

УДК 621.791.01.6

Болотов Г.П., докт. техн. наук, професор,
Болотов М.Г., канд. техн. наук, доцент,
Руденко М.М., ст. викладач

Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, bolotovgp@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТИСКУ ГАЗУ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ В УМОВАХ ЗВАРЮВАННЯ

На даний час у машинобудуванні отримав поширення один з перспективних способів зварювання тиском – дифузійне зварювання, що здійснюється у твердому стані і дозволяє отримувати зварні вузли складної форми при значній площі з'єднаних поверхонь.

Для дифузійного зварювання застосовують різні види джерел нагріву, що відрізняються способами перетворення електричної енергії у теплову, інтенсивністю та локальністю нагріву. Одним з таких джерел є тліючий розряд, що має певні технологічні переваги перед іншими способами нагріву.

Суттєвим недоліком тліючого розряду є нестабільність газорозрядної плазми, що призводить до переходу її у дуговий розряд. Утворення дугового розряду супроводжується перегрівом і оплавленням окремих ділянок оброблюваних деталей в процесі зварювання.

Нагрів тліючим розрядом є багатофакторним процесом і характеризується цілою низкою параметрів, зокрема: струмом розряду, міжелектродною відстанню, родом і тиском газу, характеристиками виробу, який в даному випадку є катодом тліючого розряду.

Продуктивність та ефективність іонного нагріву при зварюванні у значній мірі визначається тиском газу у робочій камері, що викликано його суттєвим впливом на густину енергії у катодній плямі розряду, де електрична енергія розряду перетворюється у теплову на поверхні виробу.

В зв'язку з цим, підвищення продуктивності іонного нагріву вимагає визначення залежності граничних значень тиску газу від умов зварювання, а також, можливих шляхів підвищення припустимої густини струму у тліючому розряді, що і визначило мету роботи.

У експериментах у якості катода застосовували циліндричні зразки, кільцевий анод встановлювали еквідистантно поверхні катода. Вважали, що факторами, здатними обмежувати граничні значення тиску газу $P_{кр}$ при зварюванні в тліючому розряді є:

- а) параметри режиму нагріву: струм розряду, міжелектродна відстань;
- б) характеристики захисного газового середовища;
- в) характеристики катода (зварюваних заготовок): робота виходу електронів з його поверхні, теплопровідність матеріалу, маса, якість механічної обробки бічної поверхні та температура нагріву.

Оцінку залежності граничної величини тиску газу від різних факторів проводили експериментально на сталевих зразках (катадах) до моменту появи нестабільностей тліючого розряду, що характеризувались короткочасними переходами тліючого розряду у дуговий режим. В першу чергу визначали границю стійкості тліючого розряду у функції від параметрів режиму нагріву.

Результати експериментів по визначенню залежності величини $P_{кр}$ від значень розрядного струму свідчать, що підвищення струму призводить до деякого зниження граничних значень тиску. Це може бути викликано тим, що при тисках газу вище 5...6 кПа спостерігається відхилення від закону Геля – закону пропорційного зв'язку величини струму розряду і площі катодної плями.

Оцінку залежності граничних значень тиску газу від міжелектродної відстані проводили при незмінному розрядному струмі. В цьому випадку збільшення міжелектродної відстані,

призводячи до деякого зниження густини струму у катодній плямі, водночас обмежує значення $R_{кр}$ внаслідок утворення термічної нестабільності позитивного стовпа.

Род газу суттєво впливає на величину $R_{кр}$. Результати експериментів свідчать, що найбільша величина граничних значень тиску газу відповідає атмосфері гелію, а найменша – азоту. Це узгоджується із величиною нормальної густини струму розряду $j_{но}$. Для гелію $j_{но} = 1,26$, азоту $j_{но} = 226$, тобто із ростом тиску газу густина струму у катодній плямі розряду найбільш швидко досягає граничних значень саме у азоті.

Характеристики катоду, в першу чергу теплофізичні, також оказують вплив на величину $R_{кр}$, однак досить незначний.

Показана суттєва роль шорсткості поверхонь заготовок в обмеженні густини струму в катодній плямі тліючого розряду, яка задається тиском газу у робочому об'ємі.

Результати вимірювань величини $R_{кр}$ при різній температурі катоду свідчать, що із ростом температури останнього діапазон тисків газу, при яких існує тліючий розряд, звужується. Це викликано тим, що із ростом температури підвищується енергія електронів у приповерхневих шарах катоду, полегшуються умови їх виходу, зростає струм електронної емісії з катоду, що призводить до переходу тліючого розряду у дуговий.

Оцінку залежності величини $R_{кр}$ від геометричних характеристик катоду здійснювали шляхом нагріву сталевих пластин різної товщини (від 0,004 до 0,02 м) і маси (0,4...2,0 кг). Як показують результати, при зменшенні габаритів і маси катоду тиск $R_{кр}$ і, відповідно, створювана ним густина струму в розряді в деякій мірі залежать від масо-габаритних характеристик зварюваних виробів.

Залежність граничних, з точки зору стабільності тліючого розряду, значень тиску газу від досить значної кількості параметрів режиму його горіння, обмежують можливість встановлювати його оптимальні значення. Для визначення величини тиску газу у робочій камері при зварюванні в тліючому розряді застосували метод планування експерименту.

Для побудови регресійної моделі був прийнятий повний факторний експеримент, функцією відгуку якого було значення тиску газу $p_{кр}$, при якому тліючий розряд переходив у дуговий. У дослідженні розглядали вплив чотирьох незалежних факторів:

x_1 – струм розряду I_p , А;

x_2 – газове середовище, яке характеризувалось значенням нормальної густини струму $j_{но}$,

x_3 – шорсткість поверхні катоду R_z , мкм;

x_4 – міжелектродна відстань l , см

В результаті проведення експериментів, обчислення коефіцієнтів регресії та оцінки їх значимості отримано рівняння регресійної моделі у вигляді

$$y = 12,1 - 2,14x_1 - 3,36x_2 - 1,64x_3 - 1,18x_4$$

УДК 621.793

Волос О.В., мол. наук. співробітник

Інститут Електрозварювання ім. Е. О. Патона НАН України, м. Київ,

alessandrovolos35@gmail.com

МАГНЕТРОННЕ НАНЕСЕННЯ НАНОКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ $nc-TiC/a-C$ ТА CN_x

Однією з поточних задач інженерії поверхні є розробка технологій осаджування нанокompatитних покриттів з різними робочими характеристиками. Для осаджування TiC/C і CN_x використовували систему з двох магнітних розпилювальних пристроїв з графітовою та титановою мішенями. Проведені дослідження умов отримання покриття