



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113883** (13) **C2**  
(51) МПК

**B23K 9/095** (2006.01)

**B23K 9/173** (2006.01)

**B23K 9/035** (2006.01)

**B23K 9/24** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

(21) Номер заявки: **а 2015 00230**

(22) Дата подання заявки: **13.01.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: **27.03.2017**

(41) Публікація відомостей **25.07.2016, Бюл.№ 14**  
про заяву:

(46) Публікація відомостей **27.03.2017, Бюл.№ 6**  
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

**Патон Борис Євгенович (UA),  
Максимов Сергій Юрійович (UA),  
Сидорук Володимир Степанович (UA)**

(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ.  
Є.О. ПАТОНА НАН УКРАЇНИ,  
вул. Боженка, 11, м. Київ-150, 03680 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

UA 104214 C2, 10.01.2014  
SU 616074 A1, 25.07.1978  
SU 1802767 A3, 15.03.1993  
SU 1505710 A1, 07.09.1989  
SU 867552 A1, 30.09.1981  
GB 1527674 A, 04.10.1978  
US 3832523 A, 27.08.1974  
US 4136273 A, 23.01.1979

**(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО МЕХАНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАННЯ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ ТА/АБО ПОХИЛОМУ ПОЛОЖЕННЯХ З ІМПУЛЬСНИМ САМОРЕГУЛЮВАННЯМ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДА**

(57) Реферат:

Винахід належить до сфери механізованого дугового зварювання у вертикальному та/або похилому положеннях. Зварювання здійснюють використовуючи одночасно щонайменше два плавких електроди, з яких принаймні один - нерухомий пластинчастий, а другий - рухомий дрововий, який подають у зону дуги з постійною середньозваженою швидкістю. Процес плавлення нерухомого електрода здійснюють з імпульсним саморегулюванням Струмopідвід до нерухомого електрода здійснюють рухомим чином, наприклад за допомогою контактної пристрою, який ліне вздовж бокової поверхні нерухомого електрода із середньозваженою швидкістю, рівною середньозваженій лінійній швидкості наповнення зазору між зварюваними крайками, закритому: з одного боку - рухомим формуючим пристроєм, з другого - нерухомим формуючим пристроєм, або металевою підкладкою, що залишається, або шаром шва, звареним попередньо, - тобто із середньозваженою лінійною швидкістю зварювання у вертикальному та/або похилому положеннях. Струмopідвід до рухомого електрода здійснюють через поверхню нерухомого електрода або через окремі контактний пристрій. Винахід забезпечує розширення технологічних можливостей електродугового механізованого зварювання, підвищення швидкості та зменшення погонної енергії зварювання.

UA 113883 C2



Винахід належить до сфери механізованого дугового зварювання плавким електродом. Він пропонується відомим винаходом за патентом ПУ 104214, МПК В23К 1/00, В23К 9/00.

Суть згаданого винаходу, взято за найближчий аналог, полягає в тому, що відбувається самоплинна періодична зміна довжини дуги, а процес плавлення електрода здійснюють у коливальному режимі, що відбувається самоплинно, інтенсивно збільшуючи щільність струму на електроді в періоди зменшення довжини дуги і стрибкоподібно зменшують щільність струму з одночасним інтенсивним підвищенням напруги дуги в періоди збільшення довжини дуги, зберігаючи при цьому співвідношення параметрів в періоди зменшення довжини дуги

$$22 \geq (\Delta j_1 / j_{\text{св}}) // (\Delta U_1 / U_{\partial} \geq 9, (1)$$

де  $\Delta j_1$  - збільшення щільності струму на електроді завдяки зростанню зварювального струму, А/мм<sup>2</sup>;

$j_{\text{св}}$  - призначене середньозважене значення щільності струму, А/мм<sup>2</sup>;

$\Delta U_1$  - зменшення миттєвого значення напруги дуги, В;

$U_{\partial}$  - призначене значення напруги дуги, В, яке відповідає призначеному середньозваженому значенню щільності струму  $j_{\text{св}}$ ;

22 і 9 - скалярні величини,

а в періоди збільшення довжини дуги

$$1,5 \geq (\Delta j_2 / j_{\text{св}}) // (\Delta U_2 / U_{\partial} \geq 0,1, (2)$$

де  $\Delta j_2$  - зменшення щільності струму на електроді завдяки зниженню зварювального струму, А/мм<sup>2</sup>;

$\Delta U_2$  - збільшення миттєвого значення напруги дуги, В,

причому зміна вищезгаданих дій, що відповідають співвідношенням (1) і (2), настає у разі, коли миттєве значення напруги дуги відповідає співвідношенню

$$1,2 U_{\partial n} \leq U_n \leq 0,95 U_{\partial}, (3)$$

де  $U_{\partial n}$  - номінальна (мінімально можлива) напруга дуги, що горить у даних технологічних умовах при даному значенні зварювального струму (струму дуги);

$U_n$  - порогова напруга дуги, В.

Недоліком даного винаходу, взятого за найближчий аналог, є те, що по-перше, воно стосується одиничного плавкого електрода, який подають у зону дуги з постійною середньозваженою швидкістю, по-друге, в ньому відсутні технічні рішення щодо зварювання у вертикальному та/або похилому положеннях.

В основу винаходу, що пропонується, поставлена задача розширити технологічні властивості механізованого дугового зварювання, усунувши вказані недоліки.

Запропонований спосіб електродугового механізованого зварювання з імпульсним саморегулюванням процесу плавлення електрода відрізняється від способу, розвитком якого він є і який взятий за найближчий аналог, тим, що у разі зварювання у вертикальному та/або похилому положеннях використовують одночасно щонайменше два плавких електроди, з яких принаймні один - нерухомий, переважно пластинчастий, а другий - рухомий, переважно дротовий, який подають у зону дуги з постійною середньозваженою швидкістю.

Струмопідвід до нерухомого електрода здійснюють рухомим чином, наприклад, за допомогою контактної пристрою, який проходить вздовж бокової поверхні (крайки) нерухомого електрода із середньозваженою швидкістю, рівною середньозваженій лінійній швидкості наповнення зазору між зварюваними крайками, закритому: з одного боку - рухомим формуючим пристроєм, з другого - нерухомим формуючим пристроєм, або металевою підкладкою, що залишається, або шаром шва, звареним попередньо, - тобто із середньозваженою лінійною швидкістю зварювання у вертикальному та похилому положеннях.

Струмопідвід до рухомого електрода здійснюють через поверхню нерухомого електрода, для чого кінцева частина рухомого електрода лине вздовж бокової поверхні (крайки) нерухомого електрода в його нижній частині (тобто у цьому разі нерухомий електрод виконує додаткову функцію плавкого струмопідводного мундштука із зовнішнім контактом з плавким рухомим електродом), або струмопідвід до рухомого електрода здійснюють через окремий контактний пристрій, наприклад неплавкий (мідний або бронзовий і т.п.) мундштук, який переміщують синхронно із вищеназваним рухомим контактним пристроєм - струмовідводом до нерухомого електрода.

Можливий варіант, коли кожен із вищеназваних електродів живлять від окремого, "свого" джерела струму. У такому разі струмопідвід до рухомого електрода здійснюють через окремий вищеназваний контактний пристрій.

Згідно із запропонованим способом перед початком процесу дугового зварювання призначають розміри нерухомого електрода (переважно пластинчастого) та рухомого (переважно дротового). Товщину пластинчастого електрода призначають мінімально

можливою, достатньою для забезпечення надійного дугового оплавлення обох зварюваних крайок (зазвичай від 2 мм). Ширину пластини беруть зазвичай рівною товщині зварюваних крайок, за відніманням ширини, необхідної для розміщення в зазорі між крайками кінця рухомого електрода. Довжину пластинчастого електрода призначають рівною довжині стикового з'єднання з додатком технологічної його частини, необхідної для виведення дуги за межі зазору між крайками у період завершення процесу зварювання та для закріплення верхнього кінця електрода у спеціальному фіксаторі.

Поперечні розміри та тип рухомого електрода призначають, виходячи із технологічних міркувань. Зазвичай це зварювальний дріт діаметром від 1,2 мм до 3 мм.

Перед встановленням нерухомого електрода в зазор між зварюваними крайками його бокові поверхні, повернені до крайок, покривають шаром зварювального флюсу мінімальної товщини від 0,5 мм. Далі цей електрод уставляють у зазор між вищезгаданими крайками, притискають крайки до електрода і фіксують таке їх положення за допомогою спеціальних засобів, наприклад скоб. У нижній частині зазору між зварюваними крайками закріплюють початкову технологічну планку або піддон. З одного боку зазору між крайками встановлюють вищезгаданий нерухомий формуючий пристрій, або попередньо закривають зазор допоміжним вищезгаданим швом, з другого боку - рухомий формуючий пристрій, наприклад, водоохолоджуваний повзун, закріплений на спеціальному рухомому візочку. Згаданий вище рухомий контактний пристрій, також закріплений на згаданому візочку, притискають пружно до бокової поверхні (крайки) нерухомого електрода, оберненої у бік згаданого формуючого пристрою.

Згаданий вище рухомий електрод (зазвичай зварювальний дріт) за допомогою спеціальної спрямовуючої трубки, закріпленої на згаданому візочку, направляють у бік згаданої бокової поверхні (крайки) нерухомого електрода, пружно притискаючи кінцеву частину рухомого електрода до нижньої частини крайки нерухомого електрода. Інший варіант: рухомий електрод проштовхують крізь згаданий рухомий мундштук, закріплений на згаданому візочку, і спрямовують в зазор між зварюваними крайками, в простір між крайкою нерухомого електрода і поверхнею рухомого формуючого пристрою, оберненою у бік зазору між крайками. Підключають нерухомий і рухомий електроди до джерела (джерел) струму. Умикають подачу захисного газу, струмись якого спрямовують у зазор між зварюваними крайками, забезпечуючи захист від повітря простору між кінцями згаданих плавких електродів з одного боку і згаданим піддоном з іншого боку. Умикають механізм подавання рухомого електрода і збуджують дугу між його кінцем і піддоном. Згаданий електрод, розплавляючись, створює металеву ванну, і тоді дуга горить між кінцем рухомого електрода і поверхнею металеві ванни, а також між кінцем електрода і поверхнями зварюваних крайок. У міру плавлення рухомого електрода розплавлений метал заповнює зазор між крайками; поверхня металеві ванни підіймається, аж поки не торкнеться кінця нерухомого плавкого електрода. У цей момент збуджується дуга між кінцем нерухомого електрода і поверхнею металеві ванни. Оскільки у згаданий період довжина дуги мала, її напруга менше, ніж значення порогової напруги дуги  $U_n$  згідно зі співвідношенням (3), щільність струму на нерухомому електроді велика згідно зі співвідношенням (1), швидкість плавлення цього електрода у цей період найвища, вона перевищує швидкість підйому металеві ванни, тобто лінійну швидкість зварювання. Така ситуація зберігається доти, поки зростаюча напруга дуги не перевищує значення порогової напруги  $U_n$ , після чого щільність струму стрибкоподібно зменшується згідно із співвідношенням (2). Швидкість плавлення нерухомого електрода стає меншою за лінійну швидкість зварювання, яка у цей період визначається головним чином швидкістю плавлення рухомого електрода, який весь час подають з постійною швидкістю. Така ситуація зберігається доти, поки значення напруги дуги перебуває вищою за значення порогової напруги  $U_n$ . Після того, як напруга дуги стає меншою, ніж порогова напруга, щільність струму на нерухомому електроді знову підвищується згідно із співвідношенням (1). На цьому цикл автомодуляції струму на нерухомому електроді завершується, починається новий цикл. Таким чином відбувається імпульсне саморегулювання процесу плавлення нерухомого електрода.

Можливість запропонованого способу зварювання пояснюється прикладом, у якому подається режим зварювання, що рекомендується, у порівнянні з існуючими способами зварювання стикових з'єднань у вертикальному положенні.

За основу порівняння взяті два варіанти режимів електрошлакового зварювання листової сталі марки 10Г2ФР завтовшки 40 мм.

Перший варіант - із застосуванням дротового електрода діаметром 4 мм (див. "Електрошлаковая сварка и наплавка / Под ред. Б.Е. Патона. - М. Машиностроение, 1980, стр. 308, табл. 9.15); ширина зазору між крайками 30 мм; швидкість подавання електрода 169 м/год.; зварювальний струм 850 А; зварювальна напруга 36 В; швидкість зварювання 2,2 м/год.;

погонна енергія зварювання в таблиці показана 31 мДж/м. (Згідно з розрахунками швидкість зварювання 1,77 м/год.; погонна енергія зварювання 62,2 мДж/м.

Другий варіант - якби довелось зварювати такий шов пластинчастим електродом. В основу розрахунків покладені дані цього ж джерела (стор. 277, табл. 8.5; стор. 277, співвідношення 8.9; стор. 364, табл. 9.43). Параметри зварювання слід призначити такі: ширина зазору між крайками 30 мм; поперечні розміри пластинчастого електрода 10×40 мм; швидкість подавання цього електрода 3,5 м/год.; зварювальний струм 1160 А; зварювальна напруга 28 В; швидкість зварювання 1,17 м/год. Розрахункова погонна енергія зварювання дорівнює 99,94 мДж/м.

Рекомендований режим зварювання формально може розглядатися як комбінація відомих названих способів зварювання з використанням одночасно як дротового, так і пластинчастого електродів з тією принциповою відмінністю, що у цьому разі відбувається електродуговий процес замість електрошлакового.

Згідно з пропозицією можливі два варіанти запропонованого способу.

Варіант 1 (нерухомий плавкий електрод - струмопідвідний мундштук). Параметри процесу такі: ширина зазору між зварюваними крайками 6 мм; товщина нерухомого пластинчастого електрода - плавкого струмопідводу 3 мм; зазори між пластинчастим електродом і кожною зварюваною крайкою по 1,5 мм; ширина нерухомого електрода 35 мм; діаметр рухомого електрода - зварювального дроту 2 мм; швидкість подавання рухомого електрода 280 м/год.; середньозважений зварювальний струм 1250 А; середньозважена зварювальна напруга 30 В; швидкість зварювання 6,5 м/год.; погонна енергія зварювання 20,8 мДж/м. Можна бачити, що цей варіант запропонованого способу зварювання порівняно з першим варіантом існуючого способу електрошлакового зварювання (ЕШЗ) перевищує його по швидкості зварювання у 3,7 рази, а погонна енергія зварювання нижче приблизно у 3 рази. Порівняно з другим варіантом ЕШЗ ці показники становлять відповідно 5,6 і 4,8 рази.

Варіант 2 запропонованого способу за геометричними параметрами елементів з'єднання і плавких електродів, а також швидкості подавання рухомого плавкого електрода аналогічний Варіанту 1. Електричні ж параметри процесу зварювання відрізняються: на рухомому електроді середньозважене значення зварювального струму становить 480 А, а на рухомому - 1050 А; напруга зварювання на рухомому електроді дорівнює 36 В, на нерухомому 30 В. Швидкість зварювання для обох електродів єдина і дорівнює 6,5 м/год.; погонна ж енергія на рухомому електроді дорівнює 7,9 мДж/м, на нерухомому 17,4 мДж/м, у сумі 25,3 мДж/м.

У порівнянні з першим варіантом існуючого способу ЕШЗ, цей запропонований варіант зварювання перевищує його по швидкості зварювання також у 3,7 рази, а погонна енергія зварювання - нижче у 3,6 рази. Порівняно з другим варіантом ЕШЗ ці показники становлять відповідно 5,6 і 3,95 рази.

Таким чином, запропонований новий спосіб електродугового механізованого зварювання у вертикальному та похилим положеннях перевищує існуючий спосіб електрошлакового зварювання по швидкості зварювання у декілька (3,7...5,6) разів, а погонна енергія зварювання зменшена також у рази (3,95...4,8).

#### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Спосіб електродугового механізованого зварювання з імпульсним саморегулюванням процесу плавлення електрода, за яким відбувається самоплинна періодична зміна довжини дуги, а процес плавлення електрода здійснюють у коливальному режимі, що відбувається самоплинно, інтенсивно збільшуючи щільність струму на електроді в періоди зменшення довжини дуги і стрибкоподібно зменшують щільність струму з одночасним інтенсивним підвищенням напруги дуги в періоди збільшення довжини дуги, зберігаючи при цьому співвідношення параметрів в періоди зменшення довжини дуги:

$$22 \geq |(\Delta j_1 / j_{св.})| / |(\Delta U_1 / U_0)| \geq 9,$$

де  $\Delta j_1$  - збільшення щільності струму на електроді завдяки зростанню зварювального струму, А/мм<sup>2</sup>;

$j_{св.}$  - призначене середньозважене значення щільності струму, А/мм<sup>2</sup>;

$\Delta U_1$  - зменшення миттєвого значення напруги дуги, В;

$U_0$  - призначене значення напруги дуги, В, яке відповідає призначеному середньозваженому значенню щільності струму  $j_{св.}$ ;

22 і 9 - скалярні величини,

а в періоди збільшення довжини дуги:

$$1,5 \geq |(\Delta j_2 / j_{св.})| / |(\Delta U_2 / U_0)| \geq 0,1,$$

- де  $\Delta j_2$  - зменшення щільності струму на електроді завдяки зниженню зварювального струму, А/мм<sup>2</sup>;
- $\Delta U_2$  - збільшення миттєвого значення напруги дуги, В,
- причому зміну вищезгаданих дій, що відповідають вищенаведеним співвідношенням, забезпечують у разі, коли миттєве значення напруги дуги відповідає співвідношенню:
- 5  $1,2U_{дн} \leq U_n \leq 0,95U_{дн}$ ,
- де  $U_{дн}$  - номінальна (мінімально можлива) напруга дуги, що горить у даних технологічних умовах при даному значенні зварювального струму (струму дуги);
- $U_n$  - порогова напруга дуги, В,
- 10 який **відрізняється** тим, що зварювання здійснюють у вертикальному та/або похилому положеннях, використовуючи одночасно щонайменше два плавких електроди, з яких принаймні один - нерухомий пластинчастий, плавлення якого здійснюють зі згаданим імпульсним саморегулюванням, а другий - рухомий дрововий, який подають у зону дуги з постійною середньозваженою швидкістю.
- 15 2. Спосіб з п. 1, який **відрізняється** тим, що струмопідвід до нерухомого електрода здійснюють рухомих чином, наприклад за допомогою контактної пристрою, який проходить вздовж бокової поверхні (крайки) нерухомого електрода із середньозваженою швидкістю, рівною середньозваженій лінійній швидкості наповнення зазору між зварюваними крайками, закритому з одного боку - рухомих формуючим пристроєм, з другого - нерухомим формуючим пристроєм,
- 20 або металевою підкладкою, що залишається, або шаром шва, звареним попередньо, - тобто із середньозваженою лінійною швидкістю зварювання у вертикальному та похилому положеннях.
3. Спосіб за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим, що струмопідвід до рухомого електрода здійснюють через поверхню нерухомого електрода, для чого кінцева частина рухомого електрода проходить вздовж бокової поверхні (крайки) нерухомого електрода в його нижній частині, тобто у цьому разі нерухомий електрод виконує додаткову функцію плавкого струмопідводного мундштука із зовнішнім контактом з плавким рухомих електродом.
- 25 4. Спосіб за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим, що струмопідвід до рухомого електрода здійснюють через окремий контактний пристрій, наприклад неплавкий (мідний або бронзовий і т. п.) мундштук, який переміщують синхронно із вищеназваним рухомих контактним пристроєм -
- 30 струмопідводом до нерухомого електрода.
5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що кожен із вищеназваних електродів живлять від окремого, свого джерела струму.

---

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

---

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