

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Солоховой К. С. «Углекомпози́ты на основе дисперсно-наполненного эластомера с высокой термической и окислительной стойкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

В связи с быстрым развитием техники и технологий в ракетно-космической технике возрастают требования к используемым материалам, а особенно теплозащитным.

Для материалов гибкой теплозащиты, разрушающихся под воздействием внешнего теплового потока, особенно важно повышать их термическую и окислительную стойкость.

Традиционно применяемые для теплозащиты карбоцепные каучуки и композиционные материалы на их основе обладают рядом недостатков: низкая морозостойкость, химическая стойкость, термостойкость, технологичность.

Перспективной альтернативой являются композиционные материалы на основе силоксановых эластомеров. Их преимуществом являются высокая термостойкость, керамообразование, а также некоторые виды силоксанов, в исходном виде представляющие собой высоковязкие смолы, переходящие в эластомерное состояние в присутствии катализатора, что позволяет получать материалы с высоким наполнением и армированием без значительных трудозатрат. За счет чего можно получать высокоэффективные теплозащитные материалы с регулируемыми свойствами. Например, получить материалы, сочетающие теплозащитные свойства кремнийорганики и композитов на основе фенолформальдегидных смол и углеродных тканей, что позволит получить материалы, обладающие высоким комплексом свойств.

На сегодняшний день разработок, связанных с получением композиционных материалов на основе дисперсно-наполненных силоксановых матриц фенолформальдегидными смолами, керамическими наполнителями невелико, что определяет необходимость проведения исследований в этой области.

Диссертация Солоховой К.С. является весьма актуальной и посвящена повышению эффективности теплозащитных материалов за счет создания композиционных материалов на основе дисперсно-наполненных силоксановых эластомеров порошками отвержденных фенолформальдегидных смол и керамических добавок.

В работе были применены современные методы исследования структуры, физико-механических и теплофизических свойств, а также широкий ряд экспериментов высокотемпературных воздействий.

С точки зрения научной новизны в данной работе впервые разработаны двумерно армированные углекомпози́ты, обладающие высокой термической и окислительной стойкостью, гибкостью, на основе углеродной ткани, с матрицей из силоксанового эластомера, дисперсно-наполненного отвержденными порошками фенолформальдегидной смолы, а также керамическими добавками. Исследованы структура и свойства материалов и установлено, что за счет введения порошков отвержденной фенолформальдегидной смолы в силоксановую матрицу повышается коксообразующая способность углекомпози́тов, и при воздействии высоких температур формируется структура, состоящая из пористого коксового и керамического слоев, что обеспечивает высокую термическую и окислительную стойкость углекомпози́тов. Важным результатом диссертационной работы является повышение энергии активации термоокислительной деструкции углекомпози́тов на 12 %, огнестойкости - на 10 %, максимального напряжения при растяжении после воздействия пламени - в 3 раза за счет введения порошков отвержденной фенолформальдегидной смолы в силоксановую матрицу углекомпози́тов. Установлено, что керамические добавки ( $\text{SiC}$ ,  $\text{ZrB}_2$ , корундовые микросферы) в составе эластомерной матрицы углекомпози́тов при пиролизе способствуют керамо- и коксообразованию, что приводит к увеличению коксового остатка до 46 %, огнестойкости до 15 %, кислородного индекса до 16 %, абляционной стойкости до 18 %. При этом наиболее

эффективной является комбинированная добавка 5 % SiC + 5 % ZrB<sub>2</sub> + 5 % корундовых микросфер.

Практическая и теоретическая значимость работы не вызывает сомнений. Разработанная технология получения углекомполитов, включающая послойное нанесение не полимеризованной матричной смеси на слои углеродной ткани с последовательным укладыванием пропитанных слоев углеродной ткани друг на друга, вакуумирование при остаточном давлении 9-10 мм рт. ст. и последующее отверждение при температуре (120±5) °С, обеспечивает высокую термостойкость и окислительную стойкость углекомполитов. Также автором была разработана методика испытаний силиконового композиционного материала. Внедрение результатов работы подтверждается актами АО «НИИГрафит».


Автореферат характеризуется последовательным и логичным изложением научных результатов диссертационного исследования, демонстрирует высокий уровень научной проработки, глубокое понимание предметной области и стремление к решению сложных технологических задач. Работа представляет значительный интерес для специалистов в области материаловедения и технологий композиционных материалов, предлагая новые подходы к созданию теплозащитных материалов, востребованных в современной технике.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на многочисленных всероссийских и международных научно-практических конференциях и семинарах, по теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них 4 статьи, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в перечень ВАК РФ, 8 тезисов научных докладов, получен 1 патент РФ.

В качестве замечания по автореферату можно отметить, что на рамановских спектрах сформированного керамического покрытия на поверхности и в области ограниченного доступа кислорода не указаны значения пиков, в тексте не приведены их расшифровки, что затрудняет понимание образовавшихся структур в результате пиролиза.

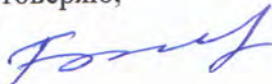
Указанное замечание не снижает практической значимости диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Солохова Кира Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Заведующий лабораторией «Технологии  
твердых сплавов и сверхтвердых материалов»  
ФГБУ «ВНИИТС»  
Кандидат технических наук, доцент

  
Аникин Вячеслав Николаевич

Подпись руки  удостоверяю,

Начальник ОУП ФГБУ «ВНИИТС»  
Печать организации

  
Бурканова О.А.

  
117638, город Москва, Варшавское ш, д. 56  
ФГБУ «ВНИИТС»  
<http://vniits.com>  
+7 (499)613-55-77