

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **16239**

(13) **С1**

(46) **2012.08.30**

(51) МПК

**G 01N 27/72** (2006.01)

(54)

**СПОСОБ КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА  
ИЗ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО МАТЕРИАЛА**

(21) Номер заявки: а 20100991

(22) 2010.06.29

(43) 2012.02.28

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

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

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

(56) ВУ 10464 С1, 2008.

ВУ 12173 С1, 2009.

RU 2118816 С1, 1998.

SU 1748031 А1, 1992.

SU 1573410 А1, 1990.

JP 58083252 А, 1983.

(57)

Способ контроля свойств объекта из электропроводящего материала, в котором выделяют в пространстве ограниченный объем, например, в виде куба со сторонами вдоль координатных осей  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$ , помещают в этот объем контролируемый объект, заранее задают временной период контроля, величину напряженности магнитного поля первичного источника, время нарастания рабочего импульса поля, а также параметры переднего и заднего фронтов этого импульса, затем последовательно воздействуют на объект импульсами магнитного поля с указанными выше параметрами, задавая при воздействии каждым следующим импульсом новую комбинацию величин углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  между вектором напряженности поля и осью  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  соответственно, и сканируют в заданные моменты времени каждую заданную точку выделенного объема с известными координатами, за исключением объема, занимаемого объектом, находят в каждой указанной точке пространственно-временные распределения тангенциальной и нормальной составляющей напряженности магнитного поля, формируют из них пространственно-временные распределения указанных составляющих поля во всем сканируемом объеме и записывают их на элементы памяти в виде уровней электрического напряжения, формируют визуальный образ всего сканируемого объема в виде совокупности кадров, каждый из которых представляет собой изображение распределения указанных составляющих магнитного поля в заданном сечении сканируемого объема при одной из указанных комбинаций в соответствующий момент контроля, а затем определяют искомые свойства объекта, такие как его электрические и магнитные свойства, а также параметры дефектов в нем, путем сравнения изображения того или иного сечения с полученными тем же путем аналогичными изображениями для эталонных объектов с известными свойствами, имеющих одинаковые с контролируемым объектом форму и размеры.

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

Известен способ магнитного контроля дефектности и электрических свойств изделия из электропроводящего материала [1], заключающийся в том, что на изделие воздействуют линейно нарастающим до постоянной величины магнитным полем, формируют распределение тангенциальной составляющей напряженности прошедшего магнитного поля в разные моменты времени, записывают на элементы памяти в виде распределения уровней электрического сигнала, визуализируют взаимодействие этого поля со структурой материала изделия и по полученным изображениям определяют свойства материала изделия.

Однако этот способ не обладает высокой надежностью контроля.

Прототипом предлагаемого изобретения является способ магнитоимпульсного контроля дефектности, электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала [2], заключающийся в том, что на объект воздействуют импульсами магнитного поля с разным временем нарастания, выбирают линию замера и находят распределение максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля по этой линии для каждого импульса, формируют оптические изображения магнитного поля для слоев объекта, соответствующих этим импульсам, в виде растров, по которым определяют величину удельной электропроводности и магнитной проницаемости материала объекта и наличие в нем дефектов.

Однако этот способ также не обладает высокой надежностью контроля, так как его информативная емкость недостаточно велика для того, чтобы однозначно определять электрические и магнитные свойства материала в каждой точке объекта.

Задачей изобретения является повышение надежности контроля объектов из электропроводящих и магнитных материалов.

Поставленная задача достигается тем, что в способе контроля свойств объекта из электропроводящего материала, заключающемся в том, что выделяют в пространстве ограниченный объем, например, в виде куба со сторонами вдоль координатных осей  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$ , помещают в этот объем контролируемый объект, заранее задают временной период контроля, величину напряженности магнитного поля первичного источника, время нарастания рабочего импульса поля, а также параметры переднего и заднего фронтов этого импульса, затем последовательно воздействуют на объект импульсами магнитного поля с указанными выше параметрами, задавая при воздействии каждым следующим импульсом новую комбинацию величин углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  между вектором напряженности поля и осью  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  соответственно, и сканируют в заданные моменты времени каждую заданную точку выделенного объема с известными координатами, за исключением объема, занимаемого объектом, находят в каждой указанной точке пространственно-временные распределения тангенциальной и нормальной составляющей напряженности магнитного поля, формируют из них пространственно-временные распределения указанных составляющих поля во всем сканируемом объеме и записывают их на элементы памяти в виде уровней электрического напряжения, формируют визуальный образ всего сканируемого объема в виде совокупности кадров, каждый из которых представляет собой изображение распределения указанных составляющих магнитного поля в заданном сечении сканируемого объема при одной из указанных комбинаций в соответствующий момент контроля, а затем определяют искомые свойства объекта, такие как его электрические и магнитные свойства, а также параметры дефектов в нем, путем сравнения изображения того или иного сечения с полученными тем же путем аналогичными изображениями для эталонных объектов с известными свойствами, имеющих одинаковые с контролируемым объектом форму и размеры.

Изобретение осуществляют следующим образом.

Задают объем в пространстве, например, в виде куба со сторонами вдоль осей  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$ , помещают в этот объем контролируемый объект, например в центр объема. При этом поверхность объекта ориентируют в одной из плоскостей куба, например в плоскости  $XY$ . Задают шаг сканирования по координате  $x$  вдоль направления, параллельного оси  $OX$ , шаг

по координате  $y$  вдоль направления, параллельного оси  $OY$ , и шаг по координате  $z$  вдоль направления, параллельного оси  $OZ$ . Задают направления, образующие с этими осями углы соответственно  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ , и шаг изменения этих углов. Задают также моменты времени измерения  $t_i$  с заданным интервалом и их количество  $l$ . Задают величину и направление напряженности магнитного поля в плоскости  $XY$ , время нарастания импульса, а также параметры переднего и заднего фронтов импульса. Воздействуют на объект импульсным магнитным полем и измеряют в выделенных точках объема в плоскости  $XY$  при  $z = z_0$  и  $\alpha = \alpha_0, \beta = \beta_0, \gamma = \gamma_0$  в момент времени  $t_1$  значения величины тангенциальной составляющей  $H_\tau = H_\tau(t_1)$  и нормальной составляющей  $H_n = H_n(t_1)$  напряженности магнитного поля от времени с начала момента действия импульса магнитного поля, из которых формируют пространственно-временные распределения величин  $H_\tau = H_\tau(x_i, y_i, z_0, \alpha_0, \beta_0, \gamma_0, t_1)$  и  $H_n = H_n(x_i, y_i, z_0, \alpha_0, \beta_0, \gamma_0, t_1)$ . Записывают полученные распределения на элементы памяти в виде уровней электрического напряжения. Воздействуют на объект импульсным магнитным полем с направлением напряженности  $\alpha = \alpha_1$ , находят в выделенных точках объема значения величин тангенциальной составляющей  $H_\tau = H_\tau(t_1)$  и нормальной составляющей  $H_n = H_n(t_1)$ , из которых формируют пространственно-временные распределения величин  $H_\tau = H_\tau(x_i, y_i, z_0, \alpha_1, \beta_0, \gamma_0, t_1)$  и  $H_n = H_n(x_i, y_i, z_0, \alpha_1, \beta_0, \gamma_0, t_1)$ . Производят указанные действия последовательно при всех углах  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  и при всех заданных моментах времени  $t_i$  для  $z = z_0$ . Записывают полученные распределения на элементы памяти в виде уровней электрического напряжения. Информацию с выхода датчика в виде зависимости величины электрического напряжения от времени записывают непосредственно на элементы памяти или при телевизионной обработке вводят в тракт электрического сигнала (видеосигнала). Повторяют указанные операции на уровне  $z = z_1$  в плоскости  $XY$ , смещенной на величину одного шага сканирования по  $z$ .

И далее все указанные операции повторяют для каждой точки куба при разных углах  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  в заданные моменты времени  $t_i$  и получают записанные на элементах памяти в виде уровней электрического сигнала пространственно-временные распределения величин  $H_\tau = H_\tau(x_i, y_i, z_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i, t_i)$  и  $H_n = H_n(x_i, y_i, z_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i, t_i)$  во всех точках куба, за исключением объема, занимаемого объектом. Из полученных распределений создают образ выделенного объема, сравнивают его с образами объемов эталонных объектов и определяют электрические и магнитные свойства объекта, его размеры, форму, наличие внутренних дефектов. Всю информацию оцифровывают. Поскольку одним из наиболее эффективных телевизионных и компьютерных методов представления и оперативной обработки оптических и других изображений является метод представления информации в виде телевизионных кадров, то любую полученную информацию об объекте желательно представлять именно в таком виде. Поэтому образ выделенного объема создают следующим образом. Формируют основной кадр изображения  $H_\tau, H_n$  для всех точек объема, лежащих на уровне поверхности объекта. Количество точек измерения в указанной плоскости может быть значительно больше, чем количество элементов разложения в растр в стандартном кадре. Поэтому формируемый кадр разложения может быть составлен из нескольких стандартных кадров. Каждая точка измерения содержит зависимости величины  $H_\tau$  и  $H_n$  от времени для разных направлений воздействия на объект магнитным полем. Поэтому каждой точке измерения вводят в соответствие дополнительные кадры разложения с зависимостями  $H_\tau = H_\tau(t)$  при разных углах  $\alpha, \beta, \gamma$  и дополнительные кадры разложения с зависимостями  $H_n = H_n(t)$  при разных углах  $\alpha, \beta, \gamma$ . При этом последовательность кадров будет соответствовать последовательности углов  $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0; \alpha_0, \beta_0, \gamma_1; \dots; \alpha_0, \beta_0, \gamma_m; \alpha_0, \beta_1, \gamma_0; \dots; \alpha_0, \beta_m, \gamma_0; \dots$  и так далее по всем возможным комбинациям  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ . Значит, образ выделенного пространства состоит из основного кадра точек поверхности объектов и дополнительных кадров для каждой точки измерения. Формируют основные кадры и дополнительные кадры при всех  $z_i$  с заданным шагом и интервалом времени. Идентификацию свойств объекта

# ВУ 16239 С1 2012.08.30

осуществляют путем сравнения изображения по всем указанным кадрам. При этом измеряемые величины представляют в цифровом виде. На основании записанной информации для определения свойств объекта в его сечениях выделяют мгновенные или распространяющиеся во времени распределения составляющих напряженности магнитного поля по линиям замера и поверхностям в выделенном объеме.

Благодаря такому объему информации достигается однозначность определения свойств объекта. При этом нет необходимости проводить измерения во всех точках выделенного объема. В зависимости от того, какую информацию надо найти и какая информация известна, измерения можно проводить по избранным точкам, восстанавливая параметры измерений всех точек выделенного объема. Далее находят отличия полученных распределений от эталонных и производят сечение полученных распределений магнитных полей в выделенном объеме по линиям и поверхностям, содержащим информационные точки с максимальными отклонениями величин  $H_t$  и  $H_n$  от величин  $H_{t0}$  и  $H_{n0}$  для эталонных объектов.

Источники информации:

1. Патент РБ 11265.
2. Патент РБ 10464 (прототип).