

УДК 539.3

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ СИСТЕМЫ СФЕРИЧЕСКИХ ИНДЕНТОРОВ ПО ВЯЗКОУПРУГОМУ ТЕЛУ

© 2011 г.

А.Н. Любичева

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва

lyubicheva@mail.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Проведено численное моделирование процесса скольжения системы инденторов по вязкоупругому материалу. Наконечники инденторов имеют сферическую форму, а расстояние между соседними выступами варьируется, т.е. рассматривается различная плотность пятен контакта. Скольжение происходит по торцевой поверхности толстостенного кольца. Моделирование позволяет провести анализ взаимного влияния соседних площадок контакта на напряженно-деформированное состояние и контактные характеристики. Расчеты проведены для различных значений коэффициента трения, что соответствует взаимодействию в условиях сухого и граничного трения. Параметры модели материала верифицированы по экспериментальным данным, полученным при микроиндентировании.

Ключевые слова: скольжение, вязкоупругость, периодическая система, трение.

Введение

При трении шероховатых поверхностей важно учитывать взаимное влияние соседних пятен контакта на напряженно-деформированное состояние и контактные характеристики. Аналитические модели, которые позволяют оценивать эффект взаимного влияния пятен контакта при взаимодействии тел с регулярным рельефом и вязкоупругого основания, получены в [1, 2]. Применение численных моделей позволит отказаться от ограничений, связанных с использованием модели вязкоупругого основания, индентор моделировать сферой, а не параблоидом, а также проводить более точное количественное сравнение с экспериментальными данными и визуализировать расчеты. Кроме того, при численном моделировании можно получить решение для случая больших деформаций и расширить диапазон рассматриваемых нагрузок.

Моделирование скольжения системы инденторов

Разработан виртуальный стенд для расчета напряженно-деформированного состояния и контактных характеристик при скольжении серии сферических инденторов по торцевой поверхности толстостенного кольца из вязкоупругого материала; высота и ширина кольца составляют 7 мм, внешний и внутренний радиусы 27 и 20 мм. Каждый индентор имеет сферическую форму с

радиусом 3 мм; принято, что инденторы в процессе взаимодействия не деформируются. Количество инденторов определяет плотность пятен контакта и в данном случае может иметь значение от 3 до 25 штук. Нагрузка на каждый индентор и скорость их скольжения варьировалась. Численное моделирование проводилось таким образом, чтобы лабораторный и виртуальный стенды максимально соответствовали друг другу. На рис. 1 приведена схема контакта в случае трех инденторов с симметрией относительно оси z .

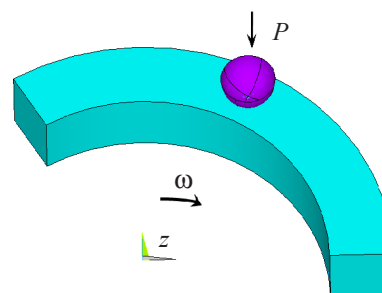


Рис. 1

Проведенные расчеты позволили получить визуализацию процесса скольжения, показали, что давление на площадке контакта распределено не симметрично, а форма площадки не является круговой. Проведен анализ влияния скорости скольжения инденторов и значения коэффициента трения на контактные характеристики.

На рис. 2 показано распределение компоненты вектора перемещений u_z на поверхности вязкоупругого кольца, при этом хорошо просматри-

вается как текущая площадка контакта (максимальные перемещения – синий цвет -0.258), так и остаточный прогиб поверхности от пути трения и первоначального места приложения нагрузки (зеленый цвет -0.124).

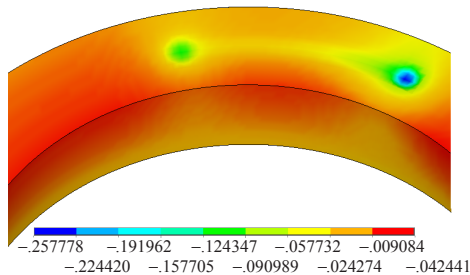


Рис. 2

Верификация модели материала

Параметры модели материала были получены с помощью метода, предложенного в [3]. Для верификации модели проведены расчеты контак-

тных характеристик и кривой нагрузки при индентировании. Проведен анализ влияния качества дискретизации геометрической модели. Изучено влияние значения коэффициента трения на результаты моделирования. Результаты расчетов сопоставлены с экспериментальными данными по микроиндентированию.

Автор выражает благодарность П.А. Москавскому за содействие при подготовке результатов работы и их обсуждение.

Работа выполнена по программе Президента РФ (МК-815.2010.1) и при поддержке РФФИ (грант №09-08-01229-а).

Список литературы

1. Горячева И.Г., Маховская Ю.Ю. // Трение и износ. 1997. Т 18, №1. С. 5–12.
2. Любичева А.Н. // Трение и износ. 2008. Т 29, №2. С. 125–133.
3. Мартынова Е.Д. // Упругость и неупругость / Под ред. И.А. Кийко и др. 2011. С. 394–398.

NUMERICAL SIMULATION OF SLIDING OF SPHERICAL INDENTERS OVER A VISCOELASTIC BODY

A.N. Lyubicheva

A numerical simulation of sliding of a periodic system of indenters over a viscoelastic material is presented. The indenter tips have a spherical shape and the distance between them varies, so that various densities of contact spots are considered. Sliding occurs on the front surface of a thick-walled ring. The model allows analyzing the mutual influence of neighboring contact spots on the stress-strain distribution and the contact characteristics. The calculations are performed for different values of the coefficient of friction, which corresponds to the interaction in dry and boundary friction conditions. The parameters of the material model are verified by experimental data obtained from micro-indentation tests.

Keywords: sliding contact, viscoelastic material, periodic system, friction.