

МАГНІТОКОНДУКТИВНИЙ СПОСІБ ДЕФЕКТΟΣКОПІЇ ФЕРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Дейнека Р., 2017

Магнітна дефектоскопія є одним з найкращих методів контролю якості матеріалів з ферромагнітними властивостями. Вона поєднує високу чутливість та імовірність виявлення внутрішніх і підповерхневих дефектів з низькою вартістю і простотою виконання. Однак існують випадки, де традиційна методика неруйнівного магнітного контролю є неефективною. З'єднання сталевих елементів конструкцій способом зварювання пов'язане зі зміною геометричних розмірів і формою виробу, а тому для їх контролю необхідне використання іншої методики. Запропоновано варіант вирішення вказаної проблеми способом вимірювання локального магнітного опору контролюваної ділянки, а також методику градуювання давача магнітного потоку намагнічувального пристрою.

Ключові слова: неруйнівний контроль, магнітна дефектоскопія, ферромагнітні властивості, внутрішні дефекти, зварні з'єднання.

THE MAGNETOCONDUCTIVE METHOD OF THE MATERIALS DEFECTOSCOPY

Magnetic flaw detection is one of the best methods of testing with ferromagnetic properties. It combines high sensitivity and probability of detection of internal and subsurface defects with low cost and ease of implementation. However, there are cases where traditional methods of non-destructive magnetic control is ineffective. Connections of steel structural elements welding method associated with the change of geometric dimensions and shape of the product, and therefore needed to control their use of other methods. A solution to this problem way to measure the local magnetic resistance controlled areas and method of calibrating sensors of magnetic flux magnetization device.

Key words: non-destructive testing, magnetic defectoscopy, ferromagnetic properties, internal defects, welded joints.

Вступ. Існуючі електромагнітні методи неруйнівного контролю призначені для виявлення внутрішніх і підповерхневих дефектів у ферромагнітних матеріалах. Їхня сутність полягає у пошуку виступаючих силових ліній постійного магнітного поля у місцях залягання внутрішніх немагнітних включень у вигляді пор, раковин, тріщин тощо до електромагнітних методів неруйнівного контролю належать магнітопорошковий метод (ГОСТ 21105-87), магнітографічний метод (ГОСТ 3242-79) та ферозондовий метод (ГОСТ 21104-75). Вони відрізняються між собою тільки способом виявлення виступаючих ліній прикладеного зовнішнього магнітного поля. На якість виконання контролю за цими методами впливає підготовка поверхні ділянки матеріалу. Перевагами вищевказаних методів є висока чутливість і простота виконання. Контрольований виріб намагнічується постійними або електромагнітами. В останньому випадку можливе регулювання магнітного потоку з врахуванням умов застосування намагнічувального пристрою.

Тими самими електромагнітними методами можна визначати якість виконання зварних з'єднань сталевих конструкцій на предмет виявлення у них раковин, непроварів та інших дефектів, які є немагнітними включеннями у структурі основного металу. Зварне з'єднання відзначається наявністю виступаючого елемента шва. Це означає нерівність поверхні конструкції і необхідність адаптації до неї засобу проведення контролю. Розподіл силових ліній намагнічення зварного шва відрізняється від їх напрямку у суцільному металі і магнітна дефектоскопія у цьому випадку ускладнюється спадом інтенсивності поля у місці зварного потовщення. Цей спад приховує дрібні дефекти і помітними є лише великі тріщини та раковини, що означає погіршення якості контролю і необхідність вирішення вказаної проблеми.

Мета роботи. Розвиток існуючих методик магнітного неруйнівного контролю зварних з'єднань сталевих конструкцій через їх вдосконалення і розроблення спеціальних прийомів у цьому випадку зосереджених на вимірюванні магнітного опору з'єднання з застосуванням запропонованого способу градування давачів магнітного потоку на пристрої намагнічення.

Вирішення проблеми. Можливим способом забезпечення якості неруйнівного контролю зварних швів є визначення магнітного опору окремих послідовних ділянок елемента з'єднання у поперечному напрямку. Величина цього опору залежить від наявності у шві немагнітних дефектів, які негативно впливають на міцність з'єднання. Як відомо, магнітний опір ділянки матеріалу визначається так:

$$R_{\text{мд}} = \frac{iw}{\Phi_{\text{д}}}, \quad F_{\text{м}} = iw, \quad (1)$$

де i – струм через обмотку; w – кількість витків обмотки; $\Phi_{\text{д}}$ – магнітний потік через ділянку; $F_{\text{м}}$ – падіння магніторушійної сили ділянки (аналог ЕРС).

Еквівалентну схему визначення магнітного опору ділянки матеріалу показано на рис. 1.

Отже, для визначення магнітного опору ділянки намагнічення необхідно мати значення намагнічувальної сили і магнітного потоку. Визначення намагнічувальної сили на ділянці контролю є нескладним і виконується за допомогою будь-якого давача магнітного поля ($Wb1$ на рис. 1), інформативним вихідним сигналом якого є напруга, величина якої залежить від напруженості магнітного поля (давач Холла, індуктивний, ферозондовий тощо). Градування такого давача за намагнічувальною силою проводиться за допомогою приєднання до намагнічувального пристрою з розімкненими полюсами. У такому випадку отримують залежність

$$U_F = f(F_M) \text{ або } U_F = f(i),$$

де i – струм обмотки.

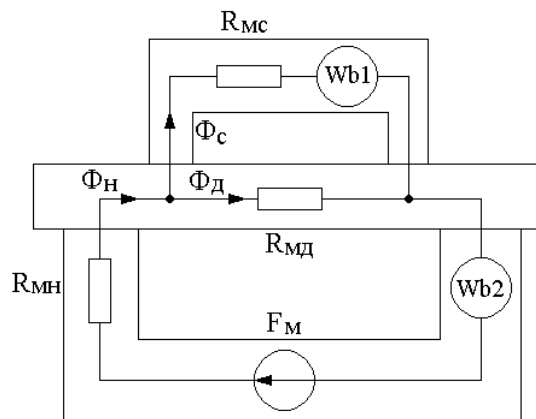


Рис. 1. Схема ділянки електромагнітного контролю

Кількість витків обмотки є відомою вона має сталі значення. Магнітний перетворювач має великий магнітний опір R_{MC} і тому є нечутливим до нестабільності магнітного контакту з полюсами пристрою намагнічення.

Визначення магнітного потоку проводиться за допомогою такого самого магнітного перетворювача, встановленого в одному з полюсів намагнічувального пристрою ($Wb2$ на рис. 1). Таке встановлення забезпечує постійний магнітний опір зони давача магнітного потоку і тоді його вихідна напруга залежить виключно від величини загального магнітного потоку. Градування цього давача необхідно проводити у замкненому магнітному колі з відомим значенням магнітного опору. Складність такого завдання полягає у неможливості точного обчислення магнітного опору кола з врахуванням впливу усіх елементів магнітопроводу навіть найпростішої конструкції. У цьому випадку запропоновано спосіб градування, схему пристрою якого показано на рис. 2.

Магнітне коло такої схеми має невідоме значення магнітного опору, однак існує його ділянка, яка добре піддається розрахунку, і має мале розсіювання магнітного поля, – це зона немагнітної прокладки (рис. 2). Вона має відоме значення поперечного перерізу і товщини, її магнітний опір визначається так:

$$R_{M\delta} = \frac{\delta}{\mu_0 S}, \quad (2)$$

де δ – товщина прокладки (ширина зазору); S – площа перерізу магнітопроводу у місці прокладки; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнітна стала.

Магнітний опір усього кола схеми:

$$R_{M\Sigma} = R_{MM} + R_{M\delta},$$

де R_{MM} – опір магнітопроводу.

Тоді магнітний потік у колі:

$$\Phi = \frac{i \cdot w}{R_{MM} + R_{M\delta}},$$

Де

$$R_{MM} = \frac{i \cdot w}{\Phi} - \frac{\delta}{\mu_0 S}. \quad (3)$$

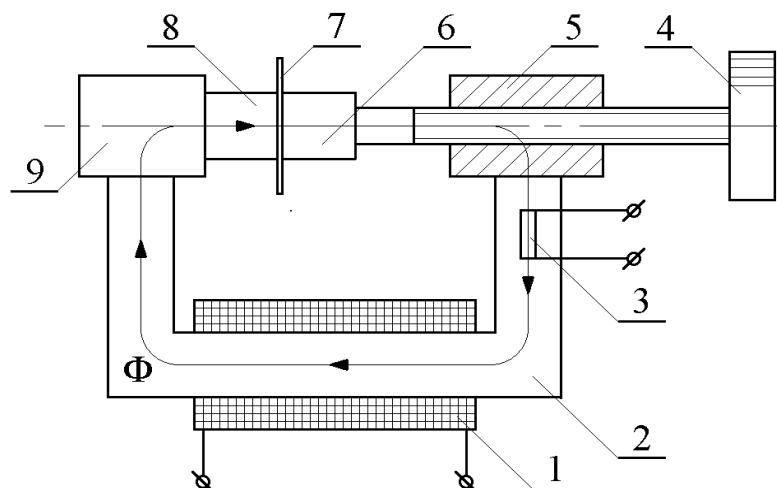


Рис. 2. Схема градування давача магнітного потоку:

1 – обмотка; 2 – магнітопровід намагнічувального пристрою;

3 – вбудований давач магнітного потоку; 4 – гвинт рухомого полюса;

5, 9 – магнітопровід градувального пристрою; 6, 8 – полюси градувального пристрою;

7 – немагнітна прокладка

Отримати однакові значення магнітного потоку можна, замінюючи прокладки з немагнітного матеріалу (наприклад, з бронзи) різної товщини. Гвинтовий механізм закріплення прокладок виконаний так, що він не впливає на магнітний потік рухомого з'єднання. Регулюванням струму обмотки можна отримати однакову напругу з магнітного давача за різних величин зазору магнітопроводу. Можна прирівняти значення магнітних опорів магнітопроводу з різними зазорами:

$$\frac{i_1 \cdot w}{\Phi} - \frac{\delta_1}{\mu_0 S} = \frac{i_2 \cdot w}{\Phi} - \frac{\delta_2}{\mu_0 S},$$

звідки

$$\Phi = \mu_0 S w \frac{i_1 - i_2}{\delta_1 - \delta_2}. \quad (4)$$

Отже, за допомогою регулювання струму в обмотці намагнічувального пристрою і прийнявши послідовність значень вихідних напруг магнітного перетворювача, можна для кожного з них однозначно отримати величину магнітного потоку за будь-якої нелінійності характеристики перетворювача.

Висновки. Врахування величини магнітного потоку зовнішнього намагнічення дає змогу виміряти магнітний опір ділянки контролю. Вимірювання магнітного опору між точками основного металу з'єднаних деталей не потребує визначення характеру зміни поля розсіювання у перерізі шва. Зона зварного з'єднання виступає як місце локалізації дефектів, а положення їх у перерізі не важливе, оскільки ремонту підлягає уся ділянка. У певних межах зміни магнітного опору зварний шов можна вважати придатним для використання без додаткової доробки. Запропонований спосіб може використовуватись для градування за магнітним потоком намагнічувального пристрою з електромагнітом будь-якої конструкції. Враховуючи необхідність отримання великої кількості числових градувальних значень за відсутності визначеної функціональної залежності вихідної напруги перетворювача від магнітного потоку, цей спосіб доцільно використовувати у комп'ютерних системах вимірювання і неруйнівного контролю.

1. ДСТУ EN 1291-2001. Контроль неразрушающий сварных соединений. Магнитопорошковый контроль сварных соединений. Приемочные критерии. 2. ГОСТ 3242-79 "Соединения сварные. Методы контроля качества". 3. ГОСТ 21104-75 "Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод". 4. Дейнека Р. Спосіб локальної дефектометрії ферромагнітних матеріалів // Патент України на корисну модель № 98242. Бюлетень № 8 від 27.04.2015 р. 5. Мікроелектронні сенсорні пристрої магнітного поля; за ред. З. Ю. Готри. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2001. – 412 с. 6. Коновалов Н. Н. Нормирование дефектов и достоверность неразрушающего контроля сварных соединений. – М.: ФГУП НТЦ "Промышленная безопасность", 2006. – 112 с. 7. Горкунов Э. С. Магнитопорошковая дефектоскопия и магнитная структуроскопия. – Екатеринбург, 1999. 8. Щербин В. Е., Горкунов Э. С. Магнитный контроль качества металлов. – Екатеринбург, 1996. 9. ЦВ-0052 "Інструкція з неруйнівного контролю деталей та вузлів вагонів магнітопорошковим, вихрострумовим та ферозондовим методами і з випробування на розтягнення". 10. Механіка руйнування і міцність матеріалів: довідниковий посіб. – Т. 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика; під ред. З. Т. Назарчука. – Львів: ФМІ, 2001. – 1133 с.