

* *
*

УДК 539.87

DOI: 10.17223/00213411/64/7/81

JINGFANG SHEN¹, SIJIE CHENG¹, SIYAN WANG¹, WENWEI LIU²

МНОГОМАСШТАБНАЯ ФРАКТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЖЕСТКОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ СОЕДИНЕНИЙ *

Характеристика жесткости механических интерфейсов имеет решающее значение для анализа нескольких трибологических моделей поведения. Жесткость различных станков сильно варьируется, особенно для станков с числовым программным управлением. Поэтому целью данного исследования является теоретическая оценка факторов влияния на жесткость стыков суставов. На основе параметров фрактальной шероховатости, не зависящих от масштаба, и теории контактной механики исследована площадь контакта поверхности стыка, предложена многомасштабная модель нормальной контактной жесткости и многомасштабная модель тангенциальной контактной жесткости. Между тем проблема деформации любой контактной шероховатости рассматривается как три отдельных режима. Установлены законы площади-смещения и силы-смещения при упругопластическом режиме. Переход, который находится в механизме деформации шероховатости, согласуется с классической контактной механикой. Анализ результатов численных расчетов показывает приближенную линейную зависимость между безразмерной нормальной нагрузкой и ключевыми параметрами. Эти ключевые параметры были разделены на две основные категории для многомасштабной модели совместных интерфейсов: одно-фрактальные параметры, такие, как фрактальная размерность D и параметр фрактальной шероховатости G , и межфазные параметры. Кроме того, тангенциальная нагрузка и коэффициент трения являются двумя важными факторами тангенциальной жесткости.

Ключевые слова: контактная механика, анализ поверхности, фрактальная теория, контактная жесткость, упруго-пластическая деформация, поверхность стыка.

Введение

Механические соединения широко распространены и играют ключевую роль во многих вопросах, таких, как трение, прилипание, износ, уплотнение, смазка, усталость, теплопередача, динамические характеристики и т.д. Многочисленные исследования показывают, что около 90% статической деформации и большая часть динамической жесткости всего механизма происходят от стыковых поверхностей [1–7]. Теоретически расчет контактной жесткости поверхностей стыков является неотъемлемой частью анализа динамики механизмов и может обеспечить теоретическую основу для повышения точности механизмов путем разумного проектирования и изготовления соответствующей жесткости обработанных поверхностей стыков. Однако контактная жесткость поверхностей соединений не моделируется точно из-за сложных нелинейных характеристик контактной системы.

Правильная характеристика рельефа поверхности имеет решающее значение для создания модели поведения контактной деформации. Гринвуд и Уильямсон (Greenwood and Williamson) [8] использовали статистические методы, чтобы предложить математическую модель, при этом высота поверхности микровыпуклого тела считалась подчиняющейся случайному распределению. Совершенствованием технологии тестирования и методов цифровой обработки сигналов сформировалось три важных параметра: стандартное отклонение высоты поверхности, стандартное отклонение наклона поверхности и кривизна стандартного отклонения. При постоянном улучшении разрешающей способности измерительных приборов топография поверхности обнаруживает значительное самоподобие и отсутствие масштаба в процессе непрерывного усиления. Основными особенностями фрактальной геометрии являются самоподобие и отсутствие масштаба, которые очень хорошо согласуются с характеристиками контура поверхности. В [9] изучено распределение поверхностных микровыпуклых тел и предложена контактная модель WA (Whitehouse and Archard). Что касается модели фрактального контакта, то в 1990-х годах было создано много репрезентативных работ [10, 11]. Используя оптическую интерферометрию и сканирующую тун-

* Исследование было поддержано Национальным фондом естественных наук (№ 11926408), Фондом естественных наук провинции Гуандун (№ 2018A030310667), Научно-технической программой Гуанчжоу (№ 202002030314), Провинциальной программой обучения инновациям и предпринимательству для студентов (№ S202010504228) и Инновационным проектом Национального университета (№ 201910504110).

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>