**Безимянний Юрій Георгійович. Акустичне відображення параметрів мезоструктури порошкових та композиційних матеріалів з дефектами і розробка методів прогнозування їх властивостей пружності : Дис... д-ра наук: 05.02.01 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Безимянний Ю.Г. Акустичне відображення параметрів мезоструктури порошкових та композиційних матеріалів з дефектами і розробка методів прогнозування їх властивостей пружності. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство. – Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України. – Київ, 2007.  45  Дисертація присвячена актуальній науково-технічній проблемі виявлення кореляцій між вимірюваними акустичними величинами та параметрами мезоструктури реальних багатофазних матеріалів і розробці методів контролю й прогнозування їхніх властивостей. Вивчено закономірності формування акустичних полів у твердих тілах з багаторівневою ієрархічною структурою. Розроблено наукові основи керування інформативністю відображення в цих полях властивостей, структури й дефектності матеріалу. Запропоновано методологію синтезування акустичних методів контролю з підвищеною чутливістю вимірюваного параметру до конкретної властивості матеріалу. Обґрунтовано нетрадиційні діагностичні параметри акустичного поля. Установлено кореляційні залежності між параметрами акустичного поля й характеристиками мезоструктури різних порошкових і композиційних матеріалів. Розроблено оригінальні методи та методики вимірювання й апаратуру, що дозволяють одержувати якісно нову або раніше недоступну інформацію про матеріали та вироби в процесі їхньої розробки, виробництва й експлуатації. Результати роботи апробовано на ряді підприємств України. | |
| |  | | --- | | 1. У результаті спільного аналізу модельних уявлень і експериментальних даних *установлено закономірності* формування акустичних полів у гетерофазних твердих тілах з багаторівневою будовою й *розроблено наукові основи* якісно нових акустичних методів прогнозування й контролю властивостей порошкових і композиційних матеріалів з дефектами:  37  – *сформульовано принципи* підвищення інформативності акустичних вимірювань параметрів мезоструктури гетерофазних твердих тіл з багаторівневою будовою, що полягають у виборі таких величин просторової зони й спектра частот озвучування матеріалу і таких методів обробки одержаної інформації, які забезпечують досягнення найбільшої чутливості вимірюваної акустичної величини до шуканої властивості матеріалу відповідно до реального спектра хвильових розмірів його елементів і масштабу просторового осереднення;  – *запропоновано методологію* науково обґрунтованого синтезування акустичних методів прогнозування й контролю властивостей, структури або дефектності багатофазних гетерогенних матеріалів, що являє собою комплекс обумовлених особливостями реального матеріалу взаємозалежних рішень з виявлення акустичних величин, які мають найбільшу кореляцію із шуканою властивістю матеріалу, і постановки методик їх коректного вимірювання. Методологія орієнтована на створення акустичних методів контролю підвищеної чутливості до досліджуваної властивості матеріалу.  2. У результаті експериментальних досліджень і моделювання порошкових і композиційних матеріалів *підтверджено наявність* кореляції параметрів пружних хвиль із властивостями матеріалу: швидкостей поширення *–*з характеристиками пружності, щільністю, мезодефектністю, а ослаблення енергії*–* з характеристиками непружності, структури, мезодефектністю. *Розширено можливість* використання цієї кореляції для визначення вказаних властивостей матеріалів за результатами вимірювання акустичних величин. При цьому *вперше*встановлено наступне:  – можливе створення умов акустичних вимірювань, за яких зазначені кореляції зберігаються при пористості до 95 % і розмірах пор до кількох міліметрів. При цьому ослаблення енергії пружної хвилі може служити мірою компактування й консолідації матеріалів, у кілька разів більш чутливою, ніж швидкість поширення;  – у матеріалі на основі поліфракційного залізного порошку зменшення швидкості поширення пружної хвилі в діапазоні пористості від 8 до 30 % з високим ступенем кореляції описується кусково-лінійною залежністю. Запропоновано стохастичні та теоретичні функції, що описують це зменшення;  – наявність стохастичної залежності коефіцієнта згасання пружної хвилі від приведеної відносної долі вільної поверхні частинок в порошковому залізі, що описується в діапазоні змін останньої від 50 до 60 % зростаючим квадратним поліномом. Для порошкових матеріалів запропоновано функціональний зв'язок коефіцієнта загасання поздовжньої й поперечної пружних хвиль з пористістю й ефективними розмірами пор;  38  – текстурна анізотропія властивостей пружності порошкового заліза, сформована упакуванням частинок вихідного порошку, описується в рамках гексагональної симетрії структури мезорівня при орієнтації осі симетрії шостого порядку уздовж напрямку пресування або кубічної симетрії – при аналогічній орієнтації осі симетрії третього порядку. Фактор анізотропії може бути визначений за результатами вимірювання трьох незалежних швидкостей поширення пружних хвиль – однієї квазіпоздовжньої і двох квазіпоперечних;  – пружні хвилі у регулярних високопористих стільникових металевих структурах при малих хвильових розмірах товщини стінок комірки поширюються як нормальні в пластині. Швидкість поширення нормальної асиметричної хвилі корелює з товщиною стінок і може бути використана для її контролю;  – у композиційних матеріалах алмаз – карбід кремнію модулі пружності залежать не тільки від концентрації компонентів, але й від морфології й рельєфності поверхонь огранювання зерен вихідних алмазних порошків;  – каркасні композиції з дискретних волокон і порошків нержавіючої сталі малої дисперсності за значеннями ефективного модуля пружності перевершують шаруваті у всьому діапазоні пористості.  3. У результаті експериментальних досліджень і моделювання *вперше встановлено* кореляцію з властивостями порошкових і композиційних матеріалів таких параметрів акустичних полів: зміни швидкості поширення та зміни коефіцієнта згасання пружної хвилі в залежності від рівня статичного навантаження; резонансних частот коливань елементів структури матеріалу; спектральної характеристики, коефіцієнта гармонік і крутості фронту акустичного сигналу, який пройшов крізь досліджуваний об'єкт. При цьому *вперше експериментально встановлено*:  – стохастичну залежність коефіцієнта нелінійності акустичного сигналу від приведеної відносної долі вільної поверхні частинок в порошковому залізі, що описується в діапазоні змін останньої від 50 до 60 % зростаючим квадратним поліномом, швидкість зміни якого в кілька разів перевищує відповідну зміну швидкості поширення пружної хвилі;  – кореляційний зв'язок між частотою максимуму спектра пружних коливань ансамблю перемичок і середньостатистичним розміром їхніх довжин у високопористих комірчастих металевих матеріалах зі статистично регулярною структурою. Цей зв'язок описується функцією резонансної частоти згинальних коливань закріпленого на кінцях стрижня від його довжини.  4. Відповідно до запропонованої методології розроблені оригінальні методи одержання даних про властивості багатофазних гетерогенних матеріалів. За своєю інформативністю ці методи перевершують відомі або дають можливість одержувати інформацію про матеріал, раніше недоступну:  39  – метод контролю дефектності контактів у порошкових матеріалах, заснований на вимірюванні відносних змін залежностей швидкості поширення й коефіцієнта згасання пружної хвилі від статичного навантаження, що не перевищує границі пружності матеріалу;  – ультразвуковий спосіб вимірювання модулів пружності в анізотропних середовищах з кубічною системою симетрії; який базується на вимірюванні в одному зразку швидкостей поширення трьох пружних хвиль;  – спосіб визначення якості контактів твердих вкраплень із металевою матрицею, оснований на вимірюванні ефективної швидкості поширення пружної хвилі в матеріалі й урахуванні за результатами обчислення впливу пористості й вмісту вкраплень;  – спосіб контролю якості матеріалу за параметрами відгуку на імпульсний вплив;  – спосіб контролю дефектності керамічних різців, який базується на функціональній і стохастичній залежностях швидкостей поширення поздовжньої і поперечної пружних хвиль від щільності.  5. На підставі отриманих у дисертації результатів проведено розробки, які пройшли дослідно-конструкторську апробацію в умовах виробництва, впроваджені, використаються або готуються до використання:  – оригінальний метод неруйнівного виявлення дефекту, що призводить до катастрофічних наслідків, у двигунах ракети-носія "Зеніт" без його розбирання;  – методи контролю якості порошкових контакт-деталей електричних апаратів;  – прилад для контролю якості й дефектності гетерогенних середовищ;  – методика прогнозування властивостей пружності багатошарових конструкцій, що застосовуються в ультразвуковій терапевтичній апаратурі;  – методика контролю якості прокатних валків, виготовлених методами порошкової металургії. | |