

УДК 621.891

DOI: 10.18372/0370-2197.4(85).13870

А. А. ИЩЕНКО¹, А. В. РАДИОНЕНКО¹, М. В. КИНДРАЧУК², А. В. ТИСОВ²¹Приазовский государственный технический университет, Мариуполь²Национальный авиационный университет, Киев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ

Приведены сведения о современных антифрикционных полимерных композитных материалах, которые применяются для изготовления и ремонта пар трения скольжения. Дается описание и схема разработанной лабораторной установки – трибометра и изложена методика исследований.

Ключевые слова: полимерные композитные материалы, коэффициенты трения, износ, трибометр.

Вступление. Снижение срока работы механизмов и их дальнейший ремонт являются проблемами для машиностроительных предприятий. Затраты на ремонт оборудования за год составляет до 25% стоимости оборудования, а в особо тяжелых условиях затраты доходят до 50% стоимости оборудования [1, 2]. Большинство деталей машин выходит из строя вследствие изнашивания поверхностей трения.

Последние 20 лет исследуются и применяются новые материалы для создания поверхностей трения и разрабатываются методы ремонта пар трения скольжения. Одним из путей повышения надежности и долговечности узлов трения является применение новых антифрикционных материалов. Среди таких материалов наиболее эффективными и перспективными являются полимеры и композиции на их основе [3 – 6].

Применение таких материалов позволяет существенно повысить срок службы машин, безотказность в эксплуатации, уменьшить массу и габаритные размеры, сэкономить дорогостоящие легированные стали и цветные металлы, во многих случаях снизить трудоемкость изготовления узлов и упростить конструкцию.

Общие сведения о композитных материалах. Композитными принято называть материалы, не встречающиеся в природе, т. е. искусственно созданные, состоящие из двух и более компонентов, различающихся по химическому составу и разделенных выраженной границей, имеющие свойства, отличные от свойств компонентов и определяемые каждым из компонентов, неоднородные в микромасштабе и однородные в макромасштабе.

Компонент, непрерывный во всем объеме композитного материала, называют матрицей, а прерывистый в объеме композиции – наполнителем или армирующим элементом. Композитные материалы, матрица которых является полимером или связующим на его основе, называют полимерными композитными материалами (ПКМ).

Свойства ПКМ определяются свойствами входящих в их состав компонентов, их соотношением, характером взаимодействия на границе раздела матрица - наполнитель и технологией изготовления. Типичные компоненты ПКМ: полимерная матрица на основе термопластичных или терморезистивных полимеров; жесткий прочный наполнитель (органической и неорганической природы) в виде частиц размером 0,2...1,2 мм, волокон, лент и т. д.; антифрикционные напол-

нителі-добавки типу твердосмазочних или полімерних матеріалів в високодисперсному стані.

В залежності від методу виготовлення деталей із ПКМ (литьє, пресування, екструзія, намотка) вміст наповнювачів становить від 20...30% до 80...90%, антифрикційних добавок – 1...15%.

Наповнювачі ділять за природою на органічні і неорганічні, за структурою на порошкообразні і волокнисті.

Порошкообразні наповнювачі зазвичай мають частинки розміром 1...15 мкм, рідше до 100... 500 мкм.

Одним із прикладів застосування композитного полімерного матеріалу є ремонт зношених поверхонь напрямлюючих металорежущих станків з застосуванням композитного полімерного матеріалу «Моглайс» німецької фірми «Diamant» [4; 5; 6]. Використання матеріалу «Моглайс» для ремонту зношених поверхонь станків в промисловості України обмежується його високою ціною. Для заміни матеріалу «Моглайс» проводяться дослідження антифрикційних полімерних матеріалів, які мають більш низьку ціну. Такими матеріалами є композитний полімерний матеріал ДК6 і ДК7. Матеріали ДК6 і ДК7 створені на основі полімерної матриці з різними наповнювачами, що містять дисульфід молибдену, графіт і др.

Постановка задачі і методика проведення експериментів. Задача даної роботи полягає в розробці експериментальної лабораторної установки і методики визначення антифрикційних показників композитних полімерних матеріалів – коефіцієнтів тертя і зносу.

Виходячи з аналізу відомих схем тертя, можна сформулювати основні вимоги, пред'явлювані до вузла тертя трибометра:

1. Забезпечення постійності номінальної площі контакту трущихся поверхонь зразка і контрозразка в процесі їх зношування. З цією метою виключається точковий або лінійний контакт.

2. Можливість технологічного забезпечення і варіювання параметрів якості досліджуваних поверхонь тертя.

3. Можливість застосування при виготовленні зразків і випробуваннях мінімального кількості дорогих полімерних матеріалів.

Для дослідження триботехнічних властивостей полімерів була вибрана схема тертя – тертя торця пальчикового зразка з торцем контрозразка в формі диска. Така схема тертя забезпечує мінімальний витрат досліджуваного полімерного матеріалу, достатнє тиск між зразком і контрозразком і можливість варіювати досліджувані матеріалом і матеріалом контрозразка.

Для дослідження триботехнічних властивостей полімерів був спроектований і виготовлений трибометр (рис. 1) [7].

На рис. 1 позначено: 1 – вісь; 2 – пружина; 3 – упорний підшипник; 4 – корпус каретки трибометра; 5 – підшипники; 6 – втулка для зразка; 7 – регулювальний гвинт; 8 – зразок; 9 – контрозразок в формі диска; 10 – ведучий центр; 11 – три гвинти для виверки контрозразка по торцевому бієнню; 12 – ведучий фланець; 13 – ведучий поводок; 14 – гайка; 15 – коромисло каретки; 16 – тросик, що з'єднує каретку з індуктивним датчиком, який реєструє качання корпусу 4.

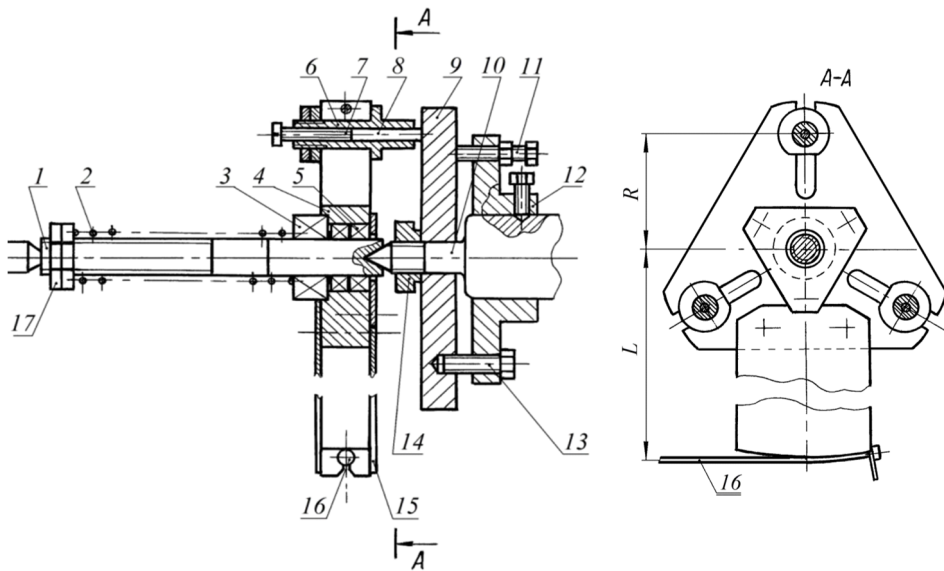


Рис.1. Схема каретки трибометра

Коэффициент трения подсчитывается через момент трения, который измеряется индуктивным датчиком. Якорь индуктивного датчика соединен с тарированными пружинами, которые создают момент на плече L , противодействующий моменту трения на плече R (рис.1).

Образцы представляют собой цилиндрические стержни из исследуемого полимера диаметром 3 мм и длиной 10...15 мм.

Контробразцом служит диск, частота вращения которого может плавно регулироваться от 10 до 2500 об/мин. Частота вращения контролируется с помощью цифрового тахометра.

Замер износа образцов производится по изменению их длины с помощью рычажной скобы и специального приспособления. Приспособление обеспечивает параллельность оси образца и оси измерительного стержня скобы.

Трибометр состоит из оси 1, установленной в центрах, на которой пружина 2 через упорный подшипник 3 поджимает корпус 4. Корпус 4 качается на подшипниках 5, которые свободно могут скользить по оси 1, имея минимальный зазор Z_1 между внутренними кольцами и осью 1. В корпусе 4 выполнены радиально расположенные под углом 120° пазы, в которые установлены три втулки 6. Радиальные пазы необходимы для регулировки положения втулок 6. Во втулках 6 винты 7 поджимают исследуемые стержневые образцы 8, которые упираются в контробразец 9, выполненный в виде диска.

Работа и настройка трибометра производится следующим образом. Контробразец 9 устанавливается на центр 10 с малым зазором Z_2 и слегка поджимается гайкой 14. Винтами 11 производится выверка по торцевому биению контробразца 9, после чего гайкой 14 контробразец зажимается окончательно. Это возможно сделать благодаря узкой посадочной поверхности отверстия контробразца 9 и расположению винтов 11 на большом диаметре. Кроме того, зазор Z_2 и малый диаметр торца гайки 14 не препятствуют качанию контробразца 9 при выверке.

В начале настройки гайки 17 находятся в крайнем левом положении, не сжимая пружину 2. Во втулки 6 устанавливаются три исследуемых образца 8 до

упора в винты 7. Образцы 8 выдвигают во втулках 6 винтами 7, контролируя вылет образцов от торца корпуса 4 с точностью $\pm 0,01$ мм. Возможен вариант выверки, когда образцы 8 опираются на контрообразец 9, а их равномерное касание с контрообразцом 9 контролируется по торцевому биению корпуса 4.

После выверки контрообразца 9 и корпуса 4 пружиной 2 устанавливается заданное усилие N прижима трех образцов 8 к контрообразцу 9. Для этого пружина 2 сжимается гайками 17. Усилие N определяется по длине сжатой и предварительно протарированной пружины.

Момент трения фиксируется индуктивным датчиком по углу качания коромысла 15 каретки совместно с корпусом 4 (рис.1). Якорь датчика связан с тарированными возвратными пружинами момента трения 2 (рис. 2), создающими противодействующий момент на корпус 4 (рис.1).

Благодаря тому, что расстояние L от оси качания корпуса 4 до оси индуктивного датчика существенно больше, чем радиус R до осей образцов 8, точность измерения момента трения повышается.

Конструкция трибометра позволяет создавать усилие на каждый образец до 40 Н. При диаметре образцов 3 мм давление на одном образце равно 5,6 МПа.

Перед началом проведения эксперимента выполняется тарировка нажимной пружины 2 (рис.1) и возвратных пружин момента трения 2 (рис. 2).

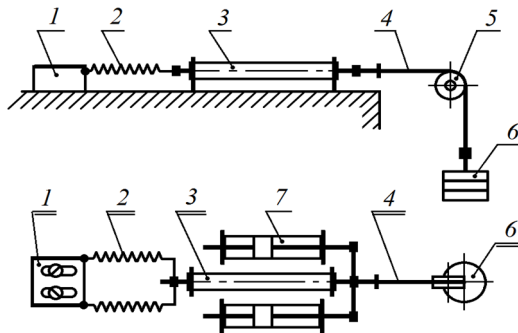


Рис. 2. Схема тарировки пружин момента трения: 1 – регулировочная скоба; 2 – возвратные пружины момента трения; 3 – индуктивный датчик; 4 – тросик; 5 – ролик; 6 – грузы; 7 – воздушные демпферы

В зависимости от нагружения пружин момента трения 2 (рис. 2) грузами 6 фиксируются показания от индуктивного датчика 3 на регистрирующем приборе.

Подготовка образцов из полимерного материала.

Изготовление образцов из полимерного материала производится в специальных формах путем заливки в них шприцом подготовленной смеси (рис. 3.).



Рис. 3. Формы для изготовления образцов

Застывание смеси происходит через сутки, затем образцы выбиваются из формы. Для обеспечения перпендикулярности торцов образцов относительно их оси изготовлено специальное приспособление.

Выводы. Для создания и восстановления пар трения скольжения целесообразно применять полимерные материалы, использование которых существенно упрощает ремонт оборудования. Необходимы разработки новых композитных полимерных материалов и их исследования. Конструкция разработанного трибометра позволяет обеспечивать постоянство номинальной площади контакта трущихся поверхностей в процессе их изнашивания. Дает возможность технологического обеспечения и варьирования параметров качества исследуемых поверхностей трения и возможность использования при изготовлении образцов и испытаниях минимального количества дорогостоящих полимерных материалов.

Список литературы

1. Mang T. Industrial tribology: Tribosystems, friction, wear and surface engineering, lubrication / T. Mang, K. Bobzin, T. Bartels. – John Wiley & Sons, 2011. – 672 с.
2. Sviridenok A. Latest developments in tribology in the journal Friction and Wear / A. Sviridenok, N. Myshkin, I. Kovaleva // Journal of Friction and Wear. – 2015. – Volume 36, Issue 6, P. 449–453.
3. Биба Е. Л. Обзор опыта применения металлополимерных материалов фирмы «Diamant metallplastic gmbh» (Германия) для ремонтно-восстановительных работ на предприятиях республики Беларусь / Е. Л. Биба, Д. В. Синькевич, С. Н. Юркевич // Металлообработка. – 2004. – № 6. С. 41-44.
4. Friedrich K. Effects of various fillers on the sliding wear of polymer composites / K. Friedrich, Z. Zhang, A. Schlarb // Composites Science and Technology. – 2005. – V. 65, Issues 15–16, P. 2329-2343.
5. Ищенко А. А. Исследование и применение полимерного материала «моглайс» для восстановления направляющих поверхностей салазок суппортов металлорежущих станков / А. А. Ищенко, А. В. Радионенко, Е. А. Ищенко // Проблемы тертя та зношування: науко– техн. журнал. – К.: Издат. Нац. авиац. ун – та, 2014. – Вип.№1 (62). – С. 23 – 29.
6. Струтинский В. Б. Триботехнические исследования полимерных композитов, применяемых при восстановлении направляющих станков / В. Б. Струтинский, А. В. Радионенко, Е. А. Ищенко // Проблемы тертя та зношування: науко– техн. журнал. – К.: Издат. Нац. авиац. ун – та, 2015. – Вип.№2 (67). – С. 4 – 10.
7. Пат. 121076 Україна. МПК G01N 19/02, G01N 3/56. Трибометр для випробувань матеріалів на зношування / А. О. Іщенко, О. В. Радіоненко, Т. О. Улаєва – № u 2017 05777; заявл. 12.06.2017; опубл. 27.11.2017, бюл. № 22.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2019.

А. О. ІЩЕНКО, О. В. РАДІОНЕНКО, М. В. КІНДРАЧУК, О. В. ТИСОВ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТНИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПОЛІМЕРІВ

Наведено відомості про сучасні антифрикційні полімерні композиційні матеріали, які застосовуються для виготовлення та ремонту пар тертя ковзання. Дано характеристику композиційних матеріалів матрицею яких є полімерна речовина чи зв'язка на її основі. Наведено приклад застосування композиційного полімерного матеріалу «Моглайс» німецької фірми «Diamant». Завдання даної роботи полягає в розробці експериментальної лабораторної установки і методики визначення антифрикційних властивостей полімерних композиційних матеріалів. Дається опис і схема розробленої лабораторної установки - трибометра. Для дослідження триботехнічних властивостей полімерів була обрана схема тер-

тя – тертя торця пальчикового зразка з торцем контрзразка у вигляді диска. Був спроектований і виготовлений описаний трибометр. Коефіцієнт тертя підраховується через момент тертя, який заміряється індуктивним датчиком. Зразки являють собою циліндричні стрижні з досліджуваного полімеру діаметром 3 мм і довжиною 10...15 мм. У якості контрзразка використовується диск, який може виготовлятися з різних твердих матеріалів. Частота обертання контрзразка може плавно регулюватися від 10 до 2500 об/хв. Частота обертання контролюється за допомогою цифрового тахометра. Зношування зразків визначається по зміні їх довжини за допомогою важеля скоби з точністю до 2 мкм і спеціального пристрою. Конструкція трибометра дозволяє створювати зусилля на кожен зразок до 40 Н. При діаметрі зразків 3 мм питомий тиск на одному зразку складе 5,6 МПа. Перед початком проведення експерименту виконується тарування нажимної пружини і пружин моменту тертя. Виготовлення зразків з полімерного матеріалу проводиться в спеціальних формах шляхом заливання в них підготовленої суміші.

Ключові слова: полімерні композиційні матеріали, коефіцієнт тертя, зношування, трибометр.

Ищенко Анатолий Алексеевич – д-р техн. наук, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии», ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская 7, г. Мариуполь, Украина, 87555, тел.: (067) 943 45 72, E-mail: ischenko50@ukr.net

Радионенко Александр Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская 7, г. Мариуполь, Украина, 87555, тел.: +38 0629 44 65 89, E-mail: radav50mar@gmail.com

Киндрачук Мирослав Васильевич – д-р. техн. наук, проф., зав. каф. машиноведения, Национальный авиационный университет, пр. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, Украина, 03058, тел. +38 044 406 77 73. E-mail: Kindrachuk@ukr.net.

Тисов Александр Викторович, канд. техн. наук, старш. науч. сотр., доцент кафедры машиноведения Национальный авиационный университет, пр. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, Украина, 03058, тел. +380444067842. E-mail: tisov@nau.edu.ua

A. A. ISHCENKO, A. V. RADIONENKO, M. V. KINDRACHUK, O. V. TISOV

EXPERIMENTAL STUDIES OF COMPOSITE ANTIFRICTION POLYMERS

The paper gives information about modern antifriction polymer composite materials used for the manufacture and repair of sliding friction couples. Characteristics of composite materials are given by the matrix which is a polymeric substance or polymer-based binder. An example of application of composite polymeric material "Moglays" manufactured by German company "Diamant" was analyzed. The objective of this work is to develop an experimental laboratory installation and methods for determining antifriction properties of polymeric composite materials. The description and lay-out of developed laboratory installation - tribometer is given. To study the tribotechnical properties of polymers, following wear lay-out was used: friction of the end of pin specimen with face surface of counterpart in the form of a disk. The Described tribometer was engineered and manufactured. The friction coefficient is calculated by using moment of friction measured by inductive sensor. Specimens are cylindrical pins produced of investigated polymer with a diameter of 3 mm and a length of 10...15 mm. As a counterpart the disk is used. It may be manufactured of any desired solid material. The counterpart rotation speed can be smoothly adjusted from 10 to 2500 rpm. It is controlled by a digital tachometer. The wear of the specimens is determined by changing their length with the help of a clamp lever with an accuracy of up to 2 μm and a special device. The design of the tribometer allows to apply the pressure of 40N for each specimen. When diameter of samples is 3 mm, the specific pressure on one sample will be 5.6 MPa. Before starting the experiment, the main spring and friction torque springs should be calibrated. The production of specimens of polymeric material is carried out by pouring prepared mixture into molds.

Key words: polymer composite materials, friction coefficient, wear, tribometer.

References

1. Mang T. Industrial tribology: Tribosystems, friction, wear and surface engineering, lubrication / T. Mang, K. Bobzin, T. Bartels. – John Wiley & Sons, 2011. – 672 p.
2. Sviridenok A. Latest developments in tribology in the journal Friction and Wear / A. Sviridenok, N. Myshkin, I. Kovaleva // Journal of Friction and Wear. – 2015. – Volume 36, Issue 6, P. 449–453.
3. Biba E.L. (2004) Obzor opita primenjenja metalopolimernih materialov firmi «Diamant metallplastic gmbh» (Germanija) dlya remontno-vosstanovitelnih rabot na predpriyatiyah respubliki Belarus / E. L. Biba, D. V. Sinkevich, S. N. Jurkevich // Metalloobrabotka, 6, 41-44.
4. Friedrich K. Effects of various fillers on the sliding wear of polymer composites / K. Friedrich, Z. Zhang, A. Schlarb // Composites Science and Technology. – 2005. – V. 65, Issues 15–16, P. 2329-2343.
5. Ischenko A. A., Radionenko A.V., Ischenko E.A. (2014) Issledovanie i primenienie polimernogo materiala «moglice» dlya vosstanovleniya napravlyauchikh poverhnostey salazok supportov metallorezhuschikh stankov. Problemi tertya ta znozhuvannya, 1 (62), 23 – 29.
6. Strutinskiiy V. B. Radionenko A.V. Ischenko E. A. (2015) Tribotekhnicheskie issledovaniya polimerhyh kompozitov, primenyaemikh pri vosstanovlenii napravlyauchih stankov .Problemi tertya ta znozhuvannya ,2 (67), 4 – 10.
7. Pat. 121076 Ukraïna. MPK G01N 19/02, G01N 3/56. Tribometr dlya viprobuvan' materialiv na znozhuvannya / A. O. Ishchenko, O. V. Radionenko, T. O. Ulaeva – № u 2017 05777; zayavl. 12.06.2017; opubl. 27.11.2017, byul. № 22.