

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Демидовой Елены Сергеевны на тему: «Эффекты обратимости неупругой деформации при мартенситных превращениях в изотермических условиях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

В настоящее время одной из ключевых задач науки о материалах является создание новых конструкционных и функциональных материалов и технологий их получения, необходимых для обеспечения конкурентоспособности высокотехнологичных секторов экономики. Сплавы с эффектом памяти формы относятся к функциональным материалам и проявляют необычное механическое поведение. Они получили широкое распространение благодаря уникальному сочетанию функциональных и механических свойств, обеспечивающему их эффективное практическое применение в различных отраслях техники, таких как космос, авиа и автомобилестроение, гражданское строительство и в медицине.

Диссертационная работа Демидовой Е.С. посвящена актуальной теме исследования эффектов обратимости неупругой деформации при мартенситных превращениях в изотермических условиях в сплавах с памятью формы. Результаты исследования могут найти широкое практическое применение в такой важной промышленной сфере как термомеханические приводы многократного действия. В рамках этой важной тематики одной из основных задач является разработка способов уменьшения температурных интервалов срабатывания приводов из сплавов с памятью формы на основе TiNi. Цель рассматриваемой работы состоит в исследовании закономерностей мартенситных переходов и проявлении функциональных свойств при изотермической выдержке сплава Ti-Ni-Cu, обладающего эффектом памяти формы, а также разработка физических представлений о природе наблюдаемых явлений. Необходимо отметить, что решение такой задачи до последнего времени казалось принципиально невозможным.

Для достижения цели исследования Демидовой Е.С. успешно проведено решение ряда задач как экспериментального, так и теоретического направления. Диссертантом был создан ряд оригинальных методик экспериментального исследования мартенситных превращений в материалах с памятью формы. В теоретическом плане были адаптированы и апробированы модифицированные модели описания исследуемых эффектов. Также в работе предложена физическая модель изотермического мартенситного перехода в сплавах на основе TiNi.

Отметим основные результаты, полученные в диссертации.

1. Предложен новый механизм, ответственный за реализацию термоупругого мартенситного перехода в изотермических условиях. Показано, что термоупругое превращение в исследуемом сплаве происходит в изотермическом режиме вследствие контролируемости его кинетики термоактивируемым процессом.

2. Создана специальная методика для измерения деформации, обусловленной изотермическим мартенситным превращением, и определения её обратимости.
3. Впервые обнаружено изменение деформации при изотермической выдержке в интервале температур, близких к температуре начала прямого мартенситного перехода под напряжением. Показано, что при этом изменение деформации полностью обратимо при последующем нагреве и как следствие связано с мартенситным переходом.
4. Исследованные особенности изменения деформации при изотермическом переходе под различными нагрузками показали, что изменение деформации наблюдается только при выдержке при температурах внутри температурного интервала прямого перехода под напряжением. Деформация при этом увеличивается до насыщения, величина которого немонотонно зависит от положения температуры выдержки, а её зависимость от величины напряжения имеет максимум.
5. Корректное адаптирование подхода Аврами позволило описать изменение доли мартенсита, появившегося в изотермических условиях, от температуры и длительности выдержки, а также определить условия, при которых формируется максимальное количество мартенсита.
6. Успешное использование модернизированной модели Лихачева-Волкова дало возможность описать изменение деформации при реализации мартенситных превращений в изотермических условиях под нагрузкой. При этом эффективно проведен подбор параметров, введенных в структурно-аналитическую модель, на основе численных методов с целью их влияния на макроскопическую деформацию материала. Для варьирования этими параметрами был проведен ряд модельных экспериментов.

Все выносимые на защиту результаты являются новыми, имеют научную и практическую значимость. Научная ценность полученных в работе результатов состоит в том, что впервые определена природа и исследованы условия, при которых изотермические переходы сопровождаются изменением деформации, и предложена модель описания этих эффектов. Результаты исследования могут быть практически использованы для разработки приводов, работающих в узком интервале температур.

Остановимся на некоторых замечаниях, возникших при чтении диссертации:

1. На некоторых экспериментальных графиках и в тексте диссертации не представлена информация о погрешности измерения.
2. . В диссертации все исследования выполнены на одном четырёхкомпонентном сплаве на основе TiNi. В связи с этим остается не ясным вопрос, в какой степени результаты работы могут быть обобщены на другие сплавы на основе TiNi или на все материалы с термоупругими мартенситными превращениями.
3. В работе установлено, что фазовый состав и деформация исследуемого материала могут зависеть от времени. Очевидно, что при этом и объемная доля мартенситной фазы и деформация должны зависеть и от скорости изменения температуры и от скорости нагружения. К сожалению, эти вопросы не изучались и не обсуждались в диссертации.

Отметим, что приведенные замечания носят скорее рекомендательный характер и не могут повлиять на положительную оценку представленной диссертационной работы.

Диссертант продемонстрировал успешное сочетание, как экспериментальных исследований, так и математического моделирования процессов, реализованных в многочисленных экспериментах.

Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, так как работы проведены на современном оборудовании с использованием апробированных методик, экспериментальные результаты многократно воспроизводимы.

Результаты исследования опубликованы в трех статьях в высокорейтинговых изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Web of Science и Scopus и в 10 статьях в изданиях, индексируемых РИНЦ, а также апробированы на многочисленных международных и всероссийских конференциях, симпозиумах и семинарах.

Диссертация Демидовой Елены Сергеевны на тему: «Эффекты обратимости неупругой деформации при мартенситных превращениях в изотермических условиях» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Демидова Елена Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

Д.ф.-м.н., доцент, профессор,

зав. кафедрой физической

механики СПбГУ

Морозов В.А.

05.02.2021г.

И.о. В.А. Морозова
начальник отдела кадров №3
руководитель И.И. Бардашников

