



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95556 (13) C2
(51) МПК
B23K 9/04 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ

1

(21) а201003815

(22) 02.04.2010

(24) 10.08.2011

(46) 10.08.2011, Бюл.№ 15, 2011 р.

(72) БОЙКО ВОЛОДИМИР СЕМЕНОВИЧ, МАТВИЄНКОВ СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, ЩЕТИНІН СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, КЛІМАНЧУК ВЛАДИСЛАВ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, КИРИЛЬЧЕНКО ПЕТРО МИКОЛАЙОВИЧ, ЩЕТИНІНА ВІРА ІВАНІВНА, ПУШКОВ ВАЛЕРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ВОРОБІЙОВ АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МАРІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ. ІЛЛІЧА"

(56) SU 1811456 A3; 23.04.1993

2

RU 2009809 C1; 30.03.1994

EP 0820831 A1; 28.01.1998

JP 4059186 A; 26.02.1992

(57) Спосіб електродугового наплавлення легованим дротом суцільного перерізу, який **відрізняється** тим, що в напавлений метал додатково вводять легуючі елементи, які подають безпосередньо у зону горіння дуги за допомогою ізольованої зігнутої неферромагнітної стрічки, вісь якої співпадає з віссю дроту, а радіус встановлюють в залежності від радіуса легованого дроту відповідно до виразу: $R = R_d + (2,5-3)$, мм,

де R - радіус зігнутої стрічки, мм;

R_d - радіус легованого дроту, мм.

Винахід належить до області електродугового наплавлення і може бути використаний при виготовленні і зміцненні деталей прокатного обладнання в чорній металургії і важкому машинобудуванні.

Деталі прокатного обладнання, на які у процесі експлуатації діє значний тиск, для підвищення зносостійкості при напавленні легують для надання спеціальних властивостей. Однак при напавленні важко забезпечити рівномірність хімічного складу, властивостей напавленого металу, тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійну стійкість напавлених деталей.

Відомий спосіб електродугового наплавлення [1], при якому легування здійснюють за рахунок використання дроту суцільного перерізу. Для запобігання виникненню кристалізаційних і холодних тріщин напавлення здійснюють на підвищеній погонній енергії.

Однак в промисловості недостатньо марок дротів для забезпечення спеціальних властивостей, обмежена швидкість автоматичного напавлення і можливість напавлення на низькій погонній енергії, внаслідок чого важко забезпечити тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійну стійкість напавлених деталей.

Відомий спосіб електродугового наплавлення [1], при якому легування здійснюють за рахунок порошкових дротів і стрічок.

Однак при напавленні порошковими матеріалами можливо просипання легуючих елементів, що приводить до нерівномірних хімічного складу і властивостей напавленого металу. Внаслідок утворення підрізів напавлення ведеться на низькій швидкості і великій погонній енергії, що значно знижує тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійну стійкість деталей металургійного обладнання. Крім того, ціна порошкових матеріалів значно вище матеріалів суцільного перерізу, що підвищує собівартість процесу напавлення.

Відомий спосіб електродугового наплавлення, при якому легування забезпечують за рахунок електродної стрічки суцільного перерізу [2], що містить у собі в мас. %:

Вуглець	0,18-0,24
Хром	3,8-4,2
Молібден	0,6-0,8
Ванадій	0,3-0,4
Марганець	0,5-0,8
Кремній	0,2-0,5
Ніобій	0,15-0,2
Залізо	решта.

Однак внаслідок низького вмісту вуглецю і хрому при напавленні деталей металургійного обладнання, які експлуатуються в умовах значних ударних і силових тисків, не забезпечується тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійна стійкість.

(13) C2

(11) 95556

(19) UA

Крім того, виготовлення електродної стрічки з підвищеною кількістю вуглецю і хрому неможливо, так як листопрокатні стани не можуть прокатати таку стрічку. Наплавлення електродною стрічкою ведеться на низькій швидкості, яка обмежена утворенням підрізів, тому виконується на високій погонній енергії, що приводить до збільшення тепловнесення, розмірів зерна, підвищення зварювальних напруг, утворення гарячих і холодних тріщин, зниження зносостійкості і корозійної стійкості деталей металургійного обладнання.

Відомий, узятий за прототип, спосіб електродугового наплавлення, при якому легування наплавленого металу забезпечують за рахунок легованого дроту суцільного перерізу Нд30ХГСА [3], який концентрує тепловкладання і стабілізує процес наплавлення.

Однак при напавленні деталей металургійного обладнання, які експлуатуються в умовах значних силових, ударних навантажень, високих температур і термоцикування, внаслідок недостатньої кількості легуючих елементів не забезпечуються тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійна стійкість.

В основу винаходу поставлена задача розробити спосіб електродугового наплавлення, в якому комплексне легування з дроту суцільного перерізу і легуючих елементів, які подають безпосередньо у зону горіння дуги, дозволить забезпечити тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійну стійкість наплавлених деталей.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що при електродуговому напавленні легованим дротом суцільного перерізу, відповідно до винаходу, в наплавлений метал додатково вводять легуючі елементи, які подають безпосередньо у зону горіння дуги за допомогою ізольованої зігнутої неферромагнітної стрічки, вісь якої співпадає з віссю дроту, а радіус встановлюють в залежності від радіуса легованого дроту відповідно до виразу:

$$R = R_d + (2,5-3), \text{ мм},$$

де R - радіус зігнутої стрічки;

R_d - радіус легованого дроту, мм.

Комплексне легування наплавленого металу при електродуговому напавленні за рахунок розплавлення легованого дроту суцільного перерізу, і легуючих елементів, які подають безпосередньо в зону горіння дуги за допомогою зігнутої неферромагнітної стрічки, з пропонованим співвідношенням радіусів легованого дроту і зігнутої стрічки забезпечує тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійну стійкість наплавлених деталей металургійного обладнання. Високошвидкісне наплавлення здійснюється на підвищених струмах, що посилює магнітне поле, електромагнітну силу і в квадратичній залежності магнітний тиск. При протіканні струму по дроту створюється магнітне поле, під дією якого легуючі елементи з феросплавів, які подають безпосередньо в зону горіння дуги за допомогою зігнутої неферромагнітної стрічки з пропонованим співвідношенням радіусів, притягуються до дроту і подаються в зону горіння дуги. Максимальна індукція магнітного поля зварювального струму досягається в області акти-

вної плями, розмір якої дорівнює 10^{-6} м, так як зі зменшенням радіуса поле зростає. Тому легуючі елементи притягуються до активних плям. При цьому внаслідок нагріву феросплави стають немагнітними. Але дуга діє як насос, який засосує і викидає в сторону виробу легуючі елементи. Швидкість електронів в міді при струмі 1 А дорівнює $7 \cdot 10^{-5}$ м/с, тому величина струму при автоматичному зварюванні посилюється шляхом підвищення швидкості подачі електрода. Додаткова подача легуючих елементів, притягнутих до легованого дроту, приводить до посилення струму, який визначається кількістю електронів, які протікають через дану площу в одиницю часу, магнітного поля, електромагнітної сили і магнітного тиску. Тому при напавленні змінюються магнітогідродинамічні явища в зварювальній ванні, посилюються конвективні потоки рідкого металу і забезпечується рівномірність хімічного складу наплавленого металу. Одночасно введення легуючих елементів, притягнутих до легованого дроту, збільшує переріз електрода, внаслідок чого зменшується тиск дуги, проплавлення і частка участі основного металу, зростає стійкість до утворення тріщин і зносостійкість наплавлених деталей металургійного обладнання. Зі зменшенням глибини проплавлення знижується здатність до утворення підрізів і підвищується швидкість наплавлення. Високошвидкісне наплавлення на низькій погонній енергії забезпечує зниження зварювальних напруг і здрібнювання мікроструктури, підвищення стійкості до утворення гарячих і холодних тріщин, жароміцності і корозійної стійкості деталей металургійного обладнання.

Всі існуючі способи електродугового наплавлення засновані на легуванні наплавленого металу за рахунок легованого електрода чи керамічного флюсу.

Пропонований винахід заснований на ефективному способі комплексного легування наплавленого металу одночасно за рахунок легованого електрода суцільного перерізу і додатково безпосередньої подачі легуючих елементів в зону горіння дуги електромагнітними силами притягання магнітного поля зварювального струму, який протікає по електроду, впливу на магнітогідродинамічні явища у зварювальній ванні, зниження зварювальних напруг і здрібнювання мікроструктури.

Отже, даний спосіб виявляє свої особливості - комплексного легування і безпосередньої подачі легуючих елементів в зону горіння дуги електромагнітними силами магнітного поля зварювального струму, впливу на магнітогідродинамічні явища у зварювальній ванні, одночасного зниження зварювальних напруг і здрібнювання структури тільки за певних умов, а саме при високошвидкісному напавленні легованим дротом суцільного перерізу і додатковому введенні в наплавлений метал легуючих елементів, які подають безпосередньо у зону горіння дуги за допомогою ізольованої зігнутої неферромагнітної стрічки, вісь якої співпадає з віссю дроту, а радіус встановлюють в залежності від радіуса легованого дроту відповідно до виразу:

$$R = R_d + (2,5-3), \text{ мм},$$

де R - радіус зігнутої стрічки;

R_d - радіус легованого дроту, мм.

Виходить, ці умови є істотними. А комплексне легування наплавленого металу легуючими елементами в заявленій закономірності, забезпечує виникнення нового ефекту подачі легуючих елементів в зону горіння дуги електромагнітними силами зварювального струму, переходу легуючих безпосередньо через дугу, впливу на магнітогідродинамічні явища, зменшення зварювальних напруг, здрібнювання структури, підвищення тріщиностійкості, зносостійкості, жароміцності і корозійної стійкості наплавлених деталей.

При радіусі зігнутої неферромагнітної стрічки менше $R_d+2,5$, мм важко забезпечити відсутність закорочення дроту на стрічку і міцність стрічки, стабільність процесу і хімічного складу, тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійну стійкість наплавленого металу.

При радіусі зігнутої неферромагнітної стрічки більше R_d+3 , мм величини електромагнітних сил і магнітного тиску недостатньо для електромагнітного притягання до дроту і подачі легуючих елементів безпосередньо в зону горіння дуги. Тому порушується хімічний склад, тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійна стійкість наплавлених деталей.

Спосіб електродугового високошвидкісного наплавлення здійснюється в такий спосіб. Деталь

закріплюється на установці, в якій використовують стандартний автомат з додатковим бункером спеціальної конструкції, кількість відділень в якому дорівнює кількості легуючих елементів. На виході з бункера всі легуючі елементи подають безпосередньо у зону горіння дуги за допомогою ізолюваної зігнутої неферромагнітної стрічки, вісь якої співпадає з віссю дроту, а радіус встановлюють в залежності від радіуса легованого дроту відповідно до виразу:

$$R=R_d+(2,5-3), \text{ мм.}$$

Приклад

Вироблялося автоматичне електродугове наплавлення робочих валків стана 1700 із сталі 9ХФ діаметром 1 м і довжиною бочки 1,7 м. Наплавлення здійснювалось під флюсом АН-26 легованим дротом Нд30ХГСА діаметром 5 мм з додатковою подачею легуючих елементів безпосередньо в зону горіння дуги. Автоматичне наплавлення вироблялося на режимі: величина струму 750-800 А, напруга на дузі 34-36 В, швидкість 75 м/г. Як джерело живлення використовували випрямляч ВДУ 1602. Результати проведених досліджень впливу радіуса зігнутої неферромагнітної стрічки на якість формування зварних швів, тріщиностійкість, зносостійкість і працездатність наплавлених деталей представлені в таблиці.

Таблиця

Спосіб	Кількість прокатаного металу, тис. тонн	Довжина тріщин, мм	Знос валка, мм
Відомий Прототип	500	21,0	11,0
Пропонований			
Радіус зігнутої неферромагнітної стрічки			
$R_d=2$ мм			
$R=R_d+2$ (4 мм)	500	5,0	5,0
$R=R_d+3,5$ (5,5 мм)	500	7,0	7,0
$R=R_d+2,5$ (4,5 мм)	500	2,0	2,0
$R=R_d+3$ (5 мм)	500	2,0	2,0
$R_d=2,5$ мм			
$R=R_d+2$ (4,5 мм)	500	5,0	5,0
$R=R_d+3,5$ (6 мм)	500	7,0	7,0
$R=R_d+2,5$ (5 мм)	500	2,0	2,0
$R=R_d+3$ (5,5 мм)	500	2,0	2,0

У результаті проведених досліджень встановлено, що високошвидкісне наплавлення легованим дротом суцільного перерізу з додатковим введенням легуючих елементів, які подають безпосередньо у зону горіння дуги за допомогою ізолюваної зігнутої неферромагнітної стрічки, вісь якої співпадає з віссю дроту, а радіус встановлюють в залежності від радіуса легованого дроту відповідно до виразу:

$$R=R_d+(2,5-3), \text{ мм,}$$

є оптимальним.

Використання пропонованого способу в порівнянні з існуючими забезпечує за рахунок додаткового легування феросплавами, які подають безпосередньо в зону горіння дуги, наступні переваги:

- використання магнітного поля зварювального струму і введення легуючих елементів безпосередньо в зону горіння дуги електромагнітними силами притягання;
- зниження тепловнесення, погонної енергії і зварювальних напруг, що забезпечує зростання стійкості до утворення холодних і гарячих тріщин;
- зростання швидкості наплавлення і кристалізації рідкого металу зварювальної ванни, що забезпечує здрібнювання структури;
- вплив на магнітогідродинамічні явища у зварювальній ванні і якісне формування наплавленого металу при високошвидкісному наплавленні;
- підвищення тріщиностійкості, зносостійкості, жароміцності і корозійної стійкості наплавлених деталей.

Упровадження пропонованого способу високошвидкісного наплавлення з комплексним легуванням при відновленні і зміцненні деталей прокатних станів дозволяє забезпечити якісне формування наплавленого металу, тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність, корозійну стійкість, працездатність, зниження витратного коефіцієнта валків і собівартості прокату.

Література:

1. Фрумин И.И., Юзвенко Ю.А., Лейначук Е.И. Технология механизированной наплавки. - М.: Высшая школа, 1965. - 306 с.
2. Пат. 62591 А Україна МКВ В23К 35/00 Електродна стрічка для наплавлення / Бойко В.С., Степнов К.К., Шебаніц Е.М.
3. ГОСТ 10543-82 Проволока стальная наплавочная.