



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014120032/28, 19.05.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.05.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.05.2014

(45) Опубликовано: 10.10.2015 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: С. Ф. Дмитриев и др. Особенности реализации аппаратной части виртуализированных измерительных приборов в методе вихревых токов. - Ползуновский вестник, N2, 2010. - С. 119-123. Шумиловский Н. Н. и др. Метод вихревых токов. - М.-Л.: Энергия, 1966. - 176 с., ил. - С. 123-132. US 8164328 B2, 24.04.2012

Адрес для переписки:

656049, г.Барнаул, пр. Ленина, 61, ФГБОУ ВПО "Алтайский государственный университет",
отдел охраны интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Дмитриев Сергей Федорович (RU),
Ишков Алексей Владимирович (RU),
Маликов Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

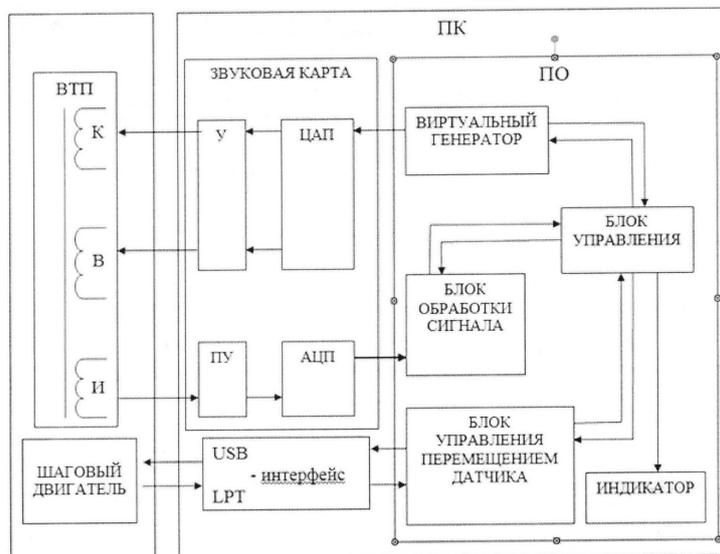
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Алтайский государственный университет" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ МАЛЫХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и представляет собой устройство для обнаружения дефектов малых линейных размеров. Устройство представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя вихретоковый преобразователь, персональный компьютер со звуковой картой и программным обеспечением: виртуальным генератором, блоками обработки сигнала и управления, управления перемещением датчика, - а также USB/LPT-интерфейс, шаговый двигатель. Сигнал передается от виртуального генератора через цифро-аналоговый преобразователь на возбуждающую и компенсационную обмотки ВТП и вызывает появление локального

электромагнитного поля, которое при взаимодействии с измеряемым объектом изменяется и затем измененный сигнал фиксируется на измерительной обмотке ВТП. Измерительная обмотка соединена встречно с компенсационной обмоткой. Преобразователь подключается к различным интерфейсам: аудиокарте в составе персонального компьютера, по беспроводному каналу к мобильному телефону и передает измеряемые данные в разработанное программное обеспечение, где они отображаются на индикаторе. Устройство позволяет обнаружить дефекты малых линейных размеров, а также дефекты, залегающие внутри объекта контроля. 6 ил., 2 пр.



Общая схема работы прибора

У – усилитель,

ПУ – предусилитель,

К – компенсационная обмотка,

В – возбуждающая обмотка,

И – измерительная обмотка,

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь,

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

Фиг. 1

RU 2564823 C1

RU 2564823 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014120032/28, 19.05.2014

(24) Effective date for property rights:
19.05.2014

Priority:

(22) Date of filing: 19.05.2014

(45) Date of publication: 10.10.2015 Bull. № 28

Mail address:

656049, g.Barnaul, pr. Lenina, 61, FGBOU VPO
"Altajskij gosudarstvennyj universitet", otdel
okhrany intellektual'noj sobstvennosti

(72) Inventor(s):

**Dmitriev Sergej Fedorovich (RU),
Ishkov Aleksej Vladimirovich (RU),
Malikov Vladimir Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Altajskij
gosudarstvennyj universitet" (RU)**

(54) **DEVICE FOR DETECTION OF DEFECTS OF SMALL LINEAR SIZES**

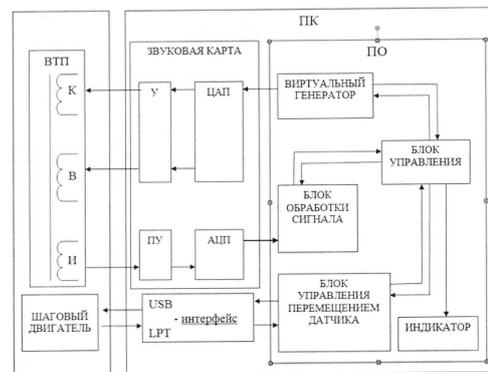
(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention represents a device for detection of defects of small linear sizes. The device represents a software/hardware complex including an eddy current converter (ECC), a personal computer with a sound card and software: a virtual generator, units for processing of a signal and control, control of sensor movement, - as well as USB/LPT interface, and a step motor. The signal is supplied from the virtual generator through a digital-to-analogue converter to exciting and compensation windings of ECC and causes occurrence of a local electromagnetic field that at interaction with the measured object is changed, and then, the changed signal is fixed on a measurement winding of ECC. The measurement winding is opposite connected to the compensation winding. The converter is connected to different interfaces: an audio card as part of the personal computer, via a wireless channel to a mobile phone and transmits the measured data to the developed software, where they are displayed by the indicator.

EFFECT: device allows detecting defects of small linear sizes, as well as defects lying inside the test object.

6 dwg, 2 ex



Общая схема работы прибора
У – усилитель,
ПУ – предусилитель,
К – компенсационная обмотка,
В – возбуждающая обмотка,
И – измерительная обмотка,
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь,
АЦП – аналого-цифровой преобразователь.
Фиг.1

RU 2 564 823 C1

RU 2 564 823 C1

Изобретение относится к области технологии приборостроения, в частности к изготовлению вихретоковых преобразователей, предназначенных для широкого спектра измерений в различных областях: толщинометрия, профилометрия, измерения напряженностей постоянных и переменных магнитных полей, электропроводности
5 неферромагнитных материалов и др.

Известен способ вихретокового контроля (Физические и физико-химические методы контроля состава и свойств вещества. Метод вихревых токов. / Н.Н. Шумиловский и др. - М.-Л.: Энергия, 1966 - с. 123-132). Способ заключается в том, что используется вихретоковый преобразователь в виде параллельного колебательного контура, в
10 котором с помощью источника тока формируются собственные колебания, по величине затухания которых судят об изменениях физико-механических параметров контролируемого объекта.

Недостатком способа является его низкая чувствительность, так как выделение информативного параметра осуществляется путем измерения средневыпрямленного значения экспоненциально затухающего гармонического колебания, что предполагает усреднение составляющих с высокой и низкой информативностью. Кроме того, способ обладает большой погрешностью измерения, вызванной влиянием температуры на активное сопротивление катушки параллельного колебательного контура.

Известен способ вихретокового контроля (патент РФ №2339029 от 20.11.08//Бюл. №32 от 20.11.2008). Способ осуществляется с помощью вихретокового преобразователя в виде параллельного колебательного контура. Преобразователь подключают к источнику постоянного стабильного тока. Измеряют падение напряжения на активном сопротивлении катушки вихретокового преобразователя. После этого отключают преобразователь от источника тока для формирования в нем собственных затухающих
20 колебаний. Выделяют один из периодов затухающих колебаний, измеряют амплитуду и положение на временной оси относительно начала затухающих колебаний. После этого осуществляют принудительное гашение затухающих колебаний. Информативным параметром является изменение амплитуды периода и изменение положения периода на временной оси. Величину падения напряжения на катушке используют для
30 автоматической регулировки усиления выходного сигнала. Цикл измерения составляет один период управляющей импульсной последовательности, это соответствует времени одного замера. Частота импульсов (замеров) может достигать пятьдесят и более килогерц, что говорит о высоком быстродействии устройства. Недостаток - ограниченное быстродействие из-за времени, необходимого для корректировки тока возбуждения и длительности процесса затухания. Из информативных параметров используется только активное сопротивление, не способное обеспечить высокую локальность зоны контроля при использовании вихретокового метода контроля.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является цифровой вихретоковый дефектоскоп (патент РФ на изобретение RU 2411517 с приоритетом от 30.06.2009, опубликовано 10.02.2011, бюл №4). Изобретение содержит последовательно соединенный генератор и вихретоковый преобразователь, два преобразователя аналог-код, подключенные к выходам каналов измерения амплитуды и фазы. Цифровой вихретоковый дефектоскоп снабжен переключателем, соединенным входами с выходами логической схемы, а выходами - с запоминающим устройством и
45 сравнивающим устройством, причем выходы сравнивающего устройства соединены с входами дисплея. Преобразователь предназначен исключительно для достоверности контроля сварных соединений за счет создания условий для проведения градуировки цифрового вихретокового дефектоскопа по эталонным образцам. Недостатком

прототипа является ограниченная область применения устройства, повышенная сложность конструкции.

Задача изобретения - создать устройство для обнаружения дефектов малых линейных размеров, а также дефектов, залегающих внутри объекта контроля, с помощью локального электромагнитного поля, создаваемого вихретоковым преобразователем.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для обнаружения дефектов малых линейных размеров - представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя вихретоковый преобразователь (ВТП); персональный компьютер с звуковой картой и программным обеспечением (ПО): виртуальным генератором, блоками обработки сигнала и управления, управления перемещением датчика; а также USB/LPT интерфейс, шаговый двигатель; при этом сигнал передается от виртуального генератора через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) на возбуждающую (В) и компенсационную (К) обмотки ВТП и вызывает появление локального электромагнитного поля, которое при взаимодействии с измеряемым объектом изменяется и затем измененный сигнал фиксируется на измерительной обмотке ВТП и передается в ПК, где отображается на индикаторе.

Простота измерения достигается за счет того, что обработка значений напряжения на измерительной обмотке проводится с помощью блока обработки программного обеспечения.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Общая схема работы устройства представлена на фиг. 1. Устройство для обнаружения дефектов малых линейных размеров представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя вихретоковый преобразователь (ВТП), персональный компьютер с звуковой картой и программным обеспечением: виртуальным генератором, блоками обработки сигнала и управления, блоком управления перемещением датчика, индикатором, а также USB/LPT интерфейс, шаговый двигатель, при этом сигнал от виртуального генератора передается через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) на возбуждающую (В) и компенсационную (К) обмотки ВТП, вызывает появление локального электромагнитного поля, которое при взаимодействии с измеряемым объектом изменяется и затем измененный сигнал (в виде напряжения) поступает на измерительную (И) обмотку ВТП и фиксируется. ВТП размещается на платформе, перемещаемой шаговым двигателем по всей площади измеряемого объекта.

С помощью виртуального генератора (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010615425 от 24.08.2010 г. «Двухканальный виртуальный генератор звуковой частоты (ДВГЗЧ-1)»), сформированный цифровой сигнал отправляется на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). ЦАП преобразует цифровой сигнал в синусоидальный ток I_1 , проходящий через усилитель (У). После прохождения через усилитель ток поступает на возбуждающую обмотку (В) и компенсационную обмотку (К) вихретокового преобразователя (ВТП).

Компенсационная обмотка (К) встречно подключена к измерительной обмотке (И), за счет чего происходит исключение влияния магнитного поля возбуждающей обмотки (В). Протекание переменного синусоидального тока по возбуждающей обмотке (В) вызывает появление переменного магнитного поля, характеризующегося индукцией B_1 . Силовые линии магнитного поля проникают в объект контроля, тем самым наводят в нем переменную электродвижущую силу (ЭДС). ЭДС в объекте контроля приводит к появлению тока, называемого вихревым. Магнитное поле вихревого тока создает собственное магнитное поле, характеризующееся индукцией B_2 , которое направлено

встречно по отношению к индукции B_1 . Взаимное влияние полей - индукция B_2 наводит ЭДС в витке, направленную встречно по отношению к напряжению от протекания тока I_1 . Это вызывает уменьшение напряжения на измерительной обмотке (И). Сигнал с измерительной обмотки (И) проходит через предусилитель (ПУ), поступает в аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который, в свою очередь, передает цифровой набор данных в блок обработки и управления, где происходит обработка данных и выводится значение электропроводности по заранее определенным аппроксимационным коэффициентам. По изменению значений электропроводности блок обработки и управления определяет наличие дефекта в исследуемой области объекта контроля. После совершения измерения шаговый двигатель, управляемый блоком управления перемещения датчиком, перемещает ВТП на следующий участок объекта контроля, где измерение повторяется.

Вихретоковый преобразователь (заявка на полезную модель №2014111840/17(018650) от 26.03.2014 «Вихретоковый преобразователь»), представляет собой трансформатор, с обмотками радиусами в 1 мм и магнитопроводом цилиндрической, пирамидальной или конусообразной формы. Форма сердечника в виде конуса или пирамиды обеспечивает высокую локализацию магнитного поля. Это позволяет проводить поиск дефектов, имеющих размер от 0,5 мм.

Магнитопровод размещается внутри специально сконструированной платформы. В качестве провода используется проволока, диаметром 80-200 мкм (в зависимости от целей, для которых изготавливается преобразователь). Для уменьшения влияния магнитного поля, наводимого возбуждающей обмоткой (В), применяется схема, изображенная на фиг. 2. Измерительная обмотка (И) соединена встречно с компенсационной обмоткой (К). Напряжение на компенсационной обмотке (К), путем предварительной калибровки, подбирается таким образом, чтобы быть в точности равным напряжению на измерительной обмотке (И) в отсутствие объекта контроля (ОК). Эпюр напряжения на компенсационной обмотке, таким образом, совпадает с эпюром напряжения на возбуждающей обмотке, фиг. 3. Таким образом, суммарное напряжение в отсутствие объекта контроля равно нулю, а вблизи объекта контроля на измерительной обмотке (И) фиксируется напряжение, вызываемое магнитным полем вихревых токов. Анализ зависимости вносимых в измерительную обмотку (И) сигналов показывает, что в области высоких частот наблюдается явление резонанса, что позволяет фиксировать дефекты на малых участках за счет резкого усиления сигнала (напряжения) на подобных частотах.

Пример 1.

Для демонстрации работоспособности предлагаемого способа используется структура, представляющая собой чередование алюминиевой фольги толщиной 100 мкм и бумаги, также имеющей толщину в 100 мкм. В качестве модельного дефекта между слоями помещается полый параллелепипед с толщиной стенок 300 мкм.

На фиг. 4 представлена спектральная картина, наблюдающаяся при перемещении датчика над слоистой средой, внутри которой находится полый параллелепипед. Уровень сигнала с измерительной обмотки характеризует значение электропроводности на исследуемом участке. Для основной рабочей частоты в 1000 Гц уровень вносимого в измерительную обмотку напряжения составляет (130 ± 2) мВ. Области 1 и области 2 на графике, в которых происходит падение уровня напряжения в зависимости от до 115 мВ, соответствуют стенкам параллелепипеда. Данное изменение амплитуды сигнала составляет 11 процентов от уровня сигнала, соответствующего бездефектной области образца. Колебания амплитуды сигнала на бездефектном участке не превышают 4 мВ,

что составляет 3 процента от уровня сигнала, соответствующего бездефектной области образца.

Пример 2.

5 Второй образец, фиг. 5, пластина толщиной в 5 мм с профрезированными дорожками с глубиной залегания 1, 3, 4 мм, шириной 1,5 мм, ширина надрезов составляет 1,1 мм. Сканирование проводится по бездефектной стороне пластины, то есть надрезы моделируют внутренние (подповерхностные) дефекты.

10 На фиг. 6 представлен график изменения напряжения при изменении вносимого сигнала при обнаружении дефектов. Величина изменения вносимого напряжения в области дефекта, расположенного на глубине 1 мм, по сравнению с бездефектной частью, составляет 15 мВ. Изменение напряжения, вызываемого дефектом, расположенным на глубине 2 мм, по сравнению с бездефектной частью, составляет 8 мВ.

15 Устройство позволяет обнаружить дефекты малых линейных размеров, а также дефекты, залегающие внутри объекта контроля, с помощью локального электромагнитного поля создаваемого вихретоковым преобразователем. Преобразователь подключается к различным интерфейсам: аудиокарте в составе персонального компьютера, по беспроводному каналу к мобильному телефону и передает данные в разработанное программное обеспечение.

20

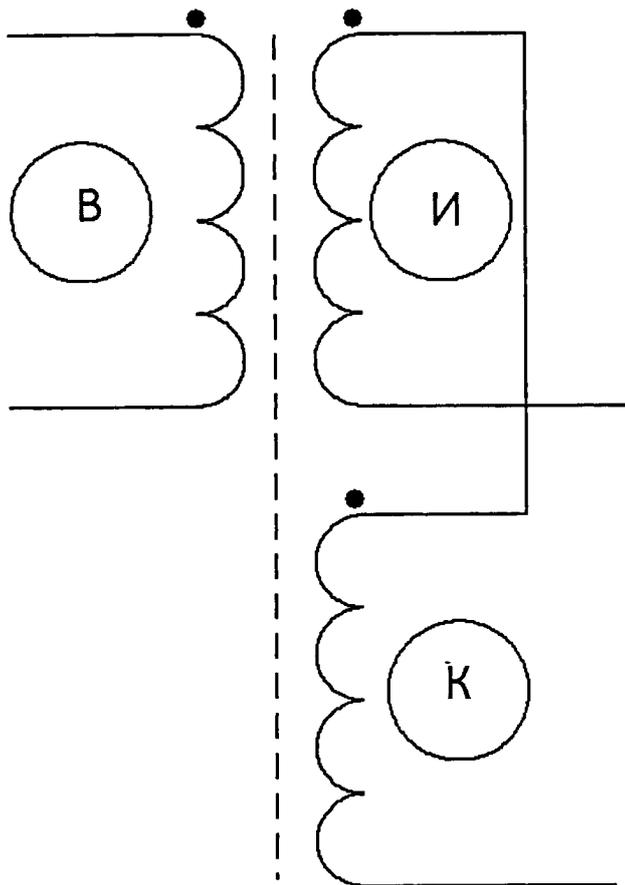
Формула изобретения

25 Устройство для обнаружения дефектов малых линейных размеров, отличающееся тем, что представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя вихретоковый преобразователь; персональный компьютер с звуковой картой и программным обеспечением - виртуальным генератором, блоками обработки сигнала и управления, управления перемещением датчика; а также USB/LPT интерфейс, шаговый двигатель, при этом сигнал передается от виртуального генератора через цифро-аналоговый преобразователь на возбуждающую и компенсационную обмотки вихретокового преобразователя и вызывает появление локального электромагнитного поля, которое при взаимодействии с измеряемым объектом изменяется и затем
30 измененный сигнал фиксируется на измерительной обмотке ВТП, передается на ПК и отображается на индикаторе.

35

40

45



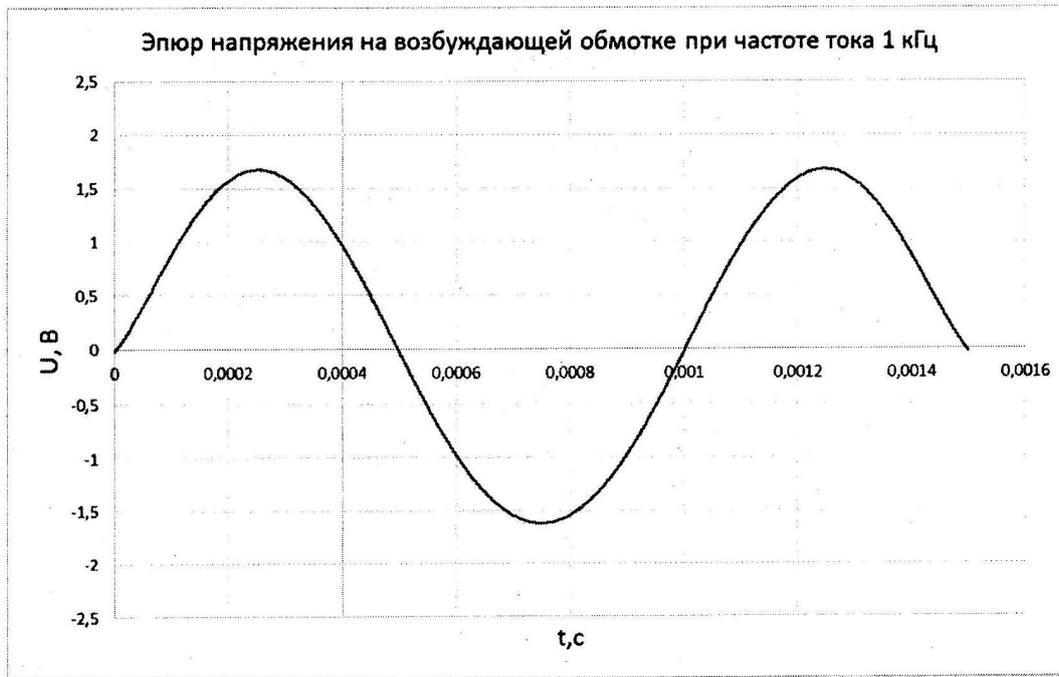
Принципиальная электрическая схема преобразователя

И – измерительная обмотка,

В – возбуждающая обмотка,

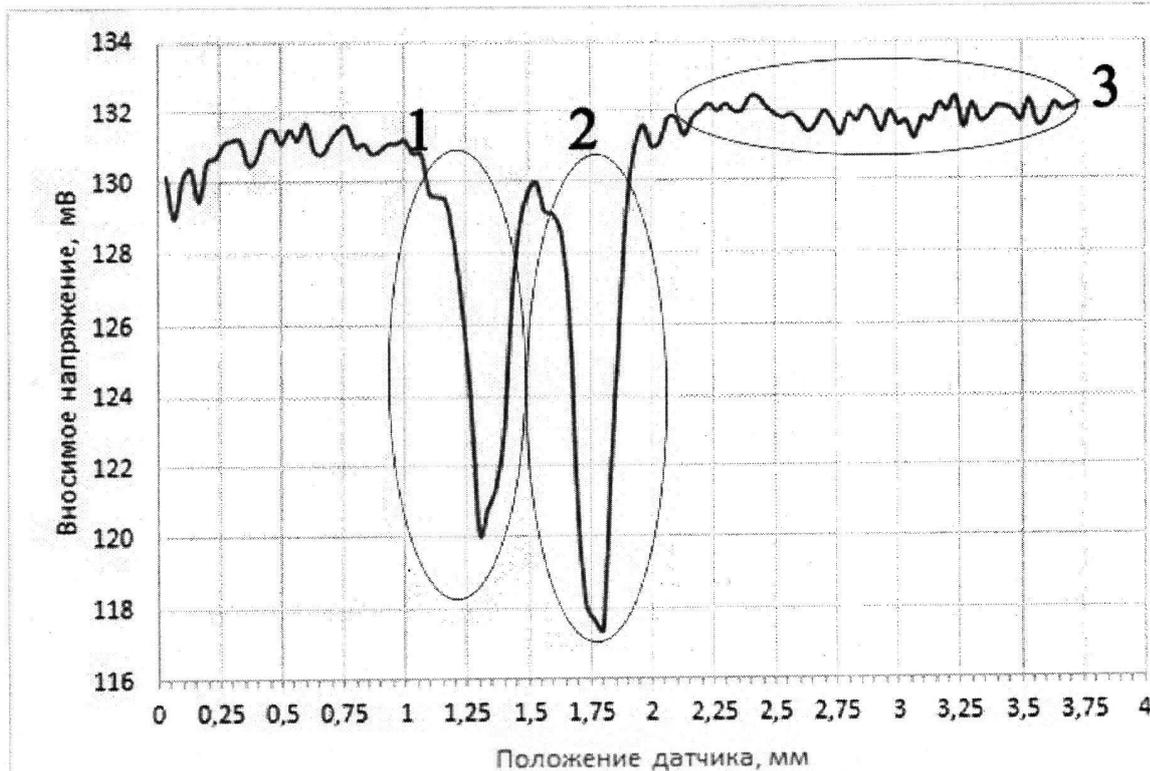
К – компенсационная обмотка

Фиг.2



Эпюры напряжения на возбуждающей обмотке при частоте тока 1 кГц.

Фиг. 3



Спектральная картина, возникающая при перемещении датчика вдоль слоистой среды с дефектом, частота преобразователя - 1000 гц. 1, 2 – стенки параллелепипеда, 3 – бездефектная часть образца.

Фиг. 4

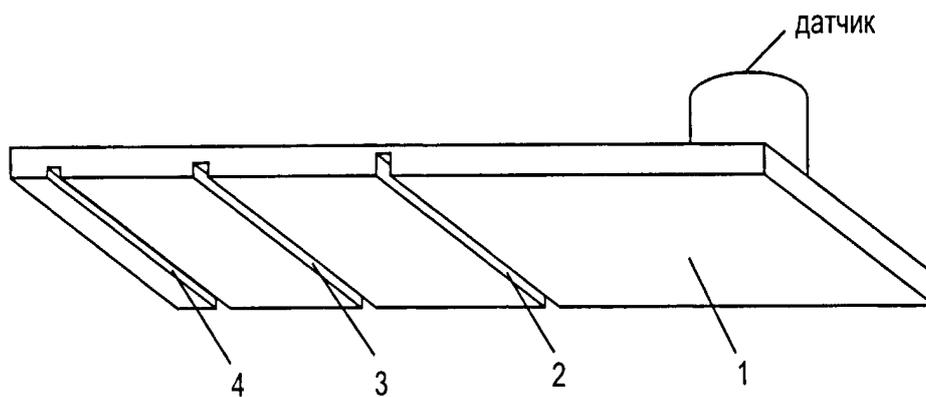


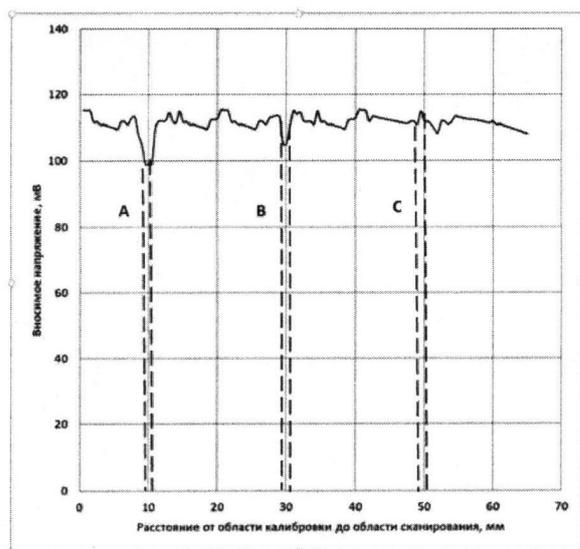
Схема контроля

1 – бездефектная область.

2, 3, 4 – подповерхностные дефекты

(надрезы) с различной глубиной залегания.

Фиг. 5



Результаты измерений для тестового образца
алюминиевого сплава,
глубина залегания дефекта 1, 3, 4 мм
А, В, С - границы надрезов

Фиг. 6