



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45913 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01N 29/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ЧАСТОТНО-ФАЗОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ В МАТЕРІАЛАХ

1

2

(21) u200907894

(22) 27.07.2009

(24) 25.11.2009

(46) 25.11.2009, Бюл.№ 22, 2009 р.

(72) БОРИСОВ ВІКТОР МИХАЙЛОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

(57) Частотно-фазовий спосіб вимірювання швидкості звуку в матеріалах на базі прозвучування, за

яким проводять вимірювання зсуву фаз у зразку на двох частотах та визначають різницю цих частот, який **відрізняється** тим, що вимірювання проводять на двох довільних частотах, знаходять різницю зсувів фаз у зразку на цих частотах, а швидкість звуку знаходять як добуток бази прозвучування на відношення різниці частот вимірювання до різниці зсуву фаз на базі прозвучування на цих частотах, виражену у долях періоду.

Корисна модель належить до матеріалознавства і може бути використана для дослідження методом неруйнівного контролю фізико-механічних параметрів матеріалів.

Відомий фазовий спосіб вимірювання швидкості звуку при якому в одному січені зразка матеріалу збуджують зонduючий акустичний сигнал, а в другому на відомій відстані приймають, вимірюють частоту і різницю фаз коливань в точках збудження і прийому, а швидкість звуку знаходять по результатах вимірювань [1]. Фазовий спосіб дозволяє виміряти швидкість звуку з великою точністю, але цей спосіб не може бути використаним для зразків, довжина яких перевершує довжину хвилі акустичного сигналу.

Найближчим аналогом є двохчастотний спосіб вимірювання швидкості звуку в матеріалах, при якому вимірюють частоту і різницю фаз коливань в точках збудження і прийому, знаходять другу частоту, найближчу до першої, з таким самим зсувом фаз, а швидкість звуку знаходять множенням різниці отриманих частот на відстань між січеннями [2].

Двохчастотний спосіб дозволяє проводити фазове вимірювання швидкості звуку у зразках значно більших за довжину хвилі акустичного сигналу. Але, в результаті дисперсії швидкості звуку за частотою, у середніх за довжиною зразках, що перевершують довжину хвилі не більше як у декілька раз, вимірювання займають відносно широкий діапазон частот, що може становити половину більшої частоти вимірювання. Швидкість звуку у такому випадку на першій і другій частоті може суттєво відрізнятись. Тому в результаті вимірю-

вання отримують результат усереднений у широкому і не регульованому діапазоні частот. Невизначеність частоти, до якої слід віднести результати вимірювання, породжує додаткову похибку вимірювання. Для зменшення цієї похибки необхідно зменшити різницю значень частот вимірювання, що є неможливим для відомого способу. Для зразків середньої довжини не може бути ефективно застосований і фазовий спосіб вимірювання швидкості звуку.

Метою корисної моделі є вимірювання швидкості звуку на зразках довільної довжини і у вибранім діапазоні частот. Досягнення такої мети дозволяє для зразка довільної довжини вибирати дві частоти для проведення вимірювань, з урахуванням вимог мінімізації сумарної похибки вимірювання або інших критеріїв.

Поставлена мета досягається тим, що вимірювання проводять на двох довільних частотах, знаходять різницю зсувів фаз у зразку на цих частотах, а швидкість звуку знаходять як добуток бази прозвучування на відношення різниці частот вимірювання до різниці зсуву фаз на базі прозвучування на цих частотах, виражену у долях періоду.

Можливість проведення такого вимірювання підтверджується наступними розрахунками. Запишемо вирази для зсуву фаз на базі прозвучування і проведемо їх перетворення:

$$\varphi_1 = 2 * \pi * \frac{f_1 * L}{c} \quad (1)$$

$$\varphi_2 = 2 * \pi * \frac{f_2 * L}{c} \quad (2)$$

(19) UA (11) 45913 (13) U

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2 * \pi * L * \frac{f_1 - f_2}{c} \quad (3)$$

$$c = 2 * \pi * L * \frac{f_1 - f_2}{\varphi_1 - \varphi_2} = L * \frac{f_1 - f_2}{(\varphi_1 - \varphi_2) / (2 * \pi)} \quad (4)$$

де  $\varphi_1$  - зсув фаз коливань першої частоти на базі прозвучування;

$\pi$  - число  $\pi \approx 3,1415...$ ;

$f_1$  - значення першої частоти коливань;

$L$  - база прозвучування;

$c$  - швидкість звуку;

$\varphi_2$  - зсув фаз коливань другої частоти на базі прозвучування;

$f_2$  - значення другої частоти коливань;

$(\varphi_1 - \varphi_2) / (2 * \pi)$  - різниця зсуву фаз виражена у долях періоду.

Пропонований спосіб не накладає якихось умов на величину різниці зсуву фаз на вибраних частотах, як це вимагає спосіб прототип. Різниця зсуву фаз на базі прозвучування на частотах  $f_1$  і  $f_2$  виражена у долях періоду може бути як меншою одиниці, так і значно більшою. Це дає можливість вибирати частоти вимірювань за критеріями технологічними або метрологічними, що було неможливо за використання відомих способів.

Джерела інформації:

1. Патент 31823. Україна

2. Патент 40118. Україна