



Акционерное общество
«Научно-производственное предприятие «Радар ммс»

197375, Россия, Санкт-Петербург
ул. Новосельковская, д. 37, литера А
тел.: +7 (812) 777-50-51
факс: +7 (812) 600-04-49
e-mail: radar@radar-mms.com
www.radar-mms.com

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального конструктора
по программно-целевому развитию,
докт. техн. наук, профессор

В.М. Балашов

«25» 07/2023 2023 г.

О Т З Ы В

ведущей организации – АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс» на диссертационную работу Атрощенко Ирины Григорьевны «Термостойкий многослойный радиопрозрачный композиционный материал для элементов летательных аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

1. Актуальность темы исследования

Проблема снижения негативного воздействия высоких температур, возникающих вследствие трения наружных конструктивных элементов современных летательных аппаратов (ЛА) об атмосферный воздух, с возрастанием скоростей до сверхзвука, а потом до гиперзвука становится всё

более актуальной. Для высокоскоростных ракет, температура поверхности которых может достигать 1000 °С и выше, в качестве материала для обтекателя антенного блока выбирают керамику. Температуры, воздействующие на элементы радиолокационных головок самонаведения (РГСН), размещённых под такими обтекателями, могут достигать 600 °С и выше. Ввиду различных температурных коэффициентов линейного расширения материалов (металлы и керамика) в местах их соединения возникают высокие напряжения, приводящие к разрушению керамики в условиях эксплуатации.

Одной из эффективных мер по снижению тепловой нагрузки на элементах РГСН в конструкциях перспективных ЛА является использование радиотехнических теплозащитных экранов (ТЗЭ). Теплозащитные экраны могут представлять собой конструкции с теплозащитным силовым поясом для соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом. Использование термостойких композиционных материалов (КМ) для изготовления ТЗЭ является перспективным в связи с возможностью комбинирования слоев материалов в зависимости от необходимых задач. Возможность реализации многослойных конструкций теплозащитных экранов из термостойких КМ обеспечивает максимальные как радиотехнические, так и теплозащитные характеристики, а применение термостойких КМ в качестве промежуточного слоя между материалом шпангоута и керамической оболочкой способствует снижению скорости прогрева материала шпангоута, что значительно увеличивает надежность и температурные диапазоны эксплуатации узлов соединения радиопрозрачных обтекателей и перспективных ЛА в целом.

В связи с вышесказанным, можно сделать вывод, что тема диссертационной работы Атрощенко И.Г., основным содержанием которой является разработка многослойного композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего и технологии его изготовления с

регулируемым анизотропным термическим расширением, является несомненно актуальной.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна результатов заключается в следующем:

1. Впервые выявлено необратимое термическое расширение композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего и текстурированного наполнителя (кварцевая ткань) перпендикулярно армирующим слоям. Установлена связь между максимальной температурой термообработки и температурой начала необратимого термического расширения композиционного материала

2. Установлен процесс изменения микроструктуры, протекающий в композиционном материале на основе алюмохромфосфатного связующего и тканевых наполнителей при увеличении максимальной температуры термообработки композиционного материала.

3. Показано, что изменение микроструктуры композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего, происходящее с увеличением максимальной температуры термообработки до 450 °С, приводит к увеличению физико-механических характеристик композиционного материала в области более высоких температур.

4. Показана перспективность применения комбинации текстурированных наполнителей (кварцевой и многослойной кремнеземной ткани) для оптимизации термических и физико-механических характеристик композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего.

3. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, подтверждается

использованием общепринятых экспериментальных методов исследований (термический, рентгенофазовый, микроструктурный анализ, рентгеноспектральный микроанализ) материала и его компонентов, физико-механических, теплофизических, диэлектрических измерений КМ, а также комплексом наземных испытаний макетов изделий (теплопрочностные, радиотехнические и др.), применением корректного математического аппарата, использованием аттестованного измерительного оборудования.

4. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая и практическая ценность работы заключается в том, что:

- разработан многослойный радиопрозрачный термостойкий композиционный материал на основе алюмохромфосфатного связующего для применения в элементах летательных аппаратов, многослойный КМ характеризуется регулируемым анизотропным термическим расширением и стабильными физико-техническими характеристиками в широком температурном диапазоне;

- подтверждена возможность применения многослойного термостойкого радиопрозрачного композиционного материала для изготовления теплозащитного экрана головного элемента перспективного летательного аппарата для снижения прогрева антенного оборудования и обеспечения работоспособности и надежности узла соединения элемента ЛА в условиях высокоскоростного нагрева при эксплуатации;

- разработана методика по оценке теплового расширения композиционных материалов (относительного удлинения перпендикулярно армирующим слоям), методика по определению прочности при межслоевом сдвиге композиционных материалов в широком температурном диапазоне;

- разработана методика по определению теплового расширения теплозащитного экрана головного элемента ЛА.

5. Апробация работы

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

6. Общая оценка и замечания к диссертационной работе

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов. Работа изложена грамотным техническим языком, хорошо структурирована, иллюстративные и табличные материалы наглядно и полностью поясняют текстовое изложение.

Автореферат достаточно полно соответствует содержанию диссертации.

В качестве замечаний следует отметить:

1) В диссертации (стр.82, 83, рис. 3.7, 3.8) и в автореферате (рис. 2) для сравнения микроструктуры поверхности и сколов образцов алюмохромфосфатного связующего приведены изображения, полученные при разном увеличении.

2) Автор заявляет о длительной работоспособности материала при температуре 800 °С, однако приводит значения по сжатию и межслоевому сдвигу до температуры 600 °С.

3) В работе не представлена количественная оценка зависимости влияния максимальной температуры термообработки на температуру начала необратимого увеличения геометрических размеров

4) Для возможного расширения области применения результатов диссертационного исследования было бы целесообразно проверить наличие и значения термического расширения перпендикулярно армирующим слоям для ряда других известным композиционных материалов.

5) В диссертации не приведены значения зависимости диэлектрических характеристик от температуры (есть только для комнатной температуры).

Однако отмеченные недостатки не снижают общего высокого качества выполненной работы, ее новизны и ценности.

Заключение

Диссертационная работа Атрощенко И.Г. на тему: «Термостойкий многослойный радиопрозрачный композиционный материал для элементов летательных аппаратов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния», является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача разработки многослойного радиопрозрачного композиционного материала на основе алюмохромфосфатного связующего и технологии его изготовления с регулируемым анизотропным термическим расширением и стабильными физико-механическими характеристиками в широком температурном диапазоне, а также разработки на основе композиционного материала теплозащитного экрана головного элемента летательного аппарата, имеющая существенное значение для физики конденсированного состояния.

По объектам, целям, методам и результатам проведенных исследований, а также по содержанию диссертация полностью соответствует паспорту специальности.

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при разработке и изготовлении теплонагруженных конструкций и изделий радиотехнического назначения из композиционных материалов в АО Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина», а также в учебном процессе в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. Постановлений Правительства РФ), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель, Атрощенко Ирина Григорьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

Доклад соискателя по диссертационной работе заслушан и обсуждён на заседании научно-технического совета АО «НПП «Радар ммс» 04.05.2023 г., отзыв ведущей организации рассмотрен и утвержден на этом же заседании (протокол № 05-01/23 от 04.05.2023 г.).

Старший научный сотрудник
центра 092
докт. техн. наук, с.н.с.

Бундин Герман Георгиевич

Начальник центра 092
канд. техн. наук, доцент

Карпова Ирина Руслановна

Начальник центра 091
канд. техн. наук, доцент

Добросельский Михаил Анатольевич

«05» 05 2023 г.