

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМаш РАН)**



В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; www.ipme.ru

ОГРН 1037800003560, ИНН/КПП 7801037069/780101001

«Утверждаю»

Директор ИПМаш РАН,
доктор физико-математических наук,
Беляев А.К.

«20» ноября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - ИПМаш РАН на диссертационную работу Морковина Андрея Витальевича «Структурно-деформационные процессы в зоне соединения стекла и стали при получении стеклометаллокомпозита», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа Морковина Андрея Витальевича «Структурно-деформационные процессы в зоне соединения стекла и стали при получении стеклометаллокомпозита» посвящена исследованию влияния параметров технологии изготовления стеклометаллокомпозита на структурно-деформационные процессы в зоне соединения стекла со сталью и определению оптимальных параметров технологии изготовления.

Достижение высокой прочности конструкций при умеренной массе является одним из важнейших условий при проектировании различных объектов техники. Автор показывает, что одним из перспективных направлений является использование стеклометаллокомпозитов, в которых основным материалом является стекло, обладающее высокой удельной прочностью, а наружный слой выполнен из металла. Известно два подобных изделия: стеклометаллическая труба, которая использовалась в химической промышленности и стеклометаллокомпозитный стержень. Исследования по рассматриваемому

композиционному материалу ограничены работами Фроловой Е.Г. , Куляминой Л.Л., Пикуля В.В., Любимовой О.Н., Гридасовой Е.А. и Солоненко Э.П.

Диссертация изложена на 179 страницах, включает в себя введение, пять глав, заключение и список литературы из 125 наименований.

Во введении обоснована актуальность и степень проработки темы диссертации, определены цель и основные задачи работы, отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Первая глава диссертации посвящена постановке задачи. Представлен обзор экспериментальных и теоретических способов получения спая стекла и металла цилиндрической формы, описаны план проведения экспериментальных исследований.

Во второй главе моделируется экспериментально и теоретически физический контакт в цилиндрическом спае стекло-металл. Для управления температурой и временем выдержки до получения физического контакта предложено оригинальное решение задачи Рейнольдса, результаты расчетов подтверждены экспериментально.

В третьей главе экспериментально исследована структура и фазовый состав зоны соединения в спае стекла СН-1 со сталью 20 для различных технологических режимов, проведен анализ микроскопических исследований шлифов спая стекла с металлом и предложено объяснение характеру изменения структуры в зоне соединения в зависимости от обработки стальной поверхности. Экспериментальные данные обработаны стандартным статистическим методом, проведен факторный анализ параметров технологического режима. Выявлены режимы, при которых образуется однородная бездефектная граница спая.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных исследований механических свойств зоны соединения и механических свойств стеклометаллокомпозита с разным качеством зоны соединения: микротвердости, и модуля упругости при индентировании в зонах соединения, изготовленных по разным режимам. Приведены испытания на статическое растяжение образцов стеклометаллокомпозита, изготовленных по различным режимам, а также на сжатие и изгиб. Методом рентгеновской дифрактометрии экспериментально исследованы остаточные напряжения в стальной оболочке стеклометаллокомпозита.

В пятой главе математически моделируется эволюция напряженно-деформируемого состояния цилиндрического стеклометаллокомпозита при температурной обработке с учетом изменения концентрации в зоне соединения, структурных изменений в стекле и пластического течения в стали. Численно решена краевая задача термовязкоупруго пластического деформирования в случае обобщенного плоского деформированного состояния с учетом осевой симметрии и изменяющейся концентрации железа в стекле.

В заключении представлены основные результаты и выводы диссертационной работы.

Достоверность научных положений и выводов обеспечена корректным применением методик экспериментальных исследований и современных методов статистической обработки полученных данных, применением апробированных математических моделей механики деформируемого твердого тела и применением известных численных методов для их реализации. Содержание диссертационной работы отражено в 14 публикациях автора, среди которых 6 в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий и 2 патента РФ на изобретение. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации и полученные в ней результаты.

Изучение диссертационной работы позволяет выделить следующие основные результаты, обеспечивающие научную новизну:

- предложен оригинальный подход к решению задачи Рейнольдса, для определения времени образования физического контакта спаиваемых поверхностей стекла и металла, при этом получены аналитические зависимости времени образования физического контакта от давления, температуры и вязкости. Результаты теоретических расчетов подтверждены экспериментально.
- изучено влияние температуры, времени выдержки и дополнительной обработки стали на структуру и свойства зоны соединения стали и стекла, объяснен механизм формирования различных структур в зоне соединения;
- методом пайки получено вакуумноплотное соединение стекла СН-1 с малоуглеродистой сталью Ст20 в окислительной среде без хрупких фаз в зоне соединения;
- определен режим, при котором стеклометаллокомпозит на основе стекла СН-1 и стали 20 достигает максимальной прочности $\sigma_{0,2}=141$ МПа и $\sigma_E=210$ МПа.

Таким образом, в диссертационной работе изучены закономерности образования структуры в зоне соединения стекла со сталью, предложены способы регулирования и уменьшения их вредного влияния на механические свойства соединения. Предложенные в работе методы расчета отдельных параметров технологии могут быть использованы для оптимизации режимов

получения и термической обработки слоистых композитов и при соединении металла с керамикой, металла с пластиком и стекла с керамикой.

Замечания по диссертации

1. Поскольку в ранних работах по изготовлению стеклометаллокомпозита использовались боросиликатное стекло С49 и малоуглеродистые стали СтЗсп и Ст10, 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 не 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_f 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).

Считаем, что отмеченные выше недостатки не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Материал диссертации соответствует формуле специальности 01.02.04 по 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.


Считаем, что диссертация «Структурно-деформационные процессы в зоне соединения стекла и стали при получении стеклометаллокомпозита» Морковина Андрея Витальевича 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 определению

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 учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Научный руководитель ИПМаш РАН,
Член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н, профессор

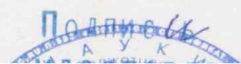

Д.А. Индейцев

Заведующий лабораторией модифицирования
поверхностей материалов, д.т.н., лауреат
Государственной премии РФ в области науки
и техники


В.Г. Кузнецов

20 ноября 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем машиноведения Российской академии наук
В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; www.ipme.ru



Д.А. Индейцева и В.Г. Кузнецова