



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **96240** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
G01N 29/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 08454	(72) Винахідник(и): Безимянный Юрій Георгійович (UA), Євко Іван Георгійович (UA), Комаров Костянтин Андрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 24.07.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.01.2015	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М. ФРАНЦЕВИЧА НАН УКРАЇНИ, вул. Кржижанівського, 3, м. Київ-142, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.01.2015, Бюл.№ 2	

(54) УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОШИРЕННЯ ПРУЖНОЇ ХВИЛІ

(57) Реферат:

Ультразвуковий спосіб вимірювання швидкості поширення пружної хвилі полягає в тому, що у задавачі формують періодичний радіоімпульс, який трансформується випромінювачем в пружну хвилю, яка проходить через перший буферний стрижень, через шар рідкого мастила, зразок, через шар рідкого мастила, через другий буферний стрижень. Використовують буферні стрижні, в яких площини, що контактують із зразком мають непряий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях. При цьому їх контактні площини із зразком мають такий самий кут нахилу, як і похилі поверхні зразку. Матеріал буферних стрижнів вибирають таким чином, щоб акустичний імпеданс в буферних стрижнях $c_1 \cdot \rho_1$ був більшим за акустичний імпеданс в випромінювачі і приймачі $c_3 \cdot \rho_3$ і меншим за акустичний імпеданс в зразку $c_2 \cdot \rho_2$.

UA 96240 U

Корисна модель належить до способів вимірювання швидкості поширення пружної хвилі в твердих тілах і може бути використана в лабораторіях, які займаються вимірюванням швидкостей пружних хвиль в зразках, що мають непрямий кут поверхні до напрямку поширення пружної хвилі, а також інших пружних характеристик, які базуються на вимірюваннях швидкості поширення пружної хвилі, наприклад, модуля пружності.

Відомий спосіб вимірювання швидкості поширення пружної хвилі в твердих тілах [А.Е. Колесников. Ультразвуковые измерения.- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - С. 63-64], при якому вимірювання проводиться за допомогою одного перетворювача, спочатку вхідна пружна хвиля випромінюється в зразок, а потім вона відбивається від поверхні протилежної до вводу пружної хвилі і приймається перетворювачем, знаючи товщину зразку та різницю часу між входом в зразок і виходом з нього пружної хвилі можна обчислити швидкість пружної хвилі в зразку.

Недоліки відомого способу полягають в тому, що поверхні зразків повинні бути плоскопаралельними, не можна контролювати зразки з похилими поверхнями, не можна прозвучити матеріали з великим згасанням пружної хвилі, наприклад чавун.

Також відомим є спосіб вимірювання швидкості поширення пружної хвилі [Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд. Й. Крауткремер, Г. Крауткремер; Пер. с нем. - М.: Металлургия, 1991. - С. 638], в якому використовується випромінювач пружної хвилі для її вводу в зразок через рідину і перетворювач, який приймає пружну хвилю, що пройшла шлях через рідину, зразок, рідину, при чому випромінювач і перетворювач знаходиться на фіксованій відстані один відносно одного і занурені в рідину. Вимірявши час проходження пружної хвилі в рідині без зразку і з ним, можна знайти час проходження, а потім і швидкість пружної хвилі через зразок.

Недоліки відомого способу полягають в тому, що поверхні зразків повинні бути плоскопаралельними, і тому не можна прозвучити зразки з похилими поверхнями.

Найбільш близьким по технічній суті до даної корисної моделі є спосіб для визначення швидкості поширення пружної хвилі методом резонансу зразка [А.Е. Колесников. Ультразвуковые измерения. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - С. 67-68], при якому ультразвукова пружна хвиля із задавача подається через перший буферний стрижень, рідину на зразок. Потім проходить через рідину, другий буферний стрижень на перетворювач. Вимірявши час проходження пружної хвилі в буферних стрижнях без зразку і з ним, можна знайти час проходження, а потім і швидкість пружної хвилі через зразок. Через те, що в даному методі використовують буферні стрижні, точність вимірювання швидкості поширення пружної хвилі підвищується, в порівнянні з вище згаданими способами.

Недоліками цього способу є те, що поверхні зразків повинні бути плоскопаралельними для прозвучування, оскільки площини торців першого і другого буферного стрижня виготовлені під прямим кутом до напрямку поширення пружної хвилі.

Але на базі цього способу з певним доопрацюванням першого та другого буферного стрижня вже можна створити новий спосіб, який дозволить вимірювати швидкість поширення пружної хвилі в зразках більш складної форми.

В основу корисної моделі "Ультразвуковий спосіб вимірювання швидкості поширення пружної хвилі" поставлено задачу розширення області використання при забезпеченні можливості визначення швидкості поширення пружної хвилі в зразках з неплоскопаралельними поверхнями, яка вирішується шляхом того, що використовують буферні стрижні, в яких площини, що контактують із зразком, мають непрямий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях, причому їх контактні площини із зразком мають такий самий кут нахилу, як і похилі поверхні зразку, а матеріал буферних стрижнів вибирають таким чином, щоб акустичний імпеданс в буферних стрижнях $c_1 \cdot \rho_1$ був більшим за акустичний імпеданс в випромінювачі і приймачі $c_3 \cdot \rho_3$, і меншим за акустичний імпеданс в зразку $c_2 \cdot \rho_2$, а співвідношення між швидкістю поширення пружної хвилі в зразку c_2 і швидкістю поширення пружної хвилі в буферних стрижнях c_1 , повинне бути таким, щоб пружна хвиля потрапляла на другий буферний стрижень і має вигляд:

$$\left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}, \text{ де}$$

α - кут розкриття діаграми спрямованості в дальній зоні за рівнем 0,7 дБ;

φ_1 - кут падіння пружної хвилі на поверхню зразка.

Суть корисної моделі полягає в тому, що у задавачі формують періодичний радіоімпульс, який трансформується випромінювачем в пружну хвилю, яка проходить через перший буферний стрижень, через шар рідкого мастила, зразок, через шар рідкого мастила, через

другий буферний стрижень, при чому бік буферних стрижнів, який контактує з випромінювачем і перетворювачем має прямий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях, потрапляє на перетворювач, який перетворює пружну хвилю в радіоімпульс, вимірюють час його проходження крізь зразок, розраховують швидкість поширення пружної хвилі в зразках.

Опис процесу визначення швидкості поширення пружної хвилі у відповідності із запропонованим способом ілюструється кресленням, яке показує напрямок проходження пружної хвилі та функціональні елементи, за допомогою яких реалізується вимірювання. Ультразвуковий спосіб вимірювання швидкості поширення пружної хвилі, який полягає в тому, що у задавачі формують періодичний радіоімпульс, який трансформується випромінювачем в пружну хвилю, яка проходить через перший буферний стрижень, через шар рідкого мастила, зразок, через шар рідкого мастила, через другий буферний стрижень, при чому бік буферних стрижнів, який контактує з випромінювачем і перетворювачем має прямий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях, потрапляє на перетворювач, який перетворює пружну хвилю в радіоімпульс, вимірюють час його проходження крізь зразок, розраховують швидкість поширення пружної хвилі в зразках, що використовують буферні стрижні, в яких площини, що контактують із зразком, мають непряий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях, причому їх контактні площини із зразком мають такий самий кут нахилу, як і похилі поверхні зразку, а матеріал буферних стрижнів вибирають таким чином, щоб акустичний імпеданс в буферних стрижнях $c_1 \cdot \rho_1$ був більшим за акустичний імпеданс в випромінювачі і приймачі $c_3 \cdot \rho_3$, і меншим за акустичний імпеданс в зразку $c_2 \cdot \rho_2$, а співвідношення між швидкістю поширення пружної хвилі в зразку c_2 і швидкістю поширення пружної хвилі в буферних стрижнях c_1 , повинне бути таким, щоб пружна хвиля потрапляла на другий буферний стрижень і має вигляд:

$$\left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}, \text{ де}$$

α - кут розкриття діаграми спрямованості в дальній зоні за рівнем 0,7 дБ;

φ_1 - кут падіння пружної хвилі на поверхню зразка.

На кресленні зображено зразок IV у формі циліндра, з торців якого є порожнини у вигляді усічених конусів - це задавач вхідного імпульсного періодичного сигналу. II - випромінювач, який електричний імпульсний сигнал, перетворює в пружну хвилю. Далі йде перший буферний стрижень III, який підводить пружну хвилю через шар рідкого мастила в зразок IV. Пружна хвиля, пройшовши крізь зразок через шар рідкого мастила, потрапляє на другий буферний стрижень V, а з нього потрапляє на перетворювач VI, де пружна хвиля перетворюється в електричний сигнал.

Пружна хвиля падає під кутом φ_1 на границю розділу між першим буферним стрижнем і зразком, і коли вона в зразку потрапляє в дальню зону поширення, де пружна хвиля має сферичний фронт, вона почне розходитись на кута, який залежить від радіусу першого буферного стрижня і довжини пружної хвилі зразка, причому щоб був найкоротший шлях проходження пружної хвилі і найбільша її енергія, необхідно щоб пружна хвиля мала пряме проходження через зразок і другий буферний стрижень на перетворювач. Це досягається виконанням двох вимог:

$$c_3 \cdot \rho_3 < c_1 \cdot \rho_1 < c_2 \cdot \rho_2 \text{ і } \left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}.$$

В зразку пружна хвиля переходить в дальню зону, яка має діаграму спрямованості основної пелюстки за рівнем 0,7 дБ зображеної на кресленні. Бічними пелюстками можна знехтувати, тому що вони дають мізерний вклад в енергетичну передачу пружної хвилі. Найбільший енергетичний вклад пружного коливання дає саме основна пелюстка за рівнем 0,7 дБ. Тому нас цікавить кут розкриття діаграми спрямованості саме за цим рівнем.

Порядок проведення операцій при визначенні швидкості поширення пружної хвилі розглянемо на конкретних прикладах.

Приклад 1: в зразку циліндричної форми приведеної на кресленні з розміром відстані між центрами залізних буферних стрижнів $h_1=8,1$ мм, які щільно прилягають до зразка. Випромінювач видає поздовжню пружну періодичну хвилю з частотою 5 МГц в перший буферний стрижень, далі пружна хвиля під кутом $\varphi_1=25^\circ$ падає на зразок, заломлюється утворює діаграму спрямованості з кутом розкриття за рівнем 0,7 дБ $\alpha=47^\circ$. Проходить достатній рівень енергії в другий буферний стрижень. Фіксуємо час проходження пружної хвилі крізь зразок $t_{21}=1,41$ мкс. Вираховуємо швидкість проходження пружної хвилі крізь зразок

$C_{21} = \frac{h_{21}}{t_{21}} = 5745 \text{ м/с}$. При цьому співвідношення імпедансів $c_3 \cdot \rho_3 < c_1 \cdot \rho_1 < c_2 \cdot \rho_2$, $23 \cdot 10^6 < 45 \cdot 10^6$

$\left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}$, $10,961 \leq 2,23$ також виконується.

Приклад 2: Візьмемо той же зразок але прозвучування будемо проводити далі від центра, відстані між центрами залізних буферних стрижнів $h_{22}=12,2$ мм. Всі інші параметри такі ж. Час

5 проходження пружної хвилі крізь зразок $t_{22}=2,31$ мкс. $C_{22} = \frac{h_{22}}{t_{22}} = 5281 \text{ м/с}$. Співвідношення імпедансів виконується $23 \cdot 10^6 < 45 \cdot 10^6 < 46 \cdot 10^6$ і друге співвідношення також виконується $|0,88| \leq 2,23$.

10 Приклад 3: Візьмемо інший зразок з однорідного оргскла, який за формою і розмірами такий як і попередній, $h_3=10,2$ мм. Пружна хвиля під кутом $\varphi_1=25^\circ$ падає на зразок, заломлюється утворює діаграму спрямованості з кутом розкриву за рівнем 0,7 дБ $\alpha=13^\circ$. Час проходження

пружної хвилі крізь зразок $t_{23}=3,14$ мкс. $C_{23} = \frac{h_{23}}{t_{23}} = 3248 \text{ м/с}$. При цьому співвідношення імпедансів:

$c_3 \cdot \rho_3 < c_1 \cdot \rho_1 < c_2 \cdot \rho_2$, $23 \cdot 10^6 < 45 \cdot 10^6 < 14 \cdot 10^6$ не виконується. Співвідношення $\left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}$, $|0,54| \leq 1,46$ - виконується.

15 Обраховане значення C_3 не співпадає з виміряним значенням швидкості поширення пружної хвилі 2700 м/с зразку циліндричної форми з того ж матеріалу.

20 Приклад 4: Виміряємо в зразку з оргскла форми, показаної на кресленні, тільки з іншою відстанню між центрами залізних буферних стрижнів $h_{24}=14,3$ мм. Пружна хвиля під кутом $\varphi_1=162^\circ$ падає на зразок, заломлюється утворює діаграму спрямованості з кутом розкриву за рівнем 0,7 дБ $\alpha=13^\circ$. Час проходження пружної хвилі крізь зразок виміряти не вдається, тому що основна енергія пружної хвилі не потрапляє на другий буферний стрижень. При цьому співвідношення імпедансів: $23 \cdot 10^6 < 45 \cdot 10^6 < 14 \cdot 10^6$ не виконується. Співвідношення

$\left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}$, $|0,45| \leq 0,387$ - не виконується. Значення швидкості поширення пружної хвилі також не співпадає з 2700 м/с.

25 В теперішній час заявлений спосіб дозволяє здійснювати вимірювання швидкості поширення пружної хвилі в твердих тілах.

Застосування заявляемого способу вимірювання швидкості поширення пружної хвилі дозволяє здійснити прозвучування твердих тіл складної форми.

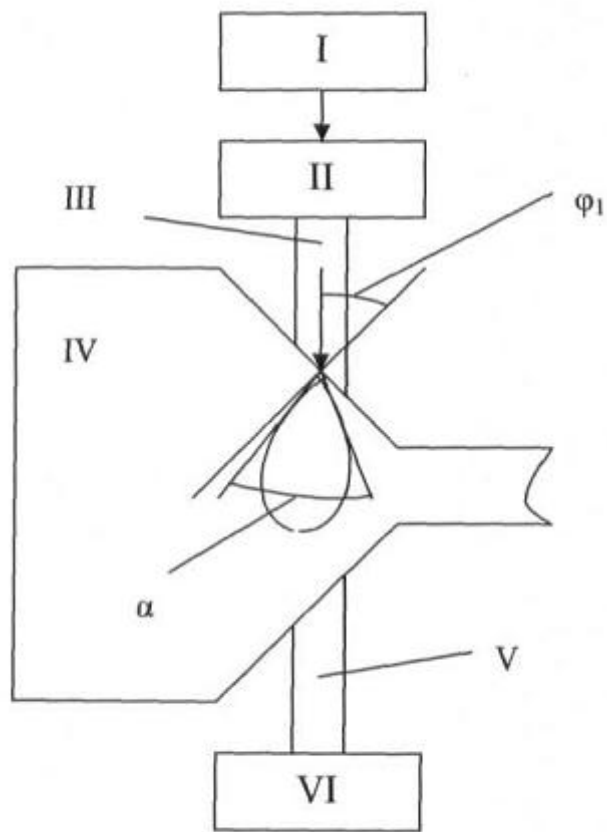
30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ультразвуковий спосіб вимірювання швидкості поширення пружної хвилі, який полягає в тому, що у задавачі формують періодичний радіоімпульс, який трансформується випромінювачем в пружну хвилю, яка проходить через перший буферний стрижень, через шар рідкого мастила, зразок, через шар рідкого мастила, через другий буферний стрижень, причому бік буферних стрижнів, який контактує з випромінювачем і перетворювачем має прямий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях, потрапляє на перетворювач, який перетворює пружну хвилю в радіоімпульс, вимірюють час його проходження крізь зразок, розраховують швидкість поширення пружної хвилі в зразках, який **відрізняється** тим, що використовують буферні стрижні, в яких площини, що контактують із зразком, мають непрямий кут до напрямку поширення пружної хвилі в буферних стрижнях, причому їх контактні площини із зразком мають такий самий кут нахилу, як і похилі поверхні зразку, а матеріал буферних стрижнів вибирають таким чином, щоб акустичний імпеданс в буферних стрижнях $c_1 \cdot \rho_1$ був більшим за акустичний імпеданс в випромінювачі і приймачі $c_3 \cdot \rho_3$ і меншим за акустичний імпеданс в зразку $c_2 \cdot \rho_2$, а співвідношення між швидкістю поширення пружної хвилі в зразку c_2 і швидкістю поширення пружної хвилі в буферних стрижнях c_1 , повинне бути таким, щоб пружна хвиля потрапляла на другий буферний стрижень і має вигляд:

$$\left| \frac{c_2}{c_1} \right| \leq \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}$$

α - кут розкриву діаграми спрямованості в дальній зоні за рівнем 0,7 дБ;

φ_1 - кут падіння пружної хвилі на поверхню зразка.



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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