

МАШИНА ТРЕНИЯ ТС-2 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Рачишкин А.А., Груздков Д.А.

Тверской государственный технический университет, Тверь

Ключевые слова: твёрдосмазочные покрытия, методы испытаний, испытательное оборудование, триботестер ТС-2.

Аннотация. В работе рассматривается проведение лабораторных триботехнических испытаний. Представлен ряд регламентирующих методических материалов описывающих проведение лабораторных испытаний. Описывается испытательное оборудование, производимое различными фирмами, анализируются их базовые характеристики и рассматривается возможность проведения лабораторных триботехнических испытаний, разработанных под стандарты ASTM (American Society for Testing and Materials). Представлена разработка отечественного аналога машины трения ТС-2. Она позволяет эффективно проводить лабораторные триботехнические испытания конструкционных материалов, смазок и функциональных покрытий на трение и износ по шести стандартам ASTM и трём методическим рекомендациям.

LABORATORY TRIBOTECHNICAL TESTS PERFORMED USING FRICTION MACHINE TS-2

Rachishkin A.A., Gruzdkov D.A.,

Tver State Technical University, Tver

Keywords: solid lubricating coatings, test methods, test equipment, tribotester TS-2.

Abstract. The article describes a number of regulatory methodological materials for laboratory tests, test equipment manufactured by various companies, analysis of its basic characteristics. In the article, it was examined if its possible to perform laboratory tribotechnical tests by ASTM (American Society for Testing and Materials) standards. Development of an analog of TS-2 friction machine is presented. It allows to run effectively laboratory tribological tests of structural materials, lubricants, and functional coatings for friction and wear according to six ASTM standards and three methodological recommendations.

Введение. Исследование фрикционных характеристик материалов, твёрдосмазочных и функциональных покрытий обычно проходит на этапе лабораторных испытаний. Задачей лабораторных испытаний ТСП (твёрдосмазочных покрытий) является получение данных по исследуемым образцам, которые можно проанализировать, сопоставить эффективность применения различных ТСП при идентичных режимах работы и разработать рекомендации по параметрам эксплуатации испытываемых образцов. Такие испытания отличаются от натурных или эксплуатационных тонкой настройкой и контролем условий их проведения. Основными результатами, получаемыми по итогам лабораторных испытаний, являются данные по износу, коэффициенту трения, общему ресурсу узла трибосопряжения и сопоставление зависимостей по материалам и размерам образцов, их формы и морфологии поверхности, режимов проведения испытаний и характеристик внешней среды. Существует ряд регламентирующих методических материалов описывающих проведение

лабораторных испытаний [1, 2] и разрабатывается и совершенствуется испытательное оборудование, что показывает актуальность их проведения.

Испытательное оборудование. Триботестеры производства Falex Corporation разработаны под стандарты проведения испытаний ASTM (American Society for Testing and Materials) используются большинством крупнейших производителей ТСП для проведения лабораторных испытаний. Работа [3] предлагает разделение трибосопряжений с ТСП по специфики их использования на малоресурсные и высокоресурсные. Для проведения испытаний первого типа основным параметром эксплуатации является критическая нагрузка, по достижению которой начинается разрушение покрытия. Для таких ситуаций наиболее подходящим оборудованием для оценки эффективности ТСП является машина трения Falex Pin and Vee Block Test Machine. Основным параметром трибосопряжений второго типа является их ресурс. Для них оптимально использовать испытательную машину LFW-1 (Falex Block-on-Ring Test Machine) с методикой испытаний описанной производителями. LFW-1 так же используется для проведения испытаний жидких и пластинчатых смазок, твёрдых покрытий и смазочно-охлаждающих жидкостей в условиях трения скольжения по шести стандартам ASTM и двум методическим рекомендациям. Реализуемые схемы трения: блок – кольцо, цилиндр- кольцо, колодка – кольцо, сфера – кольцо. Нормальная нагрузка до 590 кгс, температура испытаний в диапазоне от температуры окружающей среды до 250⁰С. При проведении испытаний движения могут быть в одном из трёх режимов: однонаправленным, реверсивным и возвратно-вращательным (от 5⁰ до 750⁰). Частота вращения задаётся в пределах от 60 до 3600 об/мин. Испытательными средами являются жидкости, жидкие взвеси, сухой атмосферный воздух, а также влажная атмосфера и режим герметичной камеры, реализующий лёгкий вакуум или избыточное давление. Управление проведением испытаний осуществляется с помощью программного обеспечения, предоставляемого поставщиком.

Аналогом данного оборудования является Block-on-Ring Tribometer производства Rtec instruments. Оно предоставляет подобный функционал, однако имеет более широкие метрологические возможности. Машины трения других производителей Nanovea Inc, Neoplus Inc, Bruker так же реализуют подобную схему трения блок – кольцо и могут быть адаптированы под ряд методик ASTM [4]. Высокая стоимость рассматриваемых машин трения и отсутствие отечественных аналогов является преградой при проведении сравнительных лабораторных испытаний узлов трибосопряжений.

Триботестер ТС-2. Данная установка имеет существенные отличия при проектировании от LFW-1 [5] (рис. 1), однако она реализует стандарты проведения испытаний [4, 6]. В ТС-2 применяется кольцевой образец. Параметры микрогеометрии образца, его размеры, материал и механические свойства определены стандартом [4]. Он закрепляется на шпинделе с прецизионными подшипниками качения, и приводится во вращение с помощью шагового двигателя. Управление осуществляет через специально разработанное программное средство и имеет дублированный пульт для ручного режима испытаний.

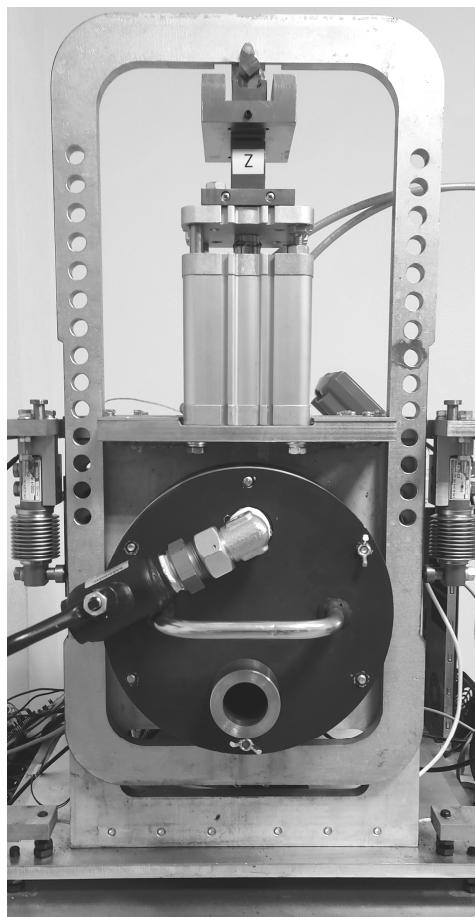


Рис. 1. Общий машины трения ТС-2

Привод обеспечивает режимы однонаправленного, реверсивного и возвратно-вращательного движения кольцевого образца с регулированием скорости от 50 до 2500 об/мин. Контробразцом является блок с характеристиками, определёнными стандартом ASTM.

Пневмоцилиндр мод. 32R с параллельными цилиндрическими направляющими обеспечивает диапазон нормальной нагрузки на образцы от 50 до 5000 Н. Поддержка давления и регулировка обеспечивается прецизионным электрическим регулятором давления серии PRE, выпускаемого Camozzi Spa. Тензодатчик С2Н с наибольшим пределом измерения 5000 Н и классом точности С3 обеспечивает измерение нормальной нагрузки. Тензодатчики Т2 с наибольшим пределом измерения 1000 Н, имеющие также класс точности С3 (производитель ТЕНЗО-М) осуществляют измерение сил трения. Область контакта образцов закрыта в ванночку для испытательных сред. Это позволяет использовать масла, смазки и агрессивные растворы в качестве среды проведения испытаний. Так же с помощью теплообменника триботестера можно регулировать температуру проведения испытаний до 200⁰С. Для контроля температуры используется платиновая термopapa с сопротивлением ТПТ-1.

Заключение. Разработанная машина трения ТС-2 позволяет эффективно проводить лабораторные триботехнические испытания конструкционных материалов, смазок и функциональных покрытий на трение и износ по шести стандартам ASTM и трём методическим рекомендациям. Использование созданного оборудования позволяет проводить сравнительные испытания на

стадии разработки новых триботехнических материалов и покрытий и обеспечивает технологический контроль их качества стадии промышленного производства.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-326.2021.4.

Список литературы

1. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / В.С. Комбалов; Под ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. – М.: Машиностроение, 2008. – 384 с.
2. Методы испытаний на трение и износ: справочное издание / Л.И. Куксенкова, В.П. Лаптева, А.Г. Колмаков, Л.М. Рыбакова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 152 с.
3. Сутягин О.В. Моделирование триботехнических систем с твёрдосмазочными покрытиями в машиностроении. – Тверь.: Тверской Государственный Технический Университет, 2016. – 196 с.
4. ASTM-D2714. Calibration and Operation of the Falex Block-on-Ring Friction and Wear Testing Machine.
5. Сутягин О.В., Тихомиров В.А., Рачишкин А.А. Лабораторные триботехнические испытания твёрдосмазочных покрытий // Трибология-машиностроению: XIII Международная научно-техническая конференция. Сборник трудов. – М., 2020. – С. 290-295.
6. ASTM-D2981. Wear Life of Solid Film Lubricants in Oscillation Motion.

Сведения об авторе:

Рачишкин Андрей Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов»;

Груздков Денис Александрович – студент.