



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36495 (13) A

(51) 7 G01N29/00, G01H5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ В МАТЕРІАЛАХ

(21) 99127114

(22) 27.12.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Філоненко Сергій Федорович, Бабак Віталій Павлович, Поліщук Аркадій Петрович, Аль Тбарі Крішан, JO

(73) Філоненко Сергій Федорович, Бабак Віталій Павлович, Поліщук Аркадій Петрович, Аль Тбарі Крішан, JO

(57) Спосіб визначення швидкості звуку, що включає, ввід ультразвукових коливань в матеріал, реєстрацію відбитих сигналів з одночасним вимірюванням їх характеристик, за якими визначають швидкість звуку в матеріалі, який **відрізняється** тим, що в якості вищезгаданих характеристик використовують положення в часі енергетичних центрів ваги у відбитих сигналах, за якими визначають швидкість звуку в матеріалі.

Винахід стосується контролю якості матеріалів, а саме - визначення швидкості звуку.

Відомий, найбільш близький за технічною суттю до об'єкту за винаходом, є спосіб визначення швидкості звуку (див. Семашко Н.А., Рошупкин В.В., Ляховицкий М.М. Установка и метод для исследования акустических свойств и процессов рекристаллизации в металлах // Заводская лаборатория. - 1987. - Т. 53. - № 8. - С. 58-61), що включає ввід ультразвукових коливань в матеріал, реєстрацію відбитих сигналів з одночасним вимірюванням їх характеристик, за якими визначають швидкість звуку в матеріалі. В якості вищезгаданих характеристик фіксують положення в часі піку другого коливання високочастотного заповнення у першому і другому відбитих сигналах, за якими визначають швидкість звуку в матеріалі.

Недоліки цього способу витікають з того, що при його реалізації для можливості розрізнення коливань високочастотного заповнення у відбитих сигналах особливі вимоги пред'являються до сигналу збудження, у якого необхідна відсутність викривлення форми. Однак, якщо це виконується, а матеріал має неоднорідності (дефекти) структури, то при збудженні матеріалу ідеальним сигналом у відбитих сигналах можлива зміна фази, що призводить до того, що змінюється положення в часі першого вступу відбитих сигналів, тобто положення в часі першого вступу відбитих сигналів невизначено. Наслідком цього є зміна положення в часі піків високочастотного заповнення у відбитих сигналах, що призводить до зниження точності та достовірності визначення швидкості звуку в матеріалі. Крім того, зміна в часі положення першого вступу, або викривлення форми може привести

неможливості розрізнення коливань високочастотного заповнення у відбитих сигналах і, як наслідок, до неможливості визначення швидкості звуку в матеріалі.

В основу винаходу покладена задача такого удосконалення способу визначення швидкості звуку, при якому за рахунок отримання положення в часі енергетичних центрів ваги відбитих сигналів підвищується точність та достовірність визначення швидкості звуку в матеріалі.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення швидкості звуку, що включає ввід ультразвукових коливань в матеріал, реєстрацію відбитих сигналів з одночасним вимірюванням їх характеристик, за якими визначають швидкість звуку в матеріалі, згідно винаходу, в якості вищезгаданих характеристик використовують положення в часі енергетичних центрів ваги у відбитих сигналах, за якими визначають швидкість звуку.

Сукупність ознак, що заявляється, спрямована на те, щоб зменшити похибку та підвищити достовірність визначення швидкості звуку, оскільки при будь-якому викривленні форми відбитих сигналів положення в часі їх енергетичних центрів ваги має однозначне положення, що обумовлює збільшення точності та достовірності вимірів.

Можливість вирішення цієї задачі обумовлена наступним. Якщо при збудженні ультразвукових коливань в матеріалі відбиті сигнали не мають викривлення форми і є можливість розрізнити їх високочастотне заповнення (фіг. 1), то швидкість звуку визначається згідно з виразом

$$C = 2\ell / \Delta t \quad (1)$$

де ℓ - довжина зразка матеріалу; $\Delta t = t_2 - t_1$ - різниця часу між другим піком високочастотного заповнення у другому та першому відбитих сигналах.

У виразі (1) використовується подвійна довжина, оскільки другий відбитий сигнал проходить скрізь зразок матеріалу двічі (туди та назад).

При відсутності в матеріалі неоднорідностей або дефектів, а також відсутності викривлення форми сигналу збудження (3, фіг. 2), час першого вступлення сигналу збудження та відбитого сигналу (4, фіг. 2) співпадають і завжди визначено, оскільки відсутня дисперсія швидкості звуку C . На фіг. 2, 4 вісь x представлено в координаті $(t - \ell/C)$, де ℓ - віддаль, яку проходить ультразвуковий імпульс скрізь матеріал; C - швидкість ультразвукових коливань, при відсутності дисперсії звуку. Однак, якщо в матеріалі присутні дефекти або неоднорідності, чи сигнал збудження має викривлення форми, то час першого вступлення сигналу збудження та відбитого сигналу (5, фіг. 2) не співпадають, тобто час вступу відбитого сигналу не визначено, оскільки присутня дисперсія та ми маємо середню швидкість звуку \hat{C} . На фіг. 2, 5 вісь x представлено в координаті $(t - \ell/\hat{C})$, де ℓ - віддаль, яку проходить ультразвуковий імпульс скрізь матеріал; \hat{C} - середня швидкість ультразвукових коливань, при присутності дисперсії звуку. Це призводить до появи похибки вимірювання часу, і, як наслідок похибки визначення швидкості звуку згідно з виразом (1). Крім того, викривлення форми відбитого сигналу може привести до неможливості розрізняти високочастотні коливання у відбитих сигналах, і, як наслідок, до неможливості визначення швидкості звуку. В той же час, при викривленні форми відбитих сигналів або неможливості розрізняти високочастотні коливання заповнення відбитих сигналів положення їх енергетичних центрів ваги у часі не змінюється і завжди має однозначне положення (фіг. 3). Енергія сигналу

$$E = \|U(t)\|^2, \quad (2)$$

де $\|U(t)\|$ - норма сигналу, яка визначається згідно з виразом

$$\|U(t)\| = \sqrt{\int_0^T U^2(t) dt}, \quad (3)$$

Якщо вимірювання виконуються у цифровому вигляді, то для сигналу тривалістю τ енергія

$$E = \Delta t \Delta U^2 \sum_i (A_i)^2, \quad 0 < t \leq \tau, \quad (4)$$

де E , τ - енергія та тривалість сигналу; Δt - час дискретизації сигналу; ΔU - чутливість аналого-цифрового перетворювача; A_i - число розрядів аналого-цифрового перетворювача для i -го відліку амплітуди сигналу.

Положення у часі енергетичних центрів ваги (фіг. 3) визначається згідно виразу

$$t_{\text{цт}} = \frac{\sum_{i=0}^n t_i (A_i)^2}{\sum_{i=0}^n (A_i)^2}, \quad (5)$$

де A_i - амплітуда сигналу у момент часу t_i .

Якщо визначити положення центрів ваги для першого та другого відбитих сигнали, які мають однозначне положення, то часова відстань між сигналами

$$t = t_{\text{цв}2} - t_{\text{цв}1}, \quad (6)$$

де $t_{\text{цв}2}$, $t_{\text{цв}1}$, - положення центрів ваги другого та першого відбитих сигналів, а швидкість звуку визначається згідно з виразом (1).

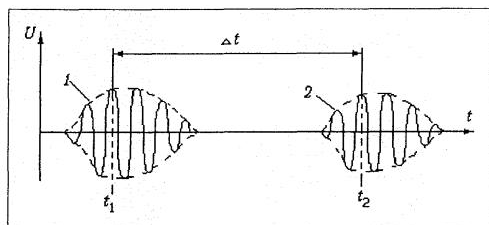
Таким чином, не виникає сумнівів, щодо використання однозначного положення у часі енергетичних центрів ваги, бо є ефективним засобом визначення швидкості звуку. Спосіб проілюстровано на фіг. 1, 2, 3. На фіг. 1 наведено схему визначення швидкості звуку згідно відомого способу: 1, 2 - перший та другий відбиті сигнали; t_1 , t_2 - час положення піків вимірювання; $\Delta t = t_2 - t_1$ - різниця часу між другим піком високочастотного заповнення у другому та першому відбитих сигналах. На фіг. 2 - збудження та перший вступ відбитого сигналу: 3 - сигнал збудження, 4 - вступ відбитого сигналу при відсутності дисперсії швидкості звуку, ℓ - віддаль, яку проходить ультразвуковий імпульс скрізь матеріал; C - швидкість ультразвукових коливань, при відсутності дисперсії звуку; 5 - вступ відбитого сигналу при присутності дисперсії швидкості звуку, ℓ - віддаль, яку проходить ультразвуковий імпульс скрізь матеріал; \hat{C} - середня швидкість ультразвукових коливань, при присутності дисперсії звуку. На фіг. 3 - положення часу енергетичних центрів ваги відбитого сигналу, який має викривлення форми: 6 - сигнал без викривлення форми; 7 - сигнали з викривленням форми; $t_{\text{цв}1}$, $t_{\text{цв}2}$ - положення центрів ваги першого та другого сигналів. На фіг. 4 - зразок матеріалу для проведення вимірювань швидкості звуку.

Приклад конкретної реалізації способу

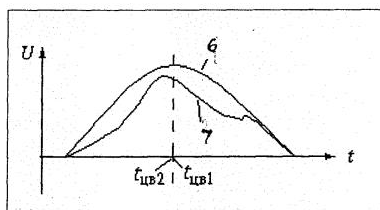
Визначалася швидкість звуку в дротовому зразку з проточною виготовленого з кобальту, який мав деформацію протягом. Розмір зразка встановлював: діаметр - 2 мм, довжина - 300 мм. На одному з країв зразку встановлювався давач, який працював у режимі збудження ультразвукових коливань та приймання відбитих сигналів. Від краю зразка, де встановлювався давач, на відстані 200 мм зроблено проточку: завширшки - 0,4 мм і глибиною - 0,2 мм. Таким чином, довжина робочої пластини зразка становила - 100 мм. Після збудження ультразвукових коливань імпульсом тривалістю - 5 мкс з високочастотним заповненням частотою 10^{-6} Гц, амплітудою - 5 В проводилася реєстрація сигналів відбитих від проточки та другого торця зразка, їх обробка з (1). Вимірювання часу положення другого піку у першому та другому відбитих сигналах, отримання часової відстані між сигналами з подальшим визначенням швидкості звуку згідно з виразом (1); (2). Вимірювання часу

положення енергетичних центрів ваги першого та другого відбитих сигналів згідно з виразом (5), отримання часової відстані між сигналами згідно з виразом (6) з подальшим визначенням швидкості звуку згідно з виразом (1). Вимірювання проводились при кімнатній температурі. Результати вимі-

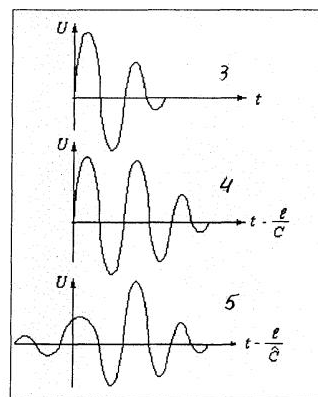
рювань показали, що у першому випадку швидкість звуку встановлювала $C=(4700\pm 18)$ м/с, а у другому - $C=(4700\pm 5)$ м/с, тобто у першому випадку похибка вимірювання швидкості звуку встановлювала - 0,38%, а у другому - 0,11%. Таким чином, спосіб має значно меншу похибку.



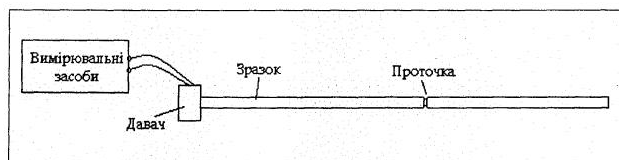
Фіг. 1



Фіг. 3



Фіг. 2



Фіг. 4

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22