



УДК 620.179.1:669.15

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-20

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИХРОСТРУМОВИХ ДЕФЕКТОСКОПІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФЕРОМАГНІТНИХ МЕТАЛОВИРОБІВ

Коваленко Л. Р., к. т. н.,

Коваленко О. І., к. т. н.

Запорізький національний університет

e-mail: oleksandr071967@gmail.com

**Анотація** – розглянуто перспективи використання вихрострумів для поточного контролю феромагнітних металовиробів. Використання дозволяє досліджувати порожнини і внутрішню поверхню отворів, деталі, конструкції різної форми на наявність дефектів, що забезпечує збільшення продуктивності методу контролю металовиробів і скорочення витрат дефектоскопічних матеріалів.

**Ключові слова:** неруйнівний контроль, вихрострумівий дефектоскоп, феромагнітні металовироби, дефектоскопічний матеріал.

**Постановка проблеми.** Однією з найбільших проблем металургії під час виробництва продукції з гарячекатаної спеціальної сталі та сплавів є забезпечення високої якості. Якість металургійної продукції на етапі виробництва визначається, як характеристика дефектів готової продукції, параметрів у відповідності до технічних умов та конкретними її споживчими властивостями. Необхідно виконувати контроль великої кількості різнобічних параметрів на різних стадіях технології виготовлення феромагнітної продукції, для отримання інформації про фактичний стан виробу. При цьому витрати на контроль якості продукції, що виготовляється, складає близько 40-45% трудовитрат на виготовлення феромагнітних металовиробів.

**Аналіз останніх досліджень.** Показники якості промислової продукції – це параметр або вірогідна характеристика параметру, що використовується для кількісного опису будь-якої ознаки продукції. За допомогою цих якісних характеристик в технічній документації задається якість готової продукції [1]. Вихрострумівий контроль феромагнітних виробів почали використовувати в основному в результаті відкриття електромагнітної індукції. Далі розробки Форстера дозволили адаптувати вихровий струм для промислового використання [1, 2]. При великому різноманітті методів контролю якості феромагнітних металовиробів, особливе місце займає вихрострумівий метод неруйнівного контролю, який представляє

собою процес оцінки якостей, які характеризують властивості виробів, ознак та параметрів. Після проведення неруйнівного контролю виробу не змінюють своїх характеристик та придатні до подальшого використання [3].

**Формулювання цілей статті.** Метою роботи є аналітичне дослідження використання вихрострумів дефектоскопів для контролю феромагнітних металовиробів, обґрунтування ефективності вихрострумової дефектоскопії при контролі феромагнітних металовиробів зі складною поверхнею та різними електромагнітними властивостями матеріалу.

**Основні матеріали дослідження.** Для здійснення сучасної вихрострумової дефектоскопії застосовують широку номенклатуру серійних приладів. Але в кожному окремому випадку має місце специфіка, яка обумовлює необхідність додаткових досліджень і розробку спеціалізованих засобів контролю. Особливо це стосується дефектоскопії виробів, які мають складну поверхню. При цьому важливою проблемою є відображення форми і розмірів виявлених дефектів, які виявляються як в процесі експлуатації виробів, так і при їх виготовленні, тобто потрібний перехід від дефектоскопії до дефектометрії [3]. Структурна схема дефектоскопа представлена на рис. 1.

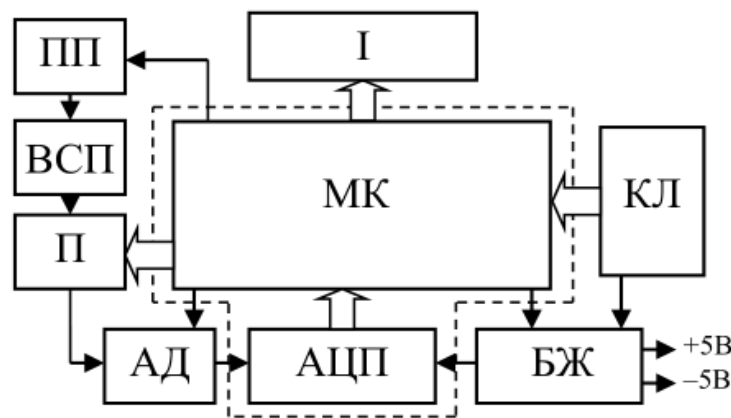


Рис. 1. Структурна схема вихрострумів дефектоскопа

Вихрострумів дефектоскоп складається з мікроконтролера (МК), індикатора (І), підсилювача потужності (ПП), вихрострумів перетворювачів (ВСП), цифрового потенціометра (П), амплітудного детектора (АД), аналого-цифрового перетворювача (АЦП), блока живлення (БЖ) та клавіатури (КЛ).

Головною вимогою, що висувається до сучасних дефектоскопів, є можливість виконувати контроль різноманітних як за формою, так і за властивостями металовиробів. Найбільш розповсюдженими

об'єктами, які потребують визначення якості, є феромагнітні металовироби.

При проведенні контролю якості металовиробу доцільно враховувати температуру металу і температуру оточуючого середовища. Дефектоскоп повинен мати можливість оцінювання еквівалентних геометричних розмірів виявлених дефектів з відображенням результатів візуально і на слух. При практичному застосуванні вихрострумових дефектоскопів важливим параметром є значення відношення сигнал-шум. Дефектоскопи працюють з комплектом локальних ВСП [3].

Проведені дослідження впливу наявного дефекту металовиробу на сигнал вихрострумових перетворювачів показують, що амплітудний метод контролю суттєво ефективніший, ніж фазовий. Тому пропонується застосовувати саме амплітудний метод для контролю якості феромагнітних металовиробів [4].

Залежності впливу частоти на відношення амплітуд сигнал-шум (відношення потужності корисного сигналу до потужності шуму) при різних глибинах дефектів феромагнітного металовиробу (0,2; 0,5 та 1 мм) представлено на рис. 2.

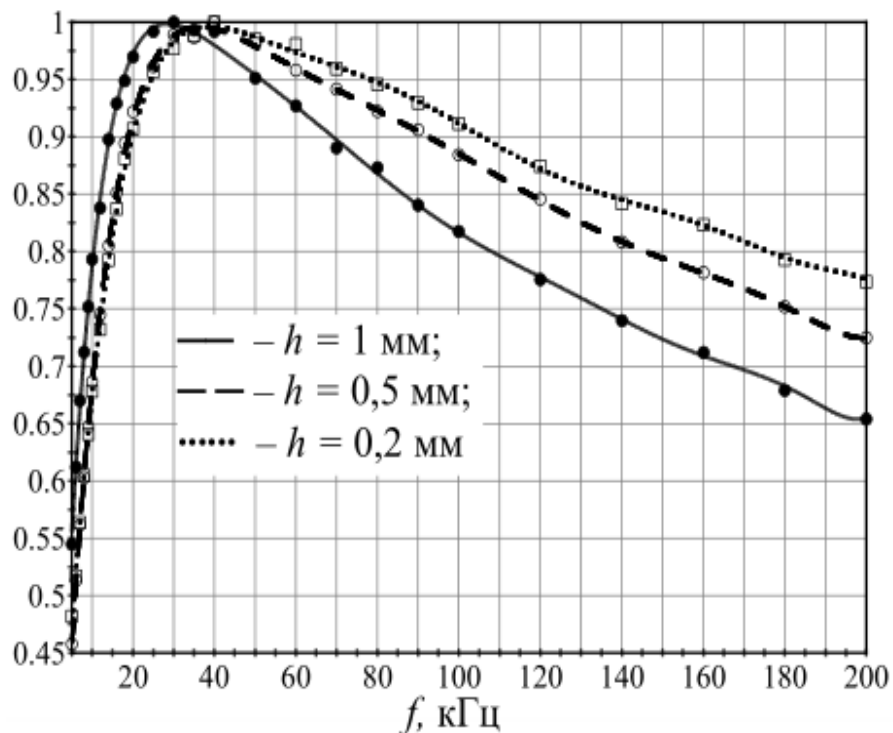


Рис. 2. Залежність відношення сигнал-шум від частоти

Відношення сигнал-шум досягається при живленні ВСП струмом у діапазоні частот від 20 до 60 кГц, при цьому величина робочої частоти залежить від параметрів конкретного дефекту. Для підвищення ефективності контролю доцільно використовувати струм

збудження ВСП з частотою  $f = 50 \pm 10$  кГц. Найбільше значення амплітуди сигналу вимірювальної обмотки ВСП відзначається при кутах орієнтації дефекту  $\varphi = 40^\circ \dots 50^\circ$ . Орієнтація робочої зони ВСП відносно тріщини відображена на рисунку 3.

Процес контролю переміщення ВСП необхідно виконувати двічі – другий раз з кутом, зміненим на  $\pm 40^\circ \dots 50^\circ$  щодо положення при першому проході сканування. Такий підхід дозволяє визначати характер дефекту: тріщина чи колоподібний дефект, що має суттєве значення для експлуатації об'єкта, що контролюється.

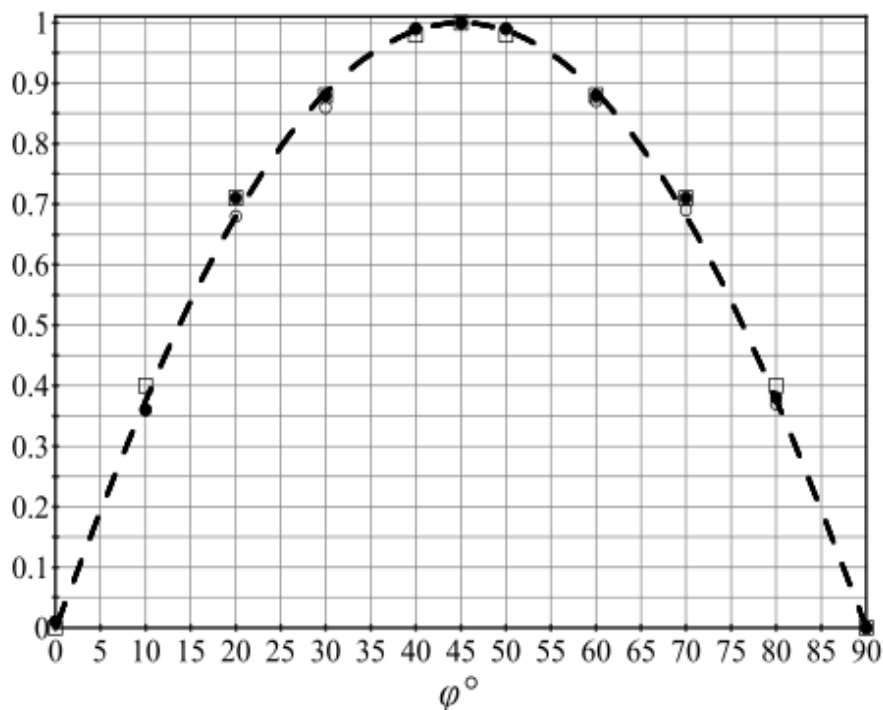


Рис. 3. Залежність сигналу ВСП від кутів орієнтації дефекту  $\varphi$

Для вихрострумових перетворювачів коливання зазору в межах 0,5 мм викликає зміну корисного сигналу менше ніж на 30 % (рис. 4). Вплив глибини поверхневих дефектів на амплітуду сигналу ортогонального вихрострумового перетворювача представлений на рис. 4.

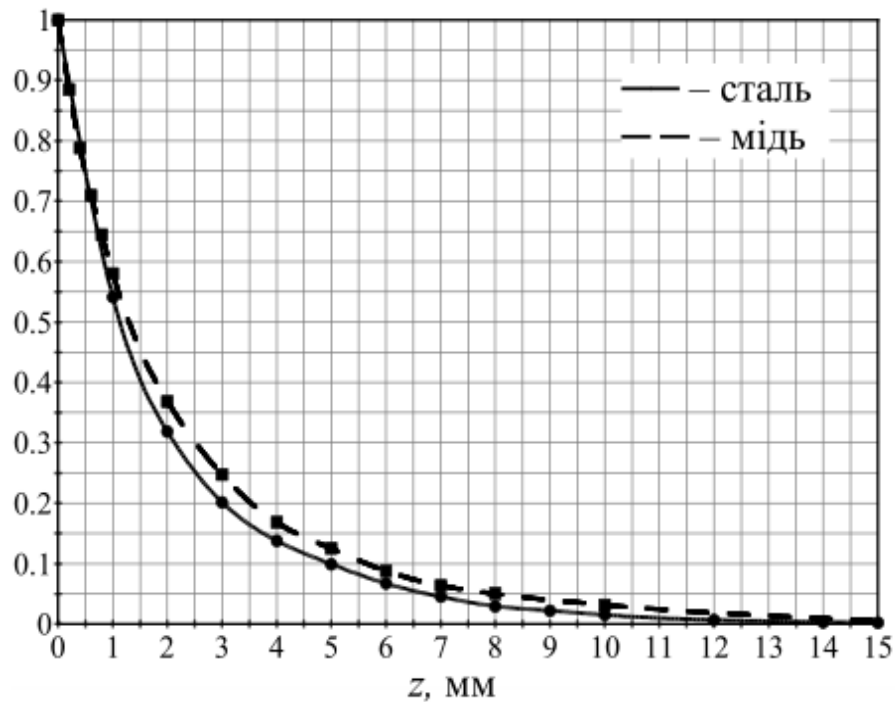


Рис. 4. Залежність значення сигналу ВСП від зазору  $z$

У загальному випадку залежність сигналу від глибини дефектів нелінійна і повільно зростає. При цьому зі збільшенням глибини дефектів зростання кривої сповільнюється. Дані залежності дозволяють проводити оцінку глибини дефектів як на гладких, так і на шорстких поверхнях об'єкту. Вплив на сигнал перекошу ВСП вздовж і поперек дефекту має однаковий характер. Виявлення дефекту з розкриттям – 0,3 мм і глибиною – 2 мм за рівнем відношення сигнал-шум, що дорівнює 2, може бути здійснене при кутах ВСП до  $12,5^\circ$  [3].

Вихрострумний контроль дозволяє виявляти як поверхневі, так і підповерхневі (залягають на глибині 1-4 мм) дефекти. Контроль вихровими струмами можна виконувати без безпосереднього механічного контакту перетворювачів з об'єктом, що дозволяє вести контроль при взаємному переміщенні перетворювача і об'єкта з великою швидкістю, наприклад, в технологічному потоці. Об'єктами контролю є основний метал, зварні з'єднання конструкцій, а також деталі.

Вихрострумним контролем можуть бути виявлені: кувальні, штампувальні, шліфувальні тріщини, надриви в елементах конструкцій та деталях, неметалеві вклучення, пори в поковках і прокаті; тріщини, що виникли в елементах конструкцій та деталях при експлуатації машин [4, 5].

**Висновок.** Встановлено, що дефектоскопія є рівноправна і невід'ємна ланка технологічних процесів, що дозволяє підвищити надійність металургійної продукції, що випускається. Запропонованим методом можна контролювати вироби будь-яких габаритних розмірів і форм, якщо магнітні властивості матеріалу



дозволяють намагнічувати його до ступеня, достатньої для створення поля розсіювання дефекту, здатного притягати частинки ферромагнітного порошку.

Вихрострумний контроль дозволяє виявляти як поверхневі, так і підповерхневі дефекти. Контроль можна виконувати без прямого механічного контакту перетворювачів з об'єктом, що дозволяє вести контроль при взаємному переміщенні перетворювача і об'єкта з великою швидкістю.

Надійності контролю сприяє його автоматизація, вдосконалення методик, а також раціональне поєднання декількох методів.

### Список використаних джерел

1. Білокур І. П. Основи дефектоскопії. Київ: Азимут-Україна, 2004. 496 с.

2. Алёшин Н. П., Щербинский В. Г. Радиационная, ультразвуковая, магнитная дефектоскопия металлоизделий. Москва : Высшая школа, 1991. 271 с.

3. Ермолов И. Н., Останин Ю. А. Методы и средства неразрушающего контроля качества. Москва: Высшая школа, 1988. 368 с.

4. Сучков Г. М., Хомяк Ю. В., Добробаба М. В. Исследование модели накладного ортогонального вихретокового преобразователя / Вісник НТУ «ХП». 2011. № 19. С. 113–126.

5. Сучков Г. М., Хомяк Ю. В. Развитие возможностей вихретоковой дефектоскопии. *Методи та прилади контролю якості*. 2006. № 17. С. 3–7.

### АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВЫХ ДЕФЕКТΟΣКОПОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

Коваленко Л. Р., Коваленко А. И.

**Аннотация** – рассмотрены перспективы использования вихретоковых дефектоскопов для текущего контроля ферромагнитных металлоизделий. Их использование позволяет исследовать полости и внутреннюю поверхность отверстий, детали, конструкции различной формы на наличие дефектов, что обеспечивает увеличение эффективности метода контроля металлоизделий и сокращение расхода дефектоскопических материалов.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, вихретоковый дефектоскоп, ферромагнитные металлоизделия, дефектоскопический материал.



## OF USE OF EDDY CURRENT FLAW DETECTORS FOR MONITORING THE FERROMAGNETIC METAL PRODUCTS

**L. Kovalenko, O. Kovalenko**

### *Summary*

One of the problems in metallurgy is providing the high quality of the products. The quality of metallurgy products is defined as a final product defects characteristic, product parameters according to the technical assignment and specific consumer properties of the product.

Prospects of use of eddy current flaw detectors for monitoring the ferromagnetic metal products have been given. Use of this type of flaw detectors allows studying cavities and the inner surface of the holes, components, and assemblies of various shapes, and provides an increase in the effectiveness of the control method of hardware and reduce the costs of flaw detection materials.

It is appropriate to monitor metal and environment temperature during quality control of the metal product. Flaw detector should be capable of evaluating the equivalent geometrical dimensions of detected defects with sound and visual display of the results.

In general, the signal relation to the defect depth is non-linear and increases slowly. At the same time, the curve increase slows down with the defect depth increase. These relations provide the possibility to evaluate the depth of the defects both for smooth and rough objects' surfaces.

The proposed method can be used for controlling of products of any dimensions and shapes given that magnetic parameters of the material allow to magnetize it to the level sufficient for generating the leakage field in the defect that can drag in ferromagnetic powder particles.

**Keywords:** non-destructive control, eddy current flaw detector, ferromagnetic hardware, flaw detection material, defect shape.