

ОТЗЫВ

официального оппонента Любимовой Ольги Николаевны на диссертацию Ткачевой Анастасии Валерьевны «Эволюция температурных напряжений в условиях сборки упругопластических деталей способом горячей посадки», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18- «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Актуальность диссертационной работы

Математическое моделирование изменения свойств материалов в процессе тепловой обработки с учетом изменяющихся теплофизических и механических характеристик, остается актуальной задачей моделирования объектов и явлений. Среди многообразных процессов температурной обработки материалов (сварки, штамповки и др.) выделяется метод горячей посадки, с помощью которого фактически получают новые конструкционные слоистые материалы, такие как биметаллы, триметаллы и стекло-металлические трубы.

Ясно, что материалы, из которых методом горячей посадки изготавливаются новые слоистые композиты и детали обладают комплексом новых свойств, которые, в том числе, зависят от характера деформирования, уровня остаточных напряжений и от накопления необратимых деформаций, после температурной обработки. Задачи по определению термоупругопластических напряжений и деформаций в условиях нелинейной зависимости свойств от температуры в слоистых конструкционных материалах практически не имеют аналитических решений, несмотря на постоянный интерес исследователей. Поэтому актуальна разработка качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей для технологий тепловой обработки слоистых конструкционных материалов и сопряженных систем деталей, с учетом возникающих областей пластического деформирования и изменения их границ.

2. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа А.В. Ткачевой посвящена разработке математической модели, метода расчета и алгоритмов программ для определения технологических и остаточных напряжений в технологии горячей посадки цилиндрических деталей, с учетом эволюции области пластического деформирования.

Текст диссертации изложен на 236 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 153 наименований.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, указана научная новизна, положения, выносимые на защиту, достоверность и

практическая значимость, представлено краткое содержание работы по главам.

В первой главе диссертации сформулированы основные законы сохранения термомеханики, поставлена краевая задача нестационарной термоупругопластичности для системы двух сопряженных цилиндрических деталей, с учетом зависимости предела текучести от температуры.

Во второй главе разработан численно-аналитический метод расчета технологических напряжений в сопряженной системе длинных цилиндров – вала и муфты для технологии горячей посадки. Дискретизация по временной шкале, позволяет на каждом временном шаге определять возможность появления области пластического деформирования, ее границы и получить аналитические формулы для расчета напряженно-деформируемого состояния во всей сборки. Возможность аналитического решения обусловлена выбором поверхности нагружения в виде условия пластического течения Треска-Сен-Венана. Возможность пластического течения рассматривается только в материале, из которого изготовлен внешний цилиндр (муфта). Алгоритмическая сложность определения остаточных напряжений связана с изменением температуры и предела текучести, что приводит к появлению пластического течения, затем разгрузке и возможности возникновения повторного пластического течения.

В третьей главе предложен численно-аналитический метод расчета технологических напряжений в сопряженной системе длинных полых цилиндров для технологии горячей посадки. В отличие от предыдущей главы области пластического течения могут присутствовать в обоих цилиндрах, что вносит дополнительные усложнения в алгоритм и его программную реализацию. Приведены результаты тестовых расчетов технологических напряжений для сборки биметаллических труб, выполненных из одинаковых и разных по свойствам металлов. Решение данной задачи, позволяет автору предположить, что предлагаемый в диссертационной работе алгоритм можно развить для определения эволюции термических напряжений в многослойных трубах.

В четвертой главе показано, что предложенный в предыдущих главах численно-аналитический метод расчета параметров технологии горячей посадки длинных цилиндров, адаптируется и к условиям плоского напряженного состояния, например, при горячей посадке кольца в кольцо. Рассмотрен соответствующий алгоритм расчета механического отклика системы сопряженных колец при нестационарном изменении температуры, с учетом пластического течения в материале внешнего кольца. Приведены результаты тестовых расчетов.

В заключении работы приведены основные результаты исследования.

3. Достоверность и степень обоснованности научных результатов

Достоверность результатов и степень их обоснованности следует из строгих теоретических выводов, представленных в работе результатов. Автором проведено тестирование разработанных методов и алгоритмов

программ. Результаты не противоречат известным решениям краевых задач теории температурных напряжений.

Основное содержание диссертации изложено в 12 научных работах, в том числе в 4-х российских рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Автор имеет одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Эти работы достаточно полно отражают объем выполненных автором исследований.

4. Оценка научной новизны

В диссертации получены следующие новые научные результаты.

1) Предложена математическая модель термоупругопластического поведения сопряженных цилиндрических деталей для технологии горячей посадки при условии нелинейной зависимости предела текучести от температуры, в качестве потенциала пластического течения используется условие Треска – Сен-Венана. Данный пункт соответствует пункту №1 паспорта специальности 05.13.18: разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.

2) Разработан численно-аналитический метод определения неустановившихся температурных напряжений при нестационарном изменении температуры в системе сопряженных цилиндров, с разной геометрией. При расчетной реализации для задачи о сборке цилиндрических деталей методом горячей посадки установлена последовательность возникновения различных областей пластического течения, в зависимости от расположения на поверхности нагружения, установлена возможность повторного пластического течения. Данный пункт соответствует пункту №2 паспорта специальности 05.13.18: развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей.

3) Реализованы и оформлены алгоритмы и программы расчетов эволюции температурных напряжений, позволяющие отслеживать моменты зарождения областей пластического течения, положения упругопластических границ и продвигающихся границ в области течения, в частности для задач о сборке способом горячей посадки длинного цилиндрического вала, биметаллических труб и колец. Проведено тестирование разработанных алгоритмов. Данный пункт соответствует пункту №4 паспорта специальности 05.13.18: реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Положения, вынесенные на защиту, дают ясное представление о проведенных исследованиях.

5. Практическая и теоретическая значимость работы

Основные результаты, представленные в диссертации, являются новыми и вносят вклад в развитие методов решения термоупругопластических задач для многослойных материалов и технологий их формирования, что и определяет теоретическую значимость работы.

Практическое значение определяется комплексом алгоритмов и программ численно-аналитического решения краевых задач для предложенной математической модели механического поведения сопряженных цилиндрических деталей для технологии горячей посадки.

6. Оценка изложения материала диссертации и автореферата

Диссертация хорошо структурирована, характеризуется логической целостностью, последовательностью изложения материала, и завершенностью. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации и полученные в ней результаты. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК.

7. Замечания по диссертации

- 1) Не приведено условие разгрузки на границе $m(t)$ пластического течения, что затрудняет понимание того, как автор следит за динамикой изменения области пластического деформирования.
- 2) Замеченное автором повторное пластическое течение (Глава 2) зависит от упрочнения материала, которым в работе пренебрегается.
- 3) В главах 2, 3 и 4 приведено большое количество графиков отражающих результаты численного эксперимента, при этом приводятся графики остаточных напряжений (распределение напряжений по координате в определенный момент времени) и нет ни одного графика, который бы отражал эволюцию напряжений в конкретных областях (точках материала) на всем температурно-временном интервале.
- 4) По тексту диссертации присутствуют явные опечатки в формулах и не вполне корректные графики, например, на стр. 27 формула 2.1, на стр. 28 формула 2.5 и Рисунок 1.1 на стр.21.
- 5) Последнее замечание, является скорее пожеланием к диссертации. При определении постоянных интегрирования $C_1(t)$ и $C_2(t)$ на границе сопряжения ($r=R_1$) цилиндров (вал-муфта, труба-труба) задаются условия идеального контакта, которые предполагают плотный контакт и исключают возможность проскальзывания одного цилиндра относительно другого в осевом направлении. Представляется интересным продолжение исследования с учетом трения на границах сопряжения цилиндров.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

8. Заключение

Диссертационное исследование представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. Научные положения, разработанные алгоритмы и выводы, сформулированные в диссертации, характеризуются научной новизной, практической и теоретической значимостью и соответствуют паспорту специальности 05.13.18- «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присвоения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Ткачева Анастасия Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18- «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:
профессор кафедры механики
и математического моделирования
Инженерной школы ДВФУ, кандидат
физико-математических наук,
доцент

Любимова Ольга Николаевна

18 января 2017 г.

Адрес организации: 690091, Россия, Приморский край, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», Инженерная школа, кафедра механики и математического моделирования.

Телефон: (423) 265-24-29

e-mail: lyubimova.on@dvvfu.ru

