

УДК 621.791.037/011

**Костін О.М.** канд. техн. наук, професор

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв,  
[kostin.weld@gmail.com](mailto:kostin.weld@gmail.com)

**Мартиненко В.О.**, канд. техн. наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, [martynenko@mnau.edu.ua](mailto:martynenko@mnau.edu.ua)

## **АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ НА КОМПЛЕКСІ УПЕ-500**

Зварювально-технологічні характеристики покритих електродів, які мають вирішальне значення для забезпечення стабільності процесу зварювання, традиційно контролюють, покладаючись на суб'єктивну якісну оцінку висококваліфікованого зварника. Це не є в повній мірі об'єктивним та потребує вдосконалення. В цьому зв'язку, науково-промислова фірма ТОВ «АМІТІ» (м. Миколаїв), за замовленням компанії ПрАТ "ПлазмаТек" (м. Вінниця) спроектувала та виготовила лабораторний комплекс УПЕ-500 (ТУ У 27.9-20864642-003:2021) за допомогою якого виробник може в онлайн режимі контролювати якість продукції.

Комплекс УПЕ-500 в автоматичному режимі контролює наступні критерії оцінки стабільності процесу масопереносу: середня частота коротких замикань (масопереносу) -  $f_{\text{сер.}}$ ; середньоквадратичне відхилення частоти коротких замикань (масопереносу) -  $\sigma$ ; коефіцієнт варіації частоти коротких замикань (масопереносу) -  $K_{vf} = \sigma / f_{\text{сер.}}$ ; розрахункова маса краплі, що визначається як фізично очевидне відношення масової швидкості плавлення до частоти масопереносу  $m_{\text{сер.}} = dM / f_{\text{сер.}}$ . Крім того, в роботі вперше введено новий показник - критична частота масопереносу, яка дорівнює різниці середньої частоти і середньоквадратичного відхилення частоти -  $f_{\text{кр.}} = f_{\text{сер.}} - \sigma$ . Відповідно, в таких умовах можливо утворення крапель з середнім максимальним розміром  $m_{\text{max}} = dM / f_{\text{кр.}}$ , що можна додатково враховувати для порівняння з критичною масою краплі  $m_{\text{кр.}}$ .

Комплекс складається з трьох частин: пульта управління з портом для підключення персонального комп'ютеру, блоку вимірювання і комутації, з можливістю підключення осцилографу і безпосередньо маніпулятору. Зовнішній вигляд маніпулятору показано на рис. 1.



Рис. 1. – Зовнішній вигляд маніпулятору

**Приклад використання.** Компанія ПрАТ «ПлазмаТек» з успіхом виробляє електроди УОНИ-13/55 «ПЛАЗМА», які мають великий попит у споживача завдяки збалансованому відношенню ціни до якості. Однією з переваг цих електродів, які відносяться до типу Е 7018 за стандартом AWS A5.1, є наявність в обмазці порошку заліза [1, 2], що підвищує ефективність їх використання на 20%. При цьому, компенсуються втрати металу на вигорання та розбризкування, знижуються витрати електродів на 10-15%, збільшується продуктивність наплавлення на 8-10% та поліпшується формування шву та відокремлення шлакової кірки. Традиційно, для виготовлення цих електродів на підприємствах компанії використовували суміш порошоків заліза ПЖРВ 2.200.28 (ТУ 14-1-5365-98) та DIP 400 30W (EN 10204 3.1). Після придбання комплексу обладнання у компанії Atomising System Ltd (Англія) з'явилась можливість випуску залізного порошку власного виробництва.

Електроди з різним типом порошку випробовувались на комплексі УПЕ-500. Зварювання виконували в нижньому положенні. Отримані середні показники критеріїв стабільності плавлення електродів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Критерії стабільності процесу зварювання

Технологія виготовлення електроду	Середня частота, $f_{сер.}$ , Гц	Критична частота, $f_{кр.}$ , Гц	Коефіцієнт варіації, $K_{vf}$ , %	Маса каплі середня, $m_{сер.}$ , Г	Маса каплі максимальна, $m_{max}$ , Г
традиційна	3,7	3,53	6,2	0,161	0,168
вдосконалена	4,14	3,92	5,3	0,148	0,156

Аналіз отриманих результатів показав, що в обох випадках забезпечуються умови стабільності процесу ( $m_{сер.} < m_{кр.}$  та  $K_{vf} < 33\%$ ), але, зварювання електродами, які містять в покритті оптимізований залізний порошок власного виробництва, дозволяє суттєво підвищити стабільність процесу та збільшити частоту масопереносу. В абсолютних одиницях, середня частота масопереносу збільшилась на 10,6%, критична частота масопереносу збільшилась на 9,9%, а коефіцієнт варіації зменшився з 6,2% до 5,3%. Характерно, що середня маса каплі зменшилась на 8,1%, при цьому, максимальна середня маса краплі (0,156г), менше, ніж середня маса краплі (0,161г) для традиційної технології виготовлення електродів, що є суттєвим позитивним ефектом, та дозволяє значно покращити зварювально-технологічні властивості електродів та підвищити якість зварювання.

Таким чином, використання комплексу УПЕ-500, на відміну від якісного стандартного методу оцінки у вигляді опитувального листа зварника, дозволяє з високою достовірністю кількісно оцінити параметри стабільності процесу зварювання.

Лабораторний комплекс УПЕ-500 в автоматичному режимі може виконує зварювання в усіх просторових положеннях, з одночасною стабілізацією процесу, та здійснювати автоматичну фіксацію, обробку та реєстрацію отриманих даних, що дозволяє кількісно оцінювати зварювально-технологічні характеристики покритих електродів без суб'єктивного втручання оператора.

#### Список посилань

1. Didit Sumardiyanto, Sri Endah Susilowati (2019) Effect of Welding Parameters on Mechanical Properties of Low Carbon Steel API 5L Shielded Metal Arc Welds. American Journal of Materials Science, **9(1)**, 15-21.
2. Santhosh. S, Jaganathan. S, Anantha Raman. L, Balmurugan. M (2018) Experimentation and comparative study of E6013 and E7018 weldments using shielded metal arc welding. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, **8**, 169-174.