



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 87439

(13) U

(51) МПК

G01B 17/02 (2006.01)

G01B 5/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 09434**

(22) Дата подання заявки: **29.07.2013**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.02.2014**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.02.2014, Бюл.№ 3**

(72) Винахідник(и):

**Ободан Наталія Іллівна (UA),
Гук Наталія Анатоліївна (UA),
Пацюк Анатолій Григорович (UA),
Полішко Олексій Миколайович (UA)**

(73) Власник(и):

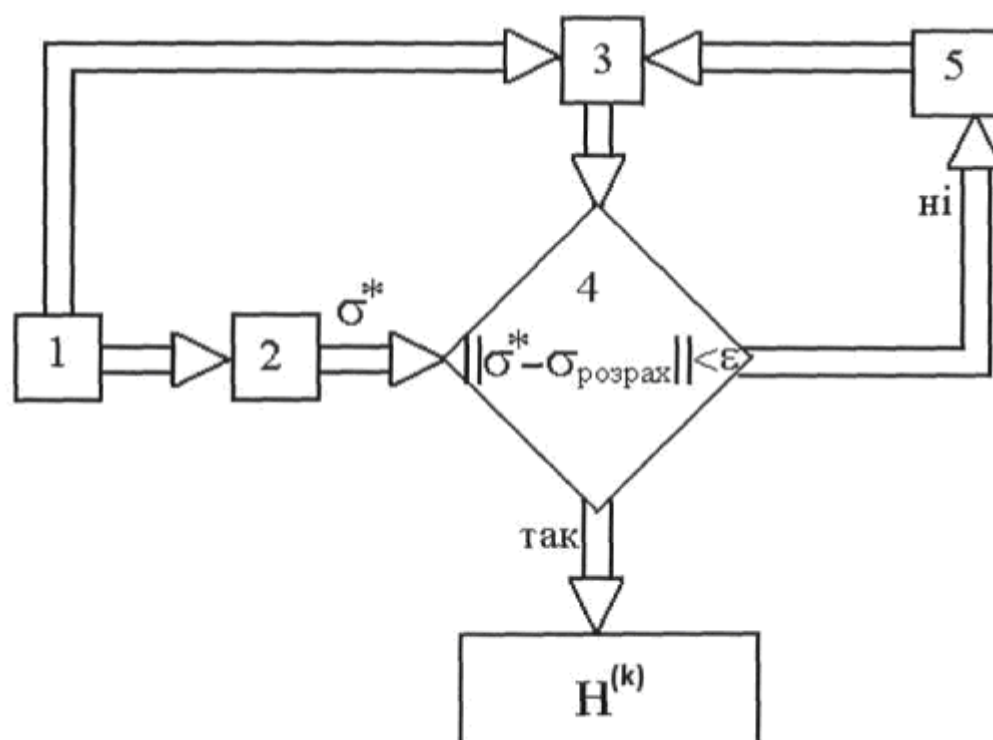
**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА,
пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010
(UA)**

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ ТОВЩИНИ ТОНКИХ ТІЛ

(57) Реферат:

Спосіб діагностики товщини тонких тіл, який полягає у вимірюванні значень деформацій під дією експлуатаційного навантаження, і за отриманими значеннями визначають розподіл товщини у виробі, який відрізняється тим, що використовують експлуатаційне навантаження і відгук виробу на це навантаження, а як відгук тонкостінної системи виступають значення деформацій зовнішньої і внутрішньої поверхонь тонкостінної системи, які вимірюють в точках поверхні виробу, відповідні обчислені значення деформацій визначають за допомогою методу скінченних елементів з використанням математичної моделі конструкції з відомим розподілом товщини, при цьому розподіл товщини тонкостінної системи параметризують за допомогою вектора значень товщин, заданих для розташованих на поверхні виробу підобластей, які не перетинаються, компоненти вектора значень товщин у підобластях є параметрами та ідентифікують за допомогою алгоритму мінімізації функціоналу, який характеризує середньоквадратичне відхилення значень деформацій, обчислених з використанням математичної моделі деформування конструкції при відомих значеннях товщини, за відповідними значеннями деформацій, вимірюють в точках спостережень, по набутих значеннях товщин у підобластях встановлюють розподіл товщини тонкостінної системи.

UA 87439 U



Корисна модель належить до технічної діагностики, а конкретніше - до способу автоматичного контролю якості виробів, і може застосовуватися для вимірювання і контролю товщини тонкостінних деформівних виробів при оцінці реальної несучої здатності машин і можливості їх експлуатації.

Аналогом корисної моделі за можливістю визначення товщини є пристрій для визначення товщини виробів з використанням ультразвукових коливань [1]. Принцип дії пристрою для вимірювання товщини полягає в тому, що ультразвукові імпульси створюються генератором, поверхня виробу зондується цими імпульсами, розрахунок значення товщини здійснюється за результатами вимірювань інтервалу часу між двома сусідніми імпульсами, відображеними від поверхні виробу. Такий пристрій не забезпечує високу точність визначення товщини, особливо при наявності шуму, оскільки існує похибка індикації моменту співпадання слабких ехо-імпульсів із зондуючими імпульсами. Для усунення цієї проблеми необхідне збільшення середньої потужності зондуючого сигналу, що досягається збільшенням частоти проходження зондуючих сигналів або збільшенням їх тривалості. Проте при збільшенні частоти виникає можливість співпадання ехо-імпульсу з другим або третім зондуючим імпульсом, а при збільшенні тривалості імпульсу виникає проблема ідентифікації товщин, значення яких виявляються меншими за довжину зондуючого імпульсу.

Відомим є також акустичний спосіб безконтактного вимірювання товщини [2], який полягає в тому, що здійснюють калібрування еталонного каналу на робочій частоті, випромінюють акустичні коливання у вимірювальному каналі з обох сторін виробу і фіксують сумарну фазу сигналів, відбитих від його поверхонь, потім змінюють робочу частоту до значення, при якому сумарна фаза дорівнює нулю, по сигналах еталонного і вимірювального каналів визначають товщину виробу.

При використанні вказаного способу зміна параметрів середовища (тиск, температура, склад), у якому розташовано виріб, істотно впливає на швидкість розповсюдження акустичних коливань, що у свою чергу може призвести до зниження точності вимірювання товщини.

Найбільш близьким за технічною суттю є спосіб вимірювання профілю поверхні [3]. Суть способу полягає в тому, що переміщенням вимірювальної головки вводять вимірювальний наконечник у силове замикання з поверхнею, що контролюється, фіксують координати переміщення головки, фіксують значення складових зусиль по кожній координаті, визначають величини пружного переміщення наконечника по кожній координаті та по набутих значеннях визначають координати точок поверхні, що контролюється, відносно сфери наконечника.

Недоліком такого способу є те, що при силовому впливі наконечника на поверхню виробу поверхня деформується, при збільшенні кількості вимірювальних наконечників, які торкаються виробу, в виробі зростає пружна деформація, що впливає на точність визначення товщини. Крім того, досліджувана поверхня має бути відкритою та доступною для підведення контактної вимірювальної головки, яка є деталлю координатної вимірювальної машини.

Задача корисної моделі полягає в підвищенні оперативності та точності визначення товщини виробу в процесі його виготовлення або експлуатації.

Вирішення поставленої задачі забезпечується тим, що контрольована поверхня виробу знаходиться під дією експлуатаційного навантаження, аналогічного дії силового навантаження з боку вимірювального наконечника, а як відгук виробу на це навантаження використовують значення деформацій зовнішньої і внутрішньої поверхонь, виміряні за допомогою датчиків деформацій в заданих точках, розподіл товщини тонкостінної конструкції параметризують за допомогою вектора значень товщин, заданих для розташованих на поверхні виробу підобластей, які не перетинаються, компоненти вектора значень товщини у підобластях ідентифікуються за допомогою алгоритму мінімізації функціоналу, який характеризує середньоквадратичне відхилення значень деформацій, обчислених з використанням математичної моделі деформування конструкції при відомих значеннях товщини, від відповідних значень деформацій, виміряних датчиками деформацій, розташованими на зовнішньої і внутрішньої поверхнях виробу в точках спостережень, по набутих значеннях параметрів встановлюють розподіл товщини тонкостінної системи.

Перевага запропонованого підходу порівняно з відомими полягає в тому, що здійснюється дистанційне діагностування тонкостінної системи, яка знаходиться в умовах експлуатації, для визначення параметрів непрямих вимірів використовується експлуатаційне навантаження, що дозволяє у поєднанні з обчислювальними алгоритмами ідентифікувати товщину виробу з достатньої для оцінки реальної несучої здатності точністю, використовувати стандартні обчислювальні алгоритми методу скінчених елементів, методів адаптації типу Ньютона. При цьому пропонується послідовність операцій навантаження, обчислення і вимірювання, прийнята послідовність обробки вимірювальної інформації у поєднанні з попередньою інформацією про

точки спостереження характеризує причинно-наслідкові зв'язки між поставленою задачею і ознаками корисної моделі і задовольняє критерії корисної моделі.

Спосіб діагностики товщини тонкостінної системи пояснюється кресленням. Він полягає в тому, що зовнішня і внутрішня поверхні тонкостінної системи - об'єкта дослідження (блок 1), який знаходиться під дією навантаження, оснащується датчиками деформацій, які вимірюють значення деформацій у точках поверхні, по яких формується вектор деформацій σ^* у блоці обробки інформації 2. Одночасно інформація про навантаження, під дією якого знаходиться спостережувана тонкостінна система, подається до математичної моделі (блок 3), яка враховує параметризовану модель товщини у вигляді вектора значень товщин у підобластях та обчислює значення деформацій $\sigma_{\text{розрах}}$ в тих же точках поверхні, де розташовані тензорезистори.

Порівняння значень σ^* і $\sigma_{\text{розрах}}$ відбувається у блоці 4. У випадку, коли різниця між цими величинами перевищує задане значення, включається блок адаптації 5, і обчислюється наступне наближення вектора товщин.

Процес закінчується при досягненні нормою $|\Delta| = \sqrt{\sum_{n=1}^N \Delta_n^2}$

вектора $\Delta = \{\Delta_n\} = \{\sigma_n^* - \sigma_{n_{\text{розрах}}}\}$, обчисленого у точках спостережень X_n , $n = \overline{1, N}$, заданого значення ε .

Розподіл товщини виробу параметризують за допомогою вектора значень товщин $H = \{H_m\}$, $m = \overline{1, M}$, заданих для розташованих на поверхні виробу підобластей Ω_m , які не перетинаються, компоненти вектора значень товщин у підобластях є параметрами та ідентифікуються.

Алгоритм ідентифікації компонент вектора H використовує матрицю чутливості

$$A = \{a_{nm}\} = \left\{ \frac{\partial \Delta_n}{\partial H_m} \right\}, \quad n = \overline{1, N}, \quad m = \overline{1, M}, \quad \text{де} \quad \Delta_n = \sigma^*(X_n) - \sigma_{\text{розрах}}(X_n, H), \quad \sigma_{\text{розрах}}(X_n, H) -$$

розрахункові значення деформацій, які визначаються в обчислювальному блоці за допомогою математичної моделі конструкції з врахуванням параметризованої моделі розподілу товщини. Ідентифікація параметрів H реалізується чисельно у вигляді ітеративного адаптивного алгоритму: $H^{(k)} = H^{(k-1)} - G_{(k-1)} \Delta^{(k-1)}$, де $G_{(k-1)} = (A_{(k-1)}^T \cdot A_{(k-1)})^{-1} A_{(k-1)}^T$, k - номер ітерації.

Блоки навантаження і вимірювань можуть бути виконані традиційними методами. Блоки математичної моделі і адаптації використовують персональні комп'ютери, пакет прикладних програм визначення напружено-деформованого стану (наприклад, COSMOS, ANSYS, NASTRAN) і програмну реалізацію алгоритму адаптації.

Запропонований спосіб в порівнянні з прототипом має такі переваги:

1) ширший діапазон застосування: запропонованим способом можна визначити товщину виробу під дією експлуатаційного навантаження, та не здійснювати на виріб додаткового навантаження, як це пропонується у прототипі;

2) оперативність та наближеність до промисловості: запропонований спосіб забезпечує визначення товщини тонкостінної конструкції в режимі реального часу, на відміну від прототипу, у якому для отримання значення товщини необхідно здійснювати контакт виробу з вимірювальним пристроєм у лабораторному експерименті.

За технічним рішенням, яке заявляється, були проведені лабораторні випробування з позитивними результатами. Реалізація способу можлива і в промисловості.

Джерела інформації:

1. Патент на винахід UA 20744 А, кл. G 01 В 17/02. Спосіб вимірювання товщини ультразвуком та пристрій для його здійснення.

2. Авторское свидетельство SU 1523916 А1, кл. G 01 В 17/02. Способ бесконтактного измерения толщины.

3. Авторское свидетельство SU 1618991 А1, кл. G 01 В 5/03. Способ измерения профиля поверхности.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб діагностики товщини тонких тіл, який полягає у вимірюванні значень деформацій під дією експлуатаційного навантаження, і за отриманими значеннями визначають розподіл товщини у виробі, який **відрізняється** тим, що використовують експлуатаційне навантаження і відгук виробу на це навантаження, а як відгук тонкостінної системи виступають значення деформацій

зовнішньої і внутрішньої поверхонь тонкостінної системи, які вимірюють в точках поверхні виробу, відповідні обчислені значення деформацій визначають за допомогою методу скінченних елементів з використанням математичної моделі конструкції з відомим розподілом товщини, при цьому розподіл товщини тонкостінної системи параметризують за допомогою вектора значень товщин, заданих для розташованих на поверхні виробу підобластей, які не перетинаються, компоненти вектора значень товщин у підобластях є параметрами та ідентифікують за допомогою алгоритму мінімізації функціоналу, який характеризує середньоквадратичне відхилення значень деформацій, обчислених з використанням математичної моделі деформування конструкції при відомих значеннях товщини, за відповідними значеннями деформацій, вимірюють в точках спостережень, по набутих значеннях товщин у підобластях встановлюють розподіл товщини тонкостінної системи.

