

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **10440**
(13) **С1**
(46) **2008.04.30**
(51) МПК (2006)
G 01N 27/00

(54)

**СПОСОБ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
МАГНИТНОГО ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО МАТЕРИАЛА**

(21) Номер заявки: а 20060200
(22) 2006.03.09
(43) 2007.10.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)
(72) Авторы: Павлюченко Владимир Васильевич; Дорошевич Елена Сергеевна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) Вайделих. Импульсные вихревые токи. Методы неразрушающих испытаний, физические основы, практические применения, перспективы развития. - М.: Мир, 1972. - С. 394-412.
SU 452786, 1974.
SU 1506345 A1, 1989.
SU 1254365 A1, 1986.
JP 7035727, 1995.

(57)

Способ магнитооптического контроля магнитного электропроводящего материала, заключающийся в том, что на контролируемый материал периодически воздействуют импульсными магнитными полями, визуализируют взаимодействие последних со структурой материала и по полученным изображениям идентифицируют физико-механические свойства материала по заранее выявленным корреляционным зависимостям, **отличающийся** тем, что для визуализации используют магнитооптическую пленку, которую прикладывают на контролируемый материал и воздействуют на последний одиночными импульсами магнитного поля в виде полусинусоиды, характеризующимися различными временами нарастания импульсов $t_{i \max}$ и величинами напряженности поля с обеспечением возможности проникновения в контролируемый материал на различную эффективную глубину, определяемую по времени $t_{i \max}$ импульсов, для каждого импульса получают соответствующие изображения распределения доменной структуры магнитооптической пленки в моменты времени $t_{i \max}$, наслаивают эти изображения друг на друга и находят распределение удельной электропроводности σ контролируемого материала и его дефектов по глубине по изменению изображения распределения доменной структуры в слое, причем, если толщина d материала меньше или равна предельной толщине $d_{i \text{ пред}}$, где $d_{i \text{ пред}} = p \cdot t_{i \max}$, где p - коэффициент, определяемый в зависимости от σ , величину максимальной тангенциальной составляющей напряженности воздействующего магнитного поля $H_{i \text{ том}}$ каждого импульса вычисляют по формуле:

$$H_{i \text{ том}} = H_{i \text{ тм}} - k \cdot d,$$

где $H_{i \text{ тм}}$ - величина максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности материала;

k - коэффициент, определяемый в зависимости от σ и $t_{i \max}$,

или, если толщина d материала больше предельной толщины $d_{i \text{ пред}}$, $H_{i \text{ том}}$ вычисляют по формуле:

$$H_{i \text{ том}} = H_{i \text{ тм}} \left(1 + k_{is} \left(1 - e^{-bd} \right) \right)^{-1},$$

где k_{is} - коэффициент, равный отношению величин максимальных тангенциальных составляющих магнитного поля индукционных токов $H_{i \text{ тсм}}$ и воздействующего поля $H_{i \text{ том}}$ при толщине материала d , стремящейся к бесконечности;

b - коэффициент, определяемый в зависимости от σ и $t_{i \text{ max}}$.

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано для контроля качества электропроводящих материалов.

Известен способ электромагнитного контроля [1], заключающийся в том, что на объект воздействуют электромагнитным импульсным полем в виде последовательности пилообразных импульсов с равными амплитудами и регистрируют параметры взаимодействия указанного поля и объекта, по которым определяют состояние объекта.

Однако этот способ обладает недостаточной надежностью.

Прототипом предлагаемого изобретения является магнитоимпульсный способ контроля материалов [2], заключающийся в том, что на контролируемый материал воздействуют периодически повторяющимися импульсными магнитными полями, визуализируют взаимодействие этих полей со структурой материала и по полученным изображениям идентифицируют физико-механические свойства материала по заранее выявленным корреляционным зависимостям.

Однако этот способ не обладает достаточной надежностью.

Задачей изобретения является повышение надежности контроля электрических и магнитных свойств и параметров дефектов изделий из магнитных и электропроводящих материалов.

Поставленная задача достигается тем, что в способе магнитооптического контроля магнитного электропроводящего материала на контролируемый материал периодически воздействуют импульсными магнитными полями, визуализируют взаимодействие последних со структурой материала и по полученным изображениям идентифицируют физико-механические свойства материала по заранее выявленным корреляционным зависимостям, для визуализации используют магнитооптическую пленку, которую прикладывают на контролируемый материал и воздействуют на последний одиночными импульсами магнитного поля в виде полусинусоиды, характеризующимися разными временами нарастания импульсов $t_{i \text{ max}}$ и величинами напряженности поля с обеспечением возможности проникновения в контролируемый материал на различную эффективную глубину, определяемую по времени $t_{i \text{ max}}$ импульсов, для каждого импульса получают соответствующие изображения распределения доменной структуры магнитооптической пленки в моменты времени $t_{i \text{ max}}$, наслаивают эти изображения друг на друга и находят распределение удельной электропроводности σ контролируемого материала и его дефектов по глубине по изменению изображения распределения доменной структуры в слое, причем, если толщина d материала меньше или равна предельной толщине $d_{i \text{ пред}}$, где $d_{i \text{ пред}} = p \cdot t_{i \text{ max}}$, где p - коэффициент, определяемый в зависимости от σ , величину максимальной тангенциальной составляющей напряженности воздействующего магнитного поля $H_{i \text{ том}}$ каждого импульса находят по формуле:

$$H_{i \text{ том}} = H_{i \text{ тм}} - k \cdot d,$$

где $H_{i \text{ тм}}$ - величина максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности материала;

k - коэффициент, определяемый в зависимости от σ и $t_{i \text{ max}}$,

или, если толщина d материала больше предельной толщины $d_{i \text{ пред}}$, $H_{i \text{ том}}$ вычисляют по формуле:

$$H_{i \text{ том}} = H_{i \text{ тм}}(1 + k_{is}(1 - e^{-bd}))^{-1},$$

где k_{is} - коэффициент, равный отношению величин максимальных тангенциальных составляющих магнитного поля индукционных токов $H_{i \text{ тсм}}$ и воздействующего поля $H_{i \text{ том}}$ при толщине материала d , стремящейся к бесконечности;

b - коэффициент, определяемый в зависимости от σ и $t_{i \text{ max}}$.

Изобретение осуществляется следующим образом.

На материал с приложенной к нему магнитооптической пленкой воздействуют импульсами магнитного поля с разными временами нарастания $t_{i \text{ max}}$ и по изображениям доменной структуры пленки, соответствующим распространению магнитного поля на разные глубины в материал, находят распределение удельной электропроводности σ материала и его дефектов по его слоям. Для обеспечения надежности контроля необходимо выводить доменную структуру магнитооптической пленки в моменты контроля в одно и то же состояние в рабочем диапазоне полей. Значит, в моменты времени $t = t_{i \text{ max}}$ для каждого импульса величина максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности однородного материала $H_{i \text{ тм}}$ должна быть одной и той же $H_{i \text{ тм}} = \text{const}$.

Как показали исследования, зависимость величины $H_{i \text{ тсм}}$ поля индукционных токов на поверхности материала носит на начальном участке линейный характер:

$$H_{i \text{ тсм}} = k \cdot d, \quad (1)$$

где k - коэффициент, зависящий от σ и $t_{i \text{ max}}$. Предельная толщина материала $d_{i \text{ пред}}$, при которой выполняется соотношение (1) равна:

$$d_{i \text{ пред}} = p \cdot t_{i \text{ max}} \quad (2)$$

где p - коэффициент, зависящий от σ .

Величина максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности материала $H_{i \text{ тм}}$ при величине напряженности воздействующего магнитного поля $H_{i \text{ том}}$ равна:

$$H_{i \text{ тм}} = H_{i \text{ том}} + H_{i \text{ тсм}}. \quad (3)$$

Из (1) и (3) находим величину напряженности воздействующего поля, обеспечивающую одну и ту же величину $H_{i \text{ тм}} = \text{const}$ на поверхности материала при $d \leq d_{i \text{ пред}}$:

$$H_{i \text{ том}} = H_{i \text{ тм}} - k \cdot d. \quad (4)$$

При $d > d_{i \text{ пред}}$ зависимость величины $H_{i \text{ тсм}}$ от d носит экспоненциальный характер и описывается найденной эмпирической формулой:

$$H_{i \text{ тсм}} = k_{is} \cdot H_{i \text{ том}}(1 - e^{-bd}), \quad (5)$$

где b - коэффициент, зависящий от σ и $t_{i \text{ max}}$, k_{is} - коэффициент, равный отношению величин максимальных тангенциальных составляющих магнитного поля индукционных токов $H_{i \text{ тсм}}$ и воздействующего поля $H_{i \text{ том}}$ при толщине материала d , стремящейся к бесконечности:

$$k_{is} = \frac{H_{i \text{ тсм}d \rightarrow \infty}}{H_{i \text{ том}}}. \quad (6)$$

Используя (5) и (3) находим напряженность воздействующего поля, обеспечивающего одинаковую $H_{i \text{ тм}} = \text{const}$ на поверхности однородного материала при разных временах нарастания воздействующего поля $t_{i \text{ max}}$:

$$H_{i \text{ том}} = H_{i \text{ тм}}(1 + k_{is}(1 - e^{-bd}))^{-1}. \quad (7)$$

Условия применения формул (4) и (7) в исследованном диапазоне магнитных полей соответствует величинам полей:

$$H_{i \text{ тсм}} \leq \frac{k_{is} \cdot H_{i \text{ том}}}{e}, \quad (8)$$

$$H_{i\text{тсм}} > \frac{k_{is} \cdot H_{\text{том}}}{e}. \quad (9)$$

Таким образом, воздействуя на материал одиночными импульсами магнитного поля в виде полусинусоиды с разными временами нарастания импульсов $t_{i\text{max}}$ и величинами полей $H_{i\text{тсм}}$, определяемыми из (4) и (7), находят соответствующие им изображения доменной структуры магнитооптической пленки в моменты времени $t_{i\text{max}}$, накладывают изображения друг на друга и находят распределение удельной электропроводности σ материала и его дефектов по глубине. Так для однородного материала изображение доменной структуры магнитооптической пленки для всех импульсов будет одинаковым. Если же в материале имеются дефекты сплошности или участки с другой величиной удельной электропроводности, то и величина поля $H_{i\text{тсм}}$ над ними будет другой, а, значит, и доменная структура будет иметь другое распределение. Глубину залегания этих неоднородностей материала находят по времени $t_{i\text{max}}$ импульса, соответствующего эффективной глубине проникновения магнитного поля в материал, при воздействии которым начинают проявляться неоднородности доменной структуры магнитооптической пленки.

Источники информации:

1. Мельгуй М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей. - Мн.: Наука и техника, 1980. - С. 157-162.
2. Методы неразрушающих испытаний / Под ред. Шарпа. - М.: Мир, 1972. - С. 394-412 (прототип).