

import-substituting water-soluble quenching liquid "Rosoil-51" for the heat treatment of metals.

The results of comparative laboratory tests of the cooling ability of the quenching liquid "Rosoil-51" and an imported analogue are presented. The cooling characteristics of quenching media were determined using a domestically produced UZS-2 installation, which allows testing in accordance with the requirements of international standards ISO 9950, ASTM D6200 - 01 and ASTM D6482 - 06. The results of pilot tests and the introduction of water-polymer quenching liquid "Rosoil-51" are described. » in the conditions of PJSC Chelyabinsk Metallurgical Plant in the production of long railway rails.

Keywords: heat treatment; hardening; quenching media; cooling capacity; water-polymer quenching liquids; rails.

УДК 629.5.018.2

doi: 10.18720/SPBPU/2/id24-228

К.А. Абрамов, Д.Г. Тюленев, А.Н. Абрамов, С.М. Пилюгин, Т.И. Гильманов
Хозрасчётный творческий центр уфимского авиационного института,
г. Уфа, Россия, Abramov@rosoil.ru

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ТРЕНИЕ И ИЗНОС

Аннотация

Представлена усовершенствованная защищенная патентом РФ конструкция установки (далее трибометр) для определения противозадирных, антифрикционных и противоизносных свойств металлических и смазочных материалов. В трибометре радиальная сила на узел трения («ролик – кольцо» или «брусочек – кольцо») создается механизмом плавного нагружения, а оценку противозадирных смазочных материалов определяют в момент схватывания трущихся образцов, в результате которой происходит остановка вала электродвигателя. В результате модернизации машины стало возможным измерять силу трения, нормальную нагрузку и рассчитывать коэффициент трения. Приведены результаты сравнительных испытаний на модернизированной машине трения и четырехшариковой машине трения смазочно-охлаждающих жидкостей.

Ключевые слова: машина трения, трибометр, противозадирные свойства, антифрикционные свойства, силоизмерительный датчик, механизм плавного нагружения, нагрузка схватывания, коэффициент трения.

Введение

Существуют множество трибометров для исследования процесса трения в различных схемах испытаний [1-7]. В настоящее время наметился отход от создания многоцелевого габаритного испытательного оборудования триботехнического назначения, который можно объяснить стремлением исследователей упростить и удешевить машины трения и использовать один привод для воссоздания различных схем испытаний. При этом существенно экономится пространство в испытательной лаборатории. Значительно уменьшились габариты современных измерительных систем, с помощью которых можно регистрировать и компьютеризировать сбор экспериментальных данных. В тоже время на протяжении многих последних десятилетий, в машинах трения используются относительно крупные образцы, а

требуемые давления обеспечиваются с использованием мощных гидроприводов. Однако создание нагрузочных режимов можно обеспечить уменьшением площадей поверхностей трения. При этом одновременно достигаются два преимущества: уменьшаются габариты образцов (снижается материалоемкость экспериментов), а высокие давления реализуются при сравнительно небольших осевых нагрузках. Кроме этого, отпадает потребность в мощном электроприводе [8-11].

В бурном развитии современных технологий и материалов все стандартные решения быстро устаревают. Крупные и энергоемкие напольные машины трения постепенно вытесняются более миниатюрными настольными.

Результаты исследований и их обсуждение

Известны трибометры для испытаний противоизносных свойств смазочных материалов по методу Райхерта. Внешний вид трибометра для испытаний противоизносных свойств смазочных материалов по методу Райхерта показан на рисунке 1 [12].

Существует много модификаций таких трибометров, где нагрузка на узел трения создается за счет грузов или вручную. В состав машин трения с ручным нагружением входит образец «кольцо» вал, который вращается при проведении тестирования. Под ним установлена ёмкость, в которую заливают определенное количество испытуемого смазочного материала. Над этим валом находится другой, образец в виде ролика, прикрепленный рычагу. При помощи рычага можно регулировать радиальную силу, оказывающее действие на узел трения. Показатели отражаются на шкале. В состав прибора также входит встроенный амперметр, отражающий нагрузку на двигатель. Суть проверки смазочного материала заключается в том, чтобы при надавливании на рычаг определить нагрузку, при которой произойдет скрип или остановка электродвигателя. При этом на некоторых машинах фиксируют показание амперметра. Чем больше будет нагрузка, при которой произойдет скрип, остановка электродвигателя или показание амперметра, тем выше смазывающие свойства смазочного материала.



Рисунок 1- Внешний вид трибометра для испытаний противоизносных свойств смазочных материалов по методу Райхерта.

Недостаток таких трибометров состоит в низкой точности и малой достоверности (повторяемости и воспроизводимости) получаемых результатов экспериментальной оценки противоизносных и противозадирных свойств испытываемых материалов, так как при использовании гирь и ручном нагружении возникают биение и вибрации при трении испытываемых образцов, вносящие существенный разброс в результаты испытаний.

Кроме этого, на таких установках, как правило, отсутствуют системы измерения силы трения и нагрузки на узел трения.

На машине Тимкена (фирма «Баронд» США, Timken Extreme Pressure Test, ASTM D 2782.) определяются противозадирные свойства смазочных материалов при предельной нагрузке, т.е. нагрузку задира, которая выражается в ньютонах. Кроме этого машина трения Тимкена позволяет оценивать и антифрикционные свойства смазочных материалов [13].

Авторами данной статьи проведена модернизация трибометра, показанного на рисунке 1, которая заключается в создании системы плавного нагружения узла трения и установки измерительных систем для измерения величин сил трения между трущимися образцами и нормальной нагрузке на узел трения. Измерительные системы позволяют в реальном времени наблюдать и снимать графики «нагрузка-время», «сила трения – время», «температура – время» [14,15].

Внешний вид модернизированной машины трения для определения противозадирных, антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов показана на рисунке 2, а схема испытаний на рисунке 3.

Плавное нагружение узла трения происходит до момента схватывания образца ролика или бруска с образцом кольцом, что приводит к остановке вала электродвигателя.

Силоизмерительный датчик измеряет силу трения $F_{тр.}$, которая характеризует антифрикционные свойства испытываемых материалов.

Радиальная (нормальная) сила на узел трения N в момент заклинивания (схватывания образцов) и остановки электродвигателя характеризует противозадирные свойства испытываемых материалов.

Определив силу трения и нормальную нагрузку в узле трения, можно определить коэффициент трения.

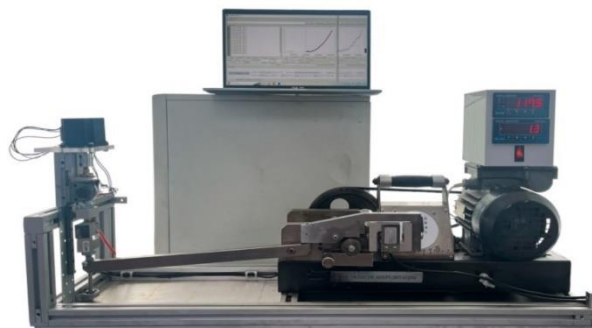


Рисунок 2 - Внешний вид усовершенствованного трибометра

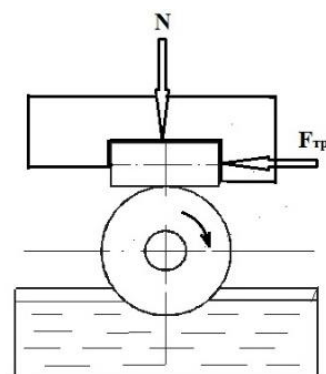


Рисунок 3 - Схема трения и сил действующих на узел трения.

Силу трения, действующую в узле трения можно определить по формуле:

$$F_{тр} = f N \quad (1)$$

где $F_{тр}$ – сила трения, регистрируемая силоизмерительным датчиком, f – коэффициент трения, N –радиальная сила, действующая со стороны образца ролик или брусок на образец кольцо, которую регистрирует силоизмерительный датчик.

Коэффициент трения определяется по формуле:

$$f = \frac{F_{тр}}{N} \quad (2)$$

Для определения противозадирных, антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов с использованием трибометра применялись масло индустриальное И-20А без присадок по ГОСТ20799-88, смазки технологические Росойл-ШОК (ТУ 0258-001-06377289-94) и Росойл-167 (ТУ 0258-003-06377289-95), отличающиеся содержанием противозадирных, антифрикционных и противоизносных

присадок.

В таблице 1 приведены результаты испытаний смазочных материалов, полученных с помощью разработанной установки. Значения показателей приведены в момент останковки двигателя (момент схватывания).

Таблица 1 - Результаты испытаний противозадирных, антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов

Смазочный материал	Нагрузка схватывания (при останковке вращения вала с кольцом), N, кг	Сила трения при нагрузке схватывания, F _{тр} , кг	Коэффициент трения $f = \frac{F_{тр}}{N}$	Площадь пятна износа на образце ролик, мм ²
И-20А	118	3,6	0,034	15,2
Росойл-ШОК	425	6,1	0,014	1,43
Росойл-167	1269	5,5	0,006	1,28

Результаты испытаний на трибометре показывают существенное отличие в противозадирных, антифрикционных и противоизносных свойствах смазочных материалов в зависимости от наличия и содержания в последних противозадирных, антифрикционных и противоизносных присадок.

Для сравнения результатов испытаний на трибометре и на четырехшариковой машине трения (ЧШМ) по нагрузке схватывания были проведены испытания нескольких смазочных материалов, которые отличаются содержанием противозадирных присадок.

Результаты сравнительных испытаний показаны на рисунке 4.

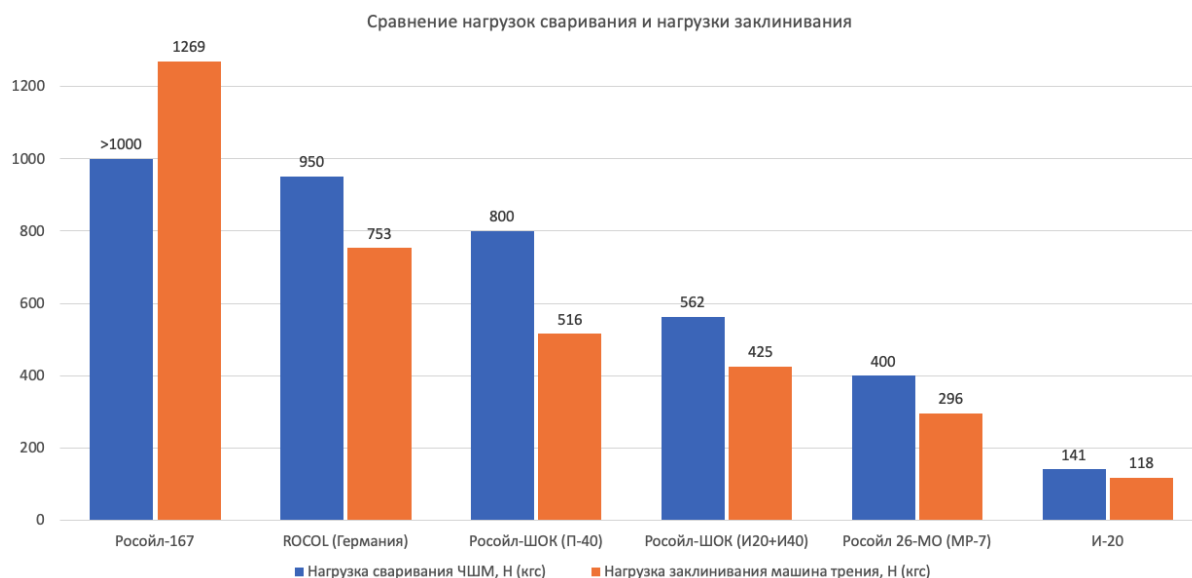


Рисунок 4– Сравнение нагрузок сваривания ЧШМ и нагрузок схватывания на машине трения.

По результатам сравнительных испытаний видно, что значения нагрузок заклинивания на трибометре меньше, чем нагрузки сваривания в кгс на ЧШМ.

Однако, ранжирование смазочных материалов по величине нагрузки схватывания на машине трения аналогично результатам, полученным на четырехшариковой машине трения. Для смазочного материала Росойл-167 не удастся определить нагрузку сваривания на ЧШМ, из-за ограничений машины в

1000 кгс, на машине трения нагрузка заклинивания составляет 1269 кгс.

Заключение

1. Проведена модернизация трибометра Райхерта, позволяющая проводить испытания конструкционных, инструментальных и смазочных материалов на трение и изнашивание как по методу Райхерта, так и по методу Тимкена.

2. Установлено, что в результате оснащения трибометра системой плавного нагружения и силоизмерительными датчиками стало возможным определять противозадирные и антифрикционные свойства смазочных и конструкционных материалов, а также оценивать величину коэффициента трения.

3. Сравнительные испытания по нагрузке схватывания на новом трибометре достаточно хорошо коррелируют с нагрузкой сваривания определяемой по ГОСТ 9490 на четырехшариковой машине трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичинадзе А.В. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. Под ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 1990. -412 с.

2. Современная трибология. Итоги и перспективы / Отв. редактор К.В.Фролов. - М.: Изд-во ЛКИ, 2008. - 480 с.

3. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник /под ред. К.В.Фролова, Е.А.Марченко. – М.:Машиностроение, 2008. – 384 с.

4. Абрамов А.Н., Тюленев Д.Г., Шолом В.Ю., Пузырьков Д.Ф. Комплекс методов испытаний смазочных материалов применяемых в процессах металлообработки. XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов в 4 томах. Т.4: Материалы симпозиумов. Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. - С.425-427.

5. ГОСТ Р 51860–2002. Обеспечение износостойкости изделий. Оценка противоизносных свойств смазочных материалов методом «шар-цилиндр». Москва, Госстандарт,2002. -10 с.

6. Михайлов А.В., Королев И.А., Красный В.А. Теория трения и изнашивания: Учебно-методический комплекс. – СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. – 166 с.

7. Солодовникова, Д. Н. Трибологические характеристики смазочных материалов с присадкой фосфоровольфрамата натрия / Д.Н. Солодовникова [Д.Н. Шишияну], Ю. Ф. Мигаль // Транспорт-2014: труды Международной научно-практической конференции. Ч. 3. Технические и естественные и науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2014. – С. 252–254. – ISBN 978-5-88814-362-9.

8. Шаповалов, В. В. Актуальные задачи современной триботехники и пути их решения / В.В.Шаповалов, А.Г. Сладковски, А.Ч. Эркенов Известия высших учебных заведений. Машиностроение. -2015. -№. 1(658). -С. 64-75.

9. Ибатуллин И. Д. Стенд и методики триботехнических испытаний материалов / И. Д. Ибатуллин, А.Н.Журавлев, А.В.Утянкин, А.Р. Галлямов, Р.Р. Неяглов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва. -2011 -№ 3-1(27). -С.218-223.

10. Харченко. М. В. Универсальный испытательный комплекс по определению триботехнических характеристик смазочных материалов на базе серийной машины трения СМЦ-2 / М.В. Харченко, Р.Р. Дема, С.П.Нефедьев и др. // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. -2017. -№ 10. -С. 60–68.

11. Федоров, С. В. Структурно-энергетическая интерпретация трибосистемы./ С.В. Федоров // Трение и износ. -2021. –Т. 42. №2. С.186-195.

12. Испытания по методу Райхерта: сайт компании "Моденжи" г. Брянск: 2023. <https://modengy.ru/about/>.
13. ASTM D 2782–20. Standard test method for measurement of extreme-pressure properties of lubricating fluidst (Timken method), doi: <https://doi.org/10.1520/D2782-20>.
14. Абрамов, А.Н. Модернизированная машина трения / А.Н. Абрамов, В.Ю. Шолом, Д.Г. Тюленев, К.А. Абрамов, С.М. Пилюгин // Транспортное машиностроение. -2023. -№ 12. -С. 10-19.
15. Патент 2808556 Российская Федерация, МКП: G01N 19/02. Устройство для определения противозадирных и антифрикционных свойств смазочных материалов. / В.Ю. Шолом, А.Н. Абрамов, А.В. Шолом, К.А. Абрамов и др.; заявитель и патентообладатель ООО «ХТЦ УАИ». Заявлено 19.04.2023. Опубл. 29.11.2023. Бюл. № 34.

Abramov K.A., Tyulenev D.G., Abramov A.N., Pilyugin S.M., Gilmanov T.I.
Self-supporting creative center of the Ufa Aviation institute,
Ufa, Russia, Abramov@rosoil.ru

FRICITION AND WEAR TEST RIG

Abstract

An improved design of a friction machine protected by a patent of the Russian Federation for determining the anti-scuffing, anti-friction and anti-wear properties of structural and lubricating materials is presented. In a friction machine, the radial force on the friction unit (roller-ring or bar-ring) is generated by a smooth loading mechanism, and the evaluation of extreme pressure lubricants is determined at the moment of setting of the rubbing specimens, as a result of which the shaft of the electric motor stops. As a result of the modernization of the machine, it is now possible to measure the friction force, the normal load and calculate the coefficient of friction. The results of comparative tests on an upgraded friction machine and a four-ball friction machine for cutting fluids are presented.

Keywords: friction machine; anti-scuffing properties; anti-friction properties; force measuring sensor; smooth loading mechanism; setting load; friction coefficient.

УДК 621.3

doi: 10.18720/SPBPU/2/id24-229

Л. В. Ефремов
Институт проблем машиноведения РАН,
195221, Санкт-Петербург, Россия, levlefr@mail.ru

ИЗМЕРЕНИЕ НЕРОВНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Аннотация

В докладе показаны методы измерений неровностей, возникающих на поверхности деталей как при их изготовлении (например, шероховатости), так и при испытаниях и эксплуатации (например, контактно-усталостные, коррозионные, кавитационные, ударные и другие естественные повреждения). Эту проблему предложено решать на мониторе обычного цифрового микроскопа, оснащенного источником светового луча, совпадающего с оптической осью прибора. Разработаны