

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Тычинской Марии Сергеевны на тему «Исследование по совершенствованию технологии изготовления крупногабаритных изделий на основе водных суспензий кварцевого стекла», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Актуальность темы исследования.

В современном мире требования к безопасности летательных аппаратов и их составных элементов постоянно растут. Вследствие усложнения конструктивных схем и роста скорости полета современных ракет, совершенствование существующей технологии их изготовления является актуальной задачей.

Диссертационная работа Тычинской М.С. посвящена совершенствованию технологии изготовления одного из основных элементов высокоскоростных ракет - головного антенного радиопрозрачного обтекателя, который представляет собой конструкцию из радиопрозрачной оболочки из кварцевой керамики и металлического шпангоута, соединенных между собой посредством слоя кремнийорганического герметика. В работе внимание уделено двум ключевым моментам создания головных антенных обтекателей – повышению качества материала радиопрозрачной части и обеспечению прочного и герметичного соединения радиопрозрачной оболочки с металлическим шпангоутом.

В случае кварцевой керамики основной проблемой является наличие случайного распределения дефектов (раковин, включений, трещин) в ее структуре, которые снижают надежность изделия и могут привести к выходу летательного аппарата из строя. Кроме того, в случае кварцевой керамики важным требованием при изготовлении обтекателей является обеспечение однородности и высокого уровня физико-механических свойств материала. В частности, для исключения влияния на радиотехнические характеристики

изделия и во избежание получения разных распределений толщины стенки по высоте, необходимо обеспечить однородность значений плотности кварцевой керамики по высоте изделия. Герметичное и прочное соединение керамической оболочки и металлического шпангоута в конструкциях головных антенных обтекателей обеспечивается за счет использования кремнийорганического герметика в качестве эластичного адгезива. Однако использование герметика требует поддержания высоких показателей прочностных характеристик клеевого соединения и полной герметичности готовых изделий.

Не вызывает сомнения актуальность сформулированной автором задачи повышения качества керамического материала за счет повышения однородности и уровня физико-механических свойств керамического материала, сокращения количества дефектов и их точной идентификации в структуре материала, а также повышения прочности и герметичности соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом.

С учетом вышесказанного, тема диссертационной работы Тычинской М.С., посвященная разработке методов совершенствования технологии изготовления крупногабаритных изделий на основе водных суспензий кварцевого стекла, представляется своевременной и в целом актуальной.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Структура и логика изложения соответствует поставленным в диссертации задачам исследования. Представленная на защиту работа содержит результаты комплексных исследований основных научных и практических проблем, связанных с созданием крупногабаритных головных антенных радиопрозрачных обтекателей из кварцевой керамики.

Автором работы рассмотрено влияние концентрации и физико-химических превращений субмикрочастиц диоксида кремния в шликере на

основе кварцевого стекла на значения плотности заготовок из кварцевой керамики после обжига и вероятность возникновения трещин в изделиях.

Исследована возможность вакуумирования шликера на основе кварцевого стекла для повышения однородности и уровня значений плотности кварцевой керамики и сокращения количества раковин в керамическом материале.

Разработана методика визуально-оптического контроля оболочек из кварцевой керамики для обнаружения структурных дефектов в материале и результаты ее опробования и внедрения в серийное производство головных антенных обтекателей из кварцевой керамики.

Разработана технология автоматического перемешивания компонентов герметика «Виксинт У-2-28НТ» и результаты ее опробования и внедрения в серийное производство головных антенных обтекателей из кварцевой керамики.

Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования. На основании актуальности сформулированы цель и задачи исследования, показана и аргументирована научная новизна работы и ее практическая значимость.

В первой главе исследования автор проводит обзор литературных данных по существующим радиопрозрачным материалам и приводит сравнительную характеристику их свойств. Автором показано, что кварцевая керамика занимает лидирующее место при производстве головных антенных радиопрозрачных обтекателей. Подробно рассмотрены особенности керамической технологии изготовления обтекателей, которые обуславливают возникновение дефектов в структуре кварцевой керамики, неоднородность физико-механических свойств по высоте изделий и сложность узла соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом с точки зрения конструкции.

Во второй главе исследования автор описывает основные методы анализа, используемые в работе: определение плотности шликера; определение рН шликера; определение условной вязкости шликера; определение относительной влажности шликера; определение содержания частиц размером $> 0,63$ мкм в шликере; определение кажущейся плотности сырца керамического материала; определение кажущейся плотности, открытой пористости и водопоглощения керамического материала; метод определения прочности клеевого соединения при сдвиге в системе керамика-металл; титрование золя SiO_2 соляной кислотой в присутствии NaF ; метод высушивания золя SiO_2 до постоянной массы; метод определения прочности клеевого соединения при сдвиге образцов; метод определения предела прочности керамического материала при статическом изгибе.

В третьей главе приведено исследование возможности сокращения количества раковин в изделиях из кварцевой керамики. Автором подтверждено образование в шликере субмикрочастиц SiO_2 , разработана методика определения их количественного содержания и проведен анализ их влияния на свойства керамических заготовок и образование в них трещин.

В четвертой главе проведена оценка возможности повышения однородности значений плотности керамического материала и сокращения количества раковин в его структуре. Автором опробован метод вакуумирования шликера на основе кварцевого стекла перед формованием изделий: на основе экспериментальных данных выбран режим вакуумирования шликера, проведена оценка влияния выбранного метода на свойства образцов из кварцевой керамики до и после обжига, а также на свойства материала крупногабаритных керамических заготовок, в том числе, на образование в нем раковин.

В пятой главе автором описана разработанная методика визуально-оптического контроля поверхности изделий из кварцевой керамики на наличие дефектов (раковин, трещин, включений).

В шестой главе автор приводит результаты исследования возможности повышения и стабилизации прочностных свойств клеевого соединения между керамической оболочкой и металлическим шпангоутом. Проведен подробный анализ проблем при сборке головных антенных обтекателей на герметик «Виксинт У-2-28НТ». Разработана и внедрена в серийное производство головных антенных обтекателей установка для автоматического перемешивания герметика «Виксинт У-2-28НТ» в условиях вакуума.

В выводах к диссертационной работе кратко обобщены основные результаты исследования.

Использование современных методов и методик исследования, тщательный анализ полученных экспериментальных данных обеспечили достоверность полученных результатов.

Таким образом, на основе анализа предметной области, грамотной постановки научной проблемы и частных задач исследования, корректного применения методов исследования получены достоверные и обоснованные результаты.

Новизна положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна диссертационной работы Тычинской М.С. заключается в следующем:

– На основе анализа физико-химических превращений субмикрочастиц SiO_2 в шликере на основе кварцевого стекла и данных по дзета-потенциалу системы выявлено влияние рН и продолжительности стабилизации шликера на вероятность возникновения трещин в изделиях из кварцевой керамики.

– Установлено, что вакуумирование шликера возможно осуществлять в рамках технологии изготовления крупногабаритных изделий из кварцевой керамики для повышения однородности и уровня значений

плотности керамического материала, а также для сокращения количества раковин в изделиях.

– Показано, что для выявления и идентификации дефектов в структуре кварцевой керамики целесообразно использовать визуально-оптический метод, основанный на эффекте ослабления интенсивности светового потока при прохождении света через дефект в структуре материала. Разработана научно-обоснованная методика визуально-оптического контроля поверхности изделий из кварцевой керамики.

– Установлено, что автоматический способ перемешивания герметика «Виксинт У-2-28НТ» в условиях вакуума позволяет добиться увеличения и стабилизации значений прочности клеевого соединения при сдвиге в системе кварцевая керамика-металл, а также сократить количество воздушных включений в структуре герметика после вулканизации. Впервые разработана технология приготовления герметика «Виксинт У-2-28НТ» в условиях вакуума для использования в качестве эластичного адгезива при соединении оболочки из кварцевой керамики с металлическим шпангоутом.

Исследования подкреплены научными публикациями по материалам работы и выступлениями с докладами на многих всероссийских и международных конференциях. Новизна технических решений подтверждена тремя патентами Российской Федерации.

Практическая значимость полученных автором результатов.

Работа, несомненно, имеет прикладной характер и высокое практическое значение для оборонной промышленности, а именно, для производства головных антенных радиопрозрачных обтекателей из кварцевой керамики. Практическая значимость работы заключается в следующем:

– Разработаны рекомендации по регулированию технологических параметров приготовления шликера на основе кварцевого стекла, обеспечивающие снижение количества трещин при производстве головных

антенных обтекателей (рН шликера в диапазоне 6-7, продолжительность стабилизации шликера 5-6 суток).

– Установлено, что вакуумирование шликера на основе кварцевого стекла перед формованием крупногабаритных заготовок позволяет повысить уровень значений плотности керамического материала на $0,01 \text{ г/см}^3$ и улучшить ее однородность более, чем на 30 %, а также сократить количество раковин в изделиях из кварцевой керамики за счет удаления воздуха из шликера.

– Разработана методика визуально-оптического контроля изделий из кварцевой керамики на наличие дефектов (трещин, раковин, включений) в процессе механической обработки оболочек. Внедрение методики визуально-оптического контроля в технологический процесс производства головных антенных обтекателей из кварцевой керамики позволило уменьшить трудоемкость процесса механической обработки в 2 раза и сократить количество несоответствующей продукции на 13 %.

– Разработана технология автоматического перемешивания компонентов герметика «Виксинт У-2-28НТ», внедрение которой в серийное производство головных антенных обтекателей из кварцевой керамики позволило добиться увеличения прочности клеевого соединения при сдвиге в системе кварцевая керамика-металл до 17 % и уменьшения разброса значений прочности на 37 %, а также сократить количество воздушных включений в структуре герметика после вулканизации.

Полученные в результате проведенных исследований данные позволили не только сформулировать практически значимые рекомендации по способам повышения качества керамического материала и соединения оболочки со шпангоутом, но и получили практическое применение при изготовлении головных антенных обтекателей из кварцевой керамики и были внедрены в их серийное производство.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты работы Тычинской М.С. могут быть рекомендованы для практического использования на предприятии АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» при производстве головных антенных радиопрозрачных обтекателей из кварцевой керамики.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации.

1. В разделе 1.2. практически отсутствует какая-либо визуализация описанных стадий изготовления головных антенных обтекателей. Было бы целесообразно добавить схематичные изображения процессов (формования, механической обработки заготовок) для большей наглядности и лучшего восприятия материала.

2. В разделе 4.4. приведены результаты определения плотности керамического материала методом ультразвукового контроля (УЗК), однако в методической части описание данного метода анализа отсутствует. Автору следовало подробно расписать, как проводили определение плотности методом УЗК, поскольку из текста это понять затруднительно.

3. В разделе 6.2 указаны определенные параметры вращения фрезы (скорость вращения - 150 об/мин, время – 8 мин), однако автор в тексте не обосновывает выбор именно таких значений параметров. Было бы целесообразно привести экспериментальные данные по выбору режима приготовления герметика.

4. В тексте диссертации, написанном аккуратно и продуманно, тем не менее, встречаются опечатки и неточности

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость полученных результатов и не влияют на положительную оценку диссертационной работы Тычинской М.С., а скорее являются пожеланием по дальнейшему расширению и углублению научных направлений, представленных в работе.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертационное исследование Тычинской М.С. на тему «Исследование по совершенствованию технологии изготовления крупногабаритных изделий на основе водных суспензий кварцевого стекла» выполнено на актуальную тему, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеет теоретическую и практическую значимость.

Научные положения и выводы, сформулированные автором, в целом обоснованы. Результаты диссертационной работы оригинальны, достоверны и имеют несомненную практическую значимость.

Большая часть результатов отражена в публикациях и апробирована на профильных конференциях.

Основные результаты диссертации изложены в 7 публикациях научных изданиях, рецензируемых Web of Science и Scopus, в 3 патентах на изобретения, а также тезисах 7 докладов на международных и всероссийских конференциях. Результаты апробированы научной общественностью и получили положительную оценку.

Выводы в целом обоснованы. Работа написана хорошим литературным языком, изложение материала последовательно.

Автореферат и публикации соискателя достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

По тематике, методам исследования и предложенным научным положениям диссертация Тычинской М.С. соответствует паспорту специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (пп. 1, 2 и 3 формулы специальности и п. 1.2 области исследований).

Формулы специальности:

п. 1: В качестве объектов исследования: «Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы (СиТНМ), включающие: по химическому

составу – оксиды, силикаты, неметаллические углеродсодержащие материалы, карбиды, бориды, по структуре разлагающихся фаз – аморфные кристаллические (поликристаллические), по особенностям технологии, строению и функциональному назначению – керамика, огнеупоры, композиционные материалы на основе СпТНМ (композиционные керамические), по размерным параметрам – порошковые, волокна, покрытия, объемные (монолитные материалы)».

п. 2: «Физико-химические принципы технологии материалов и изделий из СпТНМ, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, высокотемпературных процессов. Конструирование изделий и оснастки. Технологические схемы производства материалов и изделий, применяемое оборудование».

п. 3: «Физико-химические свойства конденсированных состояний фаз и веществ в коллоидно-дисперсном состоянии; гетерогенных концентрированных систем твердое-жидкое, твердое-газ, твердое-жидкость-газ в конденсированном и свободно-дисперсном состоянии; исходных материалов; полупродуктов; готовых материалов и изделий в зависимости от химико-минерального состава и структуры (химические, механические, термические, термомеханические, электрофизические, электромагнитные, сегнетоэлектрические, оптические и др.). Диаграммы состояния. Полиморфные переходы. Равновесные и неравновесные состояния».

Области исследований: п. 1.2: «Керамические и огнеупорные материалы и изделия на их основе. Получение исходных материалов, в том числе порошков с требуемой структурой (химическим и фазовым составом, формой частиц, размером, распределением по размеру); смешивание компонентов; формование заготовок; процессы обжига и спекания; послеобжиговая обработка для придания требуемых свойств».

Таким образом, диссертация Тычинской Марии Сергеевны является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне с привлечением современного оборудования, методов и методик исследования. Она представляет значительный научный и практический вклад в развитие технологии и материаловедения и направлена, прежде всего, на решение важнейшей практической задачи совершенствования технологии изготовления головных антенных радиопрозрачных обтекателей из кварцевой керамики. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335), а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Руководитель исследовательского центра
специальной керамики ООО «НТЦ «Бакор»,
кандидат технических наук

К.И. Иконников

Подпись К.И. Иконникова УДОСТОВЕРЯЮ:

Иконников К.И.



Официальный оппонент: Иконников Константин Игоревич

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание:

Должность: руководитель исследовательского центра специальной керамики

Место работы: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр «Бакор»

Почтовый адрес: 108851, г. Москва, г. Щербинка, ул. Южная, д. 17

Телефон: + 7 (499) 648-10-60; +7-926-349-90-59

Адрес электронной почты: konst@ntcbakor.ru