

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 620.22-419.8:678.5.067:621.891

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАУЧУКСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИДИЦИКЛОПЕНТАДИЕНА

Д.Ю. Герман, В.Г. Бондалетов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Приведены результаты исследований трибологических характеристик композитов на основе полидициклопентадиена (ПДЦПД) и синтетического каучука марки СКЭПТ-30 при различных скоростях движения индентора. Показано, что с увеличением концентрации СКЭПТ-30 в композите возрастает предельная скорость разрушения. Увеличение скорости вращения полимерного диска приводит к уменьшению коэффициента трения.

Ключевые слова: полидициклопентадиен, синтетический каучук, катализатор Граббса, трибология, коэффициент трения

DOI: 10.26456/vtchem9

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Многообразие конструкций узлов трения (трибосистем) и условий их работы в машинах и приборах не позволяет рекомендовать какой-то универсальный материал, обеспечивающий высокую надежность различных технических устройств [1]. Внедрение новых конструкционных материалов обеспечивает создание технических изделий с заданными эксплуатационными характеристиками. Особое место среди этих материалов занимают полимерные композиты. Получаемый из дициклопентадиена сшитый термореактивный полимер имеет хорошие свойства, такие, как низкая плотность, устойчивость к воздействию кислот и щелочей, высокая прочность, а также широкий диапазон рабочих температур. Комплекс высоких прочностных характеристик предполагает возможность использования полидициклопентадиена в механизмах как материал для производства изделий в парах трения «металл-полимер», «полимер-полимер» [2]. Целью настоящей работы является изучение трибологических

характеристик композитов ПДЦПД-СКЭПТ-30 методом «индентор-диск» при различных скоростях вращения.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Дициклопентадиен предварительно подвергали очистке путём кипячения с металлическим натрием и последующей вакуумной перегонкой. Мономерную композицию готовили поэтапно. Сначала каучук растворяли в бензоле, затем в раствор добавляли чистый дициклопентадиен с композицией антиоксидантов марки Irganox B225. Затем бензол отгоняли. Полимерные композиты получали по реакции метатезисной полимеризации с раскрытием цикла (ROMP) с использованием рутениевого катализатора Граббса второго поколения [3].

Полимеризацию проводили в металлической форме. Для этого в мономер добавляли катализатор в количестве 10000:1, затем раствор заливали в форму, предварительно нагретую до 80 °С на 30 минут. По истечении времени повышали температуру печи до 180 °С и выдерживали в течении 60 минут. Полимерная пластина извлекалась при температуре не ниже 60 °С.

Для измерений были получены композиции ПДЦПД с содержанием СКЭПТ-30 от 1 до 5 % мас.

Из полученных материалов изготавливали диски диаметром 40 мм, после чего проводили обработку поверхности на шлифовально-полировальном станке АТМ SAPHIR 520 (Германия). Шероховатость диска после обработки составила $R_a = 0,1$ мкм.

Испытания полученных образцов проводили на высокотемпературном трибометре CSM ТНТ-S-АХ0000 (Швейцария), в роли индентора выступал металлический шарик диаметром 3 мм из подшипниковой стали ШХ15.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты представлены в таблице и на рис.1.

Таблица 1

Результаты трибологических испытаний

Средний коэффициент трения композита	Скорость вращения диска, см/с					
	10	20	30	40	50	58
$\mu_{\text{ср}}$ ПДЦПД+1% СКЭПТ-30	0,352	0,344	0,275	0,308	0,311	-
$\mu_{\text{ср}}$ ПДЦПД+2% СКЭПТ-30	0,345	0,277	0,184	0,186	0,207	-

$\mu_{\text{ср}}$ ПДЦПД+3% СКЭПТ-30	0,357	0,295	0,230	0,236	0,238	-
$\mu_{\text{ср}}$ ПДЦПД+4% СКЭПТ-30	0,316	0,297	0,240	0,237	0,214	0,246
$\mu_{\text{ср}}$ ПДЦПД+5% СКЭПТ-30	0,418	0,354	0,335	0,267	0,249	0,217

Исследования проводили методом «индентор-диск» при радиусе трека 11 мм, длине пробега 690 м, температуре 25 °С, давлении 14,5 кг/см² и линейных скоростях вращения диска от 10 до 50 см/с.

Для композитов с содержанием СКЭПТ-30 1 %, 2 % и 3 % на графиках зависимостей среднего коэффициента трения от скорости вращения следует отметить наличие минимумов, что свидетельствует о начале критических разрушений. Об этом также свидетельствует увеличение коэффициента трения при скоростях, превышающих скорость минимального коэффициента трения. Для композитов с содержанием каучука 4 % и 5 % интервал скоростей был расширен до 58 см/с. Для образца ПДЦПД + 4 % СКЭПТ-30 минимум был получен при линейной скорости движения индентора 50 см/с, для образца ПДЦПД + 5% СКЭПТ-30 в выбранном интервале линейных скоростей точка минимума, соответствующая началу разрушений, не наблюдалось.

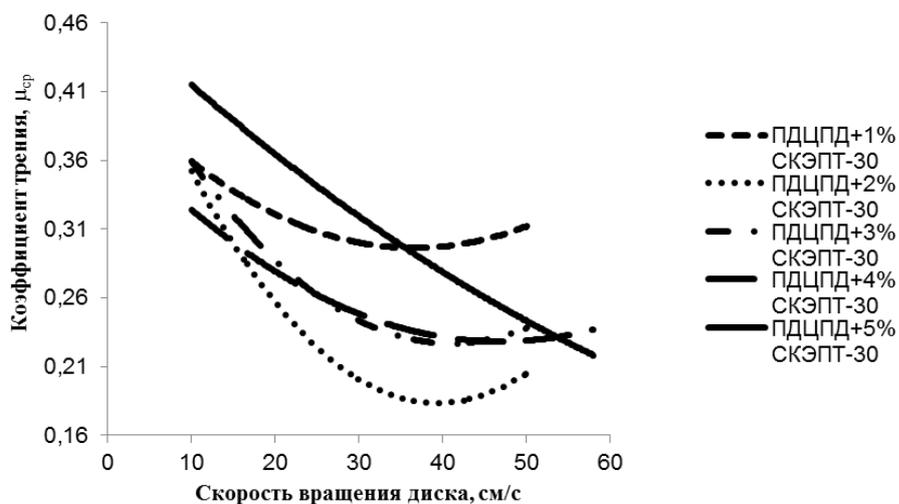


Рис. 1. Зависимости коэффициента трения от скорости вращения диска для композитов ПДЦПД-СКЭПТ-30

Заметно, что при повышении концентрации СКЭПТ-30 в композите минимум смещается в область более высоких скоростей.

Отсюда следует, что с увеличением концентрации каучука в полимере увеличивается диапазон рабочих скоростей.

После каждого испытания собирались частицы износа (рис. 2).

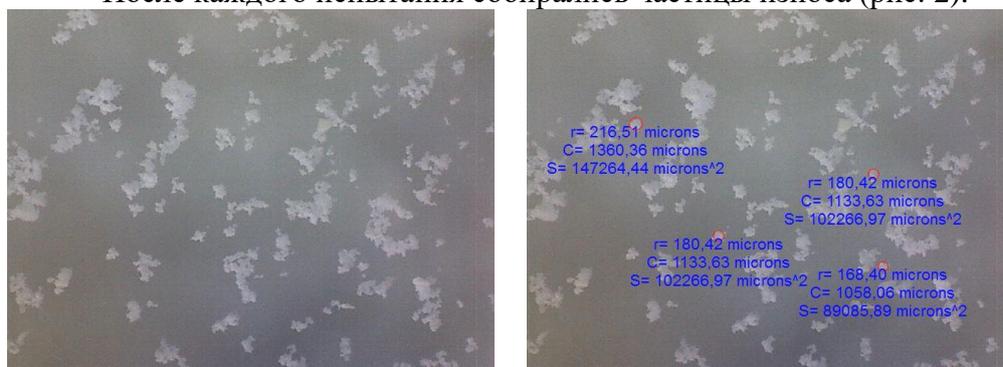


Рис. 2. Частицы износа

Анализ форм и размеров частиц показал, что разрушение композитов ПДЦПД-СКЭПТ-30 имеет механический характер. Об этом свидетельствуют, так называемые, частицы жесткого скольжения [4]. Также были сняты шероховатости треков (рис. 3), после испытаний она составляла от 0,6 до 1 мкм.

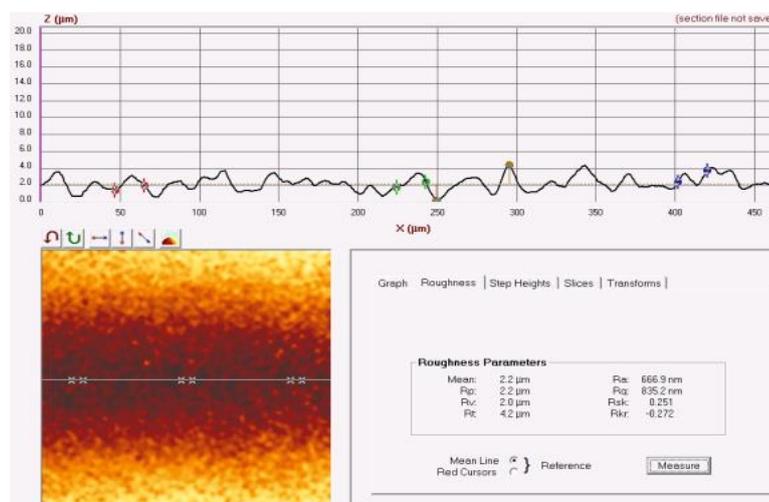


Рис. 3. Шероховатость трека ($R_a = 0,667$ мкм)

Так как шероховатость после эксперимента превышает начальную в несколько раз, то можно сделать вывод, что в ходе испытания происходит выкрашивание частиц полимера, что говорит о механическом характере разрушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов трибологических испытаний композиционных материалов на основе ПДЦПД, показано, что с увеличением содержания СКЭПТ-30 в композите увеличивается диапазон рабочих скоростей, что говорит о повышении эксплуатационных характеристик. На основании анализа частиц износа установлено, что разрушение композитов ПДЦПД-СКЭПТ-30 имеет механический характер.

Список литературы

1. Трибофизика металлов и полимеров : монография / Ю.К. Машков. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 240 с.
2. Волостнова О.И., Мингазетдинов И.Ф. Применение новых полимерных материалов в машиностроении // Казанский государственный технологический университет : Изд-во КГТУ, 2000. – 123 с.
3. Nguyen S.T., Johnson L.K., Grubbs R.H., Ziller J.W. // J. Am. Chem. Soc. 1992. V. 114. P. 3974.
4. Григорьев А.Я., Чанг Р., Юн Е.-С., Конг Х. Классификация частиц износа по семантическим признакам. // Трение и износ, 1999. - № 2. - С. 159-166.

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER CONTAINING COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYDICYCLOPENTADIENE

German D.Y., Bondaletov V.G.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

The results of investigations of tribological characteristics of composites based on polydicyclopentadiene (PDCPD) and synthetic rubber EPDM at various speeds of movement of the indenter. It is shown that with increasing concentration of EPDM in the composite increases the ultimate rate of destruction. The increase in the speed of rotation of polymer disk reduces the coefficient of friction.

Keywords: *polydicyclopentadiene, synthetic rubber, Grubbs catalyst, tribology, coefficient of friction*

Об авторах:

ГЕРМАН Дмитрий Юрьевич – аспирант, кафедра ТОВПМ, Институт природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, пр. Ленина 30, г. Томск, Россия, e-mail: germandmitry93@gmail.com

БОНДАЛЕТОВ Владимир Григорьевич – доктор технических наук, профессор, кафедра ТОВПМ, Институт природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, пр. Ленина 30, г. Томск, Россия, e-mail: bondaletovvg@mail.ru

Поступила в редакцию 24 декабря 2017 года