

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки «Институт
физики прочности и материаловедения»
Сибирского отделения Российской
академии наук



С.Г. Псахье

2017 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук

на диссертацию Костиной Анастасии Андреевны
«Моделирование баланса энергии при неупругом деформировании и
разрушении металлов и сплавов»,

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.04 Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации. В диссертационной работе Костиной А.А. выполнены исследования по актуальной тематике изучения баланса энергии в металлах и сплавах при их неупругом деформировании и разрушении. К настоящему времени эта тематика имеет большую историю, начало которой положено было в работах А. Треска, Д.И. Тейлора и продолжено уже в 70-80 годы другими известными исследователями. Интерес к этим исследованиям в настоящее время диктуется необходимостью получения достоверных результатов о величинах запасенной и диссипированной энергии при неупругом деформировании и разрушении металлов, о влиянии структуры материала на эти процессы и установления механизмов, контролирующих процессы неупругого деформирования и разрушения металлов и сплавов.

Несмотря на исключительную важность для фундаментальной науки и практики этой проблематики к настоящему времени не достаточно полно разработаны строгие, термодинамически обоснованные подходы и модели изучения баланса энергии деформируемых металлов.

Автором диссертации поставлена цель разработать термодинамически обоснованную феноменологическую модель упруго-пластического деформирования и разрушения металлов, позволяющую рассчитывать баланс энергии в ходе их нагружения.

Поставленная цель реализуется для случая произвольного трёхмерного квазистатического и циклического нагружения.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертация А.А. Костиной состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 128 наименований, изложена на 153 страницах машинописного текста, включая 52 рисунка. Структура работы логична и соответствует цели и задачам исследования. Диссертация аккуратно оформлена, ее текст изложен грамотным научным языком. По структуре и объему работы, стилю ее изложения замечаний нет.

Во введении сформулированы актуальность и степень разработанности выбранной темы исследования, приведены цель и задачи работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, показана теоретическая и практическая значимость полученных выводов и указана их достоверность, приведены сведения о личном вкладе и публикациях автора, апробации работы, ее связи с научными направлениями и краткое содержание работы.

В первой главе достаточно подробно изложена история вопроса. Приведены факты противоречивых оценок баланса энергии, полученные разными исследователями, при пластическом деформировании металлов. Обсуждены нерешенные дискуссионные вопросы.

Во второй главе представлена термодинамически обоснованная модель деформируемой среды с дефектами. В предлагаемой модели тензор плотности дефектов является независимой термодинамической переменной. На его основе построены эволюционные уравнения для пластической и структурной составляющих деформации. Развиваемый подход иллюстрируется на примере расчёта энтропии и структурной деформации при квазистатическом растяжении образцов из армко-железа, показано хорошее соответствие модели экспериментальным данным.

На основе полученных модельных представлений разработаны численные алгоритмы для расчёта термомеханического отклика нагружаемых материалов, включая критерий разрушения. Эти алгоритмы включены в пакет конечно-элементного моделирования Simulia-Abaqus и изложены в **третьей главе**.

Результаты численного моделирования процессов диссипации и накопления энергии при деформировании и разрушении металлов по полученным моделям и алгоритмам представлены в **четвёртой главе**. Все полученные в работе результаты моделирования сравниваются с экспериментальными данными, полученными разными авторами. Сравнение показало хорошее количественное совпадение модельных результатов и эксперимента.

Заключение содержит основные результаты и выводы диссертационной работы, подтверждающие выполнение поставленной цели и задач исследования.

Научная новизна исследования и полученных результатов. Отметим основные результаты, полученные соискателем и определяющие научную новизну и значимость работы:

- В работе построена термодинамически обоснованная модель расчёта баланса энергии при неупругом деформировании металлов и сплавов.
- Получены соотношения, описывающие эволюцию структурного параметра материала в процессе его квазистатического нагружения.
- Наиболее интересным и значимым результатом работы является установление эффекта насыщения энергии в нагружаемом материале, что рассматривается как предвестник (критерий) разрушения материала. Установлена также связь между коэффициентом упрочнения и скоростью накопления в материале энергии.
- По мнению автора работы, в диссертации показано преимущество энергетического подхода при описании скорости распространения усталостной трещины по сравнению с традиционным феноменологическим (заметим, что развиваемый в работе подход также является феноменологическим).

Научная и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в построении модели деформирования и разрушения металлов, позволяющей определять величину накопленной и диссипированной энергии при различных историях нагружения. Практическая значимость работы заключается в адаптации модели для использования в конечно-элементном пакете, что позволит проводить с её помощью расчёт прочности реальных металлических конструкций. Разработанный математический аппарат позволяет определять скорость диссипации энергии в металлических материалах при деформировании и разрушении. Полученные результаты могут быть использованы как при анализе результатов метода теплового неразрушающего контроля, так и для проведения уточненных расчётов напряжённо-деформированного состояния металлов с учётом эффекта саморазогрева.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Выводы, рекомендации и научные результаты диссертации А.А. Костиной могут быть полезны для дальнейших исследований в учреждениях РАН, таких как Институт прикладной механики РАН (Москва), Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН (Москва), Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск), Институт физики твёрдого тела РАН (Черноголовка) и в высших учебных заведениях, как, например, Томский государственный архитектурно-строительный университет (Томск), Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск), Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск), Сибирский федеральный институт (Красноярск), Московский энергетический институт (Москва), Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

(Москва), Федеральном бюджетном учреждении науки Институте механики сплошных сред УрО РАН (Пермь) и др.

Обоснованность и достоверность основных положений, выносимых на защиту, результатов и выводов работы. Все полученные в работе результаты моделирования сравниваются с экспериментальными данными, полученными разными авторами. Сравнение показало хорошее количественное совпадение модельных результатов и эксперимента.

Содержание диссертационной работы, ее цели и задачи соответствуют п.3 «Мезомеханика многоуровневых сред со структурой» паспорта специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию, отражает актуальность темы исследования, его цель и задачи, научную новизну, практическую значимость, обоснованность и достоверность научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации.

Публикация основных результатов диссертации в научной печати. Работа хорошо апробирована на научных конференциях различных рангов, а её результаты опубликованы в 11 рецензируемых научных работах, 8 из которых индексируемы в базах Scopus и Web of Science.

Замечания по диссертации

1. Не все рисунки выполнены достаточно чётко, не отвечают единой форме представления.
2. Некоторые надписи (рис. 1.1, рис. 1.2) трудно читаемы.
3. При описании перехода от линейного участка упругости к участку упрочнения предложена аппроксимация кинетических коэффициентов (уравнения 2.52; 2.53), которая никак не обосновывается, а эти уравнения определяют кинетику процесса неупругой деформации.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение. Диссертация Костиной А.А. обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук считает, что диссертация «Моделирование баланса энергии при неупругом деформировании и разрушении металлов и сплавов» является научно-квалификационной работой, в которой содержатся исследования по актуальной тематике изучения баланса энергии в металлах и сплавах при их неупругом деформировании и разрушении, имеющие существенное значение для развития новых направлений механики деформируемого твердого тела, что соответствует требованиям п.11.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013

г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, а ее автор, Костина Анастасия Андреевна, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Отзыв обсужден на заседании лаборатории механики структурно-неоднородных сред, протокол № 3 , от 21.02.2017 г.

Заведующий лабораторией механики структурно-неоднородных сред федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук,
доктор физико-математических наук (01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, 01.04.07 — Физика конденсированного состояния),

профессор



Макаров Павел Васильевич

634055, г. Томск, пл. Академический, д. 2/4

+7 (3822) 49-18-81, root@ispms.tomsk.ru, <http://www.ispms.ru/>