

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Павлова Юрия Сергеевича «Исследование состава, структуры и свойств магнетронных твердосмазочных покрытий TiN-Pb», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Твердые смазочные материалы и покрытия широко применяются в космической технике для аппаратов, работающих в вакууме. В космической технике используются твердые смазочные покрытия из мягких металлов – Pb, Cu, Ag, In, Sn и графит. Такие материалы обладают низким коэффициентом трения, однако имеют низкую износостойкость, что существенно ограничивает срок службы какого-либо узла космического аппарата, а так же время его активной работы на орбите.

В настоящее время в современной космической отрасли стоит задача по созданию космических кораблей многоразового использования и орбитальных станций с большим сроком службы, следовательно, к свойствам и эксплуатационному ресурсу твердосмазочных покрытий (ТСП) предъявляются повышенные требования.

Одной из перспективных концепций создания ТСП с повышенными свойствами является разработка композиционных покрытий, состоящих из твердой матрицы и смазочного материала.

В этой связи диссертационная работа Павлова Юрия Сергеевича, посвященная исследованию состава, структуры и свойств композиционных магнетронных твердосмазочных покрытий TiN-Pb, является актуальной.

В диссертационной работе Павлова Юрия Сергеевича впервые показано, что фазовый состав магнетронных покрытий TiN-Pb определяется в основном током на Pb (свинцовом) катоде, расходом азота и, при использовании ионного ассистирования, параметрами ионного пучка.

Установленная корреляция текстуры с микротвердостью магнетронных покрытий TiN-Pb на ВТ6 и стали 12Х18Н10Т проявляется в резком снижении

твердости покрытий и в трехкратном увеличении полусной плотности (111) при увеличении отношения потоков Ar и N₂ от 2,08 до 4,3.

В результате проведения научно-исследовательской работы выявлен эффект низкотемпературного ионного азотирования титановой подложки, происходящий по механизму захвата N₂ подложкой, а также имплантацией азота как в виде атомов отдачи при напылении свинца, так и при ионном ассистировании, и приводящий к более высокой твердости исследуемых покрытий (TiN-Pb) на титановом сплаве ВТ6 по сравнению с покрытиями на стали марки 12Х18Н10Т.

Установлено, что коэффициент трения монослойного покрытия TiN-Pb, полученного со-распылением отдельных магнетронов, меньше коэффициента трения многослойного покрытия TiN-Pb и составляет 0,2, оставаясь практически неизменным до 30 тысяч циклов.

В результате проведенных исследований получено опытное ТСП системы TiN-Pb с повышенной износостойкостью, разработан способ его получения магнетронным со-распылением отдельных мишеней Ti и Pb с ионным ассистированием.

Лабораторное оборудование, разработанное и использованное для исследований состава и свойств ТСП на основе TiN-Pb, может быть использовано для изготовления различных по составу и строению ТСП методом магнетронного напыления.

В ходе выполнения работ разработана схема плазменной очистки подложек и внутрикамерных поверхностей повышенной эффективности.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением современных методов и стандартных методик исследования поверхности материалов, сертифицированного и поверенного измерительного оборудования с лицензионным программным обеспечением, необходимым и достаточным количеством экспериментального материала, воспроизводимостью результатов измерений.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Аморфизация TiN при токе на Pb катоде 0,2 А за счет изменения механизма формирования нитрида описана слишком кратко – стр. 49.
2. Значения толщин покрытий, представленных на рис. 16 б для различных режимов напыления, не соотносятся с токами катодов магнетронов, представленных в таблице 2 для этих же режимов. Объяснения этого эффекта в тексте диссертации нет.
3. Не указаны температуры подложек при разных режимах напыления.
4. По тексту встречаются стилистические огрехи, например – один и тот же материал называется по-разному Inconel X-750 или NCX750.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации.

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения в области создания твердосмазочных покрытий.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 5 научно-технических конференциях, опубликованы в 12 печатных работах, в том числе в двух статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и в пяти статьях, регистрируемых в базе данных Scopus.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в различных отраслях промышленности, в частности в авиационной и космической технике.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Павлов Юрий Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Официальный оппонент

Смирнова Анастасия Николаевна

Начальник отдела 1620 «Ионно-вакуумные покрытия и модифицирование поверхности», АО «Национальный институт авиационных технологий»

к.т.н.



(подпись)

Смирнова Анастасия Николаевна

24.11.2022 г

Подпись Смирновой Анастасии Николаевны удостоверяю

Первый заместитель генерального директора
(должность)

Плихунов Виталий Валентинович
(Ф.И.О.)



Адрес организации: 117587, г. Москва, ул. Кировоградская, д. 3

АО «Национальный институт авиационных технологий»

Электронный адрес: <http://www.niat.ru/>

Телефон: +7 (495) 312-30-27