



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45631 (13) U  
(51) МПК (2009)  
B23K 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

# ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛОТИ ПРИ ПЛАЗМОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

1

2

(21) u200802872

(22) 05.03.2008

(24) 25.11.2009

(46) 25.11.2009, Бюл.№ 22, 2009 р.

(72) КАРПЕНКО ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ,  
ГРАНОВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ,  
ГРИНЬ ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, МАКАРЕНКО  
НАТАЛІЯ ОЛЕКСІЇВНА

(73) ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА  
АКАДЕМІЯ

(57) Спосіб вимірювання кількості теплоти при  
плазмовому зварюванні, який полягає в тому, що  
дугу запалюють між неплавким електродом плаз-  
мотрона і зразком, а дріт подають аксіально в ду-  
гу, який **відрізняється** тим, що подачу дроту ви-  
конують зі швидкістю, яка забезпечує плавлення  
на видимому зовні плазмотрона вильоті дроту і  
визначають кількість тепла, що попадає в дріт:

$$Q_1 = \gamma \frac{\pi d^2}{4} V \Delta H,$$

де  $Q_1$  - кількість теплоти, що витрачається на роз-  
плавлення дроту;

$\gamma$  - густина матеріалу дроту;

$d$  - діаметр дроту;

$V$  - швидкість подачі дроту;

$\Delta H$  - питоме підвищення тепловмісту дроту при  
його нагріванні від початкової температури до те-  
мператури плавлення з урахуванням теплоти пла-  
влення;

потім швидкість подачі дроту змінюють на величи-  
ну  $\Delta V$  і вимірюють нове значення видимого вильо-  
ту  $l_{B2}$ , а також виконують визначення кількості теп-  
лоти  $Q_2$ , після чого знаходять питомий тепловий  
потік  $q$  в дріт на ділянці видимого вильоту:

$$q = \frac{Q_1 - Q_2}{l_{B1} - l_{B2}},$$

де  $Q_2$  - кількість тепла, що витрачається на роз-  
плавлення дроту після зміни швидкості подачі  
дроту,

$l_{B1}$  і  $l_{B2}$  - довжина видимого вильоту дроту до і після  
зміни швидкості подачі дроту, відповідно;

після цього визначають тепловий потік  $Q_B$  в дріт на  
ділянці видимого вильоту:

$$Q_B = q l_B,$$

де  $q$  - питомий тепловий потік;

потім визначають тепловий потік  $Q_{пл}$  в дріт в се-  
редині плазмотрона:

$$Q_{пл} = Q_1 - Q_B;$$

після цього визначають тепловий потік  $Q_{КС}$  в дріт  
на ділянці каналу сопла:

$$Q_{КС} = q l_{КС},$$

де  $l_{КС}$  - довжина каналу плазмоутворюючого сопла  
плазмотрона;

визначають тепловий потік  $Q_{НЕС}$  в дріт на ділянці  
неплавкий електрод-сопло:

$$Q_{НЕС} = Q_{пл} - Q_{КС};$$

а швидкість подачі збільшують до тих пір, доки  
питомий тепловий потік  $q$  перестає бути величи-  
ною постійною і починає збільшуватися, величину  
видимого вильоту дроту при цьому приймають за  
критичну, при якій починається шунтування плаз-  
мової дуги, а теплоту, що попадає в дріт за раху-  
нок шунтування  $Q_{ш}$ , визначають за формулою:

$$Q_{ш} = Q_1 - Q_{пл} - Q_B,$$

де  $Q_B$  розраховують за умови  $q = \text{const}$ ,

$$Q_B = l_B q.$$

Корисна модель відноситься до галузі техніки,  
а саме до вимірювання теплового режиму устатку-  
вання для зварювального виробництва: може  
знайти застосування при зварюванні виробів пла-  
змотронами з аксіальною подачею плавкого елек-  
троду.

Відомий спосіб визначення теплоти нагрівання  
плавкого електроду заключається в тому, що в  
середовище плавкого електроду вводиться тер-

момпара. При зварюванні за допомогою термомпари  
вимірюється температура плавкого електроду в  
точці знаходження термомпари [1].

Проте вадою цього способу є велика трудоміс-  
тість визначення, що пов'язана з необхідністю  
зведення при кожному замірі термомпари в елек-  
трод, великі витрати матеріалів термомпар, помилок  
в вимірюванні, в зв'язку з тим, що нагрівання тер-  
момпари є інерційним, а крім того введення спаю

(19) UA (11) 45631 (13) U

термопарі в плавкий електрод порушує його розміри і властивості, що також може бути джерелом помилок.

Відомий також спосіб визначення теплоти нагрівання плавкого електроду [2], в якому рекомендується запалювання плазмової дуги проводити між електродом плазмотрона і мідною водоохолоджуваною оправкою, яка має керамічну втулку. Дріт протягується через плазмотрон і керамічну втулку по осі плазмової дуги. За керамічною втулкою відбувається вимірювання дроту, що нагрівається плазмовою дугою за допомогою термопарі, по спаю якої ковзає дріт. Проте і цьому способу властиві недоліки. Точність визначення теплоти нагрівання електроду плазмовою дугою не велика, в зв'язку з тим, що теплота не встигає розподілитися по перетину дроту в результаті чого поверхня дроту є більше нагрітою, ніж серцевина. До того ж результати замірів температури являються підвищеними, в зв'язку з тим що в місці контакту при терті термопарі об дріт виділяється теплота.

Одним із чинників підвищених показників температури також те, що дріт проходить всю довжину плазмової дуги, чого в реальних умовах зварювання не буває. Це приводить до шунтування дуги дротом, що значно збільшує нагрівання дроту, в зв'язку з перебігом по цій частині дроту плазмової дуги, за рахунок виділення енергії в активних плямах, що утворюються на поверхні дроту при шунтуванні дуги. Даний спосіб не дозволяє провести визначення теплоти нагрівання плавкого електроду в середовищі плазмотрона на зовні. Спосіб трудомісткий в зв'язку з тим, що керамічна втулка швидко руйнується плазмовою дугою і потребує заміни. Для цього необхідно припинити виміри, а при запуску після заміни втулки необхідно з початку встановлювати режим горіння плазмової дуги.

В основу корисної моделі постановлено задачу підвищення точності визначення теплоти нагрівання електроду плазмовою дугою при плазмовому зварюванні, зниження трудомісткості при виконанні вимірів, розширення можливостей нагрівання плавкого електроду плазмовою дугою при різних режимах горіння дуги на різних ділянках дуги.

Поставлена задача досягається тим, що спосіб визначення теплоти нагрівання плавкого електроду плазмовою дугою при плазмовому зварюванні плазмотронами з аксіальною подачею плавкого електроду, при якому запалюють дугу між неплавким електродом плазмотрона і зразком, а дріт подається з швидкістю, що забезпечує його плавлення на видимій ділянці дуги. При цьому вимірюють довжину  $l_{b1}$  видимого зовні плазмотрона вильоту дроту і визначають кількість теплоти, що попадає в дріт по формулі:

$$Q_1 = \gamma \frac{\pi d^2}{4} V \Delta H,$$

де  $Q_1$  - кількість теплоти, що витрачається на розплавлення дроту;

$\gamma$  - густина матеріалу дроту;

$d$  - діаметр дроту;

$V$  - швидкість подачі дроту;

$\Delta H$  - питоме підвищення тепловмісту дроту при його нагріванні від початкової температури до температури плавлення з урахуванням теплоти плавлення. В подальшому швидкість подачі дроту змінюють на величину  $\Delta V$ : вимірюють нове значення видимого вильоту  $l_{b2}$  і виконують визначення кількості теплоти  $Q_2$ . Після цього знаходять питомий тепловий потік  $q$  в дріт на ділянці видимого вильоту:

$$q = \frac{Q_1 - Q_2}{l_{b1} - l_{b2}}.$$

Після цього визначають тепловий потік  $Q_B$  в дріт на ділянці видимого вильоту:

$$Q_B = q l_B.$$

За відомим значенням  $Q_B$  визначають тепловий потік  $Q_{пл}$  в дріт в середині плазмотрона:

$$Q_{пл} = Q_1 - Q_B.$$

Тепловий потік  $Q_{КС}$  в дріт на ділянці каналу сопла плазмотрона визначають за формулою:

$$Q_{КС} = I_{КС} q,$$

де  $I_{КС}$  - довжина каналу плазмoутворюючого сопла плазмотрона.

За відомим  $Q_{КС}$  визначають тепловий потік  $Q_{НЕС}$  в дріт на ділянці неплавкого електрод-сопел:

$$Q_{НЕС} = Q_{пл} - Q_{КС}.$$

Після цього швидкість подачі плавкого електроду збільшують доки питомий тепловий потік  $q$  перестане залишатись постійною величиною і почне збільшуватись. Величину видимого вильоту дроту при цьому приймають за критичну, за якої починається шунтування плазмової дуги. Теплота, що попадає в дріт за рахунок шунтування  $Q_{ш}$ , визначають за формулою:

$$Q_{ш} = Q_1 - Q_{пл} - Q_B$$

де  $Q_B$  розраховується за умов:  $q = \text{const}$ .

Спосіб, що заявляється більш точно відповідає реальним умовам плазмового зварювання, ніж найближчий аналог. При цьому використовується той же матеріал зразка, що і при реальному зварюванні. Він дозволяє вести заміри за тою швидкістю зварювання, що притаманна реальному зварюванню, в той час, як для відомого способу швидкість руху дуги дорівнює нулю. Спосіб, що заявляється, дозволяє також враховувати реальний видимий вильот дроту, а не повне перекриття дротом дугового проміжку, що дозволяє запобігти шунтування дуги. Спосіб, що заявляється, дозволяє враховувати вплив парів електродного металу на плазмову дугу і нагрівання електродного дроту. Трудомісткість проведення замірів суттєво менше, в зв'язку з тим, що немає необхідності замінювати втулки. Режим зварювання може бути змінений в процесі замірів і можуть бути одержані дані для зміненого режиму, що збільшує швидкість визначення теплоти нагрівання дроту.

На Фіг. показана схема нагрівання дроту за способом визначення, що заявляється.

Конкретний приклад визначення теплоти нагрівання електроду плазмовою дугою при плазмовому зварюванні з аксіальною подачею плавкого електроду визначається такими вихідними даними:

Струм плазмової дуги	- 100А,
Напруга плазмової дуги	- 48 В,
Швидкість зварювання	- 42м/год,
Діаметр сопла плазмотрона	9мм,
Довжина каналу сопла	- 7мм,
Відстань неплавкого електроду до сопла	- 4мм,
Витрати аргону плазмотворюючого захисного	- 5л/хв.,
Полярність плазмової дуги	- 12л/хв.,
	- зворотна.

Використовувався дріт марки ЗВ-06Х19Н10Т діаметром 1,2мм, для якої: густина  $\gamma = 7,81\text{г/см}^3$ .

Підвищення тепловмісту при нагріванні від 20°C до температури плавлення з урахуванням теплоти плавлення:

$$\Delta H = 1,175\text{кДж/г.}$$

Подача дроту виконувалась з швидкістю 68м/год. Підвищена швидкість подачі дроту складала 81м/год. Як встановлено кількість теплоти, що вводиться в дріт при плазмовому зварюванні з аксіальною подачею плавкого електроду, не

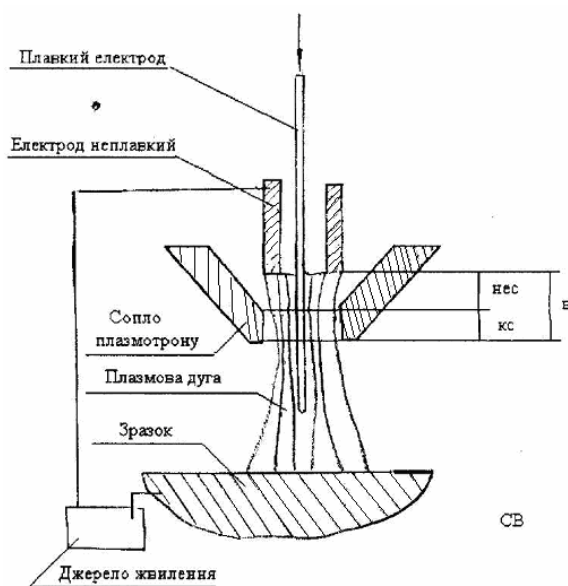
залежить від швидкості подачі, і дорівнює  $Q_{\text{пл}} = 385,9 - 385,6\text{ кДж/год.}$

$Q_{\text{пл}}$  визначена по способу, що прийнятий як найближчий аналог складає 405,2 - 366,7 кДж/год.

Джерела інформації

1. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1973. - 102с.

2. Акулов А.И. Нагрев электродного металла при плазменно-дуговой сварке плавящимся электродом в аргоне // Автоматическая сварка. - 1983. - №2. - С.8-10.



Фіг.