

Отзыв

официального оппонента на диссертацию

Десятниковой Марии Александровны

«ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 — Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Актуальность темы исследования.

Развитие конструкций и аппаратов современного энергомашиностроения, самолётостроения и других высокотехнологичных отраслей промышленности характеризуется увеличением рабочих параметров, снижением металлоёмкости за счёт рационального проектирования и применения новых конструкционных материалов, значительным ростом удельного веса нестационарных режимов нагружения, существенным расширением температурного диапазона работы конструкций. Подобные тенденции привели к тому, что в настоящее время одной из основных задач при разработке и проектировании конструкций и аппаратов новой техники является надёжная расчётная оценка их прочности и ресурса. Таким образом оценка прочности и ресурса сложных технических объектов с учетом реальных характеристик материала является актуальной задачей.

Разрушение конструкционных материалов в основном обусловлено зарождением микродефектов, их ростом и слиянием в макроскопические трещины. Описание механического поведения микродефектов не менее важно, чем описание развития макротрещин и в последнее десятилетия для решения таких задач успешно развивается новое научное направление – механика повреждённой среды (МПС).

Цель и задачи диссертационной работы

Целью диссертационной работы является оценка усталостной долговечности элементов и узлов несущих конструкций при комбинированном термомеханическом нагружении с использованием определяющих соотношений МПС, предложенных Ю.Г. Коротких.

Для достижения цели автором диссертационной работы были решены следующие задачи:

- проведена оценка достоверности уравнений МПС Ю.Г. Коротких для сложных режимов термоциклического нагружения с учетом малоизученных эффектов

деформирования методом численного моделирования экспериментальных процессов и сопоставления полученных результатов расчета с опытными данными;

- разработан эффективный алгоритм интегрирования уравнений МПС и созданы на его основе программные средства, необходимые для решения конкретных прикладных задач;

- создан научно-обоснованный инженерный подход, позволяющий на базе результатов решения краевых задач, осуществлять прогноз усталостной долговечности локальных зон конструктивных элементов по заданной истории изменения компонент тензора деформаций и температуры;

- получены численные решения ряда прикладных задач и выявлены характерные особенности процесса термоциклического разрушения элементов конструкций современной техники.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертационной работы составляет 152 страниц основного текста, 68 рисунков и 28 таблиц. Список литературы содержит 97 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, указаны основные направления намеченных исследований, кратко очерчена область возможных применений.

В первой главе, имеющей обзорный характер, выполнен анализ основных экспериментальных данных по исследованию термоциклической долговечности конструкционных сплавов при комбинированном термомеханическом нагружении, рассмотрены основные модели малоциклового усталости (МЦУ) и численные методы решения краевых задач МДТГ.

Вторая глава диссертации посвящена анализу определяющих соотношений МПС Ю.Г. Коротких для оценки малоциклового усталости материалов и конструкций. Изложена математическая модель МПС, кратко изложена методика определения материальных параметров и скалярных функций определяющих соотношений МПС.

Модель поврежденной среды состоит из трех составных частей:

- соотношений, определяющих термопластическое поведение материала с учетом зависимости от процесса разрушения;

- уравнений, описывающих кинетику накопления повреждений;

- критерия прочности поврежденного материала.

На стадии развития рассеянных по объему повреждений наблюдается влияние поврежденности на физико-механические характеристики материала.

Критерием окончания фазы развития рассеянных микроповреждений принимается условие достижения величины критической поврежденности, соответствующей зарождению трещины 1 мм.

Третья глава диссертации посвящена программной реализации модели поврежденной среды Ю.Г. Коротких.

Определены основные характеристики процесса термопластического деформирования поврежденных материалов (параметров состояния), используемое программное обеспечение.

Четвертая глава диссертации посвящена возможности использования рассмотренных уравнений МПС Ю.Г. Коротких для расчета термоциклической долговечности материалов и конструкций при комбинированном термомеханическом нагружении для некоторых материалов:

В первом примере представлены результаты исследования термоциклической долговечности жаропрочного сплава Nimonic 80A при изотермическом и неізотермическом нагружении.

Во втором примере представлены результаты сопоставления численных и экспериментальных данных по термоциклическому деформированию тонкостенных трубчатых образцов из жаропрочного сплава Haynes 188.

В третьем примере представлены результаты исследования долговечности образцов из стали X18H9T с концентраторами при блочном термоциклическом нагружении в условиях неоднородного напряженного состояния, моделирующих работу «корня» сварного соединения труб системы компенсации давления энергетических установок при блочных режимах термоциклического нагружения.

В четвертом примере решена прикладная задача исследования влияния углов наклона охлаждающих отверстий (каналов) моделей жаровых труб камер сгорания ГТД на их термоциклическую долговечность. Испытывались полые образцы коробчатой формы из жаропрочного сплава ВЖ-159. На одной половине образцов отверстия располагались под углом к поверхности 90^0 , на другой – под углом 35^0 .

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по работе.

Новизна результатов, полученных в диссертации

Результаты диссертационного исследования Десятниковой М. А. представляют собой новые научные положения в области численного моделирования усталостного разрушения материалов при термомеханическом нагружении (моделирование различных режимов нагружения):

- влияния соотношений между скоростями механической и температурной деформацией на процессы термопластического деформирования поликристаллических конструкционных сплавов;
- влияния сдвига фаз между циклами изменения температуры и механической деформации на усталостную долговечность жаропрочных сплавов;
- влияние вида траектории деформирования на усталостную долговечность поликристаллических конструкционных сплавов.

Проведена оценка достоверности модели МПС Ю.Г. Коротких при расчете усталостной долговечности компактных образцов с концентраторами в условиях неоднородного напряженного состояния.

Получены новые решения задач оценки термоциклической усталостной долговечности моделей жаровых труб камер сгорания ГТД с различными углами наклона охлаждающих каналов. Показано, что уменьшение угла наклона перфорированных отверстий сопровождается снижением их термоциклической усталостной долговечности.

Практическая значимость работы

Разработана научно-обоснованная инженерная методика, созданы алгоритмы и программные средства для численного анализа термомеханической усталостной долговечности опасных зон элементов и узлов несущих конструкций. Показано, что благодаря учёту основных эффектов, сопутствующих процессам циклического термомеханического нагружения, на базе разработанного подхода возможно создание экспертных систем по оценке ресурса конструкций и аппаратов современной техники. Внедрение результатов работы возможно на предприятиях ГК «Росатом», ГК «Роскосмос», предприятиях Министерства Обороны РФ и предприятиях авиастроения для расчетного обоснования прочности и ресурса проектируемых конструкций и аппаратов современной техники.

Диссертация выполнена при финансировании:

Программой государственной поддержки ведущих научных школ РФ (грант НШ6944.2016.8),

Российским научным фондом (грант № 14-19-01096),

федеральной целевой программы соглашение №14.578.21.0246 от 26.09.2017 (уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57817X0246).

Достоверность полученных результатов подтверждается математическим обоснованием основных положений при формулировке определяющих соотношений МПС, их соответствием фундаментальным законам механики деформируемого твердого тела (МДТТ), сопоставлением численных результатов с опытными данными,

применением апробированного аппарата численных методов и использованием лицензированного программного обеспечения ANSYS (лицензия ANSYS Academic Research, «Customer# 623640»).

Замечания по диссертации

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В целях работы указывается оценка усталостной долговечности для поликристаллических материалов. Например предел текучести зависит от размера зерна (эффект Холла – Петча), структура испытываемых материалов зависит от исходной обработки, в частности от термообработки. Это в свою очередь приводит к существенному изменению усталостных характеристик материала, об этом свидетельствуют результаты практически всех испытаний на усталость. *Каким образом учитывается поликристаллическая структура в данной работе. Каким образом определяются исходные данные, используемые в расчетах.*
2. В расчетах рассматривается накопление повреждений для гладких образцов. Для сравнения приводятся испытания образцов с концентратором напряжений. *Каким образом эксперимент и расчетная модель соответствуют друг другу.*
3. Показали, что линейное правило суммирования повреждений дает ошибку. История реального нагружения не всегда известна. *Каким образом результаты расчетов можно использовать для реальных конструкций, если не известна история нагружения.*
4. *Можно ли в Ваших моделях и каким образом использовать результаты средств неразрушающего контроля, позволяющие получать данные о реальных характеристиках материала в любой момент испытаний (если позволяют условия испытаний)*

Заключение

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Работа выполнена на высоком уровне, представленные результаты вносят существенный вклад в развитие численно – аналитических методов оценки усталостной долговечности элементов конструкций при термомеханическом нагружении.

Диссертация «Оценка усталостной долговечности элементов конструкций при термомеханическом нагружении», является законченной научно-квалификационной

По высказанным соображениям работа соответствует всем требованиям, предъявляемым «Положением о присуждении ученых степеней» к кандидатским диссертациям, а ее автор Десятникова Мария Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Мерзляков И.Н.