

УДК: 621.2.082.18

ОЦІНКА ПАР ТЕРТЯ ПРАЦЮЮЧИХ В СПЕЦИФІЧНИХ УМОВАХ

викладач, Ванін О. В.

Первомайський політехнічний інститут
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
Україна, Первомайськ

У статті було опрацьовано теоретичний матеріал та проведено дослідження впливу мікрорельєфу, утвореного поверхнями тертя з твердоплівковим покриттям на основі дисульфиду молибдену, на адгезію покриття до підкладки, коефіцієнту тертя і зносостійкості пар тертя приладів, що працюють у вакуумі при високій температурі. Показано, що вібронакатування поверхонь тертя з твердоплівковим покриттям при утворенні регулярного мікрорельєфу збільшує адгезію покриття до підкладки в кілька разів і дозволяє контролювати якість покриття.

Ключові слова: коефіцієнт тертя, твердоплівкове покриття, пара тертя, регулярний мікрорельєф, адгезія, вакуум, температура.

Ванин А.В. Оценка пар трения работающих в специфических условиях / Первомайский политехнический институт Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина, Первомайск

В статье был обработан теоретический материал и проведено исследование влияния микрорельефа, образованного поверхностями трения с твердопленочным покрытием на основе дисульфида молибдена, на адгезию покрытия к подложке, коэффициента трения и износостойкости пар трения приборов, работающих в вакууме при высокой температуре. Показано, что вибронакатывание поверхностей трения с твердопленочным покрытием при образовании регулярного микрорельефа увеличивает адгезию покрытия к подложке в несколько раз и позволяет контролировать качество покрытия.

Ключевые слова: коэффициент трения, твердопленочное покрытие, пара трения, регулярный микрорельеф, адгезия, вакуум, температура.

Vanin A.V. Evaluation of friction pairs operating in specific conditions / Pervomajskij Polytechnic Institute Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine, Pervomaisk

The paper was treated with the theoretical material and investigated the effect microrelief formed firmly film friction surfaces coated with molybdenum disulphide based on the adhesion of the coating to the substrate and the coefficient of friction and wear resistance of the friction pairs of devices operating under vacuum at a high temperature. It is shown that the friction surfaces vibro roll forming firmly film coated with the formation of regular microrelief increases coating adhesion to the substrate several times and allows to control the quality of the coating.

Keywords: coefficient of friction, tverdoplenochnoe Floor, friction pair, regular microrelief, adhesion, vacuum and temperature.

Вступ. Як відомо, геометричні та фізичні характеристики стану поверхневого шару деталей надають першорядний вплив на експлуатаційні показники (зносостійкість, циклічну міцність, контактну жорсткість, корозійну стійкість та ін.). Крім того, ці характеристики у значному ступені визначають якість виконання наступних операцій поверхневої обробки заготовок.

Трибологічна діагностика як сукупність засобів і методів безперервного контролю стану фрикційних характеристик рухомих з'єднань відіграє дедалі важливішу роль у розвитку теорії і практики тертя, змащування і зношування.

Активне застосування засобів діагностики викликано не тільки забезпеченням повнішої відповідності між технічним станом об'єкта дослідження і обсягом виконуваних робіт з його обслуговування, а й вимогою економії металів і забезпечення надійності машин.

Найпоширенішими розповсюдженими методами діагностичного аналізу є поточний контроль робочих параметрів (температури, потужності, тиску тощо) і дослідження продуктів зношування. Розвиваються також спеціальні способи аналізу: ультразвукові, проникні опромінення, голографії, термографії та ін.

При трибодіагностиці виробляється вимір механічних, оптичних, пневматичних, електричних, віброакустичних та інших характеристик.

Трибодіагностику вузлів тертя проводять за двома напрямками:

- а) діагностику за станом робочих поверхонь деталей пари тертя;
- б) діагностику за продуктами зношування.

Постійна тенденція до вдосконалення техніки і розширення кола вирішуваних нею функціональних завдань змушують підвищувати показники якості виконавчих механізмів приладів і пристроїв. Особливо це відноситься до механізмів використовуваних в особливих (нерідко в екстремальних) умовах приладів. Одним з найважливіших вузлів механічних пристроїв є пари тертя, від роботи яких значною мірою залежать основні параметри якості механізму в цілому. В умовах високої температури і вакууму для зниження коефіцієнта тертя використовують тверді мастила, які наносять на поверхні, що труться при виготовленні сполучених деталей. При цьому необхідно створювати такі поверхні, які досить міцно утримують твердозмашувальні покриття і які повинні мати «несучу здатність», не мати окремих виступів малого радіуса, а також їх поверхні повинні бути технологічно відтворюваними.

До теперішнього часу підготовка поверхонь деталей (що працюють в умовах вакууму і високої температури) для покриття (наприклад, покриття, виготовленого на основі дисульфиду молібдену) проводилася шліфуванням з їх подальшою піскоструминною обробкою для створення певного класу шорсткості [1, с. 216]. Радіус виступів при цьому зазвичай становив порядку 10 мкм. Зниження висоти виступів мікронерівностей поверхні (зменшення шорсткості) призводить до негативних результатів - зменшується адгезія покриття до підкладки. Необхідними експлуатаційними властивостями може володіти тільки поверхня з регулярним мікрорельєфом, що представляє собою сукупність регулярних виступів, наприклад, радіусом 4000-10 000 мкм. Для дослідження було обрано регулярний мікрорельєф сітчастого типу як найбільш легко розраховується і технологічно відтворений [3, с. 321].

Для відтворення способу утворення регулярного мікрорельєфу розроблено пристрій – віброголівка, що дозволяє отримувати регулярний мікрорельєф з розрахунковими параметрами. При визначенні режимів освіти регулярного мікрорельєфу із заданими параметрами використовувалася методика, яка описана в роботах [3, с. 321].

Для перевірки адгезії покриття до підкладки випробування проводилися на вібростенді. За результатами зважування зразка до і після випробувань визначалася величина «зсіпання» покриття, яка порівнювалася з подібною величиною у зразків, виготовлених за існуючої технології (з нанесенням антифрикційного шару на шліфовану і піскоструминну оброблену поверхню). Випробування показали, що «зсіпання» покриття у зразків з твердозмашувальним покриттям, що володіють регулярним мікрорельєфом, зменшилася в 25 разів у порівнянні з іншими.

Для дослідження впливу регулярного мікрорельєфу на коефіцієнт тертя і зносостійкість проводилися фрикційні випробування на спеціальному стенді [2, с. 396] при наступних режимах: вакуум - 10⁻⁶ мм рт.ст., температура в камері стенду - +650 °С, частота обертання шпинделя - 600 об / хв., осьове навантаження - 0-2 Н, тривалість випробувань - 1, 10, 20 годин.

В якості зразків були вибрані втулки з коефіцієнтом перекриття 1,0. Контакт втулок по торцях дає самі «жорсткі» умови експерименту і дозволяє найбільш швидко оцінити випробовується пару тертя. За допомогою реєструючих приладів проводився запис моменту тертя, що виникає при обертанні рухомого зразка щодо нерухомого.

Після обробки записаної діаграми моменту тертя можна отримати залежність коефіцієнта тертя від часу. Знос зразків визначався шляхом їх зважування з точністю до 5 • 10⁻⁵ грама. Для зіставлення результатів по зносостійкості матеріалу, отриманих при використанні різних схем випробувань, визначалася така характеристика, як «шлях тертя»:

$$LD_n = \pi T, \text{ де} \quad (1)$$

D - середній діаметр зразка,

n - швидкість обертання рухомого зразка,

T - час випробувань, хв.

Зразки в різних поєднаннях випробовували, завдаючи покриттям в різних варіантах, з обробкою вібронакатуванням в два етапи протягом однієї години. На першому етапі випробувань контртілом служив зразок без покриття з поверхнею після шліфування (з нерегулярною шорсткістю). На другому випробовувалися зразки з постійною шорсткістю. Аналіз результатів випробувань, що проводилися протягом 1 год., дозволив встановити, що:

1) зразки з нерегулярним мікрорельєфом (тільки шліфовані), у вакуумі працювати не здатні, так як коефіцієнт тертя близький до 1,0;

2) зразки, зміцнені регулярним мікрорельєфом, здатні працювати у вакуумі і при високій температурі (коефіцієнт тертя - 0,7- 0,8);

3) створення регулярного мікрорельєфу на поверхні перед нанесенням твердозмашувального покриття забезпечує оптимальну шорсткість для утримання покриття, але коефіцієнт тертя залишається високим - 0,38-0,58;

4) низькі значення коефіцієнта тертя (0,06-0,08) спостерігаються при нанесенні твердозмашувального покриття, виготовленого на основі дисульфиду молібдену, на обидві робочі поверхні і вібронакатування однієї з них зі створенням регулярного мікрорельєфу.

За результатами випробувань були відібрані декілька пар, надалі випробування тривали протягом 10 год. За основу була взята пара, яка показала найменший стабільний коефіцієнт тертя при випробуваннях протягом кожної години [4]. Для порівняння випробовувалися також пари із зразками, де покриття наносилося на одну або обидві поверхні, що труться, зразки після шліфування - поверхні з нерегулярним мікрорельєфом. Випробування тривали 10 год., вони показали, що:

- при нанесенні твердозмашувального покриття тільки на одну з поверхонь, що труться, з подальшим вібронакатуванням коефіцієнт тертя безперервно зростає і через 7:00 досягає значення 0,7;

- плівки твердих мастил, виготовлених на основі дисульфиду молібдену, володіють хорошими протизношувальними і антифрикційними властивостями (проте у міру збільшення тривалості випробування внаслідок повного стирання покриття і контакту поверхонь з нерегулярним мікрорельєфом, коефіцієнт тертя збільшується до 0,28 для одностороннього покриття і 0,22 - для двостороннього);

- створення регулярного мікрорельєфу хоча б на одній з поверхонь, що труться, з твердозмащувальним покриттям, забезпечує низький (0,06-0,08) коефіцієнт тертя.

Для підтвердження факту підвищення зносостійкості твердозмащувального покриття при регуляції поверхні тертя були проведені практичні випробування. Використовувалися підшипникові циліндричні та сферичні втулки, виготовлені з матеріалу EI-828 і покриті твердоплівковим мастилом на основі дисульфиду молібдену. Одну з контактуючих поверхонь пари тертя піддавали вібронакатуванню для створення на ній регулярного мікрорельєфу. Випробування підтвердили факт підвищення зносостійкості - запланований ресурс був перевищений в шість разів. На рисунку 1 наводяться експериментальні залежності впливу регулярності мікрорельєфу поверхні тертя на зносостійкість (f - коефіцієнт тертя).

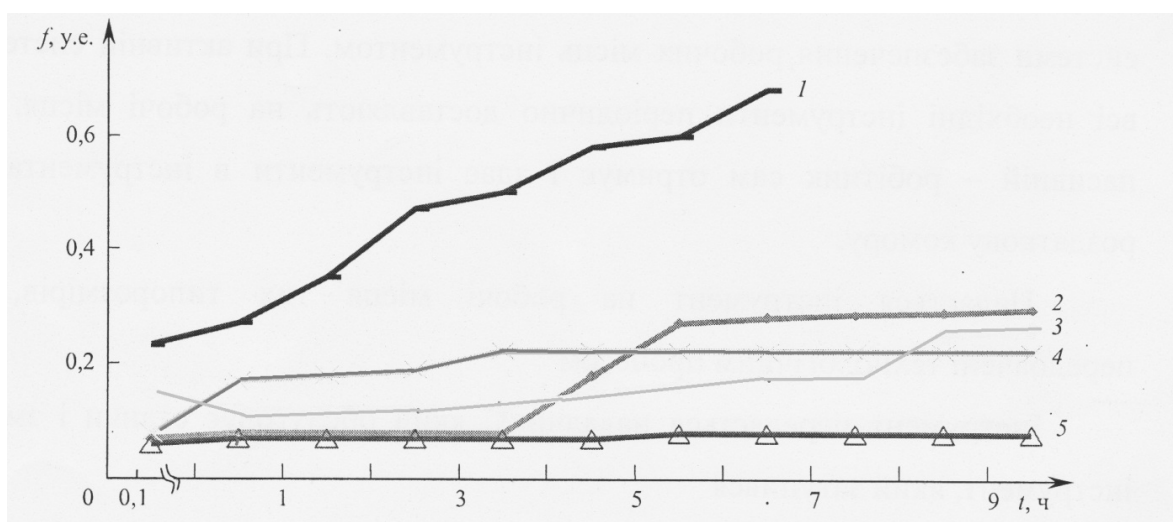


Рис. 1. Схема залежності впливу регулярності мікрорельєфу поверхні тертя на зносостійкість

На рисунку криві відповідають наступним парам тертя: 1 - зразок після шліфування - зразок з покриттям вібронакатаний, 2 - зразок після шліфування -

зразок з покриттям, 3 - зразок з покриттям - зразок з покриттям, 4 - зразок після вібронакаткування зразок з покриттям, 5 - зразок з покриттям - зразок з покриттям вібронакатаний.

Висновки: Розглянутий і досліджений у цій роботі підхід до забезпечення експлуатаційних властивостей пар тертя приладів, що працюють в екстремальних умовах, дозволив створити пару тертя з міцним покриттям, низьким коефіцієнтом тертя і високою зносостійкістю. Виготовлені з вищевикладеного способу близько 100 підшипників ковзання пропрацювали понад 1000 годин у вакуумі при високій температурі і в жодному разі не показали відшарування покриття, а зносостійкість зросла в шість разів.

Література:

1. Крагельский И. В. и др. Трение и износ в вакууме. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
2. Костецкий, Б.И. Трение, смазка и износ в машинах [Текст]: Б.И. Костецкий.– К.: Техніка, 1970. – 396с.
3. Шнейдер Ю.Г. Образование регулярных микрорельефов и их эксплуатационные свойства. Л.: Машиностроение, 1972. 321 с.
4. А.С. № 1021993 СССР, МКИ G 01 N 3/56. Машина трения / И. Р. Цимбал, Л. А. Чатынян, Т. А. Соловьева. Заявл. 04.11.81, опубл. 07.06.83.

References:

1. Kragelsky I. V., et al. The friction and wear in a vacuum. M.: Engineering, 1973. 216 s.
2. Kostetski, BI Friction, lubrication and wear in machines [Text]: BI Kostetskiy.- K.: Tehnika, 1970. - 396s.
3. JG Schneider Education regular microrelief and their performance characteristics. L.: Engineering, 1972. 321s.
4. AS Number 1021993 USSR MKI G 01 N 3/56. Friction machine / IR Tsybal, LA Chatynyan, TA Solovyov. Appl. 11/04/81, publ. 7.6.83.