

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 1

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.574.21.0.158

Тема: «Разработка технологии получения новых функциональных керамоматричных композиционных материалов, с улучшенными электрофизическими и термомеханическими свойствами для оборонной, электронной и авиакосмической промышленности»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 26.09.2017 - 30.06.2020

Плановое финансирование проекта: 126.60 млн. руб.

Бюджетные средства 60.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 66.60 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Индустриальный партнер: Акционерное общество "НЭВЗ-КЕРАМИКС"

Ключевые слова: технология, керамоматричные композиты, оксид алюминия, карбид бора, карбид кремния, углеродные нанотрубки, оксид циркония, эвтектическая композиция, свойства

## 1. Цель проекта

Создание нового класса передовых керамоматричных композитов с добавлением армирующих и упрочняющих структур и разработка технологий синтеза:

1) на основе керамических матриц: оксида алюминия или оксид алюминия – оксид циркония – оксид иттрия, дисперсионно-упрочненные эвтектическими структурами (стеклообразующими/леганты-модификаторы) или армирующими структурами в виде допированных азотом углеродных нанотрубок (УНТ) или дискретных поликристаллических волокон из частично стабилизированного диоксида циркония - в качестве элементов бронеструктур;

2) на основе бескислородных керамических матриц: карбид кремния (SiC) или эвтектическая композиция диборид циркония-карбид циркония ( $ZrB_2$ -ZrC), армированные допированными УНТ с добавками или наноструктурированной алюмомagneзильной шпинели, или наноструктурированного тетрагонального диоксида циркония (TRZ) играющих роль объемного экранирования от высокотемпературного окисления - в качестве теплонагруженных узлов и элементов КС и ГТД.

3) на основе бескислородной керамической матрицы карбида бора ( $B_4C$ ), дисперсионно-упрочненного наноструктурированным карбидом кремния и армирующей структурой в виде допированных УНТ – в качестве облегченных броневых панелей для вертолетов 6-го поколения.

— на основе бескислородной керамической матрицы карбид бора – наноструктурированный вольфрам ( $B_4C$ -нано W) пластифицирующим металлическим сплавом Al/Mg корпусов внешней бортовой электроники;

4) усовершенствование технологии синтеза керамоматричных композитов на предприятии индустриального партнера: - на основе матрицы оксида алюминия, легированной эвтектическими субмикронными структурами в качестве подложек ИМС и элементов бронеструктур различной геометрии с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

## 2. Основные результаты проекта

1. Промежуточный отчет об исследованиях, включающий:

– аналитический обзор литературы; – обоснование выбора направления исследований; – проведение структурно-фазовых исследований исходных материалов; – разработка лабораторного регламента по получению добавок-модификатора; – определение оптимальных режимов получения легированных азотом УНТ; получение образцов УНТ; – разработка математических моделей измельчения порошков, спекания керамоматричных композитов; – разработка эскизной конструкторской документации на изготовление лабораторной прессовой оснастки на консолидируемый композит состава ( $B_4C + Al/Mg + W$ ).

2. Отчет о патентных исследованиях.

3. Техническая документация:

- программа и методики для проведения структурно-фазовых исследований исходных материалов;

- программа и методики исследований свойств допированных азотом УНТ.

Впервые получены результаты по режимам проведения процесса обратного химического осаждения, приведшие к созданию лабораторного регламента по получению добавок-модификатора.

Разработаны масштабные модели-прототипы принципиально новой прессовой оснастки, реализующей консолидацию исследуемых материалов при повышенных давлениях.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

На данном этапе работ охраноспособные документы не разрабатывались, но были получены результаты для получения на следующих этапах охраноспособных документов.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

– разрабатываемая лабораторная технология получения композиционных субструированных керамических материалов на основе оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), дисперсионно-упрочненными эвтектическими структурами на основе ЧСДЦ ( $ZrO_2$ ) или легантами-модификаторами должна быть предназначена для получения беспористых (с относительной плотностью  $> 99,5\%$ ) композитов с повышенной теплопроводностью, прочностью при изгибе и низкими значениями шероховатости поверхности после шлифовки и полировки;

– разрабатываемая лабораторная технология получения композиционных субструированных керамических материалов на основе оксида алюминия, дисперсионно-упрочненной эвтектической структурой, реализующая эффект в керамической матрице растягивающих непрерывных структур должна быть предназначена для получения керамоматричных композитов с повышенной баллистической эффективностью и ударной вязкостью;

– разрабатываемая лабораторная технология получения композиционных субструированных керамических материалов на основе оксид алюминия – оксид циркония – оксид иттрия ( $Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3$ ), упрочненные допированными УНТ или волокнами из диоксида циркония должна быть предназначена для получения керамоматричных композитов с повышенной трещиностойкостью и механической прочностью;

– разрабатываемая лабораторная технология получения композиционных субструированных керамических материалов на основе карбида кремния ( $SiC$ ), армированная модифицированными УНТ и экранирующей добавкой  $MgAl_2O_4$  должна быть предназначена для получения керамоматричных композитов с повышенной термостойкостью  $> 1900^\circ C$  и низкими значениями эрозионного уноса;

– разрабатываемая лабораторная технология получения композиционных субструированных керамических материалов на основе диборид циркония – карбид циркония ( $ZrB_2-ZrC$ ), армированная модифицированными УНТ и экранирующей добавкой  $ZrO_2$  должна быть предназначена для получения керамоматричных композитов с повышенной термостойкостью  $> 2200^\circ C$  и низкими значениями эрозионного уноса;

– разрабатываемая лабораторная технология получения композиционных субструированных керамических материалов на основе карбид бора - нано вольфрам – алюмомagneвий сплав ( $B_4C- W_{нано}- Al/Mg$ ) должна быть предназначена для получения наноструктурированных композитов с повышенными значениями радиационной защиты по отношению к эффектам поглощённой дозы.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

В результате выполнения проекта будут получены керамоматричные композиты: 1) для оборонной промышленности в виде броневых керамических материалов для индивидуальной защиты, защиты военной техники, временных командных пунктов; 2) для создания перспективных систем жидкостных реактивных двигателей; 3) для изготовления подложек для полупроводников; 4) для радиационной защиты бортовой электроники космических аппаратов.

Результаты проекта имеют научно-технические и социально-экономические эффекты.

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Коммерциализация результатов проекта будет осуществлена на предприятии Индустриального партнера.

### **7. Наличие соисполнителей**

В качестве соисполнителя для выполнения работ в области создания керамоматричного композита для радиационной защиты от нейтронного и гамма излучения внешней бортовой электроники космических аппаратов было привлечено Федеральное

государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Исполняющий обязанности ректора

*(должность)*

*(подпись)*

Мажуга А.Г.

*(фамилия, имя, отчество)*

**Руководитель работ по проекту**

д.т.н., профессор

*(должность)*

*(подпись)*

Лукин Е.С.

*(фамилия, имя, отчество)*

**М.П.**