

Федеральная целевая программа
«Исследования и разработки по приоритетным
направлениям развития научно-технического
комплекса России на 2014-2020 годы»

Соглашение
№ 14.582.21.0005 от 03.10.2014

на период 2014-2016 гг.

Тема: Разработка технологии нанесения тугоплавкого инертного нанодиффузионного покрытия методом химического парофазного осаждения, применяемой для изделий сложной формы, имеющих полости

Руководитель проекта: ген. Директор Балдаев Л.Х.

Индустрия наносистем

Участники проекта

Получатель субсидии: ООО «НПО «Защитные покрытия»



- Основное направление деятельности - проведение научных исследований и опытно-конструкторских работ, разработка новых технологий, материалов и покрытий для защиты от коррозии, окисления и износа
- Выполнены СЧ НИОКР для Уфимского моторостроительного производственного объединения, ОАО филиал ОКБ им. А.Люльки, ЗАО «НП-Атом», ЗАО «Плакарт», ООО «ТСЗП»
- Численность компании-20 человек, из них 2 к.т.н.

Индустриальный партнер: ОАО «Авиадвигатель»

● ОАО «Авиадвигатель – конструкторское бюро по разработке газотурбинных двигателей для авиации, а также промышленных газотурбинных установок и электростанций на базе авиационных технологий.



Участники проекта

Соисполнители:

- ООО «Технологические системы защитных покрытий»
разработка технических требований и эскизных проектов лабораторных установок, исследование качества покрытий



- МГУ им. М.В. Ломоносова
синтез прекурсоров, научно-технические обзоры по тематике прекурсоров

- ФКП «Алексинский химический комбинат»
изготовление лабораторных установок



Цели и задачи проекта

- Целью настоящих ПНИЭР является разработка технологии безводородного низкотемпературного химического парофазного осаждения тугоплавких покрытий на внутреннюю и внешнюю поверхности деталей сложной формы для увеличения срока их эксплуатации.
- Основная задача - разработка проекта экспериментальной установки для нанесения покрытий. Для ее решения должны быть изготовлены три унифицированных лабораторных установки для различных видов образцов и проведены исследования и оптимизация технологических режимов осаждения покрытий.

Цели и задачи проекта

Актуальность и научная новизна

- Для защиты от высокотемпературной коррозии и окисления деталей на их поверхности создают многослойные структуры, с поверхностными защитными слоями, состоящими, например, из коррозионно- и эррозионностойких оксидов, силицидов, боридов, карбидов и промежуточных барьерных слоев, предотвращающими взаимную диффузию между покрытием и деталью. Это позволяет увеличить эксплуатационный ресурс на 30-50%. Методы и технологии нанесения таких многослойных структур, состоящих из тугоплавких материалов на сегодняшний день развиты слабо. Промышленные установки позволяющие наносить прецизионные по составу и толщине многослойные покрытия в России отсутствуют.

Ожидаемые результаты проекта

- В результате выполнения проекта должна быть подготовлена техническая документация на изготовление экспериментальной установки для нанесения покрытий методом химического парофазного осаждения на внешние и внутренние поверхности деталей сложной формы.
 - Для экспериментальной установки будут разработаны способы и определены технологические параметры осаждения покрытий на основе металлических тантала, молибдена, оксида циркония и карбида тантала на внешних и внутренних поверхностях деталей сложной формы, а также изучены возможности замены высокотоксичных прекурсоров на менее опасные препараты и способы нейтрализации продуктов разложения.

Ожидаемые результаты проекта

Сопоставление с аналогичными технологиями осаждения

- При осаждении тантала из металлоорганических соединений наличие в таких соединениях углерода, кислорода и водорода способствует образованию примесей карбидов и оксидов, а также к насыщению покрытий водородом с образованием хрупких гидридов тантала. При химическом парофазном осаждении тантала из хлоридов и бромидов для их разложения требуются достаточно высокие температуры, а продукты разложения могут реагировать с подложкой, покрытием и материалами реакционной камеры. Для снижения температуры осаждения используют восстановление галогенидов водородом. Однако растворение водорода в покрытии и подложке ухудшает их защитные свойства. Процесс восстановления бромидов и йодидов тантала металлами цинком и кадмием позволяет избавиться от водородного охрупчивания и снизить температуру осаждения. Указанные преимущества процессов используются в технологическом процессе разрабатываемой установки.

Перспективы практического использования

Потенциальными потребителями являются:

- энергетическое машиностроение (детали горячей секции газовых турбин - лопатки, жаровые трубы, формы для высокоточного литья);
- авиастроение и ОПК (детали двигателей самолетов, в т.ч., гиперзвуковых, стволы орудий);
- нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность (трубчатые теплообменники, холодильники, трубопроводы);
- атомная энергетика (трубопроводная арматура, реакторы, охлаждаемые жидким натрием);
- медицина (протезирование, имплантаты);
- фармацевтическая и пищевая промышленность.

Перспективы практического использования

- Полученные результаты будут использованы Индустриальным партнером для улучшения качества продукции и увеличения ее эксплуатационного ресурса. Индустриальным партнером предполагается применить экспериментальную установку для нанесения покрытий на поверхность лопаток горячей секции газотурбинных двигателей с целью повышения ресурса за счет увеличения стойкости к высокотемпературной коррозии и окислению.
 - Результаты работы позволят сформировать абсолютно новое технологическое направление производства многофункциональных покрытий методом химического парофазного осаждения с расширением и на военно-промышленный комплекс, что позволит решить вопрос касающийся импортозамещения, как в части материалов, так в части технологии и оборудования.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 году

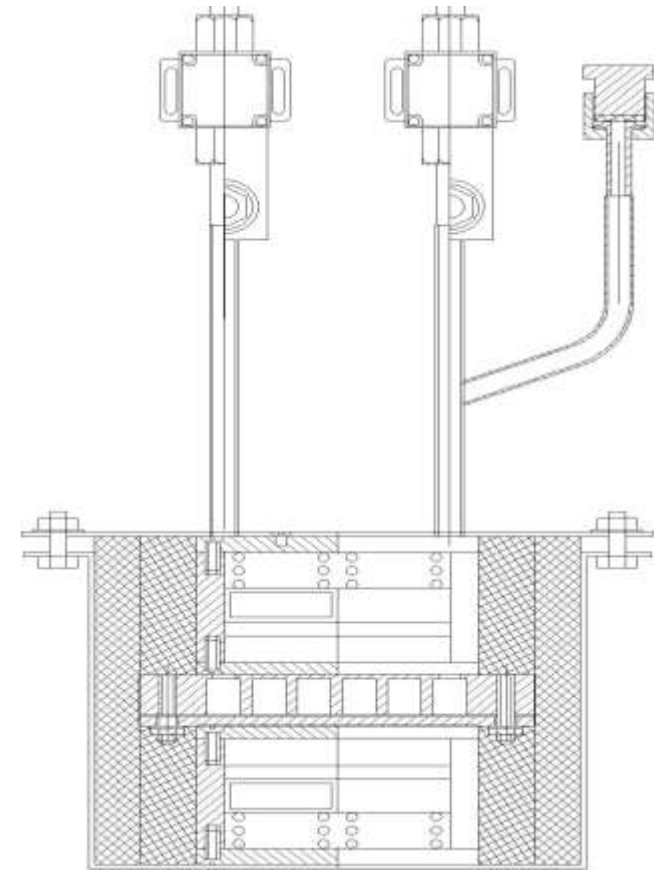
- На основании разработанных технических требований и эскизных проектов изготовлены лабораторные установки для осаждения покрытий на плоские поверхности, на внутреннюю поверхность труб и на детали сложной формы



Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 году

Конструктивные особенности установок

- В рамках проекта разработан универсальный испаритель для дозирования жидких и твердых прекурсоров позволяющий увеличивать длину пути протекания газа-носителя над испаряемым веществом, что приводит к увеличению времени контакта прекурсора с газом-носителем. Это способствует получению насыщенных паров вещества в газе, то есть увеличивает точность задания концентрации вещества в газе при определенной температуре.



Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 году

Конструктивные особенности установок



- Еще одним технологическим решением является разработка реакторного блока проточного типа с подачей прекурсоров по отдельным каналам и их смешением вблизи подложки с помощью набора сопел для уменьшения времени взаимодействия прекурсоров в газовом потоке вдали от подложки. Испаритель в реакторе может использоваться в качестве генератора галогенида металла, галогенид металла образуется прямым синтезом из металла и галогена, а затем пары галогенида подаются газом-носителем в реактор.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 году

Конструктивные особенности установок ЛС и ЛТ



Испарители реактора



Ловушки поступающего газа



Корпус реактора



Сатуратор в криостате



Регуляторы расхода газов

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 году

Исследование процесса осаждения:

- Проведено химическое осаждение из газовой фазы тонких пленок YSZ и карбида тантала толщиной 5 и 100 мкм на плоские образцы и внутренние поверхности трубчатых образцов. Материал образцов - Ni(Cr,W) с эпитаксиальным слоем MgO и сплав Hastelloy со слоем IBAD MgO

Исследование качества покрытий:

- Образцы были охарактеризованы методами рентгено-локального анализа и подтвержден их химический состав
- Проведено рентгеновское φ -сканирование пленок
- Микроморфология образцов была определена оптической микроскопией с шириной изображения 1200 мкм, а также сканирующей электронной микроскопией с шириной изображения 20 мкм
- Средняя шероховатость пленок по результатам атомно-силовой микроскопии составляла 5-15 нм

Состояние выполнения запланированных индикаторов

Индикатор	Значения за 2015 г.	
	Запланировано	Выполнено
Число публикаций	2	3
Число патентных заявок	1	2
Доля исследователей в возрасте до 39 лет (%)	33,4	41,3
Средний возраст исследователей	46	44,6
Мероприятия по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки	1	1
Использование центров коллективного пользования	1	1



Спасибо за внимание!

Докладчик:

главный научный сотрудник
Гончаров О.Ю.