

УДК 621.791.3

Болотов Г.П., докт. техн. наук, професор

Болотов М.Г., канд. техн. наук, доцент

Пустовойт Х.М., студент

Чернігівський національний технологічний університет bolotovmg@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ НА СТАБІЛЬНЕ ІСНУВАННЯ ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ В УМОВАХ ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАГРІВУ

Стабільні параметри, висока щільність току, плавність регулювання та локальність нагріву, простота технічної реалізації роблять тліючий розряд привабливим для застосування його як джерела нагріву в процесах прецизійного зварювання та паяння. Однак серед усіх переваг даного джерела енергії, він володіє рядом недоліків, головним чином пов'язаних із частковою або повною втратою стійкості в наслідок дії технологічних або енергетичних збурень і переходу його в більш стабільну форму газового розряду – електричну дугу. Поява останньої супроводжується лавиноподібним зростанням струму в колі розряду з одночасним зниженням його опору. Нагрівання при цьому з розподіленого стає концентрованим, що викликає локальні пропали і оплавлення поверхонь деталей, що зварюються [1].

Для обмеження негативного впливу цього ефекту живлення тліючого розряду здійснюють від джерела з падаючою або круто падаючою зовнішньою характеристикою, утвореною падінням напруги джерела на активному (баластному) опорі, ввімкненому послідовно в розрядне коло. Однак застосування таких джерел енергії призводить до марних витрат енергії на цьому опорі (до 30...60%) і зниження енергетичної ефективності джерела і процесу в цілому [2]. У зв'язку з цим, доцільним є подальше вдосконалення джерел нагріву для прецизійного зварювання та паяння на підставі застосування розподіленої газорозрядної плазми тліючого розряду.

В даній роботі досліджується стабільність існування тліючого розряду з порожнистим катодом в умовах зварювального нагріву. Оскільки стійкість системи «джерело живлення - розряд» в значній мірі визначається належною узгодженістю вольт-амперної характеристики розряду та зовнішньої характеристики джерела [3], в першу чергу дослідним шляхом визначили вигляд статичної вольт-амперної характеристики (ВАХ) розряду. Статичні ВАХ розряду отримували в залежності від струму розряду як зміною напруги холостого ходу джерела. Дослідження проводили в середовищі аргону, азоту та в атмосфері залишкових газів вакууму (азот, кисень, водень) при тисках газу 6,65 Па та 9,31 Па на катодах діаметром 40...60 мм. Між - електродна відстань складала 20 мм. Напруга холостого ходу джерела варіювалась в межах 600...1200 В.

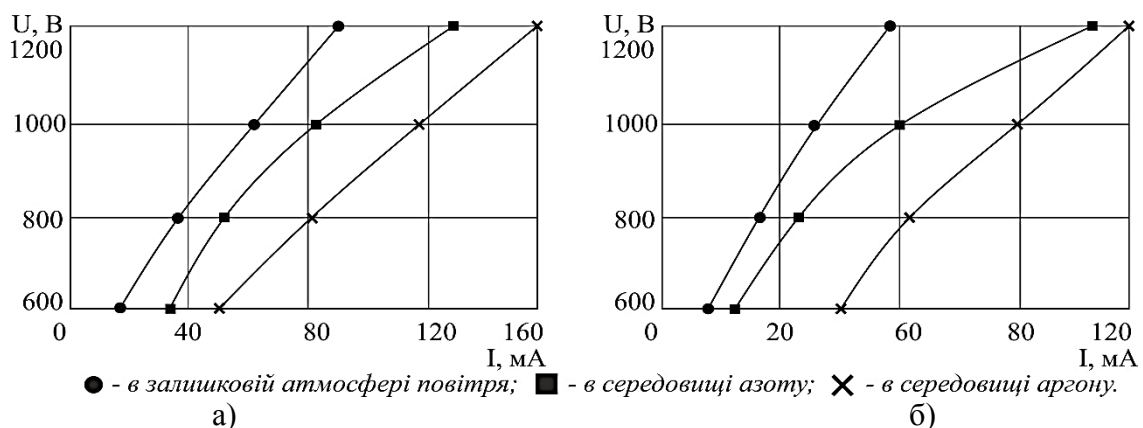


Рис.1. – Вольт-амперні характеристики тліючого розряду з порожнистим катодом для різних газових середовищ при тисках газу: а) 9,31 Па; б) 6,65 Па.

Результати досліджень, наведені на рис. 1, свідчать, що в дослідженому діапазоні режимів тліючий розряд з порожнистим катодом має зростаючу ВАХ із додатним нахилом в межах 3...5 В/мА.

Дослідження статичних ВАХ тліючого розряду шляхом зміни опору в колі розряду проводили на катодах діаметром 40...60мм в середовищі азоту та залишкової атмосфери повітря при тисках газу 10,64 Па, 19,95 Па та 26 Па. Опір змінювали в межах від 0 до 1 кОм. Міжелектродна відстань також складала 20мм. Напруга холостого ходу джерела підтримувалась постійною на рівні 800 В. Отримані результати (рис. 2) свідчать, що і в даному випадку характеристики розряду є зростаючими із додатним нахилом 2...4 В/мА.

Експериментальну перевірку стійкості горіння розряду проводили шляхом його реакції на ступінчате збурення за опором в розрядному колі. Для цього в коло розряду визначально вмикали активний резистор опором 4 кОм або 20 кОм. Збурення електричних параметрів кола імітували раптовим шунтуванням опору контактами електромагнітного реле МКУ-48, час спрацьовування якого не перевищує 50 мс.

Осцилограми (рис. 2) свідчать, що раптове шунтування увімкненого в розрядне коло зовнішнього опору 20 кОм, величина якого перевищує внутрішній опір самого розряду супроводжується зростанням струму в колі майже втричі без спотворення вихідної форми кривих струму та напруги і будь-яких викидів або піків.

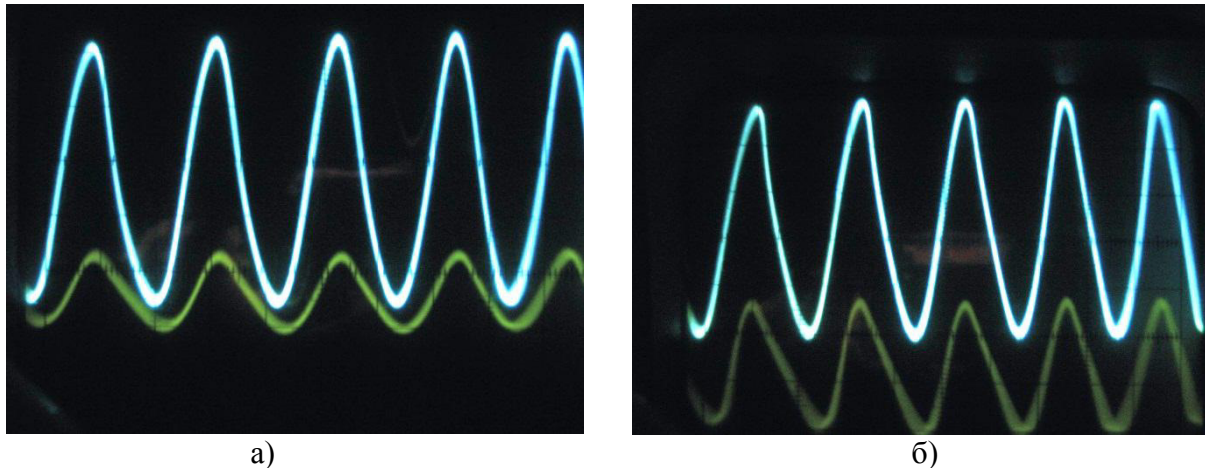


Рис. 2. – Осцилограми струму (а), та напруги (б) на розряді при стрибкоподібному зниженні опору в його колі.

Таким чином, в ході експериментальних досліджень визначено, що в діапазоні струмів 20...300 мА тліючий розряд з порожнистим катодом діаметром 40...60 мм має зростаючу вольт-амперну характеристику з додатним нахилом 2...5 В/мА. Теоретично показана і експериментально підтверджена стабільність існування тліючого розряду з порожнистим катодом в умовах його живлення від джерела живлення з жорсткою або повільно падаючою зовнішньою характеристикою.

Список посилань

1. Bolotov G.P. Modification of Materials Surface Layers by Low-Energy Ion Irradiation in Glow Discharge / G.P. Bolotov, M.G. Bolotov, M.M. Rudenko // IEEE 36th International Conference “Electronics and Nanotechnology ELNANO’2016”. – April 2016. – pp.135-140.
2. Bolotov G.P. Determination of external stabilizing resistor value in the glow discharge power supply while welding, / G.P. Bolotov, M.G. Bolotov //IEEE 37th International Conference “Electronics and Nanotechnology ELNANO’2017”, April 2017. – pp.365-369.
3. Гладков Э. А. Управление процессами и оборудованием при сварке. / Э. А. Гладков – М.: Машиностроение, 2006. – 429 с.