



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46497 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 27/90МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИХРОСТРУМОВОЇ ДЕФЕКТОМЕТРІЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ВИРОБІВ

1

(21) u200906792

(22) 30.06.2009

(24) 25.12.2009

(46) 25.12.2009, Бюл.№ 24, 2009 р.

(72) УЧАНІН ВАЛЕНТИН МИКОЛАЙОВИЧ

(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.
КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ

(57) 1. Спосіб вихрострумової дефектометрії електропровідних виробів, при якому за допомогою змінного електромагнітного поля обмотки збудження вихрострумового перетворювача створюють в контрольованому об'єкті вихрові струми, сканують поверхню контрольованого виробу вихрострумовим перетворювачем і визначають за допомогою чутливого елемента вихрострумового перетворювача годограф сигналу від дефекту, по годографу сигналу від дефекту визначають інформативні параметри кута нахилу дефекту відносно контрольованої поверхні, за якими визначають нахил дефекту, по положенню крайніх точок і на-

2

хилу годографа з врахуванням визначеного перед тим кута нахилу дефекту визначають розміри і глибину залягання дефекту, який **відрізняється** тим, що годограф сигналу від дефекту в комплексній площині реєструють у перпендикулярному відносно дефекту напрямку, визначають площу, яку охоплює контур, що характеризує годограф дефекту, який використовують як інформативний параметр для визначення кута нахилу дефекту.

2. Спосіб за п. 1, при якому додатково визначають максимальне відхилення годографа дефекту від початкової точки, яка відповідає знаходженню вихрострумового перетворювача в бездефектній зоні, а про кут нахилу дефекту судять по відношенню площі годографа дефекту до максимального відхилення годографа від початкової точки.

3. Спосіб за пп. 1, 2, при якому контрольований об'єкт в зоні контролю додатково намагнічують постійним магнітним полем.

Корисна модель відноситься до засобів неруйнівного контролю вихрострумовим методом і може бути використана для визначення параметрів (зокрема кута нахилу) тріщиноподібних дефектів у виробках із електропровідних матеріалів, наприклад залізничних рейках, колесах і валах.

Відомий вихрострумовий спосіб визначення розмірів дефектів, при якому збуджують у контрольованому об'єкті вихрові струми і визначають максимальні значення складових електромагнітного поля дефекту, по амплітуді і фазі яких визначають розміри дефекту [1].

Недоліком відомого способу є неможливість визначити нахил виявлених дефектів. Крім того, без врахування нахилу дефекту неможливо точно визначити розмір дефекту, через вплив нахилу дефекту на амплітуду сигналу.

Відомий спосіб вихрострумової дефектоскопії, при якому збуджують у контрольованому об'єкті вихрові струми і визначають розподіл амплітуди ортогональних складових електромагнітного поля дефекту в напрямку, перпендикулярному напрям-

ку тріщини, на розподілі визначають максимальні і мінімальні значення амплітуди складових, по відношенню яких визначають нахил дефекту [2].

Недоліком відомого способу є неможливість реалізації під час контролю виробів із феромагнітних матеріалів, так як для них симетрія розподілу сигналу вихрострумового перетворювача, що пропорційна складовим електромагнітного поля, не порушується. Крім того, спосіб не дозволяє визначити розмір дефекту.

Відомий спосіб вихрострумової дефектоскопії, при якому збуджують у контрольованому об'єкті вихрові струми і визначають за допомогою чутливого елемента параметри сигналу від дефекту. При цьому, нахил дефекту визначають по відношенню різниці сигналів у двох рівновіддалених від проекції верхньої кромки дефекту точках до одного із цих сигналів [3].

Недоліком відомого способу є неможливість визначення нахилу тріщин у виробках із феромагнітних матеріалів, так як для них симетрія розподілу сигналу чутливого елемента вихрострумового пе-

(13) U

(11) 46497

(19) UA

ретворювача не порушується. Відомий спосіб також не дозволяє визначити розмір дефекту.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є спосіб вихрострумової дефектоскопії, при якому збуджують у контрольованому об'єкті вихрові струми, сканують контрольовану поверхню і визначають за допомогою чутливого елементу (котушки індуктивності) годограф контрольованого сигналу від дефекту в комплексній площині, що характеризує розподіл амплітуди і фази відповідної складової вектора магнітної індукції, що створена дефектом. При цьому, в якості інформативного параметра при визначенні нахилу дефекту використовують відношення відхилення петлеподібного годографа від середини прямої, що з'єднує крайні точки годографа, до довжини цієї прямої. По нахилу прямої, що з'єднує крайні точки годографа, в комплексній площині визначають глибину залягання дефекту. Для визначених нахилу тріщини і її глибини залягання розмір тріщини визначають по довжині прямої, що з'єднує крайні точки годографа [4]. У відомому способі відхилення годографа від середньої точки кількісно визначає порушення симетрії петлеподібного годографа сигналу дефекту при скануванні у поперечному відносно нахиленої тріщини напрямку.

Відомий спосіб передбачає використання тільки вихрострумових перетворювачів диференційного типу, сигнали яких мають петлеподібний характер. Тому цей спосіб не є універсальним і його не можна реалізувати з вихрострумовими перетворювачами довільного типу. Зокрема, його не можна використати з найбільш розповсюдженими вихрострумовими перетворювачами абсолютного типу. Крім того, відомий спосіб не дозволяє визначити нахил тріщин у виробках із феромагнітних матеріалів. Тому, відомий спосіб не дозволяє визначити і розміри нахилених дефектів у феромагнітних матеріалах, так як амплітуда або розмах годографа залежить не тільки від розміру, а від кута нахилу дефекту.

Метою запропонованого способу є забезпечення універсальності при виборі вихрострумових перетворювачів, а також забезпечення можливості визначення параметрів нахилених дефектів у виробках із феромагнітних матеріалів.

Мета досягається тим, що для дефектометрії електропровідних виробів за допомогою змінного електромагнітного поля обмотки збудження вихрострумового перетворювача створюють в контрольованому об'єкті вихрові струми. Сканують поверхню контрольованого виробу вихрострумовим перетворювачем і визначають за допомогою чутливого елементу вихрострумового перетворювача годограф сигналу від дефекту. По годографу сигналу від дефекту визначають інформативні параметри кута нахилу дефекту відносно контрольованої поверхні, за якими визначають нахил дефекту. По положенню крайніх точок і нахилу годографа з врахуванням визначеного перед тим кута нахилу дефекту визначають розміри і глибину залягання дефекту. При цьому, годограф сигналу від дефекту в комплексній площині реєструють у перпендикулярному відносно дефекту напрямку, визначають площу, яку охоплює контур, що характеризує

годограф дефекту, який використовують в якості інформативного параметру для визначення кута нахилу дефекту.

Більш точно можна визначити нахил дефекту, коли додатково визначити максимальне відхилення годографа дефекту від початкової точки, яка відповідає знаходженню вихрострумового перетворювача в бездефектній зоні, а кут нахилу дефекту визначати по відношенню площі годографа дефекту до максимального відхилення годографа від початкової точки.

Для покращення чутливості форми годографа до зміни нахилу дефекту у виробках із феромагнітних матеріалів контрольований об'єкт в зоні контролю додатково намагнічують постійним магнітним полем.

На фіг. 1 представлено годографи сигналу вихрострумового перетворювача у комплексній площині для дефектів, що мають кут (ρ нахилу відносно контрольованої поверхні):

а - $\varphi = 90^\circ$; б - $\varphi = 68^\circ$; в - $\varphi = 56^\circ$; г - $\varphi = 38^\circ$.

Розглянемо реалізацію запропонованого способу на прикладі визначення нахилу поверхневої тріщини, що залягає в алюмінієвому виробі. Сканують поверхню контрольованого об'єкту вихрострумовим перетворювачем в напрямку, який є перпендикулярним до напрямку поширення тріщини по контрольованій поверхні. Зауважимо, що такий напрямок сканування при реалізації способу є найпростіший. В принципі, можна контрольований об'єкт сканувати зигзагоподібне в довільних напрямках. Але, в цьому випадку, після реєстрації сигналів необхідно для побудови годографа використати тільки значення сигналу ВСП, що отримані при положенні ВСП на одній із прямих, що є перпендикулярною до тріщини. Годограф сигналу від дефекту вихрострумового перетворювача залежить від його типу. На фіг. 1. наведено годографи сигналу найпростішого вихрострумового перетворювача абсолютного типу від дефектів з різним кутом нахилу відносно контрольованої поверхні зразка із алюмінієвого сплаву. Сигнали отримано у вигляді годографів в комплексній площині на робочій частоті 2 кГц за допомогою комп'ютеризованої системи вихрострумового контролю на основі плати EddyMax. При цьому, для тріщини сигнал під час проходження перетворювачем зони дефекту спочатку збільшується (показано на фіг. 1 стрілкою вгору) по годографу від початкової точки (точка 0 на фіг. 1), яка має місце при розташуванні вихрострумового перетворювача у бездефектній точці (точка балансування вихрострумового перетворювача), до максимуму, а потім зменшується за амплітудою повертаючись знову в початкову точку 0 (показано на фіг. стрілкою вниз). При цьому, для перпендикулярної тріщини (фіг. 1,а) частина годографа, що відповідає збільшенню амплітуди сигналу перетворювача, і частина годографа, що відповідає

зменшенню амплітуди сигналу перетворювача, співпадають. Це характерно для інших дефектів, які є симетричними відносно вертикальної осі. Площа контуру, що утворюється годографом дефекту, при цьому дорівнює нулю. Із зменшенням кута нахилу дефекту годограф помітно розширюється (фіг. 1, б-г) тим більше, чим меншим є кут нахилу дефекту. Із збільшенням ширини годографа збільшується площа, яку охоплює контур, що характеризує годограф дефекту. Таким чином, площа контуру, який охоплює годограф дефекту, може бути інформативним параметром, що визначає кут нахилу дефекту. Але такий інформативний параметр буде залежати від розміру дефекту, який впливає на «розмах» годографа (максимальне відхилення годографа від початкової точки, що характеризує максимальне значення амплітуди сигналу від дефекту). Площа годографа дефекту буде залежати також від чутливості вихрострумової апаратури. Тому відношення площі контуру, що охоплює годограф сигналу від дефекту, до максимального відхилення годографа від початкової точки буде інформативним параметром, який має інваріантні властивості відносно розміру дефекту, чутливості апаратури і інших параметрів контролю, що впливають на чутливість.

Для вихрострумового перетворювача диференційного типу годограф сигналу від дефекту має для перпендикулярної тріщини вигляд двох петель з нульовим значенням безпосередньо над тріщиною. Але із зменшенням кута нахилу дефекту відхилення годографа сигналу диференційного вихрострумового перетворювача від прямої, що з'єднує крайні точки годографа в комплексній площині і відповідна площа контуру, що охоплює годограф також збільшується.

Для реалізації розглянутого способу роботи частоти необхідно вибирати достатньо низькими, щоб зменшити вплив скін-ефекту і забезпечити таким чином чутливість до нижньої частини дефекту. У феромагнітних матеріалах глибина проникання вихрових струмів за рахунок сильного впливу магнітної проникності значно зменшується і вплив кута нахилу дефекту на розподіл сигналу і характер годографа сильно зменшується. Зменшити вплив магнітної проникності і збільшити глибину проникання вихрових струмів при контролі виробів із феромагнітних матеріалів можна шляхом додаткового намагнічування контрольованої зони виробу постійним магнітним полем. Особливо це ефект проявляється при намагнічуванні контрольованого матеріалу до стану технічного насичення.

Для реалізації винаходу на контрольних зразках з тріщинами різного нахилу, виготовленими із матеріалу контрольованого об'єкту, експериментальне визначають залежність площі контуру, що охоплює годограф дефекту, (або залежність відношення площі годографа дефекту до максимального відхилення годографа від початкової точки)

від кута нахилу тріщини. Отриману залежність використовують для визначення кута нахилу тріщини при проведенні контролю. Крім того, за допомогою контрольних зразків з тріщинами різного нахилу, але різного розміру і глибини залягання, отримують залежності амплітуди і фази сигналу в точці максимальних амплітуд годографа для різних кутів нахилу тріщини. В подальшому для визначення розміру нахиленої тріщини спочатку визначають її нахил по визначеній вище процедурі, а потім по амплітуді сигналу на основі використання залежності амплітуди сигналу від розміру тріщини для визначеного кута нахилу тріщини визначають розмір тріщини, наприклад її глибину. На основі аналогічно отриманих фазових залежностей сигналу перетворювача від глибини його залягання визначають глибину залягання дефекту по фазі сигналу в точці його максимальної амплітуди.

Запропонований спосіб має принципове значення для визначення працездатності виробів, в яких утворюються нахилені тріщини. Нахилені тріщини експлуатаційного походження утворюються, зокрема, в залізничних рейках або колесах при взаємодії рейки з колесом в процесі кочення. Крім того, нахилені дефекти можуть утворюватися у процесі виробництва виробів шляхом прокатування. Одним із прикладів є утворення нахилених тріщин при виготовленні залізничних осей. В цьому випадку відсутність можливості визначення нахилу тріщини за допомогою звичайних вихрострумових дефектоскопів, в яких не передбачено намагнічування постійним магнітним полем, призводить до додаткової похибки при визначенні глибини тріщини і відповідно товщини поверхневого шару матеріалу, що підлягає видаленню при кінцевій обробці осей [5].

Джерела інформації:

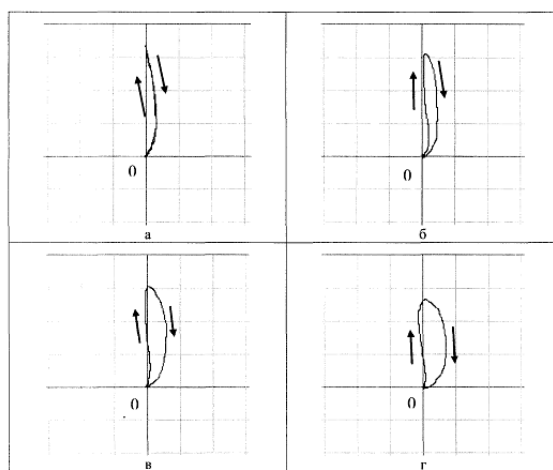
1. Вихретоковый способ определения размеров дефектов: А.с. 926580 СССР, МКИ G 01 N 27/90. / А.Я. Тетерко, В.Н. Учанин. Опубл. 07.05.82, Бюл. № 17.

2. Способ электромагнитной дефектоскопии: А.с. 834495 СССР, МКИ G 01 N 27/90. / В.Н. Учанин, А.Я. Тетерко. Опубл. 30.05.81, Бюл. № 20.

3. Способ вихретоковой дефектометрии: А.с. 1627970 СССР, МКИ G 01 N 27/90. / В.Н. Учанин. Опубл. 15.02.91, Бюл. № 6.

4. Способ вихретоковой дефектометрии неферромагнитных объектов: А.с. 847176 СССР, МКИ G 01 N 27/86. / В.Н. Учанин, А.Я. Тетерко. Опубл. 15.07.81, Бюл. № 26.

5. Учанин В.М., Гоголя В.М., Луценко Г.Г. Дослідження вихрострумових методів оцінки глибини довгих тріщин в феромагнітних матеріалах // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. - Вип. 8: Неруйнівний контроль та діагностика неоднорідних об'єктів. - Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України. - 2003. -С. 76-83.



Фіг. 1