

УДК 621.891/892.004.12

С.П. Шимчук, к.т.н.; Н.П. Зайчук, к.т.н.; Ю.П. Шимчук
Луцький національний технічний університет

ПРИЛАД ТЕРТЯ ДЛЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

На основі глибокого аналізу широкого асортименту трибовипробувального обладнання в статті висвітлено принцип дії та технологічні можливості пристрою тертя для трибологічних досліджень пально-мастильних матеріалів у режимі граничного тертя ковзання з метою їх підбору для автотракторної техніки

ПРИЛАД ТЕРТЯ, ЗНОС, ТРИБОВИПРОБУВАННЯ, КОНСТРУКЦІЙНІ ТА МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНТАКТУВАННЯ.

Постановка проблеми. Сучасні машини та механізми являють собою сукупність трибосистем. Сила тертя, інтенсивність зношування трибоповерхонь, шум, вібрація – це ті фактори, які впливають на експлуатаційні показники і, як наслідок, на довговічність роботи трибовузлів. Основні експлуатаційні характеристики будь-якої трибосистеми значною мірою залежать від правильного підбору, якості та властивостей конструкційних і мастильних матеріалів, шорсткості поверхонь (зокрема об'ємної просторової конфігурації) та макрогеометричних показників. Усі підняті вище питання повинні вирішуватись на стадії проектування трибовузла необхідними конструкторськими розрахунками (які, на жаль, є недостатньо точними та повними в області трибології) та методами і засобами лабораторних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За однією з найвідоміших класифікацій Крагельського І.В. [1], усі машини і установки для трибовипробувань поділяють на два класи за кінематичною ознакою:

- машини поступального руху;
- машини зворотньо-поступального руху.

Групи, залежно від коефіцієнта взаємного перекриття ($K_{вп}$), поділяються на дві підгрупи:

- у яких $K_{вп}$ контактуючих поверхонь наближається до одиниці;
- у яких коефіцієнт взаємного перекриття наближається до нуля.

Проте більшість лабораторних та промислових приладів тертя підпадають під класифікацію Матвієвського Р.М. [2], згідно з якою

установки для дослідження триботехнічних характеристик конструкційних і мастильних матеріалів поділяють за принципом контактування поверхонь тертя модельних трибовузлів. Виділяють три групи машин за геометрією контакту:

- із точковим контактом;
- із лінійним контактом;
- із контактом поверхонь тертя по площині.

При цьому розрізняють вузли тертя з вищими і нижчими кінематичними парами. Згідно з класифікацією Рело [3], трибовузли з контактом у вигляді точки або лінії відносяться до вищих кінематичних пар, із площинним контактом – до нижчих.

На сьогодні єдиним стандартним методом трибовипробувань мастильних матеріалів є випробування на чотириохкульковій машині тертя ЧМТ–1 згідно з ГОСТ 9490, де реалізується точковий контакт при однонаправленому терті ковзання. Дослідження триботехнічних властивостей на чотирикульковій машині тертя виконуються шляхом визначення протизносних та протизадирних властивостей. Критеріями оцінки мастильних середовищ вибрані критичні навантаження, за яких відбувається схоплювання та зношування поверхонь, яке відповідає середньому арифметичному результатів шести замірів слідів зносу на трьох нерухомих кулях. Проте, цей метод має ряд суттєвих недоліків:

- модельна трибопара (кульки, які використовуються при терті) є стандартизована, що ускладнює дослідження трибохарактеристик широкого спектру конструкційних матеріалів;

- складність забезпечення постійної макрогеометрії куль впливає на стабільність початкових умов випробувань та відтворюваність результатів.

Крім стандартної ЧМТ–1 за принципом точкового контактування побудовано та успішно використовуються трибологами машини МАСТ–1, УПС та ін.

Згідно зі статистичними даними, найпоширенішим контактом, який зустрічається у вузлах тертя сучасної техніки, є лінійний. Як показано у роботі [4], при цьому виді контакту найкраще можна забезпечити стабільні початкові умови контактування та їх відтворення незалежно від серії випробувань, що свідчить про коректність проведення трибовипробувань. Представники машин цього класу: СМЦ–2, МИ–1М, 2070СМТ–1, RFL Optimol Test System і тд.

Мета дослідження. На основі аналізу широкого асортименту трибовипробувальних пристроїв та комплексів показати переваги висвітленої в статті розробки порівняно з аналогами.

Результати дослідження. Прилад тертя для трибологічних досліджень пально-мастильних матеріалів ПТЛК(ор) (прилад тертя з лінійним контактом односторонньої і реверсивної дії) побудовано за принципом лінійного контактування поверхонь модельного трибовузла (пара тертя виготовлена за схемою схемі кільце–площина). Прилад дозволяє проводити трибовипробування широкого спектру пально-мастильних матеріалів за одностороннього та реверсивного тертя ковзання. Крім цього конструктивними та технологічними можливостями приладу тертя передбачено проводити трибовипробування за контрольованих радіальних відхиленнях модельного контрзразка, оскільки радіальні відхилення, поряд із мікрогеометрією та фізико-хімічними і механічними властивостями матеріалів, суттєво впливають на параметри трибоконтakta та стабільність початкових умов випробувань на що неодноразово звертали увагу трибологи [5–7]. Загальний вигляд приладу тертя наведено на рис. 1. При виготовленні цього приладу тертя крім авторів безпосередню участь брали провідні наукові співробітники лабораторії «Нанотриботехнологій» НАУ: Стельмах О.У., Бондар В.С. та доцент кафедри машин легкої промисловості Луцького НТУ – Селезньов Е.Л.

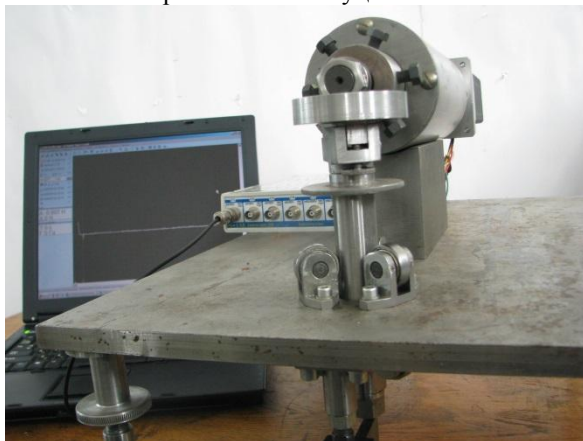


Рис. 1 – Загальний вигляд приладу тертя ПТЛК(ор)

Технічні характеристики приладу тертя ПТЛК(ор)

Швидкість обертання контр зразка, м/с0 – 1
Похибка регулювання частоти обертання, % ≤ 1
Максимальне контактне навантаження, Н 3500
Температура досліджуваного середовища, °С до + 100
Діапазон задання можливих величин радіальних відхилень, мкм 0 – 500

Управління роботою приладу здійснюється за допомогою персональної ЕОМ (ПЕОМ, рис. 2). При подачі впливу з ПЕОМ на кроковий двигун КД здійснюється його обертання в односторонньому чи реверсному режимах у заданих діапазонах швидкостей. Вузол навантаження важільного типу, оснащено ємністю для трибодосліджень пально-мастильних матеріалів. Прилад оснащено системами контролю та автоматичної підтримки частоти обертання.

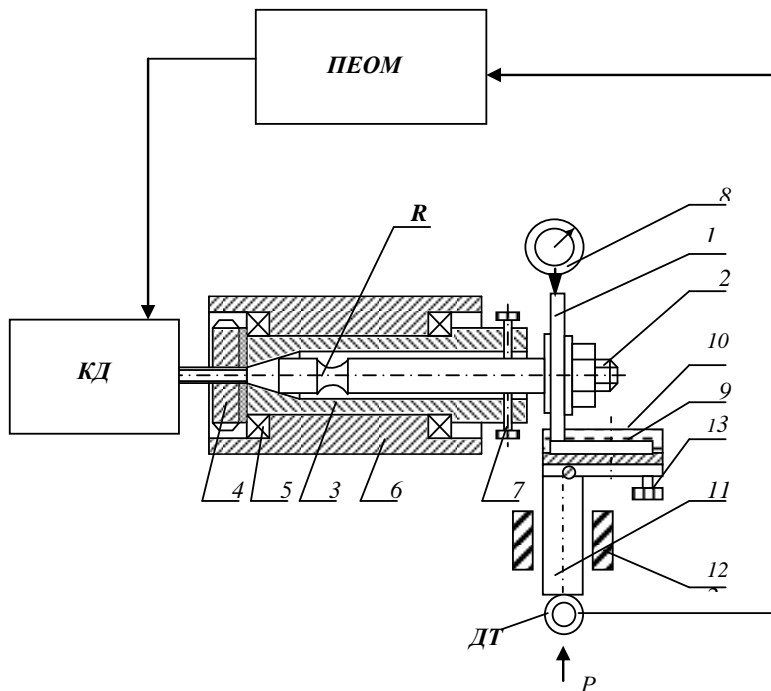


Рис. 2 – Принципова схема основних вузлів приладу тертя: 1 – контр-зразок; 2 – гнучкий вал; 3 – вал; 4 – гайка; 5 – підшипники; 6 – корпус; 7 – гвинти; 8 – індикатор годинникового типу; 9 – плоский зразок; 10 – ванночка; 11 – система навантаження; 12 – направляючі; 13 – гвинти; Р – прикладене навантаження; ПК – персональний комп'ютер; КД – кроковий двигун; ДТ – датчик тиску

Функціональними можливостями приладу ПТЛК(ор) передбачено проводити випробування широкого спектру

конструкційних і мастильних матеріалів при контрольованих величинах радіальних відхилень.

Контрзразок 1 жорстко кріпиться на посадочній поверхні гнучкого валу 2, що конусною поверхнею базується в порожнистому валу 3, який, в свою чергу, на двох конічних підшипниках 5 кріпиться в корпусі 6. Методом піджиму підшипників гайкою 4 вибирається необхідне чи мінімальне радіальне відхилення валу відносно осі обертання. Гнучкий вал виготовлено із сталі 50 ХФА, гартований на твердість 40 HRC. Це дозволяє максимально ефективно використовувати пружні властивості матеріалу. Піджимаючи гвинти 7, гнучкий вал деформується в місці виточки радіуса R і таким чином вибирається необхідне радіальне відхилення δ контрзразка 1.

Нерухомих плоский зразок 9 кріпиться у ванночці 10, яка розміщена на штоці 11. Піджимаючи шток створюється необхідне контактне навантаження. До штоку кріпиться датчик тиску ДТ, який дозволяє відслідковувати зміну контактного навантаження у вигляді осциляцій сили тертя, що можна спостерігати та зберігати з допомогою ПЕОМ.

Конструкцією штока передбачено на робочій поверхні виточки з метою запобігання провертанню його відносно направляючих 12 при терті. Відхилення штока відносно осі обертання ≤ 1 мкм. Ванночка заповнюється досліджуваним мастильним матеріалом. Гвинтами 13 вибирається перпендикулярність поверхні плоского зразка відносно осі штока та паралельність відносно утворюючої циліндр плоского зразка, забезпечуючи таким чином постійність контактних напружень.

Методика контролю амплітуди радіальних коливань полягає у контролі величин радіальних відхилень індикатором годинникового типу 8 з ціною поділки 1 мкм жорстко закріпленим у магнітному тримачі та встановленим заокругленим наконечником доведеним до високого класу чистоти на робочу поверхню контрзразка 1.

Висновки.

1. На основі літературного огляду та аналізу класифікацій машин тертя відомих трибологів показано, що при лінійному контакті найкраще забезпечуються стабільні початкові умови контактування та їх відтворення незалежно від серії випробувань, що свідчить про коректність проведення трибовипробувань на приладах тертя побудованих по цьому принципу.

2. Наведено принцип дії та технологічні можливості приладу тертя для трибодосліджень пально-мастильних матеріалів при односторонньому і реверсивному терті ковзання ПТЛК(ор), що

дозволяє проводити трибовипробування в широкому діапазоні швидкостей і навантажень.

Література

1. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
2. Матвеевский Р.М. Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов. – М.: Наука, 1971. – 227 с.
3. Детали машин / А.Т. Батулин, Г.М. Ицкович, Б.Б. Панин и др. – М.: Машиностроение, 1966. – 467 с.
4. Стельмах А.У., Сидоренко А.Ю., Костюник Р.Е. Методика идентификации ГСМ по противоизносным и антифрикционным свойствам с учетом реальных условий их работы // Технологические системы. – 2002. – №3. – С. 96–101.
5. Шимчук С.П. Вплив радіальних відхилень розмірів валу на зносостійкість трибосистеми ковзання // Наукові нотатки. – Луцьк: 2004. – С. 315–320.
6. Аксьонов О.Ф., Стельмах О.У., Шимчук С.П., Коба В.П., Джамаль Ібрагім Мансур. Методологія визначення протиспрацьовувальних властивостей мастил за критеріями трибохарактеристик утворюваних у них вторинних структур // Вісник НАУ. – 2006. – С. 62–64.
7. Шимчук С.П., Зайчук Н.П. Характеристики спрацювання зразків сталі ШХ 15 при терті з радіальними відхиленнями// Наукові нотатки. – Луцьк: 2011. – № 33 – С. 301–302.

Рецензент д.т.н., проф. О.О. Налобіна