

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Атрощенко Ирины Григорьевны

«ТЕРМОСТОЙКИЙ МНОГОСЛОЙНЫЙ РАДИОПРОЗРАЧНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»,

представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Актуальность темы

Опыт использования композиционных материалов для изготовления защитных элементов систем управления летающими объектами (авиационно-ракетной техники) показал, что их эксплуатация при температурах выше 400 °С представляет значительную проблему. В связи с этим тема диссертационной работы Атрощенко И.Г. «Термостойкий многослойный радиопрозрачный композиционный материал для элементов летательных аппаратов», посвященная разработке термостойкого многослойного композиционного материала (КМ) с улучшенными эксплуатационными характеристиками для применения в радиотехнических элементах летательных аппаратов (ЛА) является без сомнения актуальной.

Снижение тепловой нагрузки на антенном оборудовании современных ЛА (ракет, самолетов), повышение работоспособности и эксплуатационной надежности изделия, в целом, является одними из основных задач при разработке новых перспективных образцов продукции.

Исследование влияния материала связующего, составов и комбинаций слоев новых композиционных материалов (КМ) для улучшения эксплуатационных характеристик (механических, диэлектрических) для применения в авиа- и ракетостроении, а также новых методов их исследований и испытаний является важной задачей выполненной работы.

Научная новизна и практическая значимость исследований.

Поставленная в диссертации Атрощенко И.Г. цель достигнута. Получены фактические результаты, которые обладают научной новизной и имеют практическую значимость.

1. Выбраны наиболее значимые количественные характеристики – средний температурный коэффициент линейного расширения и прочность при межслоевом сдвиге, разработаны методики исследований, позволившие

определить как состав связующего для перспективного КМ – алюмохромфосфатный, так и комбинацию наполнителей.

2. Выявлено необратимое термическое расширение композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего перпендикулярно армирующим слоям. Установлена связь между температурой термообработки композиционного материала и началом необратимого термического расширения материала (выход реакционно связанной воды и фрагментация фаз в композиционном материале).

3. Установлен процесс фрагментации фаз ($AlPO_4$) в композиционном материале на основе неорганического алюмохромфосфатного связующего и кварцевых и кремнеземных текстурированных наполнителей.

4. Показано, что фазовая фрагментация в алюмохромфосфатном связующем приводит к увеличению физико-механических свойств композиционного материала в области более высоких температур (более $450\text{ }^{\circ}\text{C}$).

5. Показана перспективность применения комбинации различных текстурированных наполнителей для оптимизации термических и физико-механических характеристик термостойкого композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего.

Разработанный термостойкий многослойный композиционный материал обладает улучшенными эксплуатационными характеристиками в широком температурном диапазоне.

Научная значимость полученных Атрощенко И.Г. результатов заключается в исследовании процессов и микроструктурных изменений, происходящих в алюмохромфосфатном связующем и композиционном материале на его основе, оптимизации термических и физико-механических характеристик композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего.

Практическая значимость работы:

-разработан термостойкий многослойный радиотехнический композиционный материал на основе алюмохромфосфатного связующего с регулируемым анизотропным термическим расширением и стабильными физико-техническими характеристиками в широком диапазоне температур.

-эффективность применения разработанного многослойного термостойкого композиционного материала для теплозащитного экрана головного элемента перспективного летательного аппарата для снижения тепловой нагрузки на антенном оборудовании, работоспособность

конструкции в условиях высокоскоростного нагрева подтверждено комплексом успешных наземных испытаний элемента ЛА;

- внедрение в практику работы разработанных методик: по оценке относительного удлинения образцов композиционного материала перпендикулярно армирующим слоям, по определению теплового расширения теплозащитного экрана.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, личный вклад автора

Достоверность научных положений и выводов обеспечена использованием современного комплекса различных экспериментальных исследований, теоретического обоснования и подтверждена положительными результатами проведения комплекса наземных испытаний, имитирующих условия эксплуатации элемента ЛА.

В диссертации наблюдается системность исследований.

Автор лично участвовала в постановке задач, проведении экспериментов, анализе и обработке полученных результатов. Автором разработана технология изготовления термостойкого многослойного композиционного материала, технологический процесс изготовления теплозащитного экрана с применением разработанного термостойкого КМ.

Новизна материалов работы подтверждена двумя патентами и одной заявкой на патент.

Краткая характеристика диссертации

Диссертация Атрощенко И.Г. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении автором обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках диссертации, формулируются цели, задачи, научная новизна и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор приводит описание процессов формирования композиционных материалов, стадии формирования межфазных соединений. Автором рассмотрены имеющиеся к настоящему времени результаты экспериментальных и теоретических исследований фосфатных связующих, процессы дегидратации и термических превращений, протекающие в них. Описаны виды и свойства наполнителей, которые могут быть применены в радиопрозрачных композиционных материалах. Приведены разработанные к настоящему времени термостойкие композиционные материалы на основе неорганических (фосфатных) связующих.

Во второй главе автором описаны методы исследования свойств материалов, применяемых при разработке многослойного термостойкого композиционного материала (термический, рентгенофазовый, микроструктурный анализ, рентгеноспектральный микроанализ материала и его компонентов), методы определения прочностных, теплофизических, структурных и диэлектрических характеристик материала, а также применяемое при исследованиях оборудование. В ходе выполнения работ были разработаны методики по определению среднего температурного коэффициента линейного расширения (относительного удлинения образцов перпендикулярно армирующим слоям) и определению прочности при межслоевом сдвиге КМ в широком температурном диапазоне.

В третьей главе автором приведены результаты микроструктурных исследований алюмохромфосфатного связующего и композиционного материала на его основе с разными температурами термообработки, результаты исследований необратимого термического расширения композиционного материала перпендикулярно армирующим слоям в широком температурном диапазоне.

Автором приведены результаты и этапы разработки термостойкого многослойного радиопрозрачного композиционного материала, проведенные исследования физико-технических характеристик материала. Показано влияние микроструктурных изменений, происходящих в композиционном материале при увеличении режима термообработки на изменение физико-механических характеристик. Автором установлено, что комбинация слоев кварцевой и кремнеземной ткани в многослойном КМ, а также увеличение режима термообработки позволяет компенсировать расширение алюмохромфосфатного связующего при нагреве материала за счет пространственно-объемного плетения ткани МКТ.

В четвертой главе автор приводит обзор развития отечественного производства теплоизоляционных материалов. Автором проведены широкие исследования различных теплоизоляционных материалов, по результатам которых выбран материал для применения в качестве среднего слоя радиопрозрачной термостойкой трехслойной конструкции головного элемента ЛА.

В пятой главе автор приводит разработанную конструкцию и технологию изготовления теплозащитного экрана головного элемента ЛА, где в качестве материала силового пояса применен разработанный термостойкий многослойный КМ. Описана разработанная методика по оценке теплового расширения силового пояса, проведены расчеты и определены критерии максимально допустимого расширения. Приведены результаты комплекса наземных испытаний макетов головного элемента ЛА,

имитирующих условия эксплуатации, по результатам которого подтверждена эффективность ТЗЭ и работоспособность головного элемента ЛА.

В общих выводах и заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В целом диссертация Атрощенко И.Г. является самостоятельной, завершённой научно-технической работой в области физики конденсированного состояния и представляет собой совокупность научно-методических исследований с результатами испытаний, имеющих самостоятельную практическую значимость.

Замечания по работе

В качестве замечаний к работе можно привести следующие:

1. Автору следовало бы привести фактические результаты оценок результативности и достоверности разработанных ей методик, а также значимость их применения в совокупности других.

2. Не представлена количественная зависимость влияния температуры ТО на температуры необратимого увеличения относительного удлинения.

3. Было бы полезно результат о более равномерном распределении соединений и молекулярных комплексов, содержащих Al и P в материале с температурой ТО более 450 °С, снабдить фактическими количественными данными, в т.ч. сравнительными.

4. При оценке результатов разработки конструкции и технологии изготовления ТЗЭ элемента ЛА, следовало бы привести сравнительные данные с известными и используемыми в производстве вариантами изготовления ТЗЭ для различных применений.

Вместе с тем, приведенные замечания не ставят под сомнение основные результаты и выводы по работе и, конечно, не снижают научной и практической ценности результатов работы.

Общее заключение по работе

Основные результаты диссертации опубликованы в 11 работах, в том числе в 3 статьях в ведущих рецензируемых журналах из перечня ВАК, 2 патентах, в 6 работах в иностранных журналах и тезисах докладов международных научно-технических конференций.

Автореферат и опубликованных работы полностью отражают основное содержание диссертации.

Уровень решаемых задач соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Считаю, что диссертационная работа Атрощенко Ирины Григорьевны «Термостойкий многослойный радиопрозрачный композиционный материал для элементов летательных аппаратов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, полностью соответствует критериям специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния и требованиям п.п. 9 - 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней кандидата технических наук, а ее автор Атрощенко И.Г. достойна присвоения ей ученой степени кандидата технических наук.

Я даю свое согласие на обработку моих персональных данных и на размещение их в свободном доступе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и в единой информационной системе.

Я даю согласие на обработку персональных данных (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662)

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор

А.В. Дуб

Сведения:

Алексей Владимирович Дуб

доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов, профессор, Лауреат Государственной Премии РФ, Лауреат Премии Правительства РФ, профессор

Первый заместитель генерального директора АО «Наука и инновации» Государственной корпорации «Росатом».

Почтовый адрес: г. Москва Кадашевская набережная дом 32/2, строение 1

Телефон: 8(499)558-10-25

E-mail: alvdub@rosatom.ru

Подпись А.В. Дуба заверяю

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ

МИРОНОВА Е.Н.

02.05.2023