

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ ТА ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Національний авіаційний університет, ae_yakobchuk@rambler.ru

Розглянуто результати порівняних випробувань зносостійкості покриттів матеріалів в умовах тертя ковзання. Визначено зносостійкість вакуумно-дугових та гальванічних покриттів на титановому сплаві VT-22 та сталі ВКС-170 в умовах тертя ковзання. Встановлено, що гальванічні покриття мають вищі параметри зносостійкості ніж вакуумно-дугові покриття в умовах тертя ковзання та за однакових умов навантаження.

Вступ. Деталі шасі є одними з найвідповідальніших елементів конструкції сучасних пасажирських та транспортних літаків. Як показав аналіз літаків всесвітньовідомих фірм Боїнг, Аербас, Антонов, все більше деталей шасі виготовляється з титанових сплавів. Ці сплави задовольняють умовам роботи шасі з точки зору втомної міцності, але вони мають низьку зносостійкість. Тому існує необхідність вибрати покриття, з допомогою яких можливо не лише збільшити зносостійкість нових деталей, але також відновити зношені деталі [1]. Серед них до числа найбільш перспективних слід віднести високотверді покриття. В процесі зношування при терті ковзання, коли реалізуються втомне, корозійне, адгезійне, ерозійне або інші види поверхневих ушкоджень, важливу роль відіграють структура і фізико-механічні властивості тонкого приповерхневого шару покриття, від яких залежить характер динамічних структур, що формуються в умовах тертя, механізми руйнування і кінетика зношування. Структура та триботехнічні властивості можуть бути оптимізовані, виходячи з необхідної працездатності поверхонь що труться для заданих умов зношування, за рахунок правильного призначення метод отримання покриття і вибору параметрів технологічного процесу його нанесення. Враховуючи комплекс основних вимог до покриттів: забезпечення високої міцності, твердості, стійкості до трибоокиснення припустимої поруватості, міцності зчеп-

лення з основним матеріалом, малої схильності до адгезійних взаємодій, в першу чергу необхідно застосовувати способи модифікуючого поверхневого зміцнення, що дозволяють отримувати ефективності покриття [2].

При виборі конкретного покриття, окрім вимог забезпечення працездатності необхідно також урахувати технологічну, економічну і екологічну оцінку разом з технічними можливостями обладнання.

На сьогодні відомо декілька основних методів нанесення покриттів, які здатні забезпечити необхідні триботехнічні характеристики. Серед них широкого розповсюдження набув гальванічний метод нанесення покриття.

Гальванічне покриття передбачає нанесення тонкого захисного шару (як правило, металевого) на попередньо підготовлену поверхню металу, з використанням електрохімічних процесів. Процес включає в себе попередню обробку (очищення, знежирення, і інші підготовчі заходи), нанесення покриття, миття, пасивування і сушіння. Очищення та попередня обробка передбачає використання різних розчинників (найчастіше хлориду вуглеводнів, використання яких не є безпечним) і поверхнево активних речовин, у тому числі каустичної соди і ряду сильних кислот, в залежності від виду металу на який буде нанесено покриття. Використання галогенованих вуглеводнів для знежирення у вигляді водних розчинів не є необхідним. У процесі нанесення гальванічного покриття, деталь зазвичай використовується як катод у електролітичній ванні. Гальванічні розчини це кислоти або луги, що можуть містити усобі комплексоутворюючі елементи, такі як ціаніди [3]. Тому використання цього методу для нанесення триботехнічного покриття не є прийнятним з точки зору екологічної безпеки.

Виходячи із зазначених умов, постає питання використання екологічно безпечних методів нанесення покриття. Одним з них є вакуумно-дуговий метод. Ці покриття характеризуються високою адгезією і твердістю (HV 1800 ... 8000), стійкістю до зносу тертям, до впливу повітряної атмосфери і агресивних середовищ, стійкістю до ерозії під впливом кавітації, паро-крапельних, газових і пилових потоків [4]. Покриття формуються шляхом конденсації металу з плазмових потоків, що генеруються катодними плямами вакуумно-дугових розрядів в умовах бомбардування іонами матеріалу, на який наноситься покриття. Вакуумно-дугові покриття забезпе-

чують високу міцність зчеплення з підкладкою (до 25 кгс/мм²), що істотно перевищує адгезійні характеристики покриттів, одержаних гальванічними та іншими традиційними методами. Технологія їх нанесення екологічно забезпечена, а спектр функціональних властивостей достатньо широкий [5].

Метою даної роботи є порівняння триботехнічних характеристик гальванічних і вакуумно-дугових покриттів в умовах тертя ковзання.

Методика випробувань. Для дослідження триботехнічних особливостей в умовах тертя ковзання використовувалася спеціальна машина тертя, розроблена відповідно до мети дослідження та вимог методів вимірювання. Машина виконана для вивчення ковзання площин [6].

Установка спроектована таким чином, що дозволяє випробувати дві пари тертя одночасно, тобто фактично, проводити два експерименти за однакових умов роботи (питоме навантаження, швидкість ковзання) та при різних зовнішніх умовах їх роботи (середовище, мащення, абразив, температурний вплив).

Сутність методу полягає в тому, що рухомий контрзразок ковзає поверхнею нерухомого зразка при заданому навантаженні та швидкості. Процес виходу на робочий режим відбувається поступово – плавне навантаження до робочого тиску при одночасному збільшенні швидкості ковзання.

Загальні види та ескізи зразка і контрзразка представлено на рис. 1.

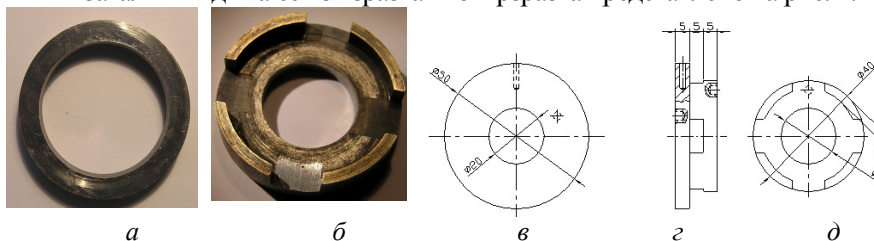


Рис. 1. Загальні види та ескізи зразків для проведення дослідів: *а, в* – зразок, *б, д* – контр зразок, *е* – розташування зразків в процесі дослідження

Дослідження проводились у гідравлічній рідині АМГ 10 за навантаження 20 та 30 МПа та швидкості ковзання 1 м/с.

Результати дослідження. Як зразки для напилювання плазмових покриттів, використовувались ролики діаметром 50 мм

(рис 1, в), виготовлені з титанового сплаву VT-22 та сталі ВКС-170. Контрзразок (рис. 1, б, д) в усіх випробуваннях виконаний зі сталі 45 і твердістю HRC 45–50 одиниць.

В дослідженнях використовувалися чотири види покриттів та зразки без покриттів: сплав VT-22 та сталь ВКС-170. Три з чотирьох покриттів наносилися вакуумно-дуговим методом: хром твердий ($Cr_{ТВ}$), хром м'який ($Cr_{М}$) та Мо. Електролітичним способом наносили лише покриття хрому ($Cr_{ГВ}$).

Результати випробувань при середньому навантаженні 6 МПа при вакуумно-дугових та електролітичному покриттів приведені на рис. 2, а при середньому навантаженні 9 МПа – на рис. 3.

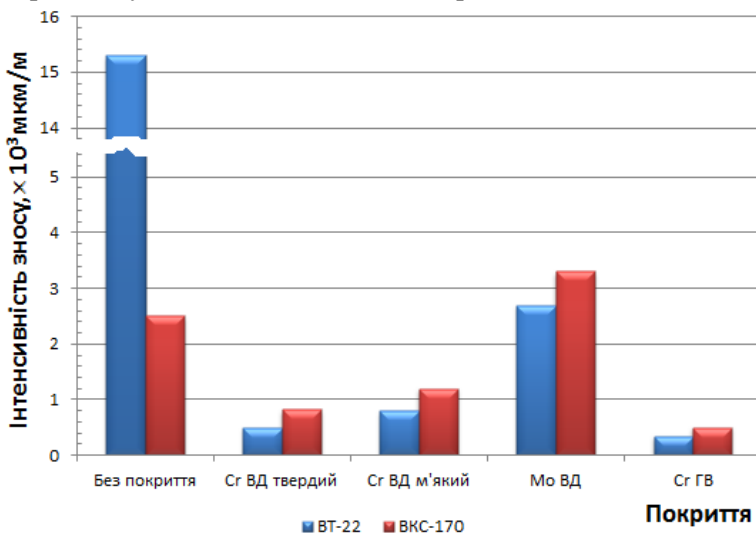


Рис. 2. Залежність інтенсивності зношування вакуумно-дугових та гальванічного покриттів при навантаженні в 6 МПа

Як видно з діаграм, найкращі результати при дослідженні показали гальванічні покриття хрому як на титановому сплаві VT-22 так і на сталі ВКС-170. Це вказує на те, що це покриття залишається більш зносостійке ніж інші досліджувані зразки.

Дослідження чистого титанового сплаву при навантаженні 9 МПа не проводились виходячи з результатів при навантаженні 6 МПа.

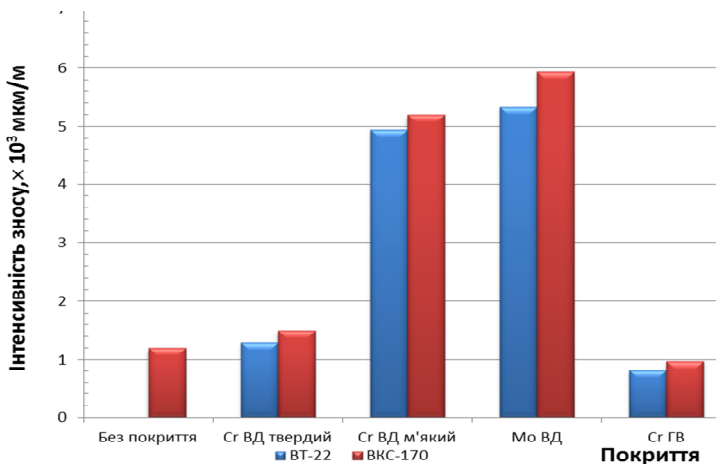


Рис. 3. Залежність інтенсивності зношування вакуумно-дугових та гальванічного покриттів при навантаженні в 9 МПа

Висновки. Не зважаючи на шкідливість гальванічного виробництва, покриття нанесені даним способом мають кращі показники зносостійкості. У випадку нанесення гальванічного покриття на сплави титану, необхідно виконувати періодичний контроль пар тертя, оскільки при видаленні покриття в процесі тертя, в роботу зі сталлю може вступити чистий титановий сплав. В цьому випадку знос буде катастрофічний і приведе до виходу з ладу машини, навіть до пожежі. Процес тертя чистого титанового сплаву із сталлю в середовищі гідравлічного масла супроводжувався виділенням великої кількості тепла і диму.

Список літератури

1. *Хімко А.М.* Особливості зношування вузлів механізації крила літаків, що працюють в умовах динамічних навантажень / А.М. Хімко, О.С. Якобчук, В.М. Бородій, С.М. Задніпровська, Н.В. Холод // Вісник НАУ. – 2009. – № 3. – С. 33–36.
2. *Беркович И.И.* Трибологія / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский. – Самара: Самарський ГТУ, 2000. – 470 с.
3. *Electroplating* // Project guidelines: industry sector guidelines. Pollution Prevention and Abatement Handbook – July 1998 – Режим доступу: [http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/gui_electroplating_WB/\\$FILE/electroplating_PPAH.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/gui_electroplating_WB/$FILE/electroplating_PPAH.pdf)

4. *Straumal B.B., Vershinin N.F., Asrian A.A., Rabkin E., Kroeger R.* Nanostructured vacuum arc deposited titanium coatings // *Mater.phys.mech.* 5 (2002) 39–42.

5. *Берсенеv В.М.*, Формирование многослойных покрытий TiN/Мо вакуумно-дуговым методом с использованием ВЧ-разряда / В.М.Берсенеv, А.Д.Погребняк, О.М.Швец, Е.В.Фурсова, Н.Н.Чернышов, Л.В.Маликов // *Вісник Харківського університету, серія фізична «Ядра, частина, поля»*, – 2007, – №777, вип. 2(34), –С. 93–96

6. *Method of material research at low speeds sliding / A. Khimko, V. Kralya, A. Yakobchuk, V. Borodiy*// *Проблеми тертя та зношування: зб. наук. пр.* – К.: НАУ, 2009. – Вип. 52. – С. 45–52.

Якобчук А.Е. **Износостойкость вакуумно-дуговых и гальванических покрытий в условиях трения скольжения**// *Проблеми тертя та зношування: наук. техн. зб.* – К.: НАУ, 2011. – Вип. 56. – С.190–195.

Рассмотрено результаты сравнительных испытаний на износостойкость покрытий материалов в условиях трения скольжения. Определено износостойкость вакуумно-дуговых и гальванических покрытий на титановом сплаве BT-22 и стали ВКС-170 в условиях трения скольжения. Установлено, что гальванические покрытия имеют параметры износостойкости выше, чем вакуумно-дуговые покрытия в условиях трения скольжения и при одинаковых условиях нагружения.

Рис. 3, список лит.: 6 найм.

Yakobchuk A.Y. **Wearability of vacuum-arc and electroplating coatings in sliding friction conditions.**

The results of comparing testing for wearability of vacuum-arc and electroplating coatings in sliding friction conditions were considered. Wearability of vacuum-arc and electroplating coatings on titanium alloy BT-22 and steel ВКС-170 in sliding friction conditions was determined. Established that the electroplating coatings have higher wear resistance parameters than vacuum-arc coatings in in sliding friction conditions and at same loading one.

Стаття надійшла до редакції 19.05.2011