

УДК 531.43

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА НА ПРИМЕРЕ ПАРЫ ТРЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОРМОЗНОЙ ДИСК – КОЛОДКА

© 2011 г.

А.И. Дмитриев

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
Томский госуниверситет

dmitr@ispms.tsc.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Изучение процессов износа является актуальной сложной и до сих пор нерешенной проблемой механики материалов и материаловедения. Сложность заключается как в разнообразии микромеханизмов, реализуемых при трении и износе, так и в их многомасштабности. Для исследования этого вопроса применены методы компьютерного моделирования. Результаты, полученные в ходе данной работы, могут быть использованы для понимания механизмов, реализуемых при трении, с целью оптимизации свойств фрикционных материалов.

Ключевые слова: метод подвижных клеточных автоматов, фрикционный контакт, пара трения диск – колодка.

Природа многих эффектов, сопутствующих трению и износу, является сугубо динамической, поэтому многие важные данные об этих процессах могут быть получены только во время нагружения. Несмотря на постоянное развитие экспериментальных методов исследования, зона трения, и особенно зона фактического контакта, остаются труднодоступными для изучения непосредственно в процессе испытания. В связи с этим методы компьютерного моделирования могут быть достаточно эффективно использованы для изучения процессов, реализуемых в условиях фрикционного контакта [1, 2]. Результаты, полученные в процессе моделирования, могут составить основу прогнозирования поведения материалов при контактных взаимодействиях и обеспечить в дальнейшем совершенствование триботехнических свойств.

Как известно, в процессах трения и износа в области контакта двух тел происходят интенсивные процессы деформации, генерации и накопления повреждений, а также перемешивания. Моделирование этих процессов наиболее эффективно может быть осуществлено методами, основанными на дискретном описании. Для этой цели использован метод подвижных клеточных автоматов (МСА), который хорошо зарекомендовал себя при решении подобного класса задач [2, 3]. На основе анализа результатов микроскопических и микроаналитических наблюдений были рассмотрены следующие контактные ситуации, весьма характерные для локальных контактов тормозной системы диск – колодка: со стороны колодки – стальное волокно, покрытое нанокристаллическим слоем трения; со стороны диска – перлитная сталь, являющаяся матрицей серого чугуна, так-

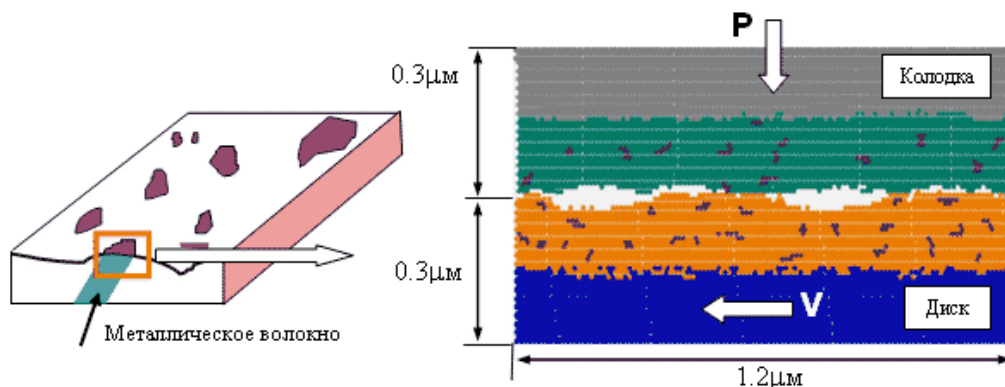


Рис. 1

же покрытая слоем трения. На рис. 1а показано схематическое изображение моделируемого локального контакта на поверхности тормозного диска, а генерируемая при этом в рамках метода МСА моделируемая сборка с ее характерными размерами и начальной структурой приведена на рис. 1б. Состав слоя трения: смесь наночастиц оксида железа Fe_3O_4 и углерода.

Анализ структуры поверхности взаимодействующих материалов показал, что формируемый в процессе относительного движения тел деформируемый слой имеет структуру и свойства, существенно отличные от структуры и свойств в объеме материала. В этом слое происходят интенсивные процессы деформации и разрушения, сглаживание шероховатостей, разрушение существующих и создание новых связей между автоматами, а также перемешивание частиц материалов контактирующих тел. Формирование граничного слоя скольжения может быть рассмотрено как возникновение некоторого третьего тела, обусловленного процессами износа. Очень важным является тот факт, что положение слоя скольжения остается локализованным в пространстве вблизи поверхностей взаимодействующих тел и не рас-

пространяется в более глубокие слои материала.

Обнаружено также, что структура и состав слоя трения на установившемся этапе скольжения существенно зависит от структуры и физико-механических свойств взаимодействующих материалов. В частности, при контакте модельных хрупких материалов – это преимущественно независимые частицы износа, механически перемешиваемые во время относительного движения, а для контакта двух пластически деформируемых материалов граничный слой остается связанным с обоими блоками, однако его структура характеризуется большим количеством дефектов, которые можно интерпретировать как развитие пластической деформации. Изменение режима нагружения также оказывает влияние на характеристики трения. При повышении нормального давления происходит увеличение толщины формируемого слоя трения, который при этом по-прежнему остается локализованным вблизи области контакта. Повышение концентрации частиц твердой смазки способствует стабилизации коэффициента трения.

Некоторые из описанных выше результатов представлены на рис. 2, 3.

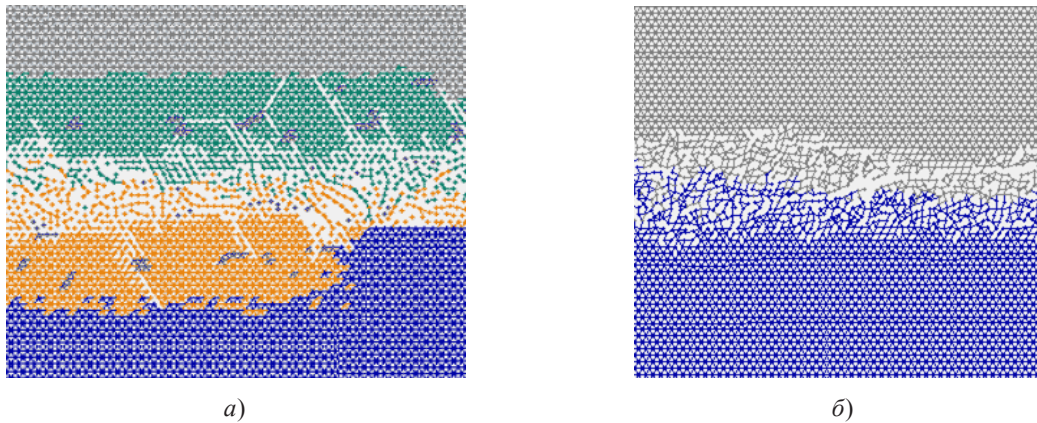


Рис. 2

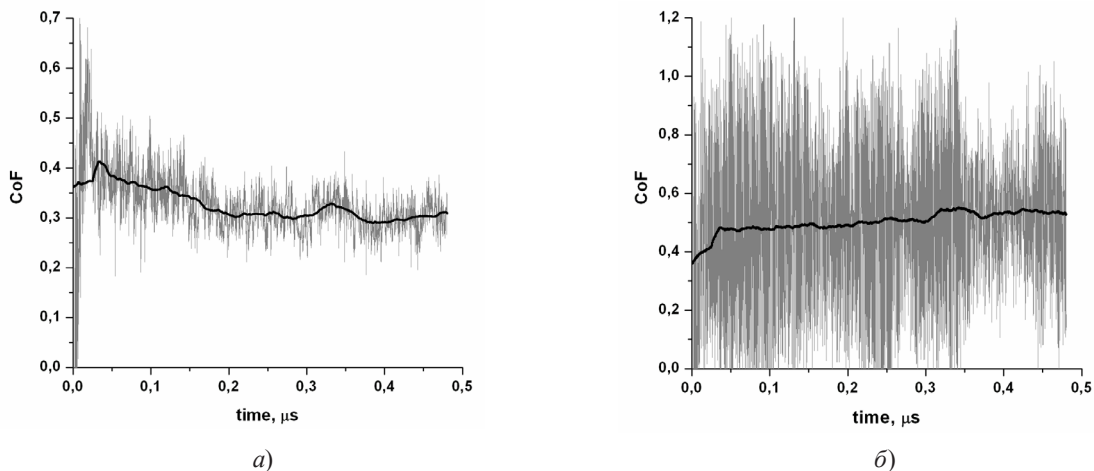


Рис. 3

На рис. 2 изображена структура межавтоматных связей центрального фрагмента: а) контакт хрупких модельных материалов, б) контакт двух пластически деформируемых материалов. На рис. 3 представлен результирующий коэффициент трения при различных концентрациях частиц твердой смазки: а) 27%, б) 5.5%.

Полученные результаты могут быть использованы для понимания механизмов, реализуемых при трении с целью оптимизации свойств фрикционных материалов.

Работа проведена при финансовой поддержке проекта 13.13.3 Программы фундаментальных исследований ОЭМПИУ РАН и интеграционного проекта СО РАН №127.

Список литературы

1. Rubtsov V.E. et al. // Technical Physics Letters. 1998. V. 24, No 3. P. 178–179.
2. Dmitriev A.I. et al. // Tribology International. 2006. V. 39, No 5. P. 444–449.
3. Psakhie S.G. et al. // Theoretical and applied fracture mechanics. 2001. V. 37, No 1–3. P. 311–334.

MODELING THE LOCAL FRICTIONAL CONTACT USING THE EXAMPLE OF A FRICTION PAIR: AUTOMOTIVE BRAKE PAD – DISC

A.I. Dmitriev

Study of the wear process is relevant, challenging and still unsolved problem of mechanics of materials and material science. The complexity of the problem is explained by diversity of micromechanisms implemented in friction and wear, and by their multiscale. To investigate this issue, computer simulation methods are used in the paper. The results obtained in this work may be used for understanding the mechanisms implemented during friction in order to optimize the properties of friction materials.

Keywords: movable cellular automata method, frictional contact, frictional pair discs–pad.