

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Япаровой Елизаветы Николаевны на тему: «Моделирование функционально-механического поведения пористого сплава с памятью формы на основе аппроксимации его структуры как балочной конструкции», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 –«Механика деформируемого твердого тела»

Материалы с эффектом памяти формы широко используются в различных областях промышленности. Известно, что среди этих материалов наиболее важными с практической точки зрения являются сплавы, получаемые из смеси порошков Титана и Никеля. Пористые материалы с эффектом памяти формы широко используются в медицине, и любые новые результаты в исследовании их свойств имеют важное значение. Моделированию поведения таких материалов посвящена диссертация Япаровой Е.Н.

Работа состоит из введения и трех глав. Во введении подчеркнута **актуальность** работы, изложены цель, задачи и **практическая значимость** работы. Описана методика исследования. Приведены основные полученные в диссертации результаты и публикации автора по теме исследования.

В первой главе описаны особенности свойств пористых материалов с памятью формы, методы получения таких материалов и особенности структуры материала в зависимости от способа его создания. Представлен обзор работ, посвященных моделям, описывающим функциональное поведение материала, а также описаны различные подходы к расчету и описанию механических свойств пористых материалов.

Во второй главе диссертации представлены **основные новые результаты**. С использованием методов сопротивления материалов представлены микроструктурные модели пористых материалов с памятью формы для случаев поровых каналов, ориентированных перпендикулярно оси образца, для случая пористых каналов ориентированных параллельно оси образца, для случая неупорядоченной ориентации поровых каналов, а также для пористых образцов с регулярной кубической структурой поровых каналов. Для образца с поровыми каналами, ориентированными параллельно к его оси, межпоровые перегородки аппроксимируются каскадами криволинейных балок. Предполагалось, что форма оси каждого элемента представляет собой дугу окружности, и в процессе деформирования меняется радиус окружности и центральный угол. Плоские прорезные пружины используются при аппроксимации структуры образцов, в которых поровые каналы ориентированы перпендикулярно к оси образца. При

описании структуры образцов с неупорядоченной ориентацией поровых каналов применяется конструкция из балок по типу плоской прорезной пружины, горизонтальные элементы которой опираются на криволинейные балки. Расчет поведения образцов с регулярной структурой выполнялся при помощи введения эффективного напряжения. Предложены методики определения геометрических параметров балочных элементов на основе статистического анализа микрофотографий. Выполнено моделирование деформации образцов из высокопористого сплава с памятью формы, находящихся под нагрузкой при разных температурах, а также при охлаждении и нагреве, когда реализуется эффект памяти формы.

Третья глава диссертации посвящена верификации разработанной модели на образцах различной пористой структуры. Исследуется влияние граничных условий на результаты моделирования пористых образцов. Проводится сравнение механического поведения пористых образцов с различными типами ориентации поровых каналов. Обсуждаются механизмы неупругого деформирования. Сделаны оценки влияния мартенситного превращения и пористой структуры на деформирование образцов. Показано, что величины эффекта памяти формы больше у пористого образца с поровыми каналами, ориентированными горизонтально по отношению к оси образца.

Результаты моделирования показали хорошее соответствие экспериментальным данным.

Достоверность полученных результатов достигается грамотным использованием известных апробированных методов, подтверждается сравнением с некоторыми опубликованными численными и аналитическими результатами в этой области.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы при оценке свойств изделий из пористого материала с памятью формы при различных режимах изменения и напряжений, и температуры. Работы, выполненные ранее, как отмечается в диссертации, ограничены описанием изотермического деформирования.

Несмотря на полученные новые результаты, по тексту диссертации можно сделать мелкие замечания.

1. Отмечается, что предложенный в работе подход «не применим при расчете образцов из сплавов с низкой пористостью». Было бы интересно привести численные оценки «низкой» и «высокой» пористости материала.
2. Как уже отмечалось, в работе предполагалось, что форма оси каждого элемента представляет собой дугу окружности и в процессе деформирования остается окружностью, у которой меняется радиус и центральный угол. По-видимому, это предположение тоже может использоваться в рамках каких-то ограничений. Хотелось бы, чтобы это также было отмечено подробнее.

3. В первой главе диссертации описано много методов получения пористых материалов и введены соответствующие аббревиатуры для названия этих способов (СВС, ГИП, ИПС, ИФМ, МС, СЛС и др.), которые в дальнейшем в тексте диссертации используются. Было бы разумным привести отдельно список аббревиатур с их расшифровками. Это бы облегчило чтение работы.

Диссертация Япаровой Елизаветы Николаевны на тему: «Моделирование функционально-механического поведения пористого сплава с памятью формы на основе аппроксимации его структуры как балочной конструкции» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Япарова Елизавета Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела». Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Председатель диссертационного совета

Доктор физ-мат наук, профессор,

профессор СПбГУ

15.05.20



Бауэр С.М.