

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **16816**

(13) **С1**

(46) **2013.02.28**

(51) МПК

G 01N 27/72 (2006.01)

(54)

**СПОСОБ МАГНИТОИМПУЛЬСНОГО КОНТРОЛЯ
ДЕФЕКТНОСТИ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ
ОБЪЕКТА ИЗ МАГНИТНОГО ИЛИ НЕМАГНИТНОГО
ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО МАТЕРИАЛА**

(21) Номер заявки: а 20101852

(22) 2010.12.20

(43) 2012.08.30

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

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

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

(56) ВУ 10464 С1, 2008.

ВУ 6236 С1, 2004.

ВУ 8826 С1, 2006.

RU 2176317 С1, 2001.

RU 2118816 С1, 1998.

SU 1573410 А1, 1990.

US 4290019 А, 1981.

(57)

1. Способ магнитоимпульсного контроля дефектности, электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала, в котором на поверхность исследуемого 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 носителя, 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.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что 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.

ВУ 16816 С1 2013.02.28

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

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 магнитоимпульсный способ контроля материалов [2], заключающийся в том, что на контролируемый объект воздействуют сериями импульсов магнитного поля и по параметрам взаимодействия этих импульсов со структурой материала определяют физико-механические свойства материала.

Однако этот способ не обладает достаточной 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 воздействуют импульсами магнитного поля с разным временем нарастания, находят распределение максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля $H_{i_{\text{тм}}}$ по линии замера для каждого импульса, формируют оптическое изображение распределения в виде растра, измеряют $H_{i_{\text{тм}}}$, 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 удельной электропроводности, магнитной проницаемости и времени нарастания импульса поля, а наличие дефектов - по виду растра.

Однако этот способ обладает недостаточной точностью.

Задачей изобретения является повышение точности контроля электрических и магнитных свойств и параметров дефектов объектов из электропроводящих и магнитных материалов.

Поставленная задача достигается тем, в способе магнитоимпульсного контроля дефектности, электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала, в котором на поверхность исследуемого 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 носителя, 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.

Сущность изобретения поясняется графиками, изображенными на фиг. 1-8. На фиг. 1, 2 и 3 изображены зависимости величины напряжения, снимаемого с индукционной маг-

ВУ 16816 С1 2013.02.28

нитной головки (считывающее устройство), сканирующей сплошной магнитный носитель, от времени (горизонтальная ось), соответствующего расстоянию до выбранной точки отсчета, полученные соответственно в отсутствие объекта и для пластин из алюминия толщиной $7 \cdot 10^{-5}$ и $3 \cdot 10^{-3}$ м.

На фиг. 4, 5, 6, 7 и 8 изображены зависимости величины напряжения, снимаемого с индукционной магнитной головки, сканирующей дискретный магнитный носитель, от времени (горизонтальная ось), соответствующего расстоянию до выбранной точки отсчета, полученные соответственно в отсутствие объекта и для пластины из алюминия толщиной $1,5 \cdot 10^{-5}$, $3 \cdot 10^{-5}$, $7 \cdot 10^{-5}$ и $3 \cdot 10^{-3}$ м.

Изображения на фигурах 1-8 получены на экране монитора с использованием цифрового USB-осциллографа, подключенного к компьютеру, при воздействии на магнитный носитель импульсом магнитного поля в виде полусинусоиды с последующими выбросами магнитного поля обратного и прямого направления. В качестве излучателя импульсного магнитного поля использован линейный индуктор (проводник), ось которого располагали параллельно поверхности контролируемой пластины. Координата проекции оси индуктора на поверхность пластины на фигурах 4-7 соответствует времени 500 мкс, а на фиг. 8 - 1150 мкс. Максимальная величина напряженности магнитного поля импульса равна $2,3 \cdot 10^4$ А/м, обратного выброса - $9 \cdot 10^3$ А/м и последующего прямого выброса - $2 \cdot 10^3$ А/м. Время нарастания импульса поля - $8 \cdot 10^{-6}$ с, а выбросов соответственно $2 \cdot 10^{-6}$ и $5 \cdot 10^{-7}$ с.

Из фиг. 1, 2 и 3 следует, что максимальная величина электрического напряжения на выходе считывающего устройства для пластины толщиной $7 \cdot 10^{-5}$ м по сравнению с максимальной величиной электрического напряжения в отсутствие объекта увеличивается в 1,2 раза и в 1,8 раза - для пластины толщиной $3 \cdot 10^{-3}$ м.

Из фиг. 4-8 следует, что точность определения свойств материала объекта при использовании дискретного магнитного носителя по сравнению со сплошным увеличивается в несколько раз. Так, амплитуда электрического напряжения центрального минимума в отсутствие объекта составляет 0,05 В, а для пластины толщиной $3 \cdot 10^{-5}$ м соответствующая его координате амплитуда максимума равна 0,35 В, то есть изменение амплитуды в 7 раз.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: применение дискретного магнитного носителя повышает в несколько раз точность определения величины напряженности магнитного поля, а значит, значительно повышает точность и надежность контроля.

Отметим также, что можно найти такие интервалы измерения, при которых получают наибольшие отличия изображений по амплитуде и форме геометрических фигур. Например, максимальные отличия получаются для изображения фиг. 4 (объект отсутствует) и изображения фиг. 6 (толщина пластины $3 \cdot 10^{-5}$ м). Такие отличия изображений можно получать для разных толщин пластин путем подбора амплитуды импульса и амплитуд выбросов. Например, уменьшив амплитуды импульса и выбросов, можно получить для пластины толщиной $3 \cdot 10^{-5}$ м такое же изображение, как и на фиг. 4, то есть в отсутствие объекта. Это позволяет также значительно повысить точность и надежность контроля.

Изобретение осуществляют следующим образом.

На поверхности объекта выбирают линию замера. Устанавливают на поверхности контролируемого объекта магнитный носитель. Воздействуют на объект одиночным импульсом магнитного поля в виде полусинусоиды с выбросами поля обратного и прямого направления. Снимают магнитный носитель с поверхности объекта, сканируют его индукционной магнитной головкой и получают на экране измерительного прибора изображение распределения электрического напряжения вдоль линии замера в виде геометрической фигуры. В качестве измерительного прибора используют цифровой осциллограф с послесвечением, откалиброванный генератором стандартных сигналов, или цифровой USB-осциллограф, подключенный к компьютеру, или другой измерительный прибор с визуализацией. Таким образом находят величину электрического напряжения, снимаемого с индукционной магнитной головки в точках, соответствующих проекции оси индуктора, и пропорционального

максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля с учетом параметров магнитного поля и его выбросов, и распределение величины электрического напряжения вдоль линии замера. Так, при отсутствии обратных выбросов величина напряженности магнитного поля пропорциональна величине электрического напряжения и может быть найдена по градуировочной характеристике магнитного носителя. При наличии последующих обратных выбросов магнитного поля, уменьшающих величину остаточных полей магнитного носителя или меняющих их направление на противоположное, величина электрического напряжения соответственно уменьшается и даже меняет знак. При этом по линии замера симметрично проекции оси индуктора возникают распределения электрического напряжения, соответствующие разным геометрическим фигурам, как, например, показано на фиг. 4-8. Эти фигуры увеличивают информационную емкость измерения, что позволяет значительно повысить точность и надежность контроля. Идентификацию искомым свойств осуществляют сравнением параметров полученных фигур с параметрами эталонных фигур для объектов с известными свойствами. Изображениям геометрических фигур распределения напряженности магнитного поля ставят в соответствие оптические изображения по линии замера, например, в виде распределения яркостного сигнала (по уровням сигнала) или сигнала цветности и формируют полосу растра по линии замера. При этом на поверхность объекта воздействуют импульсами магнитного поля с разным временем нарастания, находят распределение электрического напряжения по линии замера для каждого импульса, формируют оптическое изображение распределения в виде растра, по которому определяют величину удельной электропроводности σ материала объекта и величину его магнитной проницаемости μ путем сравнения предварительно найденных зависимостей величины напряженности магнитного поля от удельной электропроводности, магнитной проницаемости и времени нарастания импульса поля, а наличие дефектов - по виду растра. Наличие дефектов в объекте под выбранной полосой замера вносит изменение в распределение электрического напряжения в тех участках строки разложения в растр, которые соответствуют выходу на поверхность объекта магнитных полей рассеяния дефектов.

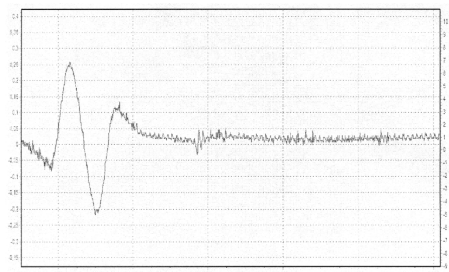
Таким образом, воздействие на контролируемый объект осуществляют импульсами магнитного поля линейного индуктора с выбросами магнитного поля обратного и прямого направления напряженности магнитного поля с убывающей амплитудой, запись магнитных полей производят на дискретный магнитный носитель с чередующимися магнитными и немагнитными участками, а определение электрических и магнитных свойств объектов и дефектов в нем осуществляют по величине электрического напряжения в точках магнитного носителя, соответствующих проекции оси индуктора, и пропорционального максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля с учетом параметров магнитного поля и его выбросов и ее распределению вдоль линии замера, а также по параметрам получающихся изображений геометрических фигур распределения напряженности магнитного поля, которым ставят в соответствие оптические изображения.

Амплитуду импульса магнитного поля и амплитуды выбросов магнитного поля выбирают такими, чтобы величина электрического напряжения в точках магнитного носителя, соответствующих проекции оси индуктора, и параметры получающихся геометрических фигур распределения электрического напряжения по линии замера имели максимальные отличия для измерений в заданном диапазоне толщин объектов и в заданных диапазонах контролируемых электрических и магнитных свойств материалов объектов. Например, можно получать фигуры с основным максимумом (соответствующим проекции оси индуктора), равным нулю для пластины любой (в соответствующем диапазоне времени нарастания импульса магнитного поля) толщины, принимая это измерение за исходное. Тогда, как это следует из сравнения фигур 4 и 6, относительная величина изменения электрического сигнала значительно больше, чем при использовании сплошного магнитного носителя, а также дискретного магнитного носителя в другом диапазоне (сравнение фигур 6 и 7). Это позволяет также значительно повысить точность и надежность контроля.

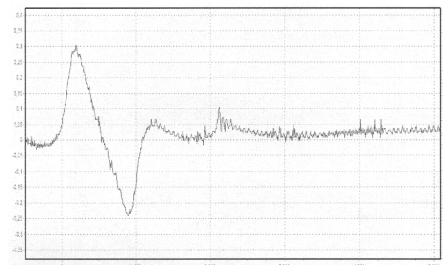
BY 16816 C1 2013.02.28

Источники информации:

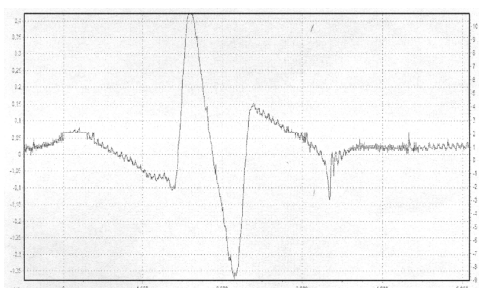
1. Методы неразрушающих испытаний, под ред. Шарпа. - М.: Мир, 1972. - С. 394-412.
2. Мельгуй М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей. - Минск: Наука и техника, 1980. - С. 157-162.
3. Патент 10464 ВУ, МПК G 01N 27/00, 2008 (прототип).



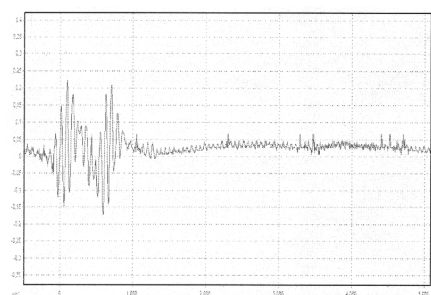
Фиг. 1



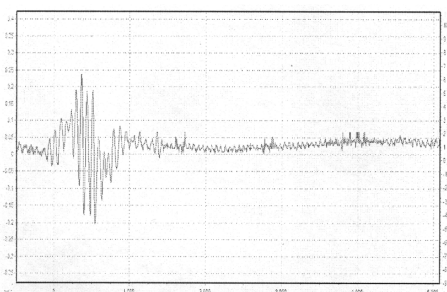
Фиг. 2



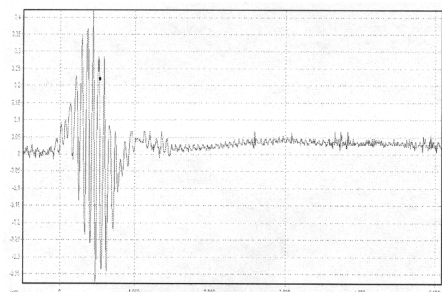
Фиг. 3



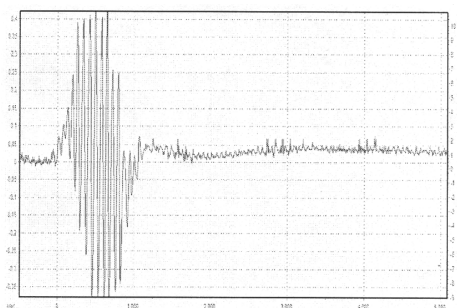
Фиг. 4



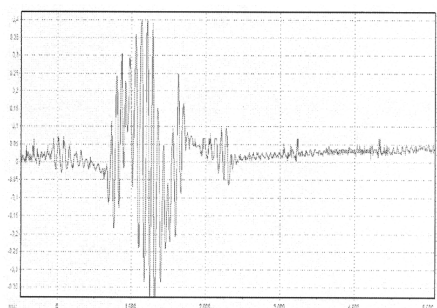
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8