

А.М. Парамонов, Е.А. Пасинковский, В.П. Усенко, А.В. Коваль

ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВИБРИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

Установлено, что перенос материала при электроискровом легировании (ЭИЛ) зависит от распределения энергии импульсов тока между искровой и короткозамкнутой составляющей [1], которая не участвует в переносе материала анода на катод, но существенно искажает результаты исследований. Главных причин неконтролируемого распределения энергии импульсов две: первая – несвоевременное их подключение к искровому промежутку относительно пространственно-временных зон вибрирующего электрода; вторая – изменение расстояния между электродами в процессе искровых импульсов. Для повышения достоверности экспериментальных результатов и расширения частотного диапазона ЭИЛ были проведены исследования пространственно-временных зон движения электрода [2, 3], определены функциональные ограничения на сокращение этих зон и рассчитано время, в течение которого перемещающийся электрод находится в зоне искрового разряда [4].

Исследования показали, что режим разряда влияет на величину расчетного времени, и для установления этого влияния нами проведено непосредственное его измерение. При определении времени, за которое электрод преодолевает пробойное расстояние, ставились задачи: проверить рассчитанное время $t_{2р}$, измерить величину $t_{2и}$ при реальном электроискровом процессе и сравнить степень их совпадения.

Следовало ожидать, что эти времена будут различны в силу эффекта «плавления» электрода [5], суть которого заключается в том, что при горении мощных дуг, например при замыкании контактов в момент коммутации электрических цепей, на электроды действует раздвигающая сила. По оценке Хольма давление на электроды достигает величин порядка тысячи атмосфер. Специально проведенные оценки показали, что раздвижение контактов в этом случае нельзя объяснить электродинамическим отталкиванием [6]. Согласно [7] измеренная величина давления на контакты и давление пара, оценка которого проводилась с учетом количества испаренного материала, имеют величину одного порядка.

Таким образом, описанное явление может значительно изменить величину времени, за которое электрод проходит пробойное расстояние, и поэтому должно учитываться. В связи с наличием раздвигающей силы для проверки расчетного времени оно измерялось двумя способами. Первый способ должен показать, верно ли рассчитано время прохождения электродом пробойного расстояния. Второй – выявить величину этого времени при реальном электроискровом процессе.

Первый способ измерения $t_{2и}$. Для фиксации момента пробоя промежутка использовался естественный пробой между двумя сближающимися электродами. Для сведения к минимуму влияния емкостного тока на величину измеряемого времени был выбран конденсатор малой емкости. Момент его заряда фиксировался по току, снимаемому с безиндуктивного резистора R2 (рис. 1,а). Спротивлением R1 подбиралось время разряда конденсатора. Резистор R2 устанавливался таким, чтобы снимаемый с него сигнал устойчиво запускал развертку осциллографа, работающего в ждущем режиме. Такое решение позволило получить в искровом промежутке бестоковую паузу и тем самым уменьшить влияние импульса тока на величину измеряемого времени. Для фиксации момента контактирования электрода с деталью в схему включен дополнительный низковольтный источник питания,

который через токоограничительный резистор R3 и разделительный диод Д1 подключен к электроду и детали. Напряжение дополнительного источника составляло 1,5–2 В, и обеспечивались условия, при которых невозможен пробой промежутка. При сближении электродов в определенный момент наступает пробой промежутка, обусловленный напряжением U1. Конденсатор C заряжается и прерывает цепь прохождения тока через искровой промежуток. Импульс напряжения, возникающий на резисторе R2 в момент заряда конденсатора, подается на запуск осциллографа. При дальнейшем сближении электродов происходит их замыкание и от источника U2 проходит ток через R3, напряжение с которого подается на вход осциллографа. Момент появления напряжения на резисторе R3 соответствует замыканию электродов.

Осциллограммы напряжений на C, R2 и R3 приведены на рис. 1, б. При движении электрода от детали вблизи верхней крайней точки замыкается ключ K и через него на резистор R4 разряжается конденсатор C. Этим система приводится в исходное состояние.

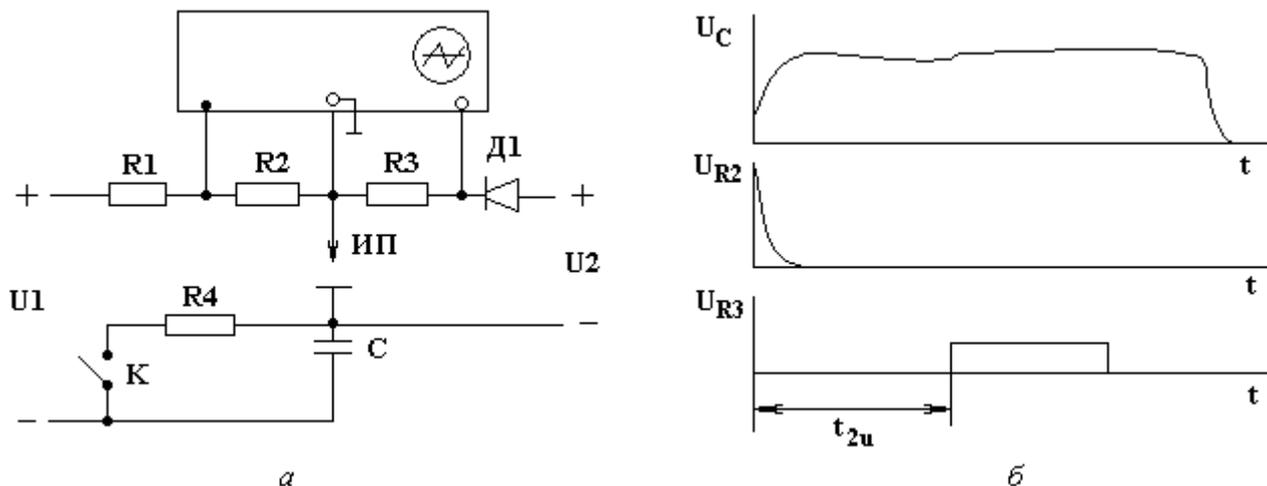


Рис. 1. Электрическая схема измерения времени (а) и временные диаграммы (б)

Измеряемое время определялась как произведение:

$$t_{2и} = k_p l, \quad (1)$$

где k_p – коэффициент, характеризующий скорость горизонтальной развертки луча осциллографа; l – расстояние, пройденное лучом с начала развертки до момента появления напряжения на резисторе R2.

Второй способ измерения $t'_{2и}$. Для измерения времени, за которое электрод проходит пробойное расстояние, с учетом влияния искровых импульсов применялась схема, приведенная на рис. 2. В основе способа – измерение времени, в течение которого на искровом промежутке происходит изменение напряжения от U1 до нуля. Для увеличения длительности разряда конденсатора $C = 16000$ мкФ в разрядный контур включен резистор R1. Варьируя этим сопротивлением, меняли величину разрядного тока. С целью разобщения схемы источника питания и сети в момент измерений заряд конденсатора C проводился через периодически включаемый коммутирующий элемент K. Затем включался вибратор, который сближал электроды. В определенный момент, под действием напряжения на конденсаторе, происходил пробой промежутка. Этот момент характеризовался появлением тока через шунт III. Напряжение, снимаемое с шунта, подавалось одновременно на запуск и один из входов двухлучевого осциллографа, работающего в ждущем режиме. Замыкание искрового промежутка характеризуется спадом напряжения практически до нулевого значения. Таким образом, снимая осциллограммы напряжения с искрового промежутка через второй вход осциллографа, удалось измерить величину $t'_{2и}$. Так как при данных измерениях длительность разряда конденсатора C должна быть больше либо равняться времени $t'_{2и}$, для контроля длительности разряда снималась осциллограмма тока (с шунта III) в разрядном контуре. Осциллограммы изменения тока и напряжения искрового промежутка приведены на рис. 2. В качестве вибратора применялась электромеханическая система с постоянной скоростью движения электрода. Кинематическая схема приведена на рис. 3. Она состоит из электродвигателя 1, который через редуктор 2 приводит во вращение задатчик поступательного движения 3, по которому движется ролик 4, соединенный через траверсу с

рамкой вибратора 5. Пружины 6 прижимают рамку 5 с электрододержателем 7 и электродом 8, чем обеспечивается постоянное соприкосновение ролика 4 с задатчиком 3. На поворотном столе 10 закрепляется образец 9.

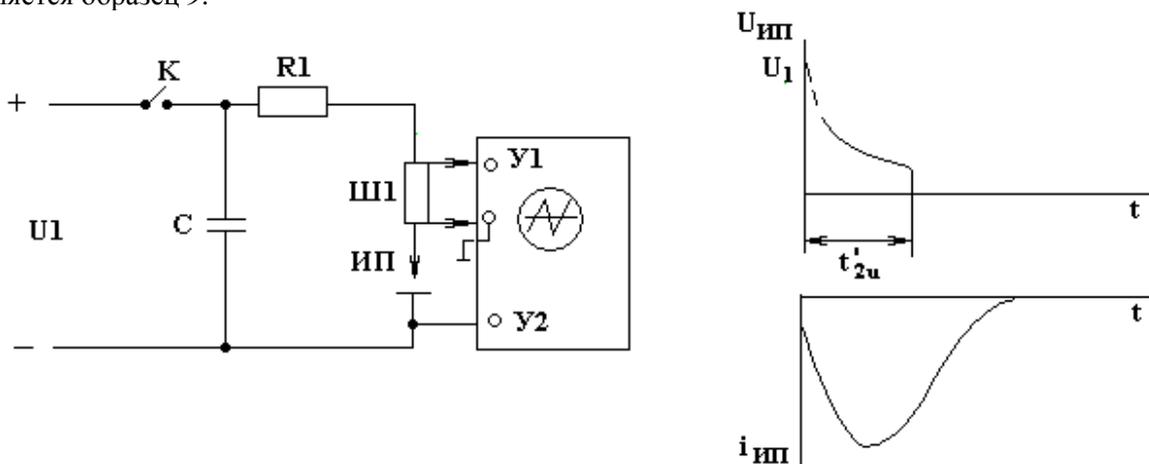


Рис. 2. Электрическая схема измерения времени (а) и временные диаграммы (б)

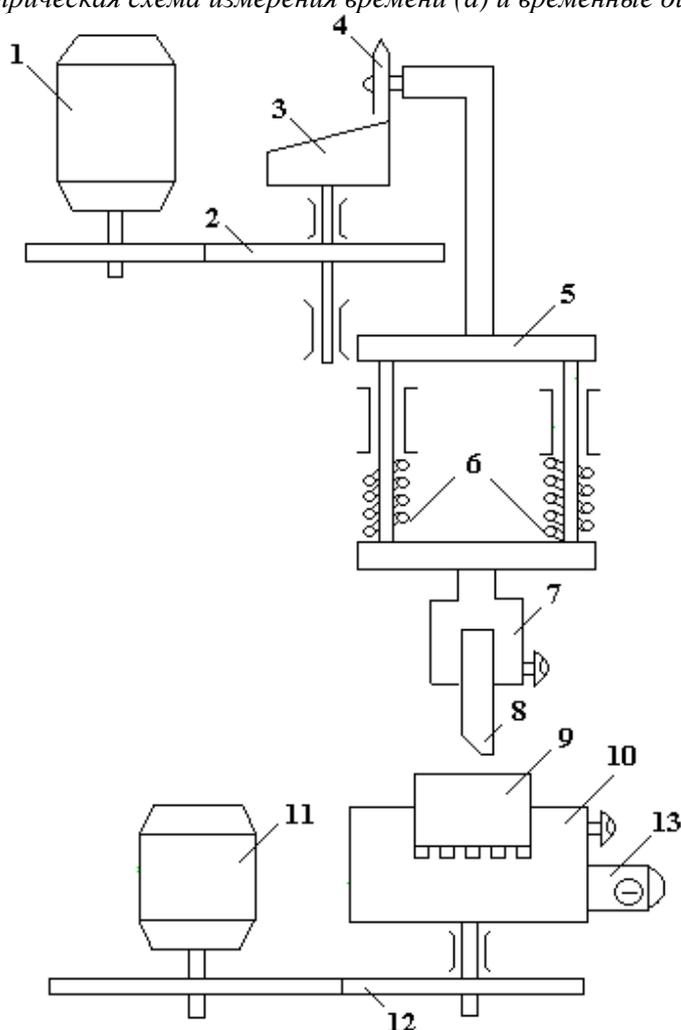


Рис. 3. Кинематическая схема электромеханической системы

Стол приводится во вращение электродвигателем 11 через редуктор 12. Поверхность поворотного стола используется в качестве подводящего контакта и через щетку 13 соединена с катодом источника питания. Частота вибрации электрода составляла 0,5 Гц, а скорость движения поворотного стола – 2 об/мин. Этим обеспечивались условия, при которых каждый последующий разряд производился на обновленную поверхность образца.

Из-за значительного разброса результатов измерений при одинаковых параметрах тока окончательный результат усреднялся по 500 замеров.

Измерения, выполненные с целью проверки рассчитанного времени преодоления электродом пробойного расстояния, показали следующие результаты. При напряжениях на конденсаторе C (рис. 1) 100 и 250 В это время составляет соответственно 60 и 130 мкс. Так как измерение времени $t_{2и}$ производилось при частоте вибрации электрода, равной 0,5 Гц, а расчет выполнен для 100 Гц, то после перерасчета на 100 Гц это время для 100 и 250 В будет равно 0,3 и 0,65 мкс, что согласуется с расчетным временем [5]. При измерении времени, за которое электрод проходит пробойное расстояние с учетом влияния величины импульсов тока, установлено, что оно в большей мере зависит от силы тока и возрастает с его увеличением. Так, при емкости конденсатора $C = 16000$ мкФ (рис. 2) и токозадающем сопротивлении $R1$, равном 2,5 Ом, измеряемое время составляет 0,45 относительных единиц (отн. ед.), а при той же емкости и сопротивлении $R1 = 0$ увеличивалось до 1 отн. ед. Изменение времени прохождения электродом пробойного расстояния в зависимости от величины тока импульсов приведено на рис. 4.

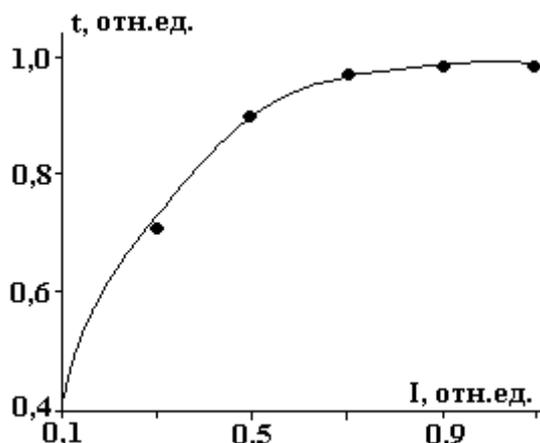


Рис. 4. Изменение времени прохождения электродом пробойного расстояния в зависимости от величины импульсов тока

Итак, под действием импульсов тока в газовой среде время, за которое электрод проходит пробойное расстояние, возрастает, что, вероятно, обусловлено увеличением межэлектродного промежутка за счет эрозии электродов и в значительной мере – эффектом раздвижения электродов под действием давления испаренного с электродов материала.

При исследовании влияния импульсного тока в условиях ЭИЛ необходимо иметь в виду, что чем меньше его величина, тем больше вероятность нежелательного распределения энергии импульсов в пользу короткозамкнутой составляющей электродов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Парамонов А.М.* Влияние величины расстояния между электродами на эрозию катода // Тезисы докладов VIII конференции молодых ученых Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1972. С. 126.
2. *Фурсов С.П., Любчик М.Я., Парамонов А.М.* Исследование влияния частоты вибрации легирующего электрода на технологические характеристики при электроискровом легировании // Материалы докладов VIII научно-технической конференции. Кишинев, 1972. С. 196.
3. *Парамонов А.М., Фурсов С.П., Добында И.В.* Способ электроискрового легирования. Авт. свид. № 656793. – Бюл. изобр. и откр., 1979. № 14.
4. *Парамонов А.М., Пасинковский Е.А., Коваль А.В.* Расширение частотного диапазона электроискрового легирования // Электронная обработка материалов. 2006. № 1. С. 22–27.
5. *Хольм Р.* Электрические контакты. М.: Изд-во инстр. лит., 1961.
6. *Раховский В.И.* Физические основы коммутации электрического тока в вакууме. М.: Наука, 1970.
7. *Ягудаев А.М.* Исследование электрической эрозии металлов в импульсном разряде в вакууме. Автореф. дис. канд. тех. наук. Ташкент, 1967.

Поступила 01.04.05
После доработки 17.01.06

Summary

The results of experimental researches of distribution of spark discharge energy between breakdown and shorted constituents are reported. A conclusion about an essential increase of the shorted constituent at decrease of amplitude of discharge rate has been drawn.