

СТЕНД И МЕТОДИКИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ

© 2011 И. Д. Ибатуллин, А. Н. Журавлев, А. В. Утянкин, А. Р. Галлямов, Р. Р. Неяглова

Самарский государственный технический университет

Приводятся результаты разработки универсального автоматизированного трибометра с компьютерной системой сбора данных, позволяющего проводить различные виды триботехнических испытаний конструкционных и смазочных материалов и покрытий, используемых в узлах трения машин. Описаны экспрессные методики испытаний трибоматериалов.

Триботехнические испытания, трибоматериалы, трибометр, момент трения, средняя температура нагрева пары трения, система сбора данных.

Некоторые современные тенденции в области создания машин трения

Испытания на трение играют важную роль при создании высокоресурсных узлов трения, долговечность которых лимитирует срок службы механических систем, имеющих подвижные сопряжения. Поэтому создание высококачественных машин для проведения испытаний конструкционных и смазочных материалов на трение и изнашивание имеет ключевое значение при контроле качества и оптимизации технологии изготовления деталей пар трения, выборе износостойких покрытий. Актуальность подтверждается стабильно высоким числом ежегодно патентуемых устройств и способов испытаний триботехнических материалов.

В целом можно отметить ряд тенденций в области создания испытательного триботехнического оборудования.

Первая тенденция связана с увеличивающейся долей специализированных машин трения, позволяющих решать частные задачи производства. Это объясняется большим числом видов трения и изнашивания, реализуемых при эксплуатации технических систем. При этом подавляющее большинство изобретаемых машин трения предназначены для триботехнических испытаний при воспроизведении двух видов трения – качения и скольжения. В меньшей степени развивается оборудование для исследования трения в абразивных средах, вакууме и т.д. Наметившийся отход от создания универсального многоцелевого испытательного оборудования можно объяс-

нить стремлением упростить и удешевить машину трения. Однако при этом существенно снижается область применимости создаваемой техники. Универсальное оборудование позволяет использовать один привод для воссоздания различных схем испытаний. При этом существенно экономится пространство в испытательной лаборатории. Недостаток универсальных и вместе с тем недорогих трибометров особенно остро ощущается в учебных заведениях, научных организациях, заводских лабораториях. Существующие в настоящее время универсальные машины трения (УМТ-1, МИФИ-1, МИФИ-2 и др.), разработанные во второй половине прошлого столетия, морально и технически устаревают.

Вторая тенденция связана с совершенствованием измерительной системы разрабатываемых машин трения. В первую очередь это касается компьютеризации сбора экспериментальных данных. Появилась широкая номенклатура промышленных аналого-цифровых преобразователей, которые в совокупности с соответствующим программным обеспечением позволяют превратить персональный компьютер в систему сбора и хранения экспериментальных данных. Во вторую очередь можно отметить совершенствование датчиков для сбора данных. В настоящее время имеется достаточно широкий ассортимент различных промышленно выпускаемых датчиков с требуемыми показателями точности, а также усилительной аппаратуры к ним. Чаще всего при создании трибометров используют различные датчики

силы (тензометрические, оптико-механические и др.). Однако, несмотря на расширение ассортимента датчиков, можно отметить, что информативность создаваемых трибометров не только не увеличивается, но в ряде случаев даже отсутствуют важные для испытаний датчики. Так, например, зачастую отсутствуют каналы измерения температуры. Практически не используются датчики акустической эмиссии.

Третья тенденция, сохраняющаяся на протяжении последних десятилетий, заключается в том, что в них используются относительно крупные образцы, а требуемые давления обеспечиваются с использованием мощных гидроприводов. Однако форсирование нагрузочных режимов можно вполне обеспечить уменьшением площадей поверхностей трения. При этом одновременно достигаются два преимущества: уменьшаются габариты образцов (снижается материалоемкость экспериментов) и высокие давления реализуются при сравнительно небольших осевых нагрузках. Вместе с этим отпадает потребность в силовой гидроаппаратуре и мощном электроприводе (снижаются энергозатраты).

Описание универсальной машины трения (трибометра)

В лаборатории наноструктурированных покрытий Самарского государственного технического университета создана компактная универсальная машина трения (рис. 1), имеющая следующие преимущества:

1) оригинальная конструкция измерительной части трибометра позволяет использовать в качестве привода для испытаний практически любой сверлильный, сверлильно-фрезерный и токарный станок, с мощностью двигателя от 100 Вт;

2) трибометр имеет компьютеризованную систему сбора данных с каналами измерения осевых и касательных усилий, а также температуры разогрева испытываемой пары трения. Кроме того, имеются резервные каналы для сбора данных с других датчиков по усмотрению оператора;

3) трибометр создан по модульному принципу. Разработанный комплект сменных приспособлений позволяет реализовать до девятнадцати различных вариантов ис-

пытаний на трение и изнашивание, при этом возможны испытания как на образцах, так и на готовых изделиях;



Рис. 1. Общий вид трибометра

4) простота конструкции позволяет снизить стоимость трибометров (в базовой комплектации) в 2...3 раза по сравнению с аналогичными образцами;

5) используются малогабаритные образцы и контрообразцы, позволяющиекратно снизить затраты материалов на испытания;

6) имеется режим автоматического отключения стенда по достижении длительности испытаний или момента трения заданной величины;

7) обеспечивается высокая воспроизводимость получаемых результатов триботехнических испытаний, а также их адекватность результатам опытно-промышленных испытаний;

8) имеется возможность триботехнических испытаний конструкционных материалов, смазочных материалов и покрытий в различных режимах трения и изнашивания (вплоть до схватывания поверхностей).

Технические характеристики разработанного трибометра соответствуют значениям, приведенным в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики трибометра

№ п/п	Технические характеристики	Параметры
1	Виды трения	1) Качение; 2) Скольжение; 3) Сухое трение; 4) Граничное трение
2	Типы используемых образцов	1) Цилиндрические; 2) Сферические; 3) Плоские
3	Реализуемые схемы трения	1) Кольцо-кольцо; 2) Кольцо-плоскость; 3) Шарик-диск; 4) 4 шариковая схема; 5) Палец - диск
4	Число реализуемых вариантов испытаний	19
5	Привод	Токарный станок Сверлильный станок
6	Габариты	550×350×350 мм
7	Определяемые параметры	1) Рабочая нагрузка; 2) Момент трения; 3) Температура разогрева
8	Пределы измерений: - нормальной нагрузки - температуры - момента трения	до 200 кгс; до 200 °С; до 1 Н·м
9	Погрешность измерения (от предела измерения)	≤ ±5%;
10	Частота вращения	10-1250 об./ мин
11	Метод регистрации данных	Компьютеризированный
12	Вес	≤ 15 кг
13	Условия эксплуатации	Температура – от +10°С до +40°С; Влажность – не более 85%
14	Условия хранения	Температура – от -10°С до +60°С; Влажность – не более 85%

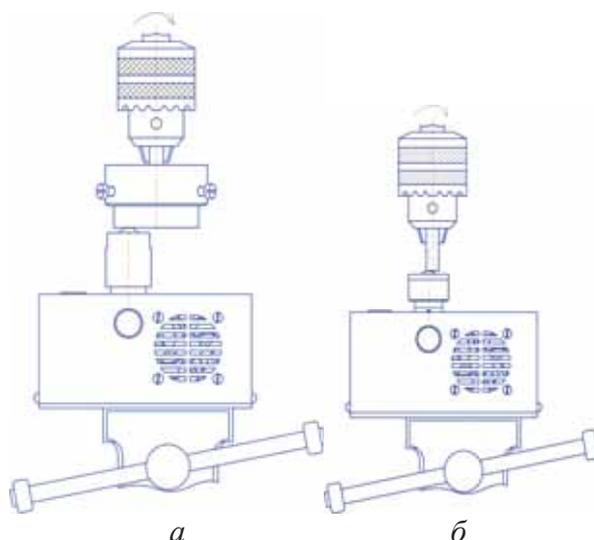
Основой трибометра является измерительный комплект, включающий моноблок, систему сбора данных и комплект оснастки, в который входят различные приспособления для фиксации образцов и контрообразцов. Моноблок имеет хвостовик, который позволяет фиксировать его как в резцедержателе токарного станка, так и в тисках сверлильного станка.

Базовый вариант измерительного комплекта показан на рис. 2.



Рис. 2. Измерительный комплект для триботехнических испытаний

Применение измерительного комплекта в различных схемах испытаний проиллюстрировано на рис. 3, а-з.



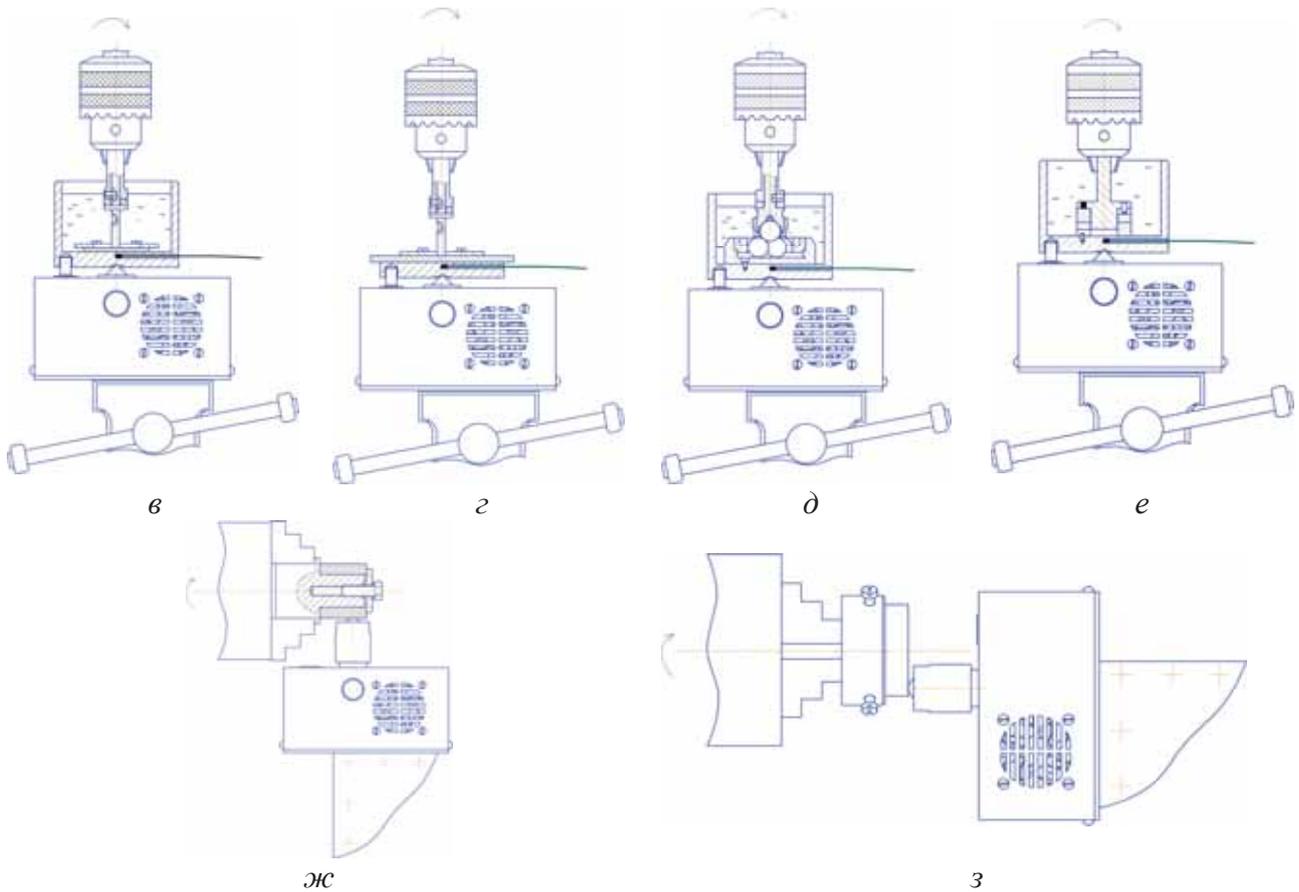


Рис. 3. Варианты триботехнических испытаний с использованием разработанного триботехнического комплекса: а, б, з – схема «Шар-диск»; в, г – схема «Кольцо-плоскость»; д – четырехшариковая схема; е – схема «Кольцо-кольцо»; жс – схема «Шар-ролик»

Методики триботехнических испытаний

Методика ускоренных испытаний по оценке противоизносных свойств смазочных материалов состоит из следующих этапов. Из штатной плавающей шайбы с нанесенным антифрикционным серебряным покрытием вырезают 6...7 образцов (каждый образец можно испытывать с двух сторон), не допуская перегрева и повреждения покрытия. Образец фиксируют прижимным кольцом на дне чашки (см. рис. 1). Затем наносят на поверхность покрытия пробу испытываемого смазочного материала (3...5 грамм) и размещают чашку на игольчатую опору датчика нормальной нагрузки, введя в боковой паз чашки пластину датчика момента трения. В зазор между прижимным кольцом и образцом вводят спай хромель-алюмелевой термопары. Запускают на компьютере программу POWERGRAPH и опустив на поверхность образца шпиндель с контрообразцом, включают стенд. Длительность испытаний составляет 1 час при постоянной нагрузке, создающей контактное давление 30 МПа (рабочее давление в

опоре долота). В процессе испытаний с помощью системы сбора данных E14-440 производится автоматизированный сбор и мониторинг информации с датчиков нормальной нагрузки, момента трения и температуры саморазогрева испытываемого узла трения. После извлечения испытанного образца из чашки производят оценку линейного износа с помощью профилографа-профилометра «Абрис-ПМ7». По результатам каждого испытания строятся графики (рис. 4) и формируется протокол.

Методика ускоренных испытаний по оценке несущей способности граничных слоев смазочных материалов состоит из следующих этапов. Несущая способность определяется по величине критической нагрузки. В данной методике испытаний через каждые 10 мин. наработки осуществляется ступенчатое повышение нагрузки с шагом 20 кгс. Достижение критической нагрузки характеризуется потерей стабильности момента трения, а нагрузки схватывания – резким скачком момента трения (рис. 5).

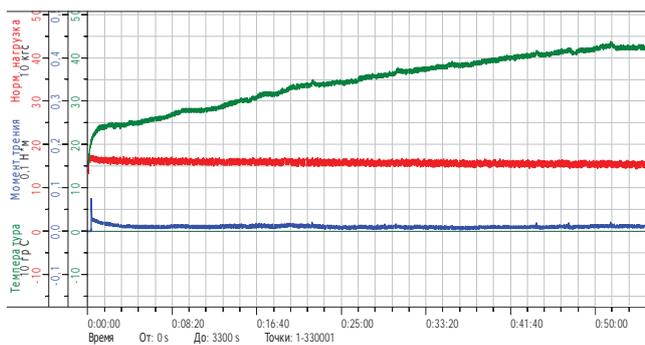


Рис. 4. Эюра режимов триботехнических испытаний серебряного покрытия

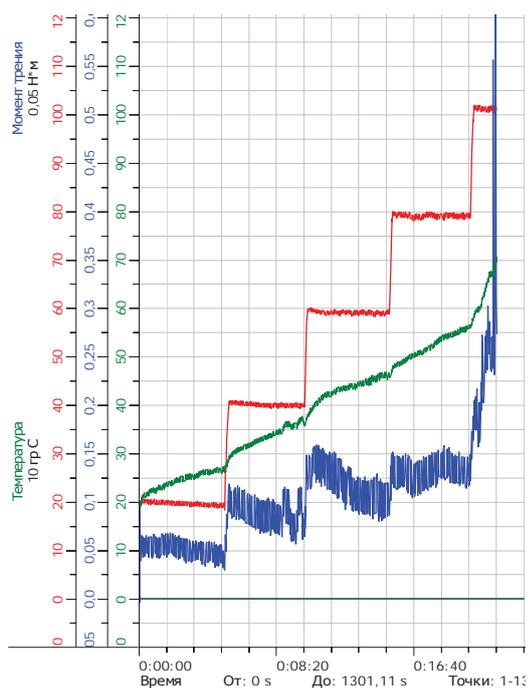


Рис. 5. Оценка несущей способности пластичной смазки JBL при трении о серебряное покрытие

Методика триботехнических испытаний твердых материалов и покрытий на стойкость к абразивному изнашиванию производится при следующих режимах: схема испытаний – «кольцо-плоскость»; среда – алмазная абразивная паста марки АСМ 3/2 НОМГ (ГОСТ 25593-83); давление – 25 МПа; контролбразец – сталь 40Х (HRC 45); частота вращения – от 600 мин⁻¹; приведенный диаметр поверхности трения – 5,5 мм; ширина дорожки трения – 1 мм; длительность испытаний – 10 мин. После испытаний производят оценку линейного износа с точностью до 1 мкм и рассчитывают скорость абразивного изнашивания в размерности [мкм/ч].

Заклучение

1. Разработан новый диагностический программно-аппаратурный комплекс для контроля качества поверхностных слоев и прогнозирования остаточного ресурса конструкционных металлов и сплавов по энергетическим критериям прочности.

2. Разработан универсальный трибометрический комплекс, позволяющий проводить испытания конструкционных и смазочных материалов на трение и изнашивание. При этом в качестве привода могут использоваться стандартные сверлильные и токарные станки.

В статье изложены разработки, выполненные при поддержке НО «Инновационно-инвестиционный фонд Самарской области».

THE MACHINE AND METHODS OF TRIBOTECHNICAL TESTS OF MATERIALS

© 2011 I. D. Ibatullin, A. N. Zhuravlev, A. V. Utjankin, A. R. Galljamov, R. R. Nejaglova

Samara State Technical University

In article results of working out universal automated tribometer with computer system of the data gathering are resulted, allowing to spend various kinds tribotechnical tests constructional and lubricants and the coverings used in knots of a friction of cars. Express techniques of tests tribomaterials are described.

Tribotekhnicheskyy tests, tribomaterials, machine of friction, the friction moment, average temperature of heating of pair a friction, data gathering system.

Информация об авторах

Ибатуллин Ильдар Дугласович, кандидат технических наук, доцент Самарского государственного технического университета. E-mail: tribo@rambler.ru. Область научных интересов: трибология, методы и приборы контроля качества поверхностей, гальванические и детонационные покрытия, механика разрушения твердых тел.

Журавлев Андрей Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Самарского государственного технического университета. E-mail: zan.samgtu@mail.ru. Область научных интересов: твердые материалы и покрытия, технология сборочного производства, механика разрушения твердых тел.

Утянкин Арсений Владимирович, аспирант Самарского государственного технического университета. E-mail: arsenii_86@mail.ru. Область научных интересов: компьютерное моделирование, методы и приборы контроля качества поверхностей.

Галлямов Альберт Рафисович, аспирант Самарского государственного технического университета. E-mail: albert-mechtatel@mail.ru. Область научных интересов: наноструктурированные покрытия, серебряно-алмазные покрытия.

Неяглова Роза Рустямовна, аспирант Самарского государственного технического университета. E-mail: tribo@rambler.ru. Область научных интересов: электрохимические покрытия.

Ibatullin Ildar Douglasovich, Candidate of Technical Science, senior lecturer of Samara State Technical University. E-mail: tribo@rambler.ru. Area of research: tribology, methods and devices of quality assurance of surfaces, galvanic and detonation coverings, mechanics of destruction of firm bodies.

Zhuravlev Andrey Nikolayevich, Candidate of Technical Science, senior scientific employee of Samara State Technical University. E-mail: zan.samgtu@mail.ru. Area of research: firm materials and coverings, technology of assembly manufacture, the mechanic of destruction of firm bodies.

Utjankin Arseniy Vladimirovich, postgraduate student of Samara State Technical University. E-mail: arsenii_86@mail.ru. Area of research: computer modelling, methods and devices of quality assurance of surfaces.

Galljamov Albert Rafisovich, postgraduate student of Samara State Technical University. E-mail: albert-mechtatel@mail.ru. Area of research: nanostructured coverings, silver-diamond coverings.

Neyaglova Roza Rustyamovna, postgraduate student of Samara State Technical University. E-mail: tribo@rambler.ru. Area of research: electrochemical coverings.