



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117164** (13) **C2**
(51) МПК
B23K 10/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2016 08285</p> <p>(22) Дата подання заявки: 27.07.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.06.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 12.02.2018, Бюл.№ 3</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.06.2018, Бюл.№ 12</p>	<p>(72) Винахідник(и): Кривцун Ігор Віталійович (UA), Гринюк Андрій Андрійович (UA), Коржик Володимир Миколайович (UA), Хаскін Владислав Юрійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ГУАНДУНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ЗВАРЮВАННЯ (КИТАЙСЬКО- УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА), 363 Changxing Road, Tianhe, Guangzhou, 510560, China (CN), ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА НАН УКРАЇНИ, вул. Казимира Малевича, 11, м. Київ, 03689 (UA), ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНЕ ПРЕДСТАВНИЦТВО КИТАЙСЬКО- УКРАЇНСЬКОГО ІНСТИТУТУ ЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА", вул. Малевича, 11, м. Київ, 03150 (UA), ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "НАУКОВО- ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР "ПЛАЗЕР"" , вул. Філатова, 10 а, оф. 2/10, м. Київ, 01042 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2327553 C2, 27.06.2008 US 5599469 A, 04.02.1997 JP H06320285 A, 22.11.1994 JP H0839259 A, 13.02.1996 EP 1980354 A1, 15.10.2008 US 4195216 A, 25.03.1980 US 5938948 A, 17.08.1999 US 3324278 A, 06.06.1967 DE 102009027785 A1, 20.01.2011 DE 2435020 A1, 05.02.1976</p>
---	---

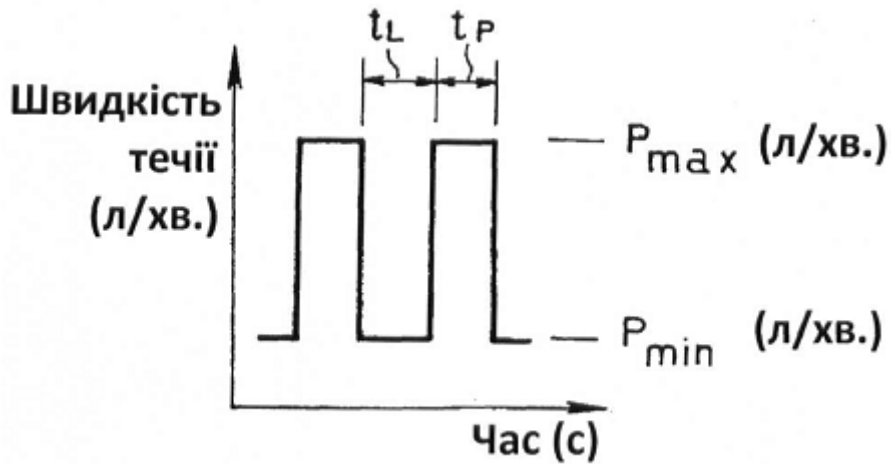
(54) СПОСІБ ПЛАЗМОВОГО ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ З ІМПУЛЬСНОЮ ПОДАЧЕЮ ГАЗУ

(57) Реферат:

Винахід належить до способів плазмового зварювання виробів з алюмінієвих сплавів і може бути використаний в різних галузях техніки для отримання якісних зварних з'єднань металевих матеріалів за допомогою різнополярного асиметричного струму дугової плазми прямої дії. В процесі плазмового зварювання алюмінієвих сплавів в зону зварювального електрода для

UA 117164 C2

утворення плазмового потоку здійснюють імпульсну подачу газу за законом неперервної прямокутної хвилі. Як плазмоутворюючий газ використовують один газ або суміш двох газів. При цьому імпульси газу подають з частотою 5 Гц при співвідношенні тривалості подачі газу з максимальними витратами до тривалості його подачі з мінімальними витратами як 1:1. В імпульсі плазмоутворюючого газу співвідношення максимальних витрат до мінімальних становить 10:1 при рівні мінімальних витрат порядку 0,1 л/хв. Захисний газ подають неперервно з витратами в межах 25...35 л/хв, а зварювання ведуть в діапазоні швидкостей 10...60 м/год. Винахід дозволяє мінімізувати схильність до утворення газових пор в литому металі шва при досягненні високої стабільності його формування.



Фіг. 1

Винахід належить до способів плазмового зварювання виробів з алюмінієвих сплавів. Спосіб може бути використаний в різних галузях техніки для отримання якісних зварних з'єднань металевих матеріалів за допомогою різнополярного асиметричного струму дугової плазми прямої дії. Таким способом можна зварювати легкі металоконструкції в різних галузях промисловості. Наприклад, корпуси полегшених залізничних вагонів, кузова автомобілів, корпуси ракет тощо.

Відомий спосіб плазмового зварювання металів малих товщин, що здійснюється при горінні між електродом і соплом пальника чергової дуги [Авторское свидетельство СССР №221477: Способ плазменной сварки. Авторы: Патон Б.Е., Дудко Д.А., Гвоздецкий В.С., Игнатченко Г.Н., Скрыпник В.И., Яринич Л.М.; МПК В23К9/16; 09.08.1971.]. Згідно з цим способом з метою руйнування окисних плівок на поверхнях алюмінієвих сплавів, що зварюють, за рахунок катодного розпилювання, на сопло пальника подають позитивні відносно виробу імпульси напруги, а в проміжках між ними на електрод подають негативні відносно виробу імпульси.

Недоліком такого способу є неможливість усунення утворення внутрішніх пор в швах при зварюванні на швидкостях, що перевищують швидкості звичайного дугового зварювання.

Для усунення вказаних недоліків може бути використаний наступний спосіб плазмового зварювання [Patent US005599469A: Plasma welding process. Author: Fumito Yoshino (Fujisawa, Japan). 04.02.1997.]. Згідно з цим способом в процесі плазмодугового зварювання здійснюють циклічні зміни енергії плазмової дуги шляхом циклічної зміни витрат плазмоутворюючого газу. При цьому частота подачі імпульсів витрат плазмоутворюючого газу менша або дорівнює 10 Гц. У випадку плазмового зварювання з глибоким проплавленням пікові витрати газу більші або дорівнюють 1 л/хв., а у випадку відсутності глибокого проплавлення - менші або дорівнюють 3 л/хв. В першому випадку базові витрати плазмоутворюючого газу становлять 1 л/хв., а в другому - знаходиться в межах 0,4...0,6 л/хв. Подача плазмоутворюючого газу здійснюється таким чином, що піковий і базовий рівні витрат чергуються послідовно.

Недоліками такого способу є застосування постійного струму прямої полярності, що робить проблематичним зварювання алюмінієвих сплавів, а також достатньо високі значення витрат плазмоутворюючого газу, які впливають на течію рідкого металу у зварювальній ванні та сприяють виникненню газових пор в металі шва. Крім цього, даний спосіб не забезпечує рівномірного проплавлення при зварюванні металів товщиною понад 6,0 мм.

Найбільш близьким за технічною суттю (прототип) до описуваного винаходу є спосіб зварювання плазмовою дугою [Патент РФ RU № (11)2327553(13)C2: Способ сварки плазменной дугой. Авторы: Новиков О.М., Радько Э.П., Квон Д.Ю. 16.02.2006.]. Згідно з цим способом зварювання широкого спектра конструкції з активних металів (в першу чергу алюмінієвих сплавів) виконують плазмовою дугою в захисному газовому середовищі. Як захисний і плазмоутворюючий газ використовують один газ або суміш з двох газів. Імпульсну подачу газів в процесі зварювання здійснюють постійно за законом неперервної прямокутної хвилі, змінюючи витрати захисного і/або плазмоутворюючого газу або сумішей газів у відповідності із співвідношеннями $Q_{\min}:Q_{\max}=1:n$ при $n=4...10$ і/або $Q'_{\min}:Q'_{\max}=2:n'$ при $n'=2...5$, де Q_{\min} - мінімальні витрати захисного газу; Q_{\max} - максимальні витрати захисного газу; Q'_{\min} - мінімальні витрати плазмоутворюючого газу; Q'_{\max} - максимальні витрати плазмоутворюючого газу. В результаті підвищується стабільність плазмової дуги і збільшується її проплавляюча здатність і, відповідно, підвищується якість зварювання.

Недоліком описаного способу є схильність до утворення газових пор в литому металі шва, яка підвищує із збільшенням швидкості зварювання.

В основу винаходу поставлена задача створення такого способу плазмового зварювання алюмінієвих сплавів з імпульсною подачею газу, який дозволить мінімізувати схильність до утворення газових пор в литому металі шва при зварюванні в діапазоні швидкостей від 10 до 60 м/год. у сполученні із досягненням високої стабільності формування швів.

Поставлена задача створення способу плазмового зварювання алюмінієвих сплавів з імпульсною подачею газу вирішується за рахунок подачі плазмоутворюючого газу в процесі зварювання в зону зварювального електрода для утворення плазмового струменю. При цьому як плазмоутворюючий газ використовують один газ або суміш двох газів, які подають за законом неперервної прямокутної хвилі. Імпульси газу подаються з частотою 5 Гц при співвідношенні тривалості подачі газу з максимальними витратами до тривалості його подачі з мінімальними витратами як 1:1. В імпульсі плазмоутворюючого газу співвідношення максимальних витрат до мінімальних становить 10:1 при рівні мінімальних витрат порядку 0,1 л/хв. Захисний газ подають неперервно з витратами в межах 25...35 л/хв. Зварювання алюмінієвих сплавів виконують в діапазоні швидкостей 10...60 м/год.

Суть винаходу пояснюється кресленнями фіг. 1 і 2.

При зварюванні плазмоутворюючий газ (або суміш двох газів) подають за законом неперервної прямокутної хвилі (фіг. 1). В якості такого газу може виступати аргон або суміш аргону і гелію. Тривалість його подачі з максимальними витратами P_{\max} становить $t_p=100$ мс, а тривалість подачі газу з мінімальними витратами $P_{\min-t_L}=100$ мс. Величини витрат газу становили $P_{\max}=1,0$ л/хв. і $P_{\min}=0,1$ л/хв., відповідно. При цьому захисний газ подається неперервно із витратами 25...35 л/хв. (фіг.2). Така подача плазмоутворюючого газу не приводить до виплесків рідкого металу зварювальної ванни і внесення негативних збурень в течію цього металу. Крім того, вона сприяє дегазації рідкого металу, яка проявляється через спливання пузирів, що утворилися у зварювальній ванні, за рахунок створення в ній періодичних коливань, синхронних з періодами імпульсів плазмоутворюючого газу.

Запропонований спосіб дозволить зварювати стикові з'єднання з алюмінієвих сплавів з мінімальною газовою пористістю і добрим формуванням верхнього і нижнього валиків підсилення шву, не залежно від швидкості зварювання, в діапазоні від 10 до 60 м/год. Особливо актуальним це є для зварювання алюмінієвих сплавів, які містять літій (наприклад, 1420, 1460) і скандій (наприклад, 1570).

Перевірку ефективності пропонованого способу виконували шляхом зварювання алюмінієвих сплавів 1570, 1420 і 1460 (табл.1) товщиною $\delta=3$ мм зі швидкостями 10, 36 і 60 м/год. різнополярним струмом з імпульсною подачею плазмоутворюючого газу (аргону), що здійснювалася з вищеописаними параметрами. Для гарантованого одержання внутрішніх пор в швах одну зі зварюваних крайок перед зварюванням не зачищали. Після виконання зварювання робили рентгенограми зразків, за якими рахували кількість пор на 100 мм шва. Окрім рентгенограм, наявність внутрішніх пор визначали за поздовжніми і поперечними макрошліфами отримуваних зварних з'єднань.

Спочатку зварювали сплав 1460 зі швидкістю 36 м/год. сила струму як прямої, так і зворотної полярності, становила 185 А. При цьому тривалість імпульсу струму прямої полярності становила 7 мс, а зворотної - 3 мс. Зварювання вели з подачею присаджувального дроту діаметром 1,2 мм, виконаного з того ж матеріалу, що й сплав, який зварювали. Швидкість подачі дроту у всіх випадках становила 126 м/год. Плазмоутворюючий газ подавали за законом неперервної прямокутної хвилі з мінімальним рівнем витрат 0,1 л/хв. і максимальним рівнем 1,0 л/хв. з частотою слідування імпульсів 5 Гц. Захисний газ подавали неперервно з витратами 35 л/хв.

В результаті був одержаний шов, кількість пор в якому на довжині 100 мм становила 15-18 шт. (фіг. 3). Аналогічні експерименти були проведені для сплавів 1570 на тому ж режимі та 1420 з силою струму прямої і зворотної полярності 165 А. В них також спостерігалася порівняно низька пористість. На довжині 100 мм шву в сплаві 1570 нараховувалося до 5-8 пор (фіг. 4), а в 1420-до 15пор (фіг. 5).

Для порівняння виконували плазмове зварювання тих же матеріалів різнополярними імпульсами струму за аналогічними режимами із неперервною подачею плазмоутворюючого газу. На сплаві 1460 було отримано шов, пористість якого на довжину 100 мм становила 38-40 шт. (фіг. 6). При цьому формування верхнього і нижнього валиків шва погіршилося, порівняно із формуванням, яке мало місце при використанні пропонованого способу.

Сплави 1570 і 1420 товщиною $\delta=3$ мм зварювали на зворотній полярності з тією ж швидкістю. При цьому для сплаву 1570 режим зварювання був таким же, як для зварювання сплаву 1460, а для сплаву 1420 сила струму зворотної полярності становила 165 А. Параметри подачі газу були такими ж, як при зварюванні сплаву 1460. В результаті на довжині 100 мм шву в сплаві 1570 нараховувалося до 35 пор (фіг. 7), а в 1420 - до 45 пор (фіг. 8).

Таким чином, при інших близьких параметрах зварювання імпульсна подача плазмоутворюючого газу з частотою 5 Гц при співвідношенні тривалості подачі газу з максимальними витратами до тривалості його подачі з мінімальними витратами як 1:1, забезпечують зниження пористості шва більш ніж в 2 рази.

Хімічні склади алюмінієвих сплавів, що застосовувалися при проведенні експериментів (в мас. %)

№ п/п	Марка сплаву	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Ti	Li	Sc	Zr
1.	1570	<0,4	<0,4	5,0-5,6	0,2-0,5	<0,1	-	-	0,15-0,35	0,05-0,12
2.	1420	<0,3	0,1-0,3	5,0-6,0	<0,3	-	<0,1	1,9-2,3	-	0,09-0,15
3.	1460	<0,05	<0,05	0,05	-	2,6-3,3	0,01-0,05	2,0-2,4	-	0,08-0,13

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

1. Спосіб плазмового зварювання алюмінієвих сплавів з імпульсною подачею газу в процесі зварювання в зону зварювального електрода для утворення плазмового струменя, при якому як плазмоутворюючий газ використовують один газ або суміш двох газів і здійснюють його подачу за законом неперервної прямокутної хвилі, який **відрізняється** тим, що імпульси газу подають з частотою 5 Гц при співвідношенні тривалості подачі газу з максимальними витратами до тривалості його подачі з мінімальними витратами як 1:1.

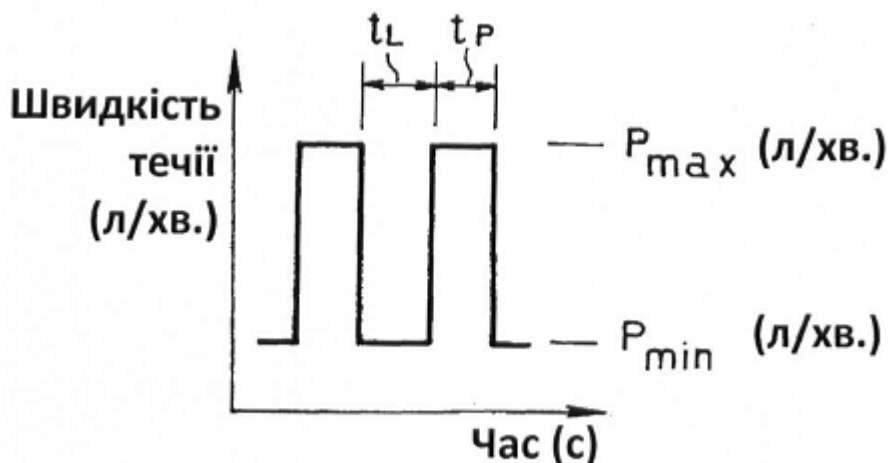
10

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в імпульсі плазмоутворюючого газу співвідношення максимальних витрат до мінімальних становить 10:1 при рівні мінімальних витрат порядку 0,1 л/хв.

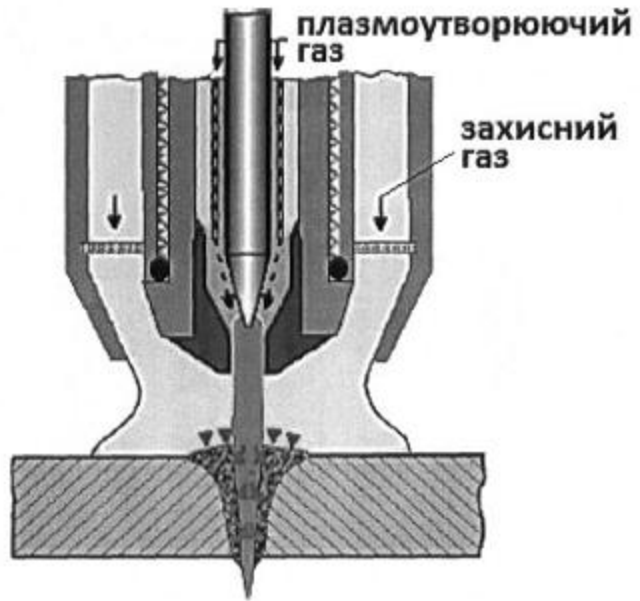
15

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в процесі зварювання неперервно подають захисний газ з витратами в межах 25...35 л/хв.

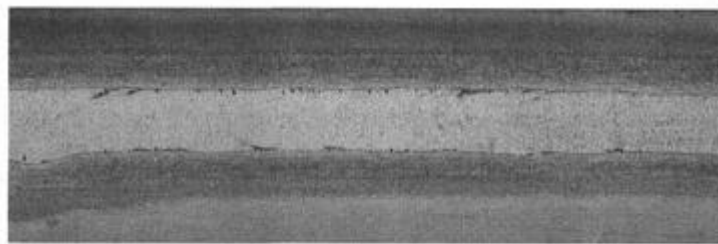
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що зварювання виконують в діапазоні швидкостей 10...60 м/год.



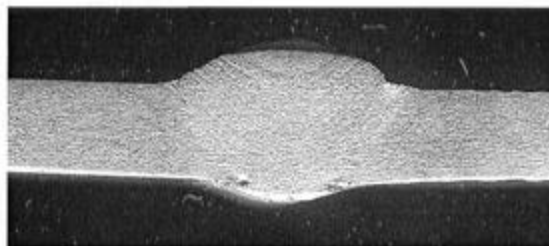
Фіг. 1



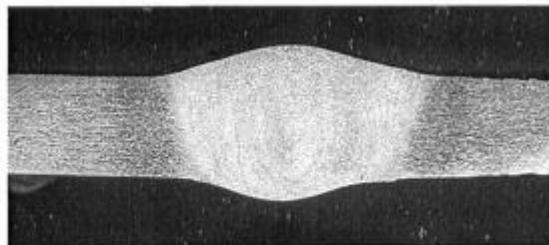
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

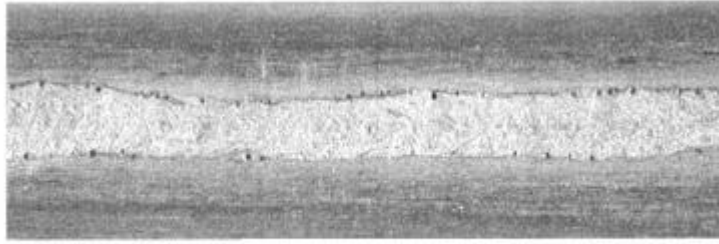


Fig. 6

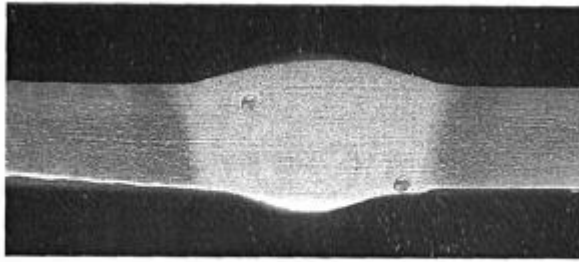


Fig. 7

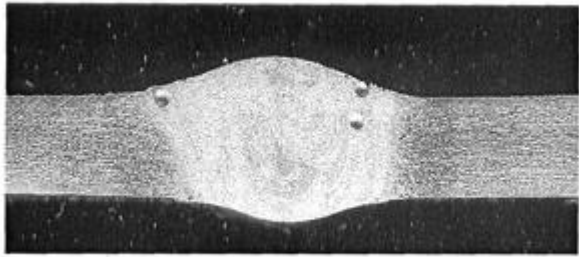


Fig. 8

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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