Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003202

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 07-10-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: наказ № 185 від 27.09.2024

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коробко Павло Олександрович
2. Pavlo O. Korobko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Порошкова металургія та композиційні матеріали

Дата захисту: 04-09-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна механіка

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID6488

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, буд. 3, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, буд. 3, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.39

Тема дисертації:

1. Вплив особливостей мезоструктури на ефективні властивості метаматеріалів типу інверсного опалу та інверсного бджолиного стільника

2. Influence of mesostructure features on the effective properties of metamaterials such as inverse opal and inverse honeycomb

Реферат/анотація:

1. Робота виконана на 165 сторінках, включає 42 ілюстрації, 19 таблиць та 112 посилання на джерела. Дисертація складається із 4 основних розділів – перші два присвячені опису теоретичних засад, на яких ґрунтується дослідження, що описано у розділах 3 та 4. Розділ 3 присвячений проведенню обчислювального експерименту для оцінки механічної поведінки матеріалу зі структурою інверсного опалу. У 4 розділі проводиться дослідження залежності коефіцієнта Пуассона від внутрішньої геометрії високопористого матеріалу на прикладі просторової структури інверсного бджолиного стільника. Визначення ефективних властивостей різноманітних структур сприяє пошуку оптимальних матеріалів для подолання інженерних викликів в інноваційних галузях, таких як авіа- та ракетобудування, інформаційні та оборонні технології,

біомедична інженерія, тощо. Дослідження впливу як структури метаматеріалу на його реологічний відгук, так і впливу деформування на зміну структури, – є важливим науковим та практичним завданням. В роботі досліджувались два типи структур пористих метаматеріалів – «інверсні опали» та «інверсні бджолині стільники». При цьому була виділена низка проблем дотичних до ефективних реологічних властивостей таких метаматеріалів. Відповідно до цього, об'єктом дослідження дисертаційної роботи є різноманітні впорядковані високопористі періодичні структури інверсного опалу та інверсного бджолиного стільника. Предметом дослідження є процес переходу цих матеріалів від зворотних до незворотних деформацій при дії зовнішніх зусиль. Метою дослідження є знаходження залежностей між геометричними характеристиками порового простору та механічними властивостями матеріалів. Основними завданнями дисертаційного дослідження є: - знаходження пружних і пластичних властивостей матеріалів; - аналітичний опис залежностей механічних властивостей і геометричних характеристик структур; - оптимізація геометрії структур, що характеризуються від'ємним коефіцієнтом Пуассона. В основу цього дисертаційного дослідження покладено методи мікромеханіки із застосуванням обчислювальних методів аналізу процесів, методу скінченних елементів. Використання методів мікромеханіки обумовлено тим, що за рахунок періодичності структури ми можемо чітко виокремити елементарний об'єм у просторі, що розглядається. Це дає змогу раціонально використовувати ресурси обчислювальної техніки, що в першу чергу має як результат економію часу, а у випадку подрібнення сітки скінченних елементів – збільшення точності розрахунку. За результатами дослідження був сформований ряд висновків, що описують наукову новизну та практичне значення дисертаційної роботи: 1. Вперше було знайдено граничні значення напружень пружного деформування для інверсно-опалового пористого матеріалу з металевою матрицею для всього діапазону схем навантаження. 2. Вперше для широкого діапазону структури інверсного опалу було знайдено ефективні модулі пружності. 3. Було змодельовано процес незворотного пластичного стиснення пористого матеріалу з інверсно-опаловою структурою аж до моменту, коли структура пор стає закритою. 4. Було показано, що ідентифікація пластичної поведінки інверсного опалу невідомої структури за допомогою простого експерименту на одновісне навантаження є коректною тільки у висопористому випадку. В противному випадку прогнозована за результатами експерименту на одновісне навантаження величина границі текучості на всебічний стиск дає похибку на 30%. 5. Для зручності використання отриманої моделі пластичності в пакетах скінчено-елементного моделювання з метою оптимізації конструкцій за наявності в них елементів інверсного опалу, було здійснено наближення отриманих обчислювальних даних феноменологічною моделлю Дешпанда-Флека. Виявилось, що таке наближення досить коректне, тобто форма кривої текучості в площині інваріантів тензора напружень близька до еліптичної. 6. На прикладі складної просторової стрижневої структури була досліджена ауксетична поведінка метаматеріалів, що є важливим для прогнозування механічних властивостей матеріалу і оптимізації його внутрішньої структури при використанні у елементах захисних конструкцій. 7. Було показано, що коефіцієнт Пуассона набуває від'ємних значень за відносно високих значень пористості структури інверсного бджолиного стільника – понад 75% і переважно визначається геометрією структури. 8. Результати дослідження показали, що значення коефіцієнта Пуассона структури інверсного бджолиного стільника можуть варіюватися у широкому діапазоні при відносно малій зміні величини пористості (3%) за рахунок введення у геометрію структури додаткових сферичних вузлів у місцях перетину стрижнів. Ключові слова: Мікромеханіка, метаматеріали, пружність, пластичність, деформація, модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, апроксимація, пористість, поверхня навантаження, метод скінченних елементів, елементарна комірка, ефективні властивості, інверсний опал, інверсний бджолиний стільник.

2. The work is executed on 165 pages, includes 42 illustrations, 19 tables and 112 references. The dissertation consists of 4 main chapters - the first two are devoted to the description of the theoretical foundations on which the study is based, which are described in Chapters 3 and 4. Chapter 3 is devoted to a computational experiment to evaluate the mechanical behaviour of a material with an inverse opal structure. Chapter 4 investigates the dependence of the Poisson's ratio on the internal geometry of a highly porous material using the example of the spatial structure of an inverse honeycomb. Determining the effective properties of various structures helps to find

optimal materials to overcome engineering challenges in innovative industries such as aircraft and rocketry, information and defence technologies, biomedical engineering, etc. Investigating the influence of both the structure of a metamaterial on its rheological response and the effect of deformation on structure change is an important scientific and practical task. Two types of structures of porous metamaterials - "inverse opals" and "inverse honeycomb" - were investigated in this work. A number of problems related to the effective rheological properties of such metamaterials were identified. Accordingly, the object of study of this thesis is a variety of ordered highly porous periodic inverse opal and inverse honeycomb structures. The subject of the study is the process of transition of these materials from reversible to irreversible deformations under the action of external forces. The aim of the study is to find the dependencies between the geometric characteristics of the pore space and the mechanical properties of materials. The main tasks of the dissertation research are: - Determination of the elastic and plastic properties of materials; - analytical description of the dependencies of mechanical properties and geometrical characteristics of structures; - optimisation of the geometry of structures characterised by a negative Poisson's ratio. This dissertation study is based on the methods of micromechanics with the use of computational methods of process analysis, the finite element method. The use of micromechanics methods has been chosen since, due to the periodicity of the structure, we can clearly distinguish the elementary volume in the space under consideration. This allows us to rationally use computer resources, which primarily results in time savings and, in the case of finite element mesh refinement, an increase in calculation accuracy. Based on the results of the study, several conclusions have been formed that describe the scientific novelty and practical significance of the dissertation: 1. For the first time, the limit values of elastic deformation stresses for an inverse-opal porous material with a metal matrix were found for the entire range of loading schemes. 2. For the first time, effective elastic moduli were found for a wide range of inverse opal structures. 3. The process of irreversible plastic compression of a porous material with an inverse-fuel structure up to the moment when the pore structure becomes closed was modelled. 4. It has been shown that the identification of the plastic behaviour of an inverse opal of unknown structure using a simple uniaxial loading experiment is correct only in the highly porous case. Otherwise, the uniaxial loading experiment results in an error of 30% in the yield strength in all-round compression. 5. For the convenience of using the obtained plasticity model in finite-element modelling packages to optimise structures with the presence of inverse opal elements in them, the obtained computational data were approximated by the phenomenological Deshpande-Fleck model. 6. The auxetic behaviour of metamaterials was studied on the example of a complex spatial rod structure, which is important for predicting the mechanical properties of the materials and optimising their internal structure when used in elements of protective structures. 7. It has been shown that the Poisson's ratio acquires negative values at relatively high values of the porosity of the inverse honeycomb structure - more than 75% and is mainly determined by the geometry of the structure. 8. The results of the study showed that the values of the Poisson's ratio of the inverse honeycomb structure can vary in a wide range with a relatively small change in the porosity value (3%) due to the introduction of additional spherical nodes in the geometry of the structure at the intersection of the rods. Key words: Micromechanics, metamaterials, elasticity, plasticity, deformation, elastic modulus, Poisson's ratio, approximation, porosity, loading surface, finite element method, unit cell, effective properties, inverse opal, inverse honeycomb.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Кузьмов А.В., Штерн М.Б., Коробко П.О. Моделювання впливу площинних дефектів на пластичність порошкових матеріалів обчислювальними методами мікромеханіки. Успіхи матеріалознавства. – 2021. – №3. – С. 77-85. doi.org/10.15407/materials2021.03.077
- 2. Коробко П.О., Кузьмов А.В., Штерн М. Б., Кіркова О. Г. Ефективна пластична поведінка пористих матеріалів зі структурою інверсного опалу. Успіхи Матеріалознавства. – 2023. – №6. – С. 32-40. doi.org/10.15407/materials2023.06.032
- 3. Коробко П.О., Кузьмов А.В. Ефективні пружні властивості пористих матеріалів зі структурою інверсного опалу. Наукові Нотатки. – 2024. – №77. – С. 46-50. doi.org/10.36910/775.24153966.2024.77.7
- 4. Korobko P.O., Kuzmov A.V. Effective Plastic Properties of Porous Materials with an Inverse Opal Structure. Powder Metall Met Ceram. – 2024. – Vol. 62. – Issue 9–10. doi.org/10.1007/s11106-024-00418-4
- 1. Korobko P., Kuzmov A. Theoretical evaluation of mechanical properties of inverse opal structure. IXth International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds”, May 27-30, 2024, Kyiv, Ukraine. P 32.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0117U002197; 0120U101225

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Штерн Михайло Борисович

2. Mykhailo B. Shtern

Кваліфікація: д.т.н., член-кор., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, буд. 3, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тітов Вячеслав Андрійович

2. Viacheslav A. Titov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.07.04

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація: ;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56182050400

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кущ Володимир Іванович

2. Volodimir I. Kushch

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9396-1959

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417377

Місцезнаходження: вул. Автозаводська, буд. 2, Київ, 04074, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Толочин Олександр Іванович

2. Oleksandr I. Tolochyn

Кваліфікація: к. т. н., старший науковий співробітник, 05.16.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2387-6446

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, буд. 3, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лаптєв Анатолій Васильович
2. Anatolii V. Laptiev

Кваліфікація: д. т. н., старший науковий співробітник, 05.16.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7581-2933

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, буд. 3, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Вдовиченко Олександр Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Вдовиченко Олександр Васильович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Радченко Олександр Кузьміч
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна