



УКРАЇНА

(19) UA (11) 84770 (13) C2
(51) МПК (2006)
B23H 9/00
C23C 4/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ НАНЕСЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

1

(21) а200613588

(22) 21.12.2006

(24) 25.11.2008

(46) 25.11.2008, Бюл.№ 22, 2008 р.

(72) АНТОНЮК ВІКТОР СТЕПАНОВИЧ, UA, ВОЛ-
КОГОН ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, UA, КЛІМА-
НОВ ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ, UA, АВРАМЧУК
СВІТЛАНА КОСТЯНТИНІВНА, UA, СОРОКА ОЛЕ-
НА БОРИСІВНА, UA, КРАВЧУК АНДРІЙ ВАЛЕН-
ТИНОВИЧ, UA, БОБЕР МИХАЙЛО ВІКТОРОВИЧ,
UA

(73) ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА
ІМЕНІ І.М.ФРАНЦЕВИЧА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКА-
ДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, UA

(56) UA 56193 C2, 15.05.2003

UA 70341 C2, 15.10.2004

UA 33410 A, 15.02.2001

UA 69428 C2, 15.09.2004

UA 47955 A, 15.07.2002

US 20050211165 A1, 29.09.2005

(57) Спосіб нанесення зносостійких покриттів, який
включає формування струмопровідних покриттів

2

електричним розрядом щонайменше одним елект-
родом, виконаним з матеріалу, який вибирають із
матеріалів з різними фізико-механічними власти-
востями та складом легуючих елементів для за-
безпечення фізико-механічних характеристик по-
верхні, який **відрізняється** тим, що попередньо
легуючий матеріал покриття у вигляді порошку
закріплюють на листову діелектричну основу як
окремі дискретні ділянки з відповідною щільністю,
основу накладають на поверхню, що підлягає ле-
гуванню, запалюють електричну дугу між поверх-
нею, що підлягає легуванню, та електродом біля
краю діелектричної основи, переміщують електрод
та формують покриття, причому сумарна площа
дискретних ділянок, які створюються електродом,
відноситься до площі поверхні, що зміцнюється,
таким чином, що забезпечується щільність покрит-
тя в межах 40-60%, а співвідношення діаметрів
дискретних ділянок покриття та глибини їх проник-
нення знаходиться в межах 5-12.

Винахід відноситься до способів підвищення
твердості, міцності і зносокорозійної стійкості по-
верхонь конструкційних матеріалів, зокрема, до
електроіскрового легування, і може знайти засто-
сування в машинобудуванні, залізничному транс-
порті та інших галузях народного господарства
для забезпечення стійкості деталей, різального
інструменту та рейок, що знаходяться в умовах
підвищеного тертя.

Відомий спосіб нанесення дискретних зносо-
стійких покриттів, наприклад, [патент України
№33410, МПК C23C4/02, Бюл. №1 від
15.02.2001р], суть якого полягає в нанесенні про-
міжного шару, а в подальшому створення зносо-
стійкого покриття.

Недоліком відомого способу нанесення по-
криттів можна вважати необхідність попередньої
обробки поверхні потоками атомів іонів титана в
вакуумі і одночасного нанесення проміжного шару
з подальшим формуванням зовнішнього шару по-

криття з нітриду титану методом вакуумного напи-
лення, що ускладнює технологічний процес. Такий
спосіб також характеризується складністю форму-
вання покриттів на окремих недосяжних ділянках
деталі.

Найбільш близький до запропонованого спо-
соби за сукупністю ознак є відомий спосіб нане-
сення зміцнюючих покриттів [патент України
№56193 МПК B23H9/00, B23H7/24, C23C4/00, Бюл.
№5 від 15.05.2003р.], суть якого полягає в нане-
сенні дискретних покриттів електродами з матері-
алів з різними фізико - механічними характеристи-
ками та складом легуючих елементів, при цьому
фізико - механічні характеристики поверхні, що
зміцнюється, регулюють шляхом зміни відношення
площ дискретних ділянок, які створюються кожним
електродом.

Недоліком цього способу є неможливість за-
безпечення рівномірного розподілу легуючих еле-
ментів та їх необхідної щільності.

(13) C2

(11) 84770

(19) UA

В основу винаходу „Спосіб нанесення зміцнюючих покриттів” поставлено задачу удосконалити спосіб формування зносостійких покриттів з металевих матеріалів шляхом попереднього закріплення легуючих елементів на діелектричній основі, що забезпечує зносостійкість і якість робочої поверхні. При цьому фізико - механічні характеристики поверхні, що зміцнюються, забезпечують шляхом зміни відношення площі дискретних ділянок, які створюються електродами, до загальної площі поверхні при рівномірному розподілі ділянок покриттів.

Вирішення задачі досягнуто за рахунок того, що для одержання зносостійкого покриття перед виникненням електричного розряду між електродами і поверхнею, на листову діелектричну основу закріплюють легуючий матеріал покриття у вигляді порошку, яку закріплюють на поверхню, що підлягає легуванню, запалюють електричну дугу по торцю діелектричної основи, і забезпечують фізико-механічні характеристики поверхні шляхом зміни відношення площі дискретних ділянок, які створюються електродами до площі поверхні, що зміцнюється таким чином, щоб забезпечити щільність покриття в межах 40-60%, при цьому співвідношення діаметрів дискретних ділянок покриття до глибини їх проникнення знаходиться в межах 5-12, чим забезпечує поверхневого шару напружено-деформований стан, який відповідає умовам когезійної міцності.

Перед нанесенням покриття легуючий матеріал покриття у вигляді порошку закріплюють на листову діелектричну основу за допомогою зв'язуючого матеріалу, наприклад, клею на органічній основі. Одержаний таким чином лист закріплюють на поверхні, що підлягає легуванню. По торцю діелектричної основи запалюють дугу між електродами і поверхнею, що підлягає легуванню. Внаслідок іонізованого потоку і високої температури легуючі елементи порошку дифундують в поверхню, створюючи зміцнений шар.

Переміщення електродів дає можливість формувати різноманітну топографію покриття на робочій поверхні деталі, інструменту або рейок, а відстань між ділянками покриття і їх розміри визначає щільність покриття (відношення покритої площі до загальної). Змінюючи напругу і величину струму, забезпечують співвідношення розмірів дискретних ділянок покриття до глибини їх впровадження. Щільність та співвідношення розмірів дискретних ділянок до глибини покриття визначає експлуатаційну надійність захисного шару, наприклад, підвищує зносостійкість зміцненого поверхневого шару в 2-3 рази за рахунок оптимізації в ньому рівня залишкових напружень, коли максимальний розмір ділянки дискретного покриття не перевищує припустимий крок тріщини в суцільному покритті при його руйнуванні.

Як легуючі матеріали для одержання зносостійкого покриття попередньо на діелектричну основу у вигляді порошків наносяться, наприклад, тугоплавкі сполуки (карбідів, боридів, нітридів), які закріплюються на ній за допомогою клею. Після висихання нанесеної маси отриманий лист фіксується на поверхні, на яку буде наноситись покриття.

При подачі напруги між електродом, який може бути виготовлений з матеріалів з різними фізико-механічними властивостями та складом легуючих елементів, і поверхнею по торцю отриманого листа з легуючими елементами виникає електричний розряд, внаслідок чого створюється нова композиційна надтверда сполука, яка закріплюється в кратері, що виник внаслідок високої температури.

Необхідність нанесення покриття з регульованими параметрами впливає з вимог забезпечення адгезійної та когезійної міцності дискретних ділянок в різних умовах навантаження.

Спосіб нанесення зміцнюючих покриттів ілюструється наступними фігурами:

Фігура 1 - Форма прогину дискретних ділянок покриття з ВК8 на швидкорізальній сталі Р6М5 під дією зосередженої сили Р при співвідношенні лінійного розміру ділянки до її товщини $l/h=7$ (а), $l/h=12$ (б).

Фігура 2 - Залежність лінійного розміру ділянки дискретного покриття від співвідношення залишкових напружень до когезійної міцності для різних товщин покриття.

Так, при експлуатації деталей або інструменту з покриттям в умовах зосередженого контактного навантаження (Р) покриття прогинається, а величина та знак прогину (w) залежать від співвідношення довжини дискретної ділянки (l) до її товщини (h). Наприклад, при нанесенні покриття з твердого сплаву ВК8 (модуль пружності $E_n=7,1 \cdot 10^5$ МПа) на швидкорізальну сталь Р6М5 (модуль пружності $E_o=2,1 \cdot 10^5$ МПа) для дискретних ділянок із співвідношенням $l \leq 12h$ покриття по всій довжині дискретної ділянки під дією навантаження силою Р в центрі набуває додатного прогину, тобто "вдавлюється" в основу, і адгезійне відшарування не відбувається (Фіг. 1а), а для довжини $l > 12h$ виникають зони з від'ємним прогином, в яких ймовірно є адгезійне відшарування покриття від основи (Фіг. 1б).

Коли деталь з покриттям знаходиться в умовах розтягу, покриття під дією напружень, що передаються від деталі через поверхню адгезійного контакту "основа - покриття", а також залишкових напружень, які є результатом нанесення покриття, руйнується шляхом когезійного розтріскування. Обмеження розміру дискретної ділянки в цьому випадку базується на визначенні величини критичного кроку тріщини, зменшення якої за даних умов не буде супроводжуватися подальшою фрагментацією.

Крок визначали з виразу:

$$C_n = \frac{1}{k} \ln \left(0,1 + \frac{\sigma_n^{\text{зал}}}{\varepsilon_k E_n} \right),$$

$$\text{де } k^2 = 2 \frac{G_0 G_n}{G_0 h_n + G_n H_0} \left(\frac{1}{E_n h_n} + \frac{1}{E_0 H_0} \right), \quad \text{а}$$

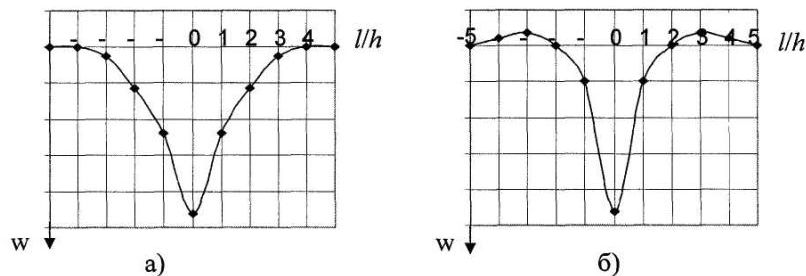
$\sigma_n^{\text{зал}}$ залишкові напруження в покритті після його формування, МПа; ε_k - критична деформація основи; E_n , E_0 - модулі пружності першого роду основи та покриття, МПа; G_n , G_0 - модулі зсуву основи та покриття, МПа; H_0 , h_n - товщини основи та покриття. Максимальний приведений розмір ділянки

дискретного покриття: $D_{\max} \leq C_n$. Наприклад: при нанесенні покриття з твердого сплаву ВК8 методом електроіскрового легування на швидкохідальну сталь Р6М5 для залишкових напружень $\sigma_n^{\text{зал}} = 400 \text{ МПа}$ і товщини покриття $h = 50 \text{ мкм}$ величина кроку становить $C_n = 0,39 \text{ мм}$. Як видно з Фіг. 2, залежність кроку C_n від співвідношення залишкових напружень в покритті і його когезійної міцності $\varepsilon_n E_n$ для товщин $h = 5 \text{ мкм}$ (1); 10 мкм (2); 30 мкм (3) і 50 мкм (4) дозволяє визначити розміри ділянок покриття D , при яких в процесі навантаження розтріскування покриття не спостерігається.

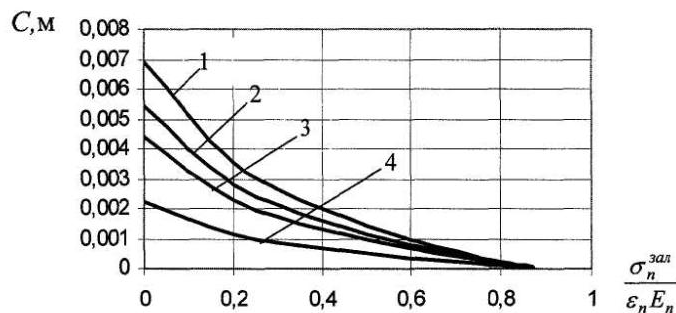
Для конкретного матеріалу покриття можна отримати таке співвідношення товщини і розміру

дискретної ділянки покриття, яке дозволить виключити його когезійне розтріскування для заданих умов експлуатації різального інструменту. При цьому, збільшення товщини дискретної ділянки покриття може бути досягнуто за рахунок зменшення залишкових напружень або підвищення когезійної міцності.

Таким чином, спосіб що заявляється, дозволяє створювати на поверхнях металевих деталей, різального інструменту та рейок зносостійкі покриття, що можна вважати достатнім для практичного використання при зміцненні ріжучих елементів інструменту та поверхонь рейок колійного господарства.



Фіг.1



Фіг.2