

Получение экспериментальных данных для контакта твердого цилиндра с вязкоупругим телом и возможности их применения в машинном обучении

Антонов Е.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Дорогин Л.М. (ИТМО)

Введение. С развитием технологий трибология вязкоупругих материалов становится крайне важной в таких отраслях, как машиностроение [1], микроэлектроника [2,3], микробиология [4], и т.д. Для оценки параметров напряжения и взаимодействия в случае контакта вязкоупругого тела используется математическое моделирование. Недавно в работе [5] был разработан метод, среди которых есть зависимости динамики напряжения от толщины образца или его жесткости. В этой связи в настоящей работе проводились лабораторные эксперименты по исследованию динамики механических напряжений в контакте вязкоупругого тела с твердым телом в зависимости от толщины вязкоупругого тела или его жесткости. Рассмотрено применение полученных результатов в качестве данных для получения нестрогих предсказаний на основе методов машинного обучения прикладных задач контактной механики.

Основная часть. Были проведены эксперименты по зависимости напряжения в контактной области от таких параметров, как толщина или жесткость образца. Были изготовлены образцы полидиметилсилоксана с низкой среднемолекулярной массой (Виксинт ПК-68), что обеспечило получение материала с низкой работой адгезии, для соответствия условиям моделирования. Для исследования динамики от толщины были изготовлены материалы с соотношением базового реагента к сшивающему 10:1 с толщинами 1,768; 3,537; 7,074; 13 мм (последний образец ограничивался высотой чашки Петри). Для исследования динамики от жесткости материала были изготовлены образцы с одинаковой толщиной (2,947 мм) и соотношениями базового реагента к сшивающему 1:5, 1:10, 1:30, 1:50. Были проведены измерения на экспериментальной установке по измерению по методу JKR (Jonhson-Kendall-Roberts). Стекланный зонд приводился со скоростью 1,56 мм/сек в контакт с образцом, установленным на весы, с силой в ~ 118 Н на 30 секунд с непрерывной записью показаний весов. Данные измерения проводились в количестве 5 шт. на каждый образец. Полученный массив данных изменения веса во время контакта был нормирован (независимо для каждого контакта), и преобразован в набор кривых контактной нагрузки от времени. Полученные результаты допустимы для получения нестрогих предсказаний выходных параметров в виде динамики контактного напряжения и площади контакта в зависимости от входных параметров толщины и модуля сдвига образца с помощью методов искусственного интеллекта.

Выводы. Полученные результаты кривых зависимости контактного напряжения от толщины образца не показывают наличие зависимости. Вероятно, это связано с недостатками выбранного метода измерения. В использованной экспериментальной установке невозможно точно контролировать перемещение зонда, что в рассматриваемой задаче является критичным параметром. Однако, по итогам анализа были получены корректные результаты отрыва тел после контакта, в том числе – работа адгезии. Полученный массив данных может быть использован для получения оценки работы адгезии в случае более широкого набора вариантов таких параметров, как толщина и жесткость (плотность молекулярных связей в сшитом полимере) вязкоупругого материала, на основе неточных предсказаний, полученных методами искусственного интеллекта (машинного обучения).

Благодарности. Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640114 Метод синтеза параметров обработки материалов на основе строгих (математических) и нестрогих (машинных) предсказаний)

Список использованных источников:

1. Zhu H., Zhu W.D., Fan W. Dynamic modeling, simulation and experiment of power transmission belt drives: A systematic review // Journal of Sound and Vibration. 2021. Vol. 491. P. 115759.
2. Cao C. et al. Theoretical model and design of electroadhesive pad with interdigitated electrodes // Materials & Design. 2016. Vol. 89. P. 485–491.
3. He T. et al. On the external pressure capacity of deepwater sandwich pipes with inter-layer adhesion conditions // Applied Ocean Research. 2015. Vol. 52. P. 115–124.
4. Guo S., Zhu X., Loh X.J. Controlling cell adhesion using layer-by-layer approaches for biomedical applications // Materials Science and Engineering: C. 2017. Vol. 70. P. 1163–1175.
5. Petrenko V.G. et al. Green's function molecular dynamics method for contact mechanics with a viscoelastic layer // Materials Physics and Mechanics. 2024. Vol. 52(1). P. 60–68.