

БАГАТОПАРАМЕТРОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТРУБЧАСТИХ ВИРОБІВ

М.Д. Кузьмін¹, В.В. Себко²

¹ *Магістр каф. «Хімічна техніка та промислова екологія» НТУ «ХПІ»*

² *Д.т.н., проф. каф. «Хімічна техніка та промислова екологія» НТУ «ХПІ»*

На сьогодні, реалізація методів неруйнівного контролю (НК), є передумовою задля отримання високоякісної кінцевої продукції у перебігу серійного та масового виробництва трубчастих виробів та їх частин. У зв'язку з цим, потреби таких галузей промисловості України, як машинобудівна, енергетична, нафтогазовидобувна, металургійна та ін., потребують створення нових безконтактних багатопараметрових електромагнітних (вихорострумових) методів і пристроїв, що їх реалізують, для контролю параметрів трубчастих виробів не лише в процесі виготовлення, а й експлуатації.

Метою роботи є дослідження багатопараметрового вихорострумового методу контролю параметрів феромагнітних трубчастих виробів.

Завдання дослідження:

1. Розробити алгоритм вимірювальних і розрахункових процедур.
2. Навести співвідношення, які описують трипараметровий вихорострумовий метод сумісного вимірювального контролю параметрів трубчастого зразка.

Трипараметровий вихорострумовий метод контролю параметрів феромагнітних трубчастих виробів

Скориставшись результатами робіт, отримаємо формулу для визначення магнітного потоку в стінці та всередині труби за умови її тонкостінності $d/a \ll 1$ (де d - товщина стінки; a - зовнішній радіус труби) і в разі застосування магнітного поля вихорострумового перетворювача (MFG) низьких частот $d/\delta \gg 1$ (де δ - глибина проникнення магнітного поля в стінку труби):

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \mu_r \sigma 2\pi f}}; \quad (1)$$

де μ_0 - магнітна стала; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$; f - частота магнітного поля.

Звідси магнітний потік визначають за формулою:

$$\Phi_{23\text{вн}} = \pi \cdot a \cdot b \cdot \mu_0 \cdot H_0 \left[1 + 2(\mu_r - 1) \frac{d}{b} \right]; \quad (2)$$

де b - внутрішній радіус труби; H_0 - напруженість магнітного поля поза трубою.

Фазовий кут зсуву φ_{23} магнітного потоку Φ_{23} MFG знаходять за формулою:

$$\text{tg} \varphi_{23\text{вн}} = \frac{db}{\delta^2 \mu_r}. \quad (3)$$

ЕРС, яка створюється потоком Φ_{23} всередині вимірювальної обмотки MFG, можна знайти за формулою:

$$E_{23\text{нар}} = 4,44 f w_u \Phi_{23}; \quad (4)$$

де ω - число витків вимірювальної обмотки MFG.

ЕРС MFG при відсутності феромагнітного трубчастого зразка визначають за формулою:

$$E_0 = 4,44 f w_u S_0 \mu_0 H_0; \quad (5)$$

де S_0 - площа поперечного перерізу повітря всередині трубчастого зразка.

Магнітна індукція виражається формулою:

$$B_{23\text{вн}} = \frac{\mu_0 \cdot H_0 \cdot b \left[1 + 2 \cdot (\mu_r - 1) \cdot \frac{d}{b} \right]}{a}. \quad (6)$$

У цьому випадку ЕРС, індуквану у вимірювальній обмотці магнітним потоком всередині труби, знаходимо за формулою:

$$E_{\text{двн}} = 4,44 f w_d S_d \frac{\mu_0 \cdot H_0 \cdot b \left[1 + 2 \cdot (\mu_r - 1) \cdot \frac{d}{b} \right]}{a}. \quad (7)$$

З формули (7) знаходимо відносну магнітну проникність трубчастого виробу $\mu_{\text{рнар}}$, у вигляді:

$$\mu_{\text{рнар}} = \frac{E_d a}{2 \cdot 4,44 f \mu_0 H_0 S_d w_d d} - \frac{b}{2d} + 1. \quad (8)$$

Формули (1) і (3) дають можливість визначити величину питому електричну провідність трубчастого виробу σ , за формою:

$$\sigma_t = \frac{\text{tg} \varphi_{23}}{\pi d b f \mu_0}. \quad (9)$$

Значення температури t трубчастого виробу, знаходять за формулою:

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left[\frac{\sigma_1 \pi d b \mu_0 f}{\text{tg} \varphi_{23}} - 1 \right] + t_1; \quad (10)$$

Таким чином, досліджено трипараметровий вихорострумний метод сумісного вимірювального контролю магнітних, електричних і температурних параметрів феромагнітного трубчастого виробу. Розроблено алгоритм сумісних трипараметрових вимірювань на базі MFG. Наведено основні співвідношення для визначення відносної магнітної проникності μ_r , питомої електричної провідності σ_t і температури t .

Список використаних джерел:

1. Бабак В.П., Маєвський С.М., Щербак Л.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі: навч. посіб. Київ: Либідь, 1993. 194 с.
2. Бабак В.П., Хандецький В.С. Обробка сигналів. Київ: «Либідь», 1999. 495 с.
3. Білокур І.П. Основи дефектоскопії. Підручник // І.П. Білокур Київ: «Азимут-Україна», 2004.-496 с.