



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 110556

(13) C2

(51) МПК

B23K 9/095 (2006.01)

B23K 9/09 (2006.01)

B23K 9/04 (2006.01)

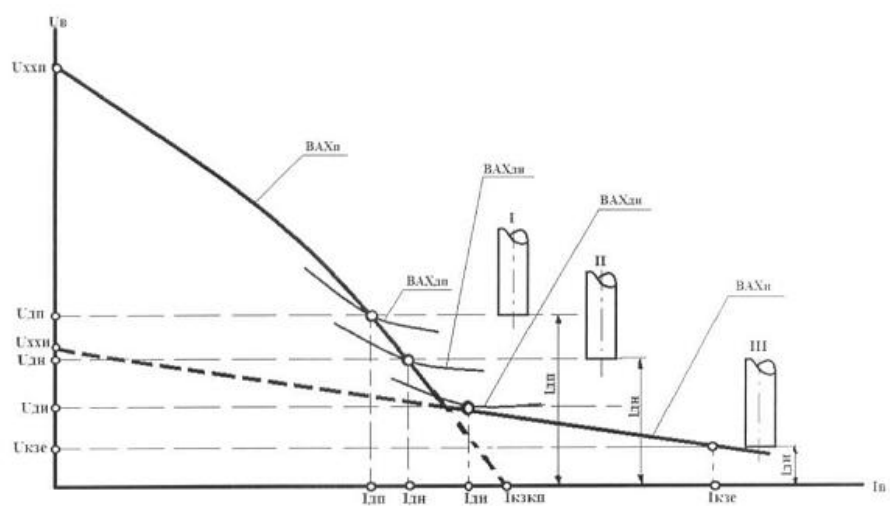
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2014 06879	(72) Винахідник(и): Максимов Сергій Юрійович (UA), Сидорук Володимир Степанович (UA), Коротинський Олександр Євтихийович (UA), Колесник Георгій Фомич (UA), Кражановський Денис Миколайович (UA), Захарченко Сергій Анатольович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.06.2014	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Боженка, 11, м. Київ-150, 03680 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.01.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 102737 C2, 12.08.2013 SU 1178557 A, 15.09.1985 RU 2355532 C1, 20.05.2009 RU 2322331 C1, 20.04.2008 GB 1408512 A, 01.10.1975 CN 103817402 A, 28.05.2014
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.12.2015, Бюл.№ 24	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.01.2016, Бюл.№ 1	

(54) СПОСІБ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ АБО НАПЛАВЛЕННЯ МОДУЛЬОВАНИМ СТРУМОМ З КЕРУВАННЯМ ПАРАМЕТРАМИ ДУГИ**(57) Реферат:**

Винахід належить до сфери ручного дугового зварювання або наплавлення з модуляцією електричних параметрів дуги плавкими, у тому числі покритими, електродами, а також неплавкими електродами. Спосіб ручного дугового зварювання або наплавлення модульованим струмом з керуванням параметрами дуги здійснюють шляхом збільшення струму дуги у період імпульсу і, навпаки, зменшенням струму дуги з одночасним збільшенням напруги дуги у період паузи, причому регулярну переміну параметрів дуги здійснюють вручну дистанційно шляхом механічного коливання кінцем електрода у напрямку до металевої ванни, тим самим дистанційно керуючи джерелом струму завдяки його реакції на зміну напруги дуги та відповідно довжини дуги, для чого на джерелі струму встановлюють одночасно два паралельно існуючих режими зварювання/наплавлення з різними вольт-амперними характеристиками джерела струму – з пологопадаючою частиною та крутопадаючою частиною, відповідно. Винахід забезпечує розширення технічних можливостей ручного дугового зварювання або наплавлення, зокрема можливість заплавляти зазор у стиковому з'єднанні у "вісячому" положенні у разі ширини зазору між крайками, що перевищує нормативні 3 мм без обмеження по ширині.

UA 110556 C2



Фиг. 1

Винахід належить до сфери ручного дугового зварювання або наплавлення з модуляцією електричних параметрів дуги плавкими, у тому числі покритими електродами, а також неплавкими електродами.

Параметрами дуги при ручному дуговому зварюванні або наплавленні модульованим струмом керують програмно шляхом попереднього встановлення на джерелі струму потрібних електричних і часових параметрів: струму імпульсу, тривалості імпульсу, струму паузи [або струму вартової (рос. дежурной) дуги (Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки: учебное пособие /Е.Н. Верещаго, В.Ф. Квасницкий, Л.Н. Мирошниченко, И.В. Пентегов, - Николаев: УГМТУ, 2000. - 283 с., с. 37), або струму підкладки (рос. подкладки) - там само, с. 38], тривалості паузи (Б.Е. Патон, В.К. Лебедев. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки. - М.: Машиностроение, 1966. - 351 с., с. 114; Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е. Патона. - М.: Машиностроение, 1974. - 768 с., с. 390).

Загальною закономірністю існуючих способів дугового зварювання або наплавлення модульованим струмом є те, що в імпульсі підвищення струму дуги пов'язане з підвищенням напруги дуги (це стосується також механізованого дугового зварювання або наплавлення модульованим струмом (Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки: учебное пособие /Е.Н. Верещаго, В.Ф. Квасницкий, Л.Н. Мирошниченко, И.В. Пентегов, - Николаев: УГМТУ, 2000. - 283 с, с. 241).

На відміну від механізованого дугового зварювання або наплавлення для "ручного" різновиду цього процесу використовують джерела струму, які мають падаючу зовнішню (вольт-амперну) характеристику (Сварка в машиностроение: Справочник. В 4-х т. - М.: Машиностроение, 1979 - т. 4. 512 с; с.57), або навіть "штикову" (вертикальну) - на робочій її ділянці (Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки: учебное пособие /Е.Н. Верещаго, В.Ф. Квасницкий, Л.Н. Мирошниченко, И.В. Пентегов. - Николаев: УГМТУ, 2000. - 283 с., с. 31).

За прототип взятий спосіб, вказаний в роботі Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки: учебное пособие /Е.Н. Верещаго, В.Ф. Квасницкий, Л.Н. Мирошниченко, И.В. Пентегов. - Николаев: УГМТУ, 2000. - 283 с., с. 34, на тій підставі, що за умови використання керованих джерел струму можливе найбільш досконале управління процесом горіння дуги при ручному дуговому зварюванні або наплавленні модульованим струмом.

Недоліком цього способу ручного дугового зварювання з модуляцією параметрів дуги, взятого за прототип, є те, що, по-перше, він потребує спеціального обладнання із системою управління джерелом струму, по-друге, на пульті задається жорстка програма модуляції параметрів режиму, її не можна змінювати в процесі зварювання в залежності від зміни ситуації в районі дуги, наприклад, у разі збільшення зазору між крайками, що зварюються, по-третє, збільшення струму дуги в імпульсі пов'язане із збільшенням напруги дуги, а це призводить до значної витрати енергії, і, нарешті, але не в останню чергу, з причини жорсткості програми модуляції досвідчені зварювальники, навчені техніці самостійного ручного керування дугою, з великим небажанням ставляться до цього варіанту технології ручного дугового зварювання/наплавлення (з примусовим керуванням).

В основу винаходу, що пропонується, поставлена задача усунути перелічені вище недоліки і розширити технологічні можливості ручного дугового зварювання/наплавлення завдяки переходу на ручне керування параметрами дуги, з їх модуляцією.

Спосіб ручного дугового зварювання або наплавлення модульованим струмом з керуванням параметрами дуги, що пропонується, має наступні відмінні ознаки порівняно з прототипом:

- збільшення струму дуги супроводжують зменшенням напруги дуги, а зменшення струму дуги – навпаки, збільшенням напруги дуги, причому регулярну переміну параметрів дуги, тобто модуляцію, здійснюють вручну шляхом механічного коливання кінцем електрода у напрямку до металевої ванни, тим самим дистанційно керуючи джерелом струму завдяки його реакції на зміну довжини дуги і відповідно - напруги дуги, для чого на джерелі струму встановлюють одночасно два паралельно існуючих режими зварювання/наплавлення: один - режим імпульсу, якому відповідає пологопадаюча частина вольт-амперної (зовнішньої) характеристики джерела струму зі значенням напруги холостого ходу:

$$1,0U_{\text{дн}} < U_{\text{хх}} \leq 2,3U_{\text{дн}}, \quad (1)$$

де $U_{\text{хх}}$ - значення напруги холостого ходу джерела струму стосовно його вольт-амперної характеристики для режиму імпульсу, В;

$U_{\text{дн}}$ - нормативне значення напруги дуги для конкретно взятої марки електрода, В,

і який забезпечує підтримку таких значень параметрів дуги:

$$I_{дн}=1,1I_{дн}\dots 6I_{дн}, (2)$$

де $I_{дн}$ – значення струму дуги в імпульсі, А;

$I_{дн}$ - нормативне (табличне або паспортне) значення струму дуги на електроді, А;

$$I_{ду}=U_{кзе}\dots 0,9U_{дн}, (3)$$

5 де $U_{дн}$ - значення напруги дуги в імпульсі, В;

$U_{кзе}$ - значення напруги короткого замикання електрода на металеву ванну, В, а другий режим - паузи, якому відповідає крутопадаюча частина вольт-амперної характеристики джерела струму зі значенням напруги холостого ходу:

$$2,3U_{дн}<U_{ххп}\leq 4,6U_{дн}, (4)$$

10 де $U_{ххп}$ - значення напруги холостого ходу джерела струму стосовно його вольт-амперної характеристики для режиму паузи, В,

і зі значенням струму короткого замикання джерела відповідно до співвідношення:

$$I_{кзкп}\leq 1,5I_{дп}, (5)$$

15 де $I_{кзкп}$ - віртуальне значення струму короткого замикання джерела струму стосовно його вольт-амперної характеристики для режиму паузи, В, і який забезпечує підтримку таких значень параметрів дуги:

$$I_{дп}=(0,1\dots 0,9)I_{дн}, (6)$$

$$U_{дп}\geq 1,1U_{дн}, (7)$$

де $I_{дп}$ - струм дуги в паузі, А;

20 $U_{дп}$ - напруга дуги в паузі, В,

причому у період імпульсу кінець електрода наближають до поверхні металевої ванни, і на джерелі струму пологопадаюча частина його вольт-амперної характеристики забезпечує підвищення струму одночасно зі зниженням його напруги, а у період паузи кінець електрода віддаляють від поверхні металевої ванни, і на джерелі струму крутопадаюча частина його вольт-амперної характеристики забезпечує зниження струму одночасно з підвищенням напруги дуги.

В разі необхідності, наприклад, при зварюванні першого (корінного) проходу стикового шва з підвищеним зазором між кромками, в режимі імпульсу довжину дуги зменшують до нуля, переводячи процес дугового плавлення електрода у процес його контактного плавлення, який характеризується найменшим значенням напруги $U_{кзе}$ (напруги короткого замикання електрода) і найбільшим значенням струму $I_{кзе}$ (струму короткого замикання електрода).

У разі зварювання або наплавлення з накладанням валика шва (наплавленого валика) підвищеної ширини коливання електрода у вертикальному напрямку супроводжують синхронним його коливанням у горизонтальному напрямку праворуч-ліворуч, поєднуючи зменшення довжини дуги до нуля припиненням відповідного горизонтального переміщення електрода, стукаючи кінцем електрода по відповідному краю або місцю валика, що його накладають, причому в періоди переміщення електрода у горизонтальному напрямку довжину дуги збільшують, тобто здійснюють переміщення кінця електрода вгору.

У разі необхідності планомірного збільшення ширини згаданого валика, наприклад, якщо ширина зазору між крайками, що їх зварюють, клиноподібно збільшується, або у разі наплавлення надширокого валика в один прохід, протягом одного періоду переміщення електрода у кожний бік горизонтального коливання здійснюють декілька циклів коливання електрода у вертикальному напрямку, стукаючи його кінцем у відповідних місцях згаданого валика, причому збільшення кількості циклів коливань у вертикальному напрямку узгоджують із збільшенням потрібної ширини валика, приміром: переміщуючи електрод ліворуч, роблять три цикли вертикального коливання, ніби ставлячи "крапки" 1-2-3, потім, переміщуючи вправо, роблять подібні коливання, ставлять "крапки" 4-5-6-7 і т.д.

Що стосується часових характеристик модуляції параметрів дуги вони реалізуються особисто зварником шляхом додержання як тривалості стадії імпульсу (тривалості процесу переміщення кінця електрода у напрямку металевої ванни, а у разі необхідності - торкання кінцем електрода поверхні металевої ванни), так і тривалості стадії паузи (тривалості процесу віддаляння кінця електрода від поверхні металевої ванни і в разі необхідності - витримки його у максимально допустимій відстані від ванни, тобто з максимально допустимою напругою дуги).

Нормативне (табличне або паспортне) значення струму дуги знаходять у паспорті на електроді або у довідниках.

Нормативне значення напруги дуги $U_{дн}$ (для конкретно взятої марки електрода) завжди відповідає нормативному значенню струму дуги $I_{дн}$, виходячи із закономірності, що підвищеному нормативному струму відповідає підвищена нормативна напруга дуги, але меншою мірою, що забезпечується вольт-амперною характеристикою конкретного джерела струму. Зазвичай

напругу дуги знаходять експериментальним шляхом і встановлюють, коригуючи форму вольт-амперної характеристики джерела струму, зокрема, співвідношення $\frac{\Delta U}{\Delta I}$.

Значення напруги короткого замикання електрода на металеву ванну $U_{кзе}$ завжди менше суми анодного U_a і катодного U_k падінь напруги.

5 Пропозиція пояснюється схемою фіг. 1, на якій показана послідовність маніпулювання електродом для здійснення дистанційного керування параметрами дуги при ручному зварюванні модульованим струмом.

На схемі позначено:

10 ВАХп - крутопадаюча частина вольт-амперної характеристики джерела струму, що відповідає режиму паузи;

ВАХі - пологопадаюча частина вольт-амперної характеристики джерела струму, що відповідає режиму імпульсу;

ВАХдп - вольт-амперна характеристика дуги в паузі;

15 ВАХдн - вольт-амперна характеристика дуги, що відповідає нормативним значенням струму $I_{дн}$ і напруги $U_{дн}$ дуги;

ВАХді - вольт-амперна характеристика дуги в імпульсі;

20 I, II, III - положення електрода в моменти: паузи; перебування параметрів дуги у нормативному значенні; імпульсу (у даному разі в режимі короткого замикання) - відповідно; 1дп, 1дн, 1ді - довжина дуги в моменти I, II і III відповідно 1ди – умовна міжелектродна відстань у момент короткого замикання;

$U_{ххп}$, $U_{ххі}$, $U_{дп}$, $U_{дн}$, $U_{ді}$, $U_{кзе}$, $I_{дп}$, $I_{дн}$, $I_{ді}$, $I_{кзп}$, $I_{кзе}$ - як у співвідношеннях (1)...(7).

25 Згідно з запропонованим способом перед початком процесу дугового зварювання або наплавлення призначають марку і діаметр електрода, наприклад, УОНИ-13/55 діаметром 3 мм, і відповідно нормативне значення струму дуги, наприклад 100 А, якому, згідно з набутих досвідом, відповідає нормативне значення напруги дуги 24...26 В (конкретизуємо: 25 В). Відповідно до співвідношення (1) призначають значення $U_{ххі}$, яке має бути більше 25 В, але не більше 58 В. Значення $I_{ду}$ (співвідношення (2)) встановлюють на джерелі шляхом регулювання імпедансу тієї його частини, де формується пологопадаюча ВАХп. Слід зазначити, що значення підвищення $I_{ді}$, більше, ніж 1,5 $I_{дн}$, відповідає струму короткого замикання електрода $I_{кзе}$.

30 Одночасно встановлюють і значення $U_{ді}$ (3). Відповідно до співвідношення (4) призначають $U_{ххп}$, яке у наведеному вище прикладі має бути в проміжку (58...116) В. Значення $I_{дп}$ встановлюють, регулюючи імпеданс тієї частини джерела струму, де формується його крутопадаюча вольт-амперна характеристика ВАХп. У нашому прикладі $I_{дп}$ має бути в проміжку 10...90 А.

35 Запропонований спосіб зварювання або наплавлення здійснюють таким чином.

У процесі зварювання ритмічно коливають кінцем електрода, періодично наближаючи та віддаляючи його від металевої ванни, відповідно змінюючи довжину дуги. Максимальна довжина дуги не повинна перевищувати граничного її значення з огляду на запобігання погіршення захисту дуги і металевої ванни від оточуючого середовища. Мінімальна довжина дуги в залежності від технічного завдання варіюється від 0,5...1 мм до нуля. В останньому випадку кінець електрода торкається металевої ванни, входить в прямий електричний контакт з нею; дуга гасне, і починається процес контактного плавлення електрода, або, при значному падінні напруги у місці контакту електрода і металевої ванни (у перемишці між електродом і ванною) контакт-перемичка руйнується, і виникає так звана ультракоротка дуга, заглиблена в металеву ванну. Якщо зазор між кінцем електрода і металевою ванною не дорівнює нулю, струм на електроді сягає значення $I_{ді}$; якщо електрод торкається поверхні металевої ванни, струм підвищується до значення $I_{кзе}$. У випадку виникнення ультракороткої дуги значення її струму перебуває у діапазоні $I_{ді}$ - $I_{кзе}$.

50 Процес зварювання з періодичним торканням електрода поверхні металевої ванни ("постукуванням" електродом по основному металу) робітники-зварники назвали "дятлозварюванням" (російською: "дятлосварка", англійською: "woodpecker welding" (wow)). У разі використання неплавкого електрода, наприклад графітового або вольфрамового, короткого замикання електрода на ванну уникають. Така технологія може знайти застосування при ручному зварюванні тонколистового металу; по відбортівці; електрозаклепками.

55 Приклад

Зварювали стиковим швом дві пластини зі сталі Ст. 3 завтовшки 14 мм. Пластини складали з клиноподібним зазором між крайками, що їх зварюють. Крайки пластин мали V-подібне розроблення струганням. Одна з крайок мала притуплення 2 мм, друга - нуль. Виконували тільки перший кореневий прохід. Використовували електроди марки УОНИ-13/55 діаметром 3

мм. Як джерело струму використовували однофазний випрямляч у вигляді макета дослідного зразка, який має такі характеристики: $U_{ххп}=105$ В; $U_{ххі}=57$ В, $I_{кзкп}=75$ А. Параметри режиму зварювання: $I_{ді}=100...105$ А, $U_{ді}=23...25$ В; $I_{кзе}=(280...320)$ А; $U_{кзе}=10$ В, $I_{дп}=(40...70)$ А; $U_{дп}=(28...30)$ В.

5 У процесі зварювання, коли зазор між крайками перевищив 2 мм, кінець електрода коливали праворуч-ліворуч з постукуванням по кромках. У процесі переходу від однієї крайки до другої довжину дуги, а отже, і напругу збільшували, зменшуючи у той же час значення струму дуги.

По мірі збільшення ширини клиноподібного зазору між згаданими крайками у процесі переміщення кінця електрода від однієї крайки до другої кількість циклів коливання електрода у вертикальному напрямку збільшували, довівши цю кількість до трьох при зазорі між крайками 14 мм. Це не межа. У разі подальшого збільшення ширини зазору між кромками можливість накладання корінного шва зберігається.

На фіг. 2 показана фотографія зварного зразка з коренем шва, виконаного за вказаними вище параметрами режиму - у "висячому" положенні.

15 Якщо взяти до уваги, що згідно з існуючою технологічною практикою у такому положенні можна зварювати кореневий шов при зазорі, що не перевищує 3 мм (інакше відбуваються пропали), можна стверджувати, що запропонований спосіб значно розширює технічні можливості ручного дугового зварювання/наплавлення.

20 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб ручного дугового зварювання або наплавлення модульованим струмом з керуванням параметрами дуги, який **відрізняється** тим, що збільшення струму дуги супроводжують зменшенням напруги дуги, а зменшення струму дуги навпаки - збільшенням напруги дуги, причому регулярну переміну параметрів дуги здійснюють вручну дистанційно шляхом механічного коливання кінцем електрода у напрямку до металевої ванни, тим самим дистанційно керуючи джерелом струму завдяки його реакції на зміну напруги дуги та відповідно довжини дуги, для чого на джерелі струму встановлюють одночасно два паралельно існуючих режими зварювання/наплавлення: перший - режим імпульсу, якому відповідає положопадаюча частина вольт-амперної (зовнішньої) характеристики джерела струму зі значенням напруги холостого ходу:

$$1,0U_{дн} < U_{ххі} \leq 2,3U_{дн},$$

де $U_{ххі}$ - значення напруги холостого ходу джерела струму стосовно його вольт-амперної характеристики для режиму імпульсу, В;

35 $U_{дн}$ - нормативне значення напруги дуги для конкретно взятої марки електрода, В, і який забезпечує підтримку таких значень параметрів дуги:

$$I_{ді} = 1,1I_{дн} \dots 6I_{дн},$$

де $I_{ді}$ - значення струму дуги в імпульсі, А;

$I_{дн}$ - нормативне (табличне або паспортне) значення струму дуги на електроді, А;

40 $U_{ді} = U_{кзе} \dots 0,9U_{дн},$

де $U_{ді}$ - значення напруги дуги в імпульсі, В;

$U_{кзе}$ - значення напруги короткого замикання електрода на металеву ванну, В,

та другий - режим паузи, якому відповідає крутопадаюча частина вольт-амперної характеристики джерела струму зі значенням напруги холостого ходу:

45 $2,3U_{дн} < U_{ххп} \leq 4,6U_{дн},$

де $U_{ххп}$ - значення напруги холостого ходу джерела струму стосовно його вольт-амперної характеристики для режиму паузи, В,

і зі значенням струму короткого замикання джерела відповідно до співвідношення:

$$I_{кзкп} \leq 1,5I_{дп},$$

50 де $I_{кзкп}$ - віртуальне значення струму короткого замикання джерела струму стосовно його вольт-амперної характеристики для режиму паузи, В,

і який забезпечує підтримку таких значень параметрів дуги:

$$I_{дп} = (0,1 \dots 0,9)I_{дн},$$

$$U_{дп} \geq 1,1U_{дн},$$

55 де $I_{дп}$ - струм дуги в паузі, А;

$U_{дп}$ - напруги дуги в паузі; В,

причому у період імпульсу кінець електрода наближають до поверхні металевої ванни, і на джерелі струму положопадаюча частина його вольт-амперної характеристики забезпечує підвищення струму одночасно зі зниженням його напруги, а у період паузи кінець електрода віддаляють від поверхні металевої ванни, і на джерелі струму крутопадаюча частина його

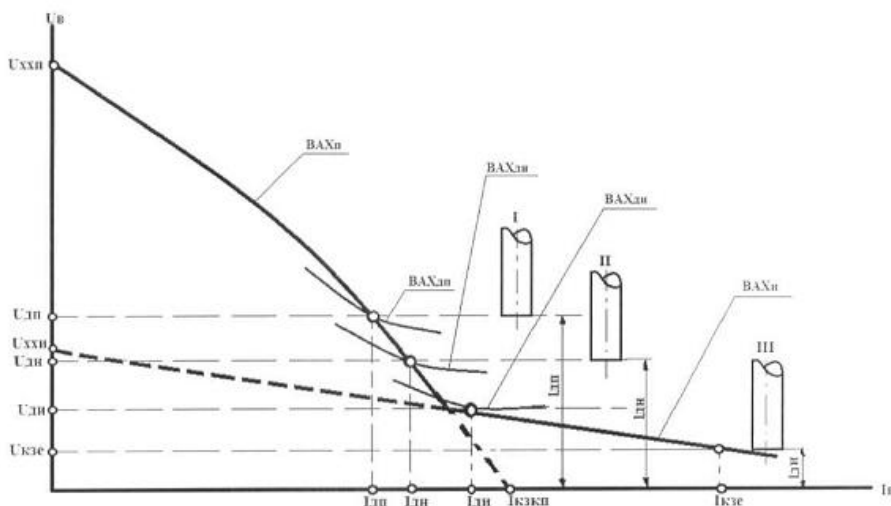
вольт-амперної характеристики забезпечує зниження струму одночасно з підвищенням напруги дуги.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в режимі імпульсу довжину дуги зменшують до нуля, торкаючись кінцем електрода поверхні металевої ванни і переводячи процес дугового наплавлення електрода у процес його контактного плавлення, який характеризується

найменшим значенням напруги $U_{кзе}$, тобто напруги короткого замикання електрода, і найбільшим значенням струму $I_{кзе}$, тобто струму короткого замикання електрода.

3. Спосіб за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим, що у разі зварювання або наплавлення з накладанням валика шва (або валика, що наплавляють) підвищеної ширини коливання електрода у вертикальному напрямку супроводжують синхронним його коливанням у горизонтальному напрямку праворуч-ліворуч, поєднуючи зменшення довжини дуги до нуля припиненням відповідного горизонтального переміщення електрода, стукаючи кінцем електрода по відповідному краю або місцю валика, що його накладають, причому у періоди переміщення електрода у горизонтальному напрямку довжину дуги збільшують, тобто здійснюють переміщення кінця електрода угору.

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що у разі необхідності планомірного збільшення ширини згаданого валика або у разі наплавлення надширокого валика в один прохід, протягом одного періоду переміщення електрода у кожний бік горизонтального коливання здійснюють декілька циклів коливання електрода у вертикальному напрямку, "стукаючи" його кінцем у відповідних місцях згаданого валика, причому збільшення кількості циклів коливань у вертикальному напрямку узгоджують зі збільшенням потрібної ширини валика.



Фіг. 1

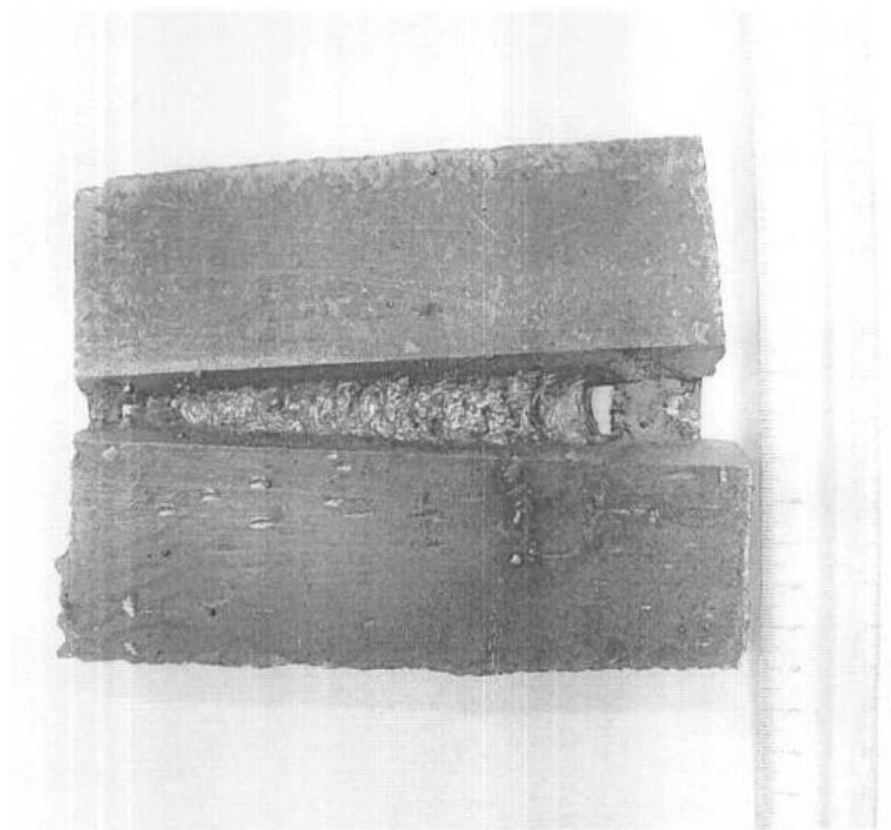


Fig. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601