

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/145

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННОГО ИЗНОСА ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

^{1,2}Бочкарева С.А., ^{1,2}Гришаева Н.Ю., ^{1,2,3}Люкшин Б.А., ¹Люкшин П.А., ^{1,4}Панин С.В.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

²*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия*

³*НИ Томский государственный университет, Томск, Россия*

⁴*НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) широко используются в качестве материалов, работающих в узлах трения. При моделировании трения важными параметрами являются геометрические характеристики контактирующих поверхностей – волнистость и шероховатость – изменяющие фактическую площадь контакта.

В зоне трения одновременно реализуется большое множество элементарных фрикционных связей, происходит превращение работы сил трения в тепловую энергию трущихся тел, что приводит к изменению физико-механических свойств материалов.

Предлагаемый подход к моделированию ПКМ в условиях трибосопряжения позволяет рассчитывать температуру контактирующих тел и исследовать ее влияние на износостойкость.

Моделируется процесс, происходящий при экспериментальном изучении износостойкости материалов на машине трения по типу вал – колодка. Последовательно решаются две задачи: 1) задача о напряженно-деформированном состоянии (НДС) покрытия [1] с учетом нормальной и касательной нагрузок, возникающих при трении, и 2) задача нестационарной теплопроводности [2], позволяющая найти распределение температуры в контактирующих телах и ее влияние на изменение их свойств.

Задача о НДС основана на решении системы уравнений механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов. Задачи решаются в плоской постановке.

Расчет температуры контактирующих тел производится из условия, что работа сил трения переходит в тепло. Кроме того, переходит в тепло энергия пластической деформации поверхностных слоев материалов. Расчеты показали, что вклад энергии пластических деформаций незначителен (доли процента о работы сил трения), и ее можно не учитывать.

Расчет проводится в квазистатической постановке, время играет роль параметра, определяющего количество полученной теплоты за счет работы сил трения. На каждом шаге уточняется область контакта, определяется нормальная и касательная нагрузка, рассчитывается НДС, рассчитывается количество теплоты, полученное при трении, определяется распределение температуры в контактирующих телах и изменение коэффициента трения. Свойства материала в каждой конечно-элементной ячейке определяются в зависимости от температуры в ней.

На каждом шаге проверяются критерии разрушения, при их выполнении реализуется разрушение, которое моделируется удалением из расчета элементов, в которых выполнен критерий разрушения. После этого формируется новая граница контакта и перестраивается конечно-элементная сетка.

Модель позволяет рассматривать микронные размеры шероховатости поверхности. При удалении ячеек конечно-элементной сетки, как для гладкой, так и для шероховатой поверхностей, наблюдается рост температуры, изменение площади контакта, со временем стремится к некоторому постоянному значению, что отвечает установившемуся режиму.

В качестве примера рассмотрен процесс трибоизноса поверхности покрытия из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). На рисунке 1 изображена конечно-элементная сетка после удаления элементов в процессе износа для изначально гладкой поверхности.

Секция 3. Проблемы компьютерного конструирования материалов с иерархической структурой

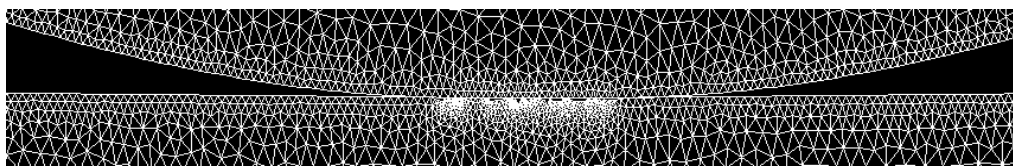


Рис. 1. Конечно-элементная сетка, отражающая процесс износа

Расчетная зависимость износа изначально гладкой поверхности СВМПЭ от времени (рис. 2) качественно совпадает с экспериментальными данными (рис. 3) [4].

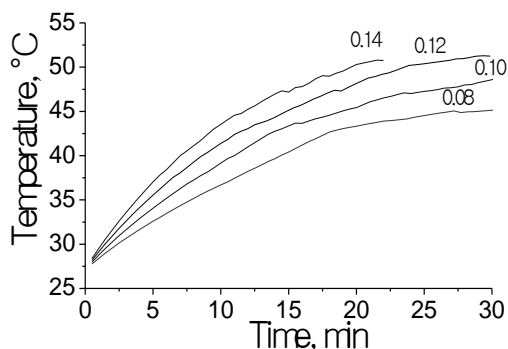


Рис. 2. Расчетные зависимости температуры (а) поверхности трения для композиций СВМПЭ с разными коэффициентами трения

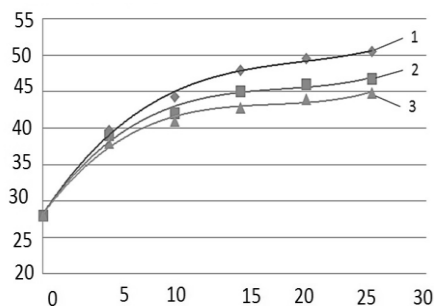


Рис. 3. Экспериментальные зависимости температуры поверхности трения СВМПЭ (1) и композитов СВМПЭ с 10 (2), 20 мас.% (3) политетрафторэтилена при сухом трении скольжения

Таким образом, разработанные физическая и математическая модели, вычислительный алгоритм позволяют определять в плоском приближении детальные распределения параметров НДС и температуры, в том числе с учетом неоднородности структуры материала, и учесть влияние температуры на свойства ПКМ. Показано, что основной вклад в увеличение температуры контактирующих поверхностей вносит работа сил трения. Полученные результаты качественно соответствуют экспериментальным данным [3].

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке: 1) ПФИ ГАН на 2013-2020 годы по направлению фундаментальных исследований 23. [Регистрационный номер НИОКР АААА-А16-116122010041-9]; 2) РФФИ №16-48-70192_p_a

Литература

4. Люкшин Б.А., Панин С.В., Бочкарева С.А., Гришаева Н.Ю., Корниенко Л.А., Люкшин П.А., Матолыгина Н.Ю., Реутов А.И. Компьютерное моделирование и конструирование наполненных композиций // Компьютерное моделирование и конструирование наполненных композиций / Б.А. Люкшин [и др.]; отв. ред. С.А. Зелепугин. Н.: Изд-во СО РАН, 2015. 264 с.
5. Люкшин П.А., Люкшин Б.А., Матолыгина Н.Ю., Панин С.В. Определение эффективных теплофизических характеристик композиционного материала // Физическая мезомеханика. 2008. Т. 11. № 5. С. 103–110.
6. Люкшин Б.А., Шилько С.В., Панин С.В., Машков Ю.К., Корниенко Л.А., Люкшин П.А., Плескачевский Ю.М., Кропотин О.В., Бочкарева С.А., Матолыгина Н.Ю., Черноус Д.А., Гришаева Н.Ю., Реутов Ю.А. // Дисперсно-наполненные полимерные композиты технического и медицинского назначения / Б.А. Люкшин [и др.]; отв. ред. А.В. Герасимов. Н.: Изд-во СО РАН Наука. 2017. 311 с.
7. S.V. Panin, L.A. Kornienko, T. Nguen Suan, L.R. Ivanova, S.V. Shil'ko, Yu.M. Pleskachevskii, N. Vat'yanatepin, Mechanical and tribological characteristics of nano- and microcomposites with UHMWPE–PTFE polymer–polymer matrix // J. Frict. Wear. 2015. Vol. 36. No. 6. pp. 502-508. <https://doi.org/10.3103/S1068366615060124>.