



Ассоциация технологов-машиностроителей Украины  
Академия технологических наук Украины  
Институт сверхтвердых материалов  
им. В.Н. Бакуля НАН Украины  
ООО «НПП РЕММАШ» (Украина)  
ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Украина)  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт» (Украина)  
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта  
ГП «Харьковский государственный орган сертификации  
железнодорожного транспорта» (Украина)  
Белорусский национальный технический университет (Беларусь)  
Ассоциация инженеров-трибологов России  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН  
Издательство «Машиностроение» (Россия)  
ООО «Композит» (Россия)  
Каунасский технологический университет (Литва)  
Машиностроительный факультет Белградского  
университета (Сербия)

## ***ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ И РЕНОВАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ***

*Материалы 12-й Международной  
научно-технической конференции*

*(04–08 июня 2012 г., Крым, г. Ялта)*

Киев – 2012

**Инженерия поверхности и реновация изделий:** Материалы 12-й Международной научно-технической конференции, 04–08 июня 2012 г., г. Ялта.– Киев: АТМ Украины, 2012.– 368 с.

### **Научные направления конференции**

- Научные основы инженерии поверхности:
  - материаловедение
  - физико-химическая механика материалов
  - физикохимия контактного взаимодействия
  - износо- и коррозионная стойкость, прочность поверхностного слоя
  - функциональные покрытия и поверхности
  - технологическое управление качеством деталей машин
  - вопросы трибологии в машиностроении
- Технология ремонта машин, восстановления и упрочнения деталей
- Метрологическое обеспечение ремонтного производства
- Экология ремонтно-восстановительных работ
- Сварка, наплавка и другие реновационные технологии на предприятиях горнометаллургической, машиностроительной промышленности и на транспорте

**Материалы представлены в авторской редакции**

© АТМ Украины,  
2012 г.

распределений дает возможность определить места локализации деформации и зарождения сдвиговой неустойчивости.

Полученные в работе графики отражают распределения компонент деформации по сечениям пятна контакта и свидетельствуют о неоднородности деформации, как по сечениям образца, так и во времени. Сложный характер этих зависимостей определяется как сложной схемой нагружения, так и формой пятна контакта, которая меняется в ходе эксперимента. Из сравнения распределений компонент деформации с распределениями, полученными расчетными методами или моделированием можно сделать вывод о том, что данный метод дает значительно более богатый материал для анализа деформации при контактировании.

**Выводы.** Приведенные в работе данные о неоднородности распределения сдвиговой деформации по глубине от поверхности и во времени подтверждают, что материал подповерхностном слое деформируется крайне нестационарно во времени и неоднородно по глубине, что в дальнейшем приводит к реализации условий возникновения сдвиговой неустойчивости и наступления режима катастрофического разрушения поверхности.

*Работа выполнена по Проекту III.20.2.4. «Изучение механизмов трения и эволюции структуры поверхностных слоев металлов, сплавов и композиционных материалов в различных условиях фрикционного контакта на основе многоуровневого подхода» Программы III.20.2. «Научные основы создания материалов и покрытий с неравновесными структурно-фазовыми состояниями на основе многоуровневого подхода» и при поддержке РФФИ (грант 10-08-00629)*

*Тимофеев С.С.* Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,  
Харьков, Украина

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР ТРЕНИЯ**

Повысить эксплуатационные свойства возможно за счет применения различных технологических процессов, которые обеспечивают на поверхности деталей защитные покрытия. Формирование на поверхности изделий многослойных покрытий позволяет в очень

широком диапазоне варьировать свойства по заданному закону по мере изнашивания поверхностных слоев. Несмотря на высокие эксплуатационные свойства получаемых в атмосфере перегретого пара водного раствора солей многослойных покрытий, для прецизионных пар трения этот метод не может быть применен, так как толщина покрытий превышает допустимые нормы.

Тонкие пленки, обладающие высоким качеством, получают методом плазмоактивированного химического осаждения из газовой фазы. Один из недостатков этого метода – процесс осаждения, как правило, протекает при температурах, превышающих температуру отпуска обрабатываемых сталей.

Уникальными физико-механическими свойствами обладают покрытия, получаемые вакуум-плазменной технологией, в частности, методом конденсации при ионной бомбардировке. К достоинствам этого метода следует отнести не только его универсальность по отношению к обрабатываемым материалам и материалам покрытия, но и возможность влиять в процессе формирования пленки на ее структуру и, следовательно, на свойства поверхности.

Методы вакуум-плазменного напыления являются более эффективными при формировании тонко пленочных покрытий. Покрытия, получаемые этим методом, обладают высокой адгезией к большинству материалов. Варьируя материалами катодов и газ-реагентов, можно получать покрытия с высокой твердостью, что необходимо при создании износостойких слоев, либо покрытия с высокими антифрикционными свойствами. Следует отметить, что данная технология позволяет формировать защитный слой в течение одного технологического цикла в одном оборудовании.

В то же время получение многослойного покрытия до сих пор осуществлялось поэтапно, с помощью многократной обработки. Такое формирование многослойных покрытий значительно усложняет технологический процесс, возрастает длительность процесса при невысокой производительности. Это приводит к тому, что промышленное нанесение покрытий с числом слоев выше трех становится нерентабельным. Опыт нанесения однослойных покрытий с заданными распределением компонентов по толщине, формирование которых осуществляется в течение одного технологического цикла в литературе встречался редко.

Таким образом, используя различные по химическому составу вставки в металлическую матрицу, можно получать покрытия, об-

ладающие определенными свойствами. Покрытия, содержащие сульфид молибдена отличаются наиболее высокими антифрикционными свойствами. Опыт нанесения сульфидов молибдена методами вакуум-плазменной технологии отсутствует как в отечественной, так и в зарубежной практике. Это объясняется тем, что дисульфид молибдена представляет собой сыпучий материал с низкой электрической проводимостью, что не позволяет применять его для изготовления катодов. Была разработана технология изготовления комплексного катода с содержанием дисульфид молибдена.

Антифрикционные покрытия, содержащие дисульфид молибдена, наносились на стальные и чугунные образцы, и формирование покрытий производилось как в вакууме, так и в атмосфере азота, толщина покрытий от 1 до 5 мкм.

Проведенные исследования на трение и изнашивание показывают, что антифрикционные свойства прецизионных пар трения резко возрастают при нанесении тонкопленочных покрытий (1–2 мкм), содержащие дисульфид молибдена. Коэффициент трения покрытий достаточно низок и незначительно изменяется при увеличении давления в контакте трения. Низкое значение коэффициента трения взаимодействующей пары сохраняется длительное время и после истирания антифрикционного покрытия, что обусловлено не только ионной имплантацией дисульфида молибдена в приповерхностную область, то есть матрицу, обрабатываемого металла, но и насыщением поверхности металла молекулами этого соединения в процессе эксплуатации прецизионной пары трения.

*Тимофеева Л.А., Геворкян Є.С., Мельник О.М.*  
Українська державна академія залізничного  
транспорту, Харків, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКІВ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ ТА ЦИРКОНІЮ**

У сучасних технологічних процесах, які використовують операції різного термомеханічного впливу, широке поширення одержали пристрої з елементами на основі корундової кераміки сполуки  $Al_2O_3$ . По-

<i>Соколов В. А., Мирошниченко О. М., Котли М. А.</i> СВАРКА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ ДЕТАЛЕЙ С ЗАКЛАДНЫМИ НАГРЕВАТЕЛЯМИ	276
<i>Соловых Е.К.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПРОЧНЯЮЩИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ	279
<i>Стрельцов В.В., Бугаев А.М.</i> ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН	281
<i>Стрельцов В.В., Бугаев А.М., Филимонов Д.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДИСКОВ СОШНИКОВ СЕЯЛОК	283
<i>Тарасов В.В., Сивцев Н.С., Козлова К.Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ТРЕНИЯ ПРИ ВЫГЛАЖИВАНИИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	284
<i>Тарасов С.Ю., Рубцов В.Е, Горбатенко В.В.</i> МАКРОМАШТАБНАЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ТРЕНИИ	288
<i>Тимофеев С.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР ТРЕНИЯ	290
<i>Тимофеева Л.А., Геворкян Є.С., Мельник О.М.</i> ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКІВ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ ТА ЦИРКОНІЮ	292
<i>Тимофеева Л.А., Федченко І.І., Волошина Л.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ НА ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ	294
<i>Титаренко В.И., Лантух В.Н., Егоров С.В., Юрик С.А.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ НА МОДЕРНИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ НАПЛАВОЧНОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	297