

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАР ТРЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАДИАЛЬНЫМ ПОДШИПНИКАМ СКОЛЬЖЕНИЯ

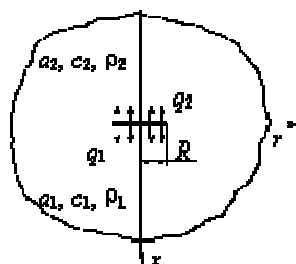
Н.Ф. Майникова

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Ключевые слова и фразы: пара трения; подшипник скольжения; полимерные композиционные материалы.

Аннотация: Представлено исследование пар трения машин применительно к радиальным подшипникам скольжения, содержащим элементы конструкции из полимерных материалов. Показана целесообразность введения в полиамид синтетических волокон ариמיד и фенилон.

Повышение надежности и долговечности машин является одной из главных проблем современного машиностроения. Экономическое значение этой проблемы очевидно. Главной причиной выхода из строя машин является не их поломка, а износ подвижных сопряжений и рабочих органов под влиянием сил трения [1].



Задача, связанная с фрикционной нестойкостью и снижением теплонапряженности узлов трения (снижением коэффициента трения), может быть решена путем применения материалов, в которых в качестве матрицы используется термостойкий полимер, а в качестве наполнителей – высокопрочные дисперсные и волокнистые материалы армирующего и антифрикционного назначения. Введение такого рода наполнителей в полимеры приводит к упрочнению слоев, расположенных за фрикционными, к созданию на поверхности раздела металла и композита промежуточной пленки с низкой прочностью на сдвиг, к возможности осуществления воздействия на пару трения за счет обеспечения равномерной нагрузки в контакте и т.д. [1, 2].

В данной работе представлено исследование пар трения машин применительно к радиальным подшипникам скольжения, содержащим элементы конструкции из полимерных материалов.

Были исследованы антифрикционные свойства материалов на основе полиамида 12 (ПА-12), в состав которого были введены синтетические волокна ариמיד или фенилон.

Таблица 1

Свойства материалов на основе ПА-12

Материал	Твердость по Бринеллю, МПа	Удельная вязкость, КДж·м ⁻²	Разрушающее напряжение, МПа			Термостойкость по Вика, °С нагрузка 10 Н	Износ, ×10 ⁻³ , г	Коэффициент трения
			при растяжении	при сжатии	при изгибе			
ПА-12	90	90	47	56,6	60	160	5	0,14

ПА-12+10 % волокна аримид	110	87	60	65,7	72	175	3,2	0,06
ПА-12+25 % волокна фенилон	130	100	94	75,5	92	180	1,2	0,05

Выбор данных волокнистых наполнителей определялся их физико-механическими свойствами и химическим сродством с полимерной матрицей, при котором возможно возникновение эффекта самоармирования.

Режим определения антифрикционных показателей: давление – 15 МПа, площадь – 40 мм², скорость скольжения – 0,02 м·с⁻¹, путь трения – 9,4 м (табл. 1).

Процесс трения без смазки изучали на лабораторной установке в диапазоне давления 8–32 МПа и скорости скольжения 0,0035–0,01 м·с⁻¹. Выбор указанных давления и скорости при фрикционных испытаниях пар трения обусловлен необходимостью передавать больше энергии с помощью компактных механизмов. Многие пары трения машин работают в тяжелых режимах трения, в условиях, когда смазка является нежелательной. В этом случае сопряженные детали не разделены непрерывной пленкой смазочного материала и ориентированными граничными слоями поверхностно-активных соединений.

Эффективность функционирования лабораторной установки обеспечена применением обобщенных условий эксплуатации применительно к радиальным подшипникам скольжения на модельных образцах. Выбрана схема испытаний с контактом по образующей и возможностью реализации знакопеременного относительного перемещения. При исследовании зависимостей коэффициента трения от давления и скорости скольжения в качестве контртела использовали ролик диаметром 60 мм, изготовленный из стали 45, термообработанной до твердости 42–45 HRC. Шероховатость рабочей поверхности металлического ролика характеризовалась параметром $R_a = 0,32–0,63$.

Известно, что в поперечном сечении практически всех литьевых образцов ПА-12 имеются бесструктурные (при наблюдении под микроскопом) пристенные зоны, которые возникают в результате резкого охлаждения расплава у поверхности формы. Чтобы исключить влияние этого явления, а также предварительной ориентации на антифрикционные свойства ПА-12 и композиционных материалов на его основе, образцы-колодочки для испытаний (размером 4×10×15 мм) получали методом прессования. Рабочую поверхность пластмассовых образцов-колодочек шлифовали вручную до получения ровной матовой поверхности. При тяжелых (критических) режимах трения надмолекулярные структуры полимерного материала деформируются и становятся более мелкими, вследствие чего коэффициент трения уменьшается. Коэффициент трения по стали армированного ПА-12 ниже в 2–3 раза, чем у исходного материала (рис. 1).

Различие в изменении свойств при получении композиционных материалов армированием указанными волокнами можно объяснить структурным эффектом и разным относительным удлинением волокон при разрыве. Так разрушающее напряжение при растяжении (σ_b) волокна фенилона составляет 0,45 Н/текс. Волокно аримид-Г характеризуется разрушающим напряжением при растяжении $\sigma_b = 0,45–0,50$ Н/текс. Для волокна аримид-Г относительное удлинение при разрыве $\varepsilon = 6–8$ %, для волокна фенилон $\varepsilon = 15–20$ %, а значение модуля упругости при растяжении, соответственно – 900 и 12000 МПа.

Как было показано ранее, не только твердость и разрушающее напряжение при растяжении, но и относительное удлинение при разрыве полимерного волокнистого наполнителя играют решающую роль при оценке износостойкости композиционного полимерного материала на его основе. Полученные результаты свидетельствуют о том, что указанные соотношения выполняются и в случае фрикционных испытаний термопластов, армированных волокнами. Как следует из приведенных на рис. 2 данных, увеличение относительного удлинения при разрыве армирующего компонента сопровождается повышением износостойкости композита.

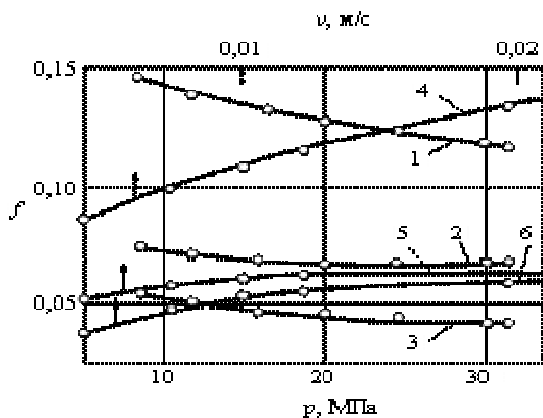


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от давления при скорости скольжения 0,02 м/с ПА-12 (1), ПА-12+10 % волокна арамид (2), ПА-12+25 % волокна фенилон (3) и от скорости скольжения при давлении 15 МПа:

ПА-12 (1), ПА-12+10 % волокна арамид (2),
ПА-12+25 % волокна фенилон (3)

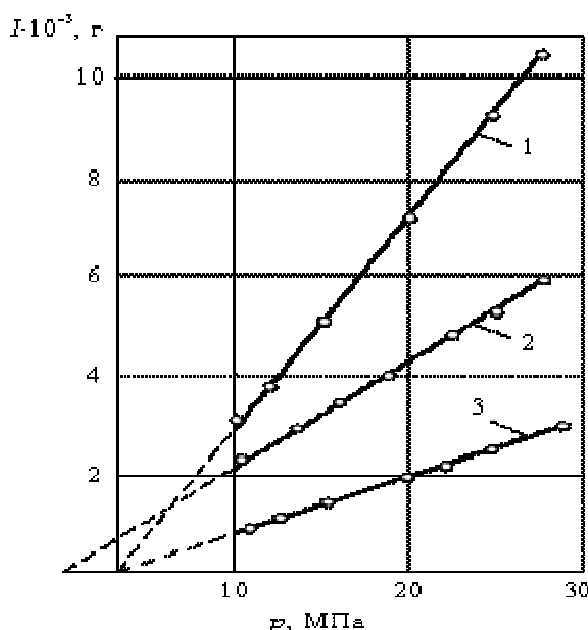


Рис. 2. Зависимость массового износа от нагрузки при скорости скольжения 0,02 м/с и пути трения 9,4 м: ПА-12 (1), ПА-12 + 10 % волокна арамид (2), ПА-12 + 25 % волокна фенилон (3)

По-видимому, достаточно большой размер армирующих свидетельствует о том, что на прочностные свойства таких армированных материалов влияют и деформационные характеристики самого армирующего элемента. Кроме того, синтетические волокна воздействуют и на структуру полиамидной матрицы композита. При армировании ПА-12 волокном фенилон образуется более однородная структура. Одновременно наблюдается уменьшение размеров сферолитов по сравнению с материалом, армированным волокном арамид. Более однородная сферолитная структура композита обуславливает повышенные прочностные и деформационные свойства, так как она менее дефектна, чем крупносферолитная.

Введение наполнителя увеличивает жесткость ПА-12, что связано с уменьшением подвижности сегментов макромолекул на поверхности наполнителя и усилением полимерной матрицы. Зависимость износостойкости наполненного ПА-12 от давления изучали в диапазоне нагрузок 8–32 МПа при скорости трения 0,02 м·с⁻¹ (рис. 2) и пути трения 9,4 м. Для ускорения испытаний использовали стальной ролик с поверхностью, шероховатость которой равнялась $R_z = 80\text{--}100$ ед. Результаты показали, что при большом давлении структура поверхностного слоя разрыхляется, вследствие чего износ возрастает. Характер зависимости износа композита по металлу от давления свидетельствует о реализации наиболее интенсивного износа – материал выступов металлического контртела.

Износ армированного ПА-12 снижается по сравнению с износом исходного ПА-12 в 1,5–4 раза. Это можно объяснить тем, что при критических режимах трения без смазки доминирующими являются термохимические процессы, имеющие для каждого материала свои специфические особенности. Введение в ПА-12 термостойких синтетических волокон типа фенилон и арамид позволило снизить его износ за счет повышения прочности и уменьшения абразивного эффекта. При этом возрастает деформационная теплостойкость, что объясняется образованием более плотно упакованного пограничного слоя на поверхности волокна.

Список литературы:

1. Бартенев, Г.М. Физика полимеров / Г.М. Бартенев, С.Я. Френкель // Под ред. А.М. Ельяшевича. – Л. : Химия, 1990. – 432 с.
2. Дроздов, Ю.Н. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник / Ю.Н. Дроздов, В.Г. Павлов, В.Н. Пучков. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с.

Research into Friction Pair Related to Plain Journal Bearing

N.F. Mainikova

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: friction pair; plain bearer; polymer composite materials.

Abstract: The research into machine friction pair related to plain journal bearings containing structural elements made from polymer materials is presented. Desirability of injection of synthetic fibers such as aramid and phenylone is shown.