

УДК 620.179.16: 620.179.17

д.т.н. проф. Г.М. Сучков, д.т.н., проф. Петрищев О.Н, к.т.н. Плєснецов С.Ю.
НТУ «ХПІ», КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЯВЛЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ МЕТАЛОВИРОБІВ БЕЗКОНТАКТНИМ ЕКСПРЕС-МЕТОДОМ

Анотація. Запропоновано спосіб ультразвукового електромагнітно-акустичного контролю, який включає операції збудження і прийому пакетних зсувних ультразвукових імпульсів в металовироби, фільтрацію перешкод в сукупності прийнятих сигналів, детектування прийнятих імпульсів, кореляційний обробку сигналів, обчислення спектра сумарного прийнятого сигналу, порівняння отриманого спектра зі спектром донних сигналів на бездефектній ділянці, прийняття рішення про наявність дефектної ділянки. Остаточне рішення про якість металовироби визначають додатково стандартними методами. Ефективність розробленого способу підтверджена експериментально. Спосіб може бути застосований для безконтактного неруйнівного контролю великих обсягів металовиробів без спеціальної підготовки поверхні ультразвуковими пакетними імпульсами.

Ключові слова: безконтактний ультразвуковий контроль, металовиріб, дефект, корозія, електромагнітно-акустичний, пакетний імпульс, прийнятий сигнал, кореляційний обробка, спектр, огинає спектра сумарного сигналу.

ВСТУП

В даний час величезне число виробів і обладнання експлуатується довгий час в складних умовах. Незважаючи на широке застосування засобів захисту, ці об'єкти піддаються корозії і іншим пошкодженням, як із зовнішнього, так і з внутрішнього боку, рис. 1. Зазвичай пошкодження такого типу виявляти складно. Крім того, як правило, необхідно проводити неруйнівний контроль великих обсягів виробів, що вимагає застосування високопродуктивних обладнання і методів контролю.



Рисунок 1. Пошкодження на внутрішній поверхні газової труби (Харківська обл., Підприємство «Укргазвидобування»)

Традиційні методи контролю для виявлення прихованих дефектів використовують ультразвукове зондування із застосуванням контактної рідини [1]. Для застосування контактної ультразвукової контролю необхідно зачищати поверхню об'єкта контролю, що значно знижує продуктивність і збільшує витрати на виконання діагностики.

Змінити ситуацію можливо за рахунок застосування електромагнітно-акустичного (ЕМА) способу збудження і прийому ультразвукових імпульсів [1-3]. Однак, як і раніше вважається, що ЕМА спосіб контролю має низьку чутливість [3]. Аналіз результатів сучасних розробок показує, що чутливість ЕМА способу контролю є цілком достатньою для проведення практично будь-якого виду неруйнівного контролю металовиробів.

Метою роботи є розробка високопродуктивного недорогого способу виявлення корозійних і аналогічних поразок на прихованих поверхнях металовиробів.

РОЗРОБКА, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Традиційно для виявлення дефектів на протилежних зоні збудження поверхнях виробів застосовують короткі широкосмугові ультразвукові імпульси, складномодульовані сигнали тощо, при реєстрації яких необхідно застосовувати відповідні методи обробки. Устаткування для при-трансформаційних змін згаданих розробок складне і використовує контактний метод ультразвукового-го контролю. У той же час спектральні методи ультразвукового контролю дають можливість з високою ймовірністю виявляти приховані дефекти металовиробів [1].

ЕМА спосіб має підвищену чутливість за умови використання зондуючих пакетних радіоімпульсів [4]. Такі сигнали мають достатньо вузький спектр. Для прямокутної обвідної зондуючого радіосигналу його спектр $Sp(\omega)$ має вигляд:

$$Sp(\omega) = \frac{U \cdot t}{2} \left[\frac{\sin \frac{(\omega - \omega_0)t}{2}}{(\omega - \omega_0)t} + \frac{\sin \frac{(\omega + \omega_0)t}{2}}{(\omega + \omega_0)t} \right], \quad (1)$$

де ω_0 - несуча частота сигналу, що збуджується;

ω - частота сигналу;

U - амплітуда імпульсу, що збуджується;

t - тривалість зондуючого імпульсу.

Для перевірки можливості оперативного контролю використаний модернізований ЕМА дефектоскоп, виготовлений на основі приладу, описаного в статті [4]. Для досліджень застосований суміщений прямий смуговий ЕМАП, описаний в роботі [5]. Дефектоскоп дозволяє регулювати частоту порушуваних ультразвукових коливань в діапазоні 1 ... 5 МГц, тривалість імпульсів - у діапазоні 1 ... 10 періодів частоти заповнення пакетного імпульсу, що зондує імпульс пікового струму - до 200 А. Повітряний зазор між поверхнею металу (або товщина діелектричного покриття) і протектором ЕМА перетворювача - до 10 мм. Збуджувалися і приймалися імпульси зсувних лінійно поляризованих ультразвукових коливань.

В якості об'єкта досліджень використані зразки з феромагнітних сталей та алюмінієвого сплаву, в яких виконані моделі корозійних пошкоджень у вигляді свердлень на стороні, протилежній розташуванню ЕМАП, а також зразки з натуральними ушкодженнями. Зачистка зразків на поверхні введення і прийому ультразвукових імпульсів не проводилась. Оскільки спектр зареєстрованого сигналу, згідно формули (1), залежить від його тривалості, на першому етапі досліджені спектри донних імпульсів з метою вибору оптимальної тривалості. На рис. 2 наведені зображення донних імпульсів і їх спектри.

Аналіз експериментальних даних, наведених на рис. 2, підтверджує, що при збільшенні тривалості пакетного імпульсу спектр сигналу звужується, форма його огинаючої змінюється і стає близькою до колоколообразної. Це вказує на можливість використання форми обвідної для визначення наявності дефектних ділянок у виробі. Доцільно вибирати більш тривалий пакетний імпульс. На основі при-наведених результатів досліджень вирішено використовувати 6 ... 7 періодів частоти заповнення зондуючого сигналу.

З формули (1) також витікає залежність спектру сигналу від частоти заповнення зондуєчого пакетного імпульсу. Результати експериментальних досліджень впливу частоти заповнення зондуєчого імпульсу, з урахуванням смуги пропускання ЕМАП, наведені на рис. 3. Аналіз експериментальних даних, наведених на рис. 3 показує, що форма огинаючої спектрів в основному зберігає свій колоколообразний вид в діапазоні частот 2 ... 4 МГц. Незначні зміни огинаючої спектрів прийнятих сигналів обумовлені нерівномірністю смуги пропускання ЕМАП, а також впливом завад.

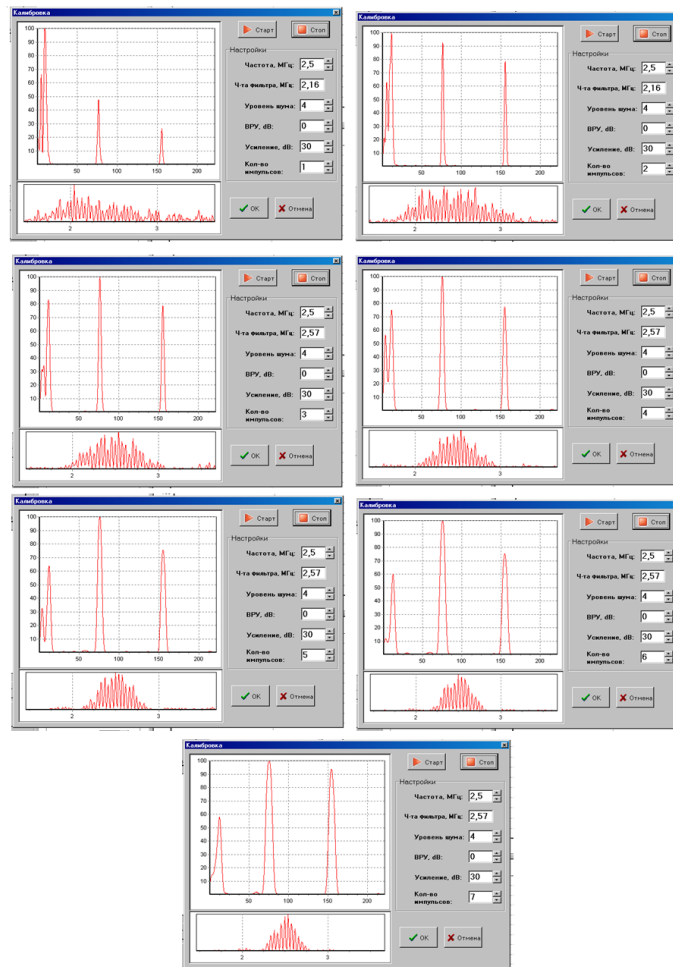


Рисунок 2. Прийняті донні сигнали з тривалістю від 1 до 7 періодів частоти заповнення на бездефектній ділянці зразка зі сталі 09Г2С і їх спектри

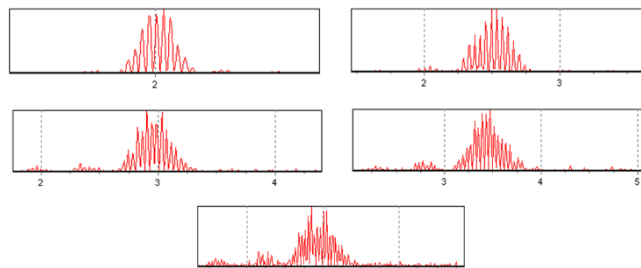


Рисунок 3. Вплив частоти заповнення зондуєчого пакетного імпульсу на огинаючу його спектру при тривалості імпульсу 7 періодів частоти заповнення (значення частот вказані на горизонтальній шкалі) на бездефектній ділянці зразка зі сталі 09Г2С

Виконані експериментальні дослідження зразків з природний-ними дефектами на донної поверхні. Спектри, отримані на зразку зі сталі 45: на бездефектної ділянці, на ділянці з плоскими тріщинами глибиною 4 мм і 8 мм. Експериментальні дослідження виявлення дефектів, що мають випадкові геометричні характеристики, підтвердили ефективність запропонованого способу.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано проводити експрес неруйнівний контроль металовиробів із застосуванням прямих смугових ЕМА перетворювачів, які збуджують і приймають лінійно поляризовані пакетні імпульси ультразвукових коливань з тривалістю 6 ... 7 періодів частоти заповнення сигналу шляхом аналізу форми обвідної спектра прийнятих сигналів.

2. Для реалізації розробленого способу експрес контролю необхідно виконати наступні операції: порушити і прийняти пакетні ультразвукові імпульси, фільтрувати сукупність прийнятих сигналів від перешкод, детектувати прийняті імпульси, здійснити кореляційну обробку сигналів, обчислити спектр результуючого сигналу, визначити його відміну від спектра донних сигналів на бездефектної ділянці, прийняти рішення про наявності дефектного ділянки. Остаточне рішення про якість металовиробів визначають додатково стандартними методами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ермолов И.Н. *Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль* / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
- [2] Плеснецов С.Ю., Сучков Г.М., Корж А.И., Суворова М.Д. Новые теоретические исследования и разработки в области электромагнитно-акустического преобразования (обзор) // *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. – 2018. – №2. – С. 24–31.
- [3] Ермолов И. Н. *Теория и практика ультразвукового контроля*. – М: Машиностроение, 1981. – 240 с.
- [4] Сучков Г.М. Современные возможности ЭМА дефектоскопии // *Дефектоскопия*. – 2005. №12. – С. 24-39.
- [5] Мигущенко Р.П., Сучков Г.М., Радев Х.К., и др. Электромагнитно-акустический преобразователь для ультразвуковой толщинометрии ферромагнитных металлоизделий без удаления диэлектрического покрытия // *Технічна електродинаміка*, – 2016, – №2, – с. 78–82.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Сучков Г.М.