

ятно достижение предельного изотропного разрушения структуры при значительных градиентах скорости. На практике это означает, что энергетически затруднен процесс разрушения агрегатов частиц и их равномерного распределения по объему дисперсионной среды.

Литература

1. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Под ред. У. Цоррля – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Бирик Е.Е. Уравнения реологии концентрированных суспензий // ЖПХ - 2005. - Т. 78. - № 2. – С. 219-223.
3. Кажуро И.П., Кошевар В.Д., Бычко Г.В. Водно-дисперсионная антикоррозионная грунтовка. Патент № 13631 Беларусь, МПК С 09 D. Заявл. 06.02.2009, опубл. 23.06.2010
4. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А., Ремизов С.В. Реология структурированных дисперсных систем // Вестн. моск. ун-та. Сер. 2. Химия – 2006. - Т. 47 - № 6. – С. 393-397.
5. Щукин Е.Д, Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 352 с.
6. Мельников В.Г. Реологические уравнения состояния пластичных смазок // Мир нефтепродуктов. – 2009, № 6. – С. 20-25.
7. Кирсанов Е.А., Ремизов С.В., Новоселова Н.В., Матвеев В.Н. Физический смысл реологических коэффициентов в обобщенной модели Кэссона // Вестн. моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2007. – Т. 48, № 1. – С. 22-26.
8. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М.: Химия, 1980. – 320 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ НОВОГО КЛАССА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЛЕГИРОВАННОГО ПРИМЕСЯМИ НИТРИДА ТИТАНА, НАНЕСЕННЫХ МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Бурмаков А.П.¹, Комаров Ф.Ф.¹, Константинов С.А.¹, Пилько В.В.¹,
Пилько В.В.²

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Объединенный институт энергетических и ядерных исследований «Сосны»
НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Использование интенсивных корпускулярных потоков в настоящее время обеспечивает осуществление целенаправленной модификации свойств поверхностного слоя основных конструкционных металлов и сплавов, а также позволяет создавать на их поверхности новые наноструктурированные слоистые структуры с уникальными параметрами [1]. На широком классе металлов, сплавов и изделий из них продемонстрировано существенное улучшение таких эксплуатационных характеристик, как коэффициент трения, износостойкость, коррозионная и термическая стойкость при уменьшении размера зерна покрытия.

В качестве материала основы для изготовления композиционных мишеней был использован мелкодисперсный порошок титана, содержащий, согласно техническим условиям, не более 0,3 % посторонних примесей, и, в качестве легирующей примеси (X), особо чистые порошки хрома, кремния и алюминия. Концентрация примесей варьировалась от 8 до 50 атомных процентов. Диски диаметром 49,6 мм и толщиной до 6 мм были спрессованы методом взрывной компрессии в Институте порошковой металлургии НАН Беларуси.

Для магнетронного нанесения пленок была использована вакуумная установка типа УРМ 327. Управление расходом азота осуществлялось системой, состоящей из спектрометра S100, персонального компьютера и контроллера обратной связи в реальном масштабе времени по одному из оптических алгоритмов [2].

Контроль качества подготовки подложек и состава слоев осуществлен методом резерфордовского обратного рассеяния (РОР) высокоэнергетичных ионов гелия с энергией 1,3 – 1,5 МэВ. Из анализа спектров РОР, представленных на рисунке 1 в качестве примера, установлено, что соотношение концентраций компонент в распыляемой мишени, при условии отпыля поверхностного слоя, с достаточно высокой степенью точности может быть перенесено на соотношение атомных концентраций компонент в слое, а распределение компонент по глубине слоя при точной дозировке либо избытке реактивного газа однородно и позволяет предположить однородность структуры слоя.

Эксплуатация изделий со сверхтвердыми пленочными покрытиями TiN-X в условиях фрикционного износа требует высокой адгезии этого покрытия. Известно [1], что адгезионная прочность пропорциональна ширине переходного слоя между металлической поверхностью и материалом пленки. При значительной ширине переходного слоя отсутствует локализация механических напряжений на границе пленка - подложка, которая уменьшает адгезионную прочность. В случае формирования пленки TiN-X высокую ее адгезию на металлической поверхности можно получить путем формирования следующей структуры: металлическая подложка – слой Ti-X – слой TiN_Y-X, в котором величина Y плавно растет по толщине слоя от «0» до «1» - пленка TiN-X. В этой структуре слой Ti-X играет роль адгезионного, а широкий промежуточный слой TiN_Y-X позволяет делокализовать механические напряжения между металлом и покрытием.

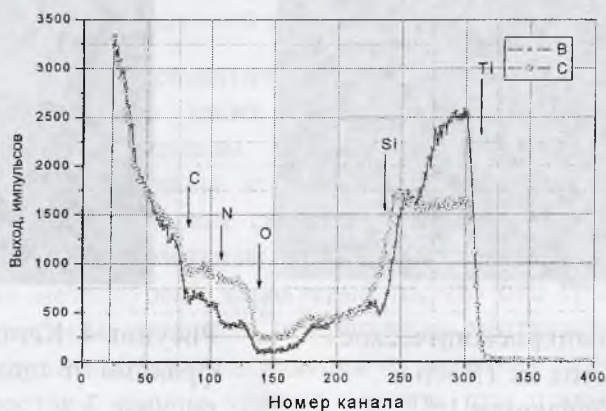


Рис. 1. Спектры РОР ионов гелия с энергией 1,3 МэВ от тонких слоев -TiN-Si, осажденных на поверхности графитовой подложки В и С –режимы с дефицитом и избытком реактивного газа, соответственно

Пример реализации градиентного распределения азота по толщине слоя иллюстрируется спектром РОР на рисунке 2.

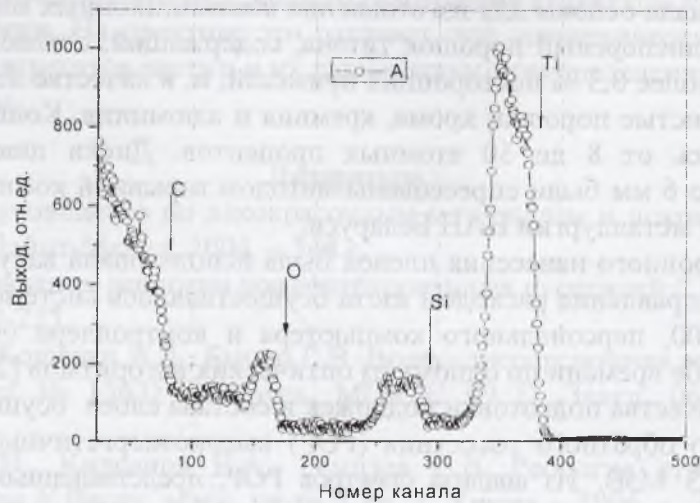


Рис. 2. Спектр ROP ионов гелия с энергией 1,5 МэВ от углеродной подложки с переходным покрытием; время осаждения переходного слоя равно 240 с

Видно, что использование оптических алгоритмов [2] позволяет за достаточно короткое время реализовать переход от композита Ti-Si к слою TiN-Si

Анализ морфологии и фазового состава слоев проводили с помощью просвечивающего электронного микроскопа HITACHI –H800. Полученные электронно-микроскопические изображения, пример которых представлен на рисунке 3, показали, что отдельные кристаллиты компонент покрытия не могут быть отображены используемой методикой, что свидетельствует о нанокристаллической однородной микроструктуре. Типичная картина дифракции электронов от наноструктурированного слоя представлена на рисунке 4.

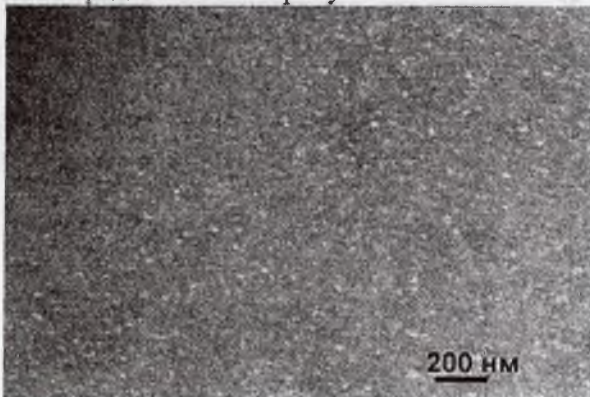


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение покрытия из TiN-Si с отношением Ti/Si, близким к 1,5

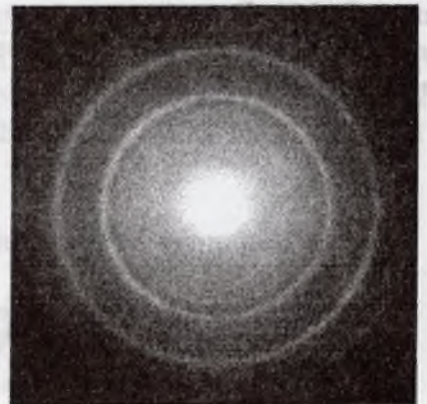


Рисунок 4. Картина электронной дифракции от слоя, представленного на рисунке 3

Исследование трибомеханических свойств образцов наноструктурированных покрытий осуществлено специально разработанным для этих целей методом «диск на плоскости» путем сравнительных измерений износостойкости образцов нержавеющей стали 12X18H9Т с покрытием из легированного примесями нитрида титана и стали без покрытия. Измерения проведены для легированных кремнием, алюминии-

ем и хромом покрытий из нанокристаллического нитрида титана толщиной 1 - 2 мкм, нанесенных магнетронным методом на поверхность нержавеющей стали. Нагрузка на узел трения 0,1 Н, длительность процесса износа 1000 секунд, контртело – диск из нержавеющей стали диаметром 60 мм, лубрикант –этанол. Величина объемного износа стали составляла в этих условиях $1500\ 000 \div 1680\ 000$ мкм³, а для стали, защищенной покрытиями TiN-Al, TiN-Si- и TiN-Cr износ составил 4800, 4750 и 3800 мкм³, соответственно.

Суммируя результаты исследования, можно сделать заключение, что при использовании легированных примесью композиционных мишеней для нанесения покрытий на основе нитрида титана с помощью контролируемого магнетронного распыления в атмосфере аргона с добавлением азота по алгоритму [2] формируются однородные по структуре стойкие к износу наноструктурированные слои.

Литература

1. В.М.Береснев, Ф.Ф.Комаров, А.И.Купчишин, А.Д.Погребняк, М.К.Калышканов. Наноматериалы, нанопокртытия, нанотехнологии / Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанский Региональный Университет, 2010, 157 с.
2. Достанко, А.П. Интенсификация процессов формирования твердотельных структур концентрированными потоками энергии /А.П. Бурмаков и др. Монография под общ. ред. А.П. Достанко и Н.К. Толочко. – //Минск: Бестпринт, 2005, 682 с.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПЛАКИРОВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ Al_2O_3-Co ,

WC-Co

Сарасеко М.Н.¹, Шибкова Н.Ф.¹, Алексеенко Н.А.²

¹Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь

²Институт порошковой металлургии НАН Беларуси

В настоящее время развитие порошковой металлургии определяет достигнутый уровень свойств таких новых неорганических материалов, как тугоплавкие жаропрочные сплавы и соединения, коррозионностойкие и износостойкие материалы, сплавы с высокими демпфирующими свойствами, различного рода электротехнические сплавы, материалы для специальных систем биологической защиты, чистые металлы.

Для порошковой металлургии характерно то, что она сравнительно свободно позволяет, с одной стороны, создавать гетерогенные материалы — композиты, а с другой — получать крупногабаритные изделия из сложных сплавов, гомогенных по своей структуре и составу, что не удается сделать при производстве сплавов по слитковой технологии.

Металлокерамические сплавы обладают особенно высокой твердостью. При их создании используются методы порошковой металлургии. Процесс изготовления сводится к следующему: мелкий порошок тугоплавкого карбида или оксида и мелкий порошок связующего металла кобальта или никеля перемешиваются и затем прессуются в соответствующих формах. Спрессованные пластины спекаются при