



УКРАЇНА

(19) UA (11) 86909 (13) C2
(51) МПК (2009)
G09B 19/24
B23K 9/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ В ДУГОВИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМАХ

1

2

(21) а200804186

(22) 03.04.2008

(24) 25.05.2009

(46) 25.05.2009, Бюл.№ 10, 2009 р.

(72) ПАТОН БОРИС ЄВГЕНОВИЧ, UA, КОРОТИНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ЄВТІХІЄВИЧ, UA, БОГДАНОВСЬКИЙ ВАЛЕНТИН ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, ГАВВА ВІКТОР МАРКОВИЧ, UA, МАХЛІН НАУМ МОРДУХОВИЧ, UA, БУРЯК ВЛАДИСЛАВ ЮРІЙОВИЧ, UA, ЧЕРЕДНИК АНАТОЛІЙ ДМИТРОВИЧ, UA
(73) ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ІНЖЕНЕРНИЙ ЦЕНТР ЗВАРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ В ГАЛУЗІ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ІНСТИТУТУ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА НАН УКРАЇНИ, UA

(56) US 4897521, 30.01.1990

US 5708253, 13.01.1998

US 4417127, 22.11.1983

RU 2063316, 10.07.1994

RU 2113327, 20.06.1998

(57) Спосіб оцінювання параметрів руху зварювальної дуги в дугових тренажерних системах, при якому швидкість зварювання визначають шляхом вимірювання довжини шляху зварювальної дуги за обраний інтервал часу при її переміщенні уздовж зварювального зразку, виконаного у вигляді однорідної електропровідної пластини з незмінною по всій її довжині площею поперечного перерізу, яка обома торцями підключена до одного з полюсів джерела зварювального струму, при цьому вимірюють струм I_0 , що протікає у зовнішньому зварювальному ланцюзі, і струм I_1 , що протікає через ділянку зварювального зразка протяжністю від плями дуги до торця зразка у напрямку якого переміщується дуга, а поточну координату X_t плями дуги оцінюють як добуток значення довжини зразка λ_0 на відношення значення струму I_1 до значення струму I_0 , який **відрізняється** тим, що значення модулів струмів $|I_1|$ і $|I_2|$, які протікають у зварювальному зразку у протилежних відносно плями дуги напрямках, визначають як середнє

арифметичне групи відліків значень струмів $|I_1|$ і $|I_2|$ за інтервал часу τ по співвідношенням

$$|I_1|_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=10}^n |I_1|_i}{m} \quad \text{і} \quad |I_2|_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=10}^n |I_2|_i}{m},$$

де $i = (10 \dots n)$ - число відліків за інтервал часу τ , m - число відліків у групі, при яких значення $|I_1|_i$ та $|I_2|_i$ не дорівнюють нулю, при цьому відлік значень струмів $|I_1|_i$ та $|I_2|_i$ проводять з частотою, період якої встановлюють по виразу:

$T_{\text{отс}} \geq 0,12 T_{\text{пр.макс}}$,

де: $T_{\text{отс}}$ - період частоти відліків,

$T_{\text{пр. макс}}$ - максимальна тривалість можливих динамічних переривань зварювального струму, а тривалість інтервалу часу τ обирають із умов

$$1,1 T_{\text{пр. макс}} \leq \tau \leq \frac{1}{30 f_{\text{тр.макс}}},$$

де $f_{\text{тр.макс}}$ - максимальна частота можливого тремора м'язово-суглобового апарату рук зварника, який виконує тренаж чи тестування, усереднене значення поточної координати X_t плями дуги визначають по співвідношенню

$$X_{t\text{ср}} = \lambda_0 \frac{|I_1|_{\text{ср}}}{|I_1|_{\text{ср}} + |I_2|_{\text{ср}}},$$

а поточне значення середньої швидкості $V_{\text{св.ср}}$ оцінюють як відношення різниці усереднених значень координат $X_{t+\Delta t}$ і X_t плями дуги у моменті часу $t + \Delta t$ і t відповідно до значення інтервала часу Δt , тривалість якого обирають із умови

$$\frac{1}{f_{\text{тр.мін}}} < \Delta t \leq t_p,$$

де $f_{\text{тр.мін}}$ - мінімальна частота можливого тремора м'язово-суглобового апарату рук зварника, що виконує тренаж, t_p - тривалість інтервалу часу, протягом якого розташований по вісі зварного шву метал перебуває в розплавленому стані.

(13) C2

(11) 86909

(19) UA

Винахід відноситься до галузі дугового зварювання, а саме до способу оцінювання просторового положення зварювальної дуги координат зварювальної дуги в дугових тренажерних системах.

Володіння навиками переміщення електроду зварювального інструмента(зварювальної дуги) та підтримки у заданих межах швидкості зварювання є одною з найбільш суттєвих складових професійної підготовки електрозварників, в силу чого забезпечення контролю швидкості зварювання є важливою задачею при створенні дугових тренажерних систем.

Швидкість дугового зварювання є величина, яка визначається як довжина шляху зварювальної дуги за обраний інтервал часу. Отже, оцінювання швидкості зварювання зводиться до визначення поточних значень координати зварювальної дуги на траєкторії її переміщення у процесі зварювання. Основними джерелами інформації про просторове положення та параметри руху зварювальної дуги можуть бути її оптичне або теплове випромінювання, а також електромагнітні поля у основному металі та у зоні термічного впливу дуги і зварювальної ванни.

Відомо спосіб контролю руху електроду у тренажері оператора ручного дугового зварювання, при якому для стеження за рухом електроду використовують відеозйомку за допомогою використання двох цифрових відеокамер, розташованих ортогонально відносно робочого столу зварника, та двох джерел світла, що знаходяться на вісі електрода, по результатам обробки отриманих у вигляді двох світових плям відеобразів проводять оцінювання лінійних і кутових параметрів руху електрода.[Бут С.Н., Чернов А.В., Кривин В.В. Система отслеживания движения в тренажере оператора ручной дуговой сварки. Известия вузов., Электромеханика., 2003г., №3, с.74-75].

Недоліком відомого способу є складність його технічної реалізації, особливо при здійсненні імітації різних типів зварних з'єднань та просторових положень зварного шва, а також обмежені функціональні і дидактичні можливості з причин придатності тільки для імітації процесу зварювання без малоамперної або реальної зварювальної дуги.

Відомо спосіб контролю просторового положення дуги та швидкості зварювання в тренажері зварника, [А. с. СРСР № 1302313, МПК: G09B19/24, опуб. 15.08.1987, Б.№30] при якому для визначення поточної координати зварювальної дуги використовують її теплове випромінювання, інформацію про яку отримують за допомогою розташованої вздовж траєкторії руху дуги системи терморезисторів та системи пошуку максимального сигналу, що переміщується услід за дугою, яка рухається з подальшою обробкою отриманої інформації і оцінюють положення дуги та швидкість процесу зварювання.

Недоліком відомого способу є складність математичної обробки отриманої інформації та низька точність оцінювання поточних координат зварювальної дуги та швидкості зварювання.

Розширити технологічні та дидактичні можливості дугових тренажерних систем, забезпечити простоту технічної реалізації та необхідну для рі-

шення завдань навчання чи тестування електрозварників точність визначення положення і параметрів руху зварювальної дуги і при цьому у значній мірі уникнути недоліків, притаманних способам контролю швидкості, які базуються на отриманні і обробці інформації про оптичне чи теплове випромінювання зварювальної дуги, дозволяє спосіб оцінювання швидкості зварювання, який базується на визначенні координат точкового об'єкту у потенційному полі провідного середовища.

Найбільш близьким способом того ж призначення до заявленого способу, обраний як прототип, є спосіб визначення координат переміщення точкового об'єкту [Моделирование динамических систем: Аспекты мониторинга и обработки сигналов./ Васильев В.В., Грездов Г.И. Синак Л.А. и др./ Киев, НАН Украины,2002. - С.314-324]. Згідно даного способу, визначення координат переміщення точкового об'єкту, який знаходиться у викликаному джерелом струму потенціальному полі у однорідній провідній пластині прямокутної форми, торці якої і один з полюсів джерела струму з'єднані між собою або заземлені, при якому вимірюють ток I_0 , що протікає у зовнішньому ланцюгу, і струм I_1 , що протікає через ділянку пластини протяжністю від точкового об'єкту до торця пластини у напрямку якого переміщується точковий об'єкт, а його поточну координату оцінюють як добуток значення довжини пластини на відношення значення струму I_1 , до значення струму I_0 .

Згідно з відомим способом, струм I_1 , що протікає через ділянку пластини протяжністю від точкового об'єкту, яким може бути пляма дуги, до торця пластини у напрямку якого переміщується точковий об'єкт, визначають по виразу:

$$I_1 = \frac{I_0}{\lambda_0} x_t,$$

де X_t - поточна координата точкового об'єкту, який рухається уздовж пластини від одного з її торців, який обрано у якості початку системи координати;

λ_0 - довжина провідної пластини, виходячи з цього поточну координату X_t точкового об'єкту оцінюють по співвідношенню:

$$X_t = \lambda_0 \frac{I_1}{I_0},$$

Різниця значень поточних координат точкового об'єкту, які відповідають моментам початку і закінчення обраного інтервалу часу, представляють собою значення довжини шляху точкового об'єкта, а відношення значення довжини шляху до значення тривалості обраного інтервалу часу - значення швидкості руху точкового об'єкту.

Відомий спосіб простий за можливостями своєї технічної реалізації і дозволяє розширити технологічні й дидактичні можливості при побудові дугових тренажерних систем, але при цьому має суттєві недоліки.

При здійсненні реального процесу дугового зварювання можливі динамічні переривання зварювального струму, для яких характерні короткочасні тривалості з швидким поновленням зварювального струму по закінченню його переривання внаслідок достатнього ступеню залишкової іоніза-

ції дугового проміжку. Причинами таких переривань зварювального струму можуть бути помилки у техніці зварювання, у тому числі такі, що пов'язані з особливостями переносу металу плавкого електроду при порушенні нормативних значень довжини дугового проміжку, дисонанс між регламентованими та фактичними зварювальними матеріалами або значеннями параметрів режиму зварювання, а також внаслідок змін у процесі зварювання значень характеристик м'язово-суставного апарату рук зварника, який виконує тренаж чи тестування. Оскільки при перериванні зварювального струму відношення струмів I_1/I_0 , що входить у вираз для координати X_t плями дуги, набуває вид невизначеності $0/0$, то відповідно виникає невизначеність як у визначенні значення координати X_t плями дуги, так й в оцінюванні швидкості зварювання $V_{св}$, ЩО знижує точність та достовірність вимірів довжини шляху зварювальної дуги за обраний інтервал часу й викривлює результати тренажу або тестування зварника по параметру $V_{св}$.

Окрім того, відомий спосіб не передбачає усунення фіксації відхилень параметрів руху зварювальної дуги, які пов'язані з тремором - природними внутрішніми збуреннями м'язово-суглобного апарату рук зварника, який виконує тренаж чи тестування, і проявляється у мимовільних рухах рук з різною амплітудою й частотою, що знижує достовірність інформації про координату X_t плями дуги і, отже, про швидкість зварювання $V_{св}$.

Таким чином, до основних недоліків слід віднести:

- невизначеність при оцінюванні координати та швидкості руху плями дуги, яка з'являється при динамічних перериваннях зварювального струму;

- недостатню достовірність результатів вимірів та обробки інформації з причин впливу на них психологічних характеристик зварника, значення яких природно змінюються у процесі зварювання.

В основу винаходу поставлена задача підвищення точності й достовірності оцінювання координати зварювальної дуги та швидкості зварювання в дугових тренажерних системах.

Поставлена задача вирішується тим, що у спосіб оцінювання параметрів руху зварювальної дуги в дугових тренажерних системах, при яких швидкість зварювання визначають шляхом виміру довжини шляху зварювальної дуги за обраний інтервал часу при її переміщенні уздовж зварювального зразка, який виконаний у вигляді однорідної електропровідної пластини з незмінною по всій її довжині площі поперечного перерізу, яка обом торцями підключена до одного з полюсів джерела зварювального струму. При цьому вимірюють струм I_0 , що протікає у зовнішньому зварювальному ланцюгу, і струм I_1 , що протікає через ділянку зварювального зразка протяжністю від плями дуги до торця зразка у напрямку якого переміщується дуга. Поточну координату X_t плями дуги оцінюють як добуток значення довжини зразка λ_0 на відношення значення струму I_1 до значення струму I_0 . Згідно винаходу, значення модулів струмів $|I_1|$ і $|I_2|$, що протікають у зварювальному зразку в протилежних відносно плями дуги напрямках, визначають

як середнє арифметичне групи відліків значень струмів $|I_1|$ і $|I_2|$ за інтервал часу τ по співвідношенням:

$$|I_1|_{ср} = \frac{\sum_{i=10}^n |I_{1i}|}{m} \quad \text{і} \quad |I_2|_{ср} = \frac{\sum_{i=10}^n |I_{2i}|}{m},$$

де $i=(10...n)$ - число відліків за інтервал часу τ , m число відліків у групі, при яких значення $|I_{1i}|$ та $|I_{2i}|$ не дорівнюють нулю, при цьому відлік значень струмів $|I_{1i}|$ та $|I_{2i}|$ виконують з частотою, період якої встановлюють по виразу

$T_{отс} \geq 0,12 T_{пр.макс}$,

де: $T_{отс}$ - період частоти відліків,

$T_{пр.макс}$ - максимальна тривалість можливих динамічних переривань зварювального струму, а тривалість інтервалу часу τ , обирають з умов

$$1,1 T_{пр.макс} \leq \tau \leq \frac{1}{30 f_{тр.макс}}$$

де: $f_{тр.макс}$ - максимальна частота можливого тремора м'язово-суглобного апарату рук зварника, який виконує тренаж чи тестування, усереднене значення поточної координати X_t плями дуги визначають по співвідношенню

$$X_{тср} = \lambda_0 \frac{|I_1|_{ср}}{|I_1|_{ср} + |I_2|_{ср}},$$

а поточне значення середньої швидкості $V_{св.ср}$ оцінюють як відношення різниці усереднених значень координат $X_{t+\Delta t}$ і X_t плями дуги у момент часу $t + \Delta t$ і t відповідно до значення інтервалу часу Δt , тривалість якого обирають з умови

$$\frac{1}{f_{тр.мін}} < \Delta t \leq t_p,$$

де $f_{тр.мін}$ - мінімальна частота можливого тремора м'язово-суглобного апарату рук зварника, що виконує тренаж, t_p - тривалість інтервалу часу, протягом якого розташований по вісі зварного шву метал перебуває в розплавленому стані. Запропонований спосіб пояснюють наведені креслення та графіки, де: - на Фіг.1 зображені схема та ідеалізовані діаграми розподілу струмів у зварювальному зразку, виконаному у вигляді однорідної електропровідної пластини прямокутної форми;

- на Фіг.2 зображений приклад графіка, який відображує вплив динамічних переривань зварювального струму і тремора м'язово-суглобного апарату рук зварника, який виконує тренаж на результати вимірів значень струму I_1 і оцінювання координати X_t плями дуги та швидкості зварювання $V_{св}$.

- на Фіг.3 зображений приклад графіка, який відображує результати вимірів усереднених значень струмів $|I_1|_{ср}$ і $|I_2|_{ср}$ і оцінювання усереднених значень координати $X_{тср}$ плями дуги та середньої швидкості зварювання $V_{св.ср}$.

Основою запропонованого способу є дискретизація вимірів, часова селекція та осереднення вимірів миттєвих значень струмів, що протікають у протилежних відносно плями дуги напрямках у зварювальному зразку, який виконаний у вигляді однорідної електропровідної пластини прямокутної форми, обидва торця якої підключені до одного з

полюсів джерела зварювального струму. По результатам осереднених вимірів значень струмів, що протікають у зварювальному зразку, визначають усередненні значення координати плями дуги, що рухається, і оцінюють значення середньої швидкості зварювання за обраний інтервал часу.

Виходячи з очевидної рівності $R_0 = R_1 + R_2$ (Фіг.1), де

R_0 - електричний опір зварювального зразка, який представляє собою однорідну провідну пластину з незмінною по всій її довжині l_0 площею поперечного перерізу,

R_1 - опір ділянки зварювального зразка $\alpha \cdot x t$,

R_2 - опір ділянки $X t b$ зварювального зразка протяжністю від плями дуги до торцю зразка у напрямку якого переміщується дуга, відношення для координати $X t$ плями дуги можуть бути представлені як:

$$X t = \lambda_0 \frac{R_1}{R_0}, \quad \text{або} \quad X t = \lambda_0 \left(1 - \frac{R_1}{R_0}\right),$$

Враховуючи еквіпотенціальність торців a і b зварювального зразка та рішень відповідних законам Кирхгофа рівнянь $I_0 = I_1 + I_2$ і $I_2 R_1 = I_1 R_2$, де

I_0 - струм, що протікає у зовнішньому зварювальному ланцюгу,

I_1 - струм, що протікає через ділянку зварювального зразка, опір якого R_2 ,

I_2 - струм, що протікає через ділянку зварювального зразка, опір якого R_1 ,

миттєві значення струмів I_1 і I_2 визначають по виразах:

$$I_1 = I_0 \frac{X t}{\lambda_0} \quad \text{і} \quad I_2 = I_0 \left(1 - \frac{X t}{\lambda_0}\right),$$

а значення поточної координати $X t$ плями дуги по виразах:

$$X t = \lambda_0 \frac{I_1}{I_1 + I_2}, \quad \text{або} \quad X t = \lambda_0 \left(1 - \frac{I_2}{I_1 + I_2}\right),$$

Згідно винаходу, для визначення значень струмів I_1 і I_2 вимірюють модулі їх миттєвих значень $|I_1|$ і $|I_2|$, що забезпечує можливість реалізації запропонованого способу незалежно від полярності зварювального струму, яка визначається способом зварювання-наприклад, ручне дугове зварювання покритими електродами та механізоване зварювання плавким електродом здійснюють переважно на „зворотній” полярності зварювального струму („плюс” на електроді), а зварювання неплавким електродом у середовищі інертних газів - на „прямій” полярності („мінус” на електроді). Виміри модулів миттєвих значень струмів $|I_1|$ і $|I_2|$ виконують шляхом їх дискретних відліків, результати вимірів осереднюють визначенням середнього арифметичного значень $|I_1|_{cp}$ і $|I_2|_{cp}$ за інтервал часу τ , при цьому враховують результати тільки тих відліків, при яких миттєві значення струмів $|I_1|$ і $|I_2|$ не дорівнюють нулю.

Виконанням встановлених згідно запропонованому способу вимог $T_{пр.макс} \geq 0,12$ $T_{пр.макс}$ та $\tau \geq 0,12$ $T_{пр.макс}$, досягається усунення фіксування нульових миттєвих значень струмів $|I_1|$ і $|I_2|$ при динамічних перериваннях зварювального струму (криві 3 на Фіг.1), бо навіть у випадку, коли момент першого відліку із їх групи, що відповідає

інтервалу часу τ , співпадає з моментом початку тривалості $T_{пр.макс}$ динамічних переривань зварювального струму, загальне число відліків у групі становить 10 (фрагмент 1 на Фіг.2), а тривалість інтервалу часу T дорівнює $1,1 \cdot T_{пр.макс}$, принаймні один з відліків цієї групи буде мати ненульове значення. Таким чином, відповідно до винаходу, виключається невизначеність у оцінюванні координати плями дуги (криві 4 на Фіг.2) та швидкості зварювання (криві 5 на Фіг.2) при можливих динамічних прериваннях зварювального струму.

З другого боку, експериментально встановлено, що для практично повного усунення впливу тремора м'язово-суглобного апарату рук зварника, який виконує тренаж (фрагмент 2 на Фіг.2) на результати визначення координати плями дуги, частота вимірів значень струмів, що протікають у зварювальному зразку повинна перевищувати максимальну частоту тремора не менш, ніж у 30 разів, що і обумовлює вимогу $\tau \leq 1/30$ $T_{пр.макс}$.

Тривалість можливих динамічних переривань зварювального струму залежить від цілої низки чинників - хімічного складу зварювальних матеріалів, їх покриття та захисного середовища, щільності зварювального струму, що протікає через електрод, ступеню іонізації дугового проміжку у момент, передуючий динамічному перериванню зварювального струму, теплового режиму зварювальної ванни та інше. Дослідним шляхом встановлено, що при різноманітних способах дугового зварювання максимальна тривалість $T_{пр.макс}$ динамічних переривань зварювального струму не перевищує $0,8 \cdot 10^{-3}$ с. Разом з тим відомо, що діапазон частот можливого тремора м'язово-суглобного апарату рук зварника, який виконує тренаж (фрагмент 2 на Фіг.2), складає (5...30) Гц. Отже, при значенні $T_{пр.макс} = 0,8 \cdot 10^{-3}$ с, згідно із запропонованим способом, $T_{отс}$ - період частоти відліків миттєвих значень струмів $|I_1|$ і $|I_2|$ повинен бути не менше ніж $0,096 \cdot 10^{-3}$ с, а тривалість інтервалу часу τ повинна складати не менш, ніж $0,88 \cdot 10^{-3}$ с, але не більш, ніж $1,1 \cdot 10^{-3}$ а, Діапазон тривалості інтервалу часу τ , що відповідає умові

$$T_{пр.макс} \leq \tau \leq \frac{1}{30 f_{тр.макс}}, \quad \text{забезпечує визначення усереднених значень поточної координати}$$

$X t_{cp}$ з незначною похибкою відносно її реального миттєвого значення $X t$.

Приклад: При тривалості інтервалу часу $\tau = 1,1 \cdot 10^{-3}$ с та за умови, що на протязі інтервалу часу τ переміщення зварювального інструменту (плями дуги) здійснюють з максимальною для ручного дугового зварювання швидкістю 15 мм/год (4,16 мм/с), максимальна абсолютна похибка визначення значення поточної координати $X t$ плями дуги становить не більш, ніж $4,58 \cdot 10^{-3}$ мм, а відносна похибка - не більш, ніж 0,11%.

Для забезпечення точності оцінювання поточного значення середньої швидкості зварювання $U_{св.ср}$ з урахуванням її взаємозв'язку з узагальненими параметрами реального зварювального процесу та психофізіологічними характеристиками зварника, що виконує тренаж або тестування, три-

валість інтервалу часу Δt , за який визначають прирошування довжини шляху плями дуги ($Xt + \Delta t - Xt$), згідно винаходу обирають з вимог

$$1/ftp.\text{мін} < \Delta t \leq t_p.$$

Виконанням вимоги $1/ftp.\text{мін} < \Delta t$ усувається вплив тремора м'язово-суглобового апарату рук зварника, що виконує тренаж або тестування, на результати оцінювання поточних значень швидкості зварювання.

Тривалість інтервалу часу t_p , протягом якого зберігається сталість поточної енергії, а метал, розташований за електродом по вісі зварювального шву, перебуває у розплавленому стані, залежить від способу та режиму зварювання, а також від теплофізичних властивостей основного металу і визначається за відомою методикою згідно рівняння

$$t_p = \frac{Cl_0 V_d}{V_{cc}},$$

де добуток $Cl_0 V_d$ - довжина зварювальної ванни, що обмежена ізотермічною поверхнею з температурою, яка дорівнює температурі плавлення, C - коефіцієнт, що визначається дослідним шляхом і враховує тепловий еквівалент електричної енергії, ефективність теплової потужності зварювальної дуги у залежності від способу зварювання, темпе-

ратуру плавлення та теплопровідність основного металу, V_d - напруга дуги, що відповідає реальному режиму зварювання.

Значення тривалості інтервалів часу t_p , отримані розрахунково-експериментальним шляхом для деяких найбільш розповсюджених режимів ручного дугового зварювання, наведені у таблиці.

Таким чином, згідно запропонованому способу за рахунок дискретизації, часової селекції та осереднення вимірів ненульових миттєвих значень модулів струмів, що протікають у зварювальному зразку, визначення усереднених значень поточної координати плями дуги та оцінювання середньої швидкості переміщення плями дуги за інтервал часу, обраний з урахуванням залежностей узагальнених параметрів процесу зварювання від її швидкості, забезпечують усунення негативного впливу динамічних переривань зварювального струму і природних збурень м'язово-суглобового апарату рук зварника, який виконує тренаж або тестування, на визначення значень координати дуги та швидкості зварювання. При цьому досягають підвищення точності і достовірності інформації про параметри руху зварювальної дуги в дугових тренажерних системах (Фіг.3) при здійсненні реального зварювального процесу.

Таблиця

Спосіб оцінювання параметрів руху зварювальної дуги в дугових тренажерних системах

Тип (марка) електроду	Діаметр електроду, мм	Режим зварювання		Коефіцієнт С, мм/Вт	Швидкість зварювання, мм/с	Тривалість інтервалу часу t_p , с
		Зварювальний струм, А	Напруга дуги,			
АНО-4	3,0	120	20	3,32	1,48	5,38
	4,0	190	23	3,28	1,97	7,97
	5,0	230	25	3,28	2,33	8,09
УОНИ 13/45	3,0	90	19	3,32	1,16	4,89
	4,0	140	21	3,28	1,63	5,63
	5,0	180	22	3,28	1,97	6,59
ОЗЛ-8	3,0	70	19	5,42	1,63	4,41
	4,0	120	20	5,36	2,25	5,72
	5,0	160	21	5,36	2,66	6,76

