

УДК 621.891

О.М. Трошин

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ТРИБОЛОГІЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

У статті наведені експериментальні дослідження трибосполучень з урахуванням термічних опорів у вигляді нашарувань. Отримана залежність моменту тертя, температури і зносу трибосполучень. Показана можливість управління тепловими потоками у бік менш навантаженого елемента трибосполучення, що дасть можливість зменшити знос трибосистеми в цілому.

перелік ключових слів

Вступ

Підвищення надійності і збільшення терміну служби машин та механізмів є однією з актуальних проблем сучасного машинобудування. Успішному її вирішенню сприяють широкі наукові дослідження у галузі машинобудування і, крім того, розвиток трибології та її інженерних додатків.

Довговічність машин визначається зносостійкістю, міцністю і жорсткістю. Зношування є один з основних видів руйнування і найпоширенішою причиною виходу з ладу деталей та робочих органів. Підвищення зносостійкості рухомих сполучень є важливим чинником збільшення терміну служби і підвищення надійності машин, устаткування та приладів.

Одним з методів захисту поверхонь тертя від зносу є нанесення зносостійких покриттів, при цьому така технологічна операція дає можливість одержувати матеріал з різними властивостями в об'ємі і на поверхні.

Аналіз літератури. Останнім часом розроблена значна кількість нових покриттів (багат шарові, композиційні, комбіновані), що дозволило вирішити ряд трибологічних проблем [1, 2]. Із структури теплового генератора [3] виходить, що тепловими по-

токама, які передаються в оточуюче середовище, можна управляти за допомогою зміни теплових опорів трибоелементів, не змінюючи теплового опору перегородки. Збільшити тепловий опір нерухомого зразка, тобто енергетично більш навантаженого елемента трибосполучення, можливо застосуванням тонких шарів покриттів або пластин. Математична модель [3] дозволяє визначити розподіли температур, одиничного градієнта температур і теплових потоків в елементах трибосистеми для можливості розрахунку й підбору таких теплових опорів у контакті, які дозволять перенаправити тепловий потік у бік більш зносостійкого елемента в трибосполученні, а також вибрати кількість шарів покриттів. Для зменшення сумарного зносу двох елементів трибосистеми, що зношуються, представляється можливим конструктивними заходами, на етапі проектування, забезпечити переважний тепловідвід у бік одного або іншого елемента трибосистеми, тим самим змінивши тепловіддачу через трибоелементи.

Мета роботи полягає у вивченні закономірностей тертя і зношування елементів трибосполучення з нанесеними конструктивним способом покриттями та без них. Це дозволило б оцінити ефективність трибологічних систем у конкретних умовах експерименту.

Виклад основного матеріалу

Щоб зменшити фізичні і фінансові витрати, тобто спростити експериментальну роботу, було вдосконалено стандартну машину тертя 2070 СМТ-1 (рис. 1) [4], для проведення випробувань за конструктивною схемою «кільце-кільце» використовуються елементи з нашаруваннями (рис. 2).



Рис. 1. Вдосконалена стандартна машина тертя 2070 СМТ-1

Для реалізації режимів тертя в умовах граничного мащення на універсальній машині тертя була встановлена система мащення з постійною краплинною подачею, яка регулюється краном. Мастило подавалося в зону тертя нерухомого і рухомого зразків через форсунку. Злив мастила в маслозбірник, який одночасно виконує функцію маслобака, здійснюється самотпливом. З метою виключення впливу продуктів зносу встановлено фільтр тонкого очищення саржевого плетіння. Як мастильне середовище використовувалася дизельна моторна мастила М-10Г₂К (ГОСТ 8581-78). Витрата мастила при краплинній подачі постійна і складала $6,95 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 3).



Рис. 2. Елементи пари тертя для проведення експерименту за конструктивною схемою «кільце-кільце»

Випробуванню піддавалися такі поєднання матеріалів: латунь-сталь без пластин і трьома пластинами на латунному нерухомому зразку; сталь-сталь без латунних пластин і з трьома пластинами на нерухомому елементі із сталі. Випробування зразків проводилися на універсальній машині тертя 2070 СМТ-1 з використанням конструктивної схеми «кільце-кільце». Як матеріали для рухомого зразка використовувалася сталь 30ХГСНА, а для нерухомого зразка – латунь ЛС-62. При цьому форма і розміри зразків для модельних триботехнічних випробувань відповідали вимогам ДСТУ 30480-97 з коефіцієнтом взаємного перекриття $K_{вз}=0,8$. Вибір даних матеріалів обумовлений їх широким використанням у виробництві гідромашин. Контактне навантаження складало 1000 Н.

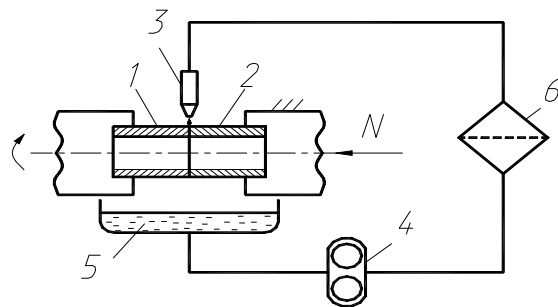


Рис. 3. Схема випробувальної установки: машини тертя 2070 СМТ – 1 і система мащення зразків: 1 – рухомий елемент; 2 – нерухомий елемент; 3 – форсунка для подачі мастила; 4 – шестеренчастий насос; 5 – маслозбірник; 6 – масляний фільтр

Перед установкою на універсальну машину тертя поверхні контакту оброблялися за методикою, відповідно до ГОСТ 23.210-80. Шорсткість поверхонь зразка при цьому складала $R_a \leq 0,20$. Швидкість обертання приводного вала машини складала 300 хв^{-1} . Величина зносу вимірювалася методом штучних баз згідно з ГОСТ 23.301-78. Вимірювання температури в зоні тертя здійснювалося безконтактним способом за допомогою пірометра.

Дослідження виконувалися в два етапи. Спочатку на знос, випробовувалися пари тертя, без пластин. На другому етапі для зміни теплового потоку трибосистеми на робочу поверхню латунного і сталевих зразків шляхом паяння кріпилися додаткові пластини з латуні. Товщина кожної з пластин складала 1 мм. При цьому значення $K_{вз}$ не змінювали, і також як і у попередньому випадку складав $K_{вз}=0,8$.

Результати випробувань пари тертя латунь-сталь показали, що в трибосполученні в основному зноситься латунний зразок, причому інтенсивність його зношення в чотири рази більше 60 мкм, ніж у сталевих зразка 15 мкм. При постановці трьох шарів, що напаяли, з латуні на латунний зразок картина кардинально змінюється. Латунний елемент в цьому випадку зноситься менше сталевих 4 мкм, а

у сталевому 20 мкм. Це відбувається за рахунок повороту теплового потоку у бік більш зносостійкого елемента (сталі) [3], що викликано наявністю меж між шарами й обумовлене більш високим термічним опором, де падіння температур значне [3]. Така картина характерна і для пари тертя сталь-сталь з трьома латунними пластинами на рухомому сталевому елементі. Відомо, що процес тертя супроводжується складними фізико-хімічними перетвореннями, які відбуваються в зоні контакту внаслідок тиску, температури і періодичного утворення та відновлення ювенільної поверхні тертя [6, 7]. Характер цих перетворень визначається хімічним складом контактуючих поверхонь, навколишнім середовищем і температурою в зоні тертя.

Слід зазначити, що на другому етапі випробувань відбувається зміна моменту тертя і температури поверхні, у бік їх подальшої стабілізації, для моменту тертя у бік зменшення (рис. 4, а), а для температури у бік збільшення (рис. 4, б).

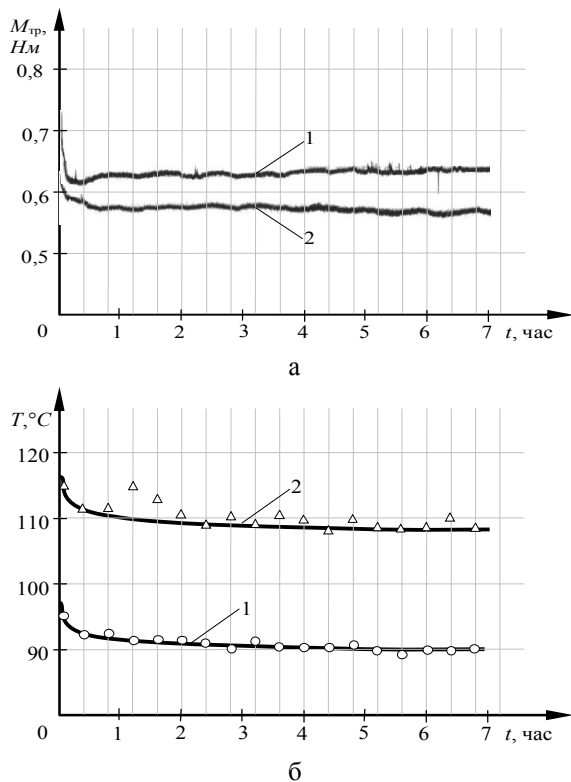


Рис. 4. Трибологічні характеристики:
а – середня поверхнева температура;
б – момент тертя;
1 – трибосполучення латунь-сталь;
2 – трибосполучення сталь-сталь
з латунними нашаруваннями

Підвищення зносостійкості пари тертя сталь-сталь з латунними нашаруваннями в другому експерименті, мабуть, обумовлено структуризацією поверхонь тертя за рахунок зміни анізотропії, твердості, хімічного складу і т.д. Це дозволяє перетворювати механічну енергію в теплову за рахунок макропластичної і мікропластичної деформацій.

Для кращого розуміння і пояснення отриманих результатів трибологічних випробувань необхідно провести комплексні макро- і мікроструктурні дослідження поверхонь тертя, які дозволили б визначити процеси, що відбуваються в зоні контакту при терті.

Таким чином, на відміну від технологічних заходів, направлених на підвищення зносостійкості трибосполучень (нанесення покриттів, застосування газотермічних методів, зміцнюючих технологій і т.д.), де вдається досягти підвищення зносостійкості на 10-50%, управління тепловим потоком у трибосполученні дозволяє досягти підвищення зносостійкості в десятки раз, що робить цілком реальним досягнення практично незносного режиму тертя.

Висновки

У роботі практично реалізовані шляхи кардинального підвищення зносостійкості шляхом регулювання теплового потоку, за рахунок постановки термічних опорів, роль яких відіграють латунні пластини – нашарування. При цьому вдається перерозподілити тепловий потік між елементами трибосполучення, спрямувавши його в більш зносостійкий елемент. Таким чином, вдається досягти значного зменшення сумарного зносу трибосистеми, тим самим підвищуючи її ресурс. Такий підхід дає підстави в застосуванні багатшарових конструкцій для підвищення ресурсу трибосистем.

Список літератури

1. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 122 с.
2. Диффузионные карбидные покрытия / В.А. Лоскутов, В.Г. Хижняк, Ю.А. Кунццкий, М.В. Киндрачук. – К.: Техника, 1991. – 168 с.
3. Войтов В.А., Трошин О.Н., Стадниченко В.Н. Структурная и математическая модель распределения тепловых потоков между элементами трибосистемы в процессе трения // Вісник ХНТУСГ. – 2006. – Вип. 47 «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». – С. 201-214.
4. А.с. 1803811 (СССР). Машина для испытания материалов на трение и износ / В.А. Войтов, В.А. Баздеркин, О.И. Носовский, Л.Г. Козырь, В.Н. Стадниченко, А.И. Смахтин. – Оpubл. в Б.И., 1993. – № 11.
5. Левченко О.В., Шкрегаль О.М., Великодний Д.О., Осипенко А.В. Результаты випробувань по оцінці сумісності моторних масел з матеріалами трибосистем дизельних ДВЗ // Вісник ХНТУСГ. – 2006. – Вип. 47 «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». – С. 177-183.
6. Поверхностная прочность материалов при трении / Под ред. Б.И. Костецкого. – К.: Техника, 1976. – 291 с.
7. Костецкий Б.И. Структурно-энергетическая приспособляемость материалов при трении // Трение и износ. – 1985. – Т. 6, № 2. – С. 202-212.

Надійшла до редколегії 29.01.2007

Рецензент: д-р техн. наук., проф. В.А. Войтов, Харківський національний технічний університет сільського господарства, Харків.