

Определение трения разнородных пар трибосопряжения

Юров В.М., Гученко С.А.

Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, Казахстан, Караганда

Аннотация. В работе проведен анализ двух типов трибометра. Показано, что коэффициенты трения разнородных пар наиболее распространенных материалов меньше, чем для однородных пар. Иначе говоря, для надежных пар трибосопряжения нужны разнородные материалы, которые надежнее испытывать на нашем трибометре.

Ключевые слова: трибометр, трибосопряжение, коэффициентов трения, трибология, покрытия.

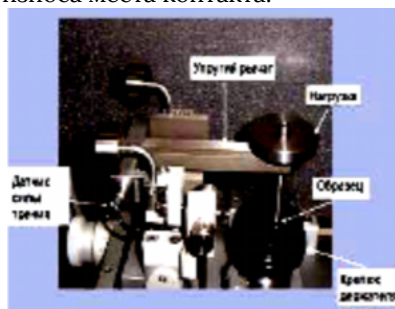
Abstract. The paper analyzes two types of tribometer. It is shown that the friction coefficients of heterogeneous pairs of the most common materials are less than for homogeneous pairs. In other words, for reliable pairs of tribological conjugation we need heterogeneous materials that are more reliable to test on our tribometer.

Keywords: tribometer, tribo-conjugation, friction coefficients, tribology, coatings.

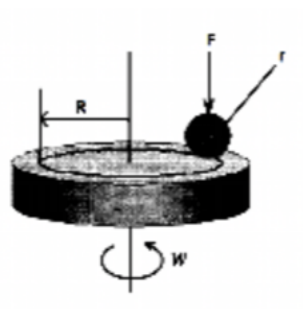
DOI: 10.5281/zenodo.3727609

Основной причиной, приводящей к износу деталей механизмов и машин, является трение. Само это явление настолько многообразно, что требует привлечения большого числа смежных дисциплин. Тем не менее, многие аспекты этого явления являются предметом интенсивных исследований и в настоящее время [1]. Здесь мы рассмотрим конструктивную особенность приборного обеспечения измерений коэффициентов трения.

Начнем с прибора, получившего самое большое распространение и описанного в работе [2] – Tribometer CSM Instruments. Этот трибометр (рис. 1) имеет характерную особенность, заключающуюся в том, что при достижении заранее установленной пороговой величины коэффициента трения либо при определенном количестве циклов, происходит автоматическая приостановка эксперимента. Трибометр оснащен датчиком измерения глубины для отображения информации о глубине в реальном масштабе времени, что очень важно для изучения параметров износа материалов в зависимости от времени. Глубину проникновения штифта или шарика в образец отслеживают в постоянном режиме при проведении испытаний с помощью трибометра. Вертикальное перемещение рычага прибора при проведении испытаний непосредственно связано с глубиной износа места контакта.



а)



б)

Рисунок 1. Автоматизированная машина трения Tribometer CSM Instruments: а) устройство, б) стандартная схема испытания «шарик-диск», R – радиус кривизны износа; r – радиус [2].

Однако трибометр не может испытывать одновременно различные по составу детали. Здесь мы опишем прибор, много лет использованный нами в нашей лаборатории [3].

Информационно-измерительная система для трибологических исследований состоит из двух основных компонентов: экспериментальной установки и программного обеспечения верхнего информационного уровня. Экспериментальная установка для определения коэффициентов трения построена по принципу модульности. Общая схема установки для определения коэффициентов трения представлена на рисунке 2.

Блок-схема устройства для определения коэффициентов трения изображена на рисунке 3.

Как видно из блок-схемы, устройство для определения коэффициентов трения состоит из следу-

ющих основных модулей: блока питания, датчика усилия и аналого-цифрового преобразователя, двигателя и схемы управления им, датчика тока двигателя, датчика угловой скорости, основного контроллера и интерфейса связи с программным обеспечением верхнего информационного уровня. Основной принцип работы установки для определения коэффициентов трения покоя и скольжения заключается в измерении силы трения покоя и скольжения небольшого исследуемого образца материала, при перемещении его по поверхности подложки из другого материала с известным коэффициентом трения. Полученные мгновенные значения силы трения передаются программному обеспечению верхнего информационного уровня для их обработки.

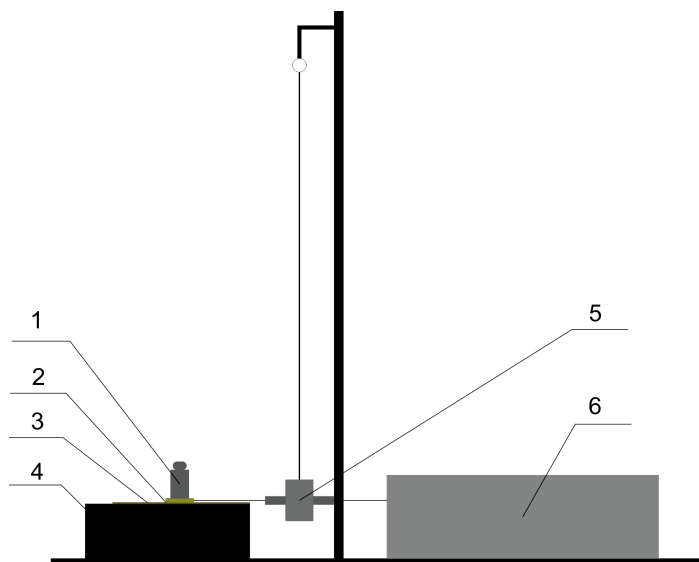


Рисунок 2. Общая схема установки для определения коэффициентов трения.
1 – известный прижимной вес, 2 – образец, 3 – поверхность скольжения, 4 – измерительный стол,
5 – датчик силы, 6 – блок электроники и привод

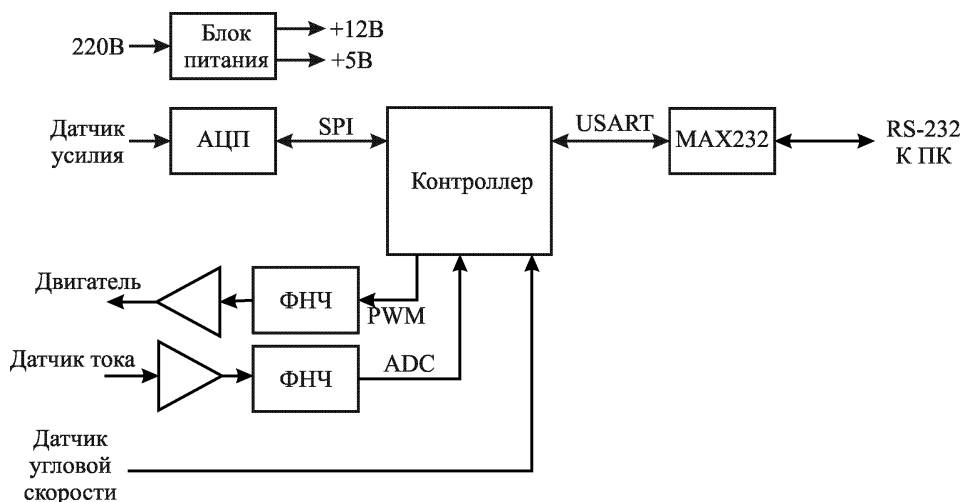


Рисунок 3. Блок схема установки для определения коэффициентов трения
АЦП-аналого-цифровой преобразователь; SPI-интерфейс; USART-интерфейс; MAX232-микросхема; RS-232-интерфейс; ФНЧ-фазовая автоподстройка частоты; PWD- блок оперативной памяти; ADS-память для хранения настроек прибора

Измерение производится в два этапа. На первом этапе производится постепенное натяжение нити и соответственно увеличение силы трения. Данный этап продолжается до начала движения образца. После начала движения образца стабилизируется скорость движения и производится измерение силы трения скольжения. Результаты второго этапа измерений усредняются и рассчитывается коэффициент трения. По команде оператора программного обеспечения начинается измерение силы трения. На первом этапе производится измерение силы трения покоя, для этого через двигатель пропускается линейно возрастающий ток. При этом непрерывно производится измерение силы трения. Когда датчик угловой скорости обнаруживает начало движения исследуемого образца начинается второй этап, на котором производится измерение силы трения скольжения. Для этого ток через двигатель увеличивается до тех пор, пока не будет достигнута заданная скорость вращения. После этого запускается алгоритм фазовой автоподстройки частоты, в процессе

которого, происходит синхронизация фазы сигнала фотодатчика и внутреннего образцового генератора, в результате чего частоты этих сигналов становятся точно равными. Это обеспечивает строго равномерное движения исследуемого образца и исключает погрешности измерения связанные с ускорением или наличием вязкого трения. Результаты измерения выводятся в специализированной графической форме программного обеспечения системы. Выводится усредненное значение силы трения скольжения, среднеквадратическое отклонение, коэффициент трения, сила трения покоя. Внешний вид формы представлен на рисунке 4.

Программное обеспечение позволяет также выполнять такие команды как перемещение образца, медленное равномерное движение образца, измерение текущей силы на датчике силы, автоматизированное проведение измерения с выводом результатов в графическом виде, а также производить интерпретацию и усреднение измеренных значений и вывод результатов измерений.

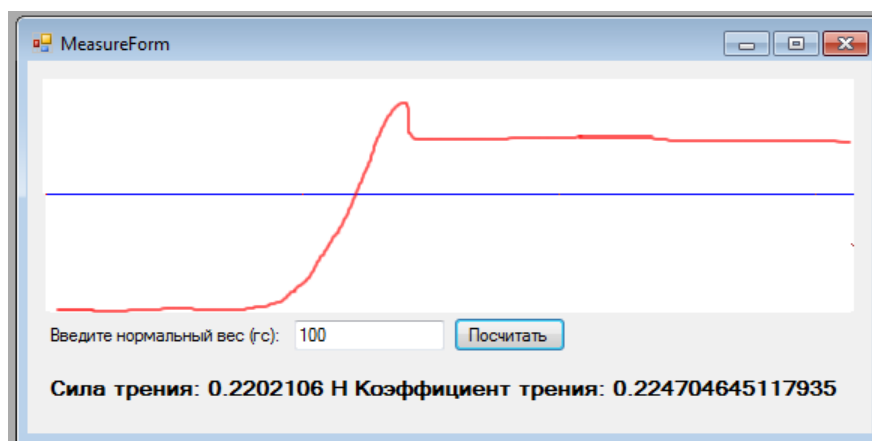


Рисунок 4. Внешний вид графического представления результатов исследования с помощью системы

С помощью предложенного прибора можно проводить измерения с пластинками из любого материала. Покажем это на покрытии CrNiTiZrCu.

Таблица 1. Коэффициенты трения по стали, по меди и алюминию

покрытие	по стали	по меди	по алюминию
CrNiTiZrCu	0,038	0,041	0,066

Насколько это важно для производства покажем в таблицах 2 и 3. В табл. 2 приведены коэффициенты сухого трения для однородных пар, а в табл. 3 коэф-

фициенты сухого трения для разнородных пар наиболее распространенных материалов [4].

Сравнение табл. 2 и 3 показывает, что коэффициенты трения разнородных пар наиболее распространенных материалов меньше, чем для однородных пар. Иначе говоря, для надежных пар трибосопряжения нужны разнородные материалы, которые надежнее испытывать на нашем трибометре.

Благодарность.

Работа выполнена по программе Министерства образования и науки Республики Казахстан. Гранты №0118РК000063 и №Ф.0781.

Таблица 2. Коэффициенты сухого трения для однородных пар наиболее распространенных материалов [4]

Комбинации материалов		Коэффициент сухого трения
Алюминий	Алюминий	1.05 - 1.35
Медь	Медь	1.0
Сталь	Сталь	0.8
Железо	Железо	1.0
Кадмий	Кадмий	0.5
Хром	Хром	0.41
Графит	Графит (в вакууме)	0.5 - 0.8
Магний	Магний	0.6
Никель	Никель	0.7 - 1.1
Платина	Платина	1.2
Серебро	Серебро	1.4
Цинк	Цинк	0.6

Таблица 3. Коэффициенты сухого трения для разнородных пар наиболее распространенных материалов [4].

Комбинации материалов		Коэффициент сухого трения
Алюминий	Низкоуглеродистая сталь	0.61
Латунь	Сталь	0.35
Кадмий	Хром	0.41
Медь	Низкоуглеродистая сталь	0.53
Никель	Низкоуглеродистая сталь	0.64
Карбид вольфрама	Медь	0.35

Литература:

1. Фролов К.В. Современная трибология: Итоги и перспективы. – М.: Наука, 2008. – 480 с.

2.Новиков В.Ю. Структура и физико-механические свойства однослойных и многослойных вакуумно-дуговых наноструктурных нитридных покрытий на основе систем TiAlSi, TiAlSiY и TiAlCrY. - Диссер. кандидат. тех. наук. Белгород, 2019. - 134 с.

3. Юров В.М., Колесников В.А., Байсагов Я.Ж. Информационно-измерительный прибор для определения коэффициента трения скольжения // Фундаментальные исследования, 2011, №12, Часть 1. - С. 121-124.

4. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты трения. - М.: Машгиз, 1962. - 220 с.