

Отзыв

официального оппонента о диссертационной работе

Зиновьевой Ольги Сергеевны

«Механические аспекты формирования мезоскопического деформационного рельефа на поверхности нагруженных поликристаллов»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела

Представленная работа посвящена исследованиям закономерностей формирования деформационного рельефа на поверхностях поликристаллических тел. Данное явление заслуживает пристального внимания и изучения, поскольку определяет целый ряд эксплуатационных свойств, связанных, например, с прочностью, износостойкостью и усталостной долговечностью. В то же время, перспективным представляется получение информации о состоянии материала на основе анализа изменений морфологии поверхности деформируемых тел. Безусловно, важным является развитие моделей механики деформируемого твердого тела, описывающих указанные явления и выявление основных закономерностей, в частности, связи с исходной микроструктурой материалов. Тема исследований является *актуальной*, важной с точки зрения получения *фундаментальных результатов* и основ для решения *прикладных задач*.

Работа включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы, состоящий из 242 источников, изложена на 156 страницах, содержит 60 рисунков и 4 таблицы.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы новизна, цель работы, а также положения, выносимые на защиту. Обоснована достоверность результатов, отмечены научная и практическая значимость,

личный вклад автора и приведены данные об апробации работы. Кратко изложено содержание диссертации по главам.

В первой главе изложены современные представления о многомасштабной природе, основных проявлениях, закономерностях и моделях формирования деформационного рельефа. Следует отметить, что представленный обзор ключевых российских и зарубежных научных работ по теме диссертации носит аналитический характер и написан достаточно квалифицированно.

Вторая глава также в значительной степени носит обзорный характер. Рассмотрена система уравнений континуальной механики в скоростях для описания упругопластических течений в структурно неоднородной среде в трехмерной и двухмерной постановках. Уделено внимание моделям феноменологических и основанных на представлениях о кристаллографических механизмах скольжения физических теорий пластичности.

Рассмотрены особенности конечно-разностного представления уравнений при численной реализации и методы компьютерного синтеза геометрических моделей исследуемых структур материалов. Изложена процедура используемого в работе для генерации трехмерных поликристаллических структур метода пошагового заполнения.

Третья глава содержит результаты математического моделирования структуры поликристаллов и процессов формирования рельефных образований на поверхностях упругопластических тел из алюминиевого сплава при квазистатическом одноосном нагружении.

Рассмотрены вопросы задания граничных условий, учета текстуры (вытянутости зерен в одном направлении), представительности выбранной области. Проведен анализ полей структурных напряжений в приповерхностном слое. Получены картины профилей поверхностей поликристаллических образцов при развитии пластических деформаций.

Проведен анализ механического поведения модельной системы единичного кубического включения в упругопластической матрице при различном расположении и ориентации включения по отношению к поверхности и оси растяжения.

На основе совокупности представленных в главе численных результатов дано подробное качественное описание закономерностей морфологических изменений поверхности.

Четвертая глава посвящена изучению особенностей формирования деформационного рельефа в образцах с модифицированным поверхностным слоем. Последний моделировался как зона с градиентным изменением свойств от поверхности в направлении основного материала. Естественно, что учет модифицированного поверхностного слоя в бесструктурном состоянии привел в целом к сглаживанию поверхностного рельефа.

Следует отметить интересный результат, касающийся выявленной би- и тримодальности статистического распределения высот точек на поверхности как признака наличия иерархии рельефных складок.

Заключение содержит основные результаты и выводы диссертационной работы.

В целом работа в значительной степени направлена на создание научно-методических основ установления закономерностей процессов упругопластического деформирования металлов с учетом структурной неоднородности при квазистатических нагружениях на основе математического моделирования и количественного анализа возникающего рельефа поверхностей.

К числу *основных новых научных результатов* диссертационной работы можно отнести

- разработку математических моделей генерации структур поликристаллических материалов,

- численное решение нелинейных краевых задач в трехмерной постановке,
- выявление основных закономерностей и эффектов формирования рельефов поверхностей поликристаллических тел в зависимости от параметров исходной структурной неоднородности и модификации поверхностного слоя.

Достоверность полученных результатов достаточно обоснована и подтверждена анализом решений тестовых задач и сравнением полученных данных с результатами экспериментальных исследований других авторов.

Практическое значение работы связано с получением необходимой для решения прикладных проблем информации о механизмах формирования рельефа поверхности поликристаллических тел и разработкой соответствующих моделей для количественного анализа морфологии поверхностей деформируемых тел.

Работа написана грамотно и ясно, хорошо оформлена. Основные результаты автора опубликованы в 11 публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК, включая 5 статей в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus. Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание работы. Следует отметить апробацию работы на многих международных и всероссийских конференциях.

Оценивая диссертацию в целом, можно заключить, что она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную в рамках актуального научного направления, содержащую новые научные результаты и имеющую практическое значение.

По содержанию и изложению работы имеются некоторые *вопросы, замечания и пожелания*.

1. В работе приводятся абсолютные размеры исследуемых образцов и структурных элементов, однако при использовании приведенных уравнений

континуальной механики следовало бы говорить лишь об относительных величинах.

2. Работа выиграла, если бы в ней удалось более четко связать закономерности возникновения и параметры деформационного рельефа с количественными характеристиками структурной неоднородности материалов. При этом следует отметить также целесообразность дополнительного учета исходного рельефа, связанного с характером и чистотой обработки (шероховатостью) поверхности.

3. Представляется, что большее внимание следовало бы уделить установлению соответствия модельных (синтезируемых) и реальных структур, а также учету параметров статистических распределений случайных геометрических, ориентационных и деформационных величин. Кроме того, целесообразным является учет анизотропии зерен с использованием теории анизотропной пластичности.

4. Полученные в работе результаты соотносятся с конкретными сплавами, в связи с этим заслуживает обсуждения вопрос, какие физические особенности данных материалов кроме используемых характеристик упругости и пластичности также следовало бы заложить в модель с целью ее дальнейшего развития.

5. Поскольку расчет эволюции полей структурных напряжений и деформаций в неоднородных телах в трехмерной постановке с учетом физической нелинейности представляет самостоятельную ценность, соответствующие результаты могли бы быть более полно проиллюстрированы и проанализированы.

Отмеченные замечания не ставят под сомнение общую положительную оценку работы и квалификации автора.

Осуществленное в диссертации Ольги Сергеевны Зиновьевой исследование вопросов моделирования и количественного анализа рельефа поверхностей деформируемых поликристаллических тел может быть

квалифицировано как *решение задачи, имеющей существенное значение* для развития математических методов механики деформируемого твердого тела.

В целом, по уровню решаемых задач, научной новизне, объему и важности полученных результатов работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, а ее автор Ольга Сергеевна Зиновьева заслуживает присуждения искомой степени.

Профессор кафедры механики
композиционных материалов и конструкций
Пермского национального исследовательского
политехнического университета,
доктор физико-математических наук
(01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела),

профессор



Вильдеман Валерий Эрвинович

Служебный адрес:

614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

e-mail: rector@pstu.ru, сайт организации: <http://pstu.ru/>

служебный телефон: (342)2198067

Подпись Вильдемана Валерия Эрвиновича заверяю,

ученый секретарь ИИИИ

14.08.2015 г.




Макаревич В.И.