



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15327 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B23K 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

### ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

#### (54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

1

2

(21) u200600612

(22) 23.01.2006

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. №6, 2006р.

(72) Щербак Валерій Миколайович, Якимчук Ана-  
толій Васильович

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ЗА-  
ВОД КОКСОРЕМОНТ"

(57) Спосіб електрошлакового зварювання плав-  
ким електродом, що включає установку заготовок  
з зазором в охолоджуваний формувальний при-  
стрій, подачу в зазор зварювального флюсу і пла-  
вкого електрода, послідовне наведення шлакової і

металевої ванни при пропусканні зварювального  
струму через заготовки і плавкий електрод, який  
**відрізняється** тим, що подачу в зазор плавкого  
електрода виконують з постійною швидкістю, на-  
ведення шлакової ванни виконують протягом 0,5-  
0,7хв. при зварювальному струмі 630-650 А, наве-  
дення металевої ванни виконують в два етапи -  
протягом часу, що обумовлений залежністю -  
 $t=0,22-0,27 \times 10^{-2} \times S$ , при зварювальному струмі 530-  
560 А, і протягом 0,5-0,7хв. при зварювальному  
струмі 510-540 А, де:

t - час наведення металевої ванни, хв.;

S - площа поперечного перерізу заготовок, мм<sup>2</sup>.

Корисна модель відноситься до електрошла-  
кового зварювання плавким електродом і може  
бути використана в енергетичному і хімічному  
машинобудуванні, виробництві будівельних  
конструкцій, для стикового зварювання  
довгомірних заготовок, наприклад стрижнів, зок-  
рема для зварювання анкерної стяжки - круга  
діаметром 48-55 мм із СтЗсп.

Відомий, вибраний як аналог, спосіб елек-  
трошлакового зварювання [авторське свідоцтво  
СРСР N854650, МКВ<sup>3</sup>: B23K 25/00, пріоритет від  
09.04.79].

Спосіб електрошлакового зварювання  
здійснюється таким чином.

Заготовки, що зварюються, встановлюють в  
формувальний пристрій з зазором друг щодо дру-  
га. В зазор між кромками заготовок і формуваль-  
ним пристроєм подають зварювальний флюс і  
плавкий електрод в вигляді зварювального дроту.  
При пропусканні зварювального струму через за-  
готовки і зварювальний дріт, який за допомогою  
привода подають в зазор, в зазорі наводять шла-  
кову і металеву ванни. Під час процесу зварюван-  
ня в залежності від площі поперечного перерізу  
зазору змінюють швидкість подачі зварювального  
дроту з одночасною зміною зварювальної напруги  
відповідно до залежності:

$$U_3 = U_{30} \frac{F_{30}}{F_e} + \left( \lambda \gamma + \frac{p}{V_{30}} \right) \frac{F_e}{\cos \varphi} \frac{K_{пл}}{F_3} * \frac{F_3 - F_{30}}{F_3},$$

де  $U_3$  - змінна напруга зварювання. В;

$F_e$  - площа перерізу електрода, м<sup>2</sup>;

$F_3$  - площа поперечного перерізу зазору, м<sup>2</sup>;

$U_{30}$  - напруга зварювання. В;

$F_{30}$  - площа зазору при розрахунковому  
(номінальному) зазорі, м;

$V_{30}$  - швидкість зварювання, м/с;

$K_{пл}$  - коефіцієнт розплавлення електрода,  
м/сА;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності зварювального  
кола;

$\lambda$  - прихована теплота плавлення електрод-  
ного металу, Втс/г;

$\gamma$  - питома вага електродного металу, г/м<sup>3</sup>;

P - питома потужність втрат з поверхні  
шлакової ванни випромінюванням, Вт/м<sup>2</sup>.

А зміну швидкості подачі зварювального дроту  
здійснюють прямо пропорційно площі поперечного  
перерізу зазору.

Загальними ознаками технічного рішення, що  
заявляється, і аналога являються: спосіб елек-  
трошлакового зварювання плавким електродом,  
що включає установку заготовок з зазором в фор-  
мувальний пристрій, подачу в зазор зварювально-  
го флюсу і плавкого електрода, послідовне наве-  
дення шлакової і металевої ванни при пропусканні

(13) U

(11) 15327

(19) UA

зварювального струму через заготовки і плавкий електрод.

Складність розглянутого способу електрошлакового зварювання полягає в необхідності спостереження за зміною площі поперечного перерізу зварювального зазору на рівні шлакової ванни і узгодження зміни двох параметрів - швидкості подачі плавкого електрода і зварювальної напруги.

Відомий вибраний як прототип спосіб електрошлакового зварювання [справочник «Сварка в машиностроении» под ред. Н. А. Ольшанского, т. 1, М., 1978 г., с. 261-265].

Спосіб виконують таким чином: установлюють заготовки в водоохолоджуваний формувальний пристрій з зазором і фіксують їх, засипають на дно формувального пристрою металевий порошок чи металеву стружку шаром товщиною близько 10мм і шар зварювального флюсу товщиною 3-5мм. Після чого включають воду, що охолоджує формувальний пристрій, в зазор між кромками заготовок подають плавкий електрод, через заготовки і плавкий електрод пропускають зварювальний струм. В результаті розплавлення зварювального флюсу утворюється шлакова ванна. При плавленні плавкого електрода і кромок заготовок утворюється металева ванна. В процесі електрошлакового зварювання здійснюють регулювання зварювального струму шляхом зміни швидкості подачі плавкого електрода - при збільшенні швидкості подачі плавкого електрода збільшується зварювальний струм.

Загальними ознаками технічного рішення, що заявляється, і прототипу являються: спосіб електрошлакового зварювання плавким електродом, що включає установку заготовок з зазором в охолоджуваний формувальний пристрій, подачу в зазор зварювального флюсу і плавкого електрода, послідовне наведення шлакової і металевої ванни при пропусканні зварювального струму через заготовки і плавкий електрод.

В описаному способі електрошлакового зварювання необхідність регулювання в процесі зварювання сили зварювального струму шляхом зміни швидкості подачі плавкого електрода ускладнює технологію зварювання, до того потребує застосування додаткового обладнання.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу електрошлакового зварювання, в якому за рахунок регулювання режимів операцій забезпечується спрощення технології зварювання із збереженням якості зварювального з'єднання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі електрошлакового зварювання плавким електродом, що включає установку заготовок з зазором в охолоджуваний формувальний пристрій, подачу в зазор зварювального флюсу і плавкого електрода, послідовне наведення шлакової і металевої ванни при пропусканні зварювального струму через заготовки і плавкий електрод, відповідно до корисної моделі, подачу в зазор плавкого електрода виконують з постійною швидкістю, наведення шлакової ванни виконують протягом 0,5-0,7хв. при зварювальному струмі 630-650 А, наведення металевої ванни виконують в два етапи - протягом часу, що обумовлений

залежністю  $t=0,22-0,27 \times 10^{-2} \times S$ , при зварювальному струмі 530-560 А, і протягом 0,5-0,7хв. При зварювальному струмі 510-540 А, де:  $t$  - час наведення металевої ванни, хв.;  $S$  - площа поперечного перерізу заготовок, мм<sup>2</sup>.

Перераховані ознаки складають сутність корисної моделі.

Причинно-наслідковий зв'язок істотних ознак корисної моделі з технічним результатом пояснюється наступним.

Завдяки тому, що спосіб електрошлакового зварювання плавким електродом включає установку заготовок з зазором в охолоджуваний формувальний пристрій, подачу в зазор зварювального флюсу і плавкого електрода, послідовне наведення шлакової і металевої ванни при пропусканні зварювального струму через заготовки і плавкий електрод, що подачу в зазор плавкого електрода виконують з постійною швидкістю, наведення шлакової ванни виконують протягом 0,5-0,7хв. при зварювальному струмі 630-650 А, наведення металевої ванни виконують в два етапи - протягом часу, що обумовлений залежністю  $t=0,22-0,27 \times 10^{-2} \times S$ , при зварювальному струмі 530-560 А, і протягом 0,5-0,7хв. при зварювальному струмі 510-540 А, де:  $t$  - час наведення металевої ванни, хв.;  $S$  - площа поперечного перерізу заготовок, мм<sup>2</sup>, забезпечується спрощення технології зварювання із збереженням якості зварювального з'єднання.

В запропонованому способі електрошлакового зварювання спрощення технології зварювання досягається за рахунок регулювання режимів операцій - при подачі в зону зварювання плавкого електрода з постійною швидкістю регулюють час наведення шлакової і металевої ванн і зварювальний струм. Причому, час наведення металевої ванни - період заповнення рідким металом зазору між заготівками регулюють у залежності від площі поперечного перерізу заготовок.

Період наведення шлакової ванни здійснюють протягом 0,5-0,7хв. при зварювальному струмі 630-650 А. Час наведення шлакової ванни і величина зварювального струму достатні для інтенсивного розплавлення зварювального флюсу і нагрівання шлакової ванни до температури 2000°С. В період розплавлення флюсу і його нагрівання до температури 2000°С відбувається дугове зварювання, після чого електрод плавиться за рахунок тепла, що випромінюється шлаковою ванною.

В період наведення металевої ванни спочатку зменшують зварювальний струм до величини 530-560 А, що достатня для підтримки шлаку в розплавленому стані, але не допускає його кипіння і виплискування. В цей період відбувається оплавлення кромок заготовок, розплавлення плавкого електрода за рахунок температури шлакової ванни і перемішування основного металу і металу плавкого електрода, чим значно полегшується спливання газових пузирів і часток шлаку і видалення їх з металу. Період наведення металевої ванни виконують протягом часу, що обумовлений залежністю  $t=0,22-0,27 \times 10^{-2} \times S$ , де:  $t$  - час наведення металевої ванни, хв.;  $S$  - площа поперечного перерізу заготовок, мм<sup>2</sup>.

На заключному етапі наведення металевої

ванні протягом 0,5-0,7хв. для запобігання утворення кратерів зменшують величину зварювального струму до 510-540 А - виводять усадкову раковину.

За допомогою запропонованого регулювання режимів операцій досягається висока якість зварного шва, який характеризується відсутністю пір і шлакових включень.

Нижче приводиться опис способу електрошлакового зварювання, що заявляється, з посиланнями на креслення, на яких зображені:

на фігурі 1 - схема електрошлакового зварювання плавким електродом;

на фігурі 2 - графік зміни величини зварювального струму в процесі електрошлакового зварювання, приклад 1.

Спосіб електрошлакового зварювання плавким електродом 1 включає установку заготовок 2, 3 з зазором в охолоджуваний формувальний пристрій 4, подачу в зазор зварювального флюсу і плавкого електрода 1, послідовне наведення шлакової 5 і металевої 6 ванни при пропусканні зварювального струму через заготовки 2, 3 і плавкий електрод 1. При цьому подачу в зазор плавкого електрода 1 виконують з постійною швидкістю. Наведення шлакової ванни 5 виконують протягом 0,5-0,7хв. при зварювальному струмі 630-650 А. Наведення металевої ванни 6 виконують в два етапи - протягом часу, що обумовлений залежністю -  $t=0,22-0,27 \times 10^{-2} \times S$ , при зварювальному струмі 530-560 А, і протягом 0,5-0,7 хв. при зварювальному струмі 510-540 А, де:  $t$  - час наведення металевої ванни 6, хв.;  $S$  - площа поперечного перерізу заготовок 2, 3, мм<sup>2</sup>.

В якості джерела зварювального струму 7 використовують джерело живлення з жорсткою характеристикою. Подачу плавкого електрода 1 здійснюють пристроєм 8 для подачі зварювального дроту. При утворенні шлакової 5 і металевої 6 ванн в зварювальний зазор додатково подають зварювальний флюс.

В процесі виконання запропонованого способу електрошлакового зварювання можна виділити два періоди:

I період - наведення шлакової ванни 5. В цей час за рахунок плавлення зварювального флюсу на дні охолоджуваного формувального пристрою 4 накопичується рідкий шлак, зварювальна дуга шунтується шлаковою ванною 5 і гасне. В шлаковій ванні 5, яка являється електропровідним електролітом, при проходженні електричного струму виділяється теплота, що достатня для підтримки високої температури шлаку (до 2000°C) і розплавлення кромки металу заготовок 2, 3 і плавкого електрода 1. В цей час також продовжують підведення струму, подачу плавкого електрода 1 і флюсу.

II період - наведення металевої ванни 6. В цей час рідким металом заповнюється зазор між заготівками й охолоджуваним формувальним пристроєм 4. Продовжують підведення струму, подачу плавкого електрода 1 і флюсу. На ділянці а зображений період виведення усадкової раковини.

Нижче приводяться приклади конкретної реалізації запропонованого способу електрошлакового зварювання.

Приклад 1: Зварювали круг із СтЗсп діаметром 48мм. Для цього в карман, що розташований в охолоджуваному формувальному пристрою знизу, укладали металевий запал. В нижню частину формувального пристрою встановлювали заготовки з зазором 25мм між кромками. Нижню частину формувального пристрою накривали верхньою частиною формувального пристрою, що виконана з отвором, і скріплювали обидві частини. В отвір охолоджуваного формувального пристрою засипали 50м флюсу АН-348А ДСТ 9087-81 і опускали плавкий електрод - зварювальний дріт Ф4Св08А ДСТ 2246-7. В якості пристрою для подачі зварювального дроту використовували зварювальний автомат АДФЖ-1002, в якості джерела живлення - зварювальний трансформатор ТДФЖ-1002. Вмикали трансформатор ТДФЖ-1002 і зварювальний автомат АДФЖ-1002, в отвір охолоджуваного формувального пристрою подавали зварювальний дріт із швидкістю 120м/г. Протягом 0,5хв. електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=622$  А. В цей же час в шлакову ванну додавали 50-70г флюсу. Після наведення шлакової ванни вмикали насос подачі води в формувальний пристрій. Протягом наступних 4хв. електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=530$  А - наводили металеву ванну. При цьому додавали 30-50г флюсу. В останні 0,5хв. - період завершення зварювального процесу шляхом виведення усадкової раковини - електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=506$  А. Вимикали зварювальний автомат АДФЖ-1002 і трансформатор ТДФЖ-100. Розкріплювали формувальний пристрій і вимикали насос подачі води. Знімали верхню половину формуючого пристрою і виймали готовий виріб.

Приклад 2: Зварювальні матеріали, швидкість подачі зварювального дроту - ті ж. Круг із СтЗсп діаметром 50мм. Протягом 0,4хв. до моменту утворення шлакової ванни електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=638$  А. В цей же час в шлакову ванну додавали 50-70г флюсу. Після утворення шлакової ванни вмикали насос подачі води для охолодження формувального пристрою. Протягом 5хв. електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=550$  А - наводили металеву ванну. При цьому додавали 30-50г флюсу. Останні 0,5хв. - період завершення зварювального процесу шляхом виведення усадкової раковини - електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=525$  А.

Приклад 3: Зварювальні матеріали, швидкість подачі зварювального дроту - ті ж. Зварювали круг із СтЗсп діаметром 55мм. Протягом 0,3хв. до моменту утворення шлакової ванни електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=650$  А. В цей же час в шлакову ванну додавали 50-70г флюсу. Після утворення шлакової ванни вмикали насос подачі води для охолодження формувального пристрою. Протягом 6хв. електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=560$  А - в зазорі між заготівками наводили металеву ванну. При цьому додавали 30-50г флюсу. Останні 0,5хв. - період завершення зварю-

вального процесу шляхом виведення усадкової раковини - електрошлакове зварювання проводили зварювальним струмом  $I=540$  А.

При електрошлаковому зварюванні пропонуванім способом отримали зварний шов із задовільними експлуатаційними характеристиками. Мікро і макро аналіз структури металу шва показали відсутність пір і шлакових включень в зварному шві.

В способі електрошлакового зварювання, що заявляється, також забезпечені оптимальні умови для кристалізації металевої ванни, що забезпечує високу якість зварного з'єднання і зовнішнього вигляду зварного шва. Пропонований спосіб електрошлакового зварювання виконується на відомому обладнанні і не вимагає використання регулюючої апаратури, що спрощує процес і зменшує його вартість.

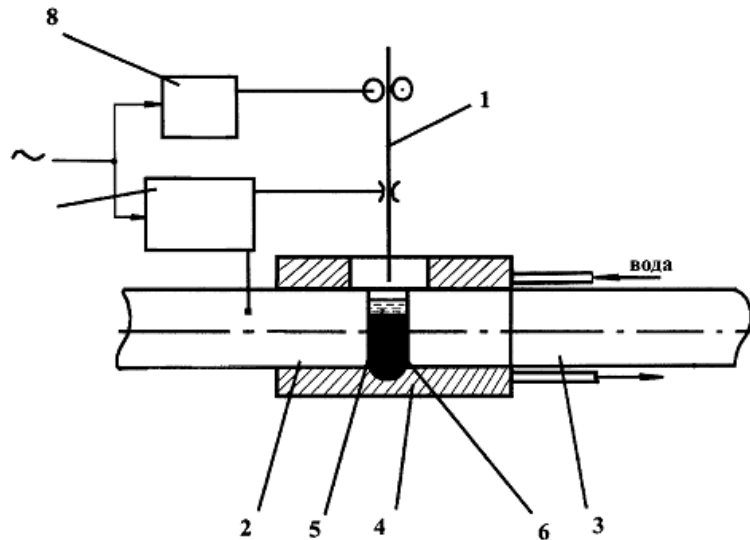


Fig. 1

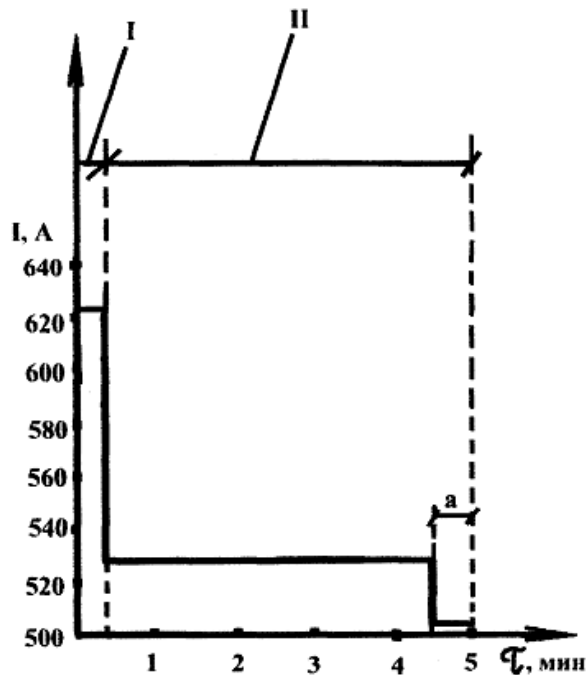


Fig. 2