

ОТЗЫВ

оппонента на диссертацию Оборина Владимира Александровича «Масштабно-инвариантные структурные закономерности развития поврежденности и разрушение при динамическом и усталостном нагружении», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. – механика деформируемого твердого тела

Рецензируемая диссертационная работа посвящена актуальной проблеме изучения взаимосвязи механизмов деформирования и разрушения на различных масштабных уровнях по отношению к параметру структуры материала с характеристиками выносливости и развития дефектов при комплексном многофакторном нагружении. Внимание к подобным исследованиям обусловлено возможностью приложений к оценке и обоснованию остаточной долговечности элементов конструкций при их эксплуатации на основе допускаемой повреждаемости и диагностики индивидуального технического состояния. Объектами исследования выступали алюминиевые сплавы различных свойств и структуры. Обращает на себя внимание представительный набор испытательного оборудования в сочетании с профилометрами и электронными микроскопами. Убедительной является логика методической постановки исследований, которая включает в себя последовательный переход от условий монотонного деформирования к многоцикловой усталости и далее сверхмногоцикловой усталости при паложении предварительного динамического нагружения. Именно эта последовательность проведения работ позволила автору получить основной научный результат, который состоит в поиске и установлении инвариантных закономерностей изменения состояния поверхности разрушения на достаточно широком диапазоне масштабов наблюдений. Сформулированные на этой основе научные положения и выводы являются достоверными и обоснованными.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка использованной литературы из 103 наименований. Общий объем диссертации состоит из 130 страниц, диссертация содержит 82 рисунка и 9 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, приведена общая характеристика работы, определяются направления исследований, указываются перспективы научного и практического значения сформулированных задач исследования.

В первой главе приведен обзор современного состояния проблемы и обзор научных публикаций по тематике диссертационного исследования. На основании приведенного литературного обзора научных публикаций сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Замечания по первой главе диссертации.

1. Пункт 1 научной новизны не завершен в формулировке – указано что выполнено, но не сформулированы выводы из этих результатов.

2. Ключевое словосочетание терминов “Масштабно-инвариантные закономерности” используется как постулат. Логично было бы, чтобы сначала прозвучали закономерности, а затем по результатам анализа они бы классифицировались как масштабно-инвариантные. Можно было бы в самом начале ввести четкое определение масштабной инвариантности (которое прозвучало позже) – комплекс количественных характеристик, не меняющихся с изменением масштаба.

3. В литературном обзоре отсутствуют ссылки на работы известного специалиста в области сверхмногоциклового усталости проф. Y.Hong и классическую работу G.I.Taylor (1938), следствия которой связывают внутренний масштаб материала, вектор Бюргерса и плотность дислокаций. Эти работы имеют непосредственное отношение к предмету диссертации.

4. Не введены четкие определения для динамического нагружения, усталостного нагружения и усталостного ресурса, а также понятие длины кроссовера.

Вторая глава содержит результаты экспериментального исследования зависимости состояния рельефа поверхности монокристалла алюминия в функции от величины достигнутой пластической деформации. Эксперименты выполнены с привлечением стандартной испытательной установки на растяжение и профилометра с высоким разрешением. В основу анализа положен показатель наклона полос скольжения дислокаций как свидетельство самоподобия формирования рельефа. По разности высот рельефа, для двух диапазонов деформаций $\varepsilon < 1.9\%$ и $\varepsilon = 2.3\div 12.2\%$ действительно определены диапазоны инвариантности соответственно 6-126мкм и 7-1137мкм для кривых зависимости высоты рельефа от расстояния. Статистическая обработка

результатов вывела автора на примерную величину показателя Херста ≈ 0.7 для всего рассмотренного диапазона деформирования монокристалла алюминия.

Замечания по второй главе диссертации.

1. Не определена роль и значение анализа рельефа поверхности монокристалла алюминия при статическом деформировании в последующем изучении развития повреждений и разрушения при комбинированном циклическом нагружении.
2. Не указано в каком диапазоне масштабов структуры монокристалла алюминия наблюдается инвариантность в классификации В.Е.Панина или В.И.Владимирова и др.

Третья глава диссертации посвящена экспериментам для традиционного диапазона усталости с предварительным статическим и динамическим деформированием. Объектами исследований выступали алюминиевые сплавы систем Al-Cu и Al-Mg. Для проведения испытаний и последующих измерений использовался оригинальный набор собственного и зарубежного оборудования. Основное научное содержание главы относится к найденному диапазону масштабной инвариантности и различиям в поведении рассматриваемых алюминиевых сплавов.

Замечания по третьей главе диссертации.

1. Раздел 3.1 более уместен в студенческом курсе введения в специальность, чем в диссертации.
2. Раздел 3.2 содержит повторы ранее представленного текста и должен был быть помещен в главе 1 в рамках литературного обзора.
3. Не обоснован переход от монокристалла алюминия в первой главе к сплавам систем Al-Cu и Al-Mg в третьей главе в качестве объектов исследований.
4. Не ясно, как осуществлялся переход от общей поверхности наблюдения и измерений образца к характерным одномерным срезам рельефа поверхности разрушения, по которым осуществлялись сравнения распределений между собой.

В четвертой главе диссертации приведены результаты исследования развития трещин при сверхвысокой долговечности с анализом наследственности от предварительного динамического нагружения. Объектами исследований выступали

классические алюминиевые сплавы АМг6 и Д16Т. Состав используемого оборудования расширен резонансным стендом и двумя сканирующими электронными микроскопами. Основное внимание сосредоточено на измерениях, анализе и интерпретации состояния поверхностей разрушения. По результатам измерений автором введены границы зоны процесса разрушения для различных стадий развития внутренних дефектов, которые введены в предложенное автором модифицированное уравнение скорости роста трещин. В результате было получено уравнение расчета длительности роста трещин в заданном дистанционном диапазоне характерных признаков и размеров поверхностей разрушения испытанных алюминиевых сплавов.

Замечания по четвертой главе диссертации.

1. Не мотивирован переход к алюминиевым сплавам АМг6 и Д16Т в четвертой главе в качестве объектов исследований.
2. Одна и та же формула для функции корреляции гуляет по страницам диссертации под номерами 1.4, 2.1, 3.2 и 4.1.
3. Из таблицы 4.3 следует, что общим числом было испытано 22 образца. Однако сравнение экспериментальных и вычисленных значений долговечности приведено только для двух образцов. Возникает вопрос о статистической достоверности возможного приложения уравнения 4.4 в расчетах долговечности. Следовало бы привести подобное сравнение для всех испытанных образцов в этом разделе работы. Таблицу 4.3 необходимо было бы дополнить значениями экспонент α и β .
4. Отсутствует какое-либо объяснение скачков скорости роста трещин на рисунках 4.23 и 4.24.
5. Обобщение по характеристикам масштабной инвариантности дефектных структур сплавов АМг6 и Д16Т при гигацикловой усталости можно было бы продолжить с учетом полученных в предыдущих главах результатах подобных распределений в монокристалле алюминия при статическом деформировании и традиционном диапазоне усталости для систем Al-Cu и Al-Mg, что составляет общую научную новизну работы.

Несмотря на высказанные замечания, расчетно-экспериментальная работа соискателя оставляет общее положительное впечатление сочетанием результатов,

полученных в смежных с механикой областях знаний, которые придают диссертации междисциплинарный характер.

Автореферат в полной мере отражает содержание представленной к защите диссертационной работе. Список публикаций говорит о достаточной представительности основных достижений работы в отечественных и международных изданиях.

Представленная диссертация соответствует по содержанию и достигнутым в ней результатам специальности паспорта специальности 1.1.8. – механика деформируемого твердого тела, а её автор, Оборин Владимир Александрович заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук.

Заслуженный деятель науки РФ,
Руководитель научного направления
“Энергетика”, заведующий лабораторией
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской
академии наук»,

доктор технических наук, профессор

Валерий Николаевич Шлянников

« 15 » сентября 2021 г.



Подпись <u>Шлянникова В.Н.</u>
ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ПРОТОКОЛА И ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА <u>Самоеднова Е.А.</u>
« 14 » 09 20 21 г.