

Литература

1. Финишная обработка поверхностей при производстве деталей / С. А. Клименко [и др.] ; под общ. ред. С. А. Чижика и М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 376 с.
2. Григорьев, С. Н. Технология обработки концентрированными потоками энергии / С. Н. Григорьев, Е. В. Смоленцов, М. А. Волосова. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 280 с.
3. Хомич, Н. С. Магнитно-абразивная обработка изделий : монография / Н. С. Хомич. – Минск : БНТУ, 2006. – 218 с.
4. Барон, Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. – Л. : Машиностроение, 1986. – 176 с.
5. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 328 с.
6. Кожуро, Л. М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л. М. Кожуро, Б. П. Чемисов. – Минск : Наука и техника, 1995. – 232 с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ВОДЕ

А. Е. Марченко, В. А. Пракапович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. П. Кириленко

Представлена установка для проведения испытаний, максимально приближенных к условиям эксплуатации узлов трения уплотнительных элементов насосов, реализующая трение вращения торцов двух полых цилиндрических образцов при коэффициенте взаимного перекрытия равном единице. Установка позволяет осуществлять синхронную запись силы трения, температуру смазывающей жидкости, а также дает возможность фиксировать момент образования течи жидкости через уплотнительное соединение. Описан метод определения линейного износа полимерных образцов путем создания искусственных баз.

Ключевые слова: полимерные материалы, сила трения, искусственная база, стенд.

Торцовые уплотнения конструктивно состоят из корпуса, двух контактных колец, образующих пару трения. Одно кольцо соединено с вращающимся валом, а второе – с неподвижным корпусом уплотнительного узла. Контактные кольца поджаты упругим элементом, обеспечивающим постоянное усилие в сопряжении. Герметичность в неподвижных и аксиально-подвижных соединениях обеспечивается кольцами круглого сечения или манжетами, выполненными из эластичного материала.

Для проведения испытаний, максимально приближенных к условиям эксплуатации узлов трения уплотнительных элементов насосов, был разработан стенд на базе вертикально-сверлильного станка, реализующей трение вращения торцов двух полых цилиндрических образцов при коэффициенте взаимного перекрытия равном единице. Установка позволила осуществлять синхронную запись силы трения, температуру смазывающей жидкости, а также позволила зафиксировать момент образования течи жидкости через уплотнительное соединение.

Сила трения измерялась индуктивным датчиком, ферромагнитный сердечник которого закреплен на двух опорах в виде плоских пружин, позволяющих перемещаться сердечнику только вдоль его оси и минимизировать механический гистерезис. Запись сигнала с индуктивного датчика силы трения в течение всего времени испытания осуществлялась на самопишущем потенциометре. Температура смазывающей среды измерялась хромель-копелевой термопарой и регистрировалась потенциометром.

Перед проведением испытаний нагрузочное устройство и устройство для регистрации силы трения тарировались. Для исследования фрикционных характеристик при заданной температуре смазочной среды стенд оборудовался нагревательным элементом и устройством, позволяющим осуществлять капельный долив смазочной жидкости для компенсации испаряющейся с целью поддержания объема жидкости на постоянном уровне в течение всего периода испытаний. Износ исследуемых образцов определялся гравиметрированием на аналитических весах с точностью $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ г и контролировался методом искусственных баз при использовании оптического микроскопа.

Общий вид разработанного стенда представлен на рис. 1.

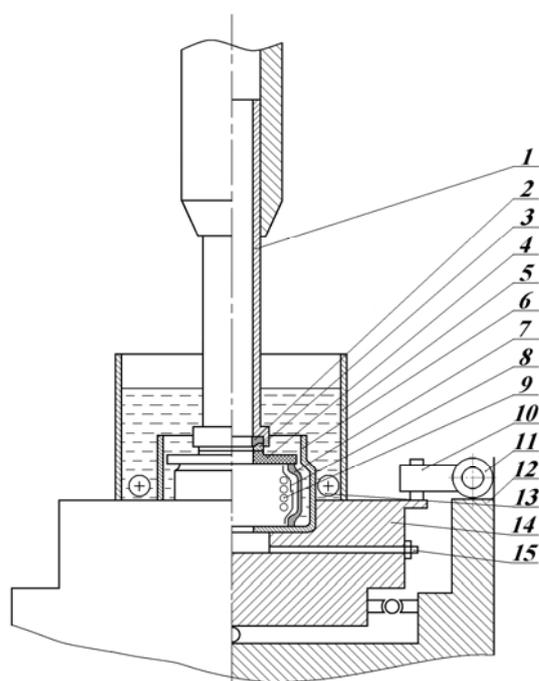


Рис. 1. Общий вид стенда:

- 1 – державка; 2 – резиновое кольцо; 3 – контртело;
 4 – исследуемый образец; 5 – рабочая камера; 6 – обойма;
 7 – резиновый кожух; 8 – оправка; 9 – пружина; 10 – упор;
 11 – индуктивный датчик; 12 – корпус; 13 – нагревательный элемент; 14 – платформа; 15 – штуцер

Цилиндрический образец исследуемого материала 4 и контртела 3 при помощи рычажного устройства нагружения приводятся в контакт друг с другом в стеклянной рабочей камере 5, наполненной водой или другой исследуемой жидкостью. Для плотного контактирования рабочих поверхностей используется компенсирующее пружинное устройство, которое состоит из пружины 9, заключенной в металлическую оправку 8, а для предотвращения протекания смазки во внутреннюю полость цилиндров, закрывается резиновым кожухом 7. Контртело 3 устанавливается в державку 1, которая крепится в шпинделе вертикально-сверлильного станка, а крутящий момент передается через резиновое кольцо 2 за счет силы трения. Исследуемый образец фиксируется в обойме 6 от поворота вокруг своей оси за счет специально сделанных выточек. В камере предусмотрен нагревательный элемент 13, посредством которого можно поддерживать требуемую температуру. Рабочая камера 5 уста-

новлена на свободно вращающейся платформе 14, сила сопротивления вращению оценивается индуктивным датчиком 11, закрепленным на корпусе 12, сердечник которого жестко связан с упругим элементом и контактирует с упором 10.

Данный стенд позволяет быстро и точно устанавливать исследуемые образцы в исходное положение при длительных испытаниях, когда есть необходимость контроля рабочей поверхности в период испытания. При исследовании торцовых уплотнительных подшипников предусмотрен выход жидкости через специально сделанное отверстие 15 для контроля появления течи.

При выборе нагрузочно-скоростных режимов лабораторных испытаний на трение и износ материалов трибосопряжения основным требованием являлось максимальное приближение к условиям эксплуатации торцовых уплотнений.

Анализ режимов работы торцовых уплотнений насосов в системе охлаждения двигателей внутреннего сгорания и погружных водяных насосов показал, что скорости скольжения достигают 3 м/с, а нормальные нагрузки находятся в пределах 0,1÷4 МПа.

Исследование проводилось при скорости скольжения 2,7 м/с и удельной нагрузке 1 МПа. В процессе испытаний регистрировались: сила трения, температура, изменение массы полимерных образцов и контртела. Изменение массы полимерного и металлического образцов после высушивания определялось гравиметрированием на аналитических весах. Линейный износ определялся методом искусственных баз. Для металлического контртела использовали оптический микроскоп с рабочим увеличением 2×10^3 для определения изменения отпечатка до и после фрикционных испытаний полученного алмазной пирамидой. С последующим пересчетом в линейный износ (Δh).

Для полимерного образца искусственная база делалась путем проточки пояска глубиной $0,1 \div 0,2$ мм и шириной 1 мм, как показано на рис. 2.

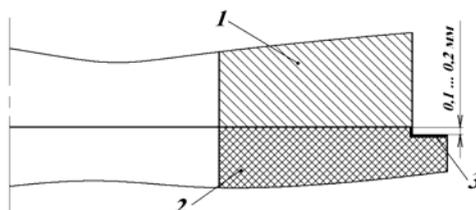


Рис. 2. Схема проточки пояска на полимерном образце:
1 – стальное контртело; 2 – полимерный образец;
3 – проточка под искусственную базу

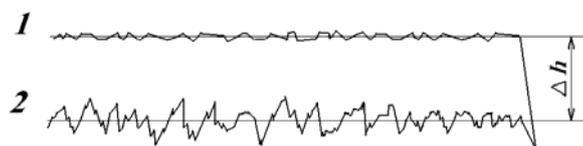


Рис. 3. Оценка износа полимерного образца профилографированием поверхности трения:
1 – профилограмма до испытаний на трение;
2 – профилограмма после испытаний

Линейный износ исследуемого полимерного образца определяли по профилограммам, проведенным перпендикулярно к направлению скольжения, до и после испытаний на износ. Об износе судили по расстоянию между средними линиями профилей изношенной и неизношенной поверхностями (рис. 3).