



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **99378** (13) **C2**
(51) МПК
G01N 27/90 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

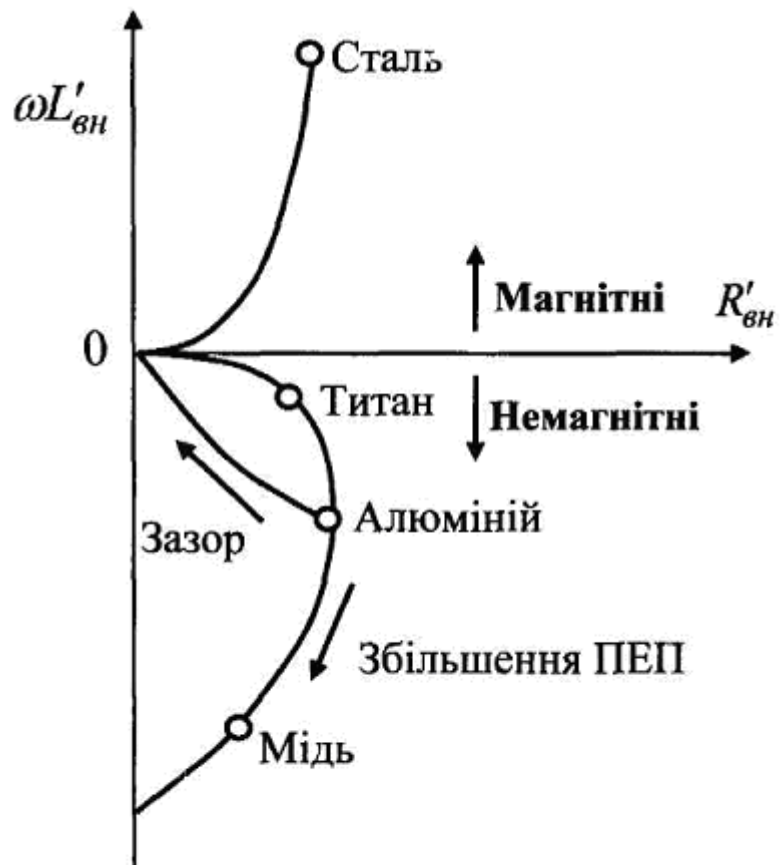
(21) Номер заявки:	а 2010 15790	(72) Винахідник(и):	Учанін Валентин Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки:	27.12.2010	(73) Власник(и):	ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В. КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ,
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.08.2012		вул. Наукова, 5, м. Львів, 79601, Україна (UA)
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.07.2012, Бюл.№ 13	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 3952315 A; 20.04.1976
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.08.2012, Бюл.№ 15		UA 46497; 25.12.2009
			SU 926587; 07.05.1982
			JP 57108657 A; 06.07.1982
			RU 2247977 C1; 10.03.2005
			EP 0618445 A2; 05.10.1994
			US 3810002 A; 07.05.1974
			JP 10177011 A; 30.06.1998

(54) СПОСІБ ВИХОРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ІЗ ФЕРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Винахід належить до методів і засобів вихорострумowego контролю виробів із феромагнітних електропровідних матеріалів, зокрема конструктивних сталей, і може бути використаний для дефектоскопії відповідальних виробів в енергетиці, нафтогазовій і хімічній промисловості, транспорті тощо. В способі вихорострумowego контролю виробів із феромагнітних матеріалів за допомогою змінного електромагнітного поля обмотки збудження вихорострумowego перетворювача створюють в контрольованому виробі вихорові струми, намагнічують матеріал контрольованого виробу в зоні контролю постійним магнітним полем, яке змінюють до досягнення заданого стану намагнічування зони контролю і визначають параметри сигналу вихорострумowego перетворювача в умовах намагнічування зони контролю постійним магнітним полем, за якими роблять висновок про характеристики матеріалу контрольованого виробу. При цьому, додатково вимірюють індуктивність обмотки L_0 при розміщенні її на віддалі від контрольованого виробу в умовах відсутності його впливу і індуктивність L_{OK} обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу. Потім визначають різницю $\Delta L = L_{OK} - L_0$ виміряних індуктивностей при встановленому значенні постійного магнітного поля, по значенню якої визначають умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю. Технічний результат полягає в тому, що запропонований спосіб дозволяє шляхом нескладної процедури вимірювання індуктивності обмотки вибирати і контролювати необхідний режим намагнічування зони контролю. Це дозволяє збільшити чутливість і достовірність під час контролю виробів із феромагнітних матеріалів.

UA 99378 C2



Фіг. 2

Винахід належить до методів і засобів вихорострумowego контролю виробів із феромагнітних електропровідних матеріалів, зокрема конструктивних сталей, і може бути використаний для дефектоскопії відповідальних виробів в енергетиці, нафтогазовій і хімічній промисловості, транспорті тощо.

5 Відомий спосіб вихорострумowego контролю, при якому для стабілізації магнітних властивостей матеріалу об'єкта контролю, крім збудження вихорових струмів змінним електромагнітним полем, використовують підмагнічування сильним постійним магнітним полем [1].

10 Недоліком відомого способу є невизначеність необхідного для реалізації способу значення постійного магнітного поля, а тільки вказано, що постійне магнітне поле має бути сильним. В той же час відомо, що різні феромагнітні матеріали намагнічуються до стану технічного насичення при різних значеннях прикладеного постійного магнітного поля.

15 Відомий спосіб вихорострумowego контролю параметрів виробів із феромагнітних матеріалів [2]. У відомому способі в контрольованому об'єкті збуджуються вихорові струми шляхом дії на нього змінним електромагнітним полем при одночасному підмагнічуванні зони контролю постійним магнітним полем. При підмагнічуванні різним постійним магнітним полем матеріал контрольованого об'єкта має різну магнітну проникність, що дозволяє формувати багатовимірний відгук на одній робочій частоті збудження. Відомий спосіб використано при створенні апаратури для визначення коефіцієнта заповнення шихтою порошкового зварювального дроту. Підмагнічування різним постійним магнітним полем використано для відстроювання від товщини оболонки зварювального дроту.

20 Недоліком відомого способу є відсутність операції оцінки стану контрольованого матеріалу при підмагнічуванні постійним полем. Вибір напруженості магнітних полів здійснений тільки для матеріалу даного об'єкта контролю, що ускладнює реалізацію способу при переході на матеріали з іншими параметрами намагнічування і об'єкти іншої геометрії. Крім того, відсутність можливості проводити контроль стану намагнічування контрольованого матеріалу постійним полем не дозволяє забезпечити повторюваність вимірювань.

25 Відомий спосіб вихорострумowego контролю параметрів виробів із феромагнітних матеріалів, який застосовано для контролю труб теплообмінників із феромагнітних матеріалів [3]. У відомому способі на контрольовану трубу, крім змінного електромагнітного поля, діють постійним магнітним полем. При цьому, з метою зменшення впливу завад, пов'язаних з неоднорідністю магнітної матеріалу, контрольовану зону труби доводять до стану технічного насичення. Передбачено різні варіанти намагнічування зони контролю постійним магнітним полем. В різних варіантах реалізації способу використовують постійні магніти, які розміщено в зоні розташування обмоток вихорострумowego перетворювача, або постійне магнітне поле може бути створено обмоткою з постійним струмом. При цьому, постійний струм може пропускатися безпосередньо через обмотки вихорострумowego перетворювача або можуть бути використані окремі обмотки.

30 Недоліком відомого способу є відсутність можливості адекватно оцінювати доведення контрольованого матеріалу при підмагнічуванні постійним полем до стану технічного насичення. Це не дозволяє обґрунтувати оптимальний вибір напруженості поля підмагнічування для насичення контрольованого феромагнітного матеріалу, що унеможливорює досягнення максимальної чутливості і достовірності контролю, а також забезпечити повторюваність результатів контролю.

35 Відомий спосіб вихорострумowego контролю, в якому за допомогою змінного електромагнітного поля створюють в об'єкті контролю вихорові струми, визначають параметри сигналу вихорострумowego перетворювача в умовах підмагнічування зони контролю постійним магнітним полем [4]. За параметрами сигналу перетворювача визначають параметри дефектів в матеріалі об'єкта контролю. Підмагнічування постійним магнітним полем створює умови для визначення параметрів виробів із феромагнітних матеріалів, зокрема дозволяє визначити кут нахилу виявлених дефектів за рахунок зменшення сильного впливу магнітної проникності і збільшення глибини проникання вихорових струмів.

40 Недоліком відомого способу є відсутність можливості оцінити стан намагнічування контрольованого матеріалу, зокрема досягнення стану технічного насичення. Це обмежує можливість забезпечити повторюваність отриманих результатів.

45 Відомий спосіб вихорострумowego контролю, в якому за допомогою обмотки збудження вихорострумowego перетворювача створюють в об'єкті контролю вихорові струми, визначають параметри сигналу вимірювальних обмоток вихорострумowego перетворювача в умовах намагнічування зони контролю постійним магнітним полем до заданого стану (зокрема стану 50 технічного насичення), за якими роблять висновок про характеристики матеріалу об'єкта 60

контролю [5]. Підмагнічування постійним магнітним полем створює умови для визначення комплексу параметрів виробів із феромагнітних матеріалів.

Недоліком відомого способу є відсутність можливості адекватно оцінювати заданий стан намагнічування контрольованого матеріалу (зокрема досягнення стану технічного насичення), так як спосіб не дає зручного критерію для оцінки стану намагніченого матеріалу. Це обмежує достовірність відомого способу через неможливість забезпечити повторюваність отриманих результатів. Особливо цей недолік проявляється при вихорострумовому контролі різних матеріалів, так як для різних матеріалів стан технічного насичення досягається при різних значеннях постійного магнітного поля підмагнічування.

Задачею запропонованого способу є збільшення достовірності і чутливості контролю за рахунок введення нового інформаційного параметра і додаткових операцій, які дають можливість реального оцінювання стану намагніченості контрольованого матеріалу.

Задача вирішується тим, що в способі вихорострумового контролю виробів із феромагнітних матеріалів за допомогою змінного електромагнітного поля обмотки збудження вихорострумового перетворювача створюють в контрольованому виробі вихорові струми, намагнічують матеріал контрольованого виробу в зоні контролю постійним магнітним полем, яке змінюють до досягнення заданого стану намагнічування зони контролю, і визначають параметри сигналу вихорострумового перетворювача в умовах намагнічування зони контролю постійним магнітним полем, за якими роблять висновок про характеристики матеріалу контрольованого виробу. При цьому додатково вимірюють індуктивність обмотки L_0 при розміщенні її на віддалі від контрольованого виробу в умовах відсутності його впливу і індуктивність L_{OK} обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу. Потім визначають різницю $\Delta L = L_{OK} - L_0$ виміряних індуктивностей при встановленому значенні постійного магнітного поля, по значенню якої визначають умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю.

При цьому постійне магнітне поле можна поступово збільшувати від нульового значення при одночасному вимірюванні різниці індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу і в умовах відсутності його впливу. Реєструють значення постійного магнітного поля H_0 , при якому різниця індуктивностей ΔL змінює знак з від'ємного на додатний. І під час проведення контролю діють на зону контролю зареєстрованим значенням постійного магнітного поля H_0 , а умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю визначають по відхиленню від нуля різниці індуктивностей ΔL .

В іншому варіанті вимірюють різницю індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони стандартного зразка із матеріалу, ідентичного контрольованому виробу, і в умовах відсутності його впливу. Скачують вихорострумовим перетворювачем дефектну зону стандартного зразка і визначають рівень сигналу від дефекту і рівень структурних завад при різних значеннях постійного магнітного поля. Визначають значення постійного магнітного поля H_{opt} , при якому співвідношення сигналу від дефекту до сигналу структурних завад є максимальним і відповідне цьому постійному магнітному полю значення різниці індуктивностей ΔL_{onm} . При проведенні контролю встановлюють рівень постійного магнітного поля підмагнічування рівним H_{opt} , а умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю визначають за відхиленням різниці індуктивностей ΔL від значення ΔL_{onm} .

В іншому варіанті реалізації способу постійне магнітне поле поступово збільшують від нульового значення при одночасному вимірюванні різниці індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу і в умовах відсутності його впливу. Реєструють значення постійного магнітного поля H_0 , при якому різниця індуктивностей ΔL змінює знак з від'ємного на додатний. За зареєстрованим значенням постійного магнітного поля H_0 визначають структурний стан матеріалу контрольованого виробу.

Як обмотка при визначенні різниці індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ може бути використана одна із обмоток вихорострумового перетворювача.

На фіг. 1 схематично представлено типову криву намагнічування феромагнітного матеріалу, на якій виділено 5 характерних ділянок.

На фіг. 2 представлено схематичний годограф нормованого внесеного комплексного опору $Z'_{вн}$ обмотки при взаємодії з магнітною сталлю і немагнітними матеріалами з різною питомою електропровідністю. Положенню обмотки на віддалі від впливу електропровідного об'єкта відповідає точка 0 початку координат.

Розглянемо процедуру реалізації запропонованого способу для випадку його використання при виявленні дефектів.

Розглянемо випадок введення контрольованого матеріалу до стану технічного насичення (ділянка 5 на кривій намагнічування на фіг. 1, що переводить матеріал в немагнітний стан (стор. 14 [6]). Це дозволяє зменшити вплив скін-ефекту і збільшити чутливість до підповерхневих дефектів. Зауважимо, що рівень зовнішнього магнітного поля, який необхідно для введення зони контролю в стан технічного насичення, залежить від марки контрольованого матеріалу і геометрії контрольованої конструкції. Вихорострумний перетворювач розміщують на віддалі від електропровідних об'єктів і визначають індуктивність L_0 однієї із обмоток. Встановлюють вихорострумний перетворювач на бездефектну поверхню контрольованого виробу і визначають індуктивність вибраної індуктивної обмотки L_{OK} при розміщенні обмотки на поверхні феромагнітного об'єкта контролю і відповідну зміну індуктивності $\Delta L = L_{OK} - L_0$. Вплив магнітного матеріалу призводить до збільшення індуктивності (див. точка «Сталь» на фіг. 1) і ΔL буде, відповідно, додатним. Намагнічують зону контролю постійним магнітним полем, яке поступово збільшують. При цьому, одночасно визначають зміни параметра ΔL . Визначають момент, при якому параметр ΔL змінює знак з додатного на від'ємний. Магнітне поле H_0 , при якому параметр ΔL дорівнює нулю, можна вважати достатнім для досягнення стану технічного насичення, так як точка, що відповідає внесеній індуктивності обмотки при переході матеріалу із магнітного стану в немагнітний стан, переходить з 1-го в 4-й квадрант (рис. 2). Необхідно зауважити, що для цього робочу частоту необхідно вибрати невисокою. Фіксують вибраний рівень постійного магнітного поля і при проведенні подальших операцій контролюють досягнення стану технічного насичення шляхом неперервного або періодичного визначення параметра ΔL . Тепер сканують контрольовану поверхню, спостерігають сигнал вихорострумного перетворювача в умовах підмагнічування зони контролю вибраним постійним магнітним полем H_0 і за змінами сигналу роблять висновок про характеристики матеріалу контрольованого виробу, зокрема, про наявність в матеріалі дефектів. При цьому, за рахунок зменшення впливу скін-ефекту досягається більша чутливість до підповерхневих дефектів.

Іншим випадком є необхідність зменшити високий рівень завад, які виникають при скануванні поверхні через неоднорідність магнітних властивостей. Це суттєво зменшує чутливість при виявленні дефектів, а часом взагалі унеможливує проведення дефектоскопії. При цьому не потрібно доводити контрольований матеріал до стану технічного насичення і достатнім є часткове намагнічування. В цьому випадку рівень необхідного намагнічування вибирають шляхом проведення попередніх випробувань на стандартних зразках із контрольованого матеріалу з дефектом (пункт 3 формули винаходу). Для цього сканують вихорострумним перетворювачем дефектну зону стандартного зразка і визначають рівень сигналу від дефекту і рівень структурних завад при різних значеннях постійного магнітного поля. Визначають значення постійного магнітного поля H_{opt} , при якому співвідношення сигналу від дефекту до сигналу структурних завад є максимальним, і відповідне цьому постійному магнітному полю значення різниці індуктивностей ΔL_{onm} . Так як в цьому випадку матеріал доводиться до стану технічного насичення, то приріст індуктивності ΔL_{onm} є додатним. При проведенні контролю встановлюють вибраний рівень постійного магнітного поля підмагнічування H_{opt} . При подальшому проведенні контролю умови досягнення оптимального стану намагнічування визначають за відхиленням різниці індуктивності ΔL від значення ΔL_{onm} .

Ще одним випадком є застосування запропонованого способу для визначення структурного стану матеріалу (пункт 4 формули). Відомо, що магнітне поле, при якому гетерогенний матеріал у вигляді суміші двох феромагнітних складових входить в стан технічного насичення, залежить від концентрації цих складових (стор. 47 [7]). Тому величина магнітного поля, при якому параметр ΔL змінює знак з додатного на від'ємний, може бути використана як інформативний параметр для визначення структурних складових матеріалу.

Запропонований спосіб дозволяє шляхом нескладної процедури вимірювання індуктивності обмотки вибирати і контролювати необхідний режим намагнічування зони контролю. Це дозволяє збільшити чутливість і достовірність під час контролю виробів із феромагнітних матеріалів.

1. Неразрушающий контроль. Справочник: В 7. Под. общ. ред. В.В. Клюёра. Т.2: в 2 кн. -М.: Машиностроение, 2003. - 688 с. Книга 2. Вихретоковый контроль / Ю.К. Федосенко, В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, Ю.Я. Останин. - С. 340 - 687 (стор. 478).

2. Тетерко А.Я., Назарчук З.Т. Селективна вихорострумова дефектоскопія. - Львів: НАН України, ФМІ ім. Г.В. Карпенка, 2004. - 248 с. (стор. 205).

3. Патент 3952315 США. МКВ G 01R33/12. Eddy current discontinuity probe utilizing a permanent magnet bobbin with at list one A.C. energized coil mounted in a groove thereon / V. Cecco (Canada). - № 492457; Заявл. 29.07.1974; Опубл. 20.04.1976; НКІ 324/37. - 7 с.

4. Пат. 46497 України, МПК G01N 27/90. Спосіб вихорострумової дефектометрії електропровідних виробів / В.М. Учанін (Україна). - № u 2009 06792; Заявл. 30.06.2009; Опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24. - 4 с.

5. А.с. 926587 СССР. МКИ G01N 27/90. Накладной электромагнитный преобразователь / Н.Н. Зацепин, В.Ф. Кунцевич (СССР). - № 2987487/25-28; Заявлено 26.09.80; Опубл. 07.05.82, Бюл. № 17. - 6 с.

6. Кифер И.И. Испытания ферромагнитных материалов (магнитные измерения). Изд. 2-е, доп. - Москва-Ленинград: Государственное энергетическое изд-во. - 1962. - 544 с.

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

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

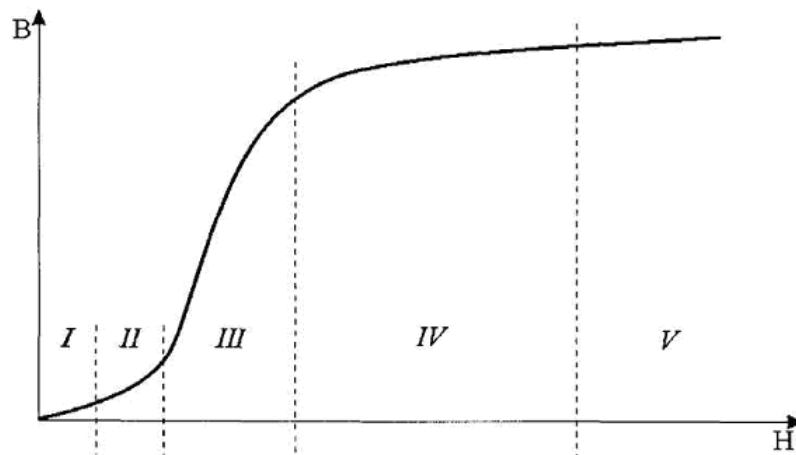
1. Спосіб вихорострумового контролю виробів із феромагнітних матеріалів, в якому за допомогою змінного електромагнітного поля обмотки збудження вихорострумового перетворювача створюють в контрольованому виробі вихорові струми, намагнічують матеріал контрольованого виробу в зоні контролю постійним магнітним полем, значення постійного магнітного поля змінюють до досягнення заданого стану намагнічування зони контролю, визначають параметри сигналу вихорострумового перетворювача в умовах намагнічування зони контролю постійним магнітним полем, за якими роблять висновок про характеристики матеріалу контрольованого виробу, який **відрізняється** тим, що вимірюють індуктивність обмотки L_0 при розміщенні її на віддалі від контрольованого виробу в умовах відсутності його впливу і індуктивність L_{OK} обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу, визначають різницю $\Delta L = L_{OK} - L_0$ виміряних індуктивностей при встановленому значенні постійного магнітного поля, по значенню якої визначають умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що постійне магнітне поле поступово збільшують від нульового значення при одночасному вимірюванні різниці індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу і в умовах відсутності його впливу, реєструють значення постійного магнітного поля H_0 , при якому різниця індуктивностей ΔL змінює знак з від'ємного на додатний, під час проведення контролю діють на зону контролю зареєстрованим значенням постійного магнітного поля H_0 , умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю визначають по відхиленню від нуля різниці індуктивності ΔL .

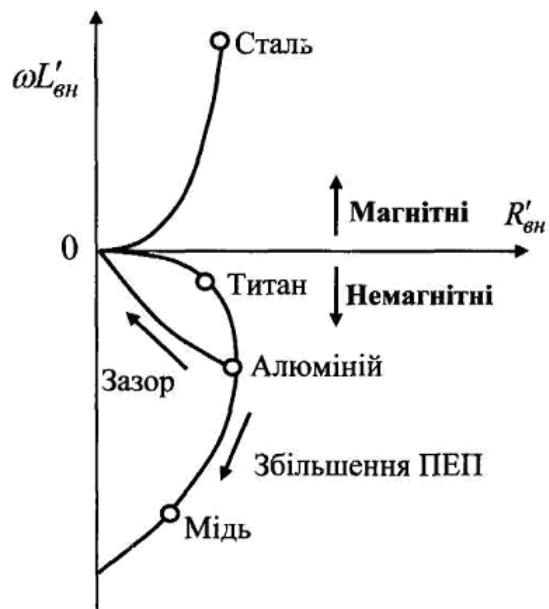
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимірюють різницю індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони стандартного зразка із матеріалу, ідентичного контрольованому виробу і в умовах відсутності його впливу, сканують вихорострумивим перетворювачем дефектну зону стандартного зразка і визначають рівень сигналу від дефекту і рівень структурних завад при різних значеннях постійного магнітного поля, визначають значення постійного магнітного поля H_{opt} , при якому співвідношення сигналу від дефекту до сигналу структурних завад є максимальним і відповідне цьому постійному магнітному полю значення різниці індуктивностей ΔL_{onm} , при проведенні контролю встановлюють рівень постійного магнітного поля підмагнічування рівним H_{opt} , умови досягнення оптимального стану намагнічування при проведенні контролю визначають за відхиленням різниці індуктивності ΔL від значення ΔL_{onm} .

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що постійне магнітне поле поступово збільшують від нульового значення при одночасному вимірюванні різниці індуктивностей $\Delta L = L_{OK} - L_0$ обмотки при встановленні її на поверхню бездефектної зони контрольованого виробу і в умовах відсутності його впливу, реєструють значення постійного магнітного поля H_n , при якому різниця індуктивностей ΔL змінює знак з від'ємного на додатний і за зареєстрованим значенням постійного магнітного поля H_n визначають структурний стан матеріалу контрольованого виробу.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як обмотку при визначенні різниці індуктивностей ΔL використовують одну із обмоток вихорострумового перетворювача.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Купенко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601