

6. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники / Л.З. Криксунов. – М.: Сов.радио, 1978. – 400 с.

7. Burralli D. Design of a wide field diffractive landscape lens / D. Burralli, M. Morris // Applied optics. – 1989. – № 18. – P. 3950 – 3959.

Надійшла до редакції
7.10.2010 р.

УДК 621.891

В.Г. ПИСАРЕНКО

КНВО "Форт" МВС України, м. Вінниця

О.В. ДИХА

Хмельницький національний університет

ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРТЯ ДЛЯ ХТО-МОДИФІКОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Запропоновані статистичні характеристики тертя за результатами вимірювань, які дозволяють більш інформативно проаналізувати вплив технологічних факторів обробки на антифрикційні властивості трибологічних спряжень. Отримана експериментально-теоретична залежність для визначення коефіцієнту тертя за результатами вимірювань тривалості руху зразка по похилій площині.

Statistical characteristics of a friction by results of measurements which have allowed to analyse more informatively influence of technology factors of processing on antifrictional properties of details of machins are offered. Experimental and theoretical dependence for definition of factor of a friction by results of measurements of duration of moving on an inclined plane is received.

Ключові слова: сила тертя, результати вимірювань, пряма та похила площина, тривалість тертя

Вступ. Хіміко-термічна обробка (ХТО) знайшла широке застосування для надання виробам зносостійких, міцніших, жаростійких та інших покращених експлуатаційних властивостей [1]. ХТО це сукупність операцій термічної обробки з насиченням поверхні різними елементами (вуглець, азот, алюміній, кремній, хром і ін) при високих температурах. Хіміко-термічна обробка, створюючи на поверхні виробів сприятливі залишкові напруження стиску, збільшує надійність, довговічність. Крім високої зносостійкості для вузлів тертя висуваються, як правило, підвищені антифрикційні властивості, які визначальним чином впливають на енергетичні втрати під час експлуатації машини. Модифіковані різними способами технологічні поверхні незалежно від зносостійких характеристик можуть мати різні антифрикційні властивості. Тому розробка і використання достовірних методів вимірювання коефіцієнту і сили тертя для трибосполучень є актуальною проблемою.

Постановка задачі та вимірювальна техніка. В даній роботі ставилась задача дослідження характеристик фрикційної взаємодії поступальних пар тертя для зразків модифікованих хіміко-термічною обробкою.

Для експериментального вимірювання сили тертя при русі навантаженої пластини плоскій поверхні використовувалася машина універсальна "Lloyd instruments" моделі "LRX-E" (рис. 1).

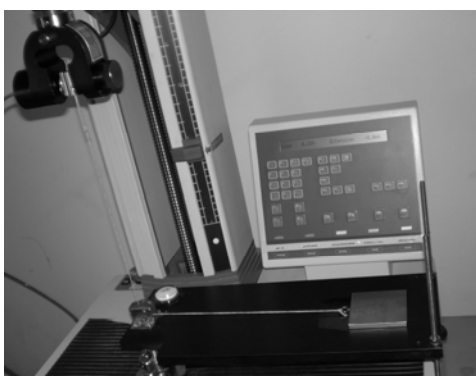


Рис. 1. Вимірювальна машина LRX-E

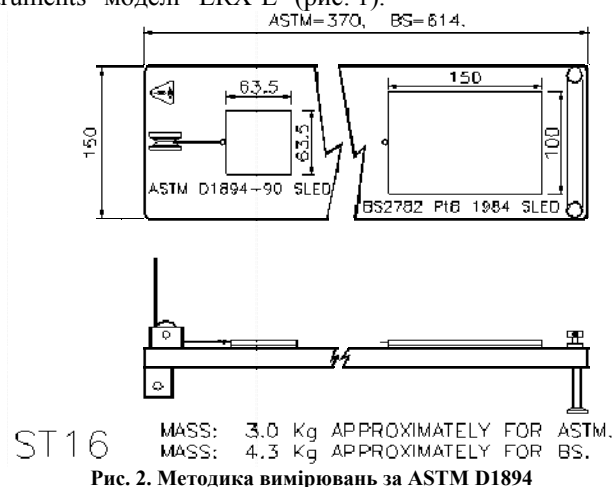


Рис. 2. Методика вимірювань за ASTM D1894

Основні характеристики випробувальної машини наступні:

- максимальне зусилля навантаження: 2,5 кН;
- межі зміни швидкості переміщення: 0,1... 1020 мм/хв;
- величина переміщення: 1... 1500 мм

Вимірювальна машина LRX-E є лабораторним комп'ютеризованим комплексом, що дозволяє

проводити різні випробування у форматі «сила-переміщення». В нашому випадку вона настроювалася для проведення випробувань на тертя ковзання у відповідності з міжнародним стандартом ASTM D1894 [2] (рис. 2).

Для вимірювання зусиль і переміщень використовувався спеціальний тензодатчик типу LASERSCAN LR 01/2932 [3]. Керування процесом випробувань здійснювалося за допомогою панелі керування із рідкокристалічним дисплеєм. Для автоматизації процесу випробувань, автоматичного виводу результатів випробувань і статистичної обробки даних використовувалося програмне забезпечення "Nexygen V4,5" і "Ondio V4,5" [4, 5].

Результати вимірювань та їх аналіз. Для вимірювання сили тертя при русі навантаженої пластини по плоскій поверхні приймалися наступні умови:

- 1) швидкість переміщення рухомої пластини: $V = 50$ мм/хв;
- 2) дистанція переміщення: $S = 50$ мм;
- 3) режим навантаження: 13,5 Н;
- 4) режим тертя граничний.

Поверхня верхнього зразка була модифікована за допомогою ХТО. Зовнішній вигляд залежності для сили тертя при переміщенні пластини показаний на рис. 3. Тобто сила тертя має виражений змінний характер.

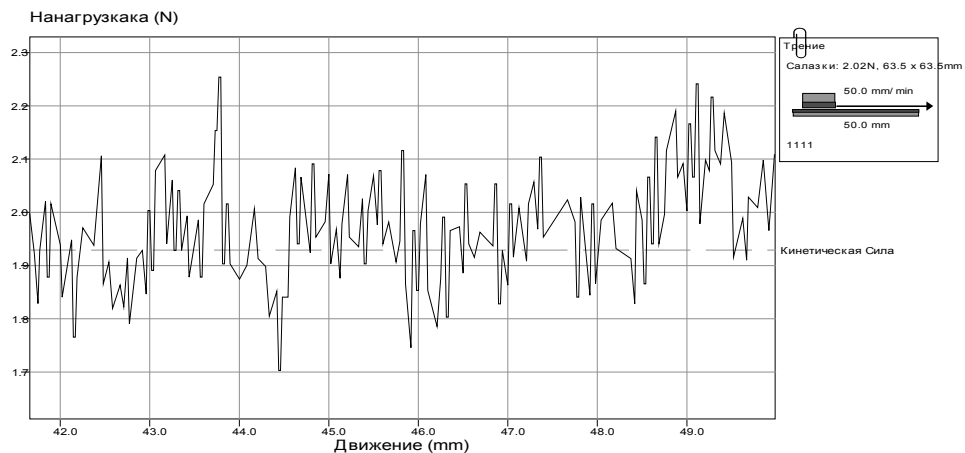


Рис. 3. Залежність сили тертя від величини переміщення

Результати чисельної обробки наведеної залежності показані в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати вимірювань характеристик тертя

Швидкість (mm/min)	Переміщення (mm)	Вага саней (N)	Миттєва сила (N)	Статична сила	Кинетична сила (N)	Кинетичний коефіцієнт тертя
50,00	50,00	13,5	1,35	0,10	1,12	0,08

Залежно від природи збурюючих сил, коливання сили тертя можуть носити або детермінований (частіше періодичний) або випадковий характер.

В нашому випадку причинами коливання сили тертя є наступні:

- випадковий характер взаємодії нерівностей контактуючих поверхонь;
- різна інтенсивність дії сил міжмолекулярного зчеплення (адгезії) між поверхнями;
- адгезія мастильних матеріалів;
- нерівномірність розподілу мастильного шару по товщині поверхні зразків.

Встановлено, що в результаті мав місце стрибкоподібний рух рухомого зразка з випадковими в часі переходами від тертя спокою до тертя руху. Сила тертя при цьому приймала різні значення в певному діапазоні, тому випадковий процес зміни сили тертя запропоновано характеризувати не амплітудою, частотою і фазою, а середнім значенням \bar{T} , середньоквадратичним відхиленням σ_T , коефіцієнтом варіації ν_T , мінімальним T_{min} і максимальним значенням T_{max} T_{min} і діапазоном зміни величини сили тертя ΔT . Для визначення вказаних характеристик була проведена статистична обробка результатів вимірювань, результати якої наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Статистичні характеристики змін сили тертя

Q , Н	T_{min} , Н	T_{max} , Н	ΔT , Н	\bar{T} , Н	σ_T , Н	ν_T
13,4	1,63	2,27	0,64	1,9	0,14	0,07

Як було вказано вище, стрибкоподібна зміна сили тертя пов'язана з переходом від тертя спокою до тертя руху. На основі отриманих експериментальних результатів були встановлені кількісні характеристики такого руху, а саме:

- кількість коливань (стрибків) за одиницю часу V_c ;
- величина середнього переміщення в контактї до зриву;
- середня силу опору в контактї до зриву T_c .

В результаті аналізу і обробки графіку рис. 1 встановлені наступні числові значення цих характеристик (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристики тертя при русі навантаженої пластини			
Q , Н	v_c , c^{-1}	S_c , мкм	T_c , Н
13,4	7,4	114	0,29

Тобто запропоновано для оцінки антифрикційних властивостей ХТО-модифікованих зразків більш інформативні статистичні показники тертя, отримані за результатами вимірювань сили тертя і чисельної обробки результатів на основі вимірювального комплексу LRX-E.

Рух пластини по похилій площині. Для вимірювання коефіцієнту тертя ХТО-модифікованих зразків пропонується також використовувати простий метод, заснований силових співвідношеннях при русі тіла по похилій площині [6]. Модифікований зразок масою m знаходиться на похилій поверхні під дією сили тяжіння Q , сили тертя F і сили інерції R , рис. 4.

Основним рівнянням руху є рівняння рівноваги в динаміці з використанням принципу Даламбера, яке отримуємо при проектуванні на вісь S :

$$T = R + F. \tag{1}$$

З урахуванням сил тертя використовуємо модель тертя по Амонтону:

$$F = fN = fQ \cos \alpha = fmg \cos \alpha, \tag{2}$$

де f – коефіцієнт тертя; N – нормальна складова ваги тіла.

Інерційні сили визначаються за законом Ньютона:

$$R = m \frac{d^2 S}{dt^2}, \tag{3}$$

де S – шлях тертя, який проходить тіло по площині; t – час; m – маса тіла.

Сила T , як проекція ваги тіла на вісь S :

$$T = Q \sin \alpha = mg \sin \alpha. \tag{4}$$

Підставляючи (1) – (3) в (4) отримуємо:

$$mg \sin \alpha = m \frac{d^2 S}{dt^2} + fmg \cos \alpha.$$

Після перетворень одержуємо диференціальне рівняння процесу у вигляді:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha). \tag{5}$$

Диференціальне рівняння розв'язуємо методом розділу змінних:

$$\frac{dS}{dt} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)t + c_1$$

або

$$S = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \frac{t^2}{2} + c_1 t + c_2. \tag{6}$$

Приймаючи нульові початкові умови:

$$\frac{dS}{dt}(t = 0) = 0; \quad S(t = 0) = 0, \tag{7}$$

отримуємо $c_1 = 0$; $c_2 = 0$ і остаточно:

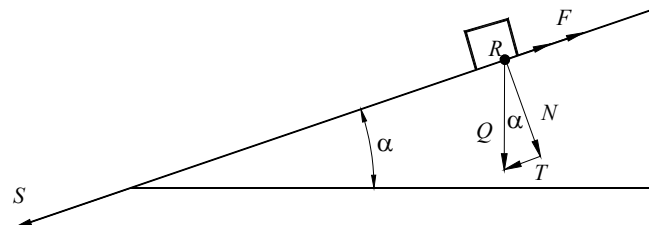


Рис. 4. Схеми прикладання сил

$$S(t) = \frac{gt^2}{2} (\sin \alpha - f \cos \alpha). \quad (8)$$

Звідки:

$$f = \operatorname{tg} \alpha - \frac{2S}{gt^2 \cos \alpha}. \quad (9)$$

Залежність (9) дозволяє шляхом вимірювань часу переміщення зразка t по похилій площині на відстань S визначати значення коефіцієнту тертя f . Точність визначення значення коефіцієнту тертя по похилій площині залежить від точності визначення тангенса кута нахилу поверхні α .

Висновки. На основі прецезійних вимірювань сили тертя при русі зразка по площині запропоновані статистичні характеристики тертя, які дозволяють більш інформативно проаналізувати вплив технологічних факторів обробки на антифрикційні властивості трибологічних спряжень. Отримана експериментально-теоретична залежність для визначення коефіцієнту тертя за результатами вимірювань тривалості руху зразка по похилій площині.

Література

1. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.
2. ASTM D1894 "Standard Test Method for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheeting".
3. Операційна інструкція ОІ-ВЯ-17. Користування машиною універсальною "Lloyd Instruments" моделі "LRX-E"/ ТОВ "ХЕКРО ПЕТ Лтд.". Редакція 1–2005. – 15 с.
4. Training Workbook for Nexygen V4 and batch testing Utility V2.0 / PART NUMBER 01/2974 // ISSUE 1.0 – JUNE 2000
5. Экспериментальное исследование сил трения при движении нагруженной пластины по смазанной плоскости / [А. Г. Кузьменко, А. В. Дыха, О. П. Бабак, Л. В. Капинос] // Проблемы трибологии. – 2006. – № 4. – С. 78–83.
6. Кузьменко А. Г. Движение тела с сухим и граничным трением по наклонной плоскости / А. Г. Кузьменко, А. В. Дыха // Проблемы трибологии. – 2006. – № 2. – С. 123–127.

Надійшла до редакції
9.11.2010 р.

УДК 621.372.812

И.Л. АФОНИН, П.А. БУГАЁВ, В.В. САЛАМАТИН

Севастопольский национальный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОТВЕТВИТЕЛЯ КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛОСКОВОГО МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА

Розглянута низка запитань по опису і вивченню електродинамічних процесів, що відбуваються у відгалужувачі кругової поляризації на основі смушкового металодіелектричного хвилеводу. Розроблена математична модель відгалужувача кругової поляризації.

Some question under the description and studying of the electrodynamic processes occurring in coupler of circular polarization on the basis of strip metal-dielectric of a wave guide is viewed. The mathematical model of a coupler of circular polarization is developed.

Ключові слова: відгалужувачі кругової поляризації, математична модель, металодіелектричної хвилевід

Основным узлом поляризационных измерительно-вычислительных устройств для измерения параметров микроволновых трактов антенно-волноводных систем различного назначения является ответвитель круговой поляризации. Построение ответвителя круговой поляризации (ОКП) на полосковом металлодиэлектрическом волноводе (ПМДВ), используемом в КВЧ диапазоне, несколько отличается от известных конструктивных решений. Это вызвано тем обстоятельством, что в отличие от металлического прямоугольного волновода в ПМДВ отсутствуют плоскости, в которых выполняются условия круговой поляризации магнитного поля. Система щелей связи, реализованная в ОКП показана на рисунке 1.

Как известно, для излучения из волновода волны круговой поляризации используется крестообразное отверстие, ортогональные щели которого излучают линейно поляризованные волны одинаковой амплитуды и с девяностоградусными временным и пространственным сдвигами [1].