

УДК 621.891

І. В. УВАРОВА¹, В. Ф. ЛАБУНЕЦЬ², Р. М. МЕДЮХ¹, В. В. ЖИГИНАС², Н. Р. МЕДЮХ³¹Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України²Національний авіаційний університет, Україна³Київський національний університет ім Т.Г. Шевченка, Україна

СТРУКТУРА ТА ТРИБОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

Досліджено структуру та триботехнічні характеристики плазмових, електродіодних, гальванофоретичних і гальваноплазмових покриттів в умовах абразивного зношування і тертя ковзання.

Ключові слова: покриття, знос, тертя, структура, композиційні електролітичні покриття, зносостійкість.

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з практичними завданнями.

Одна із основних проблем, що визначає напрям і темпи розвитку сучасної техніки – підвищення надійності та довговічності вузлів тертя. В комплексі заходів, спрямованих на вирішення цієї проблеми, найбільш значущим є питання забезпечення працездатності деталей вузлів тертя, які працюють в умовах впливу зовнішніх чинників. Особливо це стосується деталей вузлів тертя, які працюють в умовах найбільш поширених видів зношування а саме: абразивного, ерозійного, газо-та гідроабразивного і корозійно-механічного зношування, кавітації, фретинг-корозії, схоплювання та ін. Тому розроблення нових методів поверхневого зміцнення деталей вузлів тертя є актуальним.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. На сьогодні забезпечення працездатності вузлів тертя здійснюється у трьох основних напрямках, а саме: 1) конструкційному; 2) технологічному; 3) експлуатаційному.

Сучасні технологічні методи поверхневого зміцнення відкривають необмежені властивості для створення захисних структур триботехнічного призначення, що забезпечують надійну роботу вузлів тертя в найрізноманітніших умовах, а саме: великих навантажень, високих температур і швидкостей тертя, впливу вібрації, кавітації, радіації, корозійних і абразивних середовищ та ін. Створення захисних структур на робочих поверхнях деталей машин, механізмів і технологічної оснастки дає змогу підвищити їх надійність і довговічність, продуктивність праці, зменшити витрати кольорових та чорних металів і як результат – заощадити величезні матеріальні, енергетичні і трудові ресурси.

Упровадженню у виробництво технологічних методів, що забезпечують одержання захисних структур, передують моделювання роботи вузлів тертя, установлення впливу зовнішніх чинників на його працездатність, вивчення процесів, які розвиваються на поверхнях тертя [1].

Аналіз численних досліджень [2–7] дає змогу визначити такі основні методи створення захисних структур триботехнічного призначення:

- змінювання структури поверхневого прошарку зовнішнім механічним (або тепловим) впливом без зміни його хімічного складу;
- змінювання структури поверхневого прошарку легуванням його різними хімічними елементами;
- нанесення на поверхню тертя покриттів;
- комбінація наведених вище методів.

На сьогодні відомо багато різноманітних способів одержання покриттів, кожен з яких відповідає тим чи іншим вимогам. Так, наприклад, застосування композиційних електролітичних покриттів (КЕП) з особливо дрібнозернистими наповнювачами для зміцнення деталей машин дає змогу підвищити їх поверхневу тривкість, твердість, корозійну і зносостійкість, опір схоплюванню, абразивному зношенню та ін.

Мета роботи – розроблення відносно дешевих технологій плазмових електролітичних, гальванофоретичних і гальваноплазмових покриттів для деталей вузлів тертя, що забезпечить їх працездатність у різноманітних умовах експлуатації.

Матеріали і методи досліджень. Перед нанесенням покриттів зразки зі сталі 45 знежирювали у 5 % розчині алустичної соди з подальшим промиванням у проточній воді. Для очистки поверхні від оксидів, створення розвинутого рельєфу і наклепу поверхневого шару використовували метод дробоструменевої обробки в дробоструменевій камері. Процес проводили за режимом: тривалість обробки 1–2 хв, тиск повітря 3 ÷ 4 атм, дистанція 45 – 50 мм.

Плазмове напилення молібдену проводили на установці УПУ – 3Д в середовищі аргону. Параметри напилення змінювали в певних межах для забезпечення необхідної поруватості та адгезії покриттів: сила струму 450 А, напруга 34 ÷ 42 В, відстань плазмотрона до поверхні зразка 50 ÷ 200 мм, втрати газу 15 ÷ 43 л/хв. Для напилення використовували молібденовий дріт діаметром 1,4 мм. Такі параметри відповідають досягненню максимально відкритої поруватості, що є доцільним для просочення рідкою металевою фазою. В якості матеріалу для напилення обрано молібден завдяки його добрій припрацьовуваності, корозійній стійкості і жаростійкості у безкисневих середовищах.

Для нанесення композиційних електролітичних покриттів використовували стабільний в роботі і високопродуктивний хлористий електроліт нікелювання наступного складу: $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 300г/л, H_3BO_3 – 40г/л., в який вводили дисперсний порошок бору в кількості 80 г/л (розмір частинок 1 – 5 мкм) [8]. Порошок підтримували у завислому стані перемішуванням магнітною мішалкою ММ-3М.

Після хімічного обезжирювання поверхні зразка проводили електролітичне травлення в 20 % розчині сірчаної кислоти при густині струму 20 А/Дм² протягом 2 ÷ 3 хв. В якості анода використовували нікелеву пластину або циліндричний замкнутий нікелевий контур в залежності від форми зразку. Осадження покриття проводили при температурі електроліту 60 °С, рН розчину 3 ÷ 4, катодній густині струму 10 А/Дм². Швидкість осадження покриття – 80 мкм/год.

Оскільки плазмовим покриттям притаманна висока поруватість, то використання процесу просочування таких покриттів рідкою металевою фазою є необхідною умовою для отримання структури, де пори заповнюються евтектичною фазою.

Визначення поруватості напилення проводили на ртутному паромері «Мікромеритикс».

Термообробку цих покриттів проводили у вакуумній печі СШОЛ при залишковому тиску газів в камері $5 \cdot 10^{-3}$ Па. Температуру процесу термообробки визначали за діаграмою стану Ni – В, яка відповідала утворенню легкоплавкої евтектики при 1080 °С. Тривалість просочування складала ~ 30 с, початок утворення рідкої фази фіксували візуально за появою і швидким поширенням по площині покриття сріблястого відтінку. Потім піч охолоджували до кімнатної температури та розвантажували.

Випробування на абразивне зношування проводили на машині тертя і за методикою [9] в середовищі кварцового піску (SiO_2) зернистістю 120 – 160 мкм. Знос визначали ваговим методом на електронних вагах з точністю до 0,0001 г, а також за шириною сліду, що утворився в процесі зношування.

Випробування в умовах тертя ковзання проводили на машині тертя СМЦ-1 в середовищі мастила ЦІАТІМ-203 і гідрорідини FH-15 виробництва фірми HUCO (Франція) ($V = 1$ м/с; $P = 1$ МПа)

Мікроструктуру покриттів проявляли при хімічному травленні в суміші азотної і льодяної оцтової кислоти ($50\% \text{HNO}_3 + 50\% \text{CH}_3\text{COOH}$) протягом $1 \div 2$ с. Мікроструктурний аналіз шліфів здійснювали на металографічному мікроскопі Neophot – 32 при різних збільшеннях.

Результати дослідження та їх обговорення. Мікроструктура гальваноплазмових покриттів [КЕП-(Ni-B)+Mo (плазмовий)] до термічної обробки подана на рис.1, а. Термообробка електролітичних покриттів сприяє просочуванню евтектики Ni-Ni₃B крізь пори (рис.1, б), зменшенню поруватості, зміцненню плазмового покриття і зчепленню його з основою завдяки формуванню перехідного шару (Ni-Ni₃B). Дослідження твердості структурних складових показало наступне: мікротвердість евтектики – $5,5 \div 5,9$ ГПа, молібдена – $4,2 \div 4,7$ ГПа і твердого розчину – $3,0 \div 3,4$ ГПа.

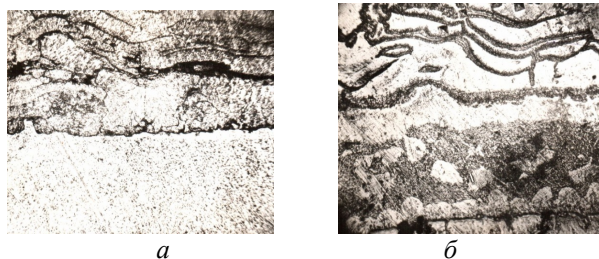


Рис. 1. Мікроструктура гальваноплазмового покриття [КЕП – (Ni-B) + Мо (плазмовий)]: а – до термообробки; б – після термообробки

Результати досліджень (рис. 2) показали, що високу зносостійкість мають композиційні електролітичні покриття системи нікель-бор + Мо (плазмовий) з наступною термічною обробкою.

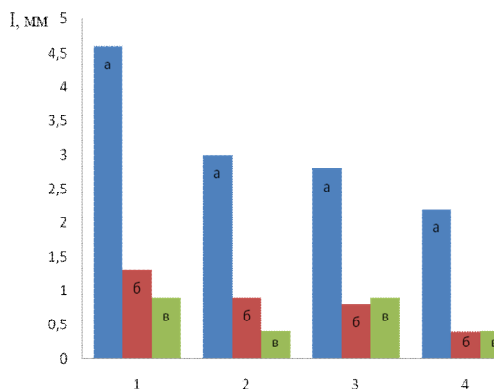


Рис. 2. Знос покриттів [1 – (Ni-B) без термообробки; 2 – (Ni-B) + термообробка; 3 – Мо (плазмовий); 4 – (Ni-B) + Мо (плазмовий) + термообробка] у середовищах: а – повітря; б – ЦІАТІМ-203; в – гідрорідина FH-15.

На робочих поверхнях зазначених покриттів при терті виникають вторинні структури, процеси активації і пасивації в зоні трибоконтакту врівноважуються, глибоких виривів і сколювання покриття не спостерігалось, що свідчить про розвиток окислювального зношування. Пластична деформація локалізується у дуже тонких поверхневих шарах покриття, а знос зумовлений видаленням вторинних структур. Поверхні зразків гладкі з малою шорсткістю. Покриття добре припрацьовуються, протистоять явищам схоплення і володіють високою релаксаційною здатністю.

Високою корозійною стійкістю характеризуються покриття системи нікель-бор-дисульфід молібдену.

Композиційні електролітичні покриття рекомендуються до впровадження у виробництво з метою поверхневого зміцнення деталей вузлів тертя.

Висновки

Композиційні електролітичні покриття системи (Ni-B) + Mo (плазмовий) в процесі термічної обробки просочуються евтектикою Ni – Ni₃B, що сприяє їх зміцненню, зчепленню з основою і, як результат, підвищенню зносостійкості в умовах тертя ковзання і абразивного зношування.

Список літератури

1. Трибологія: [підручник] / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Е.В. Корбут. Вид-во НАУ «НАУ – друк», 2009. – 392 с.
2. Лабунець В.Ф. Тенденції створення захисних структур триботехнічного призначення / В. Ф. Лабунець // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн.збірник.– К: НАУ, 2010.–Вип.45. –С.107–118.
3. Химико-термическая обработка металлов и сплавов : Справочник / [Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин и др.]. М.: Металлургия, 1981. 424с.
4. Газотермические покрытия из порошковых материалов : [Справочник] Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардамовская. — К. : Наукова думка, 1987.-544с.
5. Патон Б.Е. Современные электронно-лучевые технологии Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины /Б.Е. Патон// Автоматическая сварка, 2001. – №2. – С.3 – 8.
6. Лабунец В.Ф. Лазерная обработка трущихся поверхностей деталей машин и инструмента /В.Ф. Лабунец //Вісник КМУЦА, 1998. – №1. – С.72 – 76.
7. Uvarova I.V. Ultrafine and Nanophased Powders as the Fillers in Composite Coatings / I.V. Uvarova // Journal of advanced materials. Vol.32 №.2, April 2000. – pp.26 – 31.
8. Лучка М.В. Износостойкие композиционные диффузионно легированные электролитические покрытия / М.В. Лучка, М.В. Киндрачук, П.И. Мельник та др. – К.: Техніка, 1993. – 143 с.
9. Kudrin A.P. Exploration of passive hardness of hardened simple steel in conditions of abrasive chafing / A.P. Kudrin, V.F. Labunets, O.A. Vishnevsky, // Вісник НАУ, К.: НАУ, 2003. – №2. – 4 с.

I. V. UVAROVA, V. F. LABUNETS, R. M. MEDUH, V. V. JIGINAS, N. R. MEDUH

STRUCTURE AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITION COATINGS

The structure and tribological properties of plasma, electrolytic, galvanophoretic and galvanoplazma coatings in the conditions of abrasive wear and friction of skidding are given.

It is established, that composite electrolytic coating of system Nickel – Boron + Mo (plasma deposited) after heat treatment in comparison with others possess the highest wear resistance at sliding friction conditions at ЦІАТИМ – 203 and liquid FH – 15 environment.

Key words: coating, wear, friction, structure, composition electrolytic coatings, wearproofness.

Уварова Ірина Володимирівна – д-р. техн. наук, професор, завідувач відділом Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

Медюх Роман Максимович – науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

Медюх Назар Романович – студент Національного державного університету ім Т. Г. Шевченка.

Лабунець Василь Федорович – канд. техн. наук, професор кафедри машинознавства Національного авіаційного університету.

Жигинас Володимир Володимирович – інженер, пошукач Національного авіаційного університету.