



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 88102

(13) C2

(51) МПК (2009)

B23K 9/18

B23K 35/30

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ДРІТ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ

1

2

(21) а200801337

(22) 04.02.2008

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл.№ 17, 2009 р.

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

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

(56) ГОСТ 10543-98. Проволока стальная наплавочная. Технические условия. ОКП 170010.

UA 200704469, 26.11.2007

RU 2198083 C2, 10.02.2003

RU 2293640 C2, 20.02.2007

UA 62591 A, 15.12.2003

(57) Дріт для електродугового наплавлення, який містить вуглець, хром, нікель, марганець, кремній, залізо, сірку, фосфор, який **відрізняється** тим, що до складу дроту додатково введено молібден, ванадій, ніобій і мідь при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

| | |
|-----------|-----------------|
| вуглець | 0,3-0,36 |
| марганець | 0,4-0,7 |
| кремній | 0,15-0,4 |
| хром | 4,8-5,2 |
| нікель | не більше 0,3 |
| мідь | не більше 0,2 |
| молібден | 0,6-0,8 |
| ванадій | 0,3-0,4 |
| ніобій | 0,15-0,2 |
| сірка | не більше 0,015 |
| фосфор | не більше 0,015 |
| залізо | решта до 100%. |

Винахід відноситься до області електродугового наплавлення, вчасності до складу дроту, і може бути використаний при виготовленні і зміцненні деталей прокатного обладнання в чорній металургії і важкому машинобудуванні.

Деталі прокатного обладнання, які експлуатуються в умовах значних силових, ударних, знакозмінних навантажень і високих температур, повинні характеризуватись тріщиностійкістю, зносостійкістю, жароміцністю і корозійною стійкістю.

Більшість існуючих способів забезпечення зносостійкості деталей металургійного обладнання засновані на використанні для легування порошкових дротів і стрічок, які не забезпечують відсутності кристалізаційних і холодних тріщин, рівномірності зносостійкості по всій наплавленій поверхні і рівнотовщинності прокату.

Відома електродна стрічка для наплавлення [1], 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 – | останнє. |

Однак внаслідок низького змісту вуглецю і хрому при наплавленні деталей металургійного обладнання не забезпечується зносостійкість і корозійна стійкість. 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 тепловкладання, розмірів зерна, підвищення зварювальних напруг, утворення гарячих і холодних тріщин, зниження зносостійкості і корозійної стійкості деталей металургійного обладнання.

Для підвищення зносостійкості найбільш ефективно використовувати для наплавлення дроти суцільного перерізу.

(13) C2

(11) 88102

(19) UA

Відомий дріт для електродугового наплавлення Нд30ХГСА [2], який містить у собі в мас. %:

| | |
|-------------|----------------|
| Вуглець – | 0,27-0,35 |
| Марганець – | 0,8-1,1 |
| Кремній – | 0,9- 1,2 |
| Хром – | 0,8-1,1 |
| Нікель – | не більше 0,4 |
| Сірка – | не більше 0,03 |
| Фосфор – | не більше 0,04 |

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

Відомий узятий за прототип дріт для наплавлення Нд30Х5 [2], що містить в мас. %:

| | |
|-------------|-----------------|
| Вуглець – | 0,27-0,35 |
| Марганець – | 0,4-0,7 |
| Кремній – | 0,2-0,5 |
| Хром – | 4,0-6,0 |
| Нікель – | не більше 0,4 |
| Сірка – | не більше 0,04 |
| Фосфор – | не більше 0,03 |
| Залізо – | останнє до 100% |

При електродуговому наплавленні високовуглецевих сталей для запобігання виникнення кристалізаційних і холодних тріщин виконують попередній і співпадаючий нагрів, термічну обробку і заповільне охолодження.

Узятий за прототип дріт для наплавлення характеризується найбільшою по зрівнянню з представленими зносостійкістю. Однак внаслідок недостатньої кількості вуглецю і легуючих елементів при наплавленні деталей металургійного обладнання не забезпечується тріщиностійкість, зносостійкість, жароміцність і корозійна стійкість.

В основу винаходу поставлена задача розробити дріт для електродугового наплавлення, у якому підвищення кількості вуглецю, введення нових компонентів, а також використання нових співвідношень вуглецю і легуючих елементів дозволить забезпечити відсутність кристалізаційних і холодних тріщин, підвищення зносостійкості, жароміцності і корозійної стійкості.

Поставлена задача зважується за рахунок того, що до складу дроту для електродугового наплавлення, який містить у собі вуглець, хром, нікель, марганець, кремній, залізо, сірку, фосфор, відповідно винаходу, додатково введено молібден, ванадій, ніобій і мідь при наступному співвідношенні компонентів в мас. %:

| | |
|-------------|-----------------|
| Вуглець – | 0,3-0,36 |
| Марганець – | 0,4-0,7 |
| Кремній – | 0,15-0,4 |
| Хром – | 4,8-5,2 |
| Нікель – | не більше 0,3 |
| Мідь – | не більше 0,2 |
| Молібден – | 0,6-0,8 |
| Ванадій – | 0,3-0,4 |
| Ніобій – | 0,15-0,2 |
| Сірка – | не більше 0,015 |
| Фосфор – | не більше 0,015 |
| Залізо – | останнє до 100% |

Додаткове підвищення кількості вуглецю, введення молібдену, ванадію, ніобію і міді в пропонованому співвідношенні забезпечує одночасно зростання і твердості, жаростійкості, стійкості к виникненню гарячих і холодних тріщин і корозійної стійкості. При одночасному введенні в дріт додаткової кількості вуглецю, який характеризується високою твердістю та низькою пластичністю, ванадію і ніобію, який створює мілкодисперсні карбіди ніобію, здрибнює структуру, зростає площа контакту і величина міжатомних сил зв'язку, що забезпечує підвищення стійкості до утворення гарячих і холодних тріщин. Особливо зростає стійкість до утворення гарячих тріщин, які виникають по границям зерен. Легуючи елементи молібден і ванадій підвищують жароміцність, температуру зниження міцності металу при нагріві і стійкості наплавленого металу до зниження міцності. Ванадій - сильний карбідостворювач. При введенні ванадію створюються карбіди ванадію, які по розчинюються в залізі та мають форму мілкодисперсних нетвердих включень, внаслідок чого зростає пластичність наплавленого металу і стійкість до утворення гарячих тріщин. При електродуговому наплавленні створюються карбіди ванадію і ніобію, які підвищують твердість і зносостійкість наплавленого металу. Тріщини виникають, коли зварювальні напруги стають більше межі міцності, яка залежить від міжатомних сил зв'язку. Ніобій є сильним карбідостворювачем, який зв'яже вуглець в стійкий стабільний карбід і затрудняє виникнення карбідів хрому, що підвищує корозійну стійкість, яка особливо важлива при прокатці, коли робочі валки, контактуючі з гарячим металом, охолоджуються водою. Введення міді, яка розчинюється у фериті, зміцнює його та здрибнює перліт. Завдяки чому міцність наплавленого металу зростає і підвищується зносостійкість. Крім того, введення міді підвищує пластичність і стійкість до утворення тріщин, що посилюється шляхом зниження кількості сірки та фосфору. Одночасне здрибнення структури, зниження зварювальних напруг і зростання корозійної стійкості забезпечує підвищення жаростійкості, тріщиностійкості, зносостійкості і працездатності наплавлених високовуглецевих деталей.

Всі існуючі дроти для електродугового наплавлення високовуглецевих сталей засновані на підвищенні кількості вуглецю і хрому.

Пропонований винахід заснований на ефективному способі впливу на кристалізацію металу зварювальної ванни, одночасного здрибнення структури, зниження зварювальних напруг і зростання корозійної стійкості за рахунок додаткового підвищення кількості вуглецю, введення молібдену, ванадію, ніобію і міді.

Таким чином, додаткове підвищення кількості вуглецю, введення легуючих елементів в заявленому співвідношенні, забезпечує виникнення нового ефекту впливу на магнітогідродинамічні явища, зменшення зварювальних напруг, здрибнювання структури, підвищення тріщиностійкості, зносостійкості, жароміцності і корозійної стійкості наплавлених деталей.

При введенні в дрiт менше 0,3% вуглецю знижується твердiсть i зносостiйкiсть наплавлених деталей. Крім того, кiлькостi вуглецю недостатньо для створення карбiдiв хрому, ванадiю i нiобiю, що додатково знижує твердiсть i зносостiйкiсть наплавлених деталей.

При введенi бiльше 0,36% вуглецю зростає схильнiсть до утворення холодних i гарячих трiщин, що значно знижує трiщиностiйкiсть i зносостiйкiсть наплавлених деталей.

При введеннi в дрiт менше 0,6% молiбдену, який характеризується високою температурою плавлення, високими механiчними властивостями i модулем пружностi, не забезпечується жаромiцнiсть наплавлених деталей, якi експлуатуються в умовах високих температур, зменшується температура зниження мiцностi металу при нагрiвi i стiйкiсть наплавленого металу до зниження мiцностi. Тому знижується зносостiйкiсть i працездатнiсть деталей.

При введенi бiльше 0,8% молiбдену внаслідок високого модуля пружностi знижується пластичнiсть наплавленого металу i зростає схильнiсть до утворення трiщин. Порушується рiвновага сил, дiючих мiж атомами. Тому знижується трiщиностiйкiсть i зносостiйкiсть наплавлених деталей. Крім того, зростає собiвартiсть дроту, що знижує ефективнiсть процесу наплавлення.

При введенi в дрiт менше 0,3% ванадiю, який є сильним карбiдостворювачем, не забезпечується мiлкодисперсна структура, знижується жаромiц-

нiсть i пластичнiсть наплавленого металу. Тому зростає схильнiсть до утворення трiщин i знижується зносостiйкiсть наплавлених деталей.

При введенi в дрiт бiльше 0,4% ванадiю, внаслідок утворення нетвердих включень порушується рiвномiрнiсть зносу валкiв, що приводить к порушенню рiвномiрностi товщини металу. Крім того, зростає собiвартiсть наплавлення i витратний коефiцiєнт валкiв на тону прокату.

При введенi в дрiт менше 0,15% нiобiю, не забезпечується створення мiлкодисперсних карбiдiв нiобiю, зростає зерно, зменшуються площа контакту i мiжатомнi сили зв'язку, що приводить до зниження трiщиностiйкостi. Тому знижується зносостiйкiсть i працездатнiсть деталей металургiйного обладнання.

При введенi в дрiт бiльше 0,2% нiобiю, який характеризується високою температурою плавлення i рiзко рiзняється теплофiзичними властивостями зi сталлю, пiдвищуються напруги i деформацiї, якi викликають виникнення трiщин i зниження трiщиностiйкостi i зносостiйкостi наплавлених деталей.

При введенi в дрiт бiльше 0,2% мiдi, яка рiзко рiзняється теплофiзичними властивостями зi сталлю, зростають деформацiї i напруги, якi приводять к виникненню трiщин i зниженню трiщиностiйкостi деталей.

Дроти суцiльного перерiзу для електродугового наплавлення вироблялися хiмiчних складiв, приведених у таблицi №1.

Таблиця 1

| Елементи | Склад, мас. % | | | | |
|-----------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Вуглець | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,33 | 0,36 |
| Марганець | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 0,55 | 0,7 |
| Кремнiй | 0,1 | 0,5 | 0,15 | 0,275 | 0,4 |
| Хром | 4,0 | 6,0 | 4,8 | 5,0 | 5,2 |
| Нiкель | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Мiдь | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Молiбден | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| Ванадiй | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,35 | 0,4 |
| Нiобiй | 0,14 | 0,21 | 0,15 | 0,175 | 0,2 |
| Сiрка | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| Фосфор | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| Залiзо | 94,03 | 90,16 | 92,77 | 92,09 | 91,41 |

Приклад. Вироблялося автоматичне електро-дугове наплавлення дротами рiзного хiмiчного складу робочих валкiв iз сталi 9ХФ дiаметром 1м i довжиною бочки 1,7м. Наплавлення вироблялося пiд флюсом АН-26. Як джерело живлення використовували випрямач ВДУ 1204. Автоматичне на-

плавлення вироблялось на режимi: величина струму 800-850А, напруга на дузi 32-34В, швидкiсть наплавлення 75м/г. Результати проведених дослiджень впливу хiмiчного складу дроту на трiщиностiйкiсть, зносостiйкiсть i працездатнiсть наплавлених деталей представленi в таблицi №2.

Таблиця 2

| Спосіб | Кількість прокату металу, тис. Тонн | Довжина тріщин, мм | Знос валка, мм |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|----------------|
| Відомий, прототип | 500 | 25,0 | 5,0 |
| Пропонований | | | |
| 1 | 500 | 6,0 | 2,0 |
| 2 | 500 | 5,0 | 1,5 |
| 3 | 500 | 2,0 | 0,75 |
| 4 | 500 | 2,0 | 0,75 |
| 5 | 500 | 2,0 | 0,75 |

Використання пропонованого дроту для електродугового наплавлення в порівнянні з існуючими забезпечує за рахунок додаткового підвищення кількості вуглецю, введення молібдену, ванадію, ніобію і міді у заявленому співвідношенні наступні переваги:

- створення карбідів хрому, ванадію і ніобію внаслідок чого зростає твердість наплавленого металу;

- зростання швидкості кристалізації рідкого металу зварювальної ванни, зменшення часу перебування металу у рідкому стані і здрібнювання структури;

- створення мілкодисперсних карбідів ніобію, зростання площі контакту атомів і міжатомних сил зв'язку;

- підвищення жароміцності, температури зниження міцності металу при нагріві і стійкості наплавленого металу до зниження міцності;

- створення карбідів ванадію, які не розчинюються в залізі та мають форму мілкодисперсних нетвердих включень, внаслідок чого зростає пластичність наплавленого металу і стійкість к утворенню гарячих тріщин;

стичність наплавленого металу і стійкість к утворенню гарячих тріщин;

- створення карбідів ніобію і захисної плівки оксидів хрому на поверхні наплавленого металу, що підвищує корозійну стійкість;

- підвищення тріщиностійкості, зносостійкості, жароміцності і корозійної стійкості наплавлених деталей із високовуглецевих сталей.

Упровадження пропонованого дроту для електродугового наплавлення при відновленні і зміцненні деталей металургійного обладнання дозволяє забезпечити якісне формування наплавленого металу, тріщиностійкість, зносостійкість, працездатність і зниження витратного коефіцієнту валків на тону прокату.

Література

1. Пат. 62591 А Україна МКВ В 23К35/00 Електродна стрічка для наплавлення / Бойко В.С., Степнов К.К., Шебаніц Е.М.

2. ГОСТ 10543-82 Проволока стальная наплавочная.