

В диссертационный совет Д 501.001.91
при МГУ им. М.В. Ломоносова,
119991, г. Москва, Ленинские горы, ГСП-1
механико-математический факультет

Отзыв

Официального оппонента Перельмутера Михаила Натановича на диссертацию
Машихина Антона Евгеньевича
на тему «**Краевые задачи термомеханики для цилиндра и сферы**
из сплавов с памятью формы»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.02.04 –механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации и структура работы. Диссертация Машихина А. Е. посвящена актуальной теме - разработке численно-аналитических методов решения краевых задач механики деформируемого твердого тела для сплавов с памятью формы. Автором рассмотрены постановки задач для прямого и обратного фазовых превращений в сплавах с памятью формы при термомеханическом нагружении, а также получены новые аналитические и численные решения ряда краевых задач для конструкций, обладающих осевой или центральной симметрией. В качестве материала с эффектом памяти формы в диссертации рассматривается никелид титана, который является одним наиболее перспективных для практического использования сплавов с памятью формы, обладает высокой прочностью, коррозионной стойкостью, также биологической инертностью, что позволяет широко применять этот сплав в медицине.

Диссертация изложена на 142 страницах, включая 78 рисунков, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 110 наименований, отражающего современное состояние тематики работы.

Во введении определен предмет исследования диссертации, обоснована актуальность темы диссертации, формулируются цель, задачи, научная новизна и практическая значимость результатов диссертации.

В главе 1 приведен обзор основных свойств металлических сплавов с памятью формы, а также рассмотрены области применения таких материалов в высоконагруженных промышленных конструкциях и медицине. Обсуждаются преимущества использования сплавов с памятью формы в указанных областях. Приведены определяющие соотношения для нелинейной модели сплава с памятью

формы, используемой в диссертации, и формулируется положение об активных процессах пропорционального нагружения. Приведен также обзор литературы по методам решения краевых задач для сплавов с памятью формы.

В главе 2 приведены постановка и решение осесимметричной задачи для сплава с памятью формы при механической нагрузке, соответствующей фазовому процессу перехода из аустенита в мартенсит. Формулируются основные допущения задачи. В частности, пренебрегается температурными деформациями, а на упругую деформацию накладывается условие несжимаемости. Рассмотрен случай пренебрежения упругими деформациями по сравнению с фазово-структурными деформациями. Исследован вопрос о допустимых значениях механических нагрузок в фазовом процессе перехода из аустенита в мартенсит. Приведены также постановка и решение осесимметричной краевой задачи для обратного фазового превращения при насадке муфты из материала с памятью формы на трубопровод. Полученное решение исследовано при различных параметрах задачи.

В главе 3 приведены постановка и решение осесимметричной задачи для толстостенной сферической оболочки при механической нагрузке, соответствующей фазовому процессу перехода из аустенита в мартенсит. Исследован случай пренебрежения упругими деформациями по сравнению с фазово-структурными деформациями. Выполнена оценка допустимых значений механических нагрузок в фазовом процессе перехода из аустенита в мартенсит.

В главе 4 приведена постановка и алгоритм численного решения задачи, соответствующей фазовому процессу перехода из аустенита в мартенсит, для трубы и толстостенной сферической оболочки при действии внутреннего давления и постоянной температуре внутри тела (квазистатический процесс). Задача решается итерационно с определением радиуса неизвестной границы зоны фазового перехода. Решение задачи исследовано при различных параметрах моделей. Для цилиндрической модели выполнена оценка величины внутреннего давления, а также интервала температур в процессе охлаждения перед насадкой на трубопровод соединительной муфты, применяемой в авиационной промышленности.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов. Результаты, приведенные в диссертации, являются обоснованными и достоверными, так как используется физически обоснованная модель для описания функциональных свойства сплавов с памятью формы, а математическое описание модели и разработанные методы исследования напряженно-деформированного состояния основаны на корректном использовании математических методов, методов механики деформируемого твердого тела и методов вычислительной

механики. Аналитические и численные результаты, полученные в работе, не противоречат опубликованным аналитическим решениям, асимптотическим оценкам, экспериментальными и расчетными данным.

Научная новизна диссертации заключается в получении в рамках определяющих соотношений модели нелинейного деформирования сплавов с памятью формы новых решений осесимметричных задач для прямого и обратного мартенситных превращений.

Наиболее существенные результаты, полученные автором. Основные новые научные результаты диссертации состоят в следующем:

- 1) Получено решение связной задачи о прямом превращении в цилиндре и в сфере под действием постоянных внутреннего и внешнего давлений, в предположение о независимости распределения доли мартенситной фазы по радиусу оболочки;
- 2) Получены выражения для предельных нагрузок, достижение которых означает начало деформирования по механизму дислокационной пластичности. В случае, если действуют только давления, критические нагрузки возрастают с ростом толщины сферы, асимптотически стремясь к некоторым конечным значениям при стремлении толщины к бесконечности;
- 3) Получено решение задачи о контакте упругой трубы и муфты из сплава с памятью формы во время обратного превращения, моделирующее процесс создания термомеханического соединения.
- 4) Получено решение однократно связной задачи о прямом превращении в цилиндре и в сфере под действием постоянного давления, в предположение о постоянстве температуры вдоль радиуса оболочки.
- 5) Решение исследовано для различных толщин оболочек и соответствует медленному процессу обработки муфты из сплава память формы.

Практическая ценность работы состоит в возможности использования полученных решений и разработанных численных методов для оценки параметров подготовки к эксплуатации изделий из сплавов с памятью формы. Возможно также использование полученных аналитических решений для оценки точности численных алгоритмов решения задач для материалов памятью формы.

Тема и содержание диссертации **соответствуют паспорту специальности** 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Соответствие автореферата диссертации. Автореферат удовлетворяет требованиям ВАК России, правильно и полно отражает содержание диссертации.

Апробация результатов исследования. Основное содержание диссертации отражено в 6 публикациях в рецензируемых отечественных научных журналах, входящих в перечень ВАК, а также в ряде сборников статей и трудах конференций. Работа была апробирована на российских и зарубежных научных конференциях и симпозиумах различного уровня.

Замечания по диссертации.

1. Определяющие соотношения для модели сплавов с памятью формы, используемой в диссертации, приведены в п.1.3. При этом отсутствует качественное физико-механическое описание модели, а также обоснование выбора именно этой модели для последующих расчетов;

2. На стр. 21 вводится понятие интенсивности микронапряжений и вероятностных функций их распределений. При этом понятие микронапряжений в контексте рассматриваемой задачи не определено и отсутствует обоснование выбора функций распределения;

3. При исследовании зависимости кольцевых напряжений от параметра фазового состава наблюдается максимум кольцевых напряжений. Интересно было бы исследовать – зависит ли существование и положение этого максимума от упругих свойств трубопровода (или соотношения модулей упругости материалов муфты и трубопровода)?

4. В работе предельные нагрузки определяются из условия равенства интенсивности напряжений пределу текучести материала. Целесообразно было бы рассмотреть также возможность применения критериев механики разрушения в таких задачах;

5. В работе предлагается использовать полученные решения для верификации программного обеспечения, включающего возможность решения задач для сплавов с памятью формы. В связи с этим отметим, что для контроля качества программного обеспечения, ориентированного на решения специального класса задач, необходима разработка набора эталонных моделей, включение их в программные комплексы, а также разработка стандартных критериев оценки точности численных решений;

6. В диссертации имеется некоторое количество опечаток и описок в тексте и формулах, а раздел “Практические расчеты” выпал из оглавления диссертации.

Заключение.

Указанные замечания не подвергают сомнению новизну и достоверность полученных результатов и не снижают общей положительной оценки диссертации. Диссертация Машихина Антона Евгеньевича, выполненная на тему «Краевые задачи термомеханики для цилиндра и сферы из сплавов с памятью формы», является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой решен ряд задач новых краевых задач термомеханики для металлов с памятью формы

Диссертация выполнена на хорошем уровне, содержит новые результаты и удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор - Машихин Антон Евгеньевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 –механика деформируемого твердого тела.

Оппонент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела, старший научный сотрудник ИПМех РАН

22.05.2017  Перельмутер Михаил Натанович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук

Адрес: 119526, Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1

Рабочий телефон: 8(495) 433-62-57

Email: perelm@ipmnet.ru

Подпись М.Н. Перельмутера заверяю

Ученый секретарь ИМПех РАН

к.ф.-м.н. Сысоева Е.Я.

