



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117673** (13) **U**  
(51) МПК (2017.01)  
F16J 9/00

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2016 11183</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>07.11.2016</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.07.2017</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.07.2017, Бюл.№ 13</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>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 Купріянович (UA), Мальцев Тарас Віталійович (UA), Рибалко Іван Миколайович (UA), Сиромятніков Петро Степанович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>Скобло Тамара Семенівна, вул. Кооперативна, 13/2, кв. 52, м. Харків-3, 61003 (UA)</b></p>
--	---

## (54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЕФЕКТИВНОЇ ТОВЩИНИ БАГАТОШАРОВОГО ЗМІЦНЮЮЧОГО ПОКРИТТЯ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ

### (57) Реферат:

Спосіб прогнозування та корегування довговічності ефективної товщини багат шарового зміцнюючого покриття поршневих кілець, де наносять багат шарове композитне покриття на робочі поверхні маслоз'ємних поршневих кілець, додатково проводять стендові випробування на спеціалізованій зворотно-поступальній машині з подальшою оцінкою змін структуроутворення і концентрації компонентів поверхні, на основі яких корегують товщину покриття.

UA 117673 U



Корисна модель належить до методів прогнозування інтенсивності зміни товщини багат шарового зміцнюючого покриття на поршневих кільцях, яке може застосовуватися в машинобудуванні, і полягає в попередньому проведенні випробувань на зносостійкість, при моделюванні умов тертя з подальшою локальною оцінкою зміни хімічного складу і мікроструктури поверхні тертя кілець з багат шаровими покриттями. Після чого, порівнюючи сумарне процентне співвідношення компонентів, з яких складається покриття, до та після випробувань, а також частку компонентів основного металу, оцінюється в процентному еквіваленті залишкова товщина покриття.

Відомий неруйнівний спосіб визначення товщини покриттів [1], який передбачає застосування спеціального пристрою, магнітного товщиноміра-дефектоскопа, який працює на відривно-притягувальному принципі. Однак, даний пристрій не передбачає визначення товщини металевих покриттів, надтонких зміцнюючих плівок та їх властивостей в умовах експлуатації поршневих кілець. Крім того, пристрій не передбачає прогнозування довговічності роботи виробу, з урахуванням структурних змін покриття.

Також існує і пристрій [2] для вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих виробках, який містить накладний вихрострумний перетворювач. Однак, як і в попередньому випадку, пристрій не дозволяє прогнозувати довговічність виробу, по залишковій товщині і зміні структури та хімічного складу покриття при експлуатації. До того ж, не відомо, з якою точністю цей пристрій визначає товщину надтонких плівок, в тому числі і багат шарових нанопокриттів. Крім цього, як у випадку [1], та і у випадку [2], розроблені пристрої не дозволяють оцінити зміну та прогнозувати стан поверхні тертя при експлуатації.

Відомо метод визначення товщини плівкового покриття [3], який полягає у використанні методу вимірювання мікротвердості, при цьому, оцінку стану покриттів здійснюють за характером серії відбитків мікротвердості в різних поверхневих зонах, при якому визначають наявність смуг зсуву покриття при деформації в процесі дискретного навантаження індентора. Цей спосіб характеризує механічні властивості покриття, але не дозволяє оцінювати його довговічність, оскільки не характеризує відповідні зміни при експлуатації, наприклад забезпечення високого рівня цієї характеристики може сприяти інтенсивному викрашуванню зміцненої поверхні при експлуатації.

Найбільш близьким і прийнятий за прототип спосіб [4], який полягає у вимірюванні товщини нанометрових шарів багат шарового покриття, проведеного в процесі його напилення та включає вимірювання спектра пропускання нанесеного покриття на контрольній підкладці в процесі напилення і обчислення товщини шару вирішена тим, що в якості контрольної використовують підкладку з попередньо нанесеним шаром достатньої товщини і оцінюють в спектральній залежності відбиття та/або пропускання від підкладки з попередньо нанесеним шаром, при якому з'явився хоча б один локальний екстремум або хоча б одна точка перегину, при цьому саме вимірювання товщини шару може бути проведено як в режимі оцінки спектра відбиття, так і в режимі вимірювання спектра пропускання.

Головним недоліком аналога є те, що він не дозволяє прогнозувати довговічність залишкової товщини багат шарового покриття виробу не передбачає, для цього, моделювання експлуатаційних умов роботи, близьких до експлуатації поршневих кілець.

В основі корисної моделі лежить задача прогнозування та корегування довговічності ефективної товщини багат шарового зміцнюючого покриття поршневих кілець після випробувань на зносостійкість, з урахуванням зміни хімічного складу поверхні тертя до та після випробувань.

Як приклад, було нанесено багат шарове композитне зміцнююче покриття системи TiN/CrN, загальною товщиною 1,7 мкм, на робочі поверхні маслос'ємних поршневих кілець, які виготовлені з сірого чавуну. Проведені стендові їх випробування на тертя і знос на спеціалізованій зворотно-поступальній машині, яка призначена для проведення дослідно-експериментальних робіт по визначенню ефективних параметрів зміцнення і впливу процесу тертя на ступінь зносу зразків пари гільза циліндра - поршневе кільце, що моделюють умови експлуатації. Загальний вигляд зразків гільз і маслос'ємних поршневих кілець з багат шаровим зміцнюючим покриттям представлені на Фіг. 1.

Незмінна швидкість ковзання зразків маслос'ємних поршневих кілець з покриттям, під час випробувань становила 1 м/с та 1,3 м/с. Величина навантаження для всіх зразків була постійною і становила 3,35 кг, що відповідає питомому тиску на робочу поверхню одного зразка кільця - 0,8 МПа. Довжина робочого ходу зразка гільзи циліндра - 100 мм. Подачу масла здійснювали за допомогою голчастого клапана і становила 1-2 краплі в хвилину. Як мастило використовували моторне масло марки M14-B<sub>2</sub>.

Загальний час випробувань склав 100 ч. З них:

- перший етап - приробіток - 3 год.;
- другий етап основних випробувань - 25 год.;
- третій етап основних випробувань - 72 год.

Загальна довжина пройденого шляху тертя зразків зі швидкістю ковзання 1 м/с складала 360000 м, а для зразків зі швидкістю 1,3 м/с - 468000 м.

Локальний хімічний склад поверхонь тертя зразків маслос'ємних поршневих кілець з покриттям TiN/CrN, випробуваних при швидкості тертя 1,3 м/с, представлений в таблиці 1. Зона локального визначення хімічного складу показана на Фіг. 2. Частка покриття, по співвідношенню Ti і Cr, після випробувань сумарно зменшилась до 3 % від початкового, а частка основи (C, O, Si, Mn, Fe) збільшилася на 95,67 %, що свідчить про істотне зношування покриття при даній швидкості тертя. Товщина після випробувань складає ~ 0,051 мкм.

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

Локальний хімічний склад поверхні тертя зразка кільця з покриттям TiN/CrN, випробуваного при швидкості ковзання 1 м/с, представлений в таблиці 2. Зона локального визначення хімічного складу при такій швидкості показана на Фіг. 3.

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 даному зразку частка покриття (за Ti та Cr) після випробувань становить 49,84 % від початкової, а матриці - 48,77 %, що свідчить про помірну інтенсивність зношування при даній швидкості ковзання, порівняно зі швидкістю 1,3 м/с. В даному випадку, залишкова його товщина складає 49,84 % від початкової 1,7 мкм, тобто ~ 0,85 мкм. Відповідно до товщини, залишкова довговічність, у даному випадку, складає 49,84 %.

На основі одержаних результатів можливо прогнозувати, що при підвищенні швидкості тертя вже на 23 % слід корегувати товщину покриття, наприклад, збільшувати початкову 1,7 мкм, для забезпечення необхідної довговічності у разі використання багат шарової композиції TiN/CrN, або частку найбільш твердої фази TiN.

Джерело інформації:

1. Патент № 11668 Україна, МПК (2006.01) G01B 7/02 Прилад для вимірювання товщини покриттів [Текст] / С.І. Литвин - № 200503778; заявл. 20.04.2005, опубл. 16.01.2006, Бюл. 1-2с: іл.

2. Патент № 60137A Україна, МПК (2006.01) G01B 7/02 Пристрій для вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих виробах [Текст] / М.Д. Кошовий, М.В. Цеховський, заявник і патентоутримувач Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут" - № 2003020975; заявл. 04.02.2003, опубл. 15.09.2003, Бюл. 9-1с: іл.

3. Патент № 99408 Україна, МПК (2006.01) G01B 21/08 Спосіб оцінки зносу і залишкової товщини робочого шару деталей з плівковими покриттями [Текст] / Т.С. Скобло, А.В. Плугатарьов, заявник і патентоутримувач ХНТУСГ ім. П. Василенка - № 201406168; заявл. 04.06.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. 11-4с: іл.

4. Патент № 2 527 670 Російська федерація, МПК (2006.01) G01B 11/06 Спосіб измерения толщин нанометровых слоев многослойного покрытия, проводимого в процессе его напыления [Текст] / В.О. Лабусов, Г.В. Эрг, З.В. Семенов - № 2012150284/28; заявл. 10.01.2012, опубл. 10.09.2014, Бюл. 25-13 с.: іл.

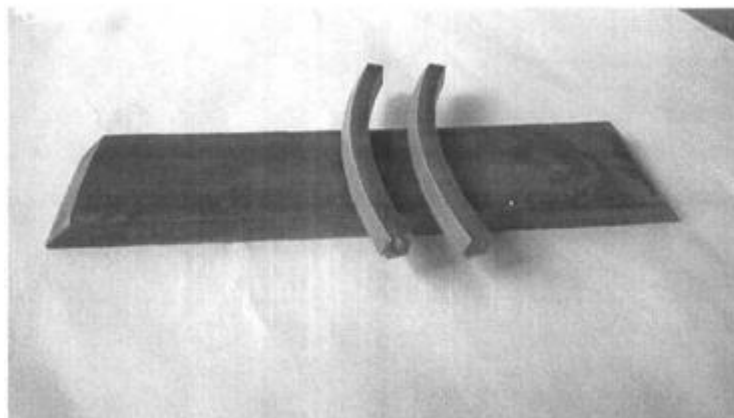
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб прогнозування та корегування довговічності ефективної товщини багат шарового зміцнюючого покриття поршневих кілець, де наносять багат шарове композитне покриття на робочі поверхні маслос'ємних поршневих кілець, додатково проводять стендові випробування на спеціалізованій зворотно-поступальній машині з подальшою оцінкою змін

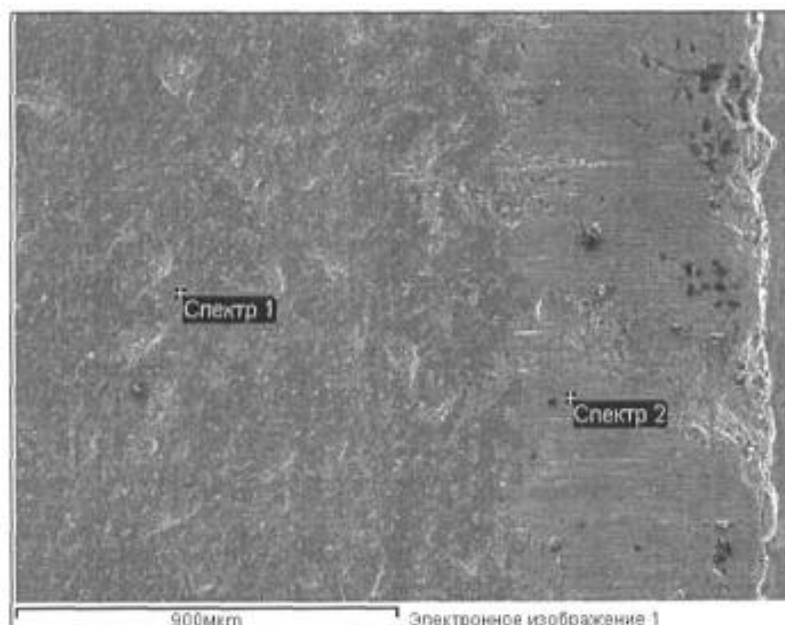
структурування і концентрації компонентів поверхні, на основі яких корегують товщину покриття.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що оцінку зміни структури і властивостей багатшарового композитного покриття проводять шляхом поєднання мікрорентгеноспектрального аналізу і зміни структури поверхні тертя вихідного матеріалу та після нанесення покриття, за якими оцінюють ступінь його зношування.

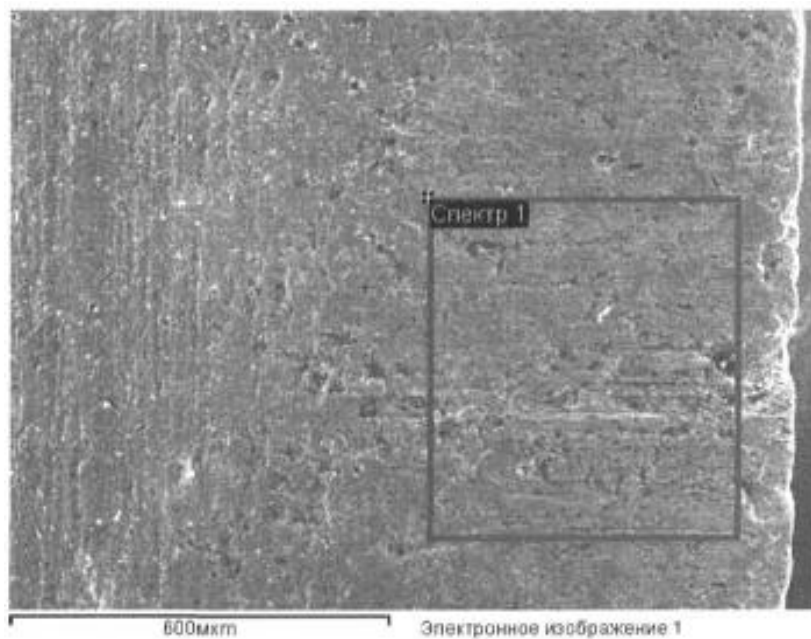
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що локальний мікрорентгеноспектральний аналіз проводять з однаковою локальністю зонда, відповідній вихідній товщині покриття, наприклад 2 мкм.



Фіг. 1



Фіг. 2



**Фиг. 3**

---

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

---

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

---

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