



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 146773

(13) U

(51) МПК

G01N 27/90 (2021.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2020 05911	(72) Винахідник(и):	Учанін Валентин Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки:	15.09.2020	(73) Володілець (володільці):	ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В. КАРПЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ,
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	18.03.2021		вул. Наукова, 5, м. Львів, 79061 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	17.03.2021, Бюл.№ 11		

(54) СПОСІБ ВИХРОСТРУМОВОЇ ДЕФЕКТΟΣКОПІЇ КОНСТРУКЦІЙ І ВИРОБІВ ІЗ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Спосіб вихрострумової дефектоскопії конструкцій і виробів із аустенітних сталей, при якому за допомогою генератора синусоїдального сигналу і обмотки вихрострумового перетворювача збуджують в контрольованому виробі вихрові струми робочої частоти і реєструють за допомогою вихрострумового перетворювача обумовлену контрольованим виробом внесену напругу. Виділяють у внесеній напрузі вихрострумового перетворювача гармонічні складові, за якими приймають рішення про стан і якість виробу. Попередньо перед проведенням контролю виготовляють зразок із аустенітної сталі, марка якої відповідає матеріалу контрольованого виробу. Наносять на зразок механічним способом дефект, розміри якого відповідають заданому порогу чутливості. Переміщують вихрострумний перетворювач з бездефектної зони зразка в зону дефекту і спостерігають за рівнем гармоніки у вихідному сигналі вихрострумового перетворювача. Поступово збільшують рівень струму збудження основної частоти в обмотці збудження вихрострумового перетворювача, визначають оптимальний рівень струму збудження, за якого рівень гармоніки у вихідному сигналі під час переміщення в зону дефекту має максимальне значення порівняно з рівнем завад. Фіксують оптимальний рівень струму збудження, при якому проводять контроль виробу.

UA 146773 U

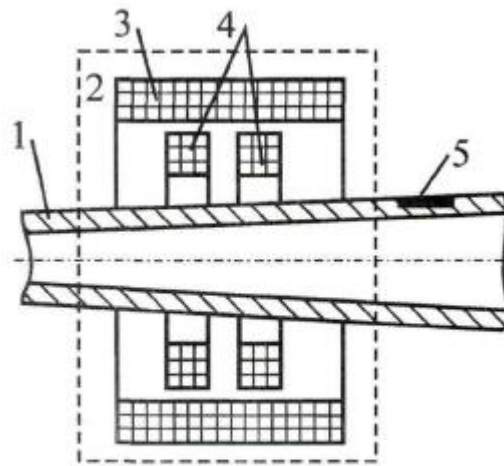


Fig. 1

Корисна модель стосується неруйнівного вихрострумового контролю і може знайти застосування, зокрема, для виявлення дефектів виробів із аустенітних сталей у машинобудуванні, хімічній промисловості, авіації тощо. Корисна модель може бути особливо ефективною для дефектоскопії виробів складної геометрії, зокрема трубок змінного профілю, зон зварних швів з валиком підсилення.

Відомі способи вихрострумового контролю немагнітних матеріалів, при яких на вихрострумовий перетворювач подають синусоїдальну напругу робочої частоти і вимірюють зміни вихідної напруги вихрострумового перетворювача на робочій частоті під час сканування робочим торцем вихрострумового перетворювача поверхні об'єкту контролю [1-3]. Для зменшення впливу завад в існуючих способах використовують різні варіанти обробки вихідного сигналу вихрострумового перетворювача, зокрема амплітудно-фазовий або двочастотний варіанти вихрострумового методу.

Недоліком відомих способів вихрострумової дефектоскопії є низька чутливість контролю виробів із аустенітних сталей складної форми, зокрема трубок змінного профілю (перерізу), через великий рівень завад, які неможливо заглушити відомими способами.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є відомий спосіб контролю електропровідних матеріалів [4, 5], при якому за допомогою обмоток вихрострумового перетворювача збуджують у контрольованому об'єкті вихрові струми і реєструють вихідний сигнал вихрострумового перетворювача, обумовлений електромагнітним полем вихрових струмів. Виділяють у вихідному сигналі гармонічні складові, за якими визначають якість виробу. Відомий спосіб стосується методу вищих гармонік і він використовується для визначення структурних змін у феромагнітних матеріалах, зокрема для контролю якості термічної обробки за допомогою вихрострумових перетворювачів абсолютного типу. Чутливість до структурних змін дозволяє визначати механічні характеристики феромагнітних сталей, зокрема твердість. Для виявлення порушень суцільності матеріалів (дефектів) метод вищих гармонік не застосовувався.

Недоліком відомого способу є низька достовірність і чутливість контролю під час його використання для дефектоскопії виробів із аустенітних сталей. Це пов'язано з відсутністю гармонічних складових через неоптимальні умови формування сигналу від дефектів в аустенітних сталях, а також відсутністю відстроювання від впливу зміни зазору в широкому діапазоні контрольованого параметра (питомого опору або питомої електропровідності) через використання вихрострумового перетворювача абсолютного типу.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення чутливості і достовірності контролю виробів складної форми із аустенітних сталей за рахунок суттєвого зменшення рівня завад.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі вихрострумової дефектоскопії конструкцій і виробів із аустенітних сталей, при якому за допомогою генератора синусоїдального сигналу і обмотки вихрострумового перетворювача збуджують у контрольованому виробі вихрові струми робочої частоти і реєструють за допомогою вихрострумового перетворювача, обумовлену контрольованим виробом внесену напругу, виділяють у внесеній напрузі вихрострумового перетворювача гармонічні складові, за якими приймають рішення про стан і якість виробу, згідно з корисною моделлю, попередньо перед проведенням контролю виготовляють зразок із аустенітної сталі, марка якої відповідає матеріалу контрольованого виробу, наносять на зразок механічним способом дефект, розміри якого відповідають заданому порогу чутливості, переміщують вихрострумовий перетворювач з бездефектної зони зразка в зону дефекту і спостерігають за рівнем гармоніки у вихідному сигналі вихрострумового перетворювача, поступово збільшують рівень струму збудження основної частоти в обмотці збудження вихрострумового перетворювача, визначають оптимальний рівень струму збудження, за якого рівень гармоніки у вихідному сигналі під час переміщення в зону дефекту має максимальне значення порівняно з рівнем завад, подальший контроль виробу проводять, фіксуючи вибраний попередньо оптимальний рівень струму збудження.

Згідно з корисною моделлю, як інформаційну можна використати п'яту гармоніку внесеної напруги вихрострумового перетворювача.

Згідно з корисною моделлю, для контролю трубок змінного профілю можна використати прохідний вихрострумовий перетворювач диференційного типу.

На фіг. 1 представлено схему прохідного вихрострумового перетворювача диференційного типу з зразком контрольованої трубки змінного профілю з дефектом, де: 1 - контрольована трубка; 2 - вихрострумовий перетворювач; 3 - обмотка збудження; 4 - вимірювальні обмотки; 5 - дефект.

На фіг. 2 зображено варіант узагальненої структурної схеми приладу для реалізації способу, де: 6 - генератор, 7 - керований підсилювач потужності, 8 - вихрострумний перетворювач, 9 - попередній підсилювач, 10 - суматор, 11 - компенсатор, 12 - фільтр, 13 - схема обробки інформаційного сигналу та індикації.

Розглянемо реалізацію запропонованого способу на прикладі дефектоскопії тонкостінних трубок змінного профілю із аустенітних сталей, які виготовлені методом гідравлічного формування внутрішнім тиском, прохідним вихрострумовим перетворювачем диференційного сигналу з двома зустрічно включеними вимірювальними обмотками 4 (фіг. 1), використанням 5-ї гармоніки вихідного сигналу. Такі трубки можуть мати різний переріз (в тому числі квадратний або прямокутний). Крім цього, геометричні параметри (розмір, товщина тощо) можуть бути різними в різних перерізах трубки. Така форма трубок створює суттєві перешкоди для проведення вихрострумової дефектоскопії. Під час переміщення вихрострумового перетворювача вздовж трубки виникають завади через зміну її геометричних параметрів (зокрема, зовнішнього розміру і товщини). Крім цього, зменшення коефіцієнта заповнення при зменшенні діаметра трубки суттєво знижує чутливість контролю. Вплив цих двох факторів обмежує чутливість контролю або навіть призводить до неможливості його проведення. Найбільш небезпечні дефекти в таких трубках утворюються в процесі гідравлічного формування.

Принципова відмінність запропонованого способу від відомих способів вихрострумової дефектоскопії полягає в тому, що виявляються не порушення суцільності матеріалу, а локальні фазові зміни в зоні вершини дефекту (тріщини). Суть в тому, що в зоні вершини тріщини формується локальна зона напружень і деформацій [6]. Через це під час утворення дефекту біля вершини проходить процес мартенситних перетворень, коли в аустенітній матриці основного металу з'являється локальне мартенситне включення. Явище мартенситного перетворення в аустенітних сталях під дією напружень і деформацій відоме, зокрема, з літератури [7, 8]. Відомо, що аустеніт має немагнітні властивості, в той час як мартенсит є феромагнітним. Під час перемагнічування феромагнітного включення електромагнітним полем, яке змінюється в часі за синусоїдальною залежністю, у вторинному полі вихрових струмів за певного рівня первинного поля з'являються гармонічні складові (зокрема, 5-та гармоніка). В той же час, зміни вихідного сигналу, пов'язані з факторами, що сприяють утворенню завад, формуються тільки на основній робочій частоті, тобто на гармоніки вихідного сигналу не впливають.

Узагальнена структурна схема приладу (фіг. 2), за допомогою якого можна реалізувати запропонований спосіб, складається з генератора 6 синусоїдальних коливань, вихід якого через керований підсилювач потужності 7 з'єднаний з обмоткою збудження вихрострумового перетворювача 8. Вихід вихрострумового перетворювача 8 через попередній підсилювач 9 і суматор 10 з'єднаний з входом фільтра 12. Другий вхід суматора 10, з'єднаний з виходом керованого компенсатора 11, вхід якого з'єднаний з виходом генератора 6. Вихід фільтра 12 з'єднаний зі схемою обробки інформаційного сигналу і індикації 13.

Запропонований спосіб реалізують наступним чином. Виготовляють або вибирають заготовку трубки змінного профілю із аустенітної сталі, яка відповідає сталі виробу, який необхідно контролювати. На поверхню трубки механічним способом, наприклад тонкою фрезою, наносять короткий дефект, глибина і довжина якого відповідають заданому порогу чутливості. Вводять виготовлений зразок 1 в прохідний вихрострумний перетворювач 2 (фіг. 1) і встановлюють його в бездефектній зоні. За допомогою суматора 10 і компенсатора 11 (фіг. 2) проводять компенсацію небалансу вихідного сигналу вихрострумового перетворювача. За допомогою фільтра 12 (фіг. 2) виділяють у вихідному сигналі 5-ту гармоніку. Переміщують вихрострумний перетворювач в зону дефекту 5 (фіг. 1) і спостерігають за рівнем 5-ї гармоніки під час переміщення в зоні дефекту за допомогою схеми обробки інформаційного сигналу та індикації 13. За допомогою керованого підсилювача потужності 7 регулюють рівень струму збудження, поступово його збільшуючи до рівня, коли рівень 5-ї гармоніки під час переміщення перетворювачем зони дефекту має максимальне значення порівняно з рівнем завад. Встановлюють бракувальний рівень сигналу на 5-й гармоніці. Відповідний рівень струму збудження вважають оптимальним і фіксують його. Для виявлення дефектів контрольовані трубки по черзі вводять у вихрострумний перетворювач і спостерігають за рівнем 5-ї гармоніки. У випадку перевищення 5-ї гармоніки бракувального рівня відповідну трубку вважають дефектною. Важливо зазначити, що зміна перерізу трубки під час переміщення впливає на вихідний сигнал вихрострумового перетворювача тільки на основній робочій частоті контролю. На рівень гармонік зміна перерізу трубок не впливає.

Зазначимо, що аналогічний підхід можна реалізувати для дефектоскопії зони зварних швів конструкцій із аустенітних сталей. Поверхня об'єкта контролю в зоні зварного шва має складну нерегулярну геометрію через наявність валика підсилення або можливе зміщення (депланацію) кромки після видалення валика підсилення. Така форма поверхні в зоні зварного шва також створює суттєві перешкоди для проведення вихрострумової дефектоскопії. Під час переміщення вихрострумового перетворювача поперек зварного шва виникають завади через зміну геометричних параметрів (зокрема, кривизни) і нахил або зазор між вихрострумовим перетворювачем і поверхнею об'єкта контролю. Крім цього, збільшення зазору під час сканування криволінійних ділянок суттєво зменшує чутливість. Для контролю зварних швів використовують накладний вихрострумовий перетворювач на відміну від випадку дефектоскопії трубок змінного профілю.

Запропонований спосіб дозволяє забезпечити контроль виробів із аустенітних сталей складної форми з високим співвідношенням сигнал/завада. Зокрема, це дає можливість достовірної дефектоскопії аустенітних трубок змінного профілю (перерізу) або зварних швів з валиком підсилення.

Джерела інформації:

1. Дорофеев А.Л., Казамапов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. -М.: Машиностроение, 1980. - 232 с.

2. Вихретоковый способ контроля подповерхностных дефектов неферромагнитных материалов: А. с. 832442 СССР, МКИ G01N27/86. /А.Я. Тетерко, В.Н. Учанин (СССР). - № 2802773/18-25; заявлено 25.07.79; опубл. 23.05.81, бюл. № 19. - 2 с.

3. Способ электромагнитной дефектоскопии: А. с. 834495 СССР, МКИ G01N27/90. /В.Н. Учанин, А.Я. Тетерко (СССР). - № 2767390/25-28; заявлено 16.05.79; опубл. 30.05.81, бюл. № 20. - 2 с.

4. Дорофеев А.Л., Ершов Р.Е. Физические основы электромагнитной структуроскопии. - Новосибирск: Наука. - 1985. - 183 с.

5. Ершов Р.Е. Метод высших гармоник в неразрушающем контроле. - Новосибирск: Наука. - 1979. - 80 с.

6. Механіка руйнування і міцність матеріалів: довідн. пос. /Під заг. ред. В.В. Панасюка. Т. 15: Осташ О.П. Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій (розділ 2.2. Структура поля напружень і деформацій в околі тріщин і геометричних концентраторів напружень). - Львів: СПОЛОМ. - 2015. - 312 с.

7. Knutsson A., P. Hedström P., Odén M. Reverse martensitic transformation and resulting microstructure in a cold rolled metastable austenitic stainless steel //Steel research Int, - 2008. - Vol. 79. - № 6, P. 433-439.

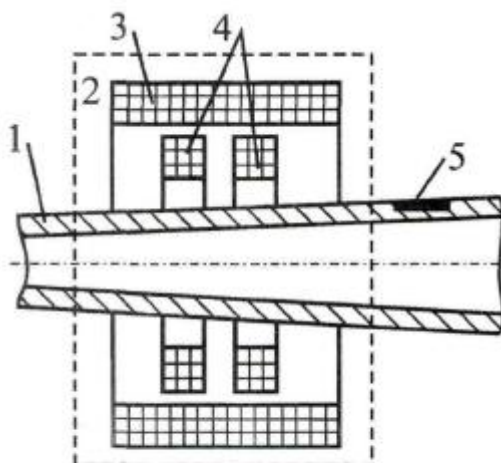
8. Лобанов Л.М., Нехотящий В.А., Палиенко А.Л., Безлюдько Г.Я. Исследование деформационного воздействия на стали 08Ч18Н9 и 12Ч18Н10Т в сварных сосудах и трубах //Техническая диагностика и неразрушающий контроль. - 2015. - № 3. - С. 7-10.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

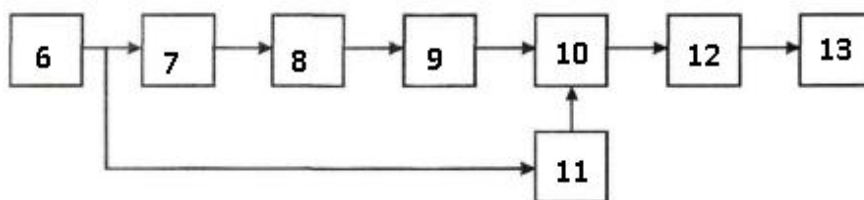
1. Спосіб вихрострумової дефектоскопії конструкцій і виробів із аустенітних сталей, при якому за допомогою генератора синусоїдального сигналу і обмотки вихрострумового перетворювача збуджують в контрольованому виробі вихрові струми робочої частоти і реєструють за допомогою вихрострумового перетворювача обумовлену контрольованим виробом внесену напругу, виділяють у внесеній напрузі вихрострумового перетворювача гармонічні складові, за якими приймають рішення про стан і якість виробу, який **відрізняється** тим, що попередньо перед проведенням контролю виготовляють зразок із аустенітної сталі, марка якої відповідає матеріалу контрольованого виробу, наносять на зразок механічним способом дефект, розміри якого відповідають заданому порозу чутливості, переміщують вихрострумовий перетворювач з бездефектної зони зразка в зону дефекту і спостерігають за рівнем гармоніки у вихідному сигналі вихрострумового перетворювача, поступово збільшують рівень струму збудження основної частоти в обмотці збудження вихрострумового перетворювача, визначають оптимальний рівень струму збудження, за якого рівень гармоніки у вихідному сигналі під час переміщення в зону дефекту має максимальне значення порівняно з рівнем завад, фіксують оптимальний рівень струму збудження, при якому проводять контроль виробу.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як інформаційну використовують п'яту гармоніку внесеної напруги вихрострумового перетворювача.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для контролю трубок змінного профілю використовують прохідний вихрострумовий перетворювач диференційного типу.



Фіг. 1



Фіг. 2