

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 621.791:658.562.64

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.10

ГАСИЛО Ю.А., к.т.н., доцент
РОМАНЮК Р.Я., к.т.н., доцент
КРЮКОВСЬКА О.А., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТРИЦІ ВИХРОСТРУМОВИХ ДАТЧИКІВ

Вступ. Методи вихрострумowego контролю засновані на законі електромагнітної індукції, відкритому М.Фарадеєм у 1831 р. Згідно з М.Фарадеєм зовнішнє по відношенню до середовища змінне магнітне поле наводить електрорушійну силу (ЕРС), яка створює в ній вихрові струми (якщо середовище провідне), що реєструються вимірювальним перетворювачем. У якості перетворювача використовуються, як правило, індуктивні котушки (одна або кілька) [1].

Важливою особливістю вихрострумowego контролю є безконтактність, тобто між об'єктом контролю і перетворювачем створюється невелика (до 2 мм), але достатня відстань для вільного руху перетворювача. Вихрострумований метод дозволяє здійснювати контроль на великих швидкостях, які недоступні іншим методам.

Одержання інформації у вигляді електричних сигналів, безконтактність і висока швидкодія вихрострумowego контролю – все це визначає його високу продуктивність і можливість автоматизації.

На сигнали вихрострумowego перетворювача практично не впливають вологість, тиск і забруднення газового середовища та поверхні об'єкта контролю непровідними речовинами.

Вихроструміві перетворювачі стійкі до механічних і атмосферних взаємодій, можуть працювати в агресивних середовищах, при високих температурах і тисках, оскільки у більшості випадків котушки перетворювачів розміщують у запобіжний корпус і герметично закривають.

Отже, основними завданнями при застосуванні вихрострумowego методу є:

- контроль якості металів і сплавів, напівпровідників, електропровідних прутків, пластин, листів, дроту;
- контроль дефектів зварювання, проведення планових інспекцій зварних конструкцій;
- діагностика стану труб, арматур, залізничних рейок, елементів підшипників, кріпильних деталей і багатьох інших промислових виробів.

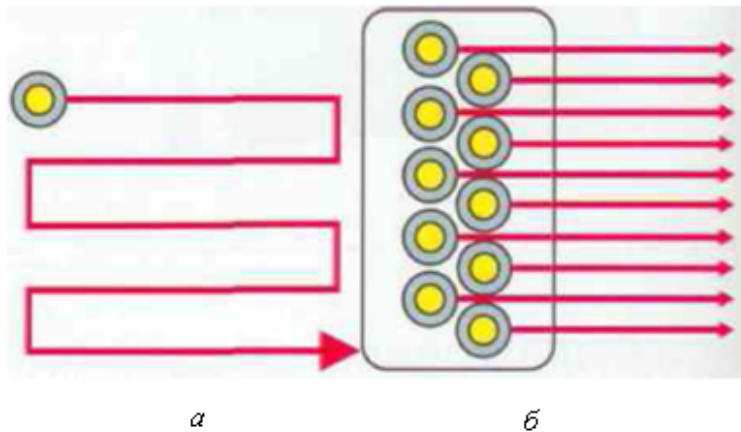
Таким чином, вихрострумований метод є перспективним напрямом неруйнівного контролю якості зварних конструкцій, тому детальне вивчення основних його особливостей, сучасних приладів контролю, проведення досліджень у цій області, визначення перспектив розвитку є актуальною задачею.

Постановка задачі. Метою даної роботи є аналіз вихрострумowego методу контролю якості зварних конструкцій з використанням матриці датчиків, сучасних приладів на її основі та визначення перспектив розвитку даного методу в дефектоскопії.

Результати роботи. Сучасний вихрострумований дефектоскоп є компактним приладом з автономним живленням, оснащеним екраном, клавіатурою і датчиками з можливістю виведення необхідних параметрів на різні пристрої, включаючи персональний комп'ютер, принтер, карту пам'яті тощо. Сучасні багатофункціональні вихрові дефектоскопи здатні не тільки аналізувати контрольовані ділянки, але і

обробляти інформацію з наданням розгорнутого технічного звіту як у лабораторних, так і в польових умовах [2].

Основу приладу складає виносний датчик (рис.1, а), який при протіканні крізь нього змінного струму створює вихрові струми в контрольованій області. Будь-які несутільності або зміни властивостей матеріалів, які змінюють вихрові струми в контрольованій області, реєструються виносним датчиком і розглядаються як можливі дефекти. Сканування дефектів даним способом є зворотно-поступальним.



а – з використанням одного датчика (зворотно-поступальне сканування); б – з використанням матриці датчиків (лінійне сканування)

Рисунок 1 – Принцип дії вихрострумowego дефектоскопа

У теперішній час даний прилад істотно вдосконалений. В ньому використовується матриця вихрострумowych датчиків (рис.1, б).

Метод контролю з використанням матриці вихрострумowych датчиків засновано на електронному управлінні і зчитуванні інформації з кількох вихрострумowych датчиків, розташованих у вигляді матриці на об'єкті контролю (лінійне сканування). Збір даних став можливий завдяки використанню мультиплексора, що дозволяє усунути взаємний вплив між окремими

датчиками. Замінити зворотно-поступальне сканування на сканування в одному напрямку дозволяє матричний вихрострумовой зонд.

Переваги методу контролю з використанням матриці вихрострумowych датчиків у порівнянні з одноканальним вихрострумowym контролем полягають у наступному:

- істотно скорочується час проведення контролю;
- охоплюється більша площа за один прохід;
- спрощується конструкція механічних і автоматизованих систем сканування;
- результати контролю заданої області надаються в режимі реального часу;
- спрощується інтерпретація даних;
- підвищується надійність і достовірність контролю.

Матриця вихрострумowych датчиків може бути оптимізована для кожного конкретного випадку шляхом зміни взаємного розташування окремих датчиків і форми всієї матриці.

Більші перспективи відкриває застосування у вихрострумowych системах комп'ютерної техніки, що забезпечує як автоматичне керування усім циклом виміру, так і інтерпретацію отриманих результатів.

У системі, розробленою фірмою Oak Ridge, значною мірою реалізовані ці можливості. Система контролю зварних швів металевих кожухів надпровідних магнітів, призначена для цехових умов, проводить аналіз одночасно на трьох частотах, що дозволяє відразу визначити положення і розміри дефектів, а також робити відбудовування від “зазорів” [3].

Однією з компаній, яка займається виробництвом матричних датчиків широкої області застосування, є Olympus NTD Inc [4]. Ці датчики можуть бути сконструйовані

для виявлення заданого типу дефектів або для обстеження контрольованої деталі заданої форми. Стандартні матриці виконуються для реєстрації поверхневих і підповерхневих дефектів.

Виведення результатів відіграє головну роль при використанні вихрострумів датчиків. Найпоширенішим способом є зображення у вигляді С-Скану (2D або 3D), що являє собою кодоване кольором дво- або тривимірне зображення контрольованої поверхні. Матриця датчиків рухається над дефектом, кожний датчик видає вихрострумівий сигнал. Вісь X відповідає напрямку руху матриці, а вісь Y – осі зонда. Таким чином, С-Скан надає інформацію як про положення дефекту, так і про його розміри, що підвищує надійність контролю, оскільки здійснюється повне охоплення поверхні контролю.

Іншою компанією, яка випускає сучасні дефектоскопи (Reddy) з технологією вихрострумівих матриць, є Eddyfi [5].

Reddy підтримує усі матричні перетворювачі виробництва компанії Eddyfi, у тому числі перетворювачі серії I-Flex, призначені для контролю об'єктів складної форми. Матриця підбудовується під геометрію контрольованої поверхні і повністю повторює її форму. Залежно від моделі перетворювача застосовуються циліндричні котушки діаметром від 2 до 6 мм, що забезпечує високу роздільну здатність. Серійно випускаються перетворювачі з кількістю котушок від 16 до 128. Глибина проникнення вихрових струмів у сталь становить до 5 мм.

Найбільш розповсюдженим застосуванням вихрострумівого контролю з матричними перетворювачами є пошук і картографування стрес-корозійних уражень у металі. Розвиток даного типу дефектів вкрай важко виявляється традиційними методами, однак саме вони є причиною численних аварій на магістральних газопроводах в усьому світі. Статистика свідчить, що у випадку несвоєчасного виявлення (або пропуску) осередку стрес-корозії, що розвивається, враховуючи стабільно високий тиск у магістральній газовій трубі, даний дефект безсумнівно призведе до пориву і “розкриття” трубопроводу на даній ділянці.

Далі розглянемо перетворювачі, розроблені спеціально для контролю високовуглецевих сталевих зварних з'єднань та біляшовної зони. Матриця у них містить не тільки традиційні вихроструміві котушки, але і тангенціальні (ТЕСА). Вісь обмотки тангенціальних котушок розташовується паралельно скануючій поверхні. Тангенціальні котушки генерують вихрострумівий потік, що протікає паралельно поверхні. Дуже висока проникаюча здатність дозволяє ефективніше вимірювати глибину залягання великих тріщин.

Серія перетворювачів з технологією ТЕСА є запатентованою розробкою компанії Eddyfi і називається Schark. Вони виконані таким чином, щоб можна було контролювати валик шва будь-якої висоти. Кожний підпружинений елемент у перетворювачі складається з трьох котушок: дві з них тангенціальні (збуджуюча, приймаюча), третя – традиційна котушка для виявлення тріщин, поперечних осі сканування.

Комплексна робота усіх котушок, які створюють у матриці єдиний масив з кількох десятків елементів, дозволяє генерувати вихрові струми з можливістю проникнення на глибину до 10 мм. Сканування можна проводити зі швидкістю до 200 мм/с.

Дані контролю збираються і перетворюються за допомогою програмного забезпечення Magnifi GO в інтуїтивно зрозумілі цифрові С-Скани, що полегшують аналіз результатів, у який зокрема входять виміри глибини і довжини дефектів (рис.2).

Отже, технологія вихрострумівих матриць у значній мірі дозволяє полегшити процес контролю, гарантує високу швидкість, достовірність і якість отриманих результатів.

Перспективними напрямками подальшого удосконалення вихрострумівих методів контролю якості зварних конструкцій є наступні [2,3]:

- модернізація форми котушки індуктивності. Кінцевою метою є створення елас-

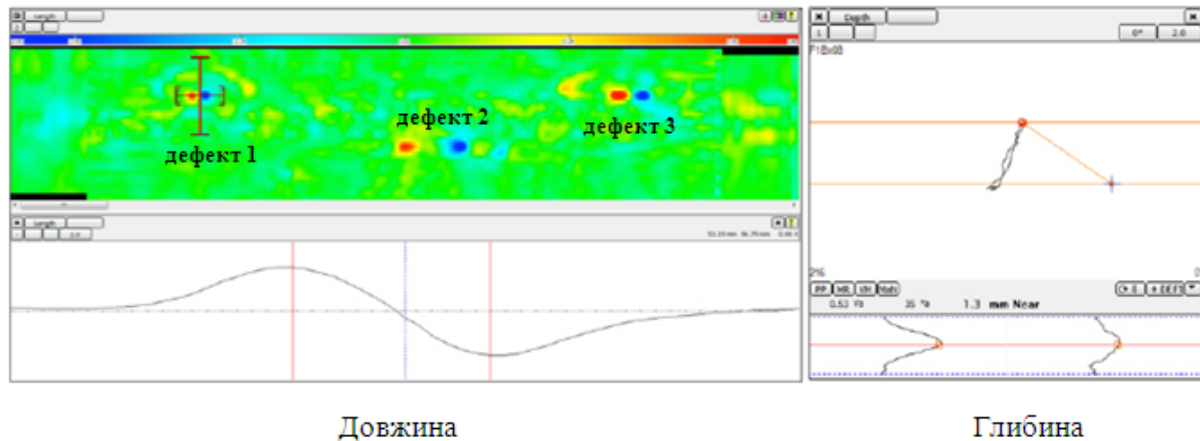


Рисунок 2 – С-Скан (2D) результатів вимірювання розмірів дефектів приладом Reddy з перетворювачами Scharck

тичних обмоток індуктивності, що легко змінюють свою форму, які є багатожильними провідниками, встановленими у листи або трубчасті конструкції з гумоподібних матеріалів;

- модернізація детектора. У ідеальному випадку серія датчиків буде повністю покривати досліджуваний об'єкт усередині котушки або навіть площу, що значно перевищує її розміри. Це дозволить отримувати інформацію з усієї зони, підданій електромагнітному впливу. Послідовне зчитування датчиків створить можливість багатоканального аналізу даних і їхню індикацію у будь-якій формі, включаючи дво- і тривимірне зображення на екрані;

- збільшення проникаючої здатності. Більшість вихрострумових систем може використовуватися лише для контролю поверхневих і підповерхневих дефектів. Товщина аналізованого шару – величина обернено пропорційна кореню квадратному з робочої частоти, питомої провідності і магнітної проникності матеріалу, тому основними способами її збільшення є зниження робочої частоти і спеціальна обробка матеріалів для зменшення її магнітної проникності. Застосування спеціальних детекторів дозволяє довести робочу частоту до 1 Гц і тим самим підвищити проникаючу здатність у 100 разів;

- створення мікрохвильових електромагнітних систем контролю. Високочастотні електромагнітні коливання поширюються у просторі подібно світловому променю і при потраплянні на метал відбиваються від нього, повертаючись у вигляді ехо-сигналу. Відбиття мікрохвильового променя обумовлене виникненням вихрових струмів у поверхневих шарах. Теорія поширення мікрохвиль у металевих структурах, їхнє відбиття і заломлення на межах дефектів і шарів діелектрика відкриває широкі перспективи їхнього використання для неруйнівного контролю.

Висновки. Новим та перспективним напрямком у неруйнівному контролі зварних конструкцій є контроль вихрострумовими матрицями.

Проаналізовано основні характеристики даного методу контролю та сучасних приладів, які використовуються для визначення дефектів металу.

Переваги контролю вихрострумовими матрицями полягають у наступному: істотно скорочується час проведення контролю, охоплюється більша площа за один прохід, спрощується конструкція механічних і автоматизованих систем сканування, результати контролю заданої області надаються в режимі реального часу, спрощується інтерпретація даних, підвищується надійність і достовірність контролю.

Визначено перспективні напрямки подальшого удосконалення вихрострумових методів контролю якості зварних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антонов А.А., Вышемирский Е.М., Капустин О.Е., Прыгаев А.К. Неразрушающий контроль сварных конструкций в нефтегазовых отраслях: уч. пособ. М.: Изд. “Спутник +”, 2014. 238с.
2. Камель Г.І., Гасило Ю.А., Івченко П.С., Романюк Р.Я. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навч. посіб. Кам’янське: ДДТУ, 2018. 240с.
3. Смирнов А.Н. Неразрушающие и разрушающие испытания сварных соединений: уч. пособ. Кемерово: ГУ КузГТУ, 2009. 187с.
4. NDT System : веб-сайт. URL: <https://www.ndt-systems.com> (дата звернення 12.12.2018).
5. Reddy : веб-сайт. URL: <https://www.eddyfi.com/reddy/> (дата звернення 12.12.2018).

Надійшла до редколегії 17.12.2018.

УДК 620.193.4

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.11

СЕРЕДА Б.П., д.т.н., професор
КРУГЛЯК І.В., к.т.н., доцент, докторант
ГАЙДАЕНКО О.С., аспірант
НЕСТЕРЕНКО С.В.* , к.т.н., доцент
БАННІКОВ Л.П.** , к.т.н.
СЕРЕДА Д.Б., к.т.н., ст. викладач

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам’янське

*Харківський національний університет міського господарства

**Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», м. Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПРАЦЮЮЧИХ В УМОВАХ СУЛЬФАТНИХ РОЗЧИНІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Вступ. Корозійна стійкість конструкційних матеріалів, працюючих в умовах сульфатних розчинів, є важливим фактором працездатності агрегатів та механізмів коксохімічного виробництва. Використання матеріалів [1], що протистоять корозії в цих агресивних середовищах, дозволяє значно підвищити економічну ефективність виробництва.

Постановка задачі. Відомо, що нестабільність навантажень хімічних цехів коксохімічного виробництва, різка зміна продуктивності агрегатів через нестійкість бази коксування, підвищення вмісту HCN в коксовому газі (через зменшення вмісту в шихті малоазотистого донецького вугілля), застосування нових реагентів водопідготовки і замкнуті цикли водопостачання підвищують корозійну агресивність технологічних середовищ. Все більш широке застосування обладнання імпортного виробництва зумовлює необхідність більш ретельного контролю саме за локальною корозією, яка є найбільш небезпечною. При її розвитку в місцях зародження втоми металу створюються тріщини або корозійне розтріскування під напругою. При такому вигляді руйнувань термін служби обладнання суттєво знижується.

У зв’язку з цим метою даної роботи є проведення досліджень, спрямованих на