

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 212.092.07 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 20 декабря 2018 года № _____

О присуждении Морковину Андрею Витальевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

✓ Диссертация «Структурно-деформационные процессы в зоне соединения стекла и стали при получении стекломаталлокомпозита» 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 20 декабря 2018, протокол № 9, диссертационным советом Д 212.092.07 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», «КнАГУ», 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, приказ Минобрнауки России от 24 июня 2016 г. № 787/нк.

Соискатель Морковин Андрей Витальевич, 1988 года рождения, в 2013 году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» с присуждением квалификации Магистр по специальности «Прикладная механика». В 2017 году закончил очную аспирантуру при Федеральном государственном автономном учреждении высшего образования «Дальневосточный федеральный университет». Работает ассистентом кафедры механики и математического моделирования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет».

Диссертация выполнена на кафедре механики и математического моделирования Инженерной школы федерального государственного

автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Любимова Ольга Николаевна, профессор кафедры механики и математического моделирования Инженерной школы Дальневосточного федерального университета (ФГАОУ ВО ДВФУ), г. Владивосток

Официальные оппоненты:

Захаров Игорь Николаевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сопротивление материалов», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»), г. Волгоград

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машиностроение и металлургия», ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (ФГБОУ ВО «КнАГУ»), г. Комсомольск-на-Амуре

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, г. Санкт-Петербург в своём положительном заключении, подписанным Индейцевым Д.А., доктором физико-математических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, научным руководителем ФГБУН «Институт проблем машиноведения» Российской академии наук и Кузнецовым В.Г., доктором технических наук, лауреатом Государственной премии РФ в области науки, заведующим лабораторией модифицирования поверхностей материалов ФГБУН «Институт проблем машиноведения» Российской академии наук и утверждённым доктором физико-математических наук, директором ФГБУН «Институт проблем машиноведения» Беляевым А.К, указала, что диссертация Морковина А.В. соответствует формуле специальности 01.02.04 по следующим пунктам: решение технологических проблем деформирования и разрушения, а также предупреждения недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения; выявление новых связей между структурой материалов,

характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения; планирование, проведение и интерпретация экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой проведено исследование влияния параметров технологии изготовления стеклометаллокомпозита на структурно-деформационные процессы в зоне соединения стекла со сталью и определение оптимальных параметров технологии изготовления, работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присвоения ученых степеней», предъявляемых ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Морковин Андрей Витальевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 13 работ, из которых 8 работ в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, 4 статьи в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus, 2 патента на изобретение РФ. Авторский вклад в подготовку работ состоит в непосредственном участии при постановке задач исследований, проведении экспериментальной части работы, а также выполнении теоретической части работы и интерпретации экспериментальных данных.

Наиболее значимые работы:

1. Любимова О.Н., Пестов К.Н., Морковин А.В. Метод определения термических напряжений в процессе сварки разнородных материалов// Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева Серия: Механика предельного состояния. - №2 (16).- 2013.- С. 99-105.

2. Любимова О.Н., Солоненко Э.П., Морковин А.В. Термические напряжения в стеклометаллокомпозитном стержне с учетом свойств зоны соединения// Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева Серия: Механика предельного состояния. -2015.- № 3 (25). -С. 131-137.

3. Любимова О.Н., Морковин А.В., Дрюк С.А. Особенности структуры зоны соединения стекла и стали в технологии получения стеклометаллокомпозита // Материаловедение.- 2017.- №4 -С. 3-7.

4. Любимова О.Н., Морковин А.В., Сиськов В.В. Моделирование размера диффузионной зоны при изменении условий режима изготовления стеклометаллокомпозита// Вестник инженерной школы ДВФУ. -2018 - № 1 (34). - С. 11-22.

5. Пат. 2604078 Российская Федерация, МПК В23Л 20/26, В23Л 20/14, F27В 13/06 Камера термической печи для высокотемпературной обработки стержневых деталей / Лапо Е.Г., Мартыненко А.В., Морковин А.В., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ). – №2015121597/02; заявл. 08.06.2015 , опубл.10.12.2016, Бюл. №34 – 2 с. : ил.

6. Пат. 2604083 Российская Федерация, МПК В23К 20/26, В23К 20/14, Термическая печь / Любимова О.Н., Любимов Е.В., Лапо Е.Г., Мартыненко А.В., Морковин А.В., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ). – №2015121596/02; заявл. 08.06.2015 , опубл.08.12.2016, Бюл. №34 – 3 с : ил.

7. Lyubimova O.N., A. V. Morkovin, S. A. Dryuk, P. A. Nikiforov. Structure and constitution of glass and steel compound in glass-metal composite// Applied Mechanics and Materials, AIP Conference Proceedings 1623, 379 (2014) (SCOPUS) doi :10.1063/1.4901492

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные, указывается основное отражение замечаний): отзыв на диссертацию ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук имеет основные замечания:

1. Поскольку в ранних работах по изготовлению стеклометаллокомпозита использовались боросиликатное стекло С49 и малоуглеродистые стали СтЗсп и С10, диссертантом «было принято решение» (стр. 22) «не изменять принципиального состава используемых материалов» в

его работе «для возможности проведения сравнительного анализа». Однако в качестве рабочих материалов были выбраны стекло СН-1 и сталь Ст20. Главными определяющими факторами при выборе марок стекла и стали были доступность уже готовых стальных трубок и соответствующих по диаметру стеклянных палочек. Тем более становится непонятным, почему при проведении эксперимента по определению времени физического контакта изготавливались образцы из стали СтЗсп и стекла СН-1 (стр. 51). При этом автор диссертации на стр. 34 указывает, что для различных типов стекол и металлов следует выбирать различные технологические условия.

2. Формулировка второго нового результата, полученного в работе, тривиальна (стр. 7).

3. Личный вклад диссертанта не может заключаться в «совместной с научным руководителем постановке задач исследования, формулировке положений и выводов, выносимых на защиту и написании статей на тему диссертации» (стр. 9).

4. При моделировании процесса образования физического контакта в спае стекло-металл ни в исходных уравнениях, ни в граничных условиях (стр. 36) нет параметра температуры. На стр. 38 (после формулы 2.8) автор, «считая, что вязкость не зависит от времени и температуры», получает формулу для определения времени образования физического контакта (формула 2.9). При этом сразу же приводится рис. 2.4, на котором приведены результаты аналитического моделирования зависимости времени образования физического контакта τ_{ϕ} от силы Q , температуры $T_{св}$ и вязкости η по формуле (2.9). Трудно понять логику. При этом в данной главе рассматриваемый процесс часто называется сваркой, а не пайкой (стр. 38, 39 и др.). Математическая модель разрабатывалась при предположении, что толщина слоя h_0 значительно меньше радиуса цилиндров R (задача Рейнольдса). При этом практические вопросы рассматриваются для трубок и стержней с длинами больше радиусов.

5. К сожалению, в диссертации нет сведений об адгезионной прочности соединения металла со стеклом. В том числе и этот параметр должен

в значительной степени определять механические характеристики стеклометаллокомпозита.

6. Экспериментально не исследован механизм разрушения стеклометаллокомпозита при испытаниях на растяжение, сжатие и изгиб. Что происходит с границей раздела металл-стекло, где появляются и в каком направлении развиваются первые трещины, как разрушается образец? В связи с этим голословным является заключение автора о том, что колебания на диаграмме сжатия и диаграмме изгиба образцов объясняются появлением трещин, увеличением их количества, образованием крупных трещин и как следствие разрушается образец.

7. Не объяснена причина появления лучистых включений оксида в стекле на границе с металлом на некоторых образцах (стр. 74, 75).

8. Диссертация не лишена грамматических ошибок и неточностей. Например, на стр. 88 и 105 имеются ссылки на рисунки 3.42 и 3.43, а рисунки с такими номерами в диссертации отсутствуют, есть ссылка на рис. 4.1.5 (стр. 112) - рисунка с таким номером также нет. Площадь боковой поверхности (отпечатка на стр. 108) указана в мм. Марка стекла указывается то СН-1, то НС-1 (стр. 62). В ряде случаев заключения по работе делаются на основе предположений без доказательств. Например, дважды на стр. 143 делаются предположительные заключения о составах оксидов. Не понятно, почему в параграфе об испытаниях на сжатие говорится об относительном остаточном напряжении при разрыве (стр. 124)? При этом указывается ссылка на диаграмму сжатия (рис. 4.17)

Отзыв на диссертацию официального оппонента Захарова И.Н. имеет основные замечания:

1. Одной из ключевых в работе является конечно-разностная модель формирования напряженно-деформированного состояния материала СМК стержня в процессе его изготовления. Однако многие особенности постановки данной задачи (выбор расчетной схемы, размерности задачи, формы записи основных уравнений и граничных условий) и развернутое обоснование и

описание конечно-разностной схемы ее решения остались за рамками текста диссертации.

Почему при наличии осевой нагрузки на стеклянную сердцевину внутри стальной обоймы задача рассматривается как плоская осесимметричная? Не ясно, как учитывается влияние режима нагрева и охлаждения тела на распределение напряжений в материале в отсутствие модели теплопроводности? Какие именно уравнения и функции аппроксимируются по методу конечных разностей? Как в рамках данного метода задаются смешанные граничные условия на границе раздела слоев композита и почему контакт считается идеальным? Каким методом ищется решение полученной системы разностных уравнений в многосвязной области?

2. Важной особенностью разработанных в диссертации моделей является учет структуры, свойств и влияния на качество сцепления слоев тонкой (толщиной несколько десятков микрон) переходной зоны на границе раздела стеклянных и металлических слоев. Как производится построение конечно-разностной сетки для такого тонкого слоя с переменными свойствами и для остальной расчетной области?

3. В работе недостаточно полно использован потенциал численных методов как в плане учета особенностей решаемой задачи при построении собственных численных моделей рассматриваемых процессов (используется упрощенная одномерная конечно-разностная дискретизация расчетной области), так и в плане верификации полученных результатов на основе их сопоставления с расчетными данными, полученными, например, при помощи современных конечно-элементных комплексов.

Отсутствует развернутый сопоставительный верификационный анализ результатов, полученных при помощи разработанных в диссертации методов, с аналогичными расчетами на основе альтернативных подходов – аналитических и численных решений тестовых задач, литературных данных и т.д. Например, работоспособность модели напряженно-деформированного состояния СМК и достоверность картины остаточных напряжений оценивается на основе

сопоставления расчетной и экспериментальной интенсивности напряжений в одной точке вблизи наружной поверхности стальной обоймы.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Бахматова П.В.
имеет основные замечания:

1. В главе 1 абзац 2 непонятно построено последнее предложение: «..Поскольку одним из существенных недостатков экспериментальных образцов, изучаемых в [25], являлась неравномерная толщина металлической оболочки, как результат проточки стержней из СтЗсп (рисунок 1.6)...»
2. Недостаточно информативны рисунки 1.8-1.10. В рисунки следовало бы добавить поэлементные пояснения.
3. На рисунке 1.1. не указана кратность увеличения снимка, сами изображения выполнены нечеткими.
4. В главе 2 (п. 2.1) имеется неточность в применении терминов сварка и пайка. Безусловно, рассматривается процесс создания паяного соединения за счет расплавления стекла при нагреве, но встречается и термин сварка, что не соответствует действительности.
5. В названии главы 3, и по тексту диссертации применен термин «микроскопические исследования», вероятно автор предполагает исследование объекта под микроскопом, а не соответствующую единицу измерения проведенных исследований. Следовало назвать эту главу «Исследование микроструктуры зоны соединения».
6. В главе 3 непонятен выбор точек (как количество 4, 5 или 6, так и расположение) проведения энергодисперсионного флуоресцентного анализа. Например, в образце 9 точка 1 соответствует стальной части, а в образце 13 – стеклянной.
7. По тексту имеются грамматические ошибки и опечатки:
Стр. 26: 08x18н10 (вероятно имелось в виду 08X18H10); стр. 24 – нагружать делением (вероятно давлением), рис. 1.12, рис 2.28 нет подписей а, б, в; рис 3.1 не имеет общего названия (например: Оборудование для проведения микроструктурных исследований: а – сканирующий ..б – установка); рис. 3.4 Обработка – предполагает процесс, у вас внешний вид поверхности; рис. 3.5,

3.7, 3.9, 3.11, 3.13 и т.д. до рис. 3.35 «Снимок образца...» – там имеются еще и графики; рис. 3.6, 3.8, 3.10, 3.12 и т.д. до рис. 3.36 «Граница образца...» (следовало бы указать номер образца в каждом рисунке); стр. 51 «проточка сверлом» – термин неподходящий, лучше «рассверловка»; рис. 4.29 – название «Результаты микрорентгеноспектрального анализа...» не соответствует действительности.

Отзыв на автореферат Дудко Ольги Владимировны, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории нелинейной динамики деформирования Института автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук содержит замечание: В тексте не приведены выводы относительно экспериментальных исследований характера распределения остаточных напряжений.

Отзыв на автореферат Кургузова Владимира Дмитриевича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории механики разрушения материалов и конструкций Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН не содержит замечаний.

Отзыв на автореферат Мурашкина Евгения Валерьевича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории моделирования в механике деформирования твердого тела Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН не содержит замечаний.

Отзыв на автореферат Князевой Анны Георгиевны, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Института физики прочности и материаловедения СО РАН содержит следующие замечания:

1. В положениях, выносимых на защиту, указано, что модель учитывает диффузионные процессы в зоне соединения. Однако представленная на стр. 8 математическая формулировка задачи не содержит диффузионных уравнений и процесс диффузии не описывает.

2. Экспериментальные данные свидетельствуют об образовании новых соединений в диффузионной зоне. Однако это никак не отражено в математических моделях. Например, ширина диффузионной зоны задается как

некая функция, зависящая от времени и не связанная с диффузионными и химическими процессами. Чем вызвано использование такого приближения?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными специалистами в исследуемой области, а ведущая организация широко известна достижениями работающих в ней специалистов в области науки, соответствующей тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан способ изготовления слоистого конструкционного материала стеклометаллокомпозитных стержней на основе боросиликатного стекла и малоуглеродистой стали;

установлено и научно обосновано влияние температуры, времени выдержки и дополнительной обработки стали на структуру и свойства зоны соединения стали и стекла, предложено объяснение механизма формирования различных структур в зоне соединения в зависимости от технологического режима, влияние свойств зоны соединения на механические свойства стеклометаллокомпозита при статических нагрузках.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлены новые сведения о физико-химических и механических процессах, происходящих при спаивании стекла со сталью в зоне их соединения;

доказано влияние температуры, времени и способа дополнительной обработки соединяемых поверхностей на механические свойства стеклометаллокомпозита;

разработан метод расчета времени образования полного физического контакта спаиваемых поверхностей стекла и металла.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы экспериментально-теоретические методы:

– экспериментальные исследования проводились на современном оборудовании: сканирующем электронном микроскопе HitachiS-3400N, динамическом микротвердомере SHIMADZU DUH-211S, универсальной испытательной машине SHIMADZU AG PLUS, рентгеновском анализаторе остаточных напряжений Rigaku msf-3m;

– теоретические исследования проводились на основе решения уравнения равновесия с учетом релаксации напряжений в стекле и пластического течения, определяемого условием текучести Мизеса, численно, конечно-разностным методом в приращениях по времени перемещений, деформаций и напряжений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика для изготовления образцов стеклометаллокомпозитного стержня, позволяющая поддерживать выбранный температурно-временной режим и нагружать давлением стекло внутри образца и методика расчета отдельных параметров технологического режима изготовления спая стекла с металлом в окислительной среде;

результаты экспериментов могут быть использованы для оптимизации процессов получения и термической обработки слоистых композитов и соединений металла с керамикой и стекла с керамикой.

Оценка достоверности результатов выявила:

для экспериментальных работ использовалось сертифицированное современное оборудование и измерительные приборы;

теория построена на известных подходах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на теории упрочнения стекла за счет устранения поверхностных дефектов методом соединения с металлической оболочкой;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, обеспечивающие достоверность результатов исследования.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении экспериментальных исследований получения оптимальных параметров технологии спаивания

стекла со сталью, экспериментальных исследований механических свойств зоны соединения, полученной при различных технологических режимах, теоретических расчетов технологических и остаточных напряжений в стеклометаллокомпозитном стержне с учетом диффузионных процессов в зоне соединения, релаксаций напряжений в стекле и пластического течения в металле.

Заключение:

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.13 г. предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 20.12.2018 г. диссертационный совет Д 212.092.07 принял решение присудить Морковину Андрею Витальевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела за решение научной проблемы в области исследования влияния технологии изготовления спая стекла со сталью на структуру и механические свойства слоистого конструкционного материала – стеклометаллокомпозита. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 10 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председательствующий
зам.председателя
диссертационного совета



Handwritten signature of Anatoly Burenin

Буренин Анатолий Александрович

Учёный секретарь
диссертационного совета



Handwritten signature of Anna Grigorieva

Григорьева Анна Леонидовна

20 декабря 2018 года