

СУЧАСНІ АВІАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.89.097.017:620.1.08 (045)

¹О.Ф. Аксьонов, д-р техн. наук

²О.У. Стельмах, канд. техн. наук

³С.П. Шимчук

⁴В.П. Коба

⁵Джамаль Ібрагім Мансур (Ірак)

МЕТОДОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОТИСПРАЦЬОВУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛ ЗА КРИТЕРІЯМИ ТРИБОХАРАКТЕРИСТИК УТВОРЮВАНИХ У НИХ ВТОРИННИХ СТРУКТУР

^{1, 2, 3, 5} НАУ, кафедра машинознавства

E – mail: stelmah@nau.edu.ua

⁴НАУ, кафедра технології аеропортів

Запропоновано методологію побудови лабораторних методик визначення протиспрацьовувальних властивостей матеріалів за критеріями трибологічних властивостей вторинних структур, утворюваних у відповідних мастилах.

The methodology of construction the laboratory methods of definition the antiwear properties of materials by the criteria of tribological properties of the secondary structures which are formed in the corresponding oils is offered.

Постановка проблеми

Стендові та натурні випробування мастил за їх трибологічними властивостями довготривалі та надто дорогі. Тому в усьому світі використовують лабораторні методи та засоби, що моделюють процес тертя і дозволяють проводити відносну оцінку якості мастил за їх протиспрацьовувальними властивостями.

Однак більшість цих методик і приладів не дозволяють урахувувати вплив завжди утворюваних на поверхнях тертя вторинних структур (ВС), характерних цьому мастилу.

Як правило, ці методики короткотривалі і не забезпечують утворення ВС під час довготривалої експлуатації.

Тобто час лабораторних випробувань, установлений тою чи тою методикою, може бути меншим від часу утворення метастабільних ВС, і отримувані результати за величиною зносу в такому випадку моделюють зношення на етапі припрацювання поверхонь тертя.

Такі результати не відображають експлуатаційних властивостей мастил, які характеризуються довготривалою роботою вузлів тертя. Тому проблема розвитку лабораторної методично-випробувальної бази оцінки протиспрацьовувальних властивостей мастил потребує, крім розробки нових та удосконалення існуючих лабораторних приладів і машин тертя, ще й створення нових методик, які б дозволяли враховувати трибологічні властивості ВС.

Аналіз стану питання

На сьогодні найбільш поширеною і стандартною методикою оцінювання паливно-мастильних матеріалів за їх протиспрацьовувальними властивостями є методика випробувань на чотирикульковій машині тертя (ЧМТ). Критерій зносостійкості в цьому разі – середній діаметр плям зносу нерухомих кульок, які утворюються після тертя ковзання протягом 1 год. Існує ще декілька методик випробувань, в яких час тертя сягає 6 год.

Але, на наш погляд, усі ці методики випробувань на ЧМТ мають суттєві недоліки:

- вторинні структури на так званому точковому контакті утворюються нерівномірно на робочій поверхні кульки, що обертається, через нерівномірність контактних напружень;

- під час випробувань невідомо, коли на робочих поверхнях утворюються більш-менш стабільні ВС;

- триконтактна трибосистема не забезпечує однакових умов тертя на кожній із нерухомих кульок;

- у реальній техніці вкрай рідко зустрічаються трибосистеми з точковим контактом.

Основною умовою коректності випробувань є точне відтворення і повторюваність початкових умов, чого досягти при використанні кульок дуже складно через низьку якість поверхонь кульок і відхилення макрогеометрії.

Найбільш поширений у трибосистемах машин і механізмів лінійний вид контакту. Саме тому широко використовують випробувальні машини і прилади тертя, які реалізують тертя ковзання за схемою Тімкена – ковзання поверхні утворюючої циліндр диску по площині.

Найкращою визнано відому Німецьку систему RFL Optimol Test System.

Машина тертя ПТЛК(о), ПТЛК (р), ПТЛК(рв) та комплекс Friction Wear Test System (FWTS) машини були розроблені, спроектовані й експлуатуються в лабораторії новітніх триботехнологій Аерокосмічного інституту Національного авіаційного університету. На цих приладах тертя використовується чотириступенева методика випробувань мастил за протиспрацьовувальними властивостями [1].

Однак багаторічний досвід випробувань показав необхідність її уточнення і розробки критеріїв завершення формування метастабільних ВС, які на останньому, більш тривалому етапі випробувань дозволяють моделювати умови реальної експлуатації мастил з достатньо великою тривалістю.

Вибір і експериментальне обґрунтування критеріїв утворення метастабільних вторинних структур

Методика випробувань [1] складається з трьох короткотривалих етапів тертя.

На першому етапі робоча поверхня ролика (контрзразка) вперше вступає в контактну взаємодію з поверхнею нерухомого плоского зразка. При цьому розпочинається формування відповідних цьому мастилу ВС на робочій поверхні контрзразка.

На другому етапі поверхня контрзразка здійснює ковзання по новій поверхні нерухомого зразка і формування ВС продовжується, про що свідчить збільшення або зменшення величини зносу.

Третій етап відбувається при тих самих умовах, що й другий.

Більш тривалим (3000 м шляху тертя) є четвертий етап, який характеризує інтенсивність зношування в мастилі з урахуванням утворених на перших трьох етапах ВС.

Проте ця методика теж має деякі недоліки, що проявилися під час лабораторних випробувань трансмісійних і моторних мастил вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Для напрацювання квазірівномірних ВС з метою коректної їх оцінки нами було проведено ряд короткотривалих тридцятихвилинних етапів, за кожен з яких диском (контрзразком) було пройдено 500 м шляху в середовищі моторного мастила.

Умови випробувань:

- матеріал контактуючої пари ШХ15Ш;
- швидкість ковзання 0,3 м/с;
- шорсткість поверхонь трибопари по R_a менше 0,02 мкм;
- контактне осьове навантаження 1100 Н.

Критерієм зносу взято середню глибину доріжки тертя на нерухомому зразку.

Параметри зносу вимірювали на профілографі – профілометрі „Калібр М-201”. Крім цього, контролю та аналізу підлягала об’ємна температура мастила під час тертя.

Одержані результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати оцінки стабільності напрацьованих ВС

Параметри оцінювання стабільності ВС	Етапи випробувань (шлях тертя 500 м)				
	1	2	3	4	5
Знос, мкм	0,5	0,3	0,2	0,2	0,18
Температура, С	77	84	89	89	88

Як бачимо з наведених результатів випробувань, відносно стабільні ВС напрацьовуються на 3-му і 4-му етапах. Про це свідчить незначна різниця у зносі та об’ємній температурі змащувального середовища на цих етапах. Тому для оцінки трибологічних властивостей високоефективних мастил базову експрес-методику доцільно доповнити ще одним короткотривалим етапом, який є критерієм оцінки рівня стабільності напрацьованих ВС.

При оцінці мастил з низькими протиспрацьовувальними і антифрикційними властивостями (індустріальних, авіаційного гасу, палив) доцільно використовувати базову методику [1], яка менш трудомістка порівняно з запропонованою.

Отже, критеріями завершення формування ВС можуть слугувати стабілізація зносу й об’ємної температури [2] за інших рівних умов тертя.

Для апробації нової методики випробувань високоефективних мастил за їх основними трибологічними властивостями нами було взято проби моторних і трансмісійних мастил, що використовують при збиранні автомобілів на ВАТ „ЛУАЗ” як комплектуючі. З позицій комерційної коректності назви мастил замінено позиціями проб.

Випробування проводили в п’ять етапів. Перші чотири короткотривалі були призначені для напрацювання стабільних ВС. Останній найбільш тривалий (контрзразок пройшов 3000 м шляху) характеризував трибологічні властивості мастил разом з відповідними ВС, які досліджувалися на РЕЕМА 102 – 02 (рис. 1).

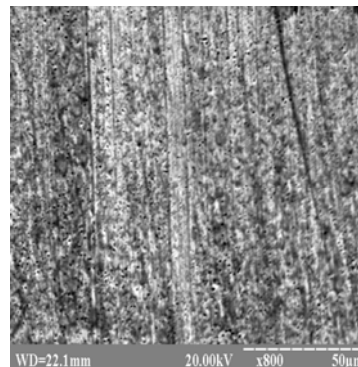


Рис. 1. Загальний вигляд квазістабільних ВС

На короткотривалих етапах величина зносу й об'ємної температури стабілізується, що свідчить про утворення квазістабільних ВС з відповідною мікрогеометрією робочих поверхонь. Тобто утворені таким чином ВС на останньому найбільш тривалому етапі випробувань більш коректно відбивають протиспрацьовувальні властивості мастил, відтворюючи умови тривалої експлуатації. Графічне відображення наведених у табл. 2 результатів (рис. 2) показує, що протиспрацьовувальні властивості трансмісійних мастил порівняно з моторними значно гірші.

Це свідчить про необхідність уведення розробленої методики на підприємствах-споживачах нафтопродуктів, що дозволить підвищити ресурс техніки при меншій вартості мастил. Тобто ця методика може слугувати запобіжним заходом від використання неякісних мастил.

Висновки

1. Запропонована п'ятиступенева методика лабораторних експрес-випробувань є більш тривалою на відміну від методики, наведеної в праці [1]. Це виправдано підвищенням рівня достовірності випробування моторних і трансмісійних мастил.

Таблиця 2

Результати випробувань мастил за їх трибологічними властивостями

Тип мастила	Проба мастила	Інтенсивність зношування I, мкм					Сумарне зношування, мкм
		у період формування ВС		у часі			
Моторне	А	0,23	0,24	0,23	0,18	1,58	2,46
	Б	0,8	0,41	0,45	0,4	2,03	4,09
Трансмісійне	В	0,47	0,375	0,2	0,27	0,43	1,745
	Г	0,67	0,51	0,16	0,17	0,98	2,49
	Д	1,5	3,72	6,35	7,75	17	36,32

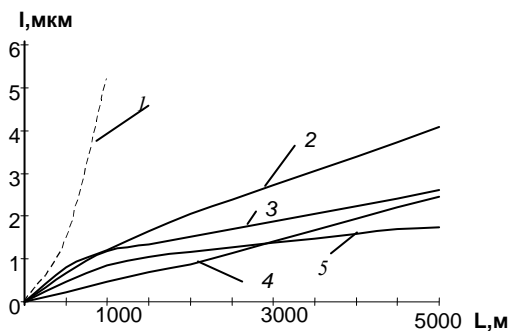


Рис. 2. Залежність величин зносу від шляху тертя проб мастил:
1 – проба Д; 2 – проба Б; 3 – проба Г; 4 – проба А;
5 – проба В

Проте інтенсивність зношування в їх середовищі значно менша. Лише проба Д за інтенсивністю зношування поводить себе подібно до моторних мастил. Це пояснюється властивостями напрацьованих ВС. Оскільки вузли тертя сучасних автомобілів експлуатуються при різних контактних швидкісних і температурних режимах та в умовах активної взаємодії мастил і агресивних середовищ [3; 4], то і напрацьовані ВС будуть мати різні властивості [5; 6]. Тому розглянута методика актуальна, перспективна та має практичну цінність. З наведених даних (табл. 2, рис. 2) видно, що проби мастил 1 – 3 імпортного виробництва, які реалізуються за високими цінами на ринку України, мають значно гірші протиспрацьовувальні властивості порівняно з аналогами вітчизняного виробництва.

2. Методика дозволяє напрацьовувати рівномірні метастабільні ВС та досліджувати їх характер за критеріями таких трибологічних параметрів, як температура та інтенсивність зношення.
3. Ця методологія може бути використана для створення стандартизованої методики дослідження і сертифікації нафтопродуктів за їх трибологічними властивостями.

Література

1. *Степелях А.У., Сидоренко А.Ю., Костюник Р.Е.* Методика ідентифікації ГСМ по противоизносным і антифрикционным свойствам с учетом реальных условий их работы // *Технол. системы.* – 2002. – №3. – С. 96–101.
2. *Матвеевский Р.М.* Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов. – М.: Наука, 1971. – 227 с.
3. *Погодаев Л.И., Кузьмин В.Н., Дудко П.П.* Повышение надежности трибосопряжений. – С.Пб.: Акад. трансп. Российской Федерации, 2001. – 304 с.
4. *Погодаев Л.И., Голубев Н.Ф., Чулкин С.Г.* Обобщенная модель процессов динамического деформирования и поверхностного разрушения (изнашивания) материалов с гетерогенной структурой // *Пробл. машиностроения и надежности машин.* – 1996. – №6. – С. 60–79.
5. *Караулов А.К., Романов А.С.* Сравнительные исследования структуры поверхности трения // *Трение и износ.* – 1980. – Т. 1, №4. – С. 610–614.
6. *Костецкий Б.И., Топеха П.К., Носовский И.Г.* Вторичные структуры на поверхностях трения и износ металлов // *Износ и износостойкость. Антифрикционные материалы.* – М.: АН СРСР, 1960. – Т. 1. – С. 152–162.

Стаття надійшла до редакції 17.04.06.