

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра Био- и Наномеханики

СКРЕБЕЦ

Марина Анатольевна

Аннотация к дипломной работе:

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСТОГО ИЗГИБА
БАЛКИ ИЗ МАТЕРИАЛА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Научный руководитель:
Доктор физ.-мат. наук,
профессор С. М. Босяков

Минск, 2024

Аннотация

В дипломной работе 43 страницы, 22 рисунка, 5 таблиц, 13 источников.

Ключевые слова: СПЛАВЫ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ, ЧИСТЫЙ ИЗГИБ БАЛКИ, МАРТЕНСИТ, АУСТЕНИТ.

Сплавы с памятью формы (СПФ) – это уникальные материалы, способные возвращаться к своей первоначальной форме после значительных деформаций при изменении температуры. Механизм деформации СПФ обусловлен фазовыми переходами между их различными кристаллическими структурами, а именно аустенитом и мартенситом. В высокотемпературной аустенитной фазе материал демонстрирует пластичность и поддается легкой деформации. Однако при охлаждении или при приложении механической нагрузки материал может переходить в мартенситную фазу (низкотемпературную), что сопровождается изменением его формы.

Чистый изгиб балки – это состояние балки, при котором она подвергается изгибающим моментам без действия поперечных сил (сдвиговых нагрузок).

Цель работы – разработка аналитического подхода к исследованию изгиба консольной балки с памятью формы при приложении нагрузки, основанный на предположении о линейном распределении деформации по высоте поперечного сечения балки.

Методы реализации – аналитические методы для вывода определяющих уравнений и их решений, а также сравнение полученных данных с экспериментальными.

В результате были рассмотрены и описаны физические и механические свойства материалов с памятью формы, разработаны и решены дифференциальные уравнения для изгиба балки из СПФ, выполнены численные расчеты, подтверждающие адекватность предложенной модели. Полученные результаты позволяют прогнозировать поведение балок из СПФ под различными нагрузками, что может быть использовано при проектировании конструкций с использованием таких материалов.

Работа может использоваться в инженерной практике для разработки и оптимизации элементов с памятью формы в различных областях.

Дипломная работа выполнена автором самостоятельно.

Анатацыя

У дыпломнай рабоце 43 старонкі, 22 малюнка, 5 табліц, 13 крыніц.

Ключавыя словы: СПЛАВЫ З ПАМЯЦЦЮ ФОРМЫ, ЧЫСТЫ ЗГІБ БАЛКІ, МАРТЭНСІТ, АЎСТЭНІТ.

Сплавы з памяццю формы (СПФ) – гэта ўнікальныя матэрыялы, здольныя вяртацца да сваёй першапачатковай формы пасля значных дэфармацый пры змяненні тэмпературы. Механізм дэфармацыі СПФ абумоўлены фазавымі пераходамі паміж іх рознымі крышталічнымі структурамі, а менавіта аўстэнітам і мартэнсітом. У высокатэмпературнай аўстэнітнай фазе матэрыял дэманструе пластычнасць і паддаецца лёгкай дэфармацыі. Аднак пры астуджэнні або пры прыкладанні механічнай нагрузкі матэрыял можа пераходзіць у мартэнсітную фазу (нізкатэмпературную), што суправаджаецца зменай яго формы.

Чысты згіб балкі – гэта стан балкі, пры якім яна падвяргаецца згібальным момантам без дзеяння папярочных сіл (зрухавых нагрузак).

Мэта працы – распрацоўка аналітычнага падыходу да даследавання згібу кансольнай балкі з памяццю формы пры прыкладанні нагрузкі, заснаваны на дапушчэнні аб лінейным размеркаванні дэфармацыі па вышыні папярочнага сячэння балкі.

Методы рэалізацыі – аналітычныя метады для вывядзення вызначальных ураўненняў і іх рашэнняў, а таксама параўнанне атрыманых даных з эксперыментальнымі.

У выніку былі разгледжаны і апісаны фізічныя і механічныя ўласцівасці матэрыялаў з памяццю формы, распрацаваны і вырашаны дыферэнцыяльныя ўраўненні для згібу балкі з СПФ, выкананы лікавыя разлікі, якія пацвярджаюць адэкватнасць прапанаванай мадэлі. Атрыманыя вынікі дазваляюць прагназаваць паводзіны балкоў з СПФ пад рознымі нагрузкамі, што можа быць выкарыстана пры праектаванні канструкцый з выкарыстаннем такіх матэрыялаў.

Праца можа выкарыстоўвацца ў інжынернай практыцы для распрацоўкі і аптымізацыі элементаў з памяццю формы ў розных галінах.

Annotation

The thesis consists of 43 pages, 22 figures, 5 tables, and 13 references.

Key words: SHAPE MEMORY ALLOYS, PURE BENDING OF A BEAM, MARTENSITE, AUSTENITE.

Shape memory alloys (SMAs) are unique materials capable of returning to their original shape after significant deformations when the temperature changes. The deformation mechanism of SMAs is governed by phase transitions between their different crystal structures, namely austenite and martensite. In the high-temperature austenitic phase, the material exhibits plasticity and can be easily deformed. However, upon cooling or under mechanical loading, the material can transform into the martensitic phase (low temperature), which is accompanied by a change in shape.

Pure bending of a beam is a state in which the beam is subjected to bending moments without the action of transverse forces (shear loads).

The goal of the work is to develop an analytical approach to investigate the bending of a cantilever beam made of shape memory alloy under loading, based on the assumption of a linear distribution of deformation along the height of the beam's cross-section.

Implementation methods include analytical methods for deriving the governing equations and their solutions, as well as comparing the obtained data with experimental results.

As a result, the physical and mechanical properties of shape memory materials were reviewed and described, differential equations for the bending of a beam made of SMA were developed and solved, and numerical calculations were performed, confirming the validity of the proposed model. The results obtained allow predicting the behavior of SMA beams under various loads, which can be used in the design of structures utilizing such materials.

The work can be used in engineering practice for the development and optimization of shape memory elements in various fields.