

# 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  $\sigma$  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  $\sigma$ , 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  $\sigma$  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  $\sigma$  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  $\sigma$  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  $\sigma$ , 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  $\sigma$  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  $\sigma$  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  $\sigma$  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  $\sigma$  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  $\sigma$ .

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  $\sigma$  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:

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

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

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  $\sigma$  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).