

Список літератури

1. Мартин Д., Доэрти Р. Стабильность структуры металлических систем. – М.: Атомиздат, 1978. – 280 с.
 2. Еременко В. Н. Поверхностные явления в металлах и сплавах. – К.: АН УССР, 1969. – 45 с.
 3. Лариков Л. Н., Гейченко В. В. Диффузионные процессы в упорядоченных сплавах. – К.: Наук. думка, 1985. – 214 с.
 4. Бородин И. Н. Композиции никеля с твердыми частицами // Защита металлов. – 1989. – №5. – С. 622-626.
 5. Костецкий Б. И., Бершадский Л. И. Структурная приспособляемость конструкционных материалов // Технология и организация производства. – 1984. – №4. – С. 15-17.
 6. Марковский Е. А. Влияние пластической деформации и температуры на усиление диффузионных процессов при трении // Литье и износостойкие материалы: Сб. – К.: ИПЛ АН УССР, 1978. – С. 19-25.
- Стаття надійшла до редакції 30.03.02.

УДК 621.9.08:620.179 (045)

С.М. Кіяшко, канд. техн. наук,
 О.У. Стельмах, канд. техн. наук,
 С.М. Смірнов, канд. фіз-мат. наук,
 Л.М. Ільченко, канд. фіз-мат. наук,
 О.Ю. Сидоренко, асп.,
 С.О. Колєнов, асп.,
 Р.Є. Костюнік, мол. наук. співроб.

НОВИЙ СПОСІБ ПРОФІЛОМЕТРІЇ ТРИБОСИСТЕМ

Доведено, що шорсткість робочих поверхонь і їхня об'ємна конфігурація у вузлах тертя є дуже важливою, а іноді і вирішальною характеристикою, яка суттєво впливає на ефективність трибосистем. Розглянуто лазерний скануючий профілограф-профілометр ЛСПП-03, який дозволяє створювати новітні промислові технології виготовлення поверхонь тертя трибосистем із надефективними трибохарактеристиками.

Сучасна авіаційна техніка з точки зору трибології складається з великої кількості трибосистем, ресурс яких у сукупності визначає ресурс як літаків, так і наземної техніки в цілому. Традиційно в авіабудуванні всі трибосистеми є прицевійними, тобто поверхні тертя плунжерних пар, золотників, насосів-регуляторів виготовляються з високим ступенем точності та класом чистоти поверхонь.

Дослідження основних поверхонь тертя двигунів внутрішнього згоряння, трансмісії та інших систем наземної та авіаційної техніки вказують на те, що до поверхонь тертя в авіації ставляться більш високі вимоги. Так, трансмісія наземної техніки характеризується шорсткістю поверхні з параметром Ra 0,3...0,75 мкм, двигуни внутрішнього згоряння наземної техніки – шорсткістю поверхонь тертя з Ra 0,15...0,32 мкм, і практично всі поверхні тертя у літаках виготовляються з шорсткістю у межах Ra 0,02...0,2 мкм (ГОСТ 25142-82). Тобто, чим вищі вимоги до надійності вузлів та агрегатів, від яких залежить безпека польотів, руху та виробництва, тим вище клас чистоти поверхонь тертя того чи іншого виду техніки.

Наші власні експериментальні дослідження впливу шорсткості на ефективність трибосистем при випробуваннях авіаПММ і ПММ для наземної техніки є яскравим підтвердженням цих висновків. Хоча в класичній трибології всіма визнано так звану фундаментальну закономірність утворення оптимальної шорсткості, що підтверджено великою кількістю опублікованих експериментальних даних [1;2], ми вважаємо, що така закономірність дійсно існує, але рівень оптимальних шорсткостей значно менше технологічних можливостей вітчизняного виробництва. На наш погляд, використання принципу, що не слід виготовляти робочі поверхні тертя з високими

класами чистоти, так як це призводить до підвищених витрат, а оптимальна шорсткість утворюється за рахунок латентного періоду обкатки, є шкідливим, оскільки процеси обкатки призводять до інтенсивного зношування трибосистем і, таким чином, невідновлювального порушення експлуатаційних властивостей шляхом збільшення робочих зазорів, модулів для зубчастих зачеплень, зазорів циліндр-поршень, порушуючи конструкторську кінематику тертя.

Сучасні механічні вимірювальні пристрої, які працюють на контактному принципі обігання поверхні конусними голками типу профілограф-профілометр «Калібр М-201», «М-283», не мають можливості достатньо точно вимірювати глибину доріжки тертя, а при контролі якості поверхні похибка досягає ще більших значень, особливо при визначенні шорсткості поверхні. Чутливість використовуваних зараз вимірювальних пристроїв великою мірою залежить від радіуса закруглення щупа, який не може дістатися глибоких і крутих впадин через свої великі розміри. Це вносить значну і непостійну похибку залежно від ступеня шорсткості або досліджуваної доріжки тертя. При контролі поверхонь з високим класом чистоти як сам щуп, так і базова опорна площа руйнують поверхню. Для сучасних високоефективних мастил, які забезпечують низьку інтенсивність зношування, та для контролю якості поверхонь необхідним є застосування новітніх, бажано безконтактних приладів, не деформуючих поверхню.

Одним з таких приладів є розроблений нами лазерний скануючий профілограф-профілометр ЛСПП-03, призначений для дослідження рельєфу поверхонь в області матеріалознавства, трибології і технології виробництва елементів трибосистем.

При роботі профілографа-профілометра можна отримувати комп'ютерні зображення в загальноприйнятих стандартах (.jpg) і у вигляді спеціальних даних (.sdi), зберігати їх у вигляді файлів, отримувати тверді копії за допомогою лазерних принтерів (HP чи аналогічних).

Лазерні скануючі профілографи-профілометри є новим поколінням інструментів для дослідження різноманітних об'єктів. Вони дозволяють записувати і відображати інформаційний сигнал про структуру і властивості поверхні не тільки у видимому діапазоні оптичного випромінювання, але й в ультрафіолетовому та інфрачервоному, з високим розпізнаванням у площині об'єкту і за рельєфом, і за оптичною густиною. Система лазерної скануючої профілометрії побудована на диференційно-фазовому принципі. У процесі побудови лазерного скануючого профілографа-профілометра було досягнуто багато нових можливостей:

- безконтактне вимірювання;
- високе розпізнавання за рельєфом (менше 1 нм по Z);
- швидке лінійне сканування з довільною вибіркою (10 мс);
- можливість поєднання диференційно-фазового та звичайного амплітудного режимів в одній конфігурації;
- повне комп'ютерне керування режимами роботи, керування траєкторією сканування, швидкий пошук, вимірювання за XYZ координатами, відновлювання профілів поверхні.

Лазерна скануюча насадка має модульну побудову, що дозволяє оперативно змінювати конфігурацію пристрою.

Керувальна програма працює під Windows-98 і забезпечує зручність експлуатації профілографа-профілометра, дозволяючи отримувати вхідні дані (похідна рельєфу) у вигляді чорно-білих або кольорових зображень, що містять у собі повну інформацію про геометрію поверхні об'єкта. На стадії отримання зображення (рис. 1) програма дозволяє змінювати яскравість і контрастність, режим швидкого сканування, вибір режиму сканування (крок і швидкість сканування, розмір поля зору), нанесення на зображення додаткових вимірювальних сіток, вивід поточного розподілу рівня сигналу при скануванні у рядку (похідна профілю, рівень яскравості), записування зображень з коментарями. Отримані зображення (або збережені раніше у вигляді файлів) можуть бути оброблені у будь-який час з відтворенням рельєфу поверхні об'єкта у виділеній області. При цьому є можливим підрахунок параметрів рельєфу, а отримані дані подаються як у текстовому вигляді, так і у вигляді двовимірних чорно-білих або кольоровозакодованих зображень, а також передбачено трансформація їх у тривимірні зображення (рис. 2).

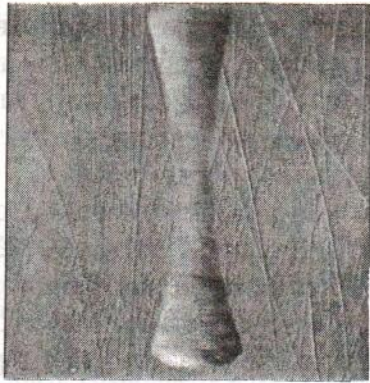


Рис. 1. Зображення доріжки тертя

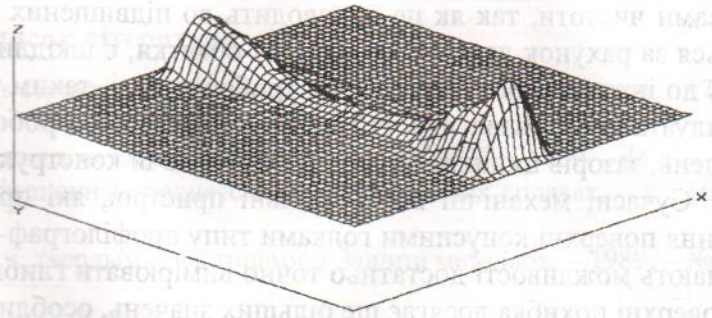


Рис. 2. Тривимірне подання результатів обробки зображення

Переваги даного лазерного скануючого профілографа-профілометра перед застосовуваними на підприємствах очевидні.

1. Лазерний скануючий профілограф-профілометр є безконтактним, що дозволяє уникнути руйнівного впливу на досліджувану поверхню.

2. На традиційно використовуваних приладах виконують кілька вимірів, оскільки отриманий профіль перерізу не може відбивати об'ємний стан рельєфу поверхні. У приладі ЛСПП-03 одразу одержують повну картину мікрогеометрії поверхні і при необхідності можна аналізувати до 512 перерізів.

3. Отримані на електроконтактному папері профілі на використовуваних приладах потрібно вимірювати, знаходити їхнє середнє арифметичне значення тощо, а в розробленому лазерному скануючому профілографі-профілометрі всі операції з обробки виконує комп'ютер.

4. На лазерному скануючому профілографі-профілометрі ЛСПП-03 маємо можливість бачити вимірювальну поверхню у тривимірному, кольоровозакодованому зображеннях і обробляти інформацію в зручному вигляді, у той час як на старих приладах можна тільки приблизно уявити собі рельєф поверхні, хоча головним показником її якості є власна об'ємна конфігурація поверхонь тертя.

5. Сама операція сканування займає від 10 до 30 с (при режимах максимальної апроксимації та поліномізації поверхні), що визначається потребами досліджень. Подальша обробка займає секунди і, як і операція сканування, залежить від швидкодії комп'ютера. На використовуваних зараз вимірювальних механічних приладах час вимірювання й обробки займає десятки хвилин, години.

6. Лазерний скануючий профілограф-профілометр записує первинне зображення поверхні і заносить його до банку даних одразу після сканування, що дозволяє швидко проводити вимірювання великого об'єму зразків. Подальша обробка результатів можлива у будь-який час з використанням банку даних.

У сучасній трибології найпоширенішим методом вирішення проблем ресурсоенергозбереження трибосистем є використання різних мастильних матеріалів. Мастильний матеріал у трибосистемі є не якоюсь самостійною речовиною, а конструкційним матеріалом на рівні з тими, з яких виготовлені деталі трибосистеми. Якщо якість вітчизняних конструкційних матеріалів для трибосистем за фізико-хімічними показниками відповідає всім міжнародним стандартам, то точність виготовлення трибосистем, якість поверхонь тертя і особливо якість мастильних матеріалів у комплексі не відповідають жодним вимогам. Точність виготовлення та поверхнева якість трибосистем і всієї машини в цілому залежать від рівня обладнання та технологічної культури кожного окремого машинобудівного підприємства. Підвищення рівня виробництва до світового – одна з основних задач машинобудівного комплексу України. Вирішення її пов'язане із залученням різних інвестицій та впровадженням новітніх технологій у виробництво.

Для розвитку машинобудівного комплексу необхідні нові засоби контролю якості поверхонь тертя, від початкової мікрогеометрії котрих дуже сильно залежить енергетична смність і

напруженість машин. Як вказують експериментальні дослідження, параметри шорсткості поверхонь тертя є застарілими і не відбивають трибологічної суті їхнього стану. Так, при шорсткості робочих поверхонь тертя з $Ra = 0,5$ мкм, що досягається різними технологічними прийомами, ефективність трибосистеми може бути або підвищена, або зменшена. Наприклад, при первинній обробці поверхонь тертя за технологією «Ш» сила тертя ковзання на 40 %, теплоутворення від тертя на 15–25 °С та інтенсивність зношення у п'ять разів менші, ніж при первинній обробці поверхонь тертя за технологією «К», хоча параметр шорсткості Ra (1) у першому та другому випадках дорівнював 0,5 мкм і не виходив за межі похибки вимірювань на профілометрі «Калібр М-283».

Завдяки розробленому профілографу-профілометру нам вдалося розкрити принципову різницю між конфігураціями поверхонь, утворених за технологіями «Ш» і «К» через можливість побудови 3-D зображення поверхонь.

Отже, шорсткість робочих поверхонь і їхня конфігурація у вузлах тертя є дуже важливими, а іноді – вирішальними параметрами, що впливають на ефективність трибосистеми, яку у сучасному виробництві необхідно створювати шляхом новітніх технологій із залученням новітніх методів та приладів контролю, яким може бути профілограф-профілометр ЛСПП-03.

Список літератури

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1989.
2. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977.

Стаття надійшла до редакції 30.03.02.

УДК 629.735.083.02:621.7.024:658.345

Г.М. Франчук, д-р техн. наук, проф.,
А.М. Овсянкін, канд. техн. наук, доц.,
А.В. Попов, інж.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЕПРИДАТНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ШАСІ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ З ПІДВИЩЕНОЮ ЧУТЛИВІСТЮ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Розглянуто спеціальні системи для неруйнівного контролю внутрішніх поверхонь об'єктів. Запропоновано типи і метод розрахунку форсунок для неруйнівного контролю. Обґрунтовано універсальність системи для контролю об'єктів різними методами неруйнівного контролю.

Проблема забезпечення контролепридатності (КП) конструкцій повітряного корабля (ПК) вирішуються на етапах проектування, ресурсних та льотних випробувань експлуатації [1]. Забезпечення КП здійснюється на основі виконання вимог:

– пристосування деталей і конструкцій до оптимальних методів неруйнівного контролю (НК);

– мінімальної трудомісткості контролю та демонтажних робіт;

– урахування розмірів, розташування люків та оглядових отворів у зоні контролю.

Визначальним параметром контролю елементів конструкції є розміри пошкодження. Для більшості ресурсовизначальних елементів характерним пошкодженням є тріщина утомленості, яка може виникнути:

– у критичних місцях силових елементів;

– у місцях корозійних та механічних пошкоджень.

Критичні місця елементів визначаються на етапі проектування на основі розрахунків і аналізу пошкоджень через утомленість аналогічних конструкцій під час випробувань та в експлуатації.