

Если процесс нагружения стационарный, то входящая в (21) функция потока перегрузок имеет вид: $m(t) = \frac{t}{\Delta t} \exp(-\theta_n)$. Некоторые результаты, полученные с помощью численного интегрирования при $P_o = 0$, приведены в [10].

Рассмотренные модели и методы могут служить теоретической основой при проведении инженерных расчетов элементов машин и конструкций на прочностную надежность от воздействия перегрузок, позволяя учитывать влияние фактора продолжительности случайного нагружения.

Список литературы: 1. Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б. Модели отказов: – М.: Сов.радио, 1966. –168 с. 2. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с. 3. Чирков В.П. Вопросы надежности механических систем. – М.: Знание, 1981. – 122 с. 4. Гусев А.С., Светлицкий В.А. Расчет конструкций при случайных воздействиях. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с. 5. Свешиников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 464 с. 6. Тихонов В.И. Выбросы случайных процессов. – М.: Наука, 1970. – 392 с. 7. Переверзев Е.С., Чумаков Л.Д. Параметрические модели отказов и методы оценки надежности технических систем. – К.: Наукова думка, 1989. – 184 с. 8. К.Капур, Л.Ламберсон Надежность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980. – 604 с. 9. Справочник по специальным функциям / Под ред. М.Амбровица и И.Стиган. – М.: Наука, 1979. – 832 с. 10. Гринченко А.С. Численное решение задач прогнозирования и обеспечения прочностной надежности при многократных перегрузках. // Вісник ХДТУСГ, Харків, 2001. – Вип. 8, т.1. – С. 257-264.

Поступила в редколлегию 28.01.03.

УДК 621.891

Р.М.ДЖУС; В.М.СТАДНІЧЕНКО, канд .техн. наук;
М.Г.СТАДНІЧЕНКО, канд .техн. наук; ХІ ВПС

ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗУПИННОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ГЕОМЕТРІЇ ЗРАЗКІВ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ НА ТЕРТЯ І ЗНОС

У статті докладно викладений спосіб безупинної реєстрації динаміки зміни геометрії зразків при випробуваннях на тертя і знос за допомогою сконструйованого авторами пристрою, що встановлюється на стандартну машину тертя 2070 СМТ-1. Пристрій може реєструвати як знос зразків, так і збільшення їхніх розмірів з точністю до 0,49 мкм.

In the article is particularized the way of continuous registration of dynamics of change of models geometry at tests for friction and wearing with the help of the device, constructed by the writers, which one is established on the standard machine of friction 2070 СМТ-1. The device can log both wearing of models, and increase of their sizes to within 0,49 microns.

Важливою задачею в трибологічних дослідженнях є можливість простежити динаміку зміни геометрії зразків при випробуваннях на тертя і знос.

Більшість сучасних методів виміру зносу передбачають зупинку випробувань. Величина зносу при цьому визначається як сумарний показник за якийсь проміжок часу чи на визначеному відрізку шляху тертя. Це не дозволяє судити про динаміку протікання процесу зносу і визначати, на яких етапах він проходить з більшої, а на яких з меншою інтенсивністю.

У зв'язку з цим актуальною є розробка пристрою, що дозволяв би стежити за динамікою протікання процесу зношування без припинення експерименту протягом усього його часу.

Подібні пристрої вже існують [1, 2]. Однак перша конструкція [1] являє собою новий пристрій для випробувань на тертя і знос з можливістю реєстрації величини зносу за часом випробувань. Він не виробляється серійно і не стандартизований. Другий пристрій [2] призначений для застосування на стандартній машині тертя 2070 СМТ-1. Але його конструкційною особливістю є те, що він сприймає і сигнали, що виникають в результаті биття валів машини тертя, а також коливань її рухливої каретки. Ці "шкідливі" сигнали пропонується відфільтровувати фільтром низьких частот. Це ускладнює конструкцію, вимагає додаткового настроювання приладу, а також не завжди можливо, тому що найчастіше рівень цих сигналів перевищує рівень "корисних" (викликаних зносом).

Крім цього, сучасний стан трибології дозволив зробити тертя творчим процесом, що має здібність самоорганізовуватися. Це сприяло розробці нових методів і засобів відновлення зношених тертьових з'єднань машин і устаткування, у тому числі і без їхнього розбирання. Так називані ревіталізанти чи геомодифікатори (ремонтно-відновлювальні суміші (РВС)) дозволяють відновлювати геометричні розміри зношених деталей до номінальних у процесі їхньої штатної експлуатації. При роботі обробленого ними вузла активні компоненти РВС вступають у взаємодію з тертьовими ділянками деталей і формують на них металокерамічний (МК) шар, тобто дають приріст розмірів деталей.

Виявлення механізму цього явища, а також розкриття його фізичної суті також потребує мати можливість стежити за динамікою протікання процесу протягом всього експерименту без його зупинки.

Пропонований нами пристрій саме і дозволяє безупинно реєструвати зміну геометрії (знос чи нарощування верхнього шару) зразків з високою точністю при випробуваннях їх на серійній машині тертя 2070 СМТ-1. У ньому сигнали від биття валів і рухливої каретки машини цілком виключаються завдяки закріпленню всього пристрою на самій цій каретці.

Конструкція і принцип дії подібних пристроїв вимагає відсутності температурних розширень випробуваних зразків і всіх елементів кінематичної схеми. Для забезпечення цієї умови для нашого пристрою, була виготовлена система змащення і терморегулювання (рис. 1), що дозволяє після стабілізації температури всієї системи підтримувати її на постійному рівні.

Змащення здійснюється зануренням нижнього ролика 5 у ванночку з робочим маслом 4. Сама ця ванночка занурена у ванну 2 з нагрівальним маслом.

Тепло в систему підводиться зануреним у ванну 2 електронагрівачем закритого типу 1. Підтримка температури системи на заданому рівні здійснюється електронним регулятором температури Щ 4531 (10), сигнал на який надходить від термопари 3, зануреної у ванну 2. Контроль за рівнем і стабілізацією температури верхнього (вимірюваного) ролика здійснюється методом ковзної термопари, що дозволяє проводити точні виміри швидкозмінливих температурних полів [2]. Як чуттєвий елемент використовувалася хромель-копелева термопара типу ХК-7, що дозволяє вимірювати температуру в інтервалі від 0 до 300° С. Особливістю цієї термопари є те, що спай хромель-копелевої пари 8 змонтований на мідній пластинці 9, що за допомогою пластинчастої пружини притискається до поверхні верхнього зразка 6. Сигнал від термопари надходить на електричний реєстратор температури 7 (ГОСТ 7164-71).

Термопара з виводом спаю на мідну пластину забезпечує точний і безінерційний вимір температури і може використовуватися практично необмежений час, у той час як звичайна термопара, у якій з поверхнею обертового зразка контактує безпосередньо спай, зношується вже через 20-30 годин роботи і підлягає заміні.

Тарировка термопари здійснювалася звичайним способом. Дана система дозволяє підтримувати температуру робочої рідини і зразків на заданому рівні з точністю до одного градуса.

Кінематична й електрична схеми пристрою показані на рис. 2 і 3. Більш докладно зупинимося на конструкції і роботі пристрою. Механічна частина являє собою важелевий пристрій, закріплений на каретці машини тертя 2070 СМТ-1 (рис. 2). Важіль 6 обертається на осі 4 у прецизійних підшипниках, що знаходяться усередині корпусу 5. Корпус жорстко за допомогою болтів закріплений через профіль 3 до каретки 1. До неї ж через той же профіль прикріплена стійка 2. Важіль на 1/3 довжини від осі торкається випробовуваного ролика. У місці торкання на важелі закріплений підшипник 7, що вільно обертається при обертанні випробовуваних роликів. На кінці важеля також установлений підшипник 13, який у випадку зміни положення важеля (знос чи нарощуванні на зразку) передає обертання через спеціально спрофільовану качалку 14 до мультиплікатора 15. Профіль робочої поверхні качалки в процесі тарировки пристрою уточнювався для забезпечення лінійної залежності між зміною геометрії зразка і показаннями реєстратора (самописа). Вихідний вал мультиплікатора через втулку жорстко з'єднаний з валом потенціометра 16, що дозволяє одержувати зміну електричного сигналу як при підйомі, так і при опусканні важеля.

Живлення потенціометра здійснюється від елемента постійного струму 1,5V E₁ великої ємності через додатковий опір R₁. Вимикання джерела живлення здійснюється вимикачем В_к. Перемінний опір R₂ зібрано з потенціометром у мостову схему і служить для установки “нуля” на приладі. Реєстрацію лінійного зносу проводили за допомогою високочутливого самописа Н307.

У результаті зносу зразків чи утворення на їхній поверхні нарощеного шару

відбувається опускання чи підняття важеля, а значить і переміщення повзуна потенціометра. Це приводить до розбалансування мостової схеми, і на прибор-реєстратор Н307 подається електричний сигнал, величина якого прямо пропорційна зміні розміру верхнього ролика. Передаточне число мультиплікатора розраховується з обліком реальних вимірюваних величин і склало 1:40.

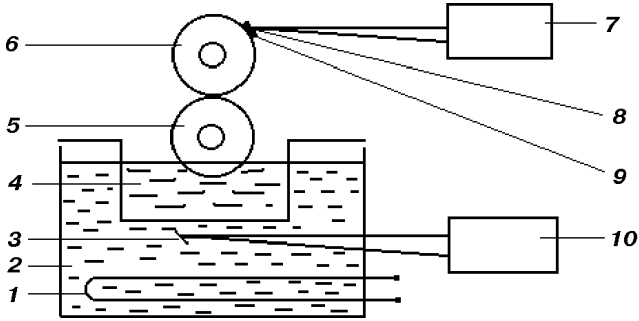


Рис. 1. Система змащення і терморегулювання.

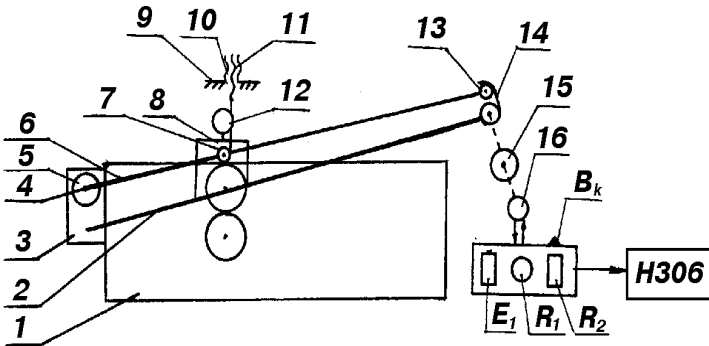


Рис. 2. Кінематична схема пристрою

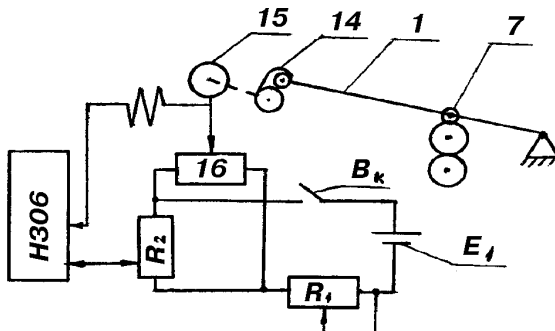


Рис. 3. Електрична схема пристрою

Для тарировки пристрою в місці кріплення підшипника 8 за допомогою кронштейна 14 до стійки 6 жорстко прикріплений мікрометричний індикатор годинного типу 15 (ГОСТ 577-68), голка якого спирається на важіль 1.

Тарировка вимірювального пристрою здійснювалася за допомогою жорстко закріпленого на важелі 1 болта 16, на якому обертається гайка 17, спираючись на обмежник 18 і піднімаючи, тим самим, важіль 1 відносно випробуваних зразків. При відхиленні важеля був побудований тарувальний графік (рис. 4) з використанням показань мікрометричного індикатора годинникового типу 15, що дозволяє за показниками самописа Н307 дізнаватися про фактичну зміну лінійних розмірів зразків. Як видно з графіка, одному міліметру діаграми реєстратора відповідає $4,9 \cdot 10^{-5}$ мм зміни розміру зразка. Таким чином, про точність пристрою можна говорити як про 0,000049 мм. Однак його чутливість обмежена шириною «волоска» потенціометричного датчика. Поки його контакт знаходиться в межах одного «волоска», показання приладу не змінюються. Потім перо перескакує відразу на 10 мм. Значить чутливість пристрою складає 0,49 мкм.

Виміри проводилися в наступній послідовності. Випробувані ролики навантажували до необхідного рівня. Відбувалися деформації валів машини тертя і випробуваних зразків у місці лінійного контакту, а також деформації і вибір зазорів у механічних елементах вимірювального пристрою.

Далі протягом тривалого часу (до 2-х годин) відбувалося нагрівання всієї системи. Поступово теплові потоки вирівнювалися і наставав температурний баланс системи, що фіксувалося на реєстраторі 7 (рис. 1) температури верхнього зразка.

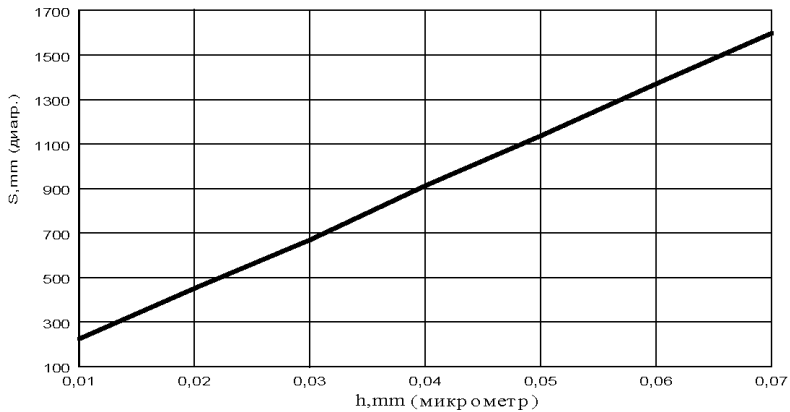


Рис. 4. Тарувальний графік пристрою

За цей час відбувалося його теплове розширення, що чітко відображалося датчиком виміру зносу (наросту) із записом на реєстраторі Н307. Реєстрація електричного сигналу від датчика проводилася в каналі «У». Переміщення по осі «Х» здійснювалося ручкою «уст. 0» на 5мм через кожні 5 хв. При досягненні граничного значення відхилення пера самописа (200 мм) воно пере-

міщувалося на нульову оцінку за допомогою ручки потенціометра R_2 . У результаті виходила діаграма (рис. 5), по якій можна будувати графік зміни геометрії зразків за часом. Сумарний знос чи нарощування оцінювалися простим додаванням довжин відповідних ділянок 1, 2, 3 діаграми. У нашому випадку загальне відхилення пера самописа склало 560 мм, що відповідало зміні геометрії зразка на 0,02744 мм. Недоліком такого способу реєстрації результатів є необхідність постійної участі в процесі оператора. Цього можна уникнути, застосувавши інший високочутливий реєстратор з постійним протяганням діаграмної стрічки чи підключивши замість цього ЕОМ.

Одночасно це відображалось на індикаторі годинникового типу 12 (рис. 1), тому був побудований уточнюючий тарувальний графік, що добре корелюється з першим. Надалі, при зміні умов експерименту чи внесенні змін у конструкцію пристрою, що реєструє, даний метод тарировки (заснований на тепловому розширенні) може вважатися найбільш прийнятним.

При настанні теплового балансу на реєстраторі Н307 відзначається нульовий приріст, тобто стабілізація показань реєстратора по каналу "У". Тепер пристрій готовий до реєстрації зносу чи товщини нарощеного шару на зразку.

Даний пристрій без зміни конструкції можна використовувати і при випробуваннях за схемою "колодка-ролик" при дослідженні тертя ковзання.

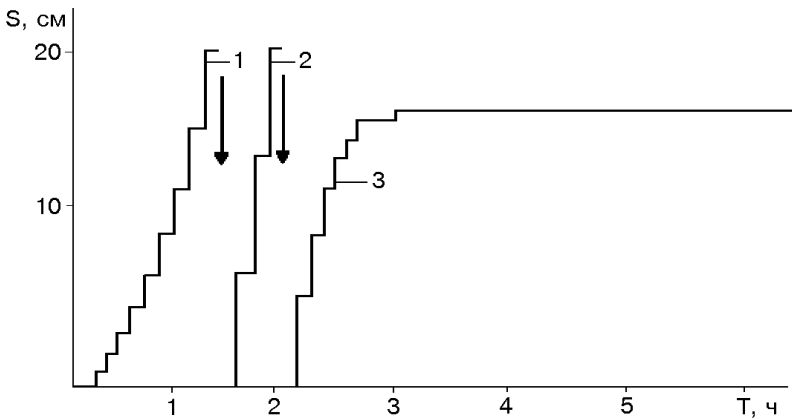


Рис. 5. Діаграма реєстрації зміни геометрії зразка

Недоліком застосування даного пристрою можна вважати чекання настання температурного балансу системи. Знос, що відбувається в цей час, залишається незафіксованим. Однак при терті котіння знос за цей проміжок часу настільки незначний, що їм можна знехтувати. З іншого боку, чим інтенсивніше зношується пара тертя, тим швидше настає тепловий баланс у системі за рахунок більш інтенсивного тепловиділення. Таким чином, цю погрішність у більшості випадків можна вважати незначною.

Дослідження процесів нарощування МК шару природно необхідно робити по закінченні теплового розширення системи, уводячи РВС у мастильне середовище саме після цього.

Авторами проведена велика кількість експериментів з використанням даного пристрою, у тому числі й експерименти по нарощуванню МК шару за допомогою РВС. Зафіксовані при цьому величини зносу перевірялися методом штучних баз і ваговим методом, а значення наросту на зразках перевірялися за допомогою профілометра, інтерферометра Лінника, а також мікрометрируванням.

Отримані результати дозволяють говорити про розглянутий пристрій, як про надійний і точний інструмент дослідження динаміки і величини зміни геометрії зразків при випробуваннях на машині тертя 2070 СМТ-1.

Список літератури: 1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с. 2. Миронов Е.А., Баздеркин В.А., Стандиченко Н.Г. Методы измерения величины износа и температуры поверхности образцов при испытании материалов на износ. В сб.: Проблемы трения и изнашивания. – Киев: Техника, 1982. – Вып. № 22. – С.49-52.

Поступила до редколегії 26.06.2003

УДК 539.3:621.039.623

Б.Ф.ЗАЙЦЕВ, канд.техн.наук;
А.В. АСАЁНОК, ИПМаш НАН України

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ВИНТОВОЙ ОБМОТКЕ ТОРОИДАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ

Розглядається напружений стан обмотки тороїдальної магнітної системи внаслідок прогріву. Застосовано тривимірний МСЕ зі спеціальною системою завдання геометрії. Дано аналіз результатів і зіставлення з іншими рішеннями.

State of stress of the toroidal magnetic system winding of a result of the warm-up is considered. The 3D FEM with special system of the representation of geometry is used. Analysis of results and comparison with other solution are presented.

Одним из основных направлений при создании электрофизической аппаратуры является повышение уровней напряженности магнитных полей различных электромагнитных систем. В частности, в установках по удержанию плазмы с замкнутыми магнитными ловушками типа токамак или торсатрон наиболее напряженной является тороидальная магнитная система. Повышение параметров тороидального магнитного поля сопровождается возрастанием уровня электродина-