

THE INTERNATIONAL
SCIENTIFIC
JOURNAL



Problems of Tribology

Проблеми трибології

МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ

1. 2009

ПРОБЛЕМИ ТРИБОЛОГІЇ

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Видається з серпня 1996 р.

Виходить 4 рази на рік

Хмельницький • ХНУ • 2009, № 1 (51)

Засновник:

**Хмельницький національний університет
(Технологічний університет Поділля)**

Головний редактор А.Г. КУЗЬМЕНКО

Відповідальний редактор О.В. ДИХА

Редакційна рада:

**М.Є. Скиба, Р.І. Сілін, А.Г. Кузьменко, В.Г. Каплун, С.Г. Костогряз,
Р.В. Сорокатий, О.В. Диха**

Редакційна колегія:

**В.М. Александров (Росія, Москва),
О.Є. Андрейків (Україна, Львів),
В.А. Войтов (Україна, Харків),
Я.М. Гладкий (Україна, Хмельницький),
М.Ф. Дмитриченко (Україна, Київ),
Л. Добжанський (Польща, Глівіце),
В. Д. Євдокімов (Україна, Одеса),
Г.С. Калла (Україна, Хмельницький),
Л.П. Кліменко (Україна, Миколаїв),
С.Г. Костогряз (Україна, Хмельницький),
Я.А. Криль (Україна, Івано-Франківськ),
П. П'єц (Польща, Краків),
М.П. Мазур (Україна, Хмельницький),
Р.Г. Мнацаканов (Україна, Київ),**

**В.П. Олександренко (Україна, Хмельницький),
М.І. Пашечко (Україна, Львів),
Є.С. Переверзев (Україна, Дніпропетровськ),
Г.Ф. Романовський (Україна, Миколаїв),
В. Б. Рудницький (Україна, Хмельницький),
М.Ф. Семенюк (Україна, Хмельницький),
Л.А. Сосновський (Білорусь, Гомель),
М.С. Стечишин (Україна, Хмельницький),
В.П. Стрельников (Україна, Київ),
М.Я. Хлопенко (Україна, Миколаїв),
М.В. Чернець (Україна, Дрогобич),
М.І. Черновол (Україна, Кіровоград),
В.В. Шевеля (Україна, Хмельницький).**

Відповідальний секретар: О.П. ДИТИНЮК

Адреса редакції:

Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська 11, к. 4-401
Хмельницький національний університет,
редакція журналу "Проблеми трибології".
тел. (0382) 72-81-82

E-mail: tribo@beta.tup.km.ua; tribosnator@gmail.com

Internet: www.tup.km.ua/science/journals/tribology

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:
Серія КВ № 1917 від 14 березня 1996 року

© Хмельницький національний університет, 2009

© Редакція журналу "Проблеми трибології (Problems of Tribology)", 2009

Свирід М.М.Національний авіаційний університет,
г. Київ, Україна**КЕРУВАННЯ СТАНОМ ТРИБОСИСТЕМИ
ПАРАМЕТРАМИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ
ПРИ ЗМАЩЕННІ**

Розвиток технічного прогресу встановлює високу планку надійності складним механізмам, що визначає умови експлуатаційних характеристик. Змінні властивості перекачуючих механізмів масло- і гідро-насосів, що працюють в певних параметрах, розроблених до проектних завдань, необхідно підтримувати якомога довше в працездатному стані. Зміна поверхні тертя на розмір, що перевищує 2...5 мкм є неприпустимим в прецизійних парах тертя масло і паливних насосів. Конструктивно для виготовлення перекачуючих механізмів використовуються загартовані сталі в парі з латунню і бронзою. Для маслососів низького тиску корпусні деталі виготовляються з алюмінієвих сплавів. Як робочі рідини використовуються моторні масла різного призначення, які володіють дуже високим питомим омичним опором, що робить технологічно нездійсненними трибоеклектрохімічні методики відновлення прецизійних пар тертя. Проблема відновлення зазорів плунжерних пар і шестерних насосів вирішувана, але дуже дорога. Процеси демонтажу, відновлення працюючих поверхонь з подальшими операціями збирання – процеси тривалі і трудозатратні. Методики безрозбірних технологій відновлення прецизійних пар тертя вимагають серйозних досліджень з метою розвитку такої технології.

Відкритий стан трибосистеми відрізняється фундаментальним термодинамічним необерненим процесом. Для перебування системи в параметрах зворотності необхідні умови додаткових витрат на поповнення маси зношеного матеріалу [1]. Інтенсивності зношування до 10^{-8} характеризує умови тертя без мастила, з невід'ємною умовою механізму формування поверхневих плівок, який був висловлений в роботі, згідно чому при терті відбувається диспергування поверхневих шарів, за рахунок наночасток зношування з подальшим спіканням по фактичних площах контакту. В умовах зовнішнього тертя зношування є нижчим 10^{-8} за рахунок розділу поверхонь [2] масляною плівкою. Відкрита термодинамічна трибосистема на базі двох поверхонь, що труться, і змашувального прошарку між ними, за рахунок обміну із зовнішнім середовищем енергією і речовиною дозволяють проходити процесам самоорганізації нових структур, що зменшує зношування на порядок [3]. Всі системи будь-якого порядку є відкритими. Системи здатні обмінюватися з навколишнім середовищем речовиною, енергією, інформацією і знаходиться, як правило, – в стані далекому від термодинамічної рівноваги. Розвиток відкритої системи часто відбувається шляхом утворення прогресуючої впорядкованості. Самоорганізація відображає загальну тенденцію розвитку від простіших до складніших впорядкованих форм організації матерії. Самоорганізація є спонтанний перехід відкритої нерівноважної системи від простих і нерегульованих форм організації до складніших і впорядкованих. Системи, що самоорганізуються, повинні відповідати наступним вимогам: по-перше, бути нерівноважними, або знаходитися в стані, далекому від термодинамічної рівноваги; по-друге, бути відкритими, тобто володіти, здатністю обмінюватися речовиною або енергією із зовнішнім середовищем. Невід'ємною умовою самоорганізації системи повинно бути відкрите надходження енергії і речовини ззовні. Процес виникнення і посилення порядку через флуктуації характеризують як принцип самоорганізації. Процес самоорганізації системи можливий тільки при певній, достатній кількості взаємодіючих елементів.

Збагачення міддю бронзової поверхні при терті відбувається в процесі анодного розчинення легуючих елементів, таких як олово, цинк, залізо, алюміній, і на сталому режимі розчинення припиняється [3].

Моторні масла призначені для змащування двигунів внутрішнього згорання і працюють в умовах важкого теплового режиму. У двигунах внутрішнього згорання масло заливається в картер і за допомогою насоса примусово подається між сполученнями шатунно-кривошипного і газорозподільного механізмів. Поршнева група змащується методом розбризкування. Температура в зоні першого поршневого кільця в карбюраторних двигунах досягає 270 - 280 °С, у дизельних - 300 – 330 °С. У картері середня температура масла складає 80 - 100 °С, тоді як температура газів, що прориваються в картер, у карбюраторних двигунів дорівнює 150 - 450 °С, а в дизельних досягає 500 - 700 °С. Тому масла повинні володіти високою термостабільністю - мати високий індекс в'язкості. Моторні масла діляться на 6 груп.

Моторні масла позначаються буквою М. В позначенні містяться відомості про групу і підгрупу, кінематичну в'язкість та ін. Наприклад, масло М-10г2 - масло моторне групи Г, другої підгрупи з кінематичною в'язкістю, при температурі 100 °С, - 10 мм²/с. У моторні масла вводиться ряд присадок, що підвищують експлуатаційні властивості: миючі (3 - 15 %), диспергуючі нагар (1 - 2 %), антиокисні і протизношувальні (до 2 %), антикорозійні (до 1 %), а також в'язкісні і антипініні. В роботі маслососів не повинно бути збоїв, пов'язаних з падінням робочого тиску системи змащування, що відразу позначається на економічності і тязі двигуна.

Мета данної роботи - визначити параметри створення енергостабільного стану трибологічної системи, що складається з пари тертя сталь 2-моторне масло М10-Г₂ і контрзразка латуні Л60, змінюючи їх властивості направленим магнітним полем до умов репарації вузла тертя.

Постановка задачі полягає в розробці методик беззношувального формування вторинної структури в трибологічному контакті в середовищах з високим питомим омичним опором. А також дослідити масові потоки зношеного матеріалу і визначити шляхи їх контрольованого переміщення під дією магнітного поля, визначити рівень дисипація енергії на режимі переходу відновлення структури.

На підставі механізму беззношування, змінюючи вхідні параметри відкритої термодинамічної системи за допомогою дії магнітного поля, на пониження ентропії вузла тертя та енергетичного балансу. В результаті направленої дії дисипованої енергії, в трибологічній системі здійснити перенесення матеріальної маси ззовні на активні зони поверхні тертя.

Трибологічні дослідження проводили по схемі тертя палець-площина на установці [4], розробленій в національному авіаційному університеті, з деякими доопрацюваннями для включення у вузол тертя дії магнітного поля. Основне завдання експерименту полягало в створенні умов направлено впливу магнітного поля на зону тертя і контролю утворення захисних оксидних плівок в процесі тертя з подальшою фіксацією реперних ситуацій зміни топографії поверхні. Фіксацію і обробку металографічних досліджень проводили на комп'ютері з подальшим записом на магнітні носії інформації. Постійний магніт розташовували перпендикулярно до площини тертя. Технічні можливості мікроскопа, з урахуванням робочої відстані оптичної системи і умов наведення різкості на досліджувану площину, дозволяють змінювати збільшення об'єкту в діапазоні від 50 до 500 разів шляхом підбору об'єктивів. Враховуючи, що в процесі напрацювання поверхонь, що труться, утворюються продукти зношування, які під дією магнітного поля утримуються в зоні тертя, представляється технологічна можливість використовувати їх для відновлення поверхонь тертя.

Режими дослідження визначені з умов роботи реального вузла тертя, в якому навантаження зони тертя незначне, а швидкість може коливатися в достатньо широкому діапазоні. Тому, моделюючи умови експлуатації робочого механізму, визначаємося з параметрами, а саме використовували зразки із сталі 2 (феромагнітного матеріалу), навколишнім середовищем слугувало моторне масло І20-А, М10-Г₂, напрацювання здійснювали по схемі тертя палець-площина з навантаженням 10 кг/см² на швидкостях від 0,1 до 0,5 м/с, контртілом служила латунна пластина Л60 (з діамагнітного матеріалу). Експеримент проводили під впливом направлено магнітного поля у динамічному режимі, силові лінії якого перпендикулярно діяли на площини тертя.

При дослідженнях на модельній установці, з використанням скляного контртіла, навколо сталевого зразка виявлене скупчення продуктів зношування в зоні контакту. Металографічний аналіз вказує на інтенсивне утримання продуктів зношування від переміщення незалежно від напрямку магнітного поля.

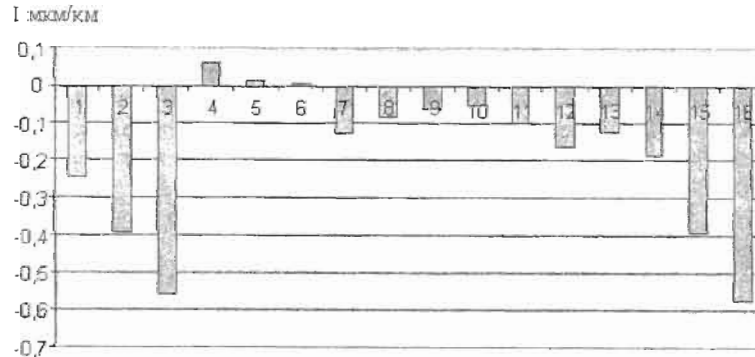


Рис. 1 – Дослідження зношування Ст2 в маслі І20-А по Л60.

Гістограми: 1 - 3 – без магніта; 4 - 8 – розміщення зразка над полюсом магніта N; гістограми 9 - 11 – фіксують розміщення зразка між полюсами N-S; а 12-16 – розміщення зразка над полюсом S.
При навантаженнях на зразок: 0,1 кг – 1, 4, 5, 9, 12, 13; 0,3 кг – 2, 6, 8, 10, 14; 0,5 кг – 3, 7, 11, 15, 16

Згідно результатів дослідження сталі 2 в середовищі масла І20 спостерігається позитивний ефект на режимі нормального навантаження 0,1 кг при розташуванні зразка в полюсі N. Враховуючи, що феромагнітний зразок збирає магнітні лінії в жмут, від чого збільшується питома щільність силового магнітного поля - на полюсі N, в зоні дії магніта концентрується значна кількість продуктів зносу. Направлене поле притягує в цей час дисперсні частинки, що знаходяться в цей час в площині тертя у напрямку зразка. В результаті проходить умова репарації тієї поверхні, на яку направлено силове магнітне поле, що ми спостерігаємо на рис. 1, позиції 4, 5, 6. Окрім цього, можливо знайти місця на поверхні тертя сталевого зразка, на яких щільно осідає діамагнітні матеріали цинк і мідь (рис. 2).

Згідно рис. 1 зміна режиму зношування на репарацію (гістограми 4, 5, 6) пояснюється перенесенням продуктів тертя від контртіла на зразок, а направлена дія магнітних ліній примушує продукти зношування прилипати до поверхні тертя зразка, враховуючи, що контртілом служив матеріал латунь Л60, елементи якого 60 % мідь і 40 % цинк діамагнітного походження.

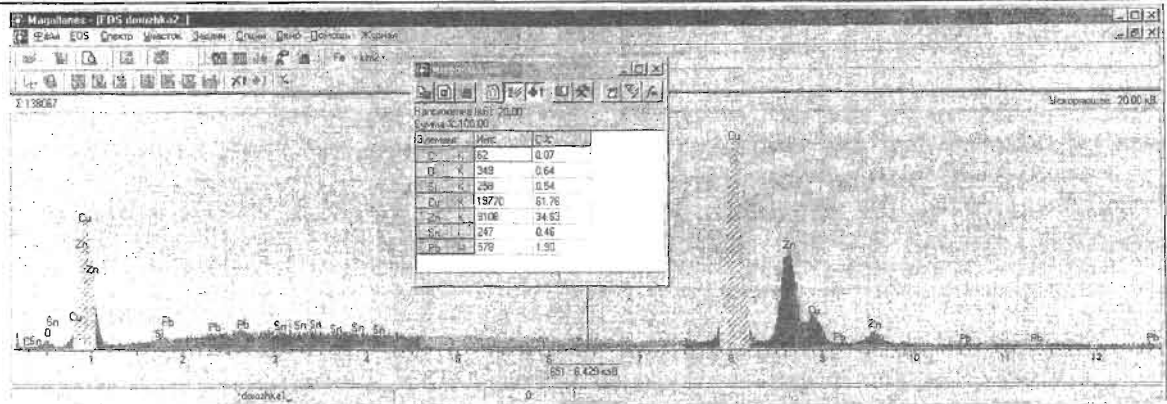


Рис. 2 – Показаний хімічний склад поверхні тертя Сталі 2 по Л60 в місці найбільшого перенесення латуні в положенні зразка N і навантаженню $P = 0,1$ кг, $V = 0,1$ м/сек в середовищі індустриального масла

Діамагнетики хоча і ослаблюють магнітне поле, але сила дії постійного магнітного поля на рівні 100мТл виявилася такою, що превалює. Дослідження в моторному маслі М10-Г₂ не привели до відчутних результатів, характеристика переміщення продуктів зносу залишилася подібною І20-А.

На рис. 3, показано залежність зношування-репарація від нормального навантаження і напрямку магнітних ліній, що проходять через площину тертя.

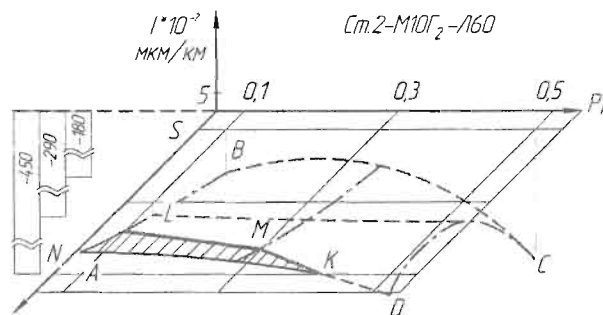


Рис. 3 – Характер процесу зношування-репарація ($I \cdot 10^{-2}$ мкм/км) Сталі 2 по Л60 в середовищі М10-Г₂ від навантаження (P , кг) і напрямку магнітних ліній (N, S).

Гістограма А вказує на відносне зношування Сталі 2 в тих же режимах, але без дії магніта

Також на рис. 3 зображено площину зношування-репарації сталі 2 по Л-60 в середовищі моторного мастила М10-Г₂, звідки випливає, що до полюса N притискаються продукти зношування за рахунок чого збільшується маса зразка, що досліджується. Площина АЛМК характеризується режимами репарації поверхні тертя сталі 2 по латунному контр тілу в середовищі моторного масла М10Г₂.

Висновки

1. Використовуючи властивості магнітного поля, можливо змінювати параметри трибологічної пари, яка в свою чергу зменшує її ентропію, покращуючи стан вузла тертя.
2. Визначаючи сталевий феромагнітний зразок, як об'єкт дослідження змінюють параметри магнітного поля, що впливають на стан і напрям енергетичного потоку, при зовнішньому. Представляється можливим проводити процеси репарації робочих поверхонь тертя.
3. Експериментально визначено, якщо використовувати направлене зусилля магнітного поля, можливо збільшити довжину зразка на 0,05 мкм за кожен кілометр шляху тертя.

Література

1. Кравець І.А. Репаративная регенерация трибосистем. Т.: Издательство Бережанського агротехнического института. – 2003. – 284с.
2. Кульгавий Э.А. О механизме износа в антифрикционных системах // Проблемы тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К.: НАУ, 2008. – Вип.49. – Т.1. – С. 230 - 237.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника (знос и безызносность): Ученик. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. 616с., ил.280.
4. Свирид М.М., Паращанов В.Г., Онищенко А.В. Комплекс для дослідження трибологічних параметрів вузла тертя // Проблемы тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К.: НАУ, 2006. – Вип. 45. – 204 с.