимента и результаты

Схема эксперимента показана на рис. 1. При определении длительности импульса необходимо измерять время, прошедшее от начала разряда до отрыва стержня от пластины вибратора. Использовалась схема визуализации момента разрыва электрической цепи, которая замкнута через мерный стержень на пластину. Запаздывание сигнала разрыва цепи составляло $1,6 \cdot 10^{-6}$ с. Вместо высоты подлета фиксировалось время обратного падения стержня на пластину, что обеспечивает существенно большую точность. Регистрация момента падения мерного стержня на пластину вибратора фиксировалась датчиком ускорения АВС – 017(4), который закреплялся на пластине через диэлектрическую прокладку. В качестве мерного стержня использовался цилиндрический титановый стержень диаметром 10 мм, длиной 80 мм и весом 28,3 г. Пластина вибратора изготовлена из стали и имеет параметры: диаметр $d = 0,160$ м, толщина $\delta = 0,015$ м. Напряжение в разрядном контуре $U = 50$ кВ, индуктивность $L = 6,6$ мкГн. Емкость C и межэлектродный промежуток l варьировались на трех уровнях в пределах: C – от 0,5 до 1,5 мкФ, l – от 5 до 45 мм. Каждое измерение момента отрыва стержня и его обратного падения на пластину повторялось по 7–8 раз, что позволило провести статистическую обработку результатов. Относительная погрешность измерений не превышает 4%, за исключением нижнего уровня варьирования $C = 0,5$ мкФ и $l = 5$ мм. Здесь наблюдается сравнительно большая дисперсия данных и относительная погрешность достигает 10%, что можно объяснить высокой нестабильностью разрядных процессов при таких значениях C и l [3].

Среднее давление в импульсе с использованием измеренных параметров можно рассчитать следующим образом. Скорость стержня V_c в момент отрыва определяется выражением

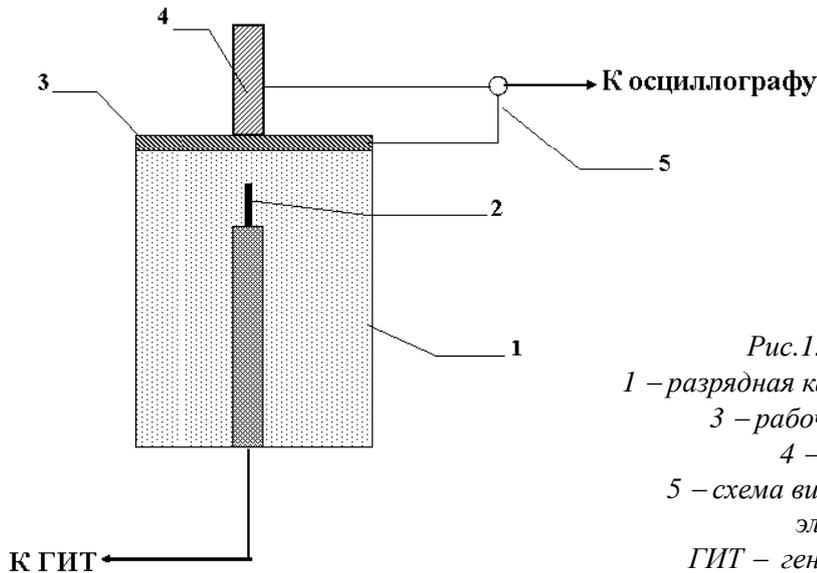


Рис.1. Схема эксперимента.

1 – разрядная камера вибратора; 2 – электрод;

3 – рабочая пластина вибратора;

4 – мерный стержень;

5 – схема визуализации момента разрыва электрической цепи.

ГИТ – генератор импульсных токов.

$$V_c = \frac{g(\tau_{\Pi} - \tau_0)}{2}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, τ_0 – время отрыва стержня, τ_{Π} – время обратного падения.

Поскольку импульс стержня в момент отрыва $MV_c = \int_0^{\tau_0} F(t)dt$, где $F(t)$ – сила, действующая на его

нижний торец, M – масса стержня, то для давления на нижнем торце получаем выражение

$$\rho_c l_c V_c = \int_0^{\tau_0} P(t)dt. \quad (2)$$

Здесь $P(t)$ – давление, l_c – длина стержня, ρ_c – плотность материала стержня. Для среднего давления в интервале $[0, \tau_0]$ получаем

$$P_s = \frac{\rho_c l_c V_c}{\tau_0}. \quad (3)$$

Таким образом, по измеренным значениям τ_0 и τ_{Π} можно с помощью выражений (1), (3) рассчитать среднее давление в импульсе.

Результаты измерений и расчетов приведены в таблице.

l , мм	C , мкФ	τ_0 – время отрыва стержня 10^{-6} с	τ_{Π} – время обратного падения стержня, 10^{-3} с	V_c – скорость подлета стержня, М/с	P_s – среднее давление на нижнем торце стержня, МПа
45	1,5	113	1358	6,6	21,3
25	1,5	171	1288	6,3	13,3
5	1,5	127	650	3,2	9,2
45	1	107	1000	4,9	16,4
25	1	92	977	4,8	18,8
5	1	127	534	2,6	7,3
45	0,5	79	667	3,8	15,0
25	0,5	80	592	3,0	13,0
5	0,5	96	1110	5,4	20,4

На рис. 2, 3 показаны зависимости среднего давления P_s и длительности импульса τ_0 от межэлектродного промежутка и емкости.

Заключение

Использованные в работе параметры разрядного контура и напряжение на межэлектродном промежутке наиболее часто встречаются при технологическом применении вибраторов. Поэтому

полученные экспериментальные зависимости могут быть полезными для разработки конкретных технологий, поскольку позволяют оценить изменение характера воздействия, передаваемого на обрабатываемый объект, при варьировании параметров разрядного контура. Отметим также высокую надежность полученных данных: измерения проводились с низкой относительной погрешностью, а при расчетах не использовалось никаких допущений и модельных представлений.

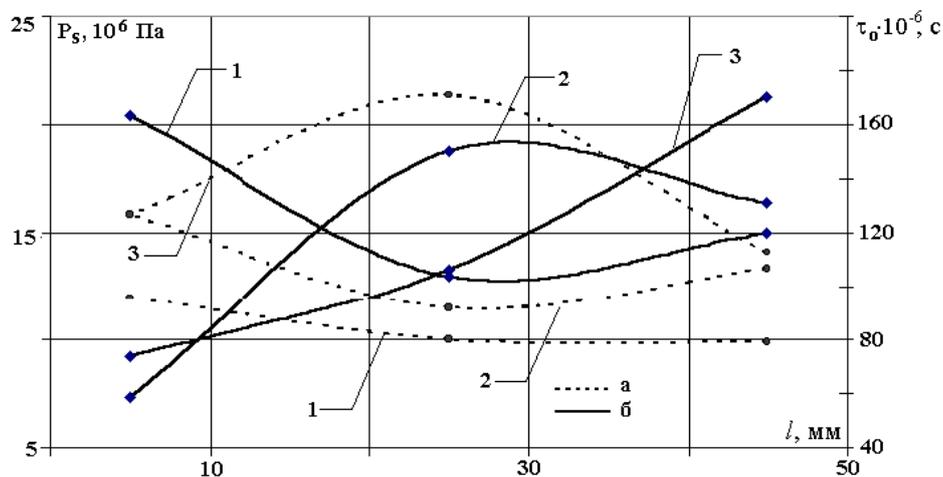


Рис. 2. Зависимость длительности импульса τ_0 (а) и среднего давления P_s (б) на нижнем торце мерного стержня от емкости C (мкФ): 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 1,5 при различных значениях межэлектродного промежутка l (мм): 5, 25, 45.

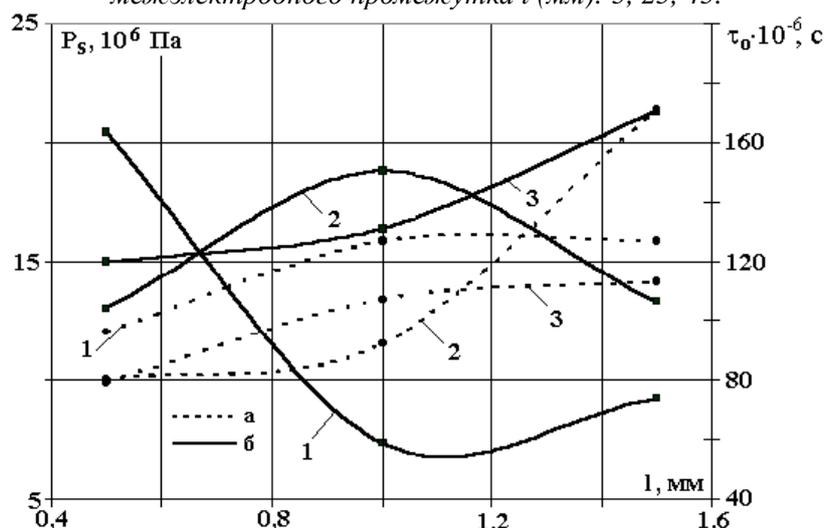


Рис. 3. Зависимость длительности импульса τ_0 (а) и среднего давления P_s (б) на нижнем торце мерного стержня от емкости C (мкФ): 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 1,5 при различных значениях межэлектродного промежутка l (мм): 0,5, 1, 1,5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии. Киев, 1983.
2. Бутаков Б.И. Методы динамического упрочнения металлов и сплавов // Кузнечно-штамповочное производство. 1988. № 7. С. 7–10.
3. Кривицкий Е.В., Шамко В.В. Переходные процессы при высоковольтном разряде в воде. Киев, 1979.

Поступила 02.11.2001

Summary

The dependence of the parameters of pressure pulse acted on the lower point of the rod during a high-voltage discharge in the vibrator on both an interelectrode space and the capacity of the discharge contour is investigated with a measure rod method. The middle pressure in the pulse and its duration are evaluated. The suitable dependences, which enable to determine these parameters, in both a certain capacity interval and interelectrode space, are built. The results may be used for control over the dynamic characteristics of vibrators.