



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120464** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)

C23C 4/10 (2016.01)

G01N 3/56 (2006.01)

B82Y 30/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 00018**

(22) Дата подання заявки: **03.01.2017**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.11.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.11.2017, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):

**Скобло Тамара Семенівна (UA),
Сідашенко Олександр Іванович (UA),
Гаркуша Ігор Євгенійович (UA),
Таран Валерій Семенович (UA),
Муратов Ренат Муратович (UA),
Сатановський Євген Абрамович (UA),
Олійник Олександр Куприянович (UA),
Мальцев Тарас Віталійович (UA),
Рибалко Іван Миколайович (UA),
Науменко Артем Олександрович (UA)**

(73) Власник(и):

**Скобло Тамара Семенівна,
вул. Кооперативна, 13/2, кв. 52, м. Харків-3,
61003 (UA)**

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ, ЗМІЦНЕНИХ БАГАТОШАРОВИМИ НАНОПОКРИТТЯМИ

(57) Реферат:

Спосіб підвищення експлуатаційної стійкості поршневих кілець, зміцнених багат шаровими нанопокриттями TiN/CrN, причому для підвищення зносостійкості при експлуатації корегують у вихідному стані частку більш твердої складової TiN залежно від інтервалу швидкості ковзання.

UA 120464 U

Корисна модель належить до методів підвищення експлуатаційних характеристик багатошарових зміцнюючих нанопокриттів у експлуатації при зміцненні поршневих кілець, який може використовуватись у машинобудуванні, і полягає у тому, що частка найбільш твердої складової до м'якої в такому нанопокритті визначається оцінкою рівня зносу та за хімічним складом локальної зони поверхні тертя до- та після випробувань при різних параметрах, наприклад, швидкості ковзання.

Відомий спосіб підвищення зносостійкості [1], в якому визначали характеристики тертя і мікротвердості композитних іонно-плазмових покриттів декількох складів, а саме (TiN, TiAlN, MoN+Mo та MoCuN) на прикладі роботи поршневих кілець тепловозних дизельних двигунів з оцінкою їх впливу на техніко-економічні показники. Було виявлено ефективність запропонованої технології зміцнення кілець такими покриттями, однак, в роботі не було використано стабільно зміцнюючу композицію, яка б складалась з багатошарового нанопокриття. Крім того, ця розробка не відображає поелементної зміни хімічного складу покриттів при експлуатації та не контролює, вплив зміни швидкості тертя при випробуваннях.

Існує спосіб зміцнення [2], в якому використовувались процеси формування нітридних покриттів шляхом розпилення систем на основі двох елементів A1+Ti і Ti+Cr методом вакуумно-дугового осадження, з фіксацією їх фізико-механічних властивостей. Використані матеріали та спосіб зміцнення забезпечують достатній рівень властивостей покриттів та не значне їх зношування і низький коефіцієнт тертя. В роботі представлений елементний хімічний склад покриттів до- та після випробувань. Однак, як і в попередньому випадку, автори не використали зміну багатошарової структури покриття і не встановлювали співвідношення вмісту твердої складової до м'якої при зміні параметрів тертя. Крім того, в роботі не передбачено використання таких покриттів для цільового зміцнення поршневих кілець, у яких експлуатаційні показники є специфічними.

Також відомий і найбільш близький до заявленого є спосіб зміцнення [3], який прийнятий за прототип і спрямований на підвищення триботехнічних властивостей деталей, виготовлених з низьковуглецевої нержавіючої сталі марки 316L SS. Для цього, осаджували двошарове покриття системи CrN/TiN методом магнетронного розпилення відповідних мішеней на підкладку з цієї сталі. Цей спосіб також, дозволяє отримати покриття з високим рівнем експлуатаційних властивостей, однак, використаний метод магнетронного розпилення передбачає лише використання двох шарів (CrN і TiN). При цьому, відсутня інформація щодо товщини шарів за хімічним складом до- та після випробувань на тертя та зношування, що не дозволяє об'єктивно оцінити вплив співвідношення твердої (TiN) і м'якої (CrN) складової багатошарового покриття на експлуатаційну стійкість. До того ж, не передбачено використання таких покриттів для цільового їх використання при зміцненні поршневих кілець, особливо, які виготовлені з сірого чавуну.

Задача способу підвищення експлуатаційної стійкості поршневих кілець, зміцнених багатошаровими нанопокриттями TiN/CrN, полягає у тому, що частка найбільш твердої і м'якої складової в такому багатошаровому нанопокритті визначається оцінкою інтенсивності їх зносу за зміною хімічного складу локальної зони поверхні тертя до- та після експлуатації при різних швидкостях тертя, які мають місце у даних умовах використання. Після визначення хімічного складу, співвідношення частки твердої складової покриття до м'якої повинно залишатися в інтервалі $TiN/CrN=0,27-0,36$ де: TiN - частка твердої складової; CrN - частка м'якої складової. Якщо, рівень зносу м'якої складової такого покриття після експлуатації значно підвищується, і співвідношення твердої складової до м'якої перевищує 0,36, то в подальшому, необхідно збільшувати рівень вмісту частки твердої складової для підвищення експлуатаційної стійкості такого виробу.

Технічним результатом способу є корегування частки твердої складової нанопокриття за рахунок попередньо проведених експлуатаційних випробувань з одноразової оцінки рівня зносу у порівнянні з вихідною та післяексплуатаційною зміною хімічного складу локальної зони поверхні тертя, що дозволить забезпечити підвищену довговічність поршневих кілець, при дії різних параметрах ковзання.

Найбільш близький до заявленого є спосіб зміцнення [4], який також прийнятий за прототип і полягає у можливості підвищення триботехнічних властивостей і корозійної стійкості інструментальної сталі марки AISI H13 за допомогою багатошарових покриттів системи CrN/TiN. В даному способі автори досягли ефективності застосованих комбінацій матеріалів, з великою кількістю шарів в системі покриття (від 10 до 100 подвійних шарів) застосованих матеріалів CrN та TiN. Оцінено залежність кількості шарів та їх товщини на ступінь підвищення зносостійкості, однак, як і у випадках [2, 3], відсутня інформація щодо можливості об'єктивно оцінювати вплив співвідношення кожної складової покриття, а також, не передбачено використання покриття

системи матеріалів CrN та TiN для цільового їх використання при зміцненні поршневих кілець, особливо, які виготовлені з сірого чавуну.

Як приклад було виконано осадження іонно-плазмовим методом багат шарового нанопокриття системи TiN/CrN, яке складалось з 3-х шарів TiN та 3-х шарів CrN відповідно. Крім того, було нанесено на чавун шар чистого хрому в якості підкладки. Загальна товщина зміцнюючого покриття складала 1,7 мкм. Покриття наносили на поршневі кільця з сірого чавуну. Експлуатацію кілець з покриттям виконували на спеціалізованій зворотно-поступальній машині тертя, яка дозволяє моделювати робочі навантаження таких виробів при різних швидкостях ковзання, а саме в інтервалі 1 м/с та 1,3 м/с. Вибір таких параметрів ковзання базується на інтервалі умов експлуатації. Загальний час таких випробувань складав 100 год. Загальний пройдений шлях тертя при швидкості 1 м/с склав 360 000 м, при 1,3 м/с - 468 000 м.

Після випробувань при швидкостях ковзання 1 м/с та 1,3 м/с визначали відносну інтенсивність зношування поршневих кілець з нанопокриттям при відповідних порівняльних умовах з кільцями без зміцнюючого покриття, та за допомогою мікрорентгеноспектрального аналізу визначали знос локальної контактної поверхні нанопокриття за відсотковим зменшенням його базових хімічних елементів, а саме Ti та Cr.

Результати локального хімічного аналізу вихідної поверхні випробуваних зразків поршневих кілець з нанопокриттям TiN/CrN демонструють (таблиця 1), що початкове відношення компонентів покриття Ti/Cr складає 0,17. Хімічний склад локальної зони поверхні тертя (спектр 2) і вихідний склад покриття (спектр 1) поршневого кільця, випробуваного при швидкості тертя 1,3 м/с, представлений в таблиці 1. Візуалізація проаналізованих зон (спектрів) цього зразка відображена на фіг. 1.

Таблиця 1

Зона	C	O	Al	Si	P	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe
спектр 1	0,8	0,13	-	0,16	-	-	14,5	83,77		0,63
спектр 2	3,59	-	0,55	1,77	0,59	0,2	0,8	2,2	1,28	89,03

Частка покриття (по співвідношенню Ti і Cr) після випробувань при швидкості ковзання 1,3 м/с сумарно склала 3 %, а частка основи (C, O, Si, Mn, Fe) збільшилася на 95,67 %, що свідчить про значне зношування зміцнюючого нанопокриття, випробуваного при цій швидкості. При цьому співвідношення Ti/Cr збільшилась до 0,36, де частка Cr після випробувань зменшилася в 38 разів, а частка Ti в - 18 (таблиця 1). Також на поверхні робочої кромки після випробувань були виявлені Al (0,55 %), P (0,59 %) і Ca (0,2 %). Можливим поясненням появи такої високої долі фосфору є часткове його перенесення з поверхні контртіла (використовується фосфатована гільза циліндрів) при випробуваннях, а поява забруднюючих компонентів Al і Ca на поверхні тертя можливо через мастило, використаного в якості змащуючого матеріалу.

Хімічний склад поверхні тертя зразка кільця з нанопокриттям TiN/CrN, випробуваного при швидкості ковзання 1 м/с, наведено в таблиці 2, а вихідний - в таблиці 1 (спектр 1). Зона визначення хімічного складу показана на фіг. 2.

Таблиця 2

Зона	C	O	Al	Si	P	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe
спектр 1	4,41	0,91	0,60	1,25	-	0,77	10,76	39,08	-	42,22

В поршневому кільці, випробуваного при швидкості тертя 1 м/с, частка покриття становить 49,84 %, а основи - 48,77 % (таблиця 2). Це свідчить про помірну інтенсивність зношування нанопокриття при цій швидкості ковзання. Відношення Ti/Cr збільшилось до 0,27 в порівнянні з вихідним показником 0,17, але менше ніж 0,36. При цьому частка Ti знизилася всього лише в 1,35 разу, а Cr в 2,14 разу відносно початкового хімічного складу покриття.

Таким чином, для підвищення експлуатаційної стійкості зміцнюючими наношаровими покриттями TiN/CrN поршневих кілець, слід корегувати частку твердої складової так, щоб вона у нормативний період експлуатації виробу, відповідала рівню інтервалу TiN/CrN=0,27-0,36. При досягненні кінця експлуатації, співвідношення менш ніж 0,27 характеризує високу зносостійкість, а більше 0,36 - зниження зносостійкості і підвищену схильність до зчеплення та руйнування. Так, інтенсивність зношування нижче в 1,43 разу у кільцях з нанопокриттям, в яких співвідношення TiN/CrN=0,27, порівняно зі співвідношенням 0,36 (таблиця 3). Перевірка цього положення показала, що підвищення частки твердої фази при збільшенні швидкості ковзання з

1 м/с до 1,3 м/с, слід корегувати нанесенням, наприклад, ще 2 додаткових шари з TiN (товщиною до 154 нм), або збільшувати товщину шарів TiN з 82 до 160 нм. В доповнення цьому, вагова інтенсивність зношування кілець з нанопокриттям значно менше порівняно з кільцем без зміцнюючого покриття - в 12,1 разу при швидкості 1 м/с і в 13 разів при 1,3 м/с (таблиця 3).

5 Для забезпечення підвищення зносостійкості, зміну числа або товщину шарів можливо корегувати на основі мікрорентгеноспектрального аналізу.

Таблиця 3

№ п/п	Співвідношення TiN/CrN	Швидкість ковзання, м/с	Інтенсивність зношування, мг/км, $\times 10^{-3}$	Характеристика покриття
1	Без покриття	1,0	17	Низька зносостійкість
		1,3	26	Низька зносостійкість
2	Покриття TiN/CrN=0,27	1,0	1,4	Висока зносостійкість
3	Покриття TiN/CrN=0,36	1,3	2	Висока зносостійкість
4	Покриття TiN/CrN=0,20	0,7	1,1	Висока зносостійкість
5	Покриття TiN/CrN=0,40	1,6	2,5	Висока зносостійкості; схильність до зчеплення та руйнування

10 Встановлено, що при співвідношенні TiN/CrN=0,20 має місце зниження інтенсивності зношування до рівня $1,1 \cdot 10^{-3}$ мг/км, а при співвідношенні TiN/CrN=0,40 - інтенсифікуються процеси схоплення та руйнування поверхонь тертя, і як наслідок, підвищується інтенсивність до $2,5 \cdot 10^{-3}$ мг/км (таблиця 3).

15 Отже, на основі отриманих результатів можна зробити висновок, що запропонований спосіб корегування частки твердої складової нанопокриття TiN за рахунок попередньо проведених стендових випробувань та оцінки рівня зносу за визначенням вихідного та післяексплуатаційного хімічного складу локальної зони поверхні тертя, дозволить забезпечити підвищення зносостійкості і довговічності виробів, при зміцнюючих умовах їх експлуатації.

Джерела інформації:

20 1. Определение триботехнических характеристик композитных ионно-плазменных покрытий для поршневых колец дизельных двигателей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nano.org.ua/LibrarvvMoshchenok.pdf>.

2. Механические свойства наноструктурированных покрытий (Ti, Al)N и (Ti, Cr)N, полученные методом вакуумно-дугового осаждения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pse.scpt.org.ua/rus/jornal/2_14/22.pdf.

25 3. Thamocharan J. Characterization of CrN/TiN PVD Coatings on 316L Stainless Steel [Electronic version] / J.Thamocharan., R.Sarala//International Journal of ChemTech Research, Vol. 6, № 6,2014-р. 3284-3286.

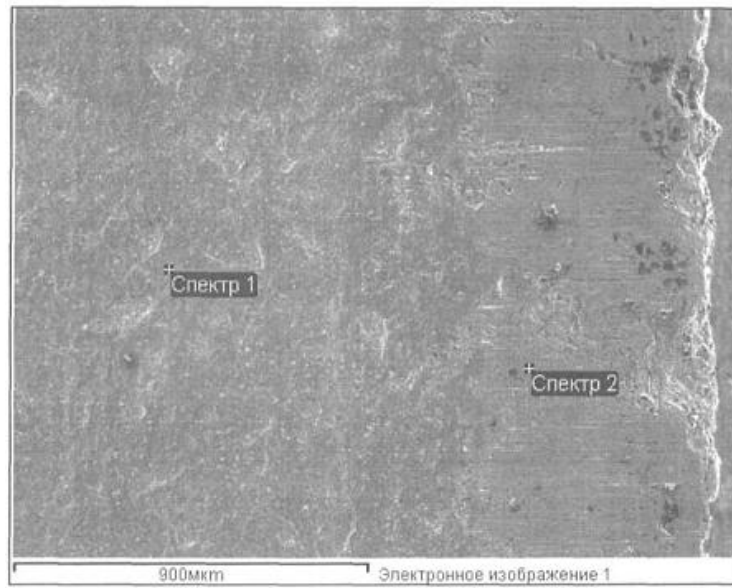
30 4. Bejarano G. G.Tribological Properties and Corrosion Resistance Enhancement of H13 Hot Work Steel by Means of CrN/TiN Multilayers [Electronic version] / G. G. Bejarano, B. M. Gomez et. al. // Journal of Materials Science and Engineering, Vol. 4, № 6,2010-р. 51-59.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

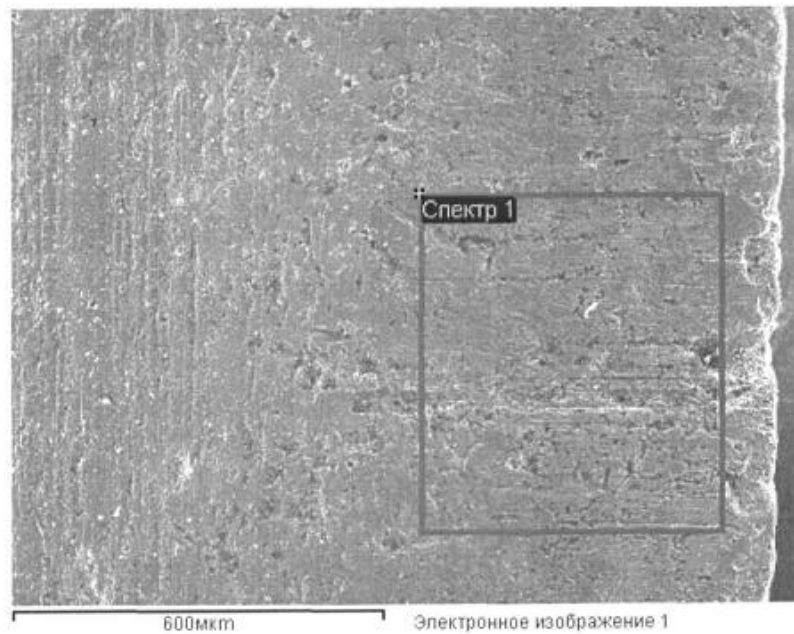
35 1. Спосіб підвищення експлуатаційної стійкості поршневих кілець, зміцнених багат шаровими нанопокриттями TiN/CrN, який **відрізняється** тим, що для підвищення зносостійкості при експлуатації корегують у вихідному стані частку більш твердої складової TiN залежно від інтервалу швидкості ковзання.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що частка більш твердої складової покриття TiN корегується нанесенням більшого числа таких шарів або підвищенням їх товщини.

40 3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у період нормативного строку використання зміцнені багат шаровими нанопокриттями поршневі кільця забезпечують співвідношення частки більш твердої складової та м'якої в інтервалі TiN/CrN=0,27-0,36.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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