



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102342** (13) **C2**

(51) МПК (2013.01)

C23C 4/10 (2006.01)

C22C 32/00

B22F 5/12 (2006.01)

B23H 7/24 (2006.01)

H01T 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2012 07613**

(22) Дата подання заявки: **20.06.2012**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **25.06.2013**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **10.01.2013, Бюл.№ 1**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.06.2013, Бюл.№ 12**

(72) Винахідник(и):

**Кириленко Степан Миколаєвич (UA),
Паустовский Александр Васильевич**

**(UA),
Христов Володимир Георгійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М.
ФРАНЦЕВИЧА НАН УКРАЇНИ,**

вул. Кржижанівського, 3, м. Київ, 03680 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

RU 102623 U1, 10.03.2011

RU 2129619 C1, 27.04.1999

JP 59013044 A, 23.01.1984

(54) ЕЛЕКТРОДНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ

(57) Реферат:

Винахід належить до машинобудування, зокрема до матеріалів призначених для електроіскрового відновлення робочих поверхонь деталей машин. Заявлено легкоплавкий електродний матеріал, який містить, мас. %: кремній - 2-3, бор - 0,5-0,6 мідь - 4-5, карбід вольфраму - 25-50, нікель - решта. Винахід дозволяє збільшити твердість утворюваного покриття до 7,5 ГПа та досягти товщини 4,5 мм.

UA 102342 C2

Розроблений електродний матеріал на основі нікелю стосується галузі машинобудування, призначений для виготовлення електродів для електроіскрового відновлення робочих поверхонь деталей машин, може знайти застосування для ремонту різних машин.

Відомий матеріал на основі заліза [патент України № 84231 від 25.09.2008 р., бюл.

5 № 18] склад якого становить, мас. %:

| | |
|--------------|--------|
| кремній | 2-3 |
| карбід хрому | 15-35 |
| нікель 12-1 | 6 |
| залізо | решта. |

Цей електродний матеріал можна використати для одержання покриття твердістю HRC 38-58.

Але товщина покриття є недостатньою для відновлення робочих поверхонь деталей машин і складає 1,6 мм.

10 Найбільш близьким аналогом є матеріал на основі нікелю НПЧ-1 [ТУ 48-19-40-73 Борисов Ю.С., Харламов Ю.А., Сидоренко С.Л., Ардатовская Е.Н. Газотермические покрытия из порошковых материалов. - К.: Наукова думка, 1987 - С. 216], який має склад, мас. %:

| | |
|---------|---------|
| кремній | 2-3 |
| бор | 1,2-1,5 |
| вуглець | 0,1-0,3 |
| залізо | 0,1-0,7 |
| мідь | 4-5 |
| нікель | решта. |

Цим матеріалом можна нанести покриття товщиною 4,2-4,8 мм. Але покриття нанесене цим сплавом має незначну твердість 1,9-2,3 ГПа.

15 Задачею винаходу "Електродний матеріал на основі нікелю" є збільшення твердості електроіскрового покриття. Задача вирішується шляхом введення в матеріал електрода карбіду вольфраму WC.

Отримали електродний матеріал на основі нікелю, що містить кремній, бор, мідь, який відрізняється тим, що містить карбід вольфраму WC при такому співвідношенні компонентів,

20 мас. %:

| | |
|------------------|---------|
| кремній | 2-3 |
| бор | 0,5-0,6 |
| мідь | 4-5 |
| карбід вольфраму | 25-50 |
| нікель | решта. |

Тверда фаза карбіду вольфраму, перемішуючись із евтектикою системи Ni-Ni₃B-Cu, дозволяє збільшити твердість утворюваного покриття до 7,5 ГПа. З іншої сторони, невисока температура плавлення евтектики дозволяє одержати велике перенесення електродного матеріалу на поверхню деталі, внаслідок чого товщина покриття складає 4,5 мм.

25 Виготовлення електродного матеріалу проводили методом порошкової металургії. Спочатку проводили розмел карбіду вольфраму в кульовому млині в середовищі спирту-ректифікату при масовому співвідношенні порошок:твердосплавні кульки:спирт=2:6:1. Час розмелу - 72 год. Основну частину розмеленого порошку складає фракція до 1 мкм. Потім в млин добавляли решту компонентів та проводили розмел-змішування протягом 4 год. при масовому

30 співвідношенні порошок:кульки:спирт 2:8:1. Розмелену суміш сушили в сушильній шафі та змішували з 5 % розчином синтетичного каучуку в бензині (0,4-0,5 кг на 1 кг шихти). Отримані суміші сушили у витяжній шафі і протирали на ситі 045.

Заготовки розміром 4×4×70 мм пресувались на гідравлічному пресі при тиску 300 МПа. Пористість заготовок складала 40-42 %. "Пресовки" сушили в сушильній шафі при температурі

35 150 °C протягом 12 год.

Спінання проводили в 2 етапи. Попереднє спінання проводили в муфельній печі в середовищі водню при температурі 800 °C протягом 2 год. Швидкість підвищення температури 0,06 град./с. Зразки розміщувались в човнику в засипці з прожареного глинозему з 2 % добавкою графітової крупки. Остаточне спінання проводилось в вакуумній печі при вакуумі

40 $6,67 \times 10^{-3}$ Па при температурі 960-980 °C протягом 2 годин. При такій температурі спінання зразки мають пористість до 10 %, яка є оптимальною. При більшій пористості, яка отримується при меншій температурі спінання, електрод в процесі нанесення покриття нагрівається до 800-1000 °C, внаслідок зменшення його теплопровідності і відбувається значне окислення матеріалу покриття.

Отриманий за даною технологією матеріал дозволяє наносити електроіскрове покриття яке має більшу твердість, ніж покриття, нанесене матеріалом на основі нікелю НПЧ-1.

Покриття одержували в процесі електроіскрового легування, що проводилось на нульовому режимі установки ЄЛІТРОН-52 (енергія імпульсу 7,5 Дж). Питомий час обробки складав 0,6 Мс/м².

Питоме перенесення виміряли шляхом зважування зразків на аналітичних електронних вагах з точністю 10⁻⁴ г. Товщину покриття і твердість вимірювали на приладі ПМТ-3.

Результати випробування наведені в таблиці.

Таблиця

Характеристики електроіскрових покриттів

| Склад електродного матеріалу | | | | | | | | Характеристики | | |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| № | B | C | Si | Fe | Cu | WC | Ni | Питоме перенесення г/м ² | Товщина покриття, мм | Твердість покриття, ГПа |
| 1 | 0,5 | - | 2 | - | 4 | 25 | 68,5 | 2,3-2,7 | 4,0-4,5 | 3,5-4 |
| 2 | 0,5 | - | 2 | - | 4 | 40 | 53,5 | 2,1-2,3 | 3,5-4,0 | 5,0-6 |
| 3 | 0,5 | - | 2 | - | 4 | 50 | 43,5 | 1,9-2,1 | 3,2-3,8 | 6-7,5 |
| 4 | 0,5 | - | 2 | - | 4 | 60 | 33,5 | 1,5-1,8 | 2-2,5 | 7-7,5 |
| 5 | 0,5 | - | 2 | - | 4 | 15 | 78,5 | 2,5-2,9 | 4,3-4,7 | 2,5-3 |
| 6 | 1,2 | 0,1 | 1,3 | 0,1 | 4 | - | 93,3 | 2,3-2,7 | 4,2-4,8 | 1,9-2,3 |

В таблиці пп. 1-5 наведені характеристики отриманих покриттів з різним вмістом карбіду вольфраму. Оптимальний вміст карбіду вольфраму лежить в межах 25-50 мас. % (пп.1-3). При вмісті карбіду вольфраму 25 мас. % (п. 1) товщина покриття складає до 4,5 мм при твердості до 4 ГПа. Зі збільшенням вмісту WC до 40 мас. % (п. 2) товщина покриття зменшується до 4 мм, але твердість збільшується до 6 ГПа. При вмісті карбіду вольфраму 50 мас. % (п. 3) товщина покриття становить до 3,8 мм при твердості 7,5 ГПа. При більшому вмісті карбіду вольфраму (п. 4) суттєво зменшується товщина і питоме перенесення покриття. При меншому вмісті карбіду вольфраму (п. 5) суттєво зменшується твердість покриття.

Приклад 1. До попередньо розмеленого до 1 мкм карбіду вольфраму WC додаємо порошки кремнію, міді, бору та нікелю в такому співвідношенні мас, при якому частка WC складає 25 мас. % (п. 1). Проводимо розмел-змішування компонентів протягом 4 год. Потім пресуємо заготовки на гідравлічному пресі під тиском 300 МПа і спікаємо в вакуумній печі при температурі 960 °С. Отриманим матеріалом наносимо електроіскрове покриття на нульовому режимі установки ЄЛІТРОН-52. Час обробки 0,6 Мс/м². Покриття має товщину 4-4,5 мм, а його твердість складає 3,5-4 ГПа, що на 1,7 ГПа вище, ніж твердість, яку можна отримати при застосуванні електрода із сплаву НПЧ-1.

Приклад 2. До попередньо розмеленого до 1 мкм карбіду вольфраму WC додаємо порошки кремнію, міді, бору та нікелю в такому співвідношенні мас, при якому частка WC складає 50 мас. % (п. 3). Проводимо розмел-змішування компонентів протягом 4 год. Потім пресуємо заготовки на гідравлічному пресі під тиском 300 МПа і спікаємо в вакуумній печі при температурі 960 °С. Отриманим матеріалом наносимо електроіскрове покриття на нульовому режимі установки ЄЛІТРОН-52. Час обробки 0,6 Мс/м². Покриття має товщину 3,2-3,8 мм, а його твердість складає 6-7,5 ГПа. Таке покриття (на відміну від сплаву НПЧ-1) можна використовувати для відновлення робочих поверхонь деталей, виготовлених із гартованої сталі.

Приклад 3. До попередньо розмеленого до 1 мкм карбіду вольфраму WC додаємо порошки кремнію, міді, бору та нікелю в такому співвідношенні мас, при якому частка WC складає 15 мас. % (п. 5). Проводимо розмел-змішування компонентів протягом 4 год. Потім пресуємо заготовки на гідравлічному пресі під тиском 300 МПа і спікаємо в вакуумній печі при температурі 960 °С. Отриманим матеріалом наносимо електроіскрове покриття на нульовому режимі установки ЄЛІТРОН-52. Час обробки 0,6 Мс/м². Покриття має товщину 4,3-4,7 мм, а його твердість складає 2,5-3 ГПа, що на 0,6 ГПа вище, ніж у покриття із сплаву НПЧ-1. Це незначна різниця, тому використання цього сплаву є недоцільним.

Оптимальний вміст міді 4-5 %, а бору 0,5-0,7 мас. %, при яких утворюється потрібна евтектика Ni-Ni₃B-Cu, невисока температура плавлення якої дозволяє одержати велике перенесення електродного матеріалу на поверхню деталі. Оптимальний вміст кремнію-2-3 мас. %. Менший вміст недостатній для розкислення матеріалу покриття. Більший вміст

позитивного ефекту не дає. Вмістом карбїду вольфраму регулюється твердість покриття. Для відновлення деталей з сирїї сталі чи гартованої сталі з високим відпуском доцільним є використання сплаву з 25 % WC. Для відновлення деталей з гартованої сталі з низьким відпуском необхідно використовувати сплав з високим вмістом карбїду WC-50 %.

5 Електроіскрове покриття нанесене розробленим матеріалом має більшу твердість, ніж покриття нанесене матеріалом на основі нікелю НПЧ-1 (ТУ 48-19-40-73).

Виробниче застосування-відновлення і ремонт робочих поверхонь деталей з сирїї сталі чи гартованої сталі з високим відпуском, а також для відновлення деталей з гартованої сталі з низьким відпуском (шийки валів, поверхні тертя).

10

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

Електродний матеріал на основі нікелю, що містить кремній, бор, мідь, який **відрізняється** тим, що додатково містить карбїд вольфраму при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

| | |
|------------------|---------|
| кремній | 2-3 |
| бор | 0,5-0,6 |
| мідь | 4-5 |
| карбїд вольфраму | 25-50 |
| нікель | решта. |

15

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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