

ФОРМУВАННЯ ТОПОГРАФІЇ ПОВЕРХОНЬ В УМОВАХ «ПЛІВКОВОГО ГОЛОДУВАННЯ»

Розглянуто зміни топографії поверхонь елементів трибоз'єднання «шийка-вкладиш» колінчастого валу ДВЗ в умовах прояву антифрикційних властивостей покриття, що сформовано на підкладці натурних зразків-шийок способом фінішної антифрикційної безабразивної обробки при випробуванні без подачі моторного мастила

Вихідна топографія поверхонь деталей задається технологічними чинниками обробки при їх виготовленні і ремонті, наприклад, в результаті фінішної антифрикційної безабразивної обробки в поверхнево-активних середовищах (технологія ФАБО). При цьому створюється рельєф поверхні, обумовлений розподілом матеріалу покриття, що наноситься, в її шорсткому шарі. У подальшому, в результаті контактної взаємодії з протилежною поверхнею у вузлі тертя, формується експлуатаційна топографія, а непостійні по глибині механічні характеристики фазового складу виступів профілю і умови навантаження (швидкість переміщення, питомий тиск) визначають контурні площі їх контакту. Таким чином, в трибоз'єднаннях відбувається зміна геометричної структури рельєфу поверхонь тертя, параметрами якої, разом з розмірами зерен, блоків або часток, міри їх витягнутості, являються локальні характеристики шорсткості поверхні [1]. Формування контурних площ контакту в трибоз'єднаннях «шийка-вкладиш» колінчастого валу двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) при безпосередній взаємодії поверхневого шару шийки (матеріал чавун ВЧ50, сталь 45) з антифрикційним шаром вкладиша (матеріал - антифрикційний сплав АО20-1) в умовах руйнування тонких плівок з компонентів моторного мастила визначає характер зміни їх напружено-деформаційного стану. Надмірна енергія - деформація, яку не поглинає частина системи, що бере участь в контактній взаємодії, завжди призводить до поверхневих і об'ємних руйнувань структури матеріалу - зношування поверхонь і втрати ресурсу трибоз'єднань в цілому. Для збільшення ресурсу [2] трибоз'єднання «шийка-вкладиш» колінчастих валів ДВЗ з обмеженим ресурсом запропоновано формування вихідного покриття на їх шийках фрикційно-механічною обробкою (ФАБО) з бронзи БрОФ4-0,25 в галієво-індієвому середовищі: галій 81% (ат.), індій 19% (ат.) [3]. Комплекс запропонованих матеріалів в умовах безпосередньої взаємодії компонентів покриття і антифрикційного шару вкладиша - «плівкового голодування» обумовлює формування вторинних структур, що забезпечують зниження тертя і зношування в трибоз'єднанні в цьому [4]. Проте неосвітленою стороною питання проведених досліджень є виявлення характеру зміни топографії поверхонь елементів трибоз'єднання в умовах прояву антифрикційних властивостей заявленого покриття.

Для оцінки характеру зміни топографії поверхонь використовувалися фрагменти натурних зразків-шийок без покриття, з покриттям, і вкладишів до триботехнічних випробувань і після них. Причому, умови контактної взаємодії натурних елементів були такими, що мало місце прояв властивостей вторинних структур, що утворюються з компонентів вихідного покриття і антифрикційного шару вкладиша, тобто за відсутності плівок моторного мастила на контурних площадках контакту. Для виміру і подальшого аналізу геометричних характеристик поверхонь зразків використовувався оптичний інтерференційний профілометр «Мікрон-альфа», що має вирішуючу здатність 2 нм [5]. Програмне забезпечення цього приладу дозволяє проводити аналіз рельєфу в подовжньому і поперечному напрямках. Відповідно до можливостей приладу задавалися і оброблялися по чотири профілограми для кожного поля в площинах поперечних руху, що дозволило визначити параметри шорсткості профілю.

Дані, що отримані для контактних зон поверхонь вкладишів вказують на наступне:

- вихідна топографія горбиста, рівномірно розподілені вершини і западини мають приблизно однакової висоти із закруглено-затупленими максимумами;
- після випробувань з поверхнею без покриття топографія рівнинна;

- після випробування з покриттям топографія голчато-горбиста, детально виражені вершини з гострими максимумами - R_{\max}^0 , з відстанями між ними - S_{cp}^0 , що утворені тягнутою дією, і відносно рівною основою під ними;

- шорсткість поверхні, що взаємодіє з покриттям по параметру R_a зменшилася в 6,6 разів по відношенню до вихідної, і в 1,75 разу по відношенню до поверхні, що випробовувалася без покриття.

Дані, що отримані для контактних зон поверхонь шийок вказують на наступне:

- первинна топографія періодично-горбиста з явно вираженим кроком - S_b , середньої глибини - H_{cp} , з розташованими по їх контуру гострокутними закінченнями;

- топографія нанесеного покриття представляється мілкоголчатою будовою без явно вираженої основи, висоти і западини розподілені рівномірно відносно базовій лінії, контури перерізі періодично-горбисті, слабо виражені;

- після випробувань топографія поверхні без покриття рівнинна з рівномірно розподіленими вершинами і западинами;

- топографія покриття після випробувань крупноголчата без явно вираженої основи з характерно витягнутими вершинами;

- шорсткість поверхні з покриттям по параметру R_a по відношенню до вихідної зменшилася в 1,94 разу, без покриття після випробувань зменшилася в 3.3 разу, з покриттям по відношенню до його вихідної - в 1,28 разів.

Така картина свідчить про неоднозначність протікання структурно-фазових перетворень в приповерхневих шарах, які формують їх механічні властивості і сприяють формоутворенню геометрії профілю. Рівнинна топографія для вкладишів, можливо, обумовлюється ущільненням структури, відсутністю протікання процесів фізико-хімічної взаємодії з поверхнею шийки. Голчато-горбиста топографія для вкладишів, крупноголчата для шийок, найімовірніше, обумовлена рухливістю матеріалу і протіканням процесів фізико-хімічної взаємодії між їх компонентами.

Аналіз отриманих параметрів шорсткості поверхонь матеріалів зразків, які структуровані контактною взаємодією в умовах «плівкового голодування», показав, що експлуатаційна топографія поверхонь елементів трибоз'єднання «шийка-вкладиш» з покриттям і без нього неоднозначна, і визначається активністю компонентів покриття, що взаємодіють з компонентами антифрикційного шару вкладиша. Отримані дані можуть використовуватися для моделювання процесів контактної взаємодії елементів трибоз'єднання типу «шийка - вкладиш» і прогнозування змін їх триботехнічних характеристик в реальних умовах експлуатації.

Список літературних джерел

1. Кубич В.И. Топография поверхностей элементов трибосопряженной энергетических машин / Кубич В.И., Ивченко Л.И., Закиев В.И. // Вестник двигателестроения. - 2011. - №1. - С.8-14
2. Кубич В.И. Прогнозирование ресурсов элементов трибоз'єднання «шейка-покрытие-вкладыш» / В.И. Кубич, Л.И. Ивченко // Проблемы техники. - 2012. - №3. - С.27-35
3. Пат. № 49630 Україна, МПК (2009) С23С 30/00. Склад поверхнево-активної речовини для формування зносостійких покриттів / В.І. Кубіч, Л.І. Івченко, заявник і патентовласник Запорізький національний технічний університет. - № u200909788; заявл. 11.05.2010; опубл. 11.05.2010, Бюл. №9, 2010
4. Кубич В.И. О механизме снижения трения и изнашивания в трибосопряжении «шейка-покрытие-вкладыш» / В.И.Кубич, Л.И. Ивченко, // Проблемы трибологии №3(65), 2012, С.15-21
5. Игнатович С.Р. Аппаратурный комплекс для микро- и нанотестирования поверхности материалов и покрытий / С.Р.Игнатович, В.Н Шмаров, И.М. Закиев // Технологические системы. - 2009. - №5(49). - С.72-78

Кубіч Вадим Іванович - к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів, Запорізький національний технічний університет