

КОМПЛЕКС УПЕ-500 ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ

О.М. Костін¹, О.О. Ярос², Ю.О. Ярос², О.В. Савенко³

¹Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова. 54025, м. Миколаїв, просп. Героїв України, 9.
E-mail: kostin.weld@gmail.com

²Товариство з обмеженою відповідальністю «АМІТІ». 54028, м. Миколаїв, вул. Новозаводська, 42. E-mail:
yaros.amity.mk.ua@gmail.com

³Приватне акціонерне товариство «ПлазмаТек». 21036, м. Вінниця, вул. Максимовича, 18. E-mail: alexsv62@gmail.com

Представлено методику кількісної оцінки зварювально-технологічних характеристик покритих електродів з використанням комплексу УПЕ-500, який забезпечує високу стабільність процесу контрольованого зварювання в усіх просторових положеннях в автоматичному режимі. Комплекс оснащений вимірювальною системою PicoScore 4444 з програмним забезпеченням PicoScore 6, які фіксують та статистично обробляють з високою достовірністю параметри стабільності процесу зварювання, що забезпечує контроль в онлайн режимі якості виготовлення промислових партій електродів. Бібліогр. 8, табл. 1, рис. 3.

Ключові слова: електрод, стабільність плавлення, методика оцінки, автоматичний режим

Сучасна технологія виготовлення покритих електродів, з моменту їх винаходу Оскаром Кельбергом у 1904 р., пройшла складний шлях вдосконалення та забезпечує якісне зварювання широкого спектру конструкційних матеріалів. Переважна більшість властивостей електродів, такі як механічні характеристики наплавленого металу, його хімічний та структурний склад, вміст шкідливих домішок та газів, корозійна стійкість та інші, регламентуються та легко контролюються виробниками за кількісними показниками. Однак 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.

Не зважаючи на те, що наукове середовище активно використовує кількісні показники стабільності горіння дуги при розробці нових складів покриттів та вдосконаленні технології виготовлення електродів, виробники не мають серійного обладнання, яке б могло за кількісними критеріями оцінювати зварювально-технологічні характеристики при виготовленні промислових партій покритих електродів. Використання такого обладнання в електродному виробництві дозволить в автоматичному режимі з високою точністю оцінювати якість виготовлення електродів, що є вкрай актуальним. 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. Робота виконувалась за методичною допомогою експертів Українського атестаційного комітету зварників та за сприянням Товариства зварників України.

Аналіз та методика досліджень. Стабільність процесу зварювання є складним та багатофакторним поняттям та не має стандартизованого визначення. Найбільш вдалим формулюванням цього фізичного явища, на думку багатьох авторів, є визначення Ю.М. Ланкіна, яке він навів в статті [1]: «Процес зварювання, відхилення параметрів якого від середніх значень не перевищує заданого рівня, називається стабільним. Мірою стабільності є відхилення від параметра середнього значення. Як відхилення параметра від середнього значення приймається його дисперсія, середньоквадратичне відхилення або коефіцієнт варіації». Таким чином, стабільність процесу зварювання можна контролювати цілком кількісними показниками.

В цьому зв'язку, основними параметрами режиму зварювання, які традиційно використовуються для оцінки стабільності масопереносу, є тривалість короткого замикання дугового проміжку ($\tau_{к.з.}$, мс), тривалість циклу – період утворення та перенесення краплі ($T_{к.з.}$, мс), значення струму (максимальне I_{max} та мінімальне I_{min} , А); швидкість наростання струму ($V_{наростання}$ та $V_{спадку}$, А/с) [1, 2]. При цьому, наприклад, в роботі [3] автори

Костін О.М. – <https://orsid.org/0000-0002-4739-660X>, Ярос О.О. – <https://orsid.org/0000-0002-5274-3514>,

Савенко О.В. – <https://orsid.org/0000-0001-9214-3014>

© О.М. Костін, О.О. Ярос, Ю.О. Ярос, О.В. Савенко, 2021

пропонують в якості критерію стабільності використовувати середньоквадратичні відхилення тривалості короткого замикання ($\sigma \tau_{к.з.}$) та їх частоти ($\sigma T_{к.з.}$), а авторами робіт [2, 4] – середньоквадратичне відхилення амплітудного значення струму ($\sigma I_{зв.}$), струму короткого замикання ($\sigma I_{зв.макс}$) та коефіцієнт варіації швидкості наростання струму короткого замикання ($K_v I_{зв.макс}$).

Вибір конкретних параметрів стабільності процесу залежить від виду масопереносу, оскільки стабільність масопереносу і є стабільністю процесу. Академік Патон Б.Є. чітко описав граничні види масопереносу як крупнокрапельний (з короткими замиканнями або без них) та туманоподібний [5]. Для кожного типу покриття електродів характерний свій вид масопереносу. Наприклад, для електродів з основним типом покриття характерне крупнокрапельне перенесення (як правило, з короткими замиканнями), тому критеріями стабільності процесу є критерії стабільності коротких замикань (перенесення краплі) – дисперсія і коефіцієнт варіації частоти коротких замикань або їх періоду. Для електродів з рутилово-целюлозним покриттям характерне дрібнокрапельне і навіть туманоподібне перенесення, при якому коротке замикання є виключенням і не може служити критерієм стабільності процесу і навпаки – малі відхилення зварювального струму є показником стабільного дрібнокрапельного переносу. Тому для оцінки стабільності процесу плавлення електродів з рутилово-целюлозним покриттям застосовують дисперсію та коефіцієнт варіації зварювального струму [4]. Таким чином, єдиної стандартизованої методології визначення стабільності процесу зварювання не існує і вибір методики досліджень залежить від параметрів об'єкту досліджень.

Перш за все, треба зауважити, що переважна більшість сертифікованих електродів, які забезпечують наплавлення металу з низьким вмістом шкідливих домішок та газів, гарантують працездатність зварних конструкцій, що працюють в умовах граничного динамічного навантаження, особливо при від'ємних температурах, мають покриття основного типу. В цьому зв'язку робота була зосереджена на дослідженні стабільності процесу зварювання електродами з основним типом покриття. На основі аналізу існуючих публікацій з цього приводу та попередніх досліджень нами були обрані наступні критерії оцінки стабільності процесу масопереносу: середня частота коротких замикань (масопереносу) – $f_{кр.}$; середньоквадратичне відхилення частоти коротких замикань (масопереносу) – σ ; коефіцієнт варіації частоти коротких замикань (масопереносу) – $K_{vf} = \sigma/f_{кр.}$; розрахункова маса краплі, що визначається як фізично очевидне відношення масової

швидкості плавлення до частоти масопереносу $m_{кр.} = dM/f_{кр.}$.

Розрахункова маса краплі необхідна для порівняння з критичною масою краплі $m_{кр.}$, що є одним із граничних критеріїв оцінки стабільності процесу. Критичною масою краплі автори прийняли масу краплі діаметром, який рівний діаметру електрода (наприклад, для електрода діаметром 4 мм $m_{кр.} = 0,26$ г). Фізично очевидно, що подальше перевищення розміру, а, отже, і маси краплі призводить до її недостатнього захисту шлаком, викликає підвищене розбризкування і повну дестабілізацію процесу зварювання. Отримані іншими авторами дані про вплив розміру краплі на стабільність процесу зварювання підтверджують правомірність застосування цього критерію [6]. Реальна маса краплі буде дещо менше розрахункової, враховуючи процеси вигорання, випаровування та часткового диспергування рідкого металу, що дає дослідникам запас в безпечну сторону. Таким чином, першою умовою стабільності процесу є нерівність $m_{кр.} < m_{кр.}$.

Наведені статистичні показники масопереносу (коротких замикань) характеризують стабільність процесу, однак не в повній мірі визначають зручність та якість зварювання. Всі попередні дослідники відзначають важливість збільшення частоти та зменшення маси краплі для підвищення зручності та якості зварювання, в тому числі й повноти протікання обмінних реакцій [6]. Таким чином, зварник, при однаковій стабільності процесу, інтуїтивно надає перевагу електродам, які забезпечують більш високу частоту масопереносу та менший розмір крапель. В цьому зв'язку, враховуючи той факт, що середня частота коротких замикань не може бути абсолютно об'єктивною для порівняння, оскільки вона змінюється в межах, що описується коефіцієнтом варіації, в роботі вперше введено новий показник – критична частота масопереносу, яка дорівнює різниці середньої частоти і середньоквадратичного відхилення частоти $f_{кр.} = f_{кр.} - \sigma$. Математично, критична частота масопереносу відповідає властивостям нормального розподілу, що описується конкретними значеннями середньої частоти коротких замикань та середньоквадратичного відхилення частоти коротких замикань, фізично – визначає нижню границю частоти масопереносу, при цьому 82 % переходу крапель відбувається з більшою частотою. Відповідно, в таких умовах можливо утворення крапель з середнім максимальним розміром $m_{макс} = dM/f_{кр.}$, що можна додатково враховувати для порівняння з критичною масою краплі $m_{кр.}$.

Достовірність отриманих результатів залежить в першу чергу від методів отримання та обробки результатів. В цьому зв'язку вимірювання та фіксацію електричних параметрів, а також їх

статистичних характеристик виконували за допомогою вимірювальної системи PicoScore 4444 та програмного забезпечення PicoScore 6. При вимірюваннях використовується вбудований в PicoScore 4444 цифровий частотний фільтр з частотою 40 Гц [4], що виключає вплив мережі 50 Гц. У порівнянні з більшістю вимірювальних систем PicoScore 4444 в комплекті з PicoScore 6 має ряд переваг. Розглянемо їх детально, оскільки це визначає якість та достовірність отриманих даних.

Вимірювальна система PicoScore 4444 та програмне забезпечення PicoScore 6 дозволяють в автоматичному режимі визначити середньоарифметичне значення і середньоквадратичне відхилення не тільки зварювального струму та напруги, а й частоти масопереносу. При цьому автоматичне застосування амплітудно-частотного аналізу, що засноване на перетворенні Фур'є і враховує застосований цифровий частотний фільтр, дозволяє в автоматичному режимі достовірно визначити частоту та інші характеристики масопереносу, навіть при частковій або повній відсутності коротких замикань при масопереносі, що особливо важливо для отримання характеристик при великій довжині дуги. Крім того, автоматичне визначення та реєстрація середньоарифметичного значення та середньоквадратичного відхилення частоти масопереносу дозволяють суттєво збільшити час процесу, що аналізується, чим істотно підвищується достовірність отриманих результатів. В нашому випадку ми обмежили час автоматичного аналізу до 50 с, що навіть при частоті 3 Гц забезпечує 150 циклів масопереносу. Достовірність отриманих даних підвищує також застосування автоматичної обробки осцилограм. Отримана достовірність результатів дозволяє в повній мірі застосовувати один з принципів математичної статистики: «Якщо значення коефіцієнта варіації не перевищує 33 %, то сукупність вважається однорідною, а якщо більше 33 %, то – неоднорідною». В нашому випадку: якщо значення коефіцієнта варіації частоти масопереносу не перевищує 33 %, то процес стабільний, а якщо більше 33 %, то – нестабільний. Таким чином, другою умовою стабільності процесу є нерівність $K_v < 33 \%$.

Для реалізації всіх переваг наведеної методики комплексної оцінки зварювально-технологічних характеристик покритих електродів було сконструйовано та виготовлено лабораторний комплекс УПЕ-500, який відповідає потребам сучасного виробництва зварювальних матеріалів.

Лабораторний комплекс УПЕ-500. Комплекс УПЕ-500 призначений для визначення та оптимізації зварювально-технологічних характеристик покритих електродів та зварювального дроту в комбінації із захисними газами при зварюванні в усіх просторових положеннях. В роботі комплексу реалізовано принцип Vi-Auto, який передбачає автома-

тичну фіксацію, обробку та реєстрацію отриманих даних з одночасною стабілізацією режимів зварювання, яке виконується також в автоматичному режимі. Такий принцип роботи дозволяє отримувати автентичні характеристики стабільності плавлення електродів, без суб'єктивного втручання оператора.

Комплекс дозволяє виконувати зварювання із застосуванням різних джерел живлення, як постійного, так і змінного струму. Категорично забороняється використовувати зварювальні джерела живлення з осциляторами, стабілізаторами або іншими імпульсними високовольтними пристроями для стабілізації дуги. Комплекс складається з трьох частин: пульта управління з портом для підключення персонального комп'ютера, блоку вимірювання і комутації, з можливістю підключення осцилографа і безпосередньо маніпулятора. Зовнішній вигляд маніпулятора показано на рис. 1.

Маніпулятор забезпечує в автоматичному режимі характерні для зварника переміщення зварювального інструмента поперек та уздовж шва і подачу електрода при зварюванні покритим електродом. При цьому функція динамічного регулювання швидкості його подачі із зворотним зв'язком стабілізує напругу дуги, що з високою точністю фіксує її довжину. В комплексі також передбачена цифрова фіксація параметрів і відеофіксація процесу зварювання. Крім того, комплекс підключено до центрального серверу підприємства, що дозволяє в онлайн режимі контролювати якість виготовлення електродів. Вся отримана інформація архівується, що дає можливість мати банк даних для подальшого статистичного аналізу з метою визначення оптимальних шляхів вдосконалення електродного виробництва.



Рис. 1. Зовнішній вигляд маніпулятора

Основні робочі характеристики комплексу УПЕ-500:

Габарити робочого місця:

довжина, мм	450
ширина, мм	400
висота, мм	400

Подача покритого електрода в зону зварювання із плавним регулюванням напруги зварювання в діапазоні, В

12...50

Переміщення виробу або зварювального інструмента з плавним регулюванням швидкості в діапазоні, см/хв

0...87

Плавне регулювання переміщення зварювального інструмента поперек зварного шва: лінійний та круговий рух для всіх просторових положень

амплітуда коливань, мм

0...55 (0...100 %)

окремо регульовані (ліво/право) затримки по краях, с

0...5 (0...100 %)

швидкість коливань, см/хв

17,8...178 (0...100 %)

Позиціонування зварювального інструмента в усіх просторових положеннях:

діапазон лінійного позиціонування поперек шва, мм

0...400

діапазон лінійного позиціонування по вертикалі, мм

0...400

діапазон кругового позиціонування в поперечній площині шва, град

0...360

діапазон нахилу в поздовжній площині шва, град

0...45

максимальна допустима довжина електрода, мм

500

Для забезпечення якісного тестового зварювання з використанням комплексу УПЕ-500 було розроблено специфікації процесів зварювання (WPS) для стикових та кутових зварних з'єднань, а також для наплавлення в усіх просторових положеннях. Специфікації процесів зварювання оформлено у відповідності до вимог стандарту ДСТУ ISO 15609-1:2019. Технології зварювання та наплавлення атестовано у відповідності до вимог стандартів ДСТУ EN ISO 15614-1:2019 та ДСТУ EN ISO 15614-7:2019. Характерний зовнішній вигляд зварних швів,

що були виконані з використанням комплексу УПЕ-500, наведено на рис. 2.

Можливості комплексу дозволяють кількісно оцінювати показники стабільності плавлення електродів, які серійно виробляються, та порівнювати їх в автоматичному режимі з еталонними значеннями, що дозволяє забезпечувати потрібну якість виготовлення електродів. Крім того, лабораторний комплекс можна використовувати для оцінки ефективного діапазону параметрів режиму зварювання конкретних марок електродів, еластичності дуги (рекомендований діапазон довжини дуги при зварюванні), впливу складових покриття та їх стану на стабільність плавлення електродів, тестування нових марок електродів з метою запровадження їх у серійне виробництво, рішення питань рекламацийного характеру, які пов'язані із спірною оцінкою якості електродної продукції споживачем та багато іншого, що супроводжує сучасне електродне виробництво.

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 [7, 8], що підвищує ефективність їх використання на 20 %. При цьому компенсуються втрати металу на вигорання та розбризування, знижуються витрати електродів на 10...15 %, збільшується продуктивність наплавлення на 8...10 % та поліпшується формування шва та відокремлення шлакової кірки. Традиційно для виготовлення цих електродів на підприємствах компанії використовували суміш порошків заліза

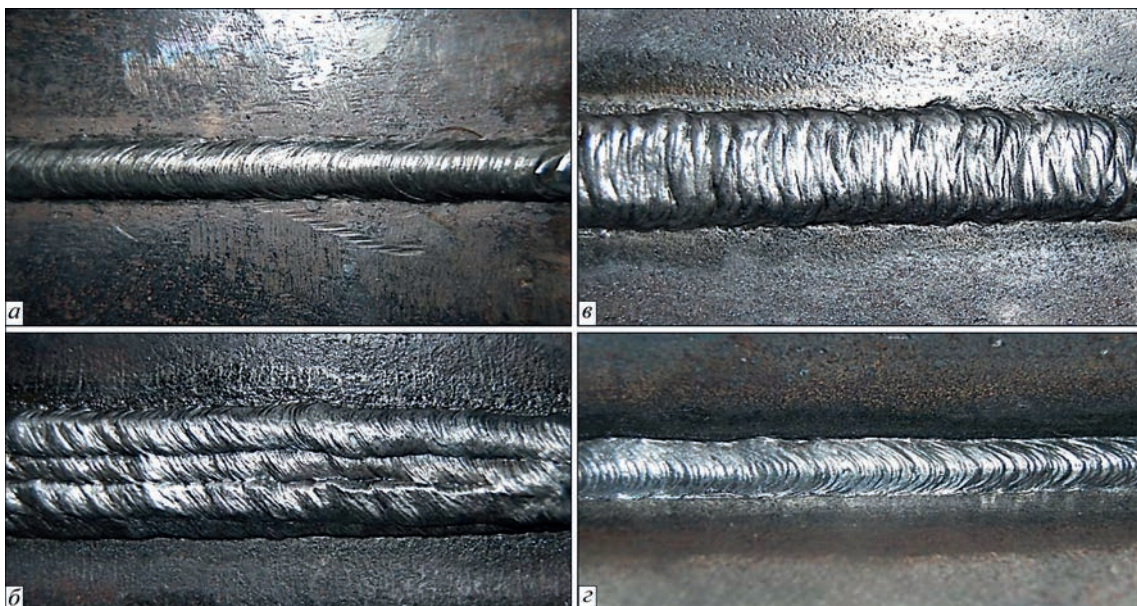


Рис. 2. Зовнішній вигляд стикових (а, б, в) та кутового (з) швів в просторових положеннях: а – нижнє; б – горизонтальне; в – стельове; з – горизонтально-стельове

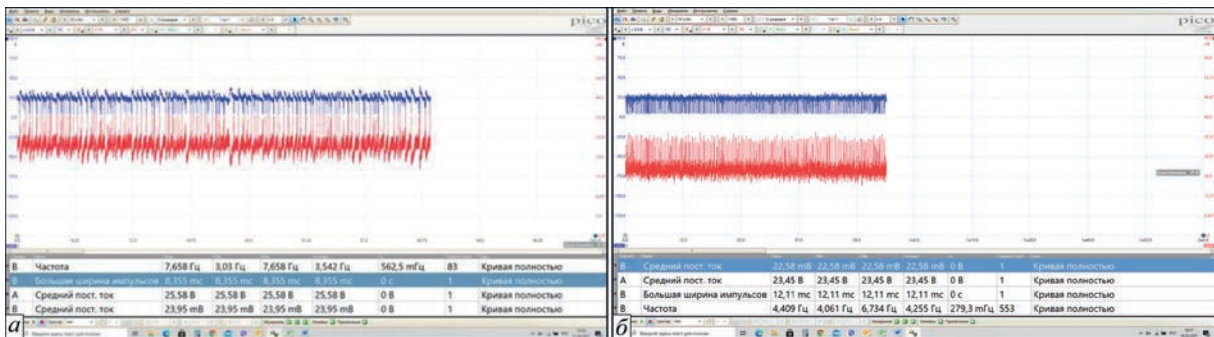


Рис. 3. Осцилограми процесу зварювання: а – традиційна технологія; б – вдосконалена технологія

Критерії стабільності процесу зварювання

Технологія виготовлення електрода	Середня частота $f_{\text{сер.}}$, Гц	Критична частота $f_{\text{кр.}}$, Гц	Коефіцієнт варіації $K_{\text{вр.}}$, %	Маса каплі середня $m_{\text{сер.}}$, 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

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.

Для визначення впливу методу отримання та складу порошку заліза на характеристики стабільності плавлення електродів УОНИ-13/55 «ПЛАЗМА», було виготовлено дві партії електродів діаметром 4 мм за традиційною та вдосконаленою технологією, що основана на використанні порошку власного виробництва на обладнанні фірми Atomising System Ltd. Роботі передували масштабні дослідження з оптимізації гранулометричних характеристик та хімічного складу залізного порошку власного виробництва.

Електроди випробовувались на комплексі УПЕ-500. Зварювання виконували в нижньому положенні в рамках вимог специфікації процесу зварювання WPS № 111-01-20 на наступних режимах: зварювальний струм 160 А, напруга на дузі 24 В, швидкість зварювання 14 см/хв. З кожної партії електродів було довільно відібрано по п'ять штук електродів, які пройшли випробування. Характерні осцилограми та обчислені в автоматичному режимі робочі показники масопереносу процесів зварювання з використанням електродів традиційної та вдосконаленої технології виготовлення показано на рис. 3. Отримані середні показники критеріїв стабільності плавлення електродів в наведених умовах зварювання наведено в таблиці.

Аналіз отриманих результатів показав, що в обох випадках забезпечуються умови стабільності процесу ($m_{\text{сер.}} < m_{\text{кр.}}$ та $K_{\text{вр.}} < 33\%$), але зварювання електродами, які містять в покритті оптимізований залізний порошок власного виробництва, дозволяє суттєво підвищити стабільність процесу та збільшити частоту масопереносу. В абсо-

лютих 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 (0,156 г), менше, ніж середня маса краплі (0,161 г) 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.

Висновки

1. Запропонована методика оцінки критеріїв стабільності процесу зварювання покритими електродами з основним типом покриття (середня частота коротких замикань, середньоквадратичне відхилення частоти коротких замикань, коефіцієнт варіації частоти коротких замикань, розрахункова середня маса краплі та, додатково, критична середня частота коротких замикань) дозволяє з високою достовірністю кількісно оцінити параметри стабільності процесу зварювання.

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

Список літератури

1. Ланкин Ю.Н. (2011) Показатели стабильности процесса дуговой сварки плавящимся электродом. *Автоматическая сварка*, **1**, 7–15.
2. Походня И.К. (1990) *Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов*. Киев, Наукова думка.
3. Ильященко Д.П. (2017) *Влияние энергетических параметров инверторных источников питания на структуру и свойства неразъемных соединений при ручной дуговой сварке*. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.
4. Летягин И.Ю. (2010) *Разработка методов оперативной оценки стабильности горения и повторного возбуждения дуги при ручной дуговой сварке*. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Пермь, Пермский государственный технический университет.
5. Патон Б.Е. (ред.) (1974) *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением*. Москва, Машиностроение.
6. Жизняков С.Н., Сидлин З.А. (2006) *Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технологии*. Киев, Экотехнология.
7. 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.
8. 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.

References

1. Lankin, Yu.N. (2011) Indicators of stability of the GMAW process. *The Paton Welding J.*, **1**, 6-13.
2. Pokhodnya, I.K. (1990) *Metallurgy of arc welding. Processes in arc and melting of electrodes*. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].
3. Ilyashchenko, D.P. (2017) Influence energy parameters of inverter power sources on structure and properties of permanent joints in manual arc welding. In: *Syn. of Thesis for Cand. of Techn. Sci. Degree*. Tomsk, RF [in Russian].
4. Letyagin, I.Yu. (2010) Development of methods of rapid evaluation of arc burning stability and repeated arc ignition in manual arc welding. In: *Syn. of Thesis for Cand. of Techn. Sci. Degree*. Perm, PSTU [in Russian].
5. (1974) *Technology of electric fusion welding of metals and alloys*. Ed. by B.E. Paton. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
6. Zhiznyakov, S.N., Sidlin, Z.A. (2006) *Manual arc welding. Materials. Equipment. Technology*. Kiev, Ekotekhnologiya [in Russian].
7. Didit Sumardiyanto, Sri Endah Susilowati (2019) Effect of welding parameters on mechanical properties of low carbon steel API 5L shielded metal arc welds. *American J. of Materials Sci.*, **9(1)**, 15–21.
8. Santhosh, S., Jaganathan, S., Anantha Raman, L., Balmurugan, M. (2018) Experimentation and comparative study of E6013 and E7018 weldments using shielded metal arc welding. *Int. J. of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, **8**, 169–174.

UPE-500 COMPLEX FOR DETERMINING WELDING AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COATED ELECTRODES

O.M. Kostin¹, O.O. Yaros², Y.O. Yaros², O.V. Savenko³

¹Geroiv Ukraine Av., 54025, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: kostin.weld@gmail.com

²42, Novozavodska Str., 54028, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: yaros.amity.mk.ua@gmail.com

³18, Maksymovycha Str., 21036, Vinnytsia, Ukraine. E-mail: alexsv62@gmail.com

The article presents the methodology of quantitative evaluation of welding-technological characteristics of coated electrodes using the UPE-500 complex, which provides a high stability of the control welding process in all spatial positions in the automatic mode. The complex is equipped with the measuring system PicoScope 4444 with the software PicoScope 6 which fix and statistically process high reliability parameters of welding process stability that provides online-control of quality of manufacturing industrial batches of electrodes. 8 Ref., 1 Tabl., 3 Fig.

Keywords: electrode, melting stability, evaluation methodology, automatic mode

Надійшла до редакції 11.05.2021



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міжнародна Асоціація «Зварювання»

Десята міжнародна конференція ПРОМЕНЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ та ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ

6 – 11 вересня 2021 р., Україна, Одеса

Голова програмного комітету – академік І.В. Кривцун

Тематика конференції

- Лазерне та електронно-променеве зварювання, різання, наплавлення, термообробка, нанесення покриттів
- Електронно-променева плавка та рафінування
- Гібридні процеси
- 3D технології
- Моделювання променевих технологій. Неруйнівний контроль.
- Матеріалознавчі проблеми лазерних та електронно-променевих технологій

АДРЕСА ОРГКОМІТЕТУ

Україна, 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
Тел./факс: (38044) 200-82-77

E-mail: journal@paton.kiev.ua | http://pwi-scientists.com/rus/ltwmp2021