

## ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ ТОКА ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

*А.С. Гордынец, к.т.н, асс., С.И. Скрипко, студ.*

*Томский политехнический университет*

*634028, г. Томск, ул. Тимакова, д.12, корп. 16А, ауд.307, тел. +7 (3822) 41-95-41*

*E-mail: asgord@tpu.ru*

Для соединения деталей малых толщин и размеров широко применяются микроплазменная, электроннолучевая, лазерная и дуговая сварка неплавящимся электродом [1, 2, 3]. Однако, к недостаткам перечисленных способов относятся высокие затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования.

В настоящее время для сварки деталей малой толщины наметилась тенденция применения дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов одиночными кратковременными (1...200 мс) униполярными импульсами тока [4, 5, 6]. При этом обеспечивается высокая скорость нарастания тока до амплитудного значения (10...400 А) и последующий его спад по экспоненциальному закону. Внешний вид серийно выпускаемого оборудования представлен на рис. 1, а его основные технические характеристики - в табл. 1.

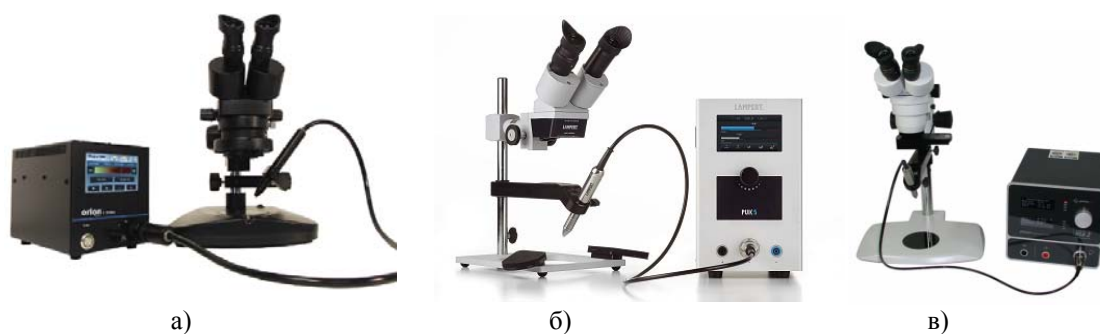


Рис. 1 – Установки для дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярными импульсами тока: а) Orion 100с (Sunstone engineering, США) [7]; б) PUK-5 (Lampert, Германия) [8]; в) Phaser mx2-1351 (primotec, США) [9].

Таблица 1

### Технические характеристики.

Сварочная установка	Основные технические характеристики
Orion 100с	Энергия – 5...100 Дж, масса – 3,4 кг, габаритные размеры – 235×146×165 мм
PUK-5	Сила сварочного тока – 9...400 А, длительность импульса сварочного тока – 0,5...34 мс, масса – 7,8 кг
Phaser mx2-1351	Напряжение холостого хода – 43 В, длительность импульса сварочного тока – 3...30 мс, масса – 9,2 кг

Особенностями такого оборудования являются: малые габариты, низкий вес, простота настройки параметров режима сварки, при этом зажигание дуги осуществляется контактным способом, что потенциально может служить причиной загрязнения сварного шва вольфрамовыми включениями [10]. Кроме того, широкому применению подобного оборудования препятствует отсутствие рекомендаций по выбору технологических параметров, что предполагает проведение дополнительных экспериментальных исследований.

Для этих целей разработана специализированная установка позволяющая осуществлять бесконтактное зажигание дуги (рис. 2). В её состав входят: зарядное устройство – 1, накопительный конденсатор – С, токоограничивающий резистор сопротивлением 0,3 Ом – R, устройство бесконтактного зажигания дуги – 2, кнопка инициации зажигания дуги – SB, неплавящийся электрод – 3, изделие – 4, горелка для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов – 5, датчик тока на эффекте холла – ДТ, цифровой осциллограф (АКИП-4122/1) – 6.

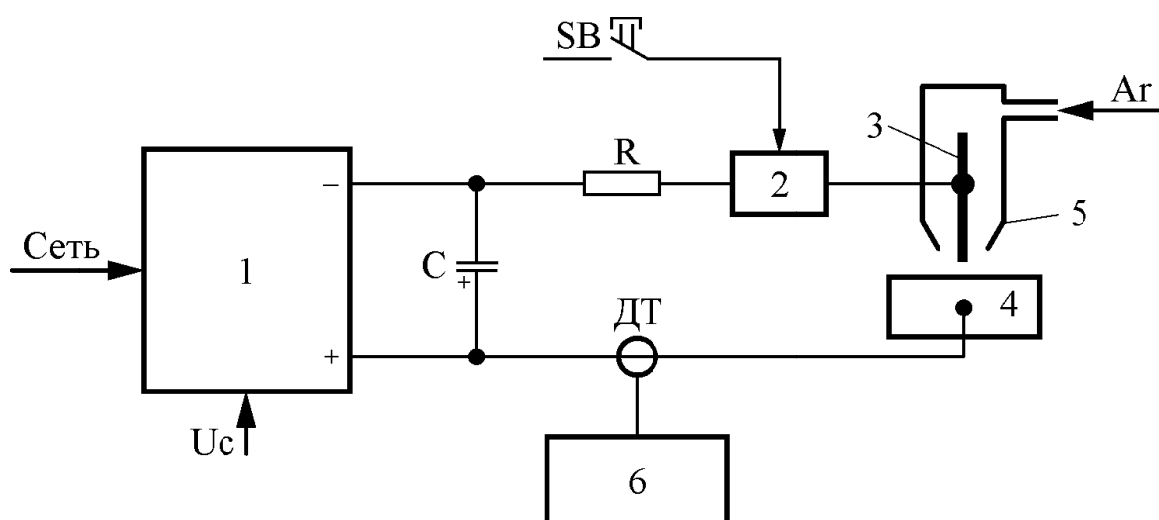


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки

Принцип работы установки заключается в предварительном заряде накопительного конденсатора (С) до заданного напряжения от устройства (1). При нажатии на кнопку SB размыкается цепь заряда, и формируется высоковольтный импульс обеспечивающий электрический пробой промежутка между электродом (3) и изделием (4), что способствует формированию дуги за счет разряда конденсатора (С) через токоограничивающий резистор (R).

Исследования влияния напряжения заряда ( $U_C = 30 \dots 100$  В) накопительного конденсатора и его ёмкости ( $C = 20, 40, 60$  мФ) на амплитуду ( $I_a$ ) и длительность ( $t$ ) импульса тока (рис. 3) производили при следующих условиях: в качестве защитного газа применяли аргон, расход которого составлял 2,5 л/мин, расстояние между электродом и изделием задавали равным 1 мм, неплавящийся электрод из вольфрамового прутка (ЭВТ-2) диаметром 0,5 мм имел плоскую рабочую поверхность, в качестве изделия использовалась пластина толщиной 1 мм из стали марки Ст3.

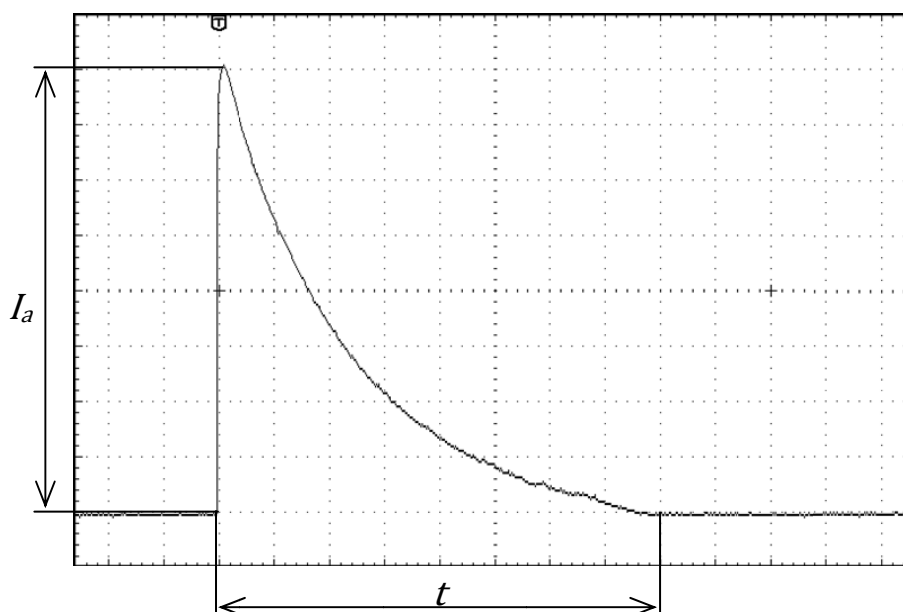


Рис. 3. Характерная осциллограмма импульса тока ( $\mu_i=20$  А/дел.,  $\mu_t=10$  мс/дел.)

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков на рис. 4, из которых следует что амплитуда ( $I_a$ ) импульса тока практически линейно зависит от напряжения заряда ( $U_C$ ), а его длительность ( $t$ ) находится в прямой зависимости от ёмкости накопительного конденсатора. Однако длительность импульса также изменяется пропорционально напряжению заряда.

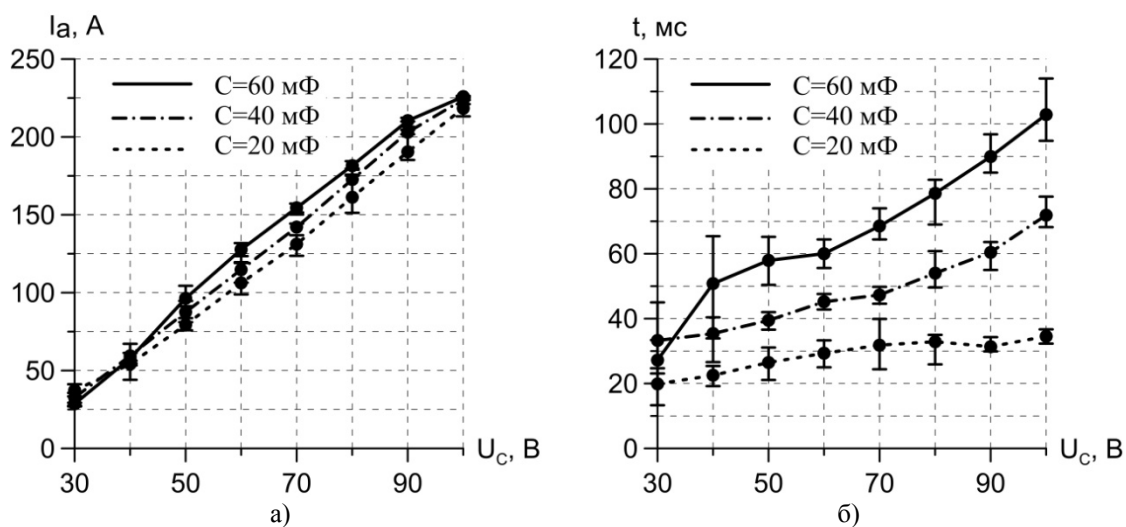


Рис. 4. Влияние напряжения заряда накопительного конденсатора и его ёмкости на: амплитуду импульса тока (а); длительность импульса тока (б)

Экспериментальное исследование зависимости диаметра ( $e$ ) и глубины ( $h$ ) точки расплавления от длительности импульса тока (20, 40, 60, 80 мс) производили при его фиксированной амплитуде равной 150 А. Аналогичное влияние амплитуды импульса (50, 100, 150, 200 А) изучали при его длительности 40 мс.

Из анализа фотографий точек расплавления изделия (рис. 5) следует, что зона плавления металла имеет форму окружности, в центре которой формируется возвышенность. Диаметр ( $e$ ) и глубину ( $h$ ) точки расплавления оценивали по поперечным микрошлифам, как показано на рис. 6. Влияние амплитуды и длительности импульса тока на диаметр и глубину проплавления точек представлены в виде графиков на рис. 7.

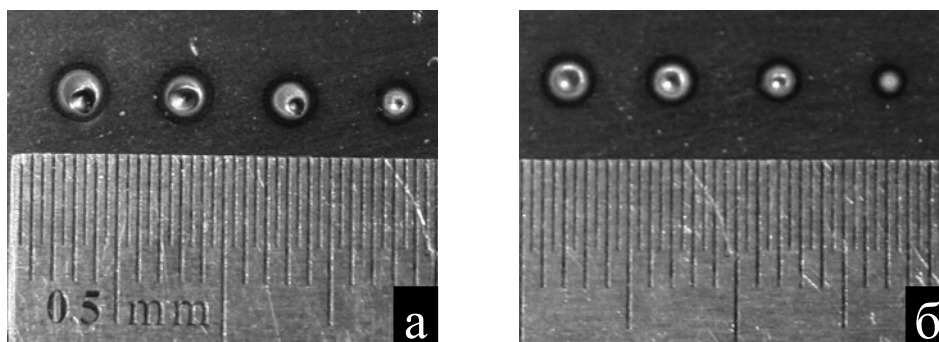


Рис. 5. Фотографии точек расплавления экспериментального образца: при различной длительности импульса тока (а), при различной амплитуде импульса тока (б)

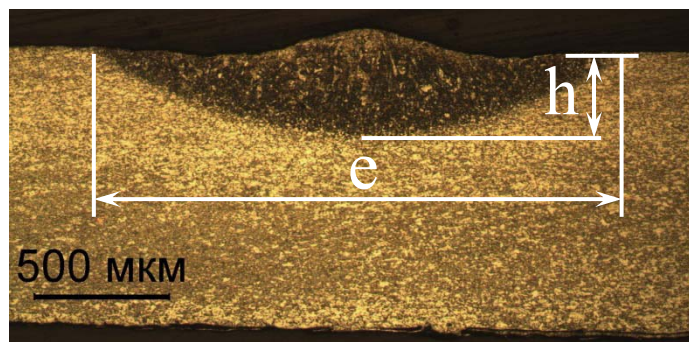


Рис. 6. Поперечный микрошлиф точки расплавления. ( $I_a=200$  А;  $t=40$  мс)

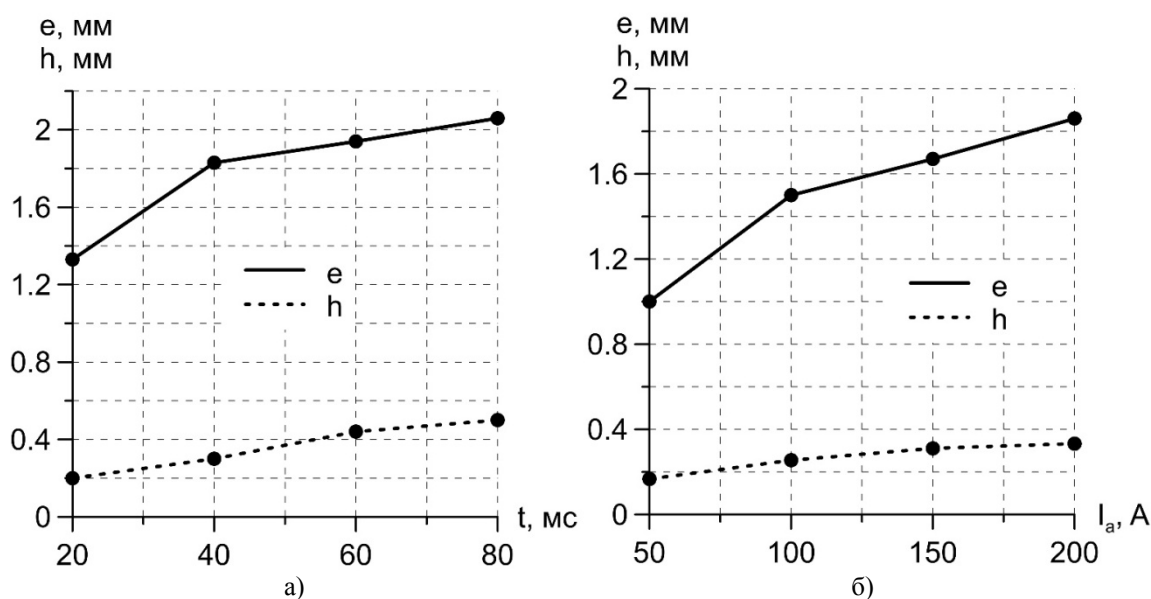


Рис. 7. Влияние параметров импульса тока на глубину проплавления и диаметр точки: влияние длительности импульса тока ( $I_a = 150$  А) (а); влияние амплитуды импульса тока ( $t = 40$  мс) (б).

Анализ результатов эксперимента показал, что диаметр точки расплавления возрастает с повышением амплитуды импульса тока, при этом его длительность оказывает аналогичное влияние но в меньшей степени. Глубина проплавления растёт с увеличением длительности импульса, в то время как амплитуда импульса тока показывает схожее, но более слабое воздействие.

Литература.

1. Киселев А.С. Управление технологическими свойствами дуги переменного прямоугольного тока при сварке алюминиевых сплавов малых толщин неплавящимся электродом: автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. - Томск, 1998. - 22 с
2. Смирнов В.В. Оборудование для дуговой сварки: справочное пособие. Л.: Энергоатомиздат, 1986 - 656 с.
3. Б.Е. Патон, В.С. Гвоздецкий, Д.А. Дудко и др. Микроплазменная сварка. Киев: Наук. думка, 1979. - 248 с.
4. Orion с Series | Orion welders - [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.orionwelders.com> - свободный - загл. с экрана
5. PUK 5 precision welding technology by Lampert [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.lampert.info> - свободный - загл. с экрана
6. Phaser | primotec - Lampert [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.primotecusa.com> - свободный - загл. с экрана
7. Orion 100c - Jewelry [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.orionwelders.com> - свободный - загл. документа
8. Operating manual PUK 5 [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.lampert.info> - свободный - загл. документа
9. Phaser pulsed micro arc welding units [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.primotecusa.com> - свободный - загл. документа
10. А.с. 578173, МКИ В23К 9/16. Способ возбуждения электрической дуги при сварке / М.С. Гриценко, М.П. Андреев. № 1963082/25-27; Заявл. 01.10.73; Оpubл. 30.10.77, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. - 1977. №40.