

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **17626**

(13) **С1**

(46) **2013.10.30**

(51) МПК

G 01N 27/72 (2006.01)

(54) **СПОСОБ МАГНИТОИМПУЛЬСНОГО КОНТРОЛЯ
ДЕФЕКТНОСТИ, А ТАКЖЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ
СВОЙСТВ ОБЪЕКТА ИЗ МАГНИТНОГО ИЛИ НЕМАГНИТНОГО
ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО МАТЕРИАЛА**

(21) Номер заявки: а 20111027

(22) 2011.07.22

(43) 2013.02.28

(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 14145 С1, 2011.

ВУ 6102 С1, 2004.

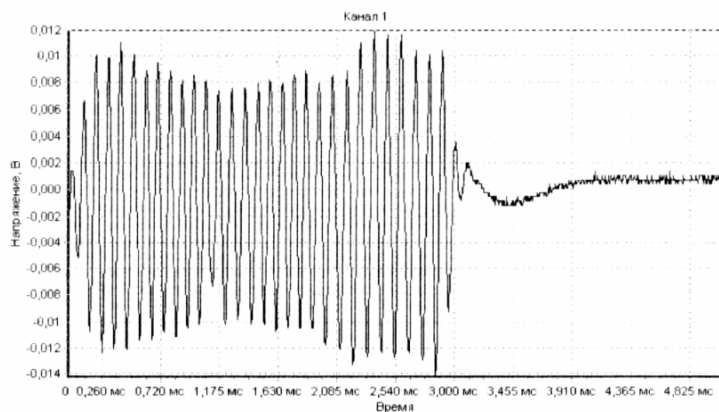
RU 2118816 С1, 1998.

SU 1573410 А1, 1990.

JP 8062185 А, 1996.

(57)

1. Способ магнитоимпульсного контроля дефектности, а также электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала, в котором на дискретный датчик магнитного поля, содержащий параллельные магнитные полосы, разбитые на элементы с известными координатами и соответствующими им индексами i и j , где i - номер полосы, j - номер элемента на ней, воздействуют одиночными импульсами магнитного поля плоского индуктора с различными заданными величинами максимальной напряженности H_{0m} и временами нарастания t_{max} , строят зависимости амплитуд U_{ij} напряжения, снимаемого с каждого указанного элемента и соответствующего воздействию на него магнитному полю, от величин H_{0m} и t_{max} , записывают их на элементы памяти и находят для каждого указанного элемента величины коэффициента усиления k_{ij} , позволяющего привести указанные амплитуды к одинаковому значению для



Фиг. 1

любых заданных величин H_{0m} и t_{max} , затем располагают индуктор параллельно поверхности контролируемого объекта, на которую с той же стороны помещают указанный датчик, воздействуют на объект одиночными импульсами магнитного поля с заданными величинами H_{0m} и t_{max} , измеряют для каждой пары H_{0m} и t_{max} каждым указанным элементом датчика временные зависимости тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля, находят соответствующие им временные зависимости снимаемого с данного элемента напряжения, корректируют эти зависимости с помощью коэффициентов k_{ij} , соответствующих используемым при данном измерении величинам H_{0m} и t_{max} , записывают все полученные зависимости на элементы памяти, совмещают их и преобразуют записанные уровни напряжения в уровни сигнала цветности или яркости для получения единого растрового изображения распределения магнитного поля объекта, а затем находят распределения искомым свойств объекта, таких как его электропроводность, магнитная проницаемость и параметры дефектов в нем, по его объему путем сравнения указанного изображения целиком или по заданной линии замера с аналогичными изображениями, заранее полученными при тех же условиях для эталонных объектов из того же материала, обладающих известными свойствами.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что в качестве указанного датчика магнитного поля используют датчик со штрих-кодowymi магнитными полосами для идентификации заданных элементов датчика, являющимися продолжениями его рабочих полос и выполненными из одинакового с рабочими полосами материала или из материала с большей коэрцитивной силой.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что в качестве указанного датчика магнитного поля используют датчик со штрих-кодowymi магнитными полосами для идентификации заданных элементов датчика, размещенными параллельно рабочим полосам датчика со стороны первой и последней из них для возможности идентификации каждого указанного элемента по заданному количеству ближайших к нему штрих-кодowych полос, расположенных на заданных расстояниях друг от друга.

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 $H_{i\tau m}$ по линии замера для каждого импульса, формируют оптическое изображение распределения в виде раstra, измеряют $H_{i\tau m}$, по значению которой определяют величину удельной электропроводности σ материала объекта и величину его магнитной проницаемости μ , по предварительно найденным зависимостям величины напряженности магнит-

ного поля от удельной электропроводности, магнитной проницаемости и времени нарастания импульса поля, а наличие дефектов - по виду раstra.

Однако этот способ обладает недостаточной точностью.

Задачей изобретения является повышение точности контроля распределения удельной электропроводности σ , магнитной проницаемости μ , параметров дефектов и структурных неоднородностей объектов из электропроводящих и магнитных материалов.

Поставленная задача достигается тем, в способе магнитоимпульсного контроля дефектности, а также электрических и магнитных свойств объекта из магнитного или немагнитного электропроводящего материала, в котором на дискретный датчик магнитного поля, содержащий параллельные магнитные полосы, разбитые на элементы с известными координатами и соответствующие им индексами i и j , где i - номер полосы, j - номер элемента на ней, воздействуют одиночными импульсами магнитного поля плоского индуктора с различными заданными величинами максимальной напряженности H_{0m} и временами нарастания t_{max} , строят зависимости амплитуд U_{ij} напряжения, снимаемого с каждого указанного элемента и соответствующего воздействию на него магнитному полю, от величин H_{0m} и t_{max} , записывают их на элементы памяти и находят для каждого указанного элемента величины коэффициента усиления k_{ij} , позволяющего привести указанные амплитуды к одинаковому значению для любых заданных величин H_{0m} и t_{max} , затем располагают индуктор параллельно поверхности контролируемого объекта, на которую с той же стороны помещают указанный датчик, воздействуют на объект одиночными импульсами магнитного поля с заданными величинами H_{0m} и t_{max} , измеряют для каждой пары H_{0m} и t_{max} каждым указанным элементом датчика временные зависимости тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля, находят соответствующие им временные зависимости снимаемого с данного элемента напряжения, корректируют эти зависимости с помощью коэффициентов k_{ij} , соответствующих используемым при данном измерении величинам H_{0m} и t_{max} , записывают все полученные зависимости на элементы памяти, совмещают их и преобразуют записанные уровни напряжения в уровни сигнала цветности или яркости для получения единого растрового изображения распределения магнитного поля объекта, а затем находят распределения искомым свойств объекта, таких как его электропроводность, магнитная проницаемость и параметры дефектов в нем, по его объему путем сравнения указанного изображения целиком или по заданной линии замера с аналогичными изображениями, заранее полученными при тех же условиях для эталонных объектов из того же материала, обладающих известными свойствами, при этом в качестве указанного датчика магнитного поля используют датчик со штрих-кодowymi магнитными полосами для идентификации заданных элементов датчика, являющимися продолжениями его рабочих полос и выполненными из одинакового с рабочими полосами материала или из материала с большей коэрцитивной силой, а в качестве указанного датчика магнитного поля используют датчик со штрих-кодowymi магнитными полосами для идентификации заданных элементов датчика, размещенными параллельно рабочим полосам датчика со стороны первой и последней из них для возможности идентификации каждого указанного элемента по заданному количеству ближайших к нему штрих-кодowych полос, расположенных на заданных расстояниях друг от друга.

Сущность изобретения поясняется графиками, изображенными на фиг. 1-3. На фиг. 1, 2 и 3 изображены зависимости величины напряжения, снимаемого с индукционной магнитной головки (считывающее устройство), сканирующей дискретный датчик магнитного поля (ДДМП), от времени $U = U(t)$, с записями отраженных от поверхности контролируемого объекта импульсных магнитных полей. Таким образом, ДДМП располагают на поверхности объекта со стороны первичного источника магнитного поля. ДДМП состоит из чередующихся параллельных магнитных и немагнитных полос. Магнитные полосы получены из магнитной ленты или другого материала, обладающего магнитным гистерезисом. На фиг. 1 показана зависимость $U = U(t)$ в отсутствие контролируемого объекта. На фиг. 2

ВУ 17626 С1 2013.10.30

показана аналогичная зависимость для того же ДДМП над поверхностью пластины из алюминия толщиной $2,2 \cdot 10^{-3}$ м. На фиг. 3 показана зависимость $U = U(t)$ для этой же пластины с отверстием диаметром $9,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Распределениям $U = U(t)$ соответствуют распределения сигнала по координате x считывания с датчика $U = U(x)$ (горизонтальная ось) в зависимости от расстояния до выбранной точки отсчета.

Изображения на фиг. 1-3 получены на экране монитора с использованием цифрового осциллографа при воздействии на магнитный носитель импульсом магнитного поля в полволны со временем нарастания $1 \cdot 10^{-4}$ с. В качестве излучателя импульсного магнитного поля использован плоский индуктор, а именно одна из сторон плоской катушки, которую располагали параллельно поверхности контролируемой пластины.

Все зависимости на фиг. 1-3 получены в однородном магнитном поле излучателя. Следовательно, амплитуды пиков $U = U(t)$ в отсутствие контролируемого объекта должны быть одинаковыми, чего на фиг. 1 не наблюдается. Выберем отдельный пик. Пусть это будет нижний пик № 12 при отсчете слева направо по оси t с меньшей, чем у других пиков, амплитудой. Неоднородность свойств ДДМП обусловлена отклонениями ширины магнитных полос и расстояний между ними от номинальных значений, неравномерным механическим износом материала магнитных полос и другими факторами. Из анализа зависимостей $U = U(t)$ на указанных фигурах следует, что меньшая величина напряжения пика № 12 обусловлена не меньшей шириной его магнитной полосы и близлежащей к нему немагнитной полосы, по сравнению с шириной других магнитных и немагнитных полос ДДМП, так как расстояния (промежутки времени) между пиками одинаковые. Следовательно, меньшая величина U пика № 12 обусловлена либо его дефектами, либо физическим износом в результате сканирования индукционной магнитной головкой, либо обусловлена другими причинами. В любом случае участок материала полосы № 12 обладает отличными от других полос магнитными свойствами. Как следует из фиг. 2 при воздействии импульсным магнитным полем на ДДМП, расположенный на пластине из алюминия, амплитуда сигналов для всех пиков значительно увеличивается. Отметим, что относительная величина амплитуды пика № 12 по отношению к другим пикам становится больше. Следовательно, для магнитной полосы № 12 имеется отличная от других полос зависимость величины U от величины максимальной напряженности магнитного поля первичного источника H_{0m} . Данные, представленные на фиг. 3, подтверждают это. Максимальная напряженность суммарного магнитного поля над отверстием в пластине меньше, чем такая напряженность над сплошным материалом, так как в этом месте отсутствует поле индукционных токов. При этом амплитуда пика № 12 близка к амплитуде ближайших пиков.

Для того чтобы повысить точность контроля распределения удельной электропроводности σ , магнитной проницаемости μ и параметров дефектов в объекте, следует найти зависимости амплитуды пика каждого элемента полосы ДДМП от величины максимальной напряженности магнитного поля первичного источника H_{0m} и от времени нарастания импульса магнитного поля t_{max} и воспользоваться этими зависимостями. Поэтому нумеруют магнитные полосы i , начиная, согласно изображениям на фигурах, с крайней левой полосы, и нумеруют элементы j в полосах, начиная с краев полос. После этого воздействуют на ДДМП импульсным магнитным полем первичного источника с известными величинами максимальной напряженности и известными временами нарастания и получают зависимости амплитуды пика каждого элемента полосы ДДМП от величины максимальной напряженности магнитного поля первичного источника H_{0m} и от времени t_{max} нарастания импульса магнитного поля $U_{ij} = U_{ij}(H_{0m}, t_{max})$. Полученные распределения $U_{ij} = U_{ij}(H_{0m}, t_{max})$ записывают на элементы памяти, находят для каждого элемента магнитной полосы зависимости коэффициента усиления k_{ij} электрического напряжения от H_{0m} , t_{max} и U_{ij} , позволяющие выравнивать амплитуды всех пиков рабочих магнитных полос в однородном

магнитном поле. Затем воздействуют на контролируемый объект с ДДМП импульсными магнитными полями, находят зависимости $U_{ij} = U_{ij}(t)$, применяют к ним найденные коэффициенты усиления k_{ij} и получают преобразованные распределения $U_{rij} = U_{rij}(t)$, которые записывают на элементы памяти. Таким образом, измерив амплитуду напряжения для какого-либо элемента при заданных значениях H_{0m} и t_{max} , известно во сколько раз надо ее увеличить. Если магнитное поле однородно и однородны свойства материала объекта, а дефекты в нем отсутствуют, то уровень сигнала для преобразованных распределений одинаковый. Преобразованные распределения сравнивают с эталонными распределениями для известных объектов и полей и находят распределения удельной электропроводности σ , магнитной проницаемости μ и параметров дефектов в объекте по величине U_{rij} и отклонениям этой величины для каждого элемента от среднего уровня напряжения или от уровня, заданного условиями контроля. Изображениям геометрических фигур распределения напряженности магнитного поля ставят в соответствие оптические изображения по линии замера, например, в виде распределения яркостного 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. Наличие дефектов в объекте под выбранной полосой замера вносит изменение в распределение электрического напряжения, снимаемого с индукционной магнитной головки в тех участках строки разложения в растр, которые соответствуют выходу на поверхность объекта магнитных полей рассеяния дефектов.

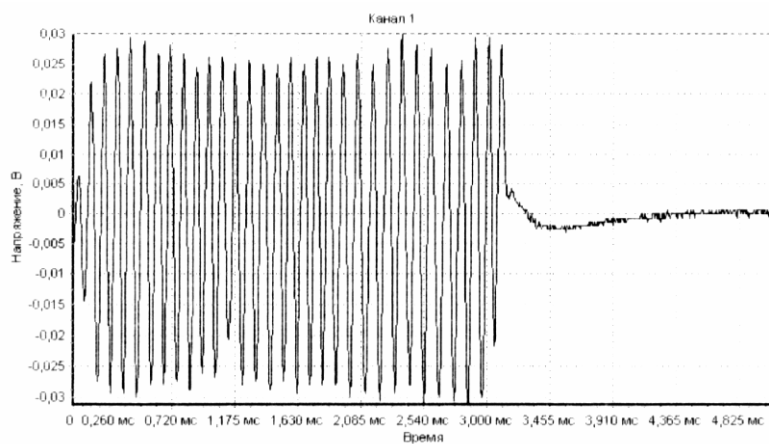
Изображениям геометрических фигур распределения напряженности магнитного поля ставят в соответствие оптические изображения по линии замера, например, в виде распределения яркостного сигнала (по уровням сигнала) или сигнала цветности и формируют полосу растра по линии замера. При этом на поверхность объекта 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.

Для повышения точности контроля используют ДДМП с нанесенным штрих-кодом магнитных полос и элементов в полосе. Штрих-код магнитных полос выполняют в виде дополнительных магнитных полос из такого же МН, как и ДДМП, или из МН с большей коэрцитивной силой. В первом случае перед контролем объектов полосы штрих-кода каждый раз намагничивают. Во втором случае эти полосы намагничены постоянно и при контроле объектов каждый раз осуществляют проверку их намагниченности. Штрих-код элементов полос устанавливают вблизи крайних рабочих полос ДДМП параллельно им таким образом, что каждому элементу в рабочей магнитной полосе соответствует определенное количество параллельных кодовых полос, расположенных на определенных расстояниях между собой. Например, штрих-код первого элемента рабочей магнитной полосы 1 (одна полоса), штрих-код второго элемента 101 (две полосы с одинарным промежутком, то есть 1 - магнитная кодовая полоса, 0 - одинарный немагнитный промежуток), штрих-код третьего элемента 10101 (три полосы с одинарными промежутками)..., штрих-код десятого элемента 10101010101010101 (десять магнитных кодовых полос с одинарными промежутками), штрих-код одиннадцатого элемента 1001 (одна кодовая полоса высшего разряда, двойной промежуток, одна кодовая полоса низшего разряда), двенадцатого элемента 100101 (одна кодовая полоса высшего разряда, двойной промежуток, одна кодовая полоса низшего разряда, одинарный промежуток, одна кодовая полоса низшего разряда) и т.д. Длину штрих-кодовых магнитных полос устанавливают порядка ширины считывающего преобразователя, например ширина используемой индукционной МГ составляет $8 \cdot 10^{-4}$ м.

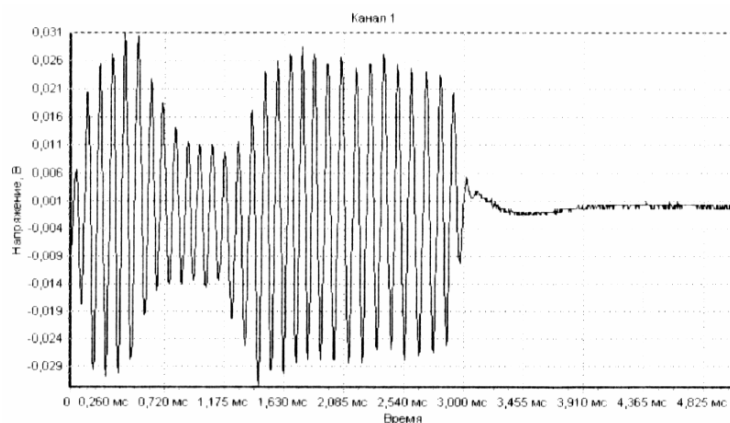
ВУ 17626 С1 2013.10.30

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 ВУ 10464, МПК G 01N 27/00, 2008 (прототип).



Фиг. 2



Фиг. 3