

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Александрова Андрея Алексеевича «Моделирование термических остаточных напряжений при производстве маложестких деталей», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

В авиационном производстве широкое применение нашли маложесткие детали, представляющие собой подкрепленные ребрами тонкие пластины, позволяющие снизить количество соединений, повысить герметичность соединений, снизить вес конструкции, сократить продолжительность производства, тем самым снизить его себестоимость. При этом в процессе производства маложестких деталей встречаются серьезные затруднения, связанные с их общими и локальными остаточными деформациями, причиной возникновения которых являются термические остаточные напряжения. Поэтому определение термических остаточных напряжений расчетными методами, изучение их формирования и разработка путей их минимизации является актуальной задачей.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а именно, пунктам:

пункт 3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий: в диссертации разработан алгоритм параметрической идентификации неизвестных температурозависимых параметров математических моделей нагрева (охлаждения);

пункт 4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента: в диссертации разработано авторское программное обеспечение моделирования закалки, реализующее математическую модель процесса нагрева (охлаждения) при термической обработке, алгоритм параметрической идентификации неизвестных температурозависимых параметров математических моделей нагрева (охлаждения);

пункт 5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента: в диссертации изучено формирование термических остаточных напряжений, возникающих в процессе неравномерного охлаждения исследуемого тела, вызывающее температурные деформации и напряжения, превышающие предел текучести материала, с применением математического моделирования;

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы, формируется цель, ставятся задачи и кратко описывается содержание работы.

В первой главе дан обзор современного состояния исследуемой проблемы. На основе проведенного обзора сделан вывод о перспективности использования современных конечно-элементных комплексов для изучения процесса формирования термических остаточных напряжений, а так же о необходимости проведения дополнительных работ по определению неизвестных параметров.

Во второй главе приводится последовательность решения основных задач, позволяющая смоделировать термические остаточные напряжения. Одной из наиболее трудоемких является параметрическая идентификация неизвестных параметров, для решения которой приведен разработанный алгоритм, позволяющий рассчитывать начальные и граничные условия, а так же теплофизические характеристики. Полученные при помощи разработанного алгоритма неизвестные параметры позволяют приступить к определению нестационарных тепловых полей, возникающих при термической обработке, для определения которых приведены соответствующие блок-схемы.

В третьей главе рассматривается математическая модель нагрева (охлаждения) на примере закалки. Также описываются экспериментальные кривые охлаждения, полученные при помощи разработанного устройства определения коэффициента теплоотдачи. Сформированный алгоритм идентификации, математическая модель и экспериментальные кривые охлаждения дают возможность разработать авторское программное обеспечение, позволяющее рассчитать значения температурозависимого коэффициента теплоотдачи.

В четвертой главе описана система компьютерного моделирования и приведены результаты расчета термических остаточных напряжений с использованием приведенной системы. Система компьютерного моделирования позволила изучить процесс образования остаточных напряжений и сформировать алгоритм корректировки условий термической обработки и алгоритм минимизации термических остаточных напряжений, общих и локальных остаточных деформаций. На основе разработанных алгоритмов удалось снизить уровень термических остаточных напряжений и деформаций, предотвратить введение операций правки и рихтовки, сократить трудоемкость и продолжительность процесса производства детали «Текструпный шкив». Экономический эффект от снижения брака готовой продукции с 13% до 2% составил более 386 тыс. руб.

Научную новизну диссертационной работы характеризует предложенная система компьютерного моделирования термических остаточных напряжений, которая представляет собой совокупность программных комплексов, каждый из которых решает свой круг задач, необходимых для расчета остаточных напряжений, возникающих при неравномерном охлаждении (нагревании). Разработанный алгоритм параметрической идентификации температурозависимых параметров решает обратную задачу теплопроводности с целью определения неизвестных параметров математических моделей процесса нагрева (охлаждения),

необходимых для расчета нестационарного теплового поля. Разработанная математическая модель, представляющая собой уравнение Фурье-Кирхгофа с соответствующими начальными, граничными условиями, экспериментальные кривые охлаждения и алгоритм параметрической идентификации впервые позволили рассчитать значения коэффициента теплоотдачи в условиях закалки, а так же нестационарное тепловое поле заготовки, необходимое для моделирования термических остаточных напряжений.

Теоретическая и практическая значимость подтверждается тем, что создано программное обеспечение, реализующее разработанный алгоритм параметрической идентификации и предложенную математическую модель, позволяющее моделировать процесс термической обработки и производить расчет коэффициента конвективной теплоотдачи. Разработан алгоритм минимизации остаточных напряжений, общих и локальных деформаций на основе системы компьютерного моделирования термических остаточных напряжений. Разработан алгоритм корректировки условий термической обработки заготовок из алюминиевых сплавов, позволяющий снижать уровень остаточных напряжений без снижения механических свойств материала заготовки.

Достоверность обеспечивается строгим математическим обоснованием и подтверждается проведенным сравнительным анализом расчетных и экспериментальных значений остаточных напряжений.

Основные результаты работы опубликованы, неоднократно докладывались на Международных научных конференциях и известны достаточно широкому кругу специалистов в области моделирования остаточных напряжений.

По диссертации имеется ряд замечаний:

1. Расчет напряженно-деформированного состояния в программном комплексе MSC Nastran, реализующий метод конечных элементов, производится по истинным диаграммам напряжений и деформаций. При этом в автореферате не приводится алгоритм пересчета условных диаграмм в истинные.

2. В диссертационной работе приведен алгоритм уточненного расчета локальных остаточных деформаций полотна маложесткой детали, однако в автореферате о нем ничего не сказано.

3. Не подтверждена на реальном примере эффективность алгоритма минимизации термических остаточных напряжений, общих и локальных остаточных деформаций.

Сделанные замечания не снижают ценности результатов диссертационного исследования.

Диссертационная работа Александрова Андрея Алексеевича является самостоятельно выполненным, законченным научным исследованием, в котором содержится решение научной задачи моделирования термических остаточных напряжений с использованием численных методов и комплексов программ, имеющее значение для отрасли промышленности,

связанной с производством малоожестких деталей.

Основные результаты диссертации опубликованы в 11 печатных работах автора, в том числе 5 в журналах из перечня ВАК; получены 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ, один патент на полезную модель; имеется апробация на международных научных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что работа отвечает требованиям пункта 9 и 10 "Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор, Александров Андрей Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
Заведующий кафедрой СМ и СМ
Иркутского национального
исследовательского
технического университета,
д.т.н., профессор

Лапшин Владимир Леонардович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Кафедра «Сопротивление материалов и строительная механика».

664074, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83.

Телефон: 8 (3952)405-100.

E-mail: info@istu.edu



Подпись *Лапшина В.А.*

ЗАВЕРЯЮ

Иркутский отдел ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

21.11.2016г. *В.А.*