

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Ломакина Ивана Владимировича

«Термобиметаллы с эффектом памяти формы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Данная диссертационная работа посвящена актуальной теме: созданию и исследованию слоистых биметаллических композитных структур на основе сплава с эффектом памяти формы (ЭПФ) методом взрывной сварки. Как известно, сплавы термоупругим мартенситным превращением и ЭПФ на протяжении десятилетий глубоко изучаются и широко применяются в различных отраслях техники и медицины. Однако, по мнению многих специалистов их потенциал применения далеко не исчерпан. Значительный интерес в последнее время вызывают композиты, включающие элементы с ЭПФ и упругие компоненты. Композиты обладают рядом свойств, полезных для приложений: обратимые деформации, которые достигаются без применения сложной тренировки сплава, высокая демпфирующая способность, способность «залечивать» возникшие трещины и др. При создании новых приборов и систем на основе композитов со сплавами с ЭПФ возникает сложная задача надежного соединения сплава TiNi с другими металлическими материалами. Применение при соединении слоев с ЭПФ и упругих материалов традиционных видов сварки часто приводит к деградации функциональных свойств сплава с ЭПФ и сводится к точечному или линейному воздействию. Делаются попытки применения склеивания, «холодной сварки» прокаткой и др. Однако для формирования протяженных двумерных структур в форме листов и поверхностей необходимы альтернативные подходы. Новые перспективы получения биметаллов с памятью формы связаны с технологией сварки взрывом (СВ), которая позволяет получить надежное соединение сплава TiNi с другими сплавами и со сплавами той же системы – TiNi, но отличного стехиометрического состава.

Целью работы И. В. Ломакина явилось создание и систематическое изучение структуры и функциональных свойств биметаллических композитов с памятью формы, полученных методом СВ, определение оптимальных термических и деформационных воздействий на биметаллы для достижения максимальной обратимой деформации и развитие методов описания и прогнозирования термомеханического поведения термобиметаллов с ЭПФ.

К наиболее интересным результатам, полученным в работе можно отнести следующие:

1. Созданы впервые методом СВ и исследованы экспериментально образцы биметаллических композитов “сталь X18H10T – Ti_{49,4}Ni_{50,6}” и “Ti_{49,3}Ni_{50,7} – Ti₅₀Ni₅₀”.

2. Экспериментально изучены обратимые термоиндуцированные деформации в композитах “сталь X18H10T – Ti_{49,4}Ni_{50,6}” и “Ti_{49,3}Ni_{50,7} – Ti₅₀Ni₅₀”, которые возникают, если композит предварительно пластически деформируют при температуре ниже температуры прямого мартенситного превращения слоя с ЭПФ. Показано, что величина обратимых деформаций достигает 1 % и максимальна при относительной толщине слоя с ЭПФ примерно 60% от общей толщины биметаллического композита.

3. Предложена теоретическая модель, основанная на теории термомеханического поведения сплавов с эффектом памяти формы, позволяющая описать механическое поведение композитов с эффектом памяти формы при изотермическом деформировании и при последующем термоциклировании. С помощью разработанной модели выполнено компьютерное моделирование механического поведения биметаллических композитов “сталь X18H10T – Ti_{49,4}Ni_{50,6}” и “Ti_{49,3}Ni_{50,7} – Ti₅₀Ni₅₀”, и получено удовлетворительное соответствие с экспериментальными данными, в частности, по измерению зависимости функциональных свойств композитов от степени предварительной пластической деформации.

Практическая значимость работы заключается в том, что в ней доказана принципиальная возможность применения технологии СВ при разработке различных функциональных конструкций двумерной конфигурации, например для адаптивной оптики, ювелирной промышленности и др. Главной отличительной привлекательной особенностью подобных конструкций является то, что «гигантские» многократные термоуправляемые деформации таких деталей могут быть получены простой штамповкой при низкой температуре без дополнительных нетехнологичных операций «тренировки» сплава с ЭПФ.

Достоверность результатов работы не вызывает сомнений и обеспечена использованием современных методов решения поставленных задач, согласием экспериментальных и расчетных данных.

Вместе с тем, по работе следует сделать ряд замечаний и пожеланий.

1. Исследования функциональных свойств композитов с ЭПФ представляют большой интерес, однако в настоящей работе, по-видимому, впервые исследований именно композиты с ЭПФ получение методом сварки взрывом (СВ). При изготовлении образцов использовали взрывчатое вещество аммонит с содержанием 30% NaCl в качестве пламегасителя. Угол налета пластин при сварке составлял 12 С°, а скорость налетающей пластины

составляла 450 м/с. По моему мнению, работа значительно бы выиграла если бы включала более глубокое изучение связи функциональных свойств полученных композитов с параметрами процесса изготовления методом СВ, а также со структурой полученных соединений. В частности представляет интерес ответ на вопрос: какие максимальные по площади и однородности образцы можно получить?

2. Одним из преимуществ метода СВ является возможность получения надежных двумерных протяженных композитных функциональных конструкций как в плоской, так и искривленной конфигурации. Представляет большой интерес попытка получения образца композита, например, в форме сферического, параболического или цилиндрического зеркала, однако, автор не предпринял подобных попыток.

3. При сварке материалов, обычно, обращают внимание на качество сварного шва, сплошность, наличие пор или отслоений. Одним из наиболее распространенных методов определения качества сварного соединения являются рентгеновский или ультразвуковой. В данной работе качество сварных соединений не было изучено, что в дальнейшем может наложить ограничения на типы свариваемых конструкций.

4. Не измерены послесварочные напряжения в сварном соединении до и после термообработки. Например, в сварных соединениях выполненных электроннолучевой сваркой, аргоннодуговой или сваркой трением их значения могут достигать 400-500 МПа, что значительно повлияет как на сам процесс формовостановления, так и на дальнейшее моделирование работы композита с ЭПФ.

5. В работе недостаточно изучены оптимальные параметры композитов, например, на рис. 44 дан график зависимости максимальной обратимой деформации от соотношения толщин слоев только для одного значения предварительной деформации. Сам характер зависимости не вызывает сомнений, однако наличие максимума при определенном соотношении толщин слоев (около 0,6) должно быть обосновано расчетами и объяснено. А зависимость от величины предварительной деформации выявлена (при наличии таковой).

6. В работе изучаются функциональные свойства композитов в терминах максимальной достижимой деформации. Это наиболее распространенный подход. Однако в ряде задач важно знать: каковы максимальные управляемые усилия, которые развивают композиты?

Все это не снижает хорошего впечатления от диссертационной работы И.В. Ломакина. Задача, которая была поставлена диссертантом: впервые создать методом СВ композиты с ЭПФ и изучить их функциональные свойства была решена И.В. Ломакиным успешно, что подтверждает высокую квалификацию автора

Основные результаты диссертации опубликованы в отечественных и зарубежных журналах, и неоднократно прошли апробацию на международных и отечественных конференциях и симпозиумах. Работа снабжена подробным и содержательным обзором. Автореферат диссертации полностью соответствует материалам диссертационной работы.

Подводя итог, можно заключить, что, без сомнений, диссертационная работа Ломакина Ивана Владимировича «Термобиметаллы с эффектом памяти формы» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

В.н.с. ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН,
д.ф.-м.н.

/В.В.Коледов/

Подпись В.В.Коледова удостоверяю:



*Ученый секретарь ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН
к.ф.м.н. И. И. Чусов*

Отзыв подготовил: Коледов Виктор Викторович.

Ученая степень: доктор физико-математических наук.

Ученое звание: старший научный сотрудник.

Место работы, должность: ведущий научный сотрудник, лаборатории магнитных явлений в микроэлектронике ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН»

Адрес места работы 125009 Москва, ул. Моховая 11, корп. 7.

Адрес домашний: 141191, г. Фрязино, Московской области, ул. Ленина д. 47, кв 204.

Тел. +7 4956293506.

E-mail: victor_koledov@mail.ru