



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118753** (13) **C2**

(51) МПК (2019.01)

B63H 1/14 (2006.01)

F04D 29/58 (2006.01)

F23R 3/00

B23K 15/08 (2006.01)

B23K 26/38 (2014.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 09462	(72) Винахідник(и):	Бертолді Катя (US), Тейлор Майкл (US), Шенян Алі (CA), Герендаш Міклош (DE), Карсон Карл (CA)
(22) Дата подання заявки:	13.03.2014	(73) Власник(и):	ПРЕЗІДЕНТ ЕНД ФЕЛЛОУЗ ОФ ГАРВАРД КОЛЛЕДЖ, 17 Quincy Street, Cambridge, Massachusetts 02138, United States of America (US), РОЛЛЗ-РОЙС КАНАДА, ЛТД., 9500 Cote de Liesse Road, Lachine Montreal, Québec H8T 1A2, Canada (CA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	11.03.2019	(74) Представник:	Крилова Надія Іванівна, реєстр. №30
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	61/790,175	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 2011059291 A1, 10.03.2011 US 2011054514 A1, 03.03.2011 US 2007122590 A1, 31.05.2007 US 7594401 B1, 29.09.2009 US 2010009120 A1, 14.01.2010 US 2009041978 A1, 12.02.2009
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	15.03.2013		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.10.2016, Бюл.№ 20		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	11.03.2019, Бюл.№ 5		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	РСТ/US2014/025324, 13.03.2014		

(54) ПОРИСТІ СТРУКТУРИ З ПОВТОРЮВАНОЮ ФОРМОЮ ПОДОВЖЕНИХ ОТВОРІВ

(57) Реферат:

В описі розкрито пористі структури, системи і пристрої з пористими структурами і спосіб виготовлення пористих структур. Описана пориста структура з повторюваним візерунком подовжених отворів, призначена для забезпечення поведінки негативного Пуассонового коефіцієнта при навантаженні макроскопічним стисненням і розтягуванням. Візерунок може включати горизонтальні і вертикальні отвори еліптичної форми, які розташовані на горизонтальних і вертикальних лініях таким чином, що лінії розташовано з однаковими проміжками в обох напрямках. Центри кожного отвору знаходяться на точці перетину двох ліній. Вертикальні і горизонтальні отвори еліптичної форми чергуються на вертикальних і горизонтальних лініях, так що будь-який вертикальний отвір, оточений горизонтальними отворами вздовж ліній (і навпаки), а наступні вертикальні отвори знаходяться на обох діагоналях. Пори також можуть діяти як охолоджувальні та/або демпфірувальні отвори, а також, через їх розташування, забезпечувати зниження напруги.

UA 118753 C2



Фіг. 6



Фіг. 7



Фіг. 8

Пористі структури з повторюваною формою подовжених отворів

Галузь техніки

Опис винаходу стосується пористих структур і коміркових твердих тіл. Більш конкретно, опис стосується матеріалів, які мають повторювану форму отворів, що призводить до незвичайних механічних властивостей, таких як негативний Пуасонів коефіцієнт, а також систем, способу та пристроїв, де застосовують такі матеріали.

Рівень техніки

Під час стискання матеріалів уздовж певної осі, найбільш часто можна спостережати розширення в напрямках, ортогональних прикладеному навантаженню. Властивість, що характеризує таку поведінку, описується Пуасоновим коефіцієнтом, який може бути визначений як відношення між негативною поперечною і поздовжньою деформаціями. Більшість матеріалів характеризуються позитивним Пуасоновим коефіцієнтом, який дорівнює приблизно 0,5 для гуми та 0,3 для скла і сталі. Матеріали з негативним Пуасоновим коефіцієнтом будуть скорочуватися (або розширяться) в поперечному напрямку при стисненні (або розтягуванні), і, хоча вони в принципі можуть існувати, але практичні приклади таких матеріалів з'явилися відносно недавно. Матеріали, що виявляють негативний Пуасонів коефіцієнт, досить часто називають "ауксетиками". Результати багатьох досліджень показують, що поведінка ауксетика залежить від взаємодії між мікроструктурою матеріалу і його деформацією. Було виявлено, що метали з кубічною кристалічною решіткою, природні шаруваті керамічні матеріали, сегнетоелектричні полікристалічні керамічні матеріали і цеоліти можуть виявляти негативний Пуасонів коефіцієнт. Крім того, декілька форм та механізмів було запропоновано для досягнення негативних величин Пуасонова коефіцієнта, включно з піноматеріалами зі зворотними структурами, ієрархічними ламінатами, полімерними і металічними піноматеріалами. Ефекти при негативному Пуасоновому коефіцієнті було продемонстровано в мікрометричному масштабі, використовуючи комплексні матеріали, які було виготовлено з використанням легкої літографії, та наномасштабі для листових збірок вуглецевих нанотрубок.

Значною проблемою при виготовленні матеріалів з ауксетичними властивостями є те, що вони, як правило, мають вкладені структури з складними формами всередині приймаючої матриці. Сам виробничий процес є проблемним в практичному застосуванні. Структура, яка формує основу багатьох ауксетичних матеріалів, є комірковим твердим тілом, а дослідження деформування цих матеріалів досить розвиненою галузю з основним акцентом на роль деформації згину, на властивість нести навантаження і на поглинання енергії при стисненні. Зовсім недавно, результати комбінованих експериментальних та чисельних досліджень показали, що механічні нестійкості в двовимірних періодичних пористих структурах можуть викликати суттєві перетворення початкової форми. Зокрема, було виявлено, що одновісне навантаження квадратного масиву круглих отворів в еластичній матриці приводить до структури зі змінними взаємно ортогональними еліпсами, хоча матриця знаходиться під навантаженням. Це пов'язано з пружною нестабільністю вище критичної величини прикладеного розтягнення. Перебудова форми, яка спостерігається при нестійкості, є і оборотною і повторюваною, і це відбувається у вузькому діапазоні прикладеного навантаження. Крім того, було показано, що структурне перетворення призводить до однонаправленої поведінки негативного Пуасонового коефіцієнта для двовимірної структури, тобто це відбувається тільки при стисненні.

В патенті США №5 233 828 ("Патент 828"), Філіп Д.Наполі(Phillip D.Napoli), наведено приклад сконструйованого структурного елемента (футера камери згоряння), який застосовують в умовах високих температур. Футери камери згоряння зазвичай використовують в секції газової турбіни. Вони можуть бути також використані в частині вихлопної труби або в інших частинах або компонентах газової турбіни, таких як лопатки турбіни. В процесі роботи в камері згоряння газ спалюють при дуже високих температурах, приблизно 1 649°C (3 000° F) або вище. Щоб запобігти пошкодженню камери згоряння від високого термічного навантаження перед виходом в турбіну, в камері згоряння встановлюють футери для ізоляції від очуючого двигуна. Щоб мінімізувати перепади температури і тиску вздовж футера камери згоряння зазвичай виконують охолоджувальні щілини, як показано в патенті 828. В патенті 828 показано частину кільцевого футера камери згоряння, що має розташовані з проміжком один від одного отвори для охолодження, які утворюють безперервну структуру, розміщену під кутом крізь стінку футера. Інший приклад, в патенті США № 8 066 482 B2, Джеймс Пейдж Строл та ін.(James Page Strohl et al.) показано конструктивний структурний елемент, який має сформовані охолоджувальні отвори для поліпшення охолодження бажаної зони газової турбіни і зменшення рівнів напруження навколо охолоджувальних отворів. В патенті № EP0971172A1, доктор Джекоб Келлер(Dr.Jakob Keller), аналогічно показано приклад перфорованого футера, який застосовують в зоні горіння газової турбіни. У ще одному прикладі (публікація заявки на патент

США № 2010/0009120 A1, Мері К., Боїсе та ін. (Mary C., Boyce et al.), показано ряд перетворюваних періодичних структур, які мають еластомерні або еластопластичні періодичні тверді тіла, що забезпечують перетворення в структурній конфігурації під час прикладення критичного макроскопічного стиснення або розтягнення. Всі вище зазначені патентні документи

5 включено тут як посилання у відповідності з метою винаходу.

Суть винаходу

Опис винаходу стосується пористих структур з повторюваними формами подовжених отворів, які забезпечують поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта (також відомі як "ауксетичні матеріали"). З формами стягнутих пор, які знайдено в зразках гуми при зовнішньому навантаженні, додаткові аспекти стосуються матеріалів з пустотілими формами, які створено без навантаження, для досягнення поведінки негативного Пуасонового коефіцієнта в матеріалі без руйнування матеріалу при виробництві. Інші аспекти цього винаходу стосуються багатофункціональних повітряних проходів в гарячій частині газової турбіни. Додаткові аспекти стосуються камер згоряння газових турбін, що виготовлено зі стінками з матеріалу з особливою пористою структурою, що забезпечує функції термостійкості і/або послаблення шуму. Такі функції включають, наприклад, акустичне послаблення (або зменшення шуму), зниження напруги (або послаблення навантаження) і поглинання тепла (або послаблення теплового навантаження).

Однією з ознак цього винаходу є описана пориста структура. Ця пориста структура має жорстке або напівжорстке тіло з першою множиною перших подовжених отворів і другою множиною других подовжених отворів. Кожен з подовжених отворів має велику вісь і малу вісь. Великі осі перших подовжених отворів перпендикулярні великим осям других подовжених отворів. Перша і друга множини подовжених отворів розташовано в матриці з рядків і стовпців. Кожен з рядків і кожен з стовпців чергуються між першими і другими подовженими отворами. Тобто, кожен рядок і кожен стовпець може містити 100 отворів - 50 вертикально орієнтованих отворів, які перемежуються з 50-тма горизонтально орієнтованими отворами. Отвори мають конфігурації, що взаємодіють для досягнення поведінки негативного Пуасонового коефіцієнта при стисненні, або розтягуванні, або при обох діях.

Інші ознаки цього винаходу стосуються способу виготовлення пористої структури. Спосіб включає операції: створення жорсткого або напівжорсткого тіла; і виконання перших подовжених отворів і других подовжених отворів в жорсткому або напівжорсткому тілі. Кожен з подовжених отворів має велику вісь і малу вісь. Великі осі перших подовжених отворів перпендикулярні великим осям других подовжених отворів. Подовжені отвори розташовано в матриці з рядків і стовпців. Кожен з рядків і кожен з стовпців чергують між першими і другими подовженими отворами. Отвори мають конфігурації, що взаємодіють для досягнення поведінки негативного Пуасонового коефіцієнта при стисненні, або розтягуванні, або обох дій. Перші і другі подовжені отвори може бути виконано в жорсткому або напівжорсткому тілі будь-яким відомим способом, у тому числі мікрообробкою, інтерференційною літографією, лазерним різанням або електронно-променевим різанням, або будь-якою їх комбінацією.

Відповідно до іншої ознаки винаходу в описі розкрита конструкція камери згоряння газової турбіни. Камера згоряння газової турбіни має металеву стінку з множиною вертикально подовжених отворів і множиною горизонтально подовжених отворів. Кожен з подовжених отворів має велику вісь, яка перпендикулярна малій осі. Великі осі вертикально подовжених отворів перпендикулярні великим осям горизонтально подовжених отворів. Подовжені отвори розташовано в матриці з рівновіддалених рядків, які перпендикулярні рівновіддаленим стовбцям. Кожен з рядків і кожен з стовпців чергується між вертикально і горизонтально подовженими отворами. Подовжені отвори мають наперед визначену пористість і наперед визначене співвідношення розмірів, і мають конфігурації, що взаємодіють для досягнення поведінки негативного Пуасонового коефіцієнта при макроскопічних навантаженнях стисненням і розтягуванням.

Наведений вище короткий опис суті винаходу не призначено для представлення кожного конкретного варіанту здійснення винаходу або кожної ознаки винаходу. Цей опис суті винаходу показує тільки приклади забезпечення деяких нових ознак винаходу. Вищевказані ознаки і переваги, а також інші ознаки і переваги даного винаходу, стануть більш зрозумілі з нижченаведеного детального опису прикладів здійснення втілень винаходу і способів для здійснення даного винаходу, що наведено в поєднанні з доданими кресленнями і формулою винаходу.

Короткий опис креслень

На фіг. 1 показано графік залежності Пуасонового коефіцієнта від номінального розтягнення, який ілюструє поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта в різних репрезентативних пористих структурах відповідно до винаходу.

На фіг. 2а-2с показано зразки трьох різних квадратних матриць з еліптичними порами, що демонструють різну поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта відповідно до винаходу.

На фіг. 3 показано три послідовні в часі зображення квадратної матриці структур зі стягнутими отворами, яка зменшує теплове навантаження, викликане гарячою зоною дії, відповідно до винаходу.

На фіг. 4 показано зображення квадратної матриці з горизонтально і вертикально орієнтованих отворів еліптичної форми у вільному від напруги стані, що забезпечує поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта відповідно до винаходу.

На фіг. 5 показано зображення квадратної матриці з горизонтально і вертикально орієнтованими отворами двотаврової форми у ненапруженому стані, що забезпечує поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта відповідно до винаходу.

На фіг. 6-8 показано різні репрезентативні форми отворів відповідно до винаходу.

Даний опис стосується різних модифікацій і альтернативних форм, і далі буде детально описано конкретні варіанти здійснення винаходу, які показано, як приклад, на кресленнях. Однак слід розуміти, що винахід не обмежується конкретними описаними варіантами. Винахід охоплює всі модифікації, еквівалентні та альтернативні варіанти, в межах об'єму винаходу, який визначено в наданій формулі винаходу.

Детальний опис винаходу

Даний винахід може бути втілено в багатьох різних формах. На кресленнях показано і далі буде описано детально типові варіанти здійснення винаходу, при цьому, слід розуміти, що опис винаходу слід вважати, як такий, що ілюструє принципи винаходу і не призначений для обмеження винаходу наведеними варіантами. У цьому сенсі, елементи і обмеження, які розкриті, наприклад, в рефераті, описі суті винаходу і в розділах детального опису, але явно не вказані у формулі винаходу, не повинні бути включені в формулу, поодинокі або разом, підтекстами чи іншим чином. Для цілей детального опису винаходу, якщо конкретно не заперечується: слово в однині включає і множину та навпаки; слова "і" та "або" є сполучниками і розділовими сполучниками; слово означає "будь-які" і "всі"; слово "будь-які" означає "будь-які" і "всі"; і слова "включає" і "містить" означають "включення без обмежень". Крім того, слова наближення, наприклад, "біля", "майже", "по суті", "приблизно", тощо, можуть бути використані в цьому документі в значенні "на", "поруч", або "майже поруч" або "в межах 3-5 %" або "в прийнятних межах виробничих допусків, " або в будь-яких їх логічних комбінаціях, для прикладу.

Винахід стосується пористих структур, які в стаціонарному стані навколишнього середовища не мають макроскопічного навантаження, включають повторювані форми подовжених отворів, які забезпечують поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта (НПК). Пуасонів коефіцієнт можна, взагалі, характеризувати як відношення поперечної деформації стиснення до подовжньої деформації розтягнення в навантаженому об'єкті. НПК, як правило, є позитивним, оскільки більшість матеріалів, в тому числі багато полімерних пін і пористих твердих тіл, стають тоншими в поперечному перерізі при розтягуванні. Пористі структури, описані тут, показують поведінку негативного Пуасонового коефіцієнта. Ці типи матеріалів також згадуються як "ауксетики" або "ауксетичні матеріали".

У деяких описаних варіантах здійснення винаходу, коли структуру стискають в напрямку Y, завдяки розташуванню сусідніх отворів, розтягування в напрямку Y призводить до появи моменту навколо центру кожної комірки, спричиняючи поворот комірки. Кожна комірка обертається в напрямку, протилежному тому, що мають його безпосередні сусіди. Це обертання призводить до зменшення відстані в напрямку X між сусідніми комірками по горизонталі. Іншими словами, стиснення структури в напрямку Y змушує її стискатися в напрямку X. З іншого боку, розтягування в напрямку Y призводить до розширення в напрямку X. У масштабі всієї структури, це показує поведінку ауксетичного матеріалу. Однак багато з описаних тут структур складаються із звичайних матеріалів. У "псевдо-ауксетиків" з'являється властивість цих структур. Іншими словами, власно матеріал може мати позитивний Пуасонів коефіцієнт, але змінивши структуру з введенням візерунку з подовженими отворами, описаними тут, ця структура мікроскопічно веде себе як матеріал, що має негативний Пуасонів коефіцієнт.

На фіг. 1 показано графік зміни Пуасонового коефіцієнта в залежності від величини розтягнення для трьох представлених пористих структур, показаних на фіг. 2А-2С. На графіку фіг. 1 показано Пуасонів коефіцієнт (ПК) випробуваного зразка під навантаженням. При певному рівні деформації "миттєвий" ПК може бути визначено в залежності від відповідного параметра

(наприклад, номінального розтягнення), що показує рівень деформації. Коли конструктор отримує бажаний НПК для відповідного застосування, то можна бачити рівень деформації, який відповідає цьому ПК, і визначити форму отворів в такому стані. Потім структура з такою формою отворів може бути механічно нанесено (виготовлено) на ненапруженій частині для отримання компонента з бажаним ПК.

На фіг. 2В і 2С показано візерунки з подовженими отворами можуть складатися з горизонтально і вертикально орієнтованих еліптичних отворів (також званих "отвори" або "еліпси"). Еліпси розташовано на горизонтальних і вертикальних лініях (наприклад, на рядках і стовпцях квадратної матриці), причому вертикальні лінії розміщені на рівній відстані одна від одної, а горизонтальні лінії в обох розмірних лініях є на однаковій відстані одна від одної (також $\Delta x = \Delta y$). Центр кожного отвору знаходиться в точці перетину двох ліній. Горизонтально та вертикально орієнтовані еліпси чергуються на вертикальних і горизонтальних лініях так, що будь-який вертикальний еліпс оточено горизонтальними еліпсами уздовж цих ліній (і навпаки), причому, наступні вертикальні еліпси знаходяться на обох діагоналях. Пори можуть застосовуватись як охолоджувальні та/або демпфіруючі отвори, а через їх розташування також як знижувачі напруги.

Також описана камера згоряння газової турбіни, яка виготовлена зі стінками з матеріалу з будь-якою з особливих пористих структур, описаних тут. У деяких варіантах здійснення винаходу, форми отворів створюють в металевому тілі безпосередньо у вільному від навантаження стані так, що отвори є еквівалентними за формою стягнутим порам, що виявлені в гумі під зовнішнім навантаженням, щоб отримати поведінку негативного Пуасонова коефіцієнт в металі без руйнування металевої структури при виробництві. Різні шляхи виробництва може бути застосовано для повторювання пористих візерунків в металевому компоненті. Виробництво не обов'язково містить згин, як одну з операцій способу. Пористі структури, описані тут, не обмежені стінками камери згоряння; вони можуть бути застосовані і в інших частини турбіни (наприклад, лопать, канал і т.д.).

Якщо пористість з одного шару оцінюють як занадто високу для конкретної камери згоряння, то два або більше шари укладають зі зміщенням, щоб мати оптимальну пористу частинку одного шара для отримання необхідної поведінки і щоб мати оптимальний повітряний потік крізь шар для отримання потрібного рівня охолодження та/або послаблення. Наприклад, два шари з однаковою (або подібною) структурою отворів можна зіставити таким чином, що отвори будуть вирівняно (наприклад, мають загальну центральну вісь) або навмисно зміщено (наприклад, центральні осі суміжних отворів в радіальному напрямку зсунено) для досягнення бажаної теплової, механічної та/або акустичної функції.

Стінка камери згоряння має кращу поведінку матеріалу з отриманим (макроскопічним) негативним Пуасоновим коефіцієнтом. Навіть коли ця структура виготовлена зі звичайного металу, вона буде стискатися в бічному напрямку, коли її піддають стискаючому навантаженню по осі, при цьому, власно матеріал не є матеріалом, який має негативний Пуасонів коефіцієнт. Поведінку матеріалу визвано конкретною пористою структурою.

В стінці звичайної камери згоряння отвори, що використовують для забезпечення потоку охолоджувального повітря і демпфірування, також виступають як місця концентрації напруги. В деяких описаних варіантах здійснення винаходу, оскільки матеріал стінки в гарячій зоні тисне на оточуючий її матеріал, наприклад, у вертикальному напрямку, негативний Пуасонів коефіцієнт буде забезпечувати усадку матеріалу стінки в горизонтальному напрямку і навпаки. Така поведінка буде забезпечувати значне зниження напруги в гарячій зоні. Цей ефект сильніше, ніж просто вплив зниженої жорсткості. Напруга в гарячій зоні знижується на 50 %, що призводить до підвищення довговічності на кілька порядків. Зменшення напруги за рахунок поведінки матеріалу з НПК не збільшує витрати повітря для охолодження стінки камери згоряння. Можна забезпечити збільшену довговічність як таку, або може бути замінено матеріал стінки дешевшим, що значно зменшить вартість.

Показано, що заміна 2-3 % круглих охолоджувальних отворів камери на еліптичні проходи для повітря зменшує термомеханічне навантаження щонайменше в п'ять разів, зберігаючи при цьому продуктивність охолодження і послаблення. Наприклад, передбачення еліптичних отворів охолодження в камері згоряння призвело до п'ятикратного зменшення основної напруги в найгіршому випадку. При забезпеченні поведінки матеріалу з НПК додано функціональності цим охолоджувальним отворами. П'ятикратне зниження основної напруги залежить від модифікації охолоджувальних отворів для забезпечення поведінки негативного Пуасонового коефіцієнта. При циклічному навантаженні особливого жароміцного сплаву камери згоряння, зменшення вдвічі компонента напруги збільшує довговічність більше, ніж на порядок. В деяких варіантах здійснення винаходу жароміцним сплавом може бути жароміцний сплав на основі

нікелю, такий як Інконель (наприклад IN100, IN600, IN713), сплав Веспалой, Рене сплави (наприклад, Rene 41, Rene 80, Rene 95, Rene H5), Хаїнес сплави (Haynes), Інколой (Incoloy), MP98T, сплави TMS і монокристалічні сплави CMSX (наприклад, CMSX-4).

Показано, що знижена пористість забезпечує функцію підвищеного охолодження. В даному тексті, поняття "пористість" може бути визначене як площа A_A поверхні отворів, поділена на площу A_S поверхні структури, тобто, Пористість = A_A / A_S . В деяких варіантах втілення винаходу може бути бажаним, щоб пористість даної пористої структури складала приблизно 1-4 %, а в деяких варіантах приблизно 2-3 %, або в деяких варіантах приблизно 2 %. Багато пристроїв з відомого рівня техніки вимагають пористості 40-50 %.

Може бути наперед задане оптимальне співвідношення розмірів подовжених отворів, щоб забезпечити бажану поведінку НПК. В даному тексті поняття "співвідношення розмірів" отворів може бути визначене як довжина, поділена на ширину отворів, або довжини великої осі, поділена на довжину малої осі отворів. В деяких варіантах втілення винаходу може бути бажаним, щоб співвідношення розмірів отворів було приблизно 5-40, а в деяких варіантах приблизно 30-40. Оптимальний НПК може складати, наприклад, -0,5. Ознаки винаходу може бути продемонстровано на зразках структур, що створено з візерунком в масштабі міліметрів, і в рівній мірі може бути застосовно до структур, що зберігають ті самі періодичні візерунки при меншому масштабі (наприклад, в мікронах, субмікронах і нанометрах).

Форма отворів може бути різноманітною по вигляду, розмірах і орієнтаціях. На Фіг. 2B і 2C наведено отвори еліптичної форми. На Фіг. 6 наведено отвори, що мають еліптичну форму з більш великим співвідношенням розмірів, ніж показано на фіг. 2A-2C. На Фіг. 3 наведено отвори, що мають форму стягнутого отвору. На фіг. 8 показано отвори, що мають I-подібну форму або двічі T-подібну форму. На Фіг. 7 наведено отвори, які мають форму штанги з двома фіксуючими отворами, що з'єднані прямим пазом або стеблом. Форми може бути змінено та/або розвинено для різних застосувань. Крім того, ці форми може бути змінено в залежності від виробничого процесу, який використовується. НПК може бути застосовано для будь-якої конфігурації, де комірки повертаються описаним вище способом.

Хоча вище було описано детально багато варіантів втілення винаходу, фахівець в цій галузі техніки може пропонувати різні альтернативні конструкції і втілення для здійснення винаходу в межах обсягу, визначеного в доданій формулі винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Пориста структура, яка має:

жорстке або напівжорстке тіло з першою множиною перших подовжених отворів і другою множиною других подовжених отворів, причому кожен з подовжених отворів має велику вісь і малу вісь, великі осі перших подовжених отворів перпендикулярні великим осям других подовжених отворів, перша та друга множини подовжених отворів розташовано в матриці з рядків і стовпців, де кожен з рядків і кожен зі стовпців чергуються між першими і другими подовженими отворами, при цьому подовжені отвори спільно сконфігуровані для досягнення поведінки негативного Пуассонового коефіцієнта під дією стиснення або розтягнення, або обох дій,

при цьому кожен з перших і других подовжених отворів включає в себе отвори, що розташовані з проміжком один від одного та з'єднані стовбуром,

а подовжені отвори, що розташовані в жорсткому або напівжорсткому тілі у ненапруженому стані, мають наперед визначену пористість, яка дорівнює 1-4 %.

2. Пориста структура за п. 1, в якій тіло має металеву стінку.

3. Пориста структура за п. 1, в якій велика і мала осі кожного подовженого отвору є перпендикулярними.

4. Пориста структура за п. 1, в якій рядки розташовано через рівні проміжки один від одного, і стовпці розташовано через рівні проміжки один від одного.

5. Пориста структура за п. 1, в якій кожен з подовжених отворів має центр на перетині великої і малої осей, центр кожного з подовжених отворів розміщено у відповідній точці перетину одного з рядків і одного зі стовпців матриці.

6. Пориста структура за п. 1, в якій подовжені отвори спільно сконфігуровані для забезпечення наперед визначених характеристик поглинання тепла і послаблення шуму.

7. Пориста структура за п. 1, в якій подовжені отвори мають наперед визначену пористість і наперед визначене форматне співвідношення та спільно сконфігуровані для досягнення поведінки негативного Пуассонового коефіцієнта під дією макроскопічних навантажень, що викликають стиснення і розтягування.

8. Пориста структура за п. 1, в якій кожен з подовжених отворів має форматне співвідношення 5-40.

9. Спосіб виготовлення пористої структури, який містить операції:

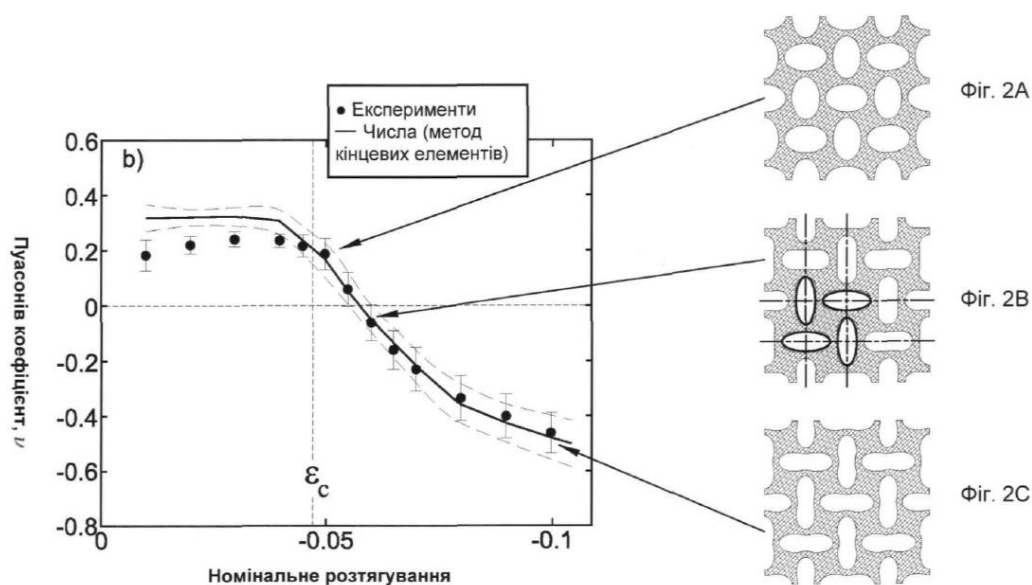
створення жорсткого або напівжорсткого тіла; і

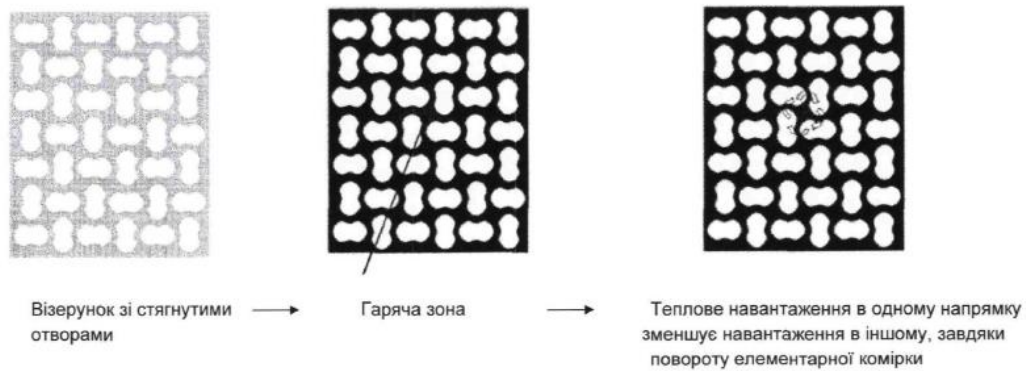
- 5 виконання перших подовжених отворів і других подовжених отворів в жорсткому або напівжорсткому тілі, де кожен з подовжених отворів має велику вісь і малу вісь, великі осі перших подовжених отворів перпендикулярні великим осям других подовжених отворів, подовжені отвори розташовано в матриці з рядків і стовпців, де кожен з рядків і кожен зі стовпців чергуються між першими і другими подовженими отворами, причому подовжені отвори спільно сконфігуровані для досягнення поведінки негативного Пуассонового коефіцієнта під дією стиснення або розтягування, або обох дій,
- 10 при цьому кожен з перших і других подовжених отворів включає в себе отвори, що розташовані з проміжком один від одного та з'єднані стовбуром, а подовжені отвори, що розташовані в жорсткому або напівжорсткому тілі у ненапруженому стані, мають наперед визначену пористість, яка дорівнює 1-4 %.
- 15

10. Спосіб за п. 9, в якому виконання перших і других подовжених отворів в жорсткому або напівжорсткому тілі здійснюють за допомогою мікрообробки, інтерференційної літографії, лазерного різання або електронно-променевого різання, або будь-якої їх комбінації.

11. Камера згоряння газової турбіни, яка має:

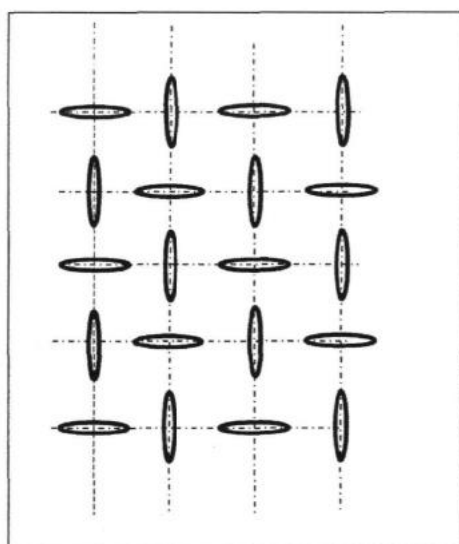
- 20 металеву стінку з множиною вертикально подовжених отворів і множиною горизонтально подовжених отворів, причому кожен з подовжених отворів має велику вісь, яка перпендикулярна малій осі, при цьому великі осі вертикально подовжених отворів перпендикулярні великим осям горизонтально подовжених отворів, множини подовжених отворів розташовано в матриці з рівновіддалених рядків, перпендикулярних рівновіддаленим стовпцям, і кожен з рядків і кожен зі стовпців чергуються між вертикально та горизонтально подовженими отворами,
- 25 причому подовжені отвори мають наперед визначену пористість і наперед визначене форматне співвідношення розмірів та спільно сконфігуровані для досягнення поведінки негативного Пуассонового коефіцієнта при макроскопічних навантаженнях стисненням і розтягуванням, при цьому кожен з подовжених отворів включає в себе отвори, які розташовані з проміжком один від одного та з'єднані стовбуром, а подовжені отвори, що розташовані у жорсткому або напівжорсткому тілі у ненапруженому стані, мають наперед визначену пористість, яка дорівнює 1-4 %.
- 30



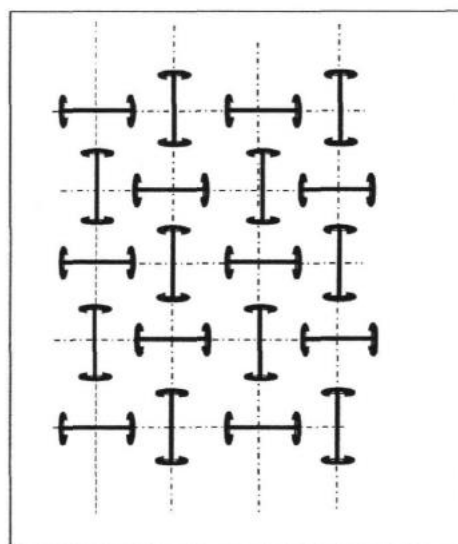


Фіг. 3

Пористі структури з повторюваною формою подовжених отворів



Фіг. 4



Фіг. 5

Пористі структури з повторюваною формою подовжених отворів



Фіг. 6



Фіг. 7



Фіг. 8

Пористі структури з повторюваною формою подовжених отворів

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601