

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА

А. С. Фроленков

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

Научный руководитель И. В. Царенко

Введение

Развитие современного машиностроения и, в частности, таких его отраслей, как тракторо- и автомобилестроение, невозможно без создания новых и совершенствования уже применяемых в узлах машин и механизмов полимерных материалов. При этом решаются задачи снижения массы отдельных деталей, уменьшения потерь на трение, повышения долговечности, сокращения вредных выбросов в атмосферу и т. д.

Одним из ключевых направлений, которому в настоящее время в машиностроении уделяется особое внимание, является разработка рецептур и технологий получения материалов антифрикционного назначения. В этой области можно выделить два важнейших пути: синтез новых полимеров и модифицирование уже существующих. Реализация первого направления осложняется необходимостью существенных единовременных капиталовложений, продолжительными временными интервалами от начала исследований и до получения конечного результата, необхо-

димостью применения дорогостоящего оборудования и привлечения высококвалифицированного персонала. Поэтому наиболее выгодно и приемлемо второе направление, основанное на модифицировании традиционных полимеров.

Перечень полимерных материалов, используемых в настоящее время в узлах трения, достаточно обширен [1]. Однако следует отметить, что наиболее перспективным представляется разработка композиций, в которых в качестве материала матрицы используются термопластичные полимеры, поскольку они обладают высокой технологичностью и возможностью осуществления рециклинга после выработки деталью своего ресурса.

Материалы

Основой для исследуемых полимерных композиционных материалов является один из наиболее распространенных конструкционных термопластов – полиамид-6 (ПА6), обладающий высокой износостойкостью и механическими свойствами. Однако его использование в подвижных соединениях сдерживается высоким коэффициентом трения, что является причиной повышенных температур, развиваемых в зоне фрикционного контакта и, как следствие, высокой вероятностью теплового разрушения полимерного образца. Кроме того, ПА6 обладает способностью сорбировать воду из окружающей среды, при этом заметно снижаются его механические свойства, возрастает коэффициент трения и интенсивность изнашивания.

Эффективным способом модифицирования полимерных материалов с целью повышения их механических характеристик и нагрузочной способности узлов трения является наполнение их твердыми смазочными материалами.

В качестве наполнителя в данной работе использовался скрытокристаллический естественный графит марки ГЛС-1 по ГОСТ 17022–81, получаемый путем размола графитовых руд и применяемый в литейном и металлургическом производстве.

Цель исследования

Изучить влияние графита на свойства композиционного полимерного материала на основе ПА6, а именно:

- на механические характеристики;
- на триботехнические характеристики.

Задача исследования

Определить концентрацию графита в композиционном материале на основе ПА6, характеризующемся оптимальными свойствами.

Оборудование и технология получения экспериментальных образцов

Исследование термопластичных полимеров и композиций на их основе проводили на блочных экспериментальных образцах, изготовленных методом литья под давлением на термопластавтомате ДГ 3121-16П.

Методика исследования

Показатели *механических свойств* образцов определяли методом растяжения, сжатия и изгиба. Предел текучести, прочность и относительное удлинение при разрыве находили по ГОСТ 112262–76 на универсальной машине Instron 5567 (США). Ударную вязкость определяли по Шарпи (ГОСТ 4647–80) на маятниковом копре ПСВ-1,5. Модуль упругости при изгибе и максимальное изгибающее напряжение определяли по ГОСТ 9550–71 на машине Plastics Bending Tester AS-102, Hungary. *Триботехнические испытания* проводились на машине трения 2070 СМТ–1 (ООО «Точприбор», г. Иваново, Россия). Испытания выполняли с использованием схемы «вал – частичный вкладыш». Технические характеристики машины трения 2070 СМТ–1 позволяют проводить испытания при скоростях до 3 м/с и нагрузках до 2000 Н.

На рис. 1, а представлен эскиз контртела – ролика, выполненного из материала «Сталь 45» (ГОСТ 1050–88, твердость рабочей поверхности HRC₃ – 45–50). На рис. 1, б представлен общий вид и геометрические размеры исследуемого образца. Отверстие под термопару в образце выполняли диаметром, обеспечивающим плотную посадку термопары на расстоянии от поверхности трения, согласно рис. 1, б.

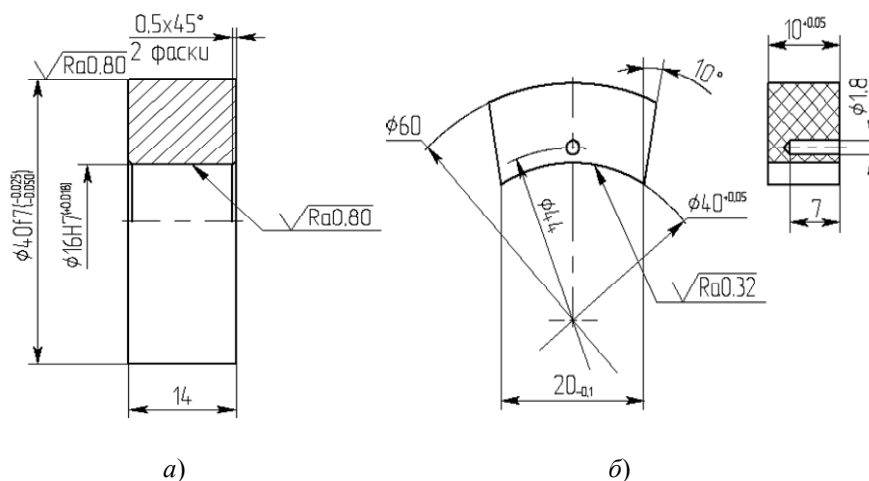


Рис. 1. Геометрия пары трения:
а – металлического контртела; б – образца

Результаты исследований

Изменение комплекса механических характеристик полимерного композиционного материала при введении в него графитового наполнителя представлено в таблице.

Механические свойства ненаполненного и наполненного ПА6

Наполнитель	Концентрация, %	Показатель						
		σ_T , МПа	ε_p , %	σ_p , МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	a , кДж/м ²	E_n , ГПа	σ_n , МПа
–	0	61 ± 3	370	75 ± 3	78 ± 3	8,1*	2,20	95
Графит	1	60 ± 2	262	64 ± 3	85 ± 4	7,1*	2,18	95
	5	58 ± 2	17	50 ± 2	83 ± 4	51,7	2,23	96
	10	55 ± 2	11	53 ± 2	81 ± 4	47,9	2,58	99
	15	53 ± 2	9	53 ± 2	79 ± 3	29,2	2,49	94

Примечание. Звездочкой обозначены данные, полученные на образцах с надрезом.

Как можно видеть из таблицы, добавление графита в полиамидную матрицу приводит к повышению модуля упругости материала при изгибе (максимальный прирост составляет ≈ 17 %). Однако при 15-процентном наполнении наблюдается тенденция к снижению как модуля упругости, так и максимального напряжения при изгибе. Это может быть следствием ухудшения диспергирования наполнителя в матрице.

Наиболее высокой ударной вязкостью характеризуется материал с минимальным содержанием графита, образцы из которого не разбиваются без надреза. Однако уже при 5-процентном его содержании разрушение образцов при ударном воздействии

вии происходит без нанесения надреза, а с дальнейшим ростом количества вводимого графита ударная вязкость резко снижается.

Данные о триботехнических свойствах исследуемого полимерного композиционного материала представлены на рис. 2.

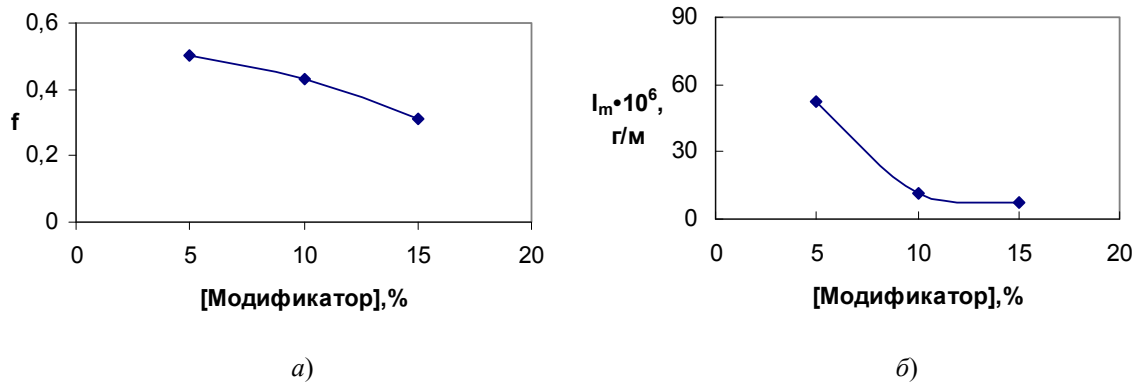


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения (а) и интенсивности изнашивания (б) ПА6 от концентрации графита; $v = 0,63$ м/с; $p_k = 1$ МПа

Как видно из графиков, представленных на рис. 2, коэффициент трения заметно снижается при содержании графита более 5 % (рис. 2, а), а интенсивность изнашивания резко уменьшается с увеличением количества наполнителя до 10 % и затем при изменении концентрации графита в пределах 10–15 % изменяется незначительно (рис. 2, б).

Примечание. Обозначения: σ_t – предел текучести при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; σ_p – прочность при разрыве; $\sigma_{сж}$ – предел текучести при сжатии; a – ударная вязкость; E_n – модуль упругости при изгибе; σ_n – максимальное изгибающее напряжение; f – коэффициент трения; I_m – массовая интенсивность изнашивания; v – скорость скольжения; p_k – удельная контактная нагрузка.

Заключение

Анализ литературных данных по данной теме свидетельствует о том, что полимерные композиции антифрикционного назначения на базе алифатических полиамидов весьма перспективны для Беларуси, располагающей промышленным производством базовых компонентов.

Введение твердого смазочного материала (в частности, графита) в ПА6 позволяет улучшить его триботехнические свойства. Оптимальными свойствами обладает ПА6 с содержанием 10-процентного графита.

Литература

1. Применение полимерных материалов в автомобилестроении / А. И. Буря [и др.]. – Дн. : Навчальна книга, 2001. – 125 с.