

УДК 620.178.16 (045)

А.М. Хімко, асист.
В.М. Бородій, старш. викл.
О.Є. Якобчук, старш. викл.

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ МАТЕРІАЛІВ ПРИ КОНТАКТНОМУ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Показано методику випробувань матеріалів і покриттів при контактному динамічному навантаженні. Залежно від умов навантаження можлива реалізація динамічного навантаження з прослизанням і циклічним знакозмінним ковзанням. Проведено порівняльні випробування плазмових та електроіскрових покриттів. Визначено, що найбільш зносостійким покриттям є плазмове покриття молібдену.

A technique of test of materials and coatings at a contact dynamic loading is shown. Depending on the conditions of loading there are dynamic loading with slipping and dynamic loading with the reversed-cyclic sliding. The comparative tests of plasma and electrospark covering are conducted. It is certain that the most wear-resistant coating is plasma coating of molybdenum.

Постановка проблеми

Натепер розробляється, освоюється й експлуатується у виробництві безліч різновидів випробувальної техніки:

– машини для випробування матеріалів на розтягування і стиснення, вигин, зріз, кручення, знос, удар;

– прилади для визначення твердості і пружних констант матеріалів;

– засоби для технологічних випробувань матеріалів, дослідження дії кліматичних чинників.

Велика частина випробувальної техніки створюється у складі агрегатних комплексів засобів випробувань матеріалів і виробів на міцність, засобів вимірювальної техніки й інших конструктивних рішень зовнішніх з'єднань, технологічності, принципів побудови приладів, вимірювально-інформаційних і випробувальних систем, які передбачають єдність [1].

Різні механізми піддаються в умовах експлуатації дії знакозмінних сил, випробовують вібраційні навантаження, які можуть привести до їх несправності і поломки.

Близько 70–80 % відмов вузлів в машинобудуванні є результатом дії вібрації.

Для авіаційної техніки вібрація – чинник, супутній нормальній роботі деталей і вузлів. Вібрація літальних апаратів викликає накопичення втомних пошкоджень, скорочення ресурсу роботи двигунів, автоколювання корпусу, що спричиняє пошкодження таких відповідальних вузлів, як шасі, механізація крила, стійкі, кронштейни та ін.

Аналіз досліджень та публікацій

Останнім часом багато сучасної літератури присвячено питанням розробки методик випробувань на зносостійкість різноманітних покриттів і металів [2–5].

Удосконалення існуючих і створення нових методик випробувань різних конструкційних матеріалів на тертя і знос є одним з актуальних напрямів підвищення триботехнічної надійності різноманітних машин і механізмів.

Завдання пошуку і створення оптимальних поєднань конструкційних і змащувальних матеріалів, оцінювання їх триботехнічних властивостей зумовило необхідність створення спеціалізованих стаціонарних стендів і повністю автоматизованих комплексів для випробування на тертя і знос модельних пар тертя.

У літературних джерелах [2–5] переважно розглянуті найпоширеніші методи трибологічних досліджень, що включають визначення площі фактичного контакту, мікрогеометричних характеристик поверхонь тертя, а також структури і властивостей приповерхневих мікрооб'ємів матеріалів пар тертя.

Відомості про стандартні методи випробувань, на тертя і знос, основні схеми випробувань, критерії і способи оцінювання триботехнічних характеристик, нестандартні методи випробувань, їх можливості і конкретні сфери вживання, що часто використовуються, наведено в праці [4].

Однак у літературі не досить показано методики випробувань при динамічному контактному навантаженні. Основною метою вібраційних випробувань є встановлення здатності деталей або покриттів протистояти руйнуючому впливу механічних дій, а також визначення їх здатності виконати свої функції при збереженні параметрів у межах встановлених норм.

Мета роботи – проведення випробувань при контактному динамічному навантаженні з циклічним знакозмінним ковзанням сучасних покриттів для визначення їх зносостійких властивостей та вибору оптимального покриття.

Випробування на зносостійкість

Для проведення випробувань на зносостійкість захисних покриттів використовувалась установка, що реалізує контактне динамічне навантаження у разі циклічного знакозмінного ковзання. На установці реалізувалась схема контакту зразків площина – циліндр.

Зразки 1, 2 розміщуються на кінцях консольно закріплених пружин 3, виконаних у вигляді ресор, і притискаються один до одного робочими поверхнями (рис. 1).

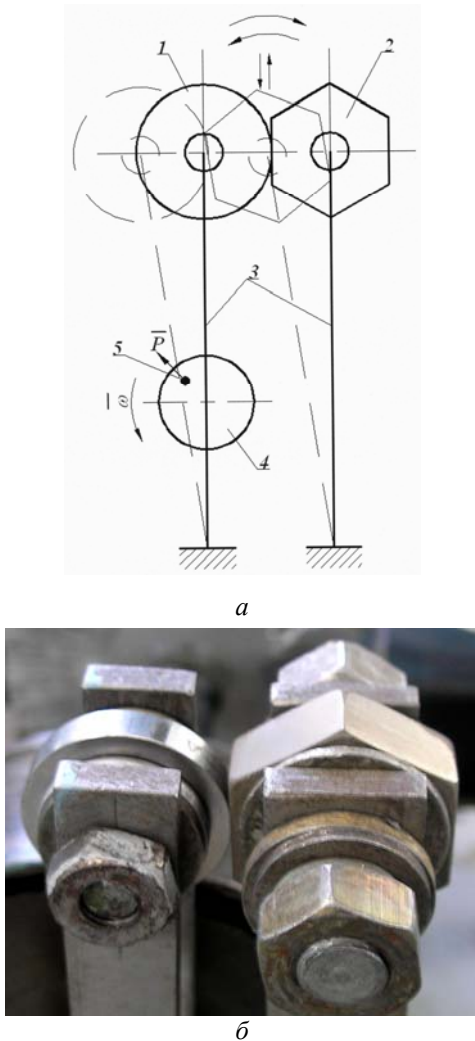


Рис. 1. Схема установки для випробувань матеріалів та покриттів на зносостійкість при динамічному навантаженні:

- a* – схема установки;
- б* – зовнішній вигляд зразків;
- 1 – рухомий контрзразок;
- 2 – зразок для випробувань з напиленням покриттям на робочій поверхні;
- 3 – консольно закріплені пружини;
- 4 – диск із закріпленою неврівноваженою масою, що обертається;
- 5 – неврівноважена маса

На одній із пружин кріпиться диск 4 із закріпленою на ньому неврівноваженою масою 5, що вільно обертається. Під час обертання диска з неврівноваженою масою виникає відцентрова сила. Вертикальна складова відцентрової сили врівноважується жорстко закріпленою пружиною, а горизонтальна складова порушує коливання пружини. За рахунок коливань відбувається контактна взаємодія торцевих поверхонь зразків зі змінним нормальним зусиллям у контакті. Залежно від стану сполучення в статичному положенні (натяг або зазор) сили при динамічному навантаженні та виду закріплення ролика можлива реалізація таких режимів випробування:

- ковзання;
- зіткнення з ковзанням.

Рівень динамічного навантаження регулюється зміною кутової швидкості ω обертання диска і радіусом обертання неврівноваженої маси.

Зразок для випробувань є шестигранником з плоскими робочими поверхнями (рис. 2), який виготовлявся з високоміцного титанового сплаву ВТ-22.

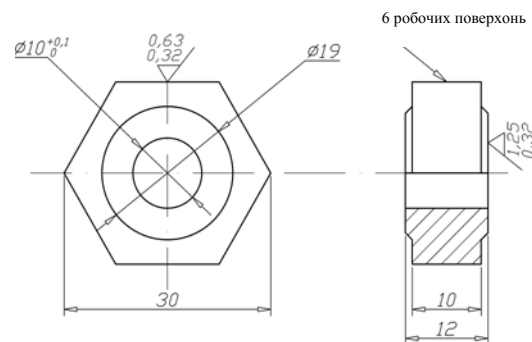


Рис. 2. Схема зразків для випробувань матеріалів і покриттів при динамічному навантаженні

Рухомий контрзразок являє собою кільце шириною 5 мм. Матеріал контрзразка – 95Х18Ш з твердістю 50–55 HRC.

Величина лінійного зносу визначалась як середнє значення п'яти вимірювань максимальної глибини пошкодження зразка. Для більшої вірогідності результатів проводили не менш як по три випробування на один стовпчик гістограми. Експерименти проводили за таких умов:

- частота коливань 30–35 Гц;
- обороти ротора, що навантажує 1900 – 2100 об/хв;
- база випробувань 325 000 циклів;
- попереднє натягнення 30 Н;
- вага вантажу, що дисбалансиує, 17,5 г;

- відстань вантажу від осі обертання 35 мм;
- амплітуда в кінці експерименту 200 мкм.

Випробування на зносостійкість при контактному динамічному навантаженні проводили на плазмових покриттях ВКНА, ПС12НВК-01, ПГ10Н-01, Мо й електроіскрових покриттях хрому та молібдену. Газотермічні покриття наносились на плазмовій установці УПУ-3Д до товщини 500 мкм. Після чого відбувалось шліфування до товщини 300 мкм включаючи підшар. Покриття ПС12НВК-01 і ПГ10Н-01 наносились на підшар ВКНА товщиною 50 мкм. Товщина електроіскрових покриттів хрому та молібдену становила близько 200 мкм.

Вибір покриття для важконавантажених пар тертя

Експерименти проводили при динамічному навантаженні з циклічним знакозмінним ковзанням, тобто з жорстко закріпленим роликом. Крім ударів покриття піддається і тертю ковзання при максимальному відхиленні консольно-закріплених пружин в обидві сторони. Ролик рухається по поверхні матеріалу, що випробовується. У цьому випадку на тертя працює тільки певна поверхня ролика. Амплітуда вертикальних зсувів обчислюється аналітично від конструкції та горизонтальних коливань покладу. Вертикальна амплітуда становила близько 10 мкм. Одержані результати випробувань зображено на рис. 3.

Із гістограми видно, що найбільш зносостійкими є газотермічні покриття. Електроіскрові покриття під час випробувань на динамічне навантаження з циклічним знакозмінним навантаженням показали незадовільні результати зі зносостійкості порівняно зі зносом титанового сплаву ВТ-22.

Їх зносостійкість у 10–15 разів гірша, ніж у покриттів, нанесених плазмовим способом.

Досить високі результати зі зносостійкості плазмових покриттів можна пояснити модулем пружності та твердістю покриття. Модуль пружності газотермічних покриттів менший, ніж у разі електроіскрової обробки. Мабуть, під час удару покриття з невисоким значенням модуля пружності демпфує, а жорстке покриття сприймає удари і протистоїть їм більшою мірою.

Найбільш зносостійким є плазмове покриття молібдену. Його знос майже у 20 разів менший, ніж у титанового сплаву ВТ-22.

Досить високу зносостійкість плазмового покриття молібдену можна також пояснити тим, що логарифмічний декремент (демпфуюча здатність) молібденового покриття значно більший, ніж у інших покриттів на основі нікелю [6]. При відносному русі ролика поверхня покриття сприймає імпульсні (вібраційні) навантаження, внаслідок чого в поверхневих шарах поширюються затухаючі хвилі деформацій – напружень. Механічна енергія, що виникає при зовнішньому терті, передається в матеріал покриття за допомогою вказаних хвиль, що обумовлене непружними явищами і характеризує здатність твердого тіла необоротно розсіювати енергію механічних коливань, перетворюючи її на тепло [7].

Знос покриттів ПГ10Н-01 і ПС12НВК-01 практично однаковий. Їх зносостійкість досить помірна і трохи перевищує знос плазмового покриття молібдену. Знос покриття ВКНА майже у два рази перевищує знос плазмового покриття молібдену.

Топографію поверхонь зносостійких покриттів та титанового сплаву ВТ-22 під час випробувань на контактне динамічне навантаження з циклічним знакозмінним ковзанням зображено на рис. 4.

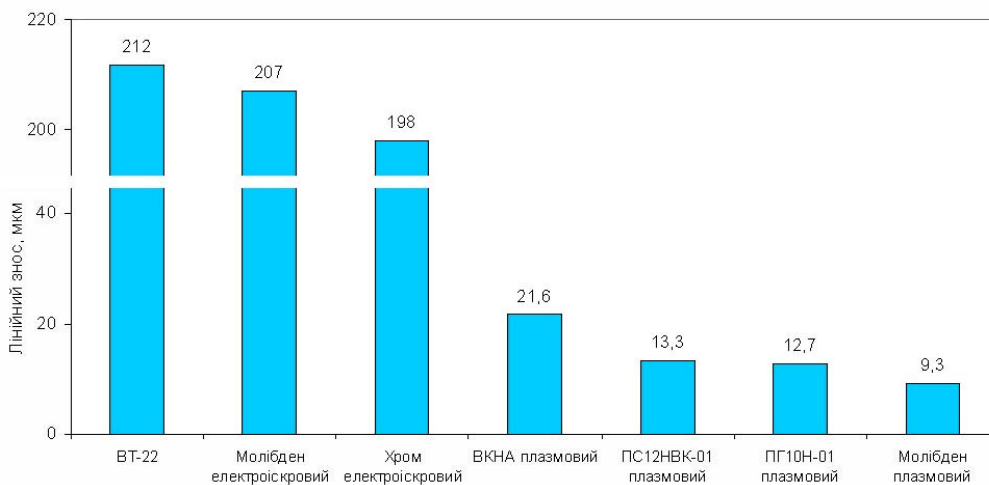


Рис. 3. Зносостійкість захисних покриттів при контактному динамічному навантаженні з циклічним знакозмінним ковзанням

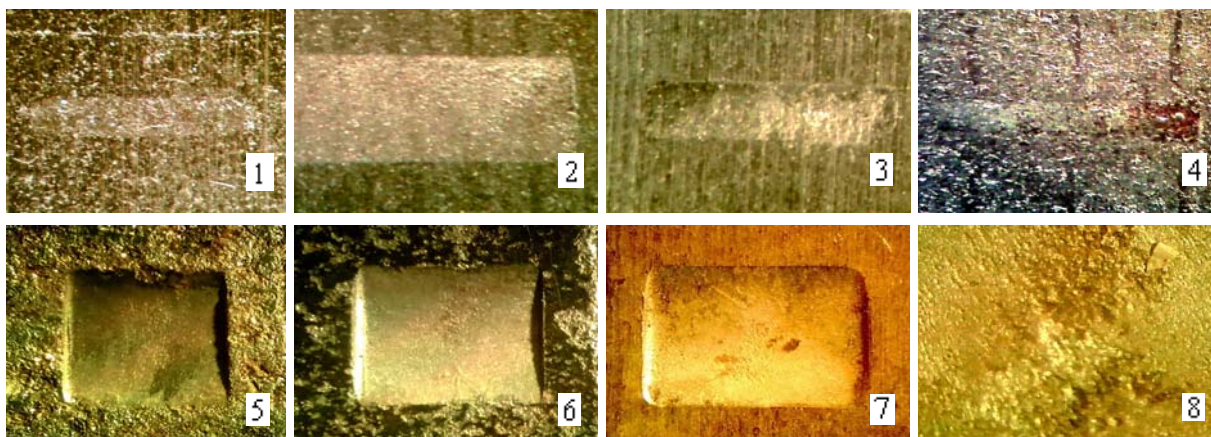


Рис. 4. Топографія поверхонь зносостійких покриттів та титанового сплаву ВТ-22:

- 1 – плазмове покриття ПГ10Н-01;
- 2 – плазмове покриття ВКНА;
- 3 – плазмове покриття ПС12НВК-01;
- 4 – плазмове покриття молибдену;
- 5 – електроіскрове покриття хрому;
- 6 – електроіскрове покриття молибдену;
- 7, 8 – титановий сплав ВТ-22

Аналіз руйнувань контактуючих поверхонь показує, що неоднаковий характер зношування свідчить про різні процеси, які відбуваються в зоні контакту.

У разі плазмових покриттів провідним механізмом зношування був механічний знос, а у сплаву ВТ-22 виявляються більш характерні для фретинг-корозії втомно-корозійні процеси.

Одержаний результат зі зносостійкості плазмових і електроіскрових покриттів дозволяє рекомендувати плазмові покриття для напилення на деталі з титанових сплавів, які працюють в умовах динамічного навантаження з циклічним знакозмінним ковзанням.

Електроіскрові покриття виявились непридатними для використання їх у цих умовах.

Висновки

1. Показано установку для проведення випробувань на зносостійкість матеріалів та покриттів при контактному динамічному навантаженні з прослизанням та циклічним знакозмінним ковзанням.

2. Не слід застосовувати електроіскрові покриття хрому та молибдену для захисту деталей із титанового сплаву ВТ-22, що працюють в умовах динамічного навантаження з ковзанням.

3. Найбільш зносостійким покриттям під час випробувань на динамічне навантаження з циклічним знакозмінним ковзанням є плазмове покриття молибдену.

Література

1. *Испытательная техника*: справ.: в 2-х кн. / под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1982. – Кн. 1. – 528 с.
2. *Берлинер Э.М., Чичинадзе А.В.* Трение, износ и смазка (трибология и триботехника). – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
3. *Розенблат Г.Т.* Динамические системы с трением. – М.: НИЦ РХД, 2005. – 156 с.
4. *Куксенова Л.И.* Методы испытаний на трение и износ. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 152 с.
5. *Клюев В.В., Сосин Ф.Р., Филинов В.Н.* Машиностроение. Энциклопедия: в 40 т: разд. III: Технология производства машин: Т. III-7: Измерения, контроль, испытания и диагностика. – М.: Машиностроение, 2001. – 460 с.
6. *Шевеля В.В.* Трибохимия и реология износостойкости / В.В. Шевеля, В.П. Олександренко. – Хмельницький: ХНУ, 2006. – 278 с.
7. *Писаренко Г.С.* Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов: справ. // Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – К.: Наук. думка 1971. – 375 с.

