

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 539.621, 539.61

DOI: 10.17223/00213411/64/9/69

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА*

А.И. Дмитриев, В.С. Jim

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Проанализированы закономерности влияния характеристик наночастиц диоксида кремния на коэффициент трения и параметры износа при трении полимерного нанокompозита (ПНК) по стальному контртелу. Исследования проведены теоретически с помощью метода подвижных клеточных автоматов и экспериментально по схеме «блок-на-кольце». Варьировались размеры частиц диоксида кремния и скорость проскальзывания. В модели также учитывалась температурная зависимость механических свойств материалов. Установлено, что низкофрикционные свойства ПНК вызваны изменением механических свойств материала переходного трибослоя в условиях фрикционного разогрева. Показано, что размеры частицы наполнителя оказывают влияние на стабильность режимов трения и износа.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, метод подвижных клеточных автоматов, полимерные нанокompозиты, наночастицы диоксида кремния, трибопленка, коэффициент трения

Введение

Композиты с полимерной матрицей являются наиболее распространенным типом композиционных материалов, которые находят широкое применение практически во всех секторах современной промышленности. Такие композиты все чаще становятся объектами научных исследований из-за возможности значительных изменений их механических, физических и других свойств за счет использования наполнителей различных типов. В последние годы в полимерных композитах, наряду с традиционными наполнителями, все большее распространение получают различные наноразмерные частицы, добавляемые в композиционную смесь. Основным преимуществом этих материалов является использование низкой концентрации наполнителя (1–5 об.%) и малый размер самих частиц по сравнению с традиционными композитами [1–6]. Уменьшение размера от микроскопического до наноскопического масштаба приводит к резкому увеличению доли межфазной поверхности по сравнению с обычными композитами, что способствует значительному изменению свойств материала. Так, в [7] было установлено, что скорость износа полимерного нанокompозита (ПНК) на основе полифениленсульфида заметно снижается при использовании в качестве нанонаполнителя частиц TiO_2 и CuO , но увеличивается при использовании в качестве наполнителя наночастиц ZnO и SiC . Заметное увеличение микротвердости и трещиностойкости ПНК описано в [8]. Увеличение значения модуля Юнга почти на 20% было обнаружено в [9]. В работах [4, 10] показан эффект значительного изменения фрикционных характеристик ПНК при добавлении углеродных нановолокон и других наноразмерных наполнителей. Таким образом, возможность целенаправленного воздействия на механические свойства нанокompозита на основе полимерной матрицы делает их уникальными объектами с потенциалом широкого использования в различных приложениях.

Ранее в [11] было установлено, что монодисперсные наночастицы диоксида кремния (НДК) с диаметром ~ 20 нм, полученные с помощью золь-гель-процесса, значительно улучшают трибологические свойства традиционных эпоксидных композитов. Трибологические характеристики таких ПНК меняются за счет образования на поверхности контакта тонкой, хорошо распределенной пленки переноса, называемой также трибопленкой. Обнаружено, что при добавлении наночастиц SiO_2 в ПНК коэффициент трения с ростом давления быстро падает за счет образования в зоне контакта трибопленки, в то время как коэффициент трения для обычного композита скачкообразно возрастает. Несмотря на то, что во многих публикациях отмечается важность формируемых трибопленок в условиях сухого трения, лишь некоторые из таких работ посвящены исследованиям ее

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0006.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>