

МЕТОДОЛОГІЯ ТА ЗАСОБИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Запропоновано методологію діагностики небезпечних об'єктів та розроблено пристрій для електрично-скануючого електромагнітного акустичного неруйнівного контролю.

The methodology of the diagnosis of dangerous objects is offered, the device for electric scanning electro-magnetik acoustic nondestructive control is developed.

1. ВСТУП

В останній час надзвичайно велику увагу приділяється складним технічним об'єктам, які віднесені до категорії потенційно небезпечних над якими встановлено державний нагляд, і для яких систематично проводиться контроль з метою оцінки стану та ймовірного виникнення головних небезпек. Реальну оцінку небезпеки покладено на технічну діагностику. При цьому, чим більшу кількість інформації отримуємо про стан контрольованого об'єкту, наприклад для атомної електростанції (АЕС), і особливо важливим є отримати достовірну інформацію, тобто виявити дефекти з ймовірністю близької до 1, незалежно від того як вони розташовані в матеріалі, яка їх природа та конфігурація.

Для АЕС, в яких закінчується термін експлуатації енергоблоків необхідно обґрунтовано визначити час продовження ресурсу їх роботи. Без застосування найсучасніших високоінформативних методів і засобів контролю, об'єктивно провести оцінку стану контрольованих об'єктів неможливо.

Тому необхідно розробити нові методи і технічні засоби для того щоби з високою точністю отримати оцінку залишкового ресурсу техногенного і екологічно небезпечних об'єктів і механізмів для продовження термінів їх експлуатації [1].

Для отримання максимальної інформативності контролю найбільш перспективним є застосовувати електромагнітно-акустичний (ЕМА) метод з електричним скануванням.

¹ Українська академія друкарства

² Національний університет «Львівська політехніка»

³ Закарпатський аграрний університет

⁴ Тернопільський національний економічний факультет

Авторами досліджені та розроблений спосіб [2], пристрої [3], ЕМА сканувальні перетворювачі з обертовим магнітним полем [4] та азимутальною неоднорідністю.

2. АНАЛІЗ ЕМА МЕТОДІВ

Безконтактні ЕМА методи дозволяють збуджувати і приймати пружні акустичні коливання в контрольованих об'єктах безпосереднього акустичного зв'язку. В основу випромінювання ультразвуку з допомогою ЕМА перетворювача покладено принцип індукування вихрових струмів в струмопровідних матеріалів, коли близько їх поверхонь розташовані котушки по яких протікають струми. При взаємодії із спеціально створеним постійним магнітним полем, вказані струми збуджують акустичні хвилі. При цьому зв'язані хвилі супроводжуються електромагнітними полями і пружними зміщеннями. Тому кількість вимірюваних параметрів, що характеризують контрольовані об'єкти при ЕМА методі, будуть більші, чим окремо для вихрострумівих і акустичних методів.

В процесі прямого ЕМА перетворення формується просторова топографія електромагнітного поля, яка трансформується в акустичну хвилю. Після проходження через контрольоване середовище акустична хвиля знову трансформується але в електромагнітне поле, тобто створюється зворотній ефект, який проявляється при коливанні електронів в решітці металу під дією відбитого ультразвукового поля, що приводить до наведення струмів в приймальній котушці.

Негативною стороною ЕМА методу є те, що в результаті подвійної трансформації сигналу його амплітуда зменшується в $10^{-5} - 10^{-6}$.

Слід відзначити, що в ЕМА методі збуджуються і приймаються всі типи хвиль і навіть такі, які створюються тільки при ЕМА методі [5], наприклад, горизонтально – поляризовані поперечні хвилі, крутильні в стрижнях, коли проходить повертання хвиль навколо осі, тощо.

Взаємодія електромагнітних і пружних хвиль створюють поздовжні та поперечні хвилі. При цьому утворюються поверхневі і об'ємні, які використовуються для дослідження ділянок всередині виробу. Поверхневі хвилі збуджуються поздовженими утвореннями на струмопровідних поверхнях. Вони ефективні для виявлення під поверхневих неоднорідностей, які вибірково реагують на дефекти з різною глибиною залягання.

В струмопровідних пластинах або стрижнях збуджуються акустичні хвилі, які відносяться до нормальних, розповсюджуються вздовж границь середовища і утворюють стоячі хвилі у поперечному січненні. В залежності від виду деформації поперечні нормальні хвилі можуть бути симетричними і антисиметричними. В симетричних хвилях коли-

вальний рух частин проходить симетрично відносно осі стрижня діаметром d , або всередині площини по осі y пластини товщиною h і розподіляється по закону [5]

$$v_c = A \cos n_c \frac{2\pi Z}{h} \sin(K_c x - \omega t) \quad (1)$$

де A – амплітуда; $n_c = 1, 2, 3 \dots$ – номер хвилі; $K_c = \frac{2\pi}{\lambda_c}$ – хвилеве

число симетричної нормальної хвилі; Z – коливання частинок відносно площини хвилі; x – напрям поширення хвилі; ω – колова частота.

В антисиметричних хвилях рух розподілено по закону

$$v_a = A \sin n_a \frac{2\pi Z}{h} \sin(K_a x - \omega t) \quad (2)$$

де K_a – хвилеве число антисиметричної нормальної хвилі;

$n_a = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$ – номер хвилі.

Як і в хвилеводах, нормальні хвилі можуть розповсюджуватись на значні віддалі. Особливістю таких хвиль є то, що навіть поздовжньо розташовані дефекти по напрямку розповсюдження хвилі добре виявляються.

Використовуючи нормальні хвилі, маємо можливість суттєво збільшити відношення сигнал/шум при ЕМА методі за рахунок підвищення амплітуди сигналу. Для цього необхідно виставити частоту збуджувальних коливань $f_{зб}$ так, щоб по довжині пластини l , яка являє собою резонатор, має складатися з цілого числа напівхвиль n :

$$f_{зб} = \frac{nc}{2l} \quad (3)$$

де c – швидкість пружних хвиль в досліджувальному струмопровідному матеріалі.

При цьому утворюється стояча хвиля, яка складається з двох хвиль з рівними амплітудами, що розповсюджуються в прямому і зворотному напрямках. Таким чином, при початкових умовах (3), які відповідають частотам пружних резонансів, амплітуди зміщень A збільшуються пропорційно акустичній добротності металу Q , яка досягає значних величин $10^3 - 10^4$, що дозволяє дещо компенсувати втрату сигналу при трансформації.

3. АНАЛІЗ ЕМА ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

При розробці ЕМА перетворювачів необхідно мінімізувати їх ма-согабаритні характеристики, тому що збуджувати поле потрібно великою потужністю, з тим щоби компенсувати втрати сигналу які відбуваються за рахунок подвійної трансформації.

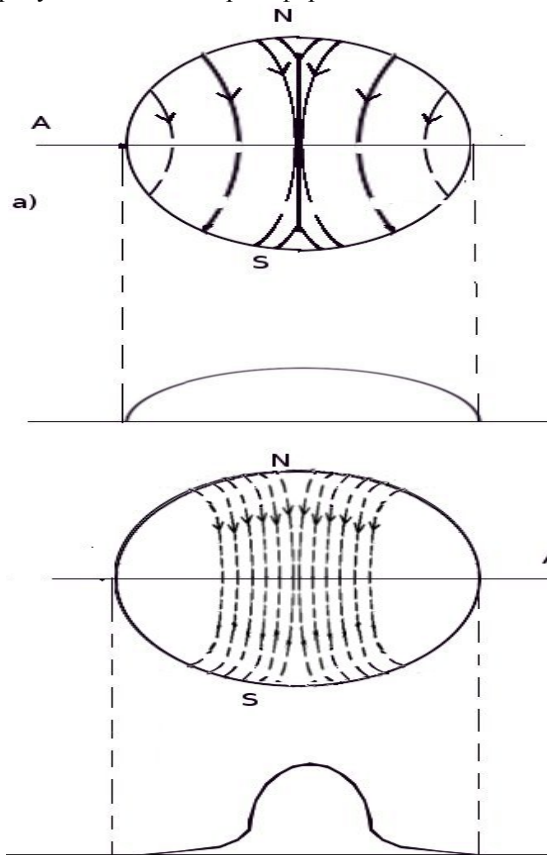


Рис.1. а) магнітні силові лінії перетворювача з обертовим магнітним полем та розподіл напруженості магнітного поля H по січченню AA' ; в) магнітні силові лінії перетворювача з обертовою азимутальною неоднорідністю та напруженістю магнітного поля H по січченню AA

При імпульсному режимі збудження, за рахунок малої тривалості імпульсу можна досягнути великої потужності, при цьому потужність споживання за період буде незначною.

Для гармонічного збудження з високою ефективністю можна застосовувати розроблений авторами метод і сканувальні ЕМА перетворювачі [2,3,4] з обертовою азимутальною неоднорідністю. Неоднорідність формується із n гармонік, і малої тривалості як витікає із розкладу ряду Фур'є можна сформувати будь-яку неоднорідність, якщо використовувати певну кількість гармонік. Як показано на рис.1.в. потужність n гармонік буде зосереджена в малому об'ємі, і вся потужність сконцентрована на малій площині контрольованої поверхні. Таким чином виходить такий самий ефект, як і при імпульсному збудженні, але при цьому відбувається електричне сканування. Це дозволяє збільшити швидкість сканування на три і більше порядків чим при традиційному механічному скануванні. За рахунок обертання азимутальної неоднорідності (ОАН) по кільцю дефекти і неоднорідності в металах будуть опромінюватися зі всіх сторін, тобто застосовується томографічний експеримент, де ймовірність виявлення близька 1.

4. ВИСНОВКИ

Використання електрично сканувального ЕМА методу дозволяє оптимальним чином виявляти небезпеки та проводити оцінку стану об'єктів підвищеної небезпеки, а саме:

- при збудженні застосовується нормальні хвилі, які мають малі загасання;
- з використанням обертової азимутальної неоднорідності значно покращується відношення Усигналу/Ушум при потужностях збудження близьких до імпульсного;
- електричне сканування дозволяє значно підвищити продуктивність контролю, автоматизувати процес, надійно виявити дефекти.

Застосування ЕМА методу з обертовою азимутальною неоднорідністю відносяться до сучасних високоінформативних і технологічних методів і засобів контролю, що дозволяє об'єктивно провести оцінку технічного стану контрольованих об'єктів.

1. Клюев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. – Том 1,2. М.: Машиностроение, 1986. 2. А.С. 1529098А1СССР. Электромагнитно – акустического дефектов изделий из ферромагнитных материалов и устройств для его осуществления / В.А.Гуляев, В.Н.Чаплыга, А.И.Стасюк, Я.Г.Притуляк. Опубликовано в БИ, 1987, №41. 3. Патент 20738UA. Пристрій для електромагнітного – акустичного неруйнівного контролю / Притуляк Я.Г., Прудіус І.Н. та інші – Опубліковано в Бюлетень №1, 1998. 4. Патент 40300UA. Пристрій для електрично – скануючого електромагнітного – акустичного неруйнівного контролю струмопровідних матеріалів / Притуляк Я.Г., Обита А.Ф., Костюк І.В. та інші – Опубліковано в Бюлетень №6, 2001. 5. Голямина И.П. Ультразвук. – М.: Советская энциклопедия, 1979.