

Вихорострумний дефектоскоп для контролю феромагнітних виробів

Розглянуто вплив перешкоджаючих факторів у процесі проведення вихорострумного контролю. На підставі комплексних досліджень взаємодії вихорострумних перетворювачів з контрольованими феромагнітними зразками, що містять дефекти типу “тріщина” розроблено резонансний спосіб відстройки від впливу основного перешкоджаючого фактора – коливань зазору між вихорострумним перетворювачем і контрольованою поверхнею. На основі резонансного способу розроблено вихорострумний дефектоскоп для контролю феромагнітних виробів.

вихорострумний контроль, перешкоджаючий фактор, резонансний спосіб відстройки, вихорострумний перетворювач

До особливостей сучасної дефектоскопії варто віднести те, що, незважаючи на широку номенклатуру серійно виробляємих приладів неруйнівного контролю [1] в кожному окремому випадку присутня специфіка (особливості структури і властивостей матеріалу, форми контрольованого виробу, побажання замовника і т.п.), що обумовлює необхідність додаткових досліджень і розробку спеціалізованого приладу. Крім того, у ряді випадків такий шлях є економічно більш прийнятним для замовника.

В останні роки у дефектоскопії струмопровідних деталей та вузлів, при вирішенні завдань технічної діагностики, все частіше використовуються електромагнітні методи неруйнівного контролю, зокрема метод вихорострумів.

Одна з основних особливостей використання вихорострумного контролю, порівняно з іншими видами неруйнівного контролю, полягає у тому, що вихідна інформація залежить від великої кількості факторів. Всі впливаючі фактори при вихорострумному контролі діляться на контрольовані параметри та перешкоджаючі фактори (параметри). В практиці вихорострумного контролю потрібне селективне визначення одного, двох, а іноді і більшої кількості параметрів об'єкта контролю. До параметрів об'єкта контролю належать: розміри (товщина, діаметр), електромагнітні параметри (питома електрична провідність, магнітна проникність та пов'язані з ними хімічний склад матеріалу, твердість, глибина поверхневих шарів термічної та хімічної обробки виробів – закалювання, цементації, знеуглецювання), а також параметри дефектів (глибина, ширина, довжина, їх розташування). Тому одна з найбільш важливих та найбільш важких проблем реалізації вихорострумного контролю - створення селективних вихорострумних приладів полягає в послабленні впливу перешкоджаючих факторів та параметрів об'єкта контролю. Ослабити вплив зовнішніх перешкоджаючих факторів зручніше ніж вплив перешкоджаючих параметрів об'єкта контролю.

Електроуршійна сила (або опір) вихорострумного перетворювача (ВСП) залежить від багатьох параметрів об'єкта контролю, а також від взаємного розташування ВСП та об'єкта контролю; тобто інформація, яка отримана від перетворювача, багатопараметрова. Це визначає як переваги, так і складнощі реалізації вихорострумного контролю. З однієї сторони, він дозволяє здійснювати багатопараметровий контроль. З іншої сторони, доводиться використовувати різні способи розділення впливу контрольованих параметрів і зменшення впливу

заважаючих контролю факторів для того, щоб здійснити селективний контроль параметрів.

Схема формування сигналу ВСП приведена на рис.1 [2].

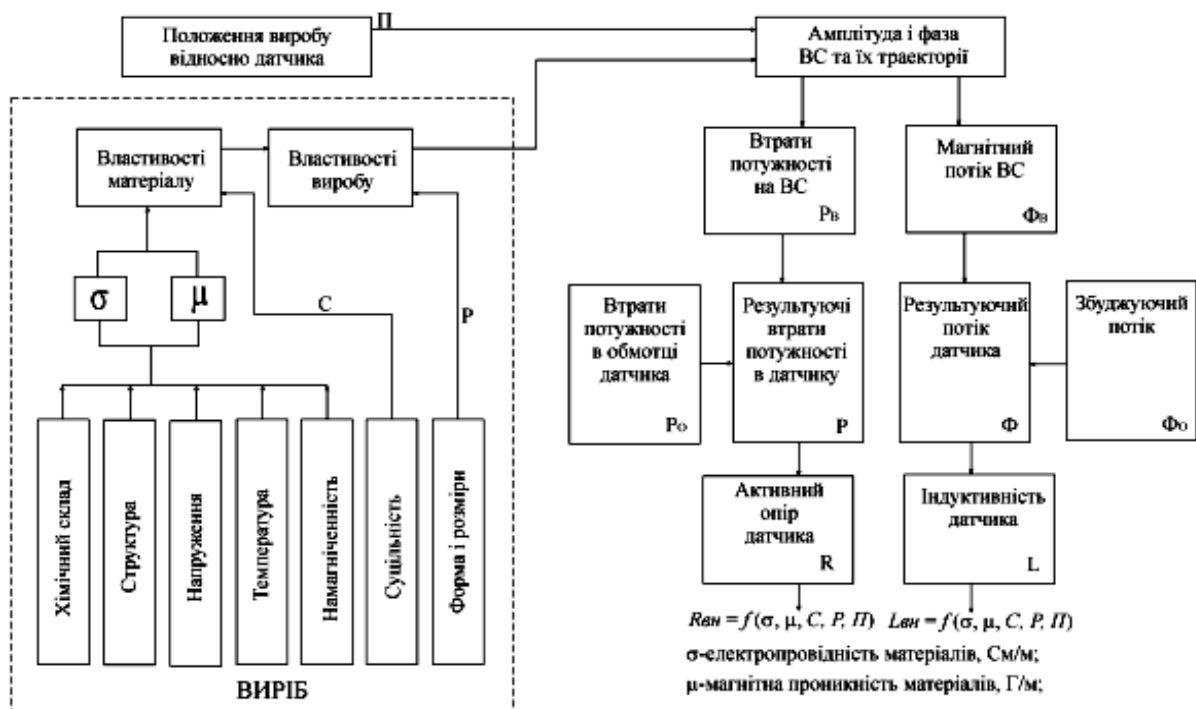


Рисунок 1 - формування сигналу вихорострумowego перетворювача

На якість показань при вихорострумовой контролі найбільший вплив оказують такі основні зовнішні перешкоджаючі фактори, як зміна температури навколишнього середовища та наявність зазору (проміжку) між накладним параметричним ВСП і контрольованою поверхнею. На виробництві в умовах цеху максимальна зміна температури при проведенні контролю в різні періоди року складає не більше $\Delta t=20^{\circ}\text{C}$. Тому така зміна температури на електричні та магнітні параметри (електропровідність σ , магнітна проникність μ) контрольованого зразка, а в підсумку на результат контролю практично не оказує впливу. Таким чином, при динамічному вихорострумовой контролі деталей серед факторів, що можуть найбільше істотно впливати на похибку вимірювань є вплив коливань зазору між ВСП та контрольованою поверхнею.

Недоліком відомих способів зменшення впливу коливань зазору [3] є погіршення розрізняльної здатності, тобто можливості виявляти дефекти при значних коливаннях зазору.

Нами розроблено новий резонансний спосіб відстройки від впливу коливань зазору. В основу запропонованого способу поставлено задачу підвищення точності контролю, тобто повного відстроювання від впливу коливань зазору між накладним ВСП і контрольованою поверхнею. Це досягається підтримкою постійним значення частоти коливань у вимірювальному коливальному контурі, при якій амплітуда напруги у цьому контурі не залежить від величини коливань зазору [4]. Запропонований спосіб здійснений наступним чином. У вимірювальну систему, яка містить вимірювальний коливальний контур, додатково вводять еталонний коливальний контур, виконаний ідентичним вимірювальному і розташований поза поверхнею феромагнітного виробу. Порівнюють сигнали від еталонного і вимірювального коливальних контурів, отриманий сигнал непогодження використовують для керування частотою автогенератора, що виробляє частоту f_0 , при якій амплітуда напруги у вимірювальному

коливальному контуру не залежить від величини зазору. Робоча частота f_0 обирається на лівому схилі характеристики вимірювального коливального контуру.

Здійснення способу представлено на рис.2, де зображені резонансні характеристики вимірювального коливального контуру в різних режимах роботи.

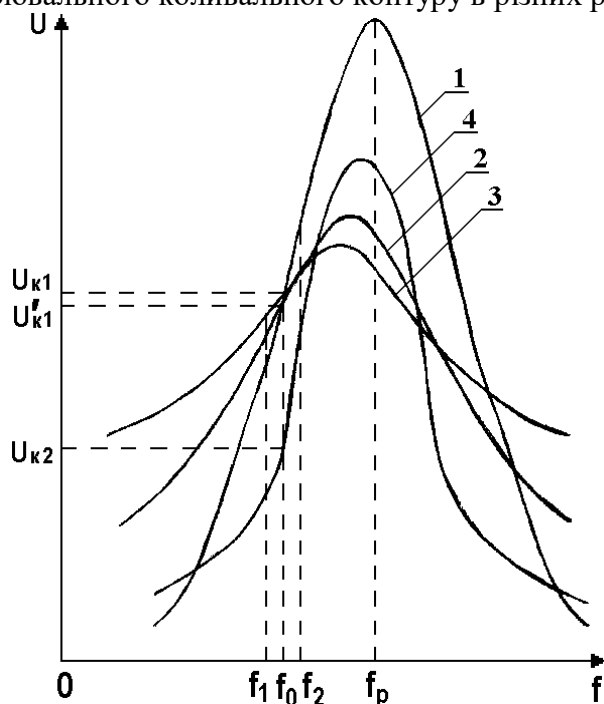


Рисунок 2 - резонансні характеристики вимірювального коливального контуру

Відповідно крива 1 - характеристика еталонного коливального контуру і збіжна з нею характеристика вимірювального коливального контуру, який знаходиться поза поверхнею феромагнітного виробу. Резонансна частота цього контуру дорівнює f_p . Криві 2 і 3 - характеристики вимірювального коливального контуру, що відповідають станам при наближенні і встановленні накладного ВСП на поверхню феромагнітного виробу, відповідно. Крива 4 - характеристика вимірювального коливального контуру, що відповідає встановленню накладного ВСП над дефектом типу "тріщина". Резонансні криві 1, 2 і 3 приблизно перетинаються у точці, яка відповідає частоті f_0 . Частота f_0 - робоча частота вимірювального коливального контуру; f_1 і f_2 - частоти, на яких амплітуда напруги у еталонному коливальному контурі менше, ніж у вимірювальному коливальному контурі і більше, відповідно.

При зміні зазору між ВСП та контрольованою поверхнею змінюються внесена індуктивність і активний опір у вимірювальному коливальному контурі, а отже змінюється амплітудно-частотна характеристика (рис.2 криві 2,3). Можна обрати робочу частоту вимірювального коливального контуру f_0 такою, щоб при зміні зазору напруга на вимірювальному коливальному контурі $U_{к1}$ майже не буде змінюватися. В той же час, зміна зазору призведе до суттєвої зміни напруги ($U_{к2}$).

Запропонований спосіб може бути використаний для забезпечення більш точного визначення дефектів типу "тріщина" при виготовленні та експлуатації феромагнітних виробів незалежно від впливу зазору між накладним ВСП і поверхнею феромагнітного виробу, що контролюється.

Запропонований резонансний спосіб відстройки від впливу коливань зазору реалізовано при побудові вихорострумового дефектоскопа для контролю феромагнітних виробів [5]. Узагальнена структурна схема вихорострумового дефектоскопу приведена на рис.3. Дефектоскоп складається з послідовно з'єднаних

автогенератора синусоїдальної напруги 1, вихід якого з'єднаний через вимірювальний коливальний контур 2 з першим входом суматора 5, увімкненого за схемою віднімання, другий вхід якого підключений до виходу еталонного генератора синусоїдальної напруги 3, вихід вимірювального коливального контуру 2 через диференціатор 4 (фільтр високих частот) підключено до пристрою індикації 6, а вихід суматора 5 через фільтр низьких частот 7 підключено до керуючого входу автогенератора 1. В зв'язку з тим, що на практиці складно виготовити абсолютно ідентичні коливальні контури (вимірювальний та еталонний), тому в дефектоскопі замість еталонного коливального контуру використано еталонний генератор синусоїдальної напруги.

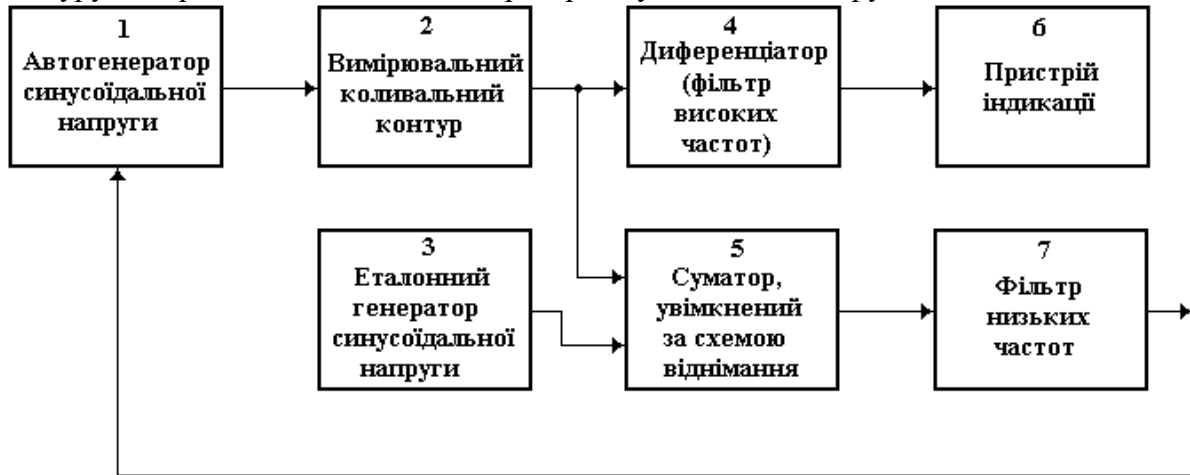


Рисунок 2 – узагальнена структурна схема вихорострумowego дефектоскопу

Вихорострумний дефектоскоп працює наступним чином. Автогенератор, що є джерелом синусоїдальної напруги, збуджує підключений до його виходу вимірювальний коливальний контур. Автоматичне настроювання частоти автогенератора виконується наступним чином. Вихідна напруга вимірювального коливального контуру, яка містить інформацію про величину проміжку і про наявність дефекту у виробі, надходить на перший вхід суматора. Одночасно на другий вхід суматора надходить вихідна напруга з еталонного генератора синусоїдальної напруги, частота якого дорівнює частоті коливань у вимірювальному коливальному контурі у випадку, коли вихорострумний перетворювач знаходиться поза контрольованою поверхнею, тобто у повітрі. Сигнали у вигляді вихідних напруг вимірювального коливального контура та еталонного генератора синусоїдальної напруги порівнюються у суматорі за амплітудою. Внаслідок цього на вході суматора, який увімкнений за схемою віднімання, в залежності від співвідношення сигналів утворюється різницевий сигнал, який проходячи через фільтр низьких частот надходить на керуючий вхід автогенератора і керує його частотою. В результаті підбирається така частота автогенератора, при якій сигнали з вимірювального коливального контуру та еталонного генератора синусоїдальної напруги будуть однаковими. При цьому відбувається відстроювання від впливу від такого заважаючого фактора, як коливання зазору між накладним ВСП, який входить у вимірювальний коливальний контур, та поверхнею металевого виробу, що контролюється. Поява тріщини призводить до різької зміни вихідного сигналу з вимірювального коливального контура. Такі швидкі імпульсні зміни згладжуються фільтром низьких частот і не впливають на настройку автогенератора. Сигнал у вигляді цих швидких імпульсних змін пропускається фільтром високих частот і надходить до пристрою індикації. Сигнал, який обумовлено зміною проміжку, є повільним та знаходиться у смузі пропускання фільтра низьких частот і подається на керуючий вхід автогенератора. Цим досягається підтримка

постійного значення частоти у вимірювальному коливальному контурі. При цьому здійснюється повне відстроювання від впливу коливань зазору між накладним вихорострумовим перетворювачем і поверхнею металевого виробу, що контролюється.

Запропонований дефектоскоп дає можливість підвищити точність контролю при визначенні дефектів порушення суцільності у металі типу “тріщина” в процесі виготовлення та експлуатації ферромагнітних деталей та виробів. Він може бути використаний у складі автоматизованих систем неруйнівного контролю [6, 7].

Список літератури

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий, Справочник: В 2 кн./Под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. – 352 с.
2. Неразрушающий контроль материалов и изделий: Справочник/ Под ред. Г.С. Самойловича. - М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
3. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. - М.: Машиностроение, 1980. - 232 с.
4. Деклараційний патент 34933А Україна, МКИ G01N27/86. Спосіб повного відстроювання від впливу проміжку у вихорострумовій дефектоскопії ферромагнітних виробів/ Б.І. Ващенко, Д.В. Трушаков; Кіровоградський державний технічний університет. - №99074185; Заявл. 20.07.1999; Опубл. 15.03.2001.
5. Патент на винахід 62570 Україна; МКИ G01N27/00, G01N27/90. Вихорострумовий дефектоскоп для контролю металевих виробів/ В.Ф. Гамалій, В.Ф. Пащенко, Д.В. Трушаков; Кіровоградський державний технічний університет. - №2003043228; Заявл. 10.04.2003; Опубл. 15.07.2005.
6. Плешков П.Г., Серебренніков С.В., Трушаков Д.В. Вихорострумовий дефектоскоп та сканувальний пристрій для поточного контролю металевих виробів форми тіл обертання// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2000. - №1. - С. 70-71.
7. Gamaliy V, Trushakov D. Microprocessor System for Non-Destructive Diagnostics// 15-th Conference on Non-Destructive Testing. Rome (Italy) – 15-21 October 2000. – P.608.

Рассмотрено влияние мешающих факторов в процессе проведения вихретокового контроля. На основе проведения комплексных исследований взаимодействия вихретоковых преобразователей с контролируемыми ферромагнитными образцами содержащими дефекты типа “трещина” разработан резонансный способ отстройки от влияния основного мешающего фактора – изменения зазора между вихретоковым преобразователем и контролируемой поверхностью. На основе резонансного способа разработан вихретоковый дефектоскоп для контроля ферромагнитных изделий.

In the article there has been presented influence disturbing factors in the process of eddy-current testing. On basis of the complex research of interaction eddy-current transformers and ferromagnetic specimens with “crack” type defects developed a resonance method dejam of influence the main disturbing factor- variable air-gap fluctuation between the eddy-current transformers and tested surface. On the basis of resonance method developed a eddy-current defectoscope for testing ferromagnetic manufactured goods.

Одержано 7.10.05