

Таким образом, T -метод динамической регрессии действительно обеспечивает прогнозирование и определение времени наработки СИ на МО путем параметрического приближения прогнозных кривых ФР от виртуального будущего к реальному настоящему. При этом определяется как параметр сдвига, так и параметр формы ФР с учетом погрешностей результатов измерений образцовой ФВ в t_{xi} -е моменты времени.

Выводы

Описана сущность процессов прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ по результатам первой и второй поверках средства измерений.

Впервые описана последовательность проведения операций измерений нормированной по значению (образцовой) физической величины x_0 поверяемым средством измерений, сравнения практически и теоретически полученных данных, их обработки и использования для определения параметров прогнозной функции распределения по соответствующим уравнениям измерений и ее построения кривых данной функции с целью отображения динамики «метрологического» старения средства измерений от поверки к поверке.

Отмечается необходимость определения времени проведения первой поверки, а также преимуществе непериодических поверок средств измерений с целью экономии затрат на их проведение.

Приведены условия учета и изменения знака переменной составляющей функция распределения Кондратова – Вейбулла.

Показана необходимость определения при каждой поверке значений верхней и нижней допустимых границ и само значение полосы неопределенности прогнозного времени наработки средства измерений на метрологический отказ.

Обращается особое внимание поверителей на необходимость учета того факта, что вероятностная мера метрологического отказа является метрологическим числом и имеет свою полосу неопределенности, зависящую от полосы неопределенности погрешности измерения образцовой ФВ x_0 в моменты времени проведения каждой поверки. В этой связи погрешность определения времени наработки на метрологический отказ, может составлять от сотен часов до нескольких лет.

Литература

1. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: применение нелинейного регрессионного анализа для прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ / В.Т. Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2010. – № 4 – С. 43-55.

2. Кондратов В.Т. Метроника, вероятностно-физические модели метрологических отказов средств измерений и их графические портреты / В.Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010. – № 1. – С. 43-55.

Надійшла 27.1.2011 р.

УДК 621.891

В.Г. ПИСАРЕНКО

КНВО "ФОРТ" МВС України, м. Вінниця

В.М. ІВАЩЕНКО, В.Г. БОРОДІН

ТОВ НВП "SINTA", м. Харків

НАНОТЕХНОЛОГІЇ ЗНОСОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ

Встановлено, що наноалмази, введені в електроліт при протіканні гальванічного процесу, осаджуються з хромом на струмопровідні поверхні утворюють композит, що володіє високими протизношувальними і триботехнічними характеристиками. Показано, що наноалмазне хромове покриття перевищує спосіб твердого хромування, що дозволяє істотно поліпшити технічні характеристики покриттів, а також значно розширити сфери застосування наноалмазного хромування.

It is set, that nanodiamonds entered in an electrolyte at the flowline of galvanic process, cover with a chrome on a surface and form composite material, which is has high antiwear characteristics. It is shown, that nanodiamond chromic coverage exceeds the method of hard chrome-plating, and allows to improve technical descriptions of coverages, and also it is considerably to extend purviews nanodiamond chrome-plating.

Ключові слова: наноалмази, покриття, гальванічне співосадження, зносостійкість, корозійна стійкість.

Вступ

Відомо, що введення твердих дисперсних частинок (оксидів, нітриду, бориду, карбідів, класичних алмазів) в електрохімічні покриття підвищують їх мікротвердість і зносостійкість. Причиною цього є зменшення розміру кристалів осаджуваного металу і наявність в покритті великої кількості надтвердих частинок. Мікрочастинки, осаджувані з металом, грають роль центрів кристалізації, тому, чим менші

розміри частинок, тим краща дисперсія кристалічної структури покриття. Мікротвердість (і пов'язана з нею зносостійкість) металу росте пропорційно $d^{-1/2}$, де d – розмір кристала.

У ряді випадків, кількість осаджуваних частинок є пасивними наповнювачами і їх вміст доходить до 40% від ваги осаджуваного металу. Будучи, як правило, надтвердими матеріалами, вони надають йому досить високої мікротвердості і зносостійкості. Але через свій великий вміст в покритті і діелектричні властивості вони сильно впливають на електрофізичні характеристики покриття, а також часто додають покриттю підвищеної крихкості. До недоліків такого покриття можна віднести можливий підвищений знос контртіла пари тертя, оскільки більшість наповнювачів – кристали, ріжучі кромки яких виступають з осідаючого разом з ними металу.

Завдання дослідників полягало в пошуку нових наповнювачів, здатних при вмісті їх в невеликих кількостях в покриттях істотно збільшити зносостійкість, мікротвердість, адгезію і корозійну стійкість при збереженні їх електрофізичних властивостей.

Це завдання ускладнювалось тим, що електроліти хромування є сильно окислювальними середовищами. Наноалмазні частинки, отримані детонаційним способом, в подібних випадках, є найбільш перспективним матеріалом, завдяки таким властивостям алмазу, як надтвердість, низький коефіцієнт тертя, висока теплопровідність і хімічна інертність. Крім того, наноалмаз має надто малі розміри (3– 10 нм), форму, близьку до сферичної, отже, немає виступаючих ріжучих кромок, а також володіє дуже великою питомою поверхнею (до 450 м²/г) і високою поверхневою енергією.

Частинки наноалмазів мають досить складну структуру: ядро з класичного кубічного алмазу і вуглецеву оболонку навколо ядра. Ця оболонка, що складається з sp^2 гібридизованих атомів вуглецю, неоднорідна за ступенем впорядкованості структурних фрагментів. Поверхневий шар, що включає атоми вуглецю, насичений широким спектром різноманітних функціональних груп. При цьому компоненти наноалмазів є не домішками, а органічними складовими продукту, що в значній мірі визначають комплекс його специфічних властивостей.

Надто малі розміри наноалмазів призводять до того, що роль міжфазних взаємодій надзвичайно зростає. Наявність на поверхні високо полярних і реакціоноздатних груп, зосереджених в малому об'ємі, визначає високу активність дії частинок на навколишнє середовище. Наноалмази, на відміну від звичайних дрібнодисперсних порошків наповнювачів є не наповнювачем, а структуротворним матеріалом. Завдяки гідродинамічним, електростатичним і молекулярним силам зважені частинки наноалмазів під час осадження взаємодіють з поверхнею нарощуваного покриття.

Беручи до уваги вищесказане, отримуємо, що наноалмази завдяки своїм унікальним властивостям можуть змінювати фізико-механічні властивості матеріалів, в структурі яких вони знаходяться. Проведені дослідження підтвердили, що введення водної суспензії наноалмазів в електроліт на основі шестивалентного хрому дозволяє одержати покриття з низьким коефіцієнтом тертя, високою теплопровідністю і зносостійкістю. Розглянемо деякі приклади з наноалмазного покриття:

Технології отримання наноалмазних покриттів

Сутність нанотехнології хромоалмазного покриття. На сьогоднішній день актуальним завданням у всьому світі є створення зміцнюючих покриттів, які змогли б поєднати в собі наступні властивості: висока зносостійкість в умовах абразивного зношування в вузлах тертя, порівняно висока корозійна стійкість, технологічність і порівняно невисока вартість. Для вирішення таких різних технічних завдань широкого поширення набуло тверде хромування. Однак, технологія хромоалмазного хромування дозволяє в значній мірі поліпшити фізико-технічні показники такого покриття. Вони в порівнянні з твердим хромуванням збільшились в 2– 5 разів, а коефіцієнт тертя зменшився на 15– 25 %. Завдяки своїй безпористій структурі наноалмазне покриття має також більш високу корозійну стійкість. Таким чином, володіючи поліпшеними властивостями, зміцнюючі покриття при собівартості вищій на 10– 15 %, ніж тверде хромування, може в два і більше рази підвищити ресурс роботи деталей та вузлів, що працюють в умовах абразивного та корозійного зносу.

Отримання композиційних покриттів методом співосадження дрібнодисперсних часток з металом (наприклад хромом) гальванічним способом відомо давно. Однак, оскільки електроліти хромування є сильно окисними середовищами, вибір матеріалу для співосадження з хромом досить вузький. Наноалмазні частинки, отримані детонаційним способом, у подібних випадках є найбільш перспективним матеріалом завдяки таким властивостям алмазу, як надтвердість, низький коефіцієнт тертя, висока теплопровідність і хімічна інертність. Ці властивості алмазу є одними з визначальних, але ще недостатніми у виробі, як модифікаторі покриттів. Таким чином, дві основні характеристики наноалмазів детонаційного синтезу, а саме: малий розмір (3– 10 нм), що визначає їхню питому поверхню (до 450 м² на один грам порошку) і дуже високу поверхневу активність, обумовлену функціональними групами на її поверхні, визначають властивості наноалмазу модифікувати різні матеріали в яких вони розподілені, змінюючи фізико-хімічні та механічні властивості самих матеріалів.

Доведено, що наноалмази, які знаходяться в електроліті хромування при протіканні гальванічного процесу, осаджуючись з хромом на струмопровідні поверхні утворюють композит (хромалмаз), що володіє

високими протизношувальними і триботехнічними характеристиками. Саме це і покладено в основу технології одержання композитних наноалмазних хромових покриттів. Наноалмазне хромове покриття перевищує відомий і широкоживаний в різноманітних виробничих циклах спосіб твердого хромування, що дозволяє істотно поліпшити технічні характеристики покриттів, а також значно розширити сфери застосування наноалмазного хромування.

Наноалмазне хромове покриття характеризується підвищеною твердістю, зносостійкістю, корозійною стійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і забезпечує підвищення терміну служби інструменту і деталей вузлів тертя у 2– 15 разів. Висока корозійна стійкість наноалмазного покриття хромування дозволяє виключити у ряді виробництв використання нержавіючих сталей.

Технологія наноалмазного хромування легко адаптується до традиційної лінії хромування без значних фінансових витрат на організацію виробничого процесу.

Призначення хромоалмазного покриття. Композиційне хромове покриття призначене для підвищення ресурсу роботи:

- 1) дерево- і металообробного інструменту (фрез, свердл, мітчиків, зенкерів, протяжок, ножів, ножовкових полотен тощо);
- 2) деталей вузлів тертя (підшипників, штоків гідроциліндрів, поршневих кілець, плунжерів, валів ДВЗ і т.п.);
- 3) деталей обладнання, що працює в умовах інтенсивного зносу і в корозійних середовищах (гільз і шнеків екструдерів; ножів, решіток і шнеків м'ясорубок; штоків насосів та інші);
- 4) прес-форм, матриць, пуансонів;
- 5) медичного інструментарію та інших виробів;
- 6) деталей зброї та іншої точної техніки.

Основні техніко-економічні показники технології композиційного хромування представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні техніко-економічні характеристики технології композиційного хромування

Мікротвердість покриття, HV , кг/мм	1000– 1400
Рекомендована товщина покриття на робочу поверхню деталі, мкм	5– 20
Підвищення терміну служби деталей з покриттям (підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя і стійкості інструменту)	в 2– 15 разів
Підвищення адгезії до основи, %	на 30– 40
Завантаження каталізатора, г/л	10
1 кг каталізатора забезпечує сумарну площу покриття (при товщині покриття 5 мкм)	2,5– 3,0 тис. м ²

Основні переваги композиційного хромування наступні:

- 1) композиційне хромове покриття характеризується підвищеною твердістю, зносостійкістю, корозійною стійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і забезпечує підвищення терміну служби інструменту і деталей вузлів тертя у 2– 15 разів;
- 2) можливість використання відносно недорогих і недефіцитних металів; висока корозійна стійкість хромоалмазного покриття дозволяє виключити у ряді виробництв використання нержавіючих сталей;
- 3) підвищення струмопровідності;
- 4) можливість реалізації технології на стандартному устаткуванні.

Наноалмази в гальванічних покриттях на основі дорогоцінних металів

Композиційні електрохімічні покриття на основі золота і срібла з використанням наноалмазів призначені для нанесення на коштовні ювелірні, сувенірні, нагородні та інші вироби, а також на контактні деталі в електро-, радіо-, електронній промисловості.

Покриття надають виробам привабливого зовнішнього вигляду, зберігають якнайтонші подробиці рельєфу і малюнка, довготривалий захист від будь-яких корозійних дій і механічного стирання. Можливе отримання блискучих, напівблискучих і матових покриттів з різними відтінками кольору металу.

Покриття має однорідну дрібнокристалічну структуру, не містять алергенів, в контактних виробках володіють стабільними електрофізичними властивостями.

Технічні характеристики покриттів на основі дорогоцінних металів:

- 1) підвищення зносостійкості покриттів в три і більше разів;
- 2) зниження пористості покриттів;
- 3) підвищення корозійної стійкості покриттів;
- 4) підвищення мікрожорсткості покриттів до 180– 200 кг/мм².

Економічні показники технології композиційних золотоалмазних покриттів:

- 1) вартість каталізатора – 18 у.о. за 1г;
- 2) витрата діамантового каталізатора складає 1 % від ваги золота в покритті;
- 3) зниження більш ніж у два рази собівартості покриття за рахунок зниження товщини покриття;
- 4) підвищення продуктивності гальванічної лінії, більш ніж в 2 рази без технічного переобладнання виробництва.

Наноалмази в гальванічних покриттях на основі алюмінію і його сплавів

Анодно-оксидні покриття з наноалмазами додають виробам більшої твердості і зносостійкості, вищих електро- і теплоізоляційних властивостей, привабливий зовнішній вигляд, високу корозійну стійкість. Технологічний процес анодування з наноалмазами здійснюється на стандартному устаткуванні в різних електролітах.

Області застосування анодно-оксидних покриттів з наноалмазами алюмінію і його сплавів:

- 1) електротехнічна промисловість;
- 2) радіоелектронна промисловість;
- 3) електронна промисловість;
- 4) машинобудівна промисловість.

Переваги аноднооксидного покриття з наноалмазами, а саме підвищення якості і конкурентної спроможності, що проявляються в наступному:

- висока мікротвердість;
- підвищена міцність на зношування;
- висока наповнюваність і низька пористість;
- підвищена адгезія;
- знижений коефіцієнт тертя;
- високі електро- і теплоізоляційні властивості;
- збільшення терміну служби виробів.

Підвищення продуктивності гальванічних ліній на 20– 50 % за рахунок підвищеної швидкості утворення плівки і зменшення товщини покриттів.

Висновки

Встановлено, що наноалмази завдяки своїм унікальним властивостям можуть змінювати фізико-механічні властивості матеріалів, в структурі яких вони знаходяться. Проведені дослідження підтвердили, що введення водної суспензії наноалмазів в електроліт на основі шестивалентного хрому дозволяє одержати покриття з низьким коефіцієнтом тертя, високою теплопровідністю і зносостійкістю.

Література

1. Хабибулин И. Г. Коррозионная стойкость металлов с дисперсно-упрочненными покрытиями / И. Г. Хабибулин, Р. А. Усманов. – М. : Машиностроение, 1991. – 113 с.
2. О механизме включения твердых частиц в электрический осадок / Полукаров Ю. М., Лямина Л. И., Гриника В. В. и др. // Электрохимия. – 1978. – Т. 14, №11. – С. 1635–1641.
3. Сайфуллин Р. С. Неорганические композиционные материалы / Сайфуллин Р. С. – М. : Химия, 1983. – 303 с.
4. Губаревич Т. М. Сверхтвердые материалы / Губаревич Т. М., Кулагина Ю. В., Полева Л. И. – 1993. – № 2 (34). – 263 с.

Надійшла 22.1.2011 р.