

## ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. Тарасовского Вадима Павловича на диссертационную работу Кирюшиной Валентины Владимировны **«Исследование керамических материалов с применением методов вероятностного анализа при разработке и производстве элементов летательных аппаратов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» в диссертационный совет Д 002.060.04 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Основной причиной, ограничивающей использование керамики в качестве конструкционного материала, является сочетание неблагоприятных физико-технических свойств: хрупкости, низкой прочности и склонности к разрушению под действием термического удара. В последние десятилетия разработаны керамические материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, в результате чего происходит преодоление традиционного предубеждения против использования керамики как конструкционного материала. Опытным путём было установлено, что при соответствующем подходе к проектированию можно использовать изделия из керамических материалов в различных машинах и аппаратах, не опасаясь их катастрофически быстрого разрушения. Однако широкое и успешное применение изделий из керамики в высоконагруженных (ответственных) узлах различных аппаратов и механизмов возможно только при условии глубокого понимания факторов, определяющих прочность, детальной оценки рабочих характеристик материалов, что позволит вести проектирование на основе наиболее важных свойств материалов и разработки методик эффективного прогнозирования выхода изделий из строя. Вместе с тем в ряде случаев имеется настоятельная необходимость применения керамики для

изготовления изделий конструкционного назначения, которая продиктована невозможностью создания таких изделий из других материалов (пластик, металл) вследствие особых условий, при которых будут эксплуатироваться аппараты с этими изделиями.

В связи с этим представлена к защите работа, в которой решается задача исследования влияния распределения дефектов различных типов, размеров и местоположения в структуре материала на прочностные характеристики керамического материала и вероятность разрушения изделия из него является весьма своевременной и актуальной.

## **2. Основные результаты, полученные соискателем**

Диссертационная работа изложена на 227 страницах основного текста и включает: введение, четыре главы (глава 1 – Анализ конструкционных керамических материалов для создания элементов летательных аппаратов; глава 2 – Оценка надёжности керамических материалов в элементах летательных аппаратов с позиций моделей хрупкого разрушения; Глава 3 – Разработка системы оценки качества технологических процессов производства элементов летательных аппаратов из керамических материалов; глава 4 – Вероятностный подход к разработке элементов летательных аппаратов из керамических материалов), список литературы из 132 наименований российских и зарубежных авторов, а также три приложения. В работе содержится 105 иллюстраций, 41 таблица и 65 рисунков.

В первой главе дано сравнение физико-технических характеристик трёх основных керамических материалов используемых для создания радиопрозрачных элементов скоростных летательных аппаратов обладающих высокой степенью надёжности; рассмотрены особенности технологических процессов производства из них крупногабаритных изделий сложной конфигурации; выполнен обзор работ различных авторов, опубликованных в отечественных и зарубежных журналах и посвящённых методам оценки

прочности и надёжности сложных технических устройств, теоретическим и экспериментальным исследованиям хрупкого разрушения керамики.

На основе анализа научно-технической литературы автор делает вывод о том, что исследование свойств хрупких конструкционных материалов применительно к разработке и производству изделий летательных аппаратов и проблема оценки их надёжности в настоящее время является весьма актуальной задачей и требует комплексного подхода с учётом физических и статистических аспектов их хрупкого разрушения.

Обзор литературы показывает, что автор диссертационной работы в достаточной мере владеет анализом научно-технической литературы по теме исследования и способен выбрать обоснованные методы решения поставленных задач.

Во второй главе доказана правомерность использования модели наислабейшего звена Вейбулла для анализа прочностных показателей и прогнозирования кратковременной и долговременной работоспособности кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357; найдены функции распределения размеров дефектов микроструктуры в наибольшей мере присущие исследуемым керамическим материалам и разработаны методики оценки максимально допустимых размеров дефектов, минимально допустимого напряжения и критического уровня нагружения в контрольных испытаниях в зависимости от напряжённого объёма и требуемой надёжности изделий; для конкретных типов изделий приведены соответствующие расчёты.

В третьей главе проведён статистический анализ двух различных технологических процессов серийного производства выпускаемых в ОАО «ОНПП «Технология» крупногабаритных изделий сложной конфигурации из кварцевой керамики и стеклокерамики; дана оценка основных свойств материалов, используемых для производства изделий; проанализированы индексы пригодности и воспроизводимости выпускаемых изделий за последние 5 лет; выработана система оценки качества изделий, в

том числе стабильности, рассматриваемых технологических процессов на основе статистических методов.

В четвёртой главе диссертационной работы автор на основе физико-статистической модели провёл оценку прочностной надёжности выпускаемых изделий с учётом статистических распределений физико-механических, теплофизических свойств материалов, тепловых и аэродинамических нагрузок, действующих на изделие в условиях эксплуатации; проанализировал влияние величины и рассеяния перечисленных параметров на оценку прочностной надёжности стеклокерамических изделий посредством индекса безопасности.

Выбор используемых методов исследования и интерпретация полученных результатов указывают на фундаментальную подготовку автора, и не вызывают возражений. Основные полученные им результаты носят оригинальный характер.

Автореферат, 7 статей, опубликованных в ведущих российских научно-технических журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 15 тезисов докладов и 1 патент РФ полностью отражают основное содержание диссертационной работы.

### **3. Научная новизна**

1. На основе моделей хрупкого разрушения керамических материалов показана взаимосвязь допустимого предела прочности, напряженного объема, прочностной надёжности с распределением размеров дефектов микроструктуры кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357.

2. В критериях оценки надёжности изделий конструкционного назначения, изготавливаемых из кварцевой и стеклокерамики, учтены статистические аспекты свойств материалов и эксплуатационных нагрузок, что является сутью предложенного вероятностного подхода к разработке элементов конструкций повышенной надёжности.

#### **4. Достоверность полученных результатов**

Достоверность полученных результатов определяется корректным использованием методов теории прочности и надежности, вероятностно-статистического аппарата, применением апробированных аналитических и численных методов анализа и расчета, а также проведением испытаний образцов исследуемых керамических материалов по методикам, разработанным на основе действующих ГОСТ.

Значения коэффициентов запаса прочности и повышенная надежность изделий из различных керамических материалов, разрабатываемых в ОАО «ОНПП «Технология», оценки которых получены в ходе выполнения данной диссертационной работы, подтверждены при испытаниях изделий на теплопрочностном стенде, а также отсутствием случаев разрушения изготовленных из керамики крупногабаритных изделий сложной конфигурации при эксплуатации в составе аппаратов различного типа в реальных условиях.

#### **5. Практическая значимость работы**

В повседневную практику работы ГНЦ РФ ОАО «ОНПП «Технология» внедрены разработанные методики оценки прочностных характеристик кварцевой керамики и стеклокерамики с позиции моделей хрупкого разрушения, которые позволяют оценить: средний предел прочности при растяжении образцов материала; средний предел прочности при растяжении материала в изделии; минимальный предел прочности, ниже которого средний предел прочности при испытаниях на изгиб образцов материала, аттестуемых изделие, не допустим; минимально допустимое напряжение в изделии, обеспечивающее его несущую способность при заданных уровнях нагружения и надежности; долговечность исследуемых материалов.

Результаты, полученные в работе на основе моделей хрупкого разрушения (выбор метода оценки параметров распределения предела

прочности, установление необходимого объема выборки для получения достоверных оценок, масштабная зависимость прочности и т.д.) для кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357, могут быть распространены на другой спектр хрупких керамических материалов и изделий из них.

Полученные в диссертационной работе результаты и разработанные методики могут быть рекомендованы для использования их на предприятиях занимающихся разработкой керамических материалов и технологии изделий из них, производством изделий из этих материалов и в высших учебных заведениях при обучении студентов и аспирантов по таким дисциплинам как «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» и «Материаловедение».

## **6. Замечания по диссертационной работе**

1. Утверждение, приведённое на стр. 17. «При нагреве и охлаждении кварцевая керамика не претерпевает фазовых превращений, сопровождающихся изменением объёма, вплоть до температуры 1300°C, может эксплуатироваться до температуры плавления аморфного SiO<sub>2</sub>, а кратковременно (до нескольких секунд) температура поверхности может достигать 2000°C» не совсем корректно. При однократном использовании изделий из плавленного кварца фазовые превращения не имеют значения. При обжиге изделий при температуре 1250-1270°C на поверхности изделий из плавленного кварца начинает образовываться кристобалит. Это обстоятельство нужно учитывать при разработке изделий из плавленного кварца используемых в течение длительного периода (особенно в условиях попеременного нагрева и охлаждения).

2. В таблице 1.2 (стр. 20) приведены свойства материалов (НИАСИТ и ОТМ-357) и в дальнейшем по ходу диссертационной работы автором приводятся данные по прочности, открытой пористости и других свойствах

этих материалов. Из текста диссертационной работы не ясно, по каким ГОСТам и методикам измерения получены численные характеристики измеряемых величин.

3. В таблице 2.13 (стр. 73) сравниваются свойства материала НИАСИТ, обожжённого при различных температурах (1240 и 1260°C, время выдержки при максимальной температуре 2 и 3 часа). Значения открытой пористости в первом случае составляет 7-9 %, во втором – 10-11 %. На основании того, что образцы для испытания были изготовлены из одной партии шликера и обожжены в одинаковых условиях, автор делает вывод об идентичности их микроструктуры, что может быть не совсем верным.

## 7. Заключение

Приведённые выше замечания не снижают высокого научного уровня и практической ценности работы. В целом можно отметить, что диссертационная работа Кирюшиной В.В. является законченной научно-исследовательской работой. Учитывая новизну и актуальность проведенных исследований, теоретическую и практическую значимость результатов, считаю, что диссертационная работа Кирюшиной В.В. на тему «Исследование керамических материалов с применением методов вероятностного анализа при разработке и производстве элементов летательных аппаратов» по своему объему, теоретическому и практическому уровню, новизне, достоверности и важности полученных результатов соответствует паспорту специальности ВАК «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» и требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Она, несомненно, может быть оценена как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для науки, а также

изложены научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Автор диссертационной работы, Кирюшина Валентина Владимировна, безусловно, заслуживает присвоения ей искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Зам. Генерального директора по науке,  
ЗАО «Бакор» (научно-технический  
центр специальной керамики), к.т.н.,  
специальность 05.17.11 – химическая  
технология силикатных и тугоплавких  
неметаллических материалов,  
Лауреат Государственной премии РФ  
в области науки и техники,  
Лауреат Премии им. А.Н. Косыгина

Тарасовский В.П.

Подпись к.т.н. Тарасовского В.П.  
заверяю, начальник отдела кадров



Губина О.В.

ЗАО «БАКОР» 142171, Московская область, город Щербинка, ул. Южная, 17  
Тел.: 8-(495)-502-78-17; Email: [tarasvp@mail.ru](mailto:tarasvp@mail.ru)