

УДК 531.717

*А.О. Соколюк, студент гр. ВВ-61м, д.т.н., доц. Єременко В.С., зав. каф. ІВТ
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТОВЩИНОМЕТРІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТОВЩИНИ ОБ'ЄКТІВ

Анотація. Дана робота присвячена вирішенню проблеми контролю ультразвуковим методом якості об'єктів з використанням неруйнівного контролю. В роботі досліджений фазовий метод ультразвукової товщинометрії для отримання більш точних результатів.

Ключові слова: неруйнівний контроль, ультразвукова товщинометрія.

ВСТУП

Ультразвуковий (УЗ) товщиномір – ультразвуковий вимірювальний прилад неруйнівного контролю, призначений для вимірювання товщини виробів з металів і їхніх сплавів, таких як стінки труб, котлів, зварні шви при односторонньому доступі. У практиці неруйнівного контролю в основному застосовуються резонансні, імпульсно-резонансні і ехоімпульсні УЗ методи вимірювання товщини; останній метод набув найбільшого поширення.

Сучасні УЗ товщиноміри володіють головною перевагою – можливістю безконтактного контролю виробів при великих швидкостях переміщення останніх щодо первинних перетворювачів.

Однак цим приладам властивий загальний принциповий недолік – залежність показань від швидкості поширення УЗ коливань в контрольованих виробках. При вимірюванні товщини виробів з матеріалів, що характеризуються різною швидкістю поширення УЗ коливань, прилади кожен раз заново калібрують. Калібрування приладів забирає досить багато часу та вимагає наявності великої кількості спеціально атестованих калібрувальних зразків, що потребують спеціальних умов зберігання та перевірки. На практиці часто матеріал вимірюваного виробу, взагалі, відомий лише орієнтовно, тоді вимірювання стають неможливими або виявляються суто приблизними.

Саме тому для вирішення цієї проблеми потрібна розробка спеціалізованих приладів, які мають можливість проводити безеталонне налаштування та проводити температурну корекцію з метою підвищення точності товщиномірів.

Другий недолік обумовлює імпульсні вимірювання часових інтервалів при яких зміна форми та амплітуди імпульсів, що задають час, призводить до появи додаткових похибок. Тобто, похибка вимірювання товщини буде збільшуватися одночасно зі збільшенням вимірюваної товщини і коефіцієнта згасання контрольованих сигналів.

Тож, постають дві задачі, розв'язання яких дозволить збільшити точність УЗ товщиномірів.

ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНИХ ЗАДАЧ

Принцип роботи приладів заснований на ультразвуковому ехоімпульсному методі вимірювання, який використовує властивості ультразвукових коливань відбиватися від межі розділу середовищ з різними акустич-

ними опорами.

Для розв'язання даних задач для товщиноміра буде доцільно обрати роздільно-суміщений п'єзоперетворювач.

П'єзоелектричний перетворювач (ПЕП) роздільно-суміщеного типу випромінює імпульс ультразвукового коливання (УЗК) через лінію затримки (призму) в напрямку зовнішньої поверхні виробу, товщину якого потрібно виміряти. Імпульс УЗК поширюється у виробі до протилежної поверхні, відбивається від неї, поширюється в зворотному напрямку і, пройшовши лінію затримки (призму), отримується приймачем. У товщиномірів автоматично проводиться вимірювання часу пробігу між протилежними поверхнями стінок, яке прямо пропорційно товщині стінки і обернено пропорційно швидкості звуку в матеріалі контролюваного виробу.

Електронний блок виконує формування високовольтного зондуючого імпульсу для збудження ПЕП, посилення сигналу з виходу ПЕП, формування та вимірювання часового інтервалу, відповідного часу поширення УЗК від однієї грані виробу до іншої, математичну обробку отриманої вимірювальної інформації, зберігання змінних і проміжних результатів вимірювань, управління режимами роботи приладу та індикацію результатів вимірювання безпосередньо в одиницях товщини.

Складається п'єзоперетворювач з двох частин.

Одна з них суміщує в собі випромінювач та приймач, вона вимірює час проходження повздовжніх хвиль, які проходять через матеріал.

Друга частина складається з розділених випромінювача та приймача з фіксованою відстанню між ними. Також випромінювач має знаходитися під кутом, а саме, під першим критичним кутом. Перший критичний кут – це найменший кут падіння поздовжньої хвилі, при якому заломлена поздовжня хвиля не буде проникати в інше середовище. Він вимірюється за формулою:

$$\sin \beta_{кр} = \frac{C_{11}}{C_{12}} \quad (1)$$

де C_{11} , C_{12} – швидкість світла в кожному з середовищ відповідно.

У випадку, якщо призма (випромінювач) виготовлений зі скла, а матеріал, для якого проводиться вимірювання – сталь, перший критичний кут буде мати значення $27,5^\circ$.

Для вирішення другої задачі доцільно використати перетворення Гільберта (ПГ).

Перетворення Гільберта – лінійне інтегральне перетворення, яке ставить у відповідність функції іншу функцію в тій самій області. Використовується в галузі перетворень Фур'є та аналізу Фур'є. В обробці сигналів ПГ перетво-

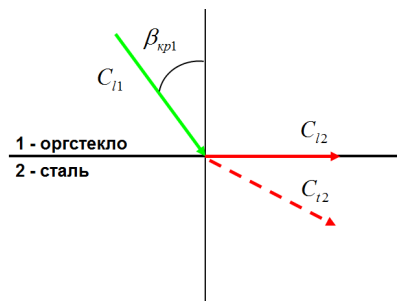


Рисунок 1. Розподіл УЗК при першому критичному куті

рює дійсний сигнал на аналітичний, тобто, має такий вигляд:

$$z(t) = x(t) + j\tilde{x}(t) \quad (2)$$

ПГ для будь-якого довільного сигналу являє собою ідеальний широкосмуговий фазообертач, який здійснює поворот початкових фаз всіх частотних складових сигналу на кут, рівний 90° (зсув на $\pi/2$). Найпростіший приклад перетворення синусоїди з ПГ зображені на рис.2. Застосування перетворення Гільберта дозволяє виконувати квадратурну модуляцію сигналів, в кожній поточної координаті модульованих сигналів виробляти визначення обвідної та миттєвої фази (частоти) сигналів, виконувати аналіз каузальних систем обробки сигналів.

Головною перевагою цього метода є те, що вимірювання часового інтервалу виконується не амплітудним методом, а фазовим методом. Завдяки цьому ми можемо позбутися від амплітудної складової похибки, що значно підвищить точність вимірювань.

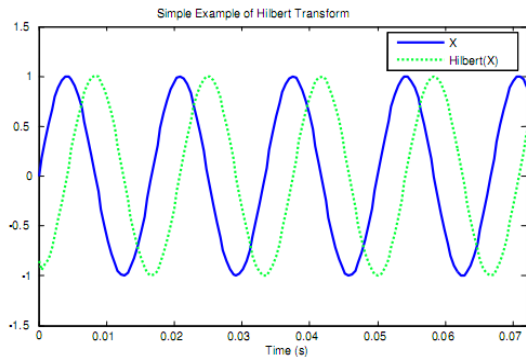


Рисунок 2. Перетворення Гільберта синусоїди

ВИСНОВКИ

Були досліджені способи вирішення поставлених задач.

Для проведення температурної корекції було запропоновано проводити вимірювання поверхневих та повздовжніх хвиль, адже швидкість звуку в матеріалі напряму залежить від його поточної температури.

Для підвищення точності товщиноміра було запропоновано використати перетворення Гільберта, що зможе прибрати амплітудну складову похибки.

Система з використанням даних методів зможе дати підвищену якість вимірювання матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Королев М. Безэталонные ультразвуковые толщиномеры / М.В. Королев. – М.: Машиностроение, 1985. – 80 с.
2. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пірсол – М.: Мир, 1989. – 540 с.
3. Справочник. Неразрушающий контроль. Под общей ред. В. Клюева; Том 3. Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.