

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **21362**

(13) **С1**

(46) **2017.10.30**

(51) МПК

G 01N 27/72 (2006.01)

(54)

**СПОСОБ КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТНОСТИ, ТОЛЩИНЫ,
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА
ИЗ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО МАТЕРИАЛА**

(21) Номер заявки: а 20140746

(22) 2014.12.30

(43) 2016.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Павлюченко Владимир Васильевич; Дорошевич Елена Сергеевна; Пивоваров Вадим Леонидович (ВУ)

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

(56) ВУ 16816 С1, 2013.

ВУ 17626 С1, 2013.

ВУ 6236 С1, 2004.

ВУ 8826 С1, 2006.

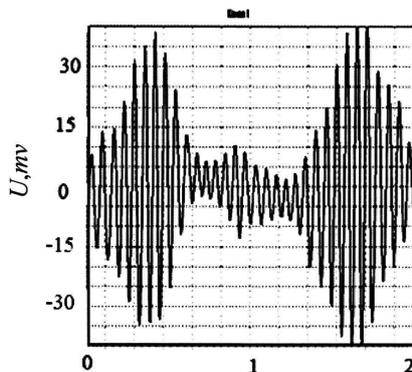
RU 2118816 С1, 1998.

SU 1552084 А1, 1990.

US 4271393 А, 1981.

(57)

1. Способ контроля дефектности, толщины, электрических и магнитных свойств объекта из электропроводящего материала, в котором на поверхность контролируемого объекта, размещенную параллельно оси линейного индуктора, устанавливают дискретный магнитный носитель с чередующимися магнитными и немагнитными участками, воздействуют на объект серией последовательных одиночных импульсов магнитного поля попеременно прямой и обратной полярности с разными временами нарастания и убывающей амплитудой, сканируют носитель считывающим устройством вдоль выбранных линий замера, получают семейство зависимостей $U(t)$ электрического напряжения U на выходе считывающего устройства от времени t считывания, преобразуют все полученные зависимости $U(t)$ в зависимости $U(x)$ электрического напряжения U от расстояния x между точкой считывания и проекцией оси линейного индуктора на магнитный носитель, формируют на основе зависимостей $U(x)$ соответствующие растровые изображения распределения магнитного поля по поверхности объекта, преобразуют их в дискретные оптические



Фиг. 1

фотоизображения, строят огибающие представленных на этих изображениях дискретных зависимостей $U(x)$, формируют оптические изображения построенных огибающих путем окрашивания полученных на изображениях фигур, накладывают окрашенные изображения на соответствующие изображения заданного эталонного объекта, выполненные в одном масштабе с ними, находят разностные оптические изображения путем попиксельного вычитания эталонного и анализируемого изображений в каждой их паре и поворачивают их на экране на оптимальные для рассмотрения углы, а затем определяют искомые свойства объекта путем сравнения указанных разностных изображений с такими же изображениями, полученными заранее при тех же условиях для множества эталонных объектов с различными известными свойствами.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что при указанном вычитании уровни цветности либо оттенков серого окрашенных изображений контролируемого и эталонного объекта задают одинаковыми.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что для привязки искомым свойствам контролируемого объекта к его поверхности получают фотографическое изображение указанной поверхности, с которым затем попиксельно совмещают наложенные на него соответствующие разностные изображения.

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано для контроля качества объектов из электропроводящих материалов и измерения мгновенных распределений магнитных полей.

Известен магнитоимпульсный способ контроля материалов [1], заключающийся в том, что на контролируемый объект воздействуют периодически повторяющимися импульсными магнитными полями и по параметрам взаимодействия этих полей со структурой материала определяют физико-механические свойства материала.

Однако этот способ не обладает достаточной точностью.

Известен способ магнитоимпульсного контроля дефектности, электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала [2], заключающийся в том, что на поверхность объекта воздействуют импульсами магнитного поля с разным временем нарастания, находят распределение максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля H_{tm} по линии замера для каждого импульса, формируют оптическое изображение распределения в виде раstra, измеряют H_{tm} , по значению которой определяют величину удельной электропроводности σ материала объекта и величину его магнитной проницаемости μ по предварительно найденным зависимостям величины напряженности магнитного поля от σ , μ и времени нарастания импульса поля, а наличие дефектов - по виду раstra.

Однако этот способ обладает недостаточной точностью.

Прототипом предлагаемого изобретения является способ магнитоимпульсного контроля дефектности, электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала [3], заключающийся в том, что на поверхность объекта, размещенную параллельно оси линейного индуктора, устанавливают дискретный магнитный носитель с чередующимися магнитными и немагнитными участками, воздействуют на объект серией из трех последовательных одиночных импульсов магнитного поля соответственно прямой, обратной и снова прямой полярности с разными временами нарастания и с амплитудой, убывающей от импульса к импульсу, сканируют носитель считывающим устройством вдоль линии замера, совпадающей с проекцией оси индуктора на указанную поверхность, находят распределение электрического напряжения на выходе считывающего устройства вдоль линии замера, пропорционального в каждой точке этой линии максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля но-

сителя, и формируют оптическое изображение указанного распределения, затем многократно перемещают образец относительно индуктора, и аналогичным образом получают множество оптических изображений указанного распределения вдоль всего множества линий замера, и совмещают все указанные изображения друг с другом для формирования растрового изображения указанного распределения для всей поверхности магнитного носителя, а затем находят искомые свойства объекта путем сравнения полученных оптических изображений или растрового изображения целиком с соответствующими изображениями, полученными при тех же условиях посредством контроля аналогичных эталонных объектов с известными свойствами, при этом амплитуды всех импульсов магнитного поля подбирают, исходя из условия максимальной чувствительности величин указанного электрического напряжения на выходе считывающего устройства к изменению искомым свойств объекта относительно свойств эталонных объектов.

Однако этот способ обладает недостаточной точностью.

Задачей изобретения является повышение точности контроля электрических и магнитных свойств, параметров дефектов и толщины объектов из электропроводящих материалов, а также повышение точности измерения мгновенных распределений магнитных полей.

Поставленная задача достигается тем, что в способе контроля дефектности, толщины, электрических и магнитных свойств объекта из электропроводящего материала, в котором на поверхность контролируемого объекта, размещенную параллельно оси линейного индуктора, устанавливают дискретный магнитный носитель с чередующимися магнитными и немагнитными участками, воздействуют на объект серией последовательных одиночных импульсов магнитного поля попеременно прямой и обратной полярности с разными временами нарастания и убывающей амплитудой, сканируют носитель считывающим устройством вдоль выбранных линий замера, получают семейство зависимостей $U(t)$ электрического напряжения U на выходе считывающего устройства от времени t считывания, преобразуют все полученные зависимости $U(t)$ в зависимости $U(x)$ электрического напряжения U от расстояния x между точкой считывания и проекцией оси линейного индуктора на магнитный носитель, формируют на основе зависимостей $U(x)$ соответствующие растровые изображения распределения магнитного поля по поверхности объекта, преобразуют их в дискретные оптические фотоизображения, строят огибающие представленных на этих изображениях дискретных зависимостей $U(x)$, формируют оптические изображения построенных огибающих путем окрашивания полученных на изображениях фигур, накладывают окрашенные изображения на соответствующие изображения заданного эталонного объекта, выполненные в одном масштабе с ними, находят разностные оптические изображения путем попиксельного вычитания эталонного и анализируемого изображений в каждой их паре и поворачивают их на экране на оптимальные для рассмотрения углы, а затем определяют искомые свойства объекта путем сравнения указанных разностных изображений с такими же изображениями, полученными заранее при тех же условиях для множества эталонных объектов с различными известными свойствами, при этом при указанном вычитании уровни цветности либо оттенков серого окрашенных изображений контролируемого и эталонного объекта задают одинаковыми, а для привязки искомым свойствам контролируемого объекта к его поверхности получают фотографическое изображение указанной поверхности, с которым затем попиксельно совмещают наложенные на него соответствующие разностные изображения.

Сущность изобретения поясняется графиками, изображенными на фиг. 1-6.

На фиг. 1 представлена зависимость электрического напряжения U на выходе считывающего устройства (индукционной головки) от времени t развертки $U(t)$, при сканировании им дискретного магнитного носителя (МН) с записями магнитных полей в результате воздействия на МН, приложенный к пластине из алюминия толщиной $1,15 \cdot 10^{-4}$ м, импульсом магнитного поля с обратным выбросом.

На фиг. 2 представлена зависимость электрического напряжения U на выходе считывающего устройства (индукционной магнитной головки) от времени t развертки $U(t)$, при сканировании им дискретного магнитного носителя (МН) с записями магнитных полей в результате воздействия на МН, приложенный к пластине из алюминия толщиной $1,3 \cdot 10^{-4}$ м, таким же импульсом магнитного поля с обратным выбросом.

На фиг. 3 и 4 показаны оптические изображения магнитных полей, соответствующие зависимостям $U(t)$, представленным на фиг. 1 и 2, выполненные в одном масштабе.

На фиг. 5 показано разностное оптическое изображение магнитных полей, полученное путем вычитания изображения, представленного на фиг. 3 из изображения, показанного на фиг. 4 по одним и тем же элементам разложения в растр.

На фиг. 6 показано разностное оптическое изображение магнитных полей, которое повернули под заданным углом к оси ординат.

Изобретение осуществляют следующим образом.

На поверхность контролируемого объекта, размещенную параллельно оси линейного индуктора, устанавливают дискретный МН с чередующимися магнитными и немагнитными участками. Воздействуют на объект с МН серией последовательных одиночных импульсов магнитного поля прямой и обратной полярности с разными временами нарастания и с убывающей амплитудой. Считывают информацию с МН считывающим устройством по выбранным линиям замера, получают зависимости электрического напряжения U на выходе считывающего устройства от времени t развертки $U(t)$. Преобразуют эти зависимости в зависимости от расстояния x до проекции оси линейного индуктора на МН $U(x)$ с учетом соответствия отрезка расстояния МН x промежутку времени t развертки. Из зависимостей $U(x)$ формируют оптические изображения магнитного поля, представляя их в виде разложения в растр. Далее с помощью компьютерных программ обработки оптических изображений преобразуют их в изображения, которые называют оптическими фотоизображениями.

Из фиг. 1 и 2 видно, что зависимости $U(x)$ являются дискретными (состоят из параллельных полос и пиков), что позволяет находить абсолютную величину магнитного поля по точкам поверхности объекта и автоматически устанавливать нулевой уровень сигнала и повышает точность контроля, но затрудняет операции сложения и вычитания изображений. Поэтому строят огибающие линии дискретной зависимости $U(x)$, формируют оптические изображения этих зависимостей путем окрашивания полученных фигур или другим способом, как это показано на фиг. 3 и 4. После этого накладывают эти изображения на аналогичные изображения для эталонных объектов, полученные в одном масштабе, находят разностные оптические фотоизображения по одинаковым элементам (пикселям). Пусть в данном случае эталонным оптическим изображением является изображение, показанное на фиг. 3. Из этого изображения вычитают изображение, представленное на фиг. 4, и получают разностное оптическое фотоизображение магнитных полей (фиг. 5). Ясно, что даже при очень близких параметрах изображений благодаря полученному разностному изображению можно во много раз увеличивать точность контроля свойств объектов путем увеличения изображений и другими способами, конечно, с учетом точности измерительных приборов и погрешностей, возникающих при операциях с изображениями.

С целью повышения точности контроля и получения минимального влияния уровня фона в результате проведения операции вычитания оптических изображений магнитных полей выбирают уровень цветности или уровень оттенков серого полученных фигур для контролируемого объекта таким же, как и для эталонного объекта, и максимально отличающимся от уровня фона. Благодаря разностным изображениям можно получать информацию о распределении магнитных полей над объектом (вид сверху) и однородности распределения электрических и магнитных свойств объекта в плоскости его поверхности. Для этого поворачивают разностные изображения магнитного поля на оптимальные для получения информации об объекте углы, например на 90° , при условии, что ось оптиче-

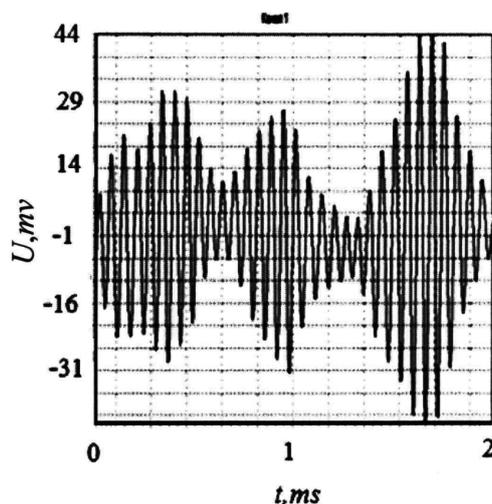
ской системы, используемой при формировании фотографических изображений поверхности объекта, перпендикулярна этой поверхности (фиг. 6). Здесь показан "срез" распределения, показанного на фиг. 5, по уровню 17 mv с видом сверху, ширина изображения 11 мм выбрана произвольно.

Для того чтобы найти распределение свойств объекта в плоскости его поверхности, получают фотографическое изображение поверхности объекта, накладывают на него разностные изображения магнитных полей, совмещая фотографическое изображение и изображение магнитных полей по одинаковым элементам разложения в растр.

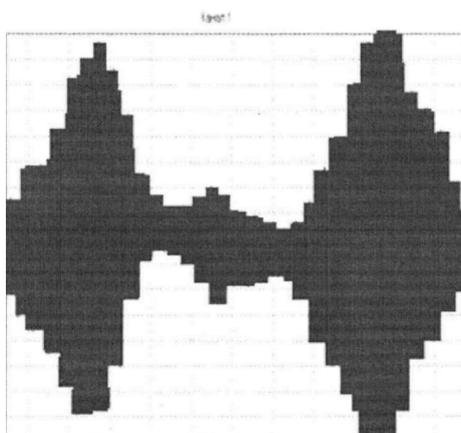
Способ позволяет определять удельную электропроводность, магнитную проницаемость, толщину объекта и его геометрические размеры, а также дефекты сплошности и неоднородности структуры в нем.

Источники информации:

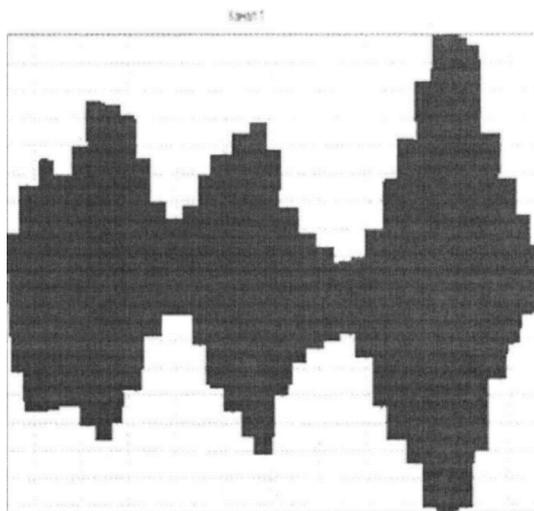
1. Методы неразрушающих испытаний // Под ред. Шарпа. - М.: Мир, 1972. - С. 394-412.
2. Патент BY 10464, МПК G 01N 27/00, 2008.
3. Патент BY 16816, МПК G 01N 27/72, 2013 (прототип).



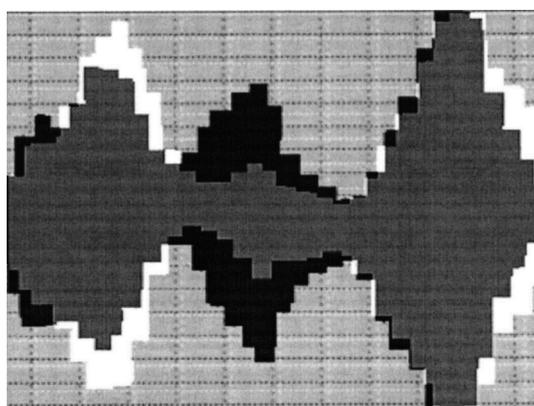
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6