

## ОТЗЫВ

на диссертационную работу Мироновой Екатерины Васильевны по теме «Модифицирование кварцевой керамики кремнийорганическими соединениями», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Развитие ракетной техники невозможно без развития и совершенствования технологии получения применяемых и разработки новых конструкционных материалов.

Кварцевая керамика - это один из радиопрозрачных материалов, который успешно применяется для разработки головных антенных обтекателей зенитных ракет, прежде всего благодаря высокой термостойкости и стабильным диэлектрическим свойствам в широком диапазоне частот. Особенно это важно для создания антенных систем самонаведения с малыми пеленгационными ошибками.

В тоже время одним из недостатков кварцевой керамики является наличие открытой пористости. Во влажной среде материал поглощает влагу, вследствие чего изменяются радиотехнические характеристики бортовых радиопеленгаторов.

Цель диссертационной работы: разработка методов снижения открытой пористости и водопоглощения кварцевой керамики посредством модификации кремнийорганическими соединениями.

Проблема закрытия открытой пористости кварцевой керамики является весьма актуальной. Представляется необходимой разработка методов, снижающих открытую пористость кварцевой керамики для улучшения эксплуатационных свойств.

Диссертационная работа Мироновой Екатерины Васильевны посвящена разработке и исследованию методов модификации кварцевой керамики кремнийорганическими соединениями, и созданию технологии изготовления изделий из неё.

Диссидентом в работе были определены проблемы получения изделий из кварцевой керамики и подходы влагозащиты, четко сформулированы цель и основные задачи, которые являются актуальными и обладают высокой практической значимостью.

Автором диссертационной работы получены новые экспериментальные данные в ходе исследования влияния модификации сырца кварцевой керамики кремнийорганическим соединением и модификации обожженной кварцевой керамики на открытую пористость и другие свойства. Проведено комплексное исследование свойств кварцевой керамики модифицированной полимером на основе МФСС-8. В ходе

исследования получены результаты, позволяющие сделать вывод, что основная проблема получения изделий радиотехнического назначения, устойчивых к воздействию влажной среды, из кварцевой керамики устранена.

Достоверность результатов исследований подтверждается тем, что в исследовании представлены экспериментальные данные полученные с помощью методов, которые основываются или повторяют стандартные методы определения свойств материалов.

Научная новизна (согласно автореферату) заключается в следующем:

1. Установлено, что модифицирование кварцевой керамики на стадии сырца путем объемной пропитки кремнийорганическим соединением при последующем спекании, происходящем по твердофазному механизму, интенсифицируемым равномерно распределенным в поровом пространстве мелкодисперсным  $\text{SiO}_2$ , образующимся в результате термодеструкции тонкой пленки модификатора и мигрирующим в результате массопереноса в зоны контакта зерен исходной матрицы, при прочих равных условиях приводит к снижению открытой пористости кварцевой керамики в 4-7 раз (с 7-12% до 1,8 %), при этом в материале не образуется кристобалит. Установлено, что метод позволяет получить кварцевую керамику с открытой пористостью 7-12%, но при более низких температурах обжига (на 150 °C), чем по действующей технологии, и с более низкими линейными усадками (ниже в 2-3 раза).

2. Установлено, что модифицирование кварцевой керамики, применяемой для радиопрозрачных обтекателей (РПО), заключающееся в пропитке по всему объему керамики раствором кремнийорганического соединения с последующей полимеризацией, приводит к перекрытию сквозных каналов в системе пор во всем объеме, без образования функциональной пленки на поверхности материала, что приводит к снижению открытой пористости и водопоглощения до значений близких к нулю и сохранению возможности механической обработки материала до нужных размеров изделия.

3. Проведено комплексное исследование свойств кварцевой керамики, модифицированной кремнийорганическим термостойким полимером. Установлено, что метод снижения открытой пористости и водопоглощения путем модифицирования кремнийорганическим полимером приводит к упрочнению материала и придает ему устойчивость к эрозионному воздействию пыли и дождя, морской воде. Получаемый материал по теплофизическим свойствам не уступает альтернативному материалу – беспористой стеклокерамике литийалюмосиликатного состава, применяемой в настоящее время в изделиях, эксплуатируемых во влажной среде. Установлено, что метод возможно применять в рамках технологии изготовления термонагруженных радиопрозрачных

изделий из кварцевой керамики, в том числе крупногабаритных, для улучшения эксплуатационных свойств изделий и обеспечения влагозащиты.

Безусловно, работа имеет высокую практическую значимость, поскольку изначально направлена на решение существующей практической проблемы. Кроме того, результаты работы нашли применение в производстве АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина».

Научная новизна и практическая значимость работы подтверждены патентами и заявкой на изобретение. Результаты работы могут послужить теоретической основой для проведения дальнейших работ по разработке технологии получения беспористых или плотноспеченых керамических конструкционных материалов.

В ходе рассмотрения автореферата диссертационной работы возник ряд вопросов и замечаний: 1. Следовало бы отдельно указать, почему нельзя применить дешевое неорганическое соединение, такое как жидкое стекло для закрытия пор кварцевой керамики.

2. Можно ли нанести на изделие из модифицированной кварцевой керамики лакокрасочное покрытие для изменения цвета детали летательного аппарата?

3. В какой степени будут изменяться диэлектрические свойства кварцевой керамики при заполнении открытых пор?

Указанные недостатки не снижают научного уровня работы и ценности полученных результатов, а вопросы носят уточняющий характер.

Диссертационная работа Мироновой Екатерины Васильевны на тему «Модификация кварцевой керамики кремнийорганическими соединениями», судя по автореферату, представляет собой законченную научно-квалификационную работу. В работе решена актуальная научно-практическая задача улучшения свойств кварцевой керамики для увеличения стойкости к воздействию влаги для чего использованы научно-технические подходы.

Диссертация Мироновой Екатерины Васильевны выполнена на высоком научном уровне, обладает как научной, так практической ценностью и соответствует паспорту специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Первый заместитель генерального конструктора  
АО МКБ «Факел», к.т.н.

В.В. Соколовский

11.08.2022

Главный специалист, к.т.н.

Л.М. Минокин

11.08.2022,

