

НАУКОВА СПІВПРАЦЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ІНСТИТУТІВ УКРАЇНИ ТА НІМЕЧЧИНИ

За грантом Німецького науково-дослідного товариства (DFG, *Deutsche Forschungsgemeinschaft*) Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України (ІЕЗ) в кооперації з Інститутом технології зварювання та з'єднання (ISF, *Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik*) Аахенського університету впродовж 2019–2021 років виконувався проект «Дослідження впливу нестационарних процесів в плазмі дуги на глибину проплавлення при високочастотному ТІГ зварюванні». За цим проектом співробітниками ІЕЗ виконані наступні роботи.

Проведено теоретичні дослідження впливу високочастотної імпульсної (ВЧІ) модуляції струму на процеси переносу енергії, імпульсу, маси та заряду в плазмі зварювальної дуги з неплавким електродом та в металі, що зварюється. Встановлено, що при модуляції зварювального струму на частотах 10 кГц і вище теплові та газодинамічні процеси в плазмі дуги є суттєво нестационарними, тоді як процеси у зварюваному металі контролюються не поточними значеннями сили струму, а його характеристиками, усередненими за період модуляції. Показано, що при частоті модуляції вищій за 5 кГц істотний вплив на електромагнітне поле в металі, що зварюється, здійснюють вихро-

ві струми. За критерієм максимуму силової дії на метал зварювальної ванни визначено оптимальні форми імпульсів струму дуги – такі, що сприяють збільшенню глибини проплавлення металу.

Розроблено математичну модель нестационарних процесів переносу енергії, імпульсу, маси і заряду в плазмі стовпа та анодного шару дуги, у тому числі з урахуванням процесів випаровування металу з поверхні зварювальної ванни при ТІГ зварюванні з ВЧІ модуляцією струму. Запропонована модель теплових, гідродинамічних та електромагнітних процесів у зварюваному металі з урахуванням дії основних силових факторів, що визначають гідродинаміку зварювальної ванни. Для комп'ютерної реалізації розроблених моделей створено обчислювальні алгоритми та оригінальне програмне забезпечення, призначене для дослідження впливу ВЧІ модуляції зварювального струму на проплавляючу здатність аргонової дуги з неплавким електродом.

Проведено масовий обчислювальний експеримент стосовно нестационарних процесів в плазмі зварювальної дуги та визначення впливу на них параметрів режимів і умов ТІГ зварювання з ВЧІ модуляцією струму, у тому числі форми, амплітуди та частоти імпульсів зварювального струму, довжини дуги тощо. Отримано розрахункові дані про теплову, електричну та силову взаємодію нестационарного дугового розряду з металом, що зварюється, виходячи з яких здійснено моделювання динаміки формування зварювальної ванни при точковому ТІГ зварюванні з ВЧІ модуляцією струму. Порівняльний аналіз результатів моделювання процесів в системі «дуговий розряд – зварюваний метал» при ТІГ зварюванні аргоновою дугою з ВЧІ модуляцією струму та еквівалентною дугою постійного струму свідчить про ефективність ВЧІ модуляції зварювального струму як засобу активації проплавляючої здатності дуги з неплавким електродом.

Розроблено та виготовлено лабораторний зразок обладнання для генерації імпульсів зварювального струму, форма яких близька до трапецеїдальної. Пристрій дозволяє генерувати модульований струм з амплітудою до 300 А і здатен зберігати задану форму імпульсів в діапазоні частот 5...15 кГц. Обладнання направлено до ISF для проведення експериментальних досліджень.

Виконавці робіт від ІЕЗ: І.В. Кривцун, В.Ф. Демченко, І.В. Крикент, О.П. Семенов, Д.В. Коваленко, О.Г. Павлов.



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, м. Київ



Інститут технології зварювання та з'єднання, м. Аахен