

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук,
профессора кафедры вычислительных методов механики деформируемого твердого тела
ФГБОУ ВО «СПбГУ», Колпака Евгения Петровича
на диссертационную работу Левандовского Андрея Николаевича
на тему «Модели термомеханического поведения пористых керамических структур»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Актуальность темы

Диссертационная работа Левандовского А.Н. посвящена моделированию температурно-механического поведения и определению эффективных механических свойств пористых структур на основе математического моделирования с использованием экспериментальных данных. Тема актуальна в свете постоянно растущей потребности промышленности в пористых материалах, необходимых для решения задач экологической безопасности.

Научная новизна

Научная новизна исследования заключается в разработанных методах математического моделирования упругих механических и температурных свойств, разрушения, температурного микрорастрескивания многофазных пористых структур. За основу моделирования взят конечно-элементный метод решения задач теории упругости на разработанных в работе сетках специального вида, с использованием данных объемного томографического сканирования. Впервые для оценки достаточности разрешения томограмм использованы диаграммы послойной плотности, позволяющие оценить качество оцифровки без применения МКЭ. Так же скорректированы известные и введены новые параметры внутренних связей структуры, позволяющих определять эффективные свойства пористых структур без применения метода конечных элементов.

Достоверность и обоснованность исследования

Достоверность обоснована строгостью постановки математических задач, корректностью численных моделей, высокой согласованностью между результатами моделирования, аналитическими результатами и экспериментальными данными.

Практическая значимость состоит в том, что разработанные модели могут применяться и применяются в различных организациях на стадии проектирования различных изделий, содержащих элементы с пористыми материалами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Методы, модели и результаты работы могут быть использованы для моделирования конструкционных материалов с заданными термомеханическими свойствами и заданными критериями оценки прочностных свойств.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, списка литературы из 127 наименований и приложений. Основной текст изложен на 221 страницах.

Во введении сформулированы цели и задачи исследования, обоснована актуальность решаемых задач; описана научная новизна, приведено краткое содержание диссертационной работы.

В первом разделе проведен обзор результатов, опубликованных в литературных источниках.

Во втором разделе приведено общее описание исследуемых материалов и образцов, описаны методы, используемые в работе.

В третьем разделе решаются изотермические задачи о механическом нагружении пористых образцов. Решен ряд задач определения эффективного модуля упругости. Обосновывается выбор критерия удаления конечного элемента при наличии сингулярности. Проведено исследование сходимости численного метода к решению задачи.

В четвертом разделе разработаны и обоснованы применяемые в работе подходы к моделированию температурного микрорастрескивания, осуществлено моделирование материалов с микротрещинами и дано сопоставление с экспериментальными данными. На основании сопоставления численных результатов и экспериментальных данных предложен метод определения предельного значения деформаций для критерия разрушения применительно к сеточным методам решения краевых задач.

В пятом разделе осуществляется поиск связи между эффективным модулем упругости и эффективным коэффициентом теплопроводности пористых структур.

В заключении представлены основные результаты и выводы исследования.

Публикации и соответствие автореферата диссертационной работе

Автором опубликованы 6 статей в изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК. Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает основные положения работы.

Автором проведен серьезный критический анализ литературных источников по основным термомеханическим характеристикам пористых и армированных материалов (пористость, проницаемость, методы определения материальных постоянных, прочностные

характеристики, критерии разрушения), математическим моделям, конечно-элементным методам решения краевых задач и сходимости сеточных методов при наличии сингулярностей в средах.

Предлагается алгоритм генерации сеточной структуры, описывающей реальный пористый объект. Численная реализация осуществляется в среде программирования пакета ANSYS. Моделирование микротрещин осуществляется удалением конечных элементов в областях достижения деформациями порогового значения. Разработанные подходы моделирования термомеханических структур дали возможность решить различные задачи по анализу напряженного состояния образцов при различных нагрузках, и соответственно исследовать влияние пористости и температуры на жесткостные характеристики. Особое внимание уделено и анализу вариантов возникновения сингулярностей и характеру напряженного состояния в их окрестности. Моделирование разрушения образца проводится для различных критериев.

В результате проведенных исследований получено значительное число новых результатов, согласующихся с экспериментальными данными, перспективных для применения на стадии проектирования конструкций: по прочности на растяжение и сжатие, по влиянию на жесткостные характеристики различных факторов, по эффективному модулю упругости, по пористости материала и анизотропии образцов, по характеру процесса разрушения.

Основное достоинство работы – результаты востребованы в конкретных отраслях промышленности.

Замечания

Отдельные позиции проведенного исследования разьяснены не в полной мере:
нет четкого объяснения, почему при решении квазистатической задачи необходимо осуществлять пересчет напряженного состояния с «нуля» при моделировании трещин;
не достаточно проанализирована сходимость методов решения сеточных уравнений – не приведены данные, подтверждающие сходимость численного метода «в себе»;
отсутствует сравнение численных результатов с подобными результатами (если они есть) опубликованными в литературных источниках;
нет качественной трактовки объемного распределения наиболее растянутых элементов, имеющего несколько точек экстремума (рисунок 3.2).

Результаты по моделированию трещин могли быть более качественным, если бы автор рассматривал процесс «разрушения» как физически и геометрически нелинейный процесс, например, как это демонстрировалось в работе [55].

Заключение

Диссертационная работа Левандовского А.Н. является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям п. 9 ВАК «Положения о присуждении ученых степеней». Результаты проведенных автором научных изысканий можно характеризовать как теоретически и экспериментально обоснованные, востребованные промышленностью для рационального проектирования конструкций и материалов с заданными термомеханическими свойствами.

Указанные замечания не имеют принципиального характера, не влияют на основные выводы и не снижают общего благоприятного впечатления от работы.

Считаю, что диссертация полностью удовлетворяет существующим требованиям Положений ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, и соответствует критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Левандовский Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

« 12 » сентября 2017 г.

_____ доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительных методов механики деформируемого твердого тела ФГБОУ ВО «СПбГУ»,
Колпак Евгений Петрович.

Колпак

подпись Е.П. Колпака заверяю

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ МЗ

Н. И. МАШТЕПА

