

УДК 621.891

DOI: 10.18372/0370-2197.1(82).13490

М. М. СВИРИД, В. Ф. ЛАБУНЕЦЬ, О. Ю. СИДОРЕНКО, В. М. БОРОДІЙ

*Національний авіаційний університет, Україна***ТРИБОГЕНЕРАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ФОРМУВАННЯМ ЗАХИСНИХ ПОВЕРХНЕВИХ СТРУКТУР НА ФЕРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛАХ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ В СЕРЕДОВИЩІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ**

Наведені результати трибологічних досліджень феромагнітної пари тертя шарикопідшипникової сталі ШХ-15 – Ст45 в умовах зворотно поступального руху у середовищі оливи М10Г2к під впливом магнітного поля. Установлено суттєве підвищення працездатності пар тертя за рахунок направлено переносу частинок зносу на робочі поверхні деталі тертя.

Ключові слова: тертя; знос; магнітне поле; зношування; ресурс

Вступ. Інтенсифікація сучасного виробництва, зростання продуктивності машин і механізмів, збільшення їх маси і розмірів, з одного боку, призводить до зростання швидкостей і навантажень в окремих вузлах і деталях, з іншого боку, ускладнення умов експлуатації сучасного обладнання характеризується широким температурним інтервалом, а також наявністю хімічно агресивних середовищ. Все це в цілому досить негативно позначається на терміни служби технічних систем. Слід зазначити, що найбільша кількість відмов (до 80%) обумовлено процесами зношування.

Таким чином, підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя дозволить певною мірою вирішити завдання збільшення працездатності машин і механізмів. В даний час існує цілий ряд прийомів по збільшенню ресурсу машин, які пов'язані з поліпшенням триботехнічних характеристик робочих поверхонь контактуючих деталей трибосистеми, а також фізико-хімічних властивостей мастильних середовищ.

Однак, як відзначають автори [1], різні конструктивно-технічні методи підвищення якості деталей і оливи з метою збільшення ресурсу машин практично вичерпали себе і не дають бажаних результатів. Очікувати іншого в цьому випадку не доводиться, так як всі відомі підходи до вирішення даної проблеми, в принципі на більше не розраховані. Один із перспективних напрямків щодо підвищення ресурсу технічних систем є застосування електричних і магнітних полів. У зв'язку з цим роботи, в яких проводяться дослідження впливу магнітного поля на працездатність трибосистеми є актуальними.

Аналіз літературних джерел і постановка проблеми. З часу публікації робіт Е.Герберта (20-30-і роки) почався відлік часу для використання магнітного поля в перебудові структурних параметрів, які супроводжуються зміною властивостей конструкційних і інструментальних сталей. За пройдений проміжок часу досягнуто певних успіхів, що відобразилися в монографії [2], з вивчення впливу сильного імпульсного магнітного поля на термодинаміку і морфологію мартенситного перетворення в сплавах з ізотермічним і атермічним типом кінетики.

Tang [3] відмітив, що вплив на молекули магнітного поля енергетично змінює електронну форму молекул привівши до змін міжмолекулярного змішування, це змогло вплинути на фізико-хімічні субстанції як, наприклад, в'язкість. Ав-

тор [4] вказав на спорідненість коефіцієнта тертя з трибохімічними параметрами взаємодіючої пари.

Залежно від напруженості поля, параметрів середовища та властивостей частинок, як встановлено в [1] останні знаходяться в магнітному полі та утворюють флокули, при цьому залишаються завжди ізольовані, які не приєднані до флокули частки. Це пояснюється тим, що флокули які утворилися, в силу ланцюгової будови, являються хорошим магнітопроводом для магнітного потоку. В результаті цього виникають «магнітні порожнечі», тобто об'єми, де напруженість поля близька до нуля. З збільшення напруженості магнітного поля підвищується ступінь коагуляції частинок.

У проведених нами раніше дослідженнях [5] була встановлена можливість відновлення в магнітному полі зношених деталей не розбираючи механізм. Як зазначається в роботі [1], для практичного здійснення стабілізації маси трибоспряжень які зношуються в процесі експлуатації машин, необхідно розробляти принципово нові способи, пристрої і використовувати для цієї мети матеріали і енергію від зовнішніх джерел.

Метою роботи є визначення механізму дії магнітного поля на продукти зносу і розміщення їх в між поверхневому об'ємі в період трибологічної взаємодії, а також та регулюванням параметрами зношування при направленій дії поля.

Матеріали і методи досліджень. Випробування проводили в умовах зворотно-поступального руху на зразках із сталі 45 (загартованої на мартенсит), а в якості контр-тіла використали шарикопідшипникову сталь ШХ-15 (HRC -62). Експерименти здійснювали у середовищі оливи М10Г2к на машині тертя [6]. Об'ємний знос контртіла (мм^3) за один кілометр при нормальному навантаженні 25Н, і швидкості переміщення в центрі зразка 0,2 м/с розраховували з п'ятна контакту. Результати зношування контролювалися після проходження кожною трибопарою відповідного шляху (40, 60 і 80 км). Результати зносу усереднювалися на весь шлях (рис. 1). Металографічні дослідження проводили на мікроскопі NEOFOT-32. В якості джерела магнітного поля використовували однонаправлене поле в бік контртіла індукцією 0,3 Т, частотою напівперіоду 50Гц.

Результати досліджень та їх обговорення.

Деякі результати досліджень впливу магнітного поля на трибологічні властивості феромагнітних матеріалів даної пари тертя подані на рис. 1. Як видно з рис.1. зі збільшенням шляху випробувань приведений знос контртіла зменшується завдяки направленій дії магнітного поля яка обумовлює перенос часток зносу у фактичну площу контакту.

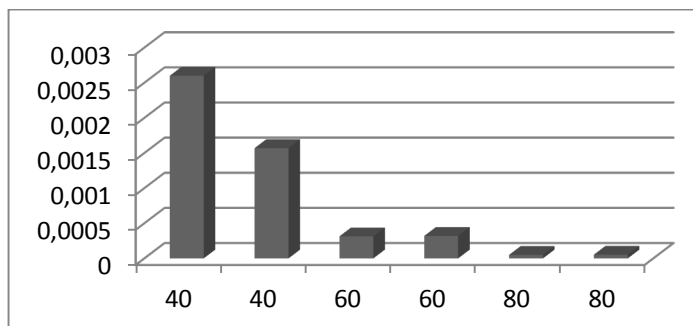


Рис. 1. Залежність приведенного зносу (I) сталі ШХ-15 від шляху випробування

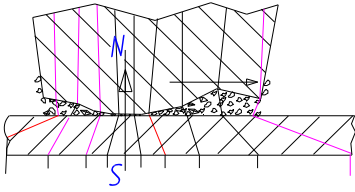


Рис. 2. Схема розташування продуктів зносу в контакті пари тертя при дії магнітного поля.

всьому шляху, що провокує дрібні частки залишати на поверхні а більші за розміром залишаються в оливі.

За період напрацювання, на шляху 40 км, поверхня контртіла характеризується утворенням продуктів зносу які розташовують в вигляді конгломератів і зчіплюється з поверхнею (верхня частина фотографії на доріжці тертя, полоси темного кольору) (рис. 3, а), в нижній частині спостерігаються ділянки повного розгладжування (світла частина фотографії) поверхня починає зменшувати шорсткості. Топографічні параметри відповідної поверхні характеризуються меншою шорсткістю і розподілом продуктів зносу, які за рахунок направлення магнітного поля в контртіло більш «тонко» розміщуються на поверхні контртіла ніж на зразку.

На поверхні контртіла з шляхом 60 км спостерігаємо початкову стадію розгладжування продуктів зносу на поверхні (рис. 3, б) без значних нагромаджень конгломератів. При цьому утворюються тонкі оксидні плівки, складовими яких є частинки продуктів зносу які в магнітному полі мають більші деформаційні властивості і меншу міцність (рис. 3, д).

При напрацюванні трибологічної пари більше 80 км шляху спостерігається ефект тонкого розтягування плівок по всій площині контакту. У цьому випадку зразок вкриється суцільним шаром плівки (рис. 3, е), а на контртілі (при збільшенні більше 3000^x) виникають дуже тонкі деформаційні напливи (рис. 3, ж).

Відомо що основою запобігання зносу існує декілька факторів, серед яких особливим є утворення проміжної плівки яка спроможна витримувати трибологічні навантаження та повторювати фрактографію поверхневої шорсткості. У більшості випадків складовими цих плівок є наночастинки. У даному випадку наночастинки формуються в конгломерати, що супроводжує створення заряджених об'ємів міцел. Напрямок розташування міцел в мастильному матеріалі здійснюється за рахунок направленої дії магнітного поля. У початковий момент контакту, коли частки продуктів зношування заряджені позитивно, руйнування міцел відбувається на одній поверхні. Потім відбувається перезарядка, і аналогічний процес протікає вже на іншій поверхні. Заряджені частки фіксуються на контактуючих мікровиступах шорсткості поверхні, і одночасно відбувається заповнення западин мікронерівностей.

З експерименту визначено, що утворення поверхневих плівок нерівномірне по довжині контртіла. На доріжці довжиною 40 мм найтонші поверхневі утворення знаходяться посеред доріжок приблизно на відстані 15 мм від країв (рис. 3, а, б, в), тобто в діапазоні 10 мм де швидкість руху дорівнювала приблизно 0,2 м/с має більш стійкий поверхневий захист тонкими утвореними плівками.

Це можна пояснити зміною напрямку магнітних ліній, які спочатку будуть розходитися по ньому а потім концентруватися на контртілі. (рис. 2.) Слід зазначити, наступне, частки що знаходяться на зразку, залишаються примагніченими до поверхні на той період часу поки контртіло не повернеться на ділянку тертя знову. А контртіло сприймає і магнітну складову і тертя на

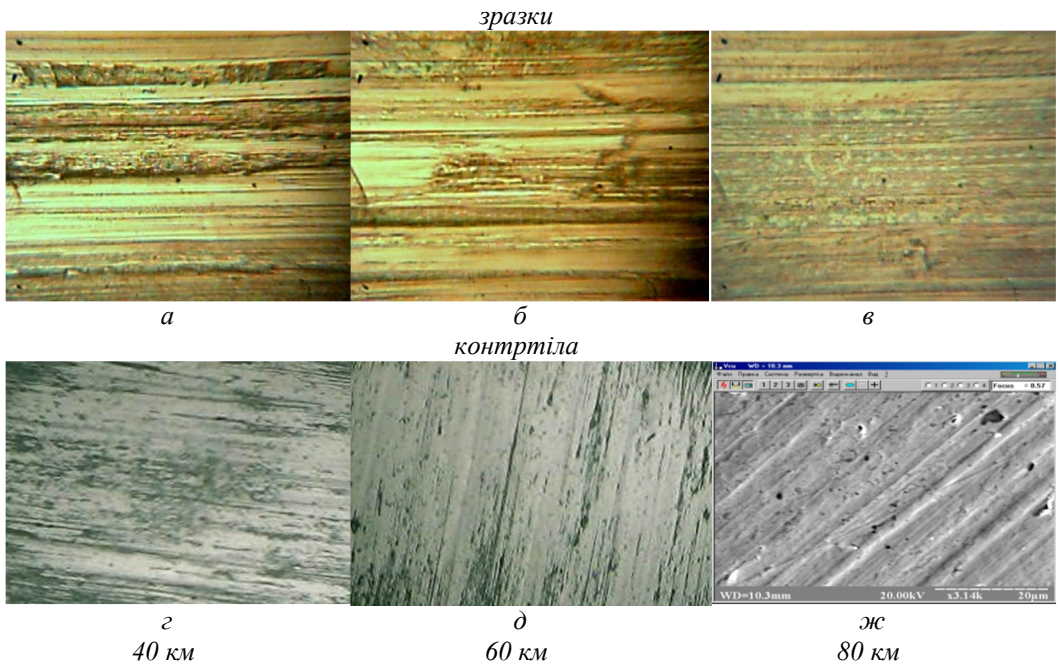


Рис. 3. Мікрофотографії зразка і контртіла в залежності від шляху ($\times 300$)

На кінцевих частинах доріжки де швидкість прямує до «нуля» топографія поверхні має значно гірші показники, шорсткість поверхні досягає $Ra \approx 50$ мкм. Крайні положення доріжки тертя характеризуються скупченням продуктів зносу і утворенням поверхневих плівок товщиною до 100 мкм, що значно підвищує знос на кінцевих ділянках.

Обробка в магнітному полі сприяє зменшенню розміру часток, під дією локальних напружень може відбуватися сегрегація, атомів вуглецю на кордонах зерен і дислокацій, що призводить до зародження дискретних частинок концентраторів напружень, які зменшуються за рахунок додаткових джерел дислокацій, що, під впливом імпульсного магнітного поля викликають збудження змінною напрямку спінових моментів електронів, в тому числі в ядрах дислокацій, що супроводжується появою пружних напружень магнітострикційної природи і активізацією дислокаційних процесів.

Сукупність складових, що діють на поверхні тертя в магнітному полі характеризується збільшенням деформації як поверхонь так і продуктів зносу, які зменшують свою міцність. Сегрегація дискретних частинок (продуктів зносу) дією магнітного поля змінює склад і властивості конденсованих частинок, що провокує утворення окремих фаз в мікрооб'ємах поверхонь і створюються умови, за яких значно зменшується знос.

Висновки.

1) Оброблення феромагнітної пари тертя в умовах зворотно-поступального руху у середовищі оливи M10Г2к суттєво підвищує зносостійкість контактуючих деталей.

2) Величина і характер перерозподілу продуктів зношування на робочих поверхнях залежить від напрямку дії магнітного поля.

Список літератури

1. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей / Е.Е.Александров, И.А. Кравец, Е.Н. Лысиков и др. Харьков: НТУ «ХПИ», 2006,-544с.
2. Закалка стали в магнитном поле.Кривоглаз М.А., Садовский В.Д., Смирнов Л.В., Фокина Е.А. – М.: Наука, 1977. – 119 с.
3. Effect of magnetic fields on viscosity of alkane and alcohol[J]. Journal of Shenyang University of Technology, Tang H B, Zhang M Q. 2000, 22(5): 448-449 (in Chinese).
4. Influence of externally applied electrical factors on friction coefficient of steel/steel pair with boundary oil lubrication[J]. Zhai W J, Hao G P. Journal of Harbin Institute of Technology, 2003, 35(8): 946-949 (in Chinese).
5. Повышение эксплуатационных параметров прецизионных пар трения в магнитном поле / М.Н. Свирид, Э. Вайс, Л.Б. Приймак и др. / Порошковая металлургия, 2013.- №7/8.-С.68-76
6. Пат 45574 Україна, МПК (2009.01) G01№3/56. Пристрій для дослідження матеріалів на тертя та зношування при зворотно-поступальному русі / Свирид М.М., Кудрін А.П., Задніпровська С.М. та ін. ; заявник і патентовласник НАУ.- № U 200908003; заяв 29.07.2009, опубл.10.11.2009, Бюл.№21.-8с.

Стаття надійшла до редакції 27.02.2019.

Свирид Михайло Миколайович – канд.техн.наук, доцент кафедри Конструкцій літальних апаратів Національного авіаційного університету

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

Сидоренко Олександр Юрійович – канд.техн.наук, доцент, заступник директора НН АКІ Національного авіаційного університету

Бородій Віктор Миколайович – заступник директора НН АКІ Національного авіаційного університету

M. M. SVIRID, V. F. LABUNETS, O. Yu. SYDORENKO, V. M. BORODIY

TRIBOLOGICAL GENERATION OF THE WEAR SURFACE BY FORMING THE PROTECTION SURFACE STRUCTURES ON THE FERROMAGNETIC MATERIALS BY THE MAGNETIC FIELD IN THE MOTOR OIL

In the article there are the results of tribological researches of ferromagnetic friction pair of ball-bearing steel IX-X-15-Cr45 in the conditions of a reciprocating motion in M10G2k oil environment under the influence of a magnetic field. An overview of literature sources in the field of the repair of mobile compounds shows that studies related to the restoration of moveable parts of the friction pairs are relevant.

In the course of the research, a significant increase of the friction pairs efficiency due to the direct transfer of wear particles to the working surfaces of the friction part under the action of a magnetic field has been established.

Using topographic and metallographic analyzes the mechanism of deterioration of contacting surfaces in an environment of oil M10G2k is disclosed and the role of the direction of the magnetic field is determined. This is confirmed by the results of research on the distribution of wear products, which indicate, that when the magnetic field is directed to the sample area, a film from deposited flocculates and single (non-coagulated) particles, which is formed on its working surface, is much thicker than that on the surface of the counterpart. In this case, the part of the products of wear that is located on the counterpart under the action of a magnetic field is directed to the friction path, which causes the film to increase and as a result of reducing the wear of the sample.

It is shown that the selective mechanism of deposition the wear particles depends on their ability to be magnetized. It is established that wear products are particles that possess a variety of magnetic properties. Such, the components of the films will be ferromagnetic, paramagnetic and diamagnetic, the chemical composition and physical and mechanical properties of which will determine the wear resistance of the friction pair.

Keywords: friction; wear; magnetic field; resource

References

1. Increasing the resource of technical systems using electric and magnetic fields / E.E.Aleksandrov, I.A. Kravets, E.N. Lysikov etc. Kharkov: NTU "KPI", 2006, - 544 p.
2. Hardening of steel in a magnetic field. Krivoglaз M.A., Sadovsky V.D., Smirnov L.V., Fokina E.A.- M.: Science, 1977. - 119 p.
3. Journal of Shenyang University of Technology, Tang H B, Zhang M Q. 2000, 22 (5): 448-449 (in Chinese).
4. Influence of externally applied electrical factors for environmental factors. Zhai W J, Hao G, P. Journal of Harbin Institute of Technology, 2003, 35 (8): 946-949 (in Chinese).
5. Improving the performance parameters of precision friction pairs in a magnetic field / M.N. Svirid, E. Weiss, LB Priymak et al. / Powder Metallurgy, 2013.- No.7 / 8.-P.68-76
6. Pat 45574 Ukraine, IPC (2009.01) G01N3 / 56. Pristriy for doslidzhennya materialiv on the ground that znoshuvannya with starring and progressive rusi / Svirid M.M., Kudrin A.P., Zadniprovska S.M. etc.; applicant and patents NAU.- № U 200908003; statement July 29, 2009, published November 10, 2009, Bulletin No. 21.-8 p.