

О Т З Ы В

официального оппонента

о диссертации Виноградова Романа Евгеньевича «Термомеханическое поведение функциональных металл-полимерных композиционных материалов, армированных никелидом титана», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки)

Актуальность темы исследований

Развитие машиностроительных отраслей экономики требует разработки новых материалов, обладающих повышенным комплексом служебных характеристик, технологий их получения и производства различных конструкций. Одним из наиболее перспективных направлений таких разработок являются функциональные материалы, в частности сплавы на основе никелида титана, обладающих эффектом памяти формы и сверхупругости. В настоящее время эти сплавы успешно применяются в авиакосмических, судостроительных конструкциях, бытовой технике и медицине. Однако, технологические сложности получения сплавов на основе никелида титана и их переработки в полуфабрикаты и изделия с требуемым уровнем свойств эффекта памяти формы, приводит к повышению стоимости функциональных конструкций и ограничивает их более широкое применение в реальной экономике.

Одним из способов решения указанной проблемы является разработка композиционных материалов, в которых армирующие элементы из сплавов на основе никелида титана обеспечивают реализацию эффекта памяти формы, а матрица из относительно недорогого материала позволяет получать сложные монолитные конструкции. В диссертационной работе Виноградова Р.Е. такой подход реализован на примере композиционного материала с наполнителем из проволоки никелида титана и полимерной матрицы, в качестве которой рассматривается силиконовая резина и углепластик. Поэтому тема работы, без сомнения, является актуальной.

Общая характеристика работы

Одной из отличительных черт диссертационной работы Виноградова Р.Е. является выбор объектов исследования. В качестве армирующих элементов использована проволока их сплава ТН1 с разным соотношением никеля и титана, что позволило сформировать термической обработкой структурные состояния материала, проявляющие при комнатной температуре либо сверхупругое поведение, либо пластическое с последующим восстановлением формы при нагреве. Матрица композиционного материала была представлена силиконовой резиной с низким модулем упругости и высокой упругой деформацией и углепластиком с однонаправленным угольным волокном и эпоксидным связующим, обладающим значительным модулем упругости и ограниченной упругой деформацией. Сочетание армирующих элементов в разном структурном

состоянии, а также геометрии и объемной доли, с двумя видами матрицы, представляющими в первом приближении, граничные характеристики полимерных материалов, позволило автору установить основные закономерности термомеханического поведения функциональных металл-полимерных композиционных материалов.

Представляет большой научный и практический интерес предложенный в работе метод создания композиционного материала, обладающего обратимым (двухпутевым или реверсивным) эффектом памяти формы. В этом случае матрица материала служит элементом «смещения», создавая необходимые условия (напряжения) для развития пластичности превращения при охлаждении через интервал температур мартенситного превращения и не создает серьезного противодействия при реализации обратного мартенситного перехода и восстановления формы при нагреве.

В работе большое внимание уделено методологическим вопросам определения характеристик памяти формы композиционных материалов, в том числе при определении их деформационной циклостойкости. Предложены математические уравнения, позволяющие рассчитывать термомеханическое поведение металл-полимерных материалов, армированных элементами из сплавов на основе никелида титана, которые могут быть использованы при разработке функциональных конструкций.

Научная новизна

1. Установлены закономерности влияния химического состава и структуры армирующих элементов из сплавов на основе никелида титана, а также архитектуры армирования (объемная доля, геометрия армирующих элементов) на проявление различных видов эффекта памяти формы и термомеханического поведения функциональных композиционных материалов с матрицей из силиконовой резины и углепластика.

2. Научно-обоснован и экспериментально реализован способ создания функционального композиционного материала «силиконовая резина – никелид титана», обладающего обратимым эффектом памяти формы. Разработана математическая модель, позволяющая разрабатывать также композиционные материалы с высоким значением (до 10%) обратимой деформации.

3. Определены закономерности влияния архитектуры никелида титана на упругое и сверхупругое поведение композиционного материала с углепластиковой матрицей. Установлено, что увеличение объемной доли и характеристического размера армирующих элементов из никелида титана позволяет увеличить механически обратимую деформацию и деформационную циклостойкость в 2-10 раз в сравнении с неармированным углепластиком.

Практическая значимость диссертационной работы

1. Разработана методика определения температурных и деформационных характеристик функциональных композиционных материалов с полимерной матрицей, армированной элементами из никелида титана.

2. Предложены методы расчета термомеханического поведения функционального композиционного материала, позволяющие проектировать различные конструкции на основе данных об архитектуре армирования и свойствах материала матрицы и армирующих элементов.

3. На основе установленных в работе закономерностей термомеханического поведения функциональных композиционных материалов разработаны, изготовлены и испытаны опытные образцы медицинских изделий с повышенным комплексом характеристик работоспособности.

Достоверность результатов обеспечена применением комплекса современных методов исследований, большим объемом экспериментального материала, соответствием экспериментальных результатов теоретическим предпосылкам, отсутствием принципиальных противоречий известным результатам и проведение количественных оценок результатов измерений.

Замечания по работе

1. В работе исследования термомеханического поведения были проведены на образцах композиционных материалов с однонаправленным армированием элементами из никелида титана, что ограничивает возможности проектирования сложных конструкций, реализующих формоизменение в различных направлениях.

2. Образцы композиционного материала были армированы элементами из никелида титана только в нейтральной плоскости, а испытывали по схеме изгиба. Для материала с силиконовой матрицей, обладающей значительно меньшим модулем упругости по сравнению с никелидом титана, такая схема армирования вполне оправдана. В случае углепластиковой матрицы с высоким модулем упругости армирование, по-видимому, целесообразно проводить в несколько слоев, расположенных ближе к поверхности. Однако в диссертационной работе этому вопросу не уделено внимание.

3. На свойства композиционного материала, в том числе на его термомеханическое поведение, большое влияние должна оказывать адгезионная прочность армирующих элементов и матрицы. Эта прочность будет зависеть от состояния поверхности армирующих элементов и технологии изготовления композита. В работе это практически не изучено, а ограничено только рассмотрением некоторых литературных источников.

4. Исследования в работе направлены на поиск лучшего структурного состояния никелида титана и архитектуры армирования двух видов матриц – силиконовая резина и углепластик. Было бы интересно изменить подход и проводить исследования для выбора оптимального состава матрицы для

обеспечения наиболее полного проявления различных видов эффекта памяти формы никелида титана.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации и служат пожеланием продолжения работ в этой интересной с научной и практической точки зрения области современного материаловедения.

Заключение

Представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне, написана технически грамотным языком и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложена научно-обоснованные технические и технологические решения разработки функциональных композиционных материалов с силиконовой и углепластиковой матрицей, армированной никелидом титана.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 7 научно-технических конференциях, опубликованы в 23 научных работах, из них 5 в изданиях, входящих в перечень ВАК и 3 в журналах, включенных в международные системы цитирования.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Виноградов Роман Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Официальный оппонент:

кандидат технических наук,

ЗАО «Межгосударственная Ассоциация Титан», Генеральный директор



МП

Александров Андрей Валентинович

E-mail: isat91@mail.ru

Тел.: +7(985) 764-52-04

21.11.2022

ЗАО «Межгосударственная Ассоциация Титан»

Почтовый адрес: 624760, г. Верхняя Салда, Свердловской обл., ул. Парковая, д. 1

Тел.: +7(34345) 5-27-49 E-mail: isat91@mail.ru