УДК 621.791.11

Болотов Г.П., докт. техн. наук
Болотов М.Г., канд. техн. наук
Олексієнко С.В., канд. техн. наук
Ющенко С.М., канд. техн. наук
Ососок М.О., студент
Національний університет «Чернігівська політехніка», bolotovmg@gmail.com

УСТАНОВКИ ДИФУЗІЙНОГО ЗВАРЮВАННЯ В ПОЛІ ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ

Для отримання прецизійних з'єднань з різнорідних матеріалів у промисловості, в основному, застосовують дифузійне зварювання, яке здійснюється тиском у твердому стані при температурах нижче температури плавлення з'єднуваних матеріалів [1]. Особливості технологічного процесу дифузійного зварювання визначають і особливості конструкції установок, за допомогою яких здійснюється цей процес.

На даний час у дифузійному зварюванні знайшли застосування індукційний (високочастотний), радіаційний нагрів та нагрів у низькотемпературній плазмі тліючого розряду [2]. Якщо до проектування та будови установок для дифузійного зварювання з індукційним та радіаційним нагрівом вже визначені концептуальні підходи, розроблені технічні та технологічні рішення, то щодо устаткування із застосуванням тліючого розряду, як відносно нового способу зварювання, такі рекомендації на даний час в достатній мірі ще не сформовані [3].

Установки для зварювання в тліючому розряді можуть будуватись без застосування складної вакуумної арматури та високовакуумних насосів, застосовуючи лише насоси попереднього розрідження (форвакуумні насоси), які забезпечують вакуум до 10^{-1} Па у робочому об'ємі. При цьому металеві вакуумпроводи можуть бути замінені шланговими, виконаними із вакуумної гуми із внутрішнім каналом діаметром 12…15 мм. Це дає змогу розташовувати форвакуумний насос не тільки у корпусі установки, а й у будь-якому зручному місці за її межами.

Система стискання деталей установок тліючого розряду принципово не відрізняється від аналогічних систем установок з індукційним та радіаційним нагрівом. Тип системи стискання обирається в залежності від площі зварного контакту деталей і, відповідно, необхідного зусилля стискання. При зусиллях до 1 кН доцільно обирати просту механічну (важільну) або електромеханічну систему, до 10 кН – електромеханічну систему із приводом постійного струму, яка забезпечує плавне прикладання навантаження, а при зусиллях вище 10 кН – гідравлічну систему, оскільки габарити електромеханічної системи в цих умовах суттєво зростають.

Для забезпечення технологічних можливостей даного джерела нагріву, енергетичний комплекс установок дифузійного зварювання в тліючому розряді повинен включати наступні складові [4]: 1) *регулятор напруги*, який вмикається, як правило, на вході схеми у первинній обмотці підвищувального трансформатора і повинен забезпечувати плавне регулювання. Найбільш ефективним типом такого регулятора слід вважати автотрансформатор, який забезпечує неперервне амплітудне регулювання без зміни форми синусоїди вхідної напруги; 2) *електропневмоклапани або вентилі*, забезпечують вмикання подачі газу або його відкачування з робочої камери. Зміна величини тиску газу впливає на густину струму у зоні нагріву і, відповідно, на термічний цикл зварювання; 3) *контрольно-вимірювальна апаратура*, забезпечує контроль та реєстрацію основних параметрів процесу зварювання. Електричні параметри тліючого розряду вимірюються відповідними стандартними вимірювальними приладами. Значна увага повинна приділятись контролю головного параметру дифузійного зварювання – температури в зоні контакту зварюваних деталей, що у визначальній мірі забезпечує якість зварного з'єднання.

У дифузійному зварюванні, в основному, застосовують контактний метод контролю температурного стану в зоні з'єднання за допомогою термоелектричних перетворювачів (термопар), які закріплюються на боковій поверхні зварюваних деталей із надійним контактом між ними. Однак, при зварюванні у тліючому розряді цей метод може застосовуватись обмежено. Більш ефективним при зварюванні у тліючому розряді є застосування безконтактних методів контролю температури за допомогою оптичних або фотоелектричних пірометрів, які забезпечують реєстрацію електромагнітного випромінювання у інфрачервоному та оптичному діапазоні спектру.

Практичні схеми установок можуть доповнюватись окремою малопотужною системою іонного очищення зварюваних поверхонь деталей а також, системами стабілізації горіння тліючого розряду та запобігання виникнення у ньому електричних дуг [5], які можуть призвести до руйнування деталей.

З урахуванням перелічених вузлів загальна схема установки дифузійного зварювання у тліючому розряді, що включає як механічний, так і енергетичний комплекси, має вигляд, наведений на рис. 1.

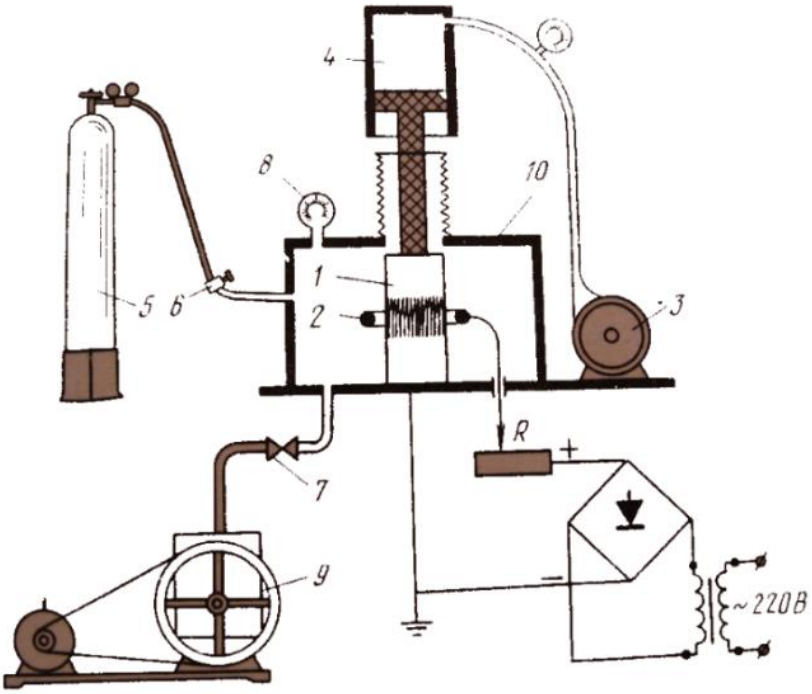

Рис. 1 – Схема установки для дифузійного зварювання у тліючому розряді: 1 – зварювані деталі; 2 – анод; 3 – гідронасос; 4 – гідроциліндр системи стискання деталей; 5 – балон із робочим газом; 6, 7 – вентилі; 8 – вакуумметр; 9 – вакуумний насос; 10 – вакуумна камера

Список посилань

1. Казаков Н.Ф. Диффузійне зварювання матеріалів /Під ред. Н.Ф. Казакова. – М.: Машинобудування, 1981. – 271 с.

2. M. G. Bolotov and G. P. Bolotov, "Criterial Definition of the Limits of Glow Discharge Energy Stability in Welding," 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 497-501 doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879992.

3. Болотов, М.Г., & Болотов, Г. П. (2021). Визначення меж енергетичної стабільності тліючого розряду в умовах зварювального нагріву. Технічні науки та технології, 1(19), 009–017. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-9-17

4. Болотов, Г. П. Стабілізація потужнострумового тліючого розряду активним (баластним) опором в умовах прецизійного зварювання / Г. П. Болотов, Р. М. Рижов, М. Г. Болотов // Mechanics and Advanced Technologies. – 2018. – №2 (83). – P. 94-99. http://dx.doi.org/10.20535/2521-1943.2018.83.124415