

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мамонтовой Екатерины Павловны «Исследование геометрических и физико-технологических факторов формирования многокомпонентных твердосмазочных покрытий TiN-Me магнетронным распылением», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Мамонтовой Е.П. посвящена исследованиям и разработке перспективных твердосмазочных покрытий (ТСП). Твердые смазочные материалы и покрытия имеют важное значение в эксплуатации аэрокосмической техники. Это связано с их эксплуатацией в условиях перепада температур, в вакууме и атмосфере, при высокой температуре и т.д., то есть там, где применение жидкой смазки невозможно.

В аэрокосмической отрасли широко используется дисульфид молибдена (MoS_2) и материалы с низкой прочностью на сдвиг, такие как Pb, In, Cu, Ag, графит, обладающие низким коэффициентом трения ($\sim 0,01-0,1$), но при этом имеющие низкий ресурс. Поэтому для улучшения трибологических свойств ТСП в настоящее время используются композиционные покрытия, состоящие из твердой матрицы и смазочного материала. Для их нанесения все более широко применяется магнетронное напыление. Метод позволяет управлять микроструктурой покрытий, изменять фазовый состав и кристаллографическую ориентацию, что создает механизм регулирования в широком диапазоне свойств покрытий. Постоянное совершенствование метода позволило расширить области его применения и дало возможность контролировать состав и дизайн покрытий. Однако экстремальные условия эксплуатации ТСП предъявляют к ним все более высокие требования. Поэтому тема данной работы, посвященной исследованиям перспективных композитных ТСП безусловно актуальна.

Научная новизна работы

Научная новизна результатов диссертационной работы Мамонтовой

Е.П. заключается в следующем:

1. Впервые показано, что геометрия процесса напыления влияет на фазовый состав магнетронных покрытий TiN-Pb.
2. Установлены режимы напыления покрытий, дающие спектр структурно-фазовых состояний, включающий столбчатые, столбчато-наноструктурные, бестектурные и композитные наноструктурные покрытия TiN-Pb с различным содержанием (3 – 13%) Pb.
3. Установлена корреляция параметров процесса образования межкристаллитных пор при напылении покрытия TiN-Cu/In-Sn со скоростью вращения подложки.
4. Обнаружено значительное влияние направления вращения образцов относительно магнетронов на трибологические характеристики покрытий системы TiN-Cu/In-Sn. В частности, показано, что при испытаниях в режиме возвратно-поступательного износа наименьший коэффициент трения (~0,15) показали покрытия с последовательностью осаждения слоев TiN-Cu/In-Sn, сформированные при скорости вращения 2 об/мин.
5. Нагрев образца с последовательностью осаждения слоев TiN-In-Sn/Cu до 200 °С привел к повышению износостойкости покрытия в 5 раз по сравнению с показателями, полученными при испытании покрытия без нагрева.

Практическая значимость работы:

1. Разработан способ получения твердосмазочных покрытий на основе магнетронного распыления мишеней Ti, Pb, Cu, In-Sn отдельных магнетронов.
2. Получено опытное экологичное (отсутствие свинца) твердосмазочное покрытие TiN-In-Sn/Cu с повышенной износостойкостью.
3. Разработана установка для проведения опытных работ по оптимизации состава и свойств многокомпонентных покрытий.
4. Результаты работы использованы при нанесении износостойких покрытий на режущий инструмент для применения в процессах изготовления вакуумного технологического оборудования в ООО «ИТЦ «Микрон».

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается необходимым объемом экспериментальных исследований, применением комплекса современных методов исследований и испытаний, использованием сертифицированного оборудования, воспроизводимостью результатов измерений.

Соответствие автореферата диссертации

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Автореферат дает правильное и всестороннее представление о проделанной работе, содержит в кратком виде необходимую информацию, характеризующую полученные результаты, основные положения и выводы диссертации.

Публикации. Результаты диссертационной работы опубликованы в 22 печатных изданиях, из которых 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, и 5 статей, индексируемых в международной системе цитирования Scopus.

Апробация результатов работы.

Основные результаты диссертации, выносимые на защиту, докладывались на 12-ти Международных и Всероссийских конференциях

Объем и структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 161 наименования и приложения. Работа содержит 153 страницы машинописного текста, 42 рисунков, 14 таблиц, 1 приложения.

По содержанию и оформлению диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Полученные результаты по TiN-Pb пленкам хорошо было бы сравнить с данными по структуре и механическим свойствам TiN пленок без Pb, напыленных при тех же режимах.
2. Объемные проценты содержания Pb определяют механические свойства композитов, а не ат.% (таблица 11 диссертации).
3. Каков механизм влияния скорости вращения подложки на структуру покрытий TiN-Cu/In-Sn? Происходит ли здесь укупорка? Стр. 121.
4. Зачем нужно содержание Cu – 50% в покрытии TiN-Cu/In-Sn ? – стр. 118.

Приведенные замечания в целом не меняют общего положительного впечатления о представленной диссертационной работе. Тема диссертации соответствует заявленной специальности, а полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам работы. Диссертация выполнена

на актуальную тему, обладает научной новизной, практической ценностью, является самостоятельной и законченной научно - исследовательской работой, в которой решена важная задача по управлению составом, структурой и трибологическими характеристиками твердосмазочных покрытий системы TiN-Me, где Me – мягкие металлы, на основе научно обоснованных технических и технологических решений.

Диссертационная работа удовлетворяет критериям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Мамонтова Екатерина Павловна, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Официальный оппонент кандидат технических наук, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

20.11.2023



Ткаченко Никита Владимирович

Подпись к.т.н., Ткаченко Н.В. удостоверяю

Заместитель директора НИИЯФ МГУ



Д.Ф.М.Н., Еременко Д.О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына

Почтовый адрес; 119234, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2

Тел.: +7 (495) 939-18-18

E-mail: info@sinp.msu.ru