

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

21 - 25 сентября 2015 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОДНОСЛОЙНЫХ И ГРАДИЕНТНО-СЛОИСТЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ti-AL-SI-CR-MO-S-N

Овчинников С.В., Коротаев А.Д., Пинжин Ю.П.

*Институт Физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
ovm@spti.tsu.ru, korotaev@phys.tsu.ru, pinzhin@phys.tsu.ru*

Для синтеза износостойких покрытий актуальной задачей является снижение силы трения в контакте при сохранении высокой несущей способности, вязкости разрушения и долговечности покрытия в широком температурно-силовом диапазоне воздействия. Решение отмеченной задачи возможно за счёт формирования нанокompозитной структуры при градиенте элементного, фазового состава и структуры, обеспечивающих совместность деформации покрытия и подложки, высокую вязкость разрушения поверхностных слоёв и эффективное торможение трещин в объёме покрытия.

С нашей точки зрения, перспективной системой элементов для соответствия данным требованиям является система Ti-Al-Si-Cr-Mo-S-N ввиду, во-первых, возможности контроля прочности покрытия за счёт регулирования степени дисперсности структуры и твердорастворного упрочнения; во-вторых, за счёт снижения нагрузки в контакте и релаксации напряжений (росте вязкости разрушения) при выделении частиц мягкой фазы дисульфида молибдена. Реализация отмеченных возможностей определяется условиями осаждения. В этой связи в работе исследованы структура и свойства покрытий отмеченной системы, полученных в различных условиях синтеза. Покрытия осаждали несбалансированным магнетронным распылением мишеней титана (сплав ВТ 1-0) и сплава Al-Si-Cr-Mo-S различного состава при изменении потенциала смещения на подложке или мощности распыления.

Установлено, что используемые условия синтеза определяют формирование покрытий с различной структурой: однородных однослойных со столбчатыми зёрнами размерами несколько десятков нм или нанокристаллических с размерами кристаллов 5-7 нм; градиентно-слоистых покрытий, сочетающих оба типа отмеченных выше структурных состояния. Показано, что рост потенциала смещения на подложке приводит к преимущественному распылению атомов Mo и S с поверхности покрытия. При синтезе однослойных столбчатых покрытий обнаружено на стадии зарождения покрытия изменение механизмов его роста, выраженное в формировании зоны перехода от нанокристаллического (вблизи подслоя) состояния с равноосными зёрнами к наностолбчатой структуре.

Электронно-микроскопическими исследованиями упруго-напряжённого состояния в отдельных нанокристаллах однослойного покрытия показано наличие в них высокого (сотни град. на мкм) изгиба-

кручения кристаллической решётки и локальных остаточных напряжений величиной до $E/50$ (E – модуль Юнга). Сопоставлением данных о размерах нанокристаллов в покрытиях различных систем элементов установлено, что введение в состав Mo и S при снижении потенциала смещения эффективно уменьшает эти размеры в 2-3 раза. Для покрытий с комбинированной структурой выявлено, что повышение концентрации нерастворимых легирующих элементов приводит к изменению структуры от грубодисперсной наностолбчатой (диаметр зёрен до 50 нм) через высокодисперсную столбчатую (диаметр до 15-20 нм) к нанокристаллическому состоянию с равноосными зёрнами до 10 нм. Обнаружено, что неоднородность скорости роста отдельных участков покрытия в столбчатой структуре инвертируется в нанокристаллическом состоянии.

Установлено, что изменение в зависимости от типа покрытия твёрдости, когезивной, адгезионной прочности и износостойкости различно – наиболее твёрдые однослойные покрытия со столбчатой структурой, тогда как однослойные нанокристаллические – наиболее мягкие; нагрузки, соответствующие когезивному разрушению, адгезионному отслоению и износостойкость максимальны для однослойного нанокристаллического покрытия. Показано, что покрытие с комбинированной структурой при промежуточных значениях твёрдости и критических нагрузок характеризуется максимальным значением способности нести нагрузку в скрэтч тесте – сохраняется на поверхности подложки до максимально нагрузки 120 Н. На основе приведённых данных обсуждаются возможные соотношения элементного состава, параметров кристаллической решетки, дефектной структуры и свойств материала покрытий.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы и программы повышения конкурентоспособности Томского государственного университета.

**НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДИНАМИКИ
ДЕГРАДАЦИИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ БИОКОМПОЗИЦИЙ
С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ**

Масталыгина Е.Е., Колесникова Н.Н., Попов А.А., Ольхов А.А.
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия
elena.mastalygina@gmail.com

Одним из перспективных направлений решения проблемы полимерных отходов является производство композиционных материалов на основе полиолефинов и различных добавок, способных к биодegradации в условиях окружающей среды. Введение в полиолефины