

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Томский государственный архитектурно-
строительный университет»

В. А. Клименов

« 24 » апреля 20 15 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Томский государственный
архитектурно-строительный университет»
на диссертацию Зиновьевой Ольги Сергеевны
«Механические аспекты формирования мезоскопического деформационного
рельефа на поверхности нагруженных поликристаллов»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации. Изменения морфологии поверхности при деформировании материалов напрямую влияют на качество поверхности изделия и его эксплуатационные характеристики и, в результате, на экономическую эффективность производства. Кроме того, известно, что деформационный рельеф поверхности отражает процесс локализации деформации на разных масштабных уровнях. В этой связи изучение деформационного рельефа представляет научный и практический интерес.

Общая характеристика диссертации. В диссертационной работе поставлена цель: установить закономерности формирования и развития деформационного рельефа на поверхности поликристаллических материалов в условиях одноосного растяжения.

Диссертация О.С. Зиновьевой состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 242 наименований, изложена на 156 страницах машинописного текста, включая 60 рисунков и 4 таблицы. 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, цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, новизна

исследуемой проблемы, научная и практическая ценность диссертационной работы, определены методы исследования, обоснована достоверность полученных результатов, указываются сведения об апробации, реализации и внедрении результатов работы, личном вкладе и публикациях автора.

Первая глава посвящена аналитическому обзору литературы по направлению диссертационного исследования. В этой главе соискатель рассматривает представленные в литературе экспериментальные и теоретические исследования поверхностного слоя нагруженного материала и процессов формирования и развития деформационного рельефа поверхности. Приведены численные модели, применяемые для изучения эволюции рельефа. Подробный анализ экспериментальной и теоретической базы, проведенный в данной главе, дал возможность соискателю сделать обоснованные выводы относительно современного состояния исследуемой проблемы и сформулировать цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена математической постановке задачи одноосного нагружения поликристаллических образцов алюминиевого сплава и ферритно-мартенситной стали. Для ее решения применяется феноменологическая модель континуальной механики, характеризующая упругопластическое поведение структурно-неоднородной среды. Общая система уравнений включает законы сохранения массы, импульса, геометрические и физические соотношения. Последние задаются уравнениями Прандтля – Рейса при условии пластичности Мизеса с учетом изотропного деформационного упрочнения. Система уравнений замыкается начальными и граничными условиями. Задача решается численно в трехмерной постановке методом Уилкинса. Обсуждаются особенности конечно-разностной аппроксимации для случая сред с границами раздела.

В третьей главе соискатель приступает к численным исследованиям по намеченной тематике. Рассматриваются результаты моделирования квазистатического нагружения поликристаллов на примере алюминиево-магниевого сплава. Построены механические модели поликристаллического алюминиевого сплава для случая структур с равноосными и вытянутыми зернами. Проведены тестовые расчеты. Обосновано решение квазистатической задачи в динамической постановке. Определена минимальная толщина модели, позволяющая корректно описать рельеф на поверхности поликристаллов.

Основное внимание соискатель уделяет роли неоднородной внутренней структуры материала в процессах образования и развития деформационного рельефа. В рамках реализованных моделей проанализировано напряженно-деформированное состояние, приводящее к формированию рельефа. Показано, что напряжения, действующие по нормали к свободной поверхности, в локальных областях нагруженного материала отличны от нуля. Квазипериодическое распределение областей положительных и отрицательных напряжений обеспечивает равенство нулю суммарного макроскопического напряжения. Сделан вывод о том, что локальные нормальные напряжения приводят к морфологическим изменениям

свободной поверхности. Выявлены основные закономерности эволюции деформационного рельефа на свободной поверхности модельных поликристаллов. Сделаны выводы относительно влияния формы и размера зерна, а также граничных условий, заданных на боковых гранях поликристаллов, на развитие поверхностного рельефа и локальные характеристики напряженно-деформированного состояния образцов.

Четвертая глава посвящена анализу результатов моделирования квазистатического нагружения поверхностно упрочненных поликристаллов на примере ферритно-мартенситных сталей. Реализованы структурно-механические модели поликристаллической стали в основном состоянии (без поверхностного упрочнения) и с модифицированным слоем. Сделаны выводы относительно влияния упрочненного поверхностного слоя на эволюцию рельефа и локальные характеристики напряженно-деформированного состояния нагруженных поликристаллов. Показано, что в рамках используемых моделей упрочненный поверхностный слой подавляет развитие деформационного рельефа. С использованием методов математической статистики проанализировано влияние размера зерна на эволюцию рельефа поверхности. В рамках используемых моделей выявлено наличие складок разного масштаба на поверхности поликристаллов.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные в диссертации. Результаты и выводы исследования соответствуют поставленным цели и задачам.

Научная новизна исследования и полученных результатов. Новыми результатами, полученными соискателем, следует считать следующие:

– В рамках структурно-механических моделей на основе феноменологической теории пластичности с явным введением внутренней структуры методом конечных разностей исследованы процессы изменения морфологии поверхности на мезоуровне при упругопластической деформации поликристаллов алюминиевого сплава и стали и показана определяющая роль зеренной структуры в возникновении морфологических изменений на свободной поверхности в процессе одноосного растяжения.

– Показано, что формирование деформационного рельефа на свободной поверхности поликристаллических материалов в условиях одноосного растяжения обусловлено возникновением в объеме образца внутренних напряжений, действующих перпендикулярно свободной поверхности и характеризующихся квазипериодическим распределением локальных областей растяжения и сжатия.

– На основе результатов моделирования показано влияние формы зерен на характеристики и развитие поверхностного деформационного рельефа поликристаллов в условиях одноосного растяжения.

– С помощью численного моделирования на примере одноосного растяжения модельных образцов поликристаллической стали изучено влияние упрочненной поверхности на изменения ее морфологии. Показано,

что упрочненный однородный слой приводит к подавлению развития рельефа на микроуровне в масштабе отдельных зерен.

– На основе статистического анализа численных результатов выявлена мультимодальность распределения высот точек поверхности, что подчеркивает наличие иерархии рельефных складок на поверхности

Значимость для науки и практики. Полученные в диссертационной работе результаты носят фундаментальный характер и могут быть использованы в научно-исследовательских организациях для анализа поведения материалов и конструкций в условиях механического нагружения. Результаты диссертации О.С. Зиновьевой могут быть полезны для исследования и разработки новых материалов в учреждениях РАН и высших учебных заведениях, как, например, Томский государственный архитектурно-строительный университет (Томск), Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск), Институт механики Уральского отделения РАН (Ижевск), Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь), Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва), Институт проблем сверхпластичности металлов РАН (Уфа), Уфимский государственный авиационный технический университет (Уфа), Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону), Воронежский государственный университет (Воронеж), Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск), Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург), Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН (Санкт-Петербург) и др.

Обоснованность и достоверность основных положений, выносимых на защиту, результатов и выводов работы базируется на корректном построении математических моделей, применении известных и апробированных методов решения, решении тестовых задач, согласии полученных численных результатов с экспериментальными данными и результатами расчетов других авторов.

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. По теме диссертационного исследования соискателем опубликована 41 работа, в том числе 11 статей в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованного ВАК РФ. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1. Известно, что класс ферритно-мартенситных сталей характеризуется сложной двухфазной структурой, где ферритные зоны чередуются с мартенситными прослойками. Описание такого материала в

рамках простой модели, используемой автором в диссертационной работе, требует дополнительного обоснования.

2. Автор в используемых моделях игнорирует упругопластическую анизотропию, которая проявляется на уровне зерен и существенно влияет на локальный механический отклик материала. Учет анизотропии упругих и пластических характеристик привел бы к более корректным результатам.

3. Некоторые вопросы, рассмотренные в диссертации (например, п. 2.3.2), носят исключительно описательный характер и могут быть сокращены.

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации О.С. Зиновьевой.

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

Диссертация «Механические аспекты формирования мезоскопического деформационного рельефа на поверхности нагруженных поликристаллов» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи о деформационном поведении свободной поверхности нагруженных поликристаллов, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела, что соответствует требованиям п. 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, Зиновьева Ольга Сергеевна, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Отзыв обсужден на заседании кафедры геоинформатики и кадастра, протокол № 12, от 15.07.2015 г.

Заведующий кафедрой геоинформатики и кадастра

Института кадастра, экономики

и инженерных систем в строительстве

федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения

высшего профессионального образования

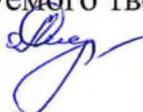
«Томский государственный

архитектурно-строительный университет»,

доктор физико-математических наук

(01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела),

профессор



Радченко Андрей Васильевич

634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 2

+7 (3822) 65-39-67, rector@tsuab.ru, <http://www.tsuab.ru/ru/>