



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 27/9046 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018100701, 28.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2017

Дата регистрации:
15.01.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2017

(45) Опубликовано: 15.01.2019 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Ишков Алексей Владимирович (RU),
Иванайский Виктор Васильевич (RU),
Кривочуров Николай Тихонович (RU),
Сагалаков Анатолий Михайлович (RU),
Дмитриев Сергей Федорович (RU),
Маликов Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

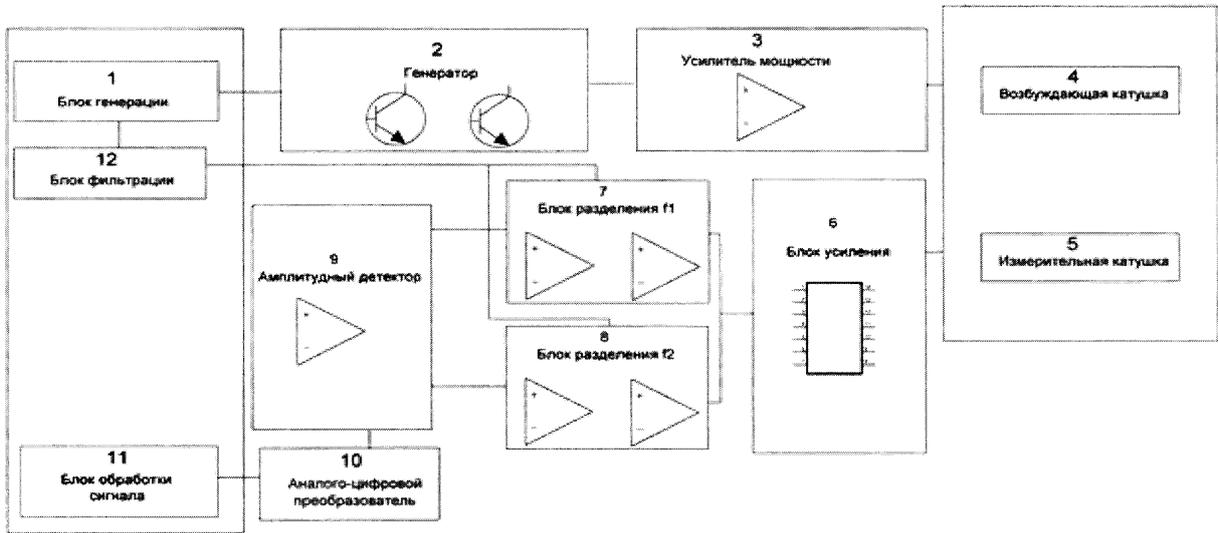
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 1608422 A1, 23.11.1990. KR
1020130019872 A, 27.02.2013. SU 1619135 A1,
07.01.1991. US 9772309 B2, 26.09.2017.

(54) Вихретоковая измерительная система для контроля качества и толщины упрочняющих покрытий на металлической основе

(57) Реферат:

Изобретение относится к методам неразрушающего контроля и позволяет исследовать упрочняющие боридные покрытия, нанесенные на основу из стали, и делать вывод о качестве покрытия на стали. Способ исследования качества и износостойкости упрочняющих боридных покрытий, основанный на анализе двухчастотного сигнала вихретокового преобразователя, представляет собой оценку среднеквадратичного отклонения сигнала

вихретокового преобразователя с использованием измерительной системы, включающей персональный компьютер с программным обеспечением и блоки генерации, фильтрации, разделения сигнала. Технический результат – повышение точности определения качества и износостойкости боридного покрытия, снижение влияния зазора между вихретоковым преобразователем и контролируемым изделием на результаты контроля. 2 ил., 1 табл.



Измерительная система, включающая персональный компьютер с программным обеспечением и блоки генерации, фильтрации, разделения сигнала

Фиг. 1

RU 2677081 C1

RU 2677081 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 27/9046 (2006.01)

(21)(22) Application: **2018100701, 28.12.2017**

(24) Effective date for property rights:
28.12.2017

Registration date:
15.01.2019

Priority:

(22) Date of filing: **28.12.2017**

(45) Date of publication: **15.01.2019** Bull. № 2

Mail address:

**656049, g. Barnaul, pr. Lenina, 61, FGBOU VO
"Altajskij gosudarstvennyj universitet", otdel
okhrany intellektualnoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Ishkov Aleksej Vladimirovich (RU),
Ivanajskij Viktor Vasilevich (RU),
Krivochurov Nikolaj Tikhonovich (RU),
Sagalakov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Dmitriev Sergej Fedorovich (RU),
Malikov Vladimir Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj
universitet" (RU)**

(54) **EDDY CURRENT MEASURING SYSTEM TO CONTROL QUALITY AND THICKNESS OF HARDENING COATINGS ON METAL BASIS**

(57) Abstract:

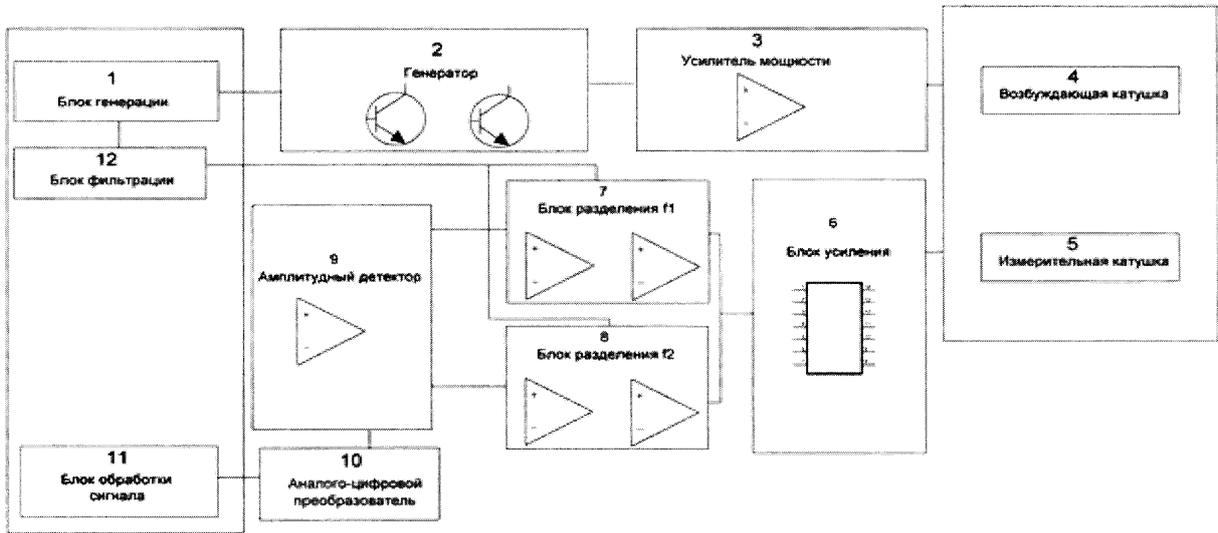
FIELD: defectoscopy.

SUBSTANCE: invention relates to methods of non-destructive testing and allows to investigate reinforcing boride coatings applied on a steel base and to make a conclusion about the quality of the coating on steel. Method of studying the quality and wear resistance of reinforcing boride coatings, based on the analysis of the two-frequency signal of the eddy current transducer, is an estimate of the standard deviation of the signal of

the eddy current transducer using a measuring system that includes a personal computer with software and blocks for generating, filtering, separating the signal.

EFFECT: improving the accuracy of determining the quality and durability of the boride coating, reducing the influence of the gap between the eddy current transducer and the product under test on the inspection results.

1 cl, 2 dwg, 1 tbl



Измерительная система, включающая персональный компьютер с программным обеспечением и блоки генерации, фильтрации, разделения сигнала

Фиг. 1

RU 2677081 C1

RU 2677081 C1

Изобретение относится к неразрушающему контролю и может быть использовано для бесконтактного измерения толщины немагнитных электропроводящих изделий методом вихревых токов.

Известен способ двухчастотного контроля толщины электропроводящего покрытия, в соответствии с которым на возбуждающие обмотки вихретоковых преобразователей подается сигналы двух частот, после чего производят сравнение напряжений, индуцируемых в измерительную обмотку преобразователей, параллельно с чем осуществляют линейное изменение частоты одного из сигналов до момента, в котором частоты двух сигналов совпадут. [1. Коноваленко В.В. Двухчастотный толщиномер. Авт. свид. 1078239, кл. G01B 7/06, бюл. 9, 1984 г.].

Точность данного способа контроля ограничена изменением скорости и нелинейностью развертки частоты первого сигнала во времени, а также влиянием зазора между вихретоковым преобразователем и объектом контроля, поскольку результат преобразования получают посредством обработки только амплитудных параметров сигналов.

Известен также способ двухпараметрового контроля, заключающийся в том, что после формирования сигнала, возбуждающего вихретоковый преобразователь, сначала компенсируют его выходное напряжение при наличии в зоне контроля эталонного изделия, толщина которого значительно превышает глубину проникновения электромагнитного поля, а затем измеряют амплитуду и фазу выходного сигнала вихретокового преобразователя, установленного на контролируемое изделие, и по результатам их обработки определяют параметры изделия [Беликов Е.Г., Тимаков Л.К. Вихретоковый способ двухпараметрического контроля изделий. Авт. свид. 1608422, кл. G01B 7/06, бюл. 43, 1980 г. (прототип)].

Недостатком этого способа является низкая точность измерения в широком диапазоне контролируемых параметров, что связано с возрастанием относительной инструментальной погрешности измерения при уменьшении амплитуды выходного сигнала вихретокового преобразователя в случае увеличения толщины диэлектрического покрытия или увеличения электрической проводимости основы изделия. Эта погрешность обусловлена нелинейностью выпрямительных элементов, применяемых для выделения амплитуды сигнала, и нестабильностью уровней срабатывания формирователей импульсов, используемых в блоке обработки для выделения фазовых параметров, приводящих к резкому повышению погрешности измерения малых сигналов и, как следствие, к снижению достоверности неразрушающего контроля параметров изделий.

Точность контроля данным способом ограничивается вариациями электрической проводимости объекта контроля, которая влияет на результат преобразования. Так, при измерениях толщины медного гальванического покрытия вариация температуры на 10°C приводит к дополнительной погрешности 4% из-за уменьшения электрической проводимости покрытия.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является двухчастотный способ неразрушающего контроля изделий, в соответствии с которым формируется высокочастотный и низкочастотный сигналы, поступающие на возбуждающие катушки вихретоковых преобразователей, первый из которых используют для измерения удельной электрической проводимости изделия, а второй - для измерения его толщины, причем по результатам измерения параметров высокочастотного напряжения первого преобразователя регулируют частоту низкочастотного возбуждающего сигнала и определяют толщину контролируемого изделия по результатам обработки амплитудно-

фазовых параметров выходного напряжения второго низкочастотного преобразователя [Незамаев С.Р., Бошин С.Н., Шмелев Л.С. Вихретоковый толщиномер. Авт. свид. 1670368, бюл. 30, 1991 г.].

Недостатком известного способа является низкая точность контроля при вариациях 5 удельной электрической проводимости в пределах объекта контроля. Низкая точность вызвана тем, что для сохранения стабильности обобщенного параметра, зависящего от радиуса эквивалентного витка преобразователя, удельной электрической проводимости и абсолютной магнитной проницаемости и частоты f возбуждающего сигнала, необходимо реализовать обратно пропорциональную зависимость между 10 частотой и проводимостью т.е. при реализации способа требуется использовать амплитудные и фазовые детекторы с нелинейной характеристикой преобразования. Помимо этого, на амплитуду выходного напряжения вихретокового преобразователя оказывает существенное влияние зазор между контролируемым изделием и преобразователем, вызывающего дополнительные погрешности. Существенным 15 недостатком также является наличие двух вихретоковых преобразователей, что приводит к усложнению конструкции и увеличению уровня помех сигнала, несущего информацию об объекте контроля.

Технической задачей изобретения является повышение точности определения качества и износостойкости боридного покрытия путем исключения погрешности, обусловленной 20 изменениями удельной электрической проводимости в широком диапазоне, и снижения влияния зазора между вихретоковым преобразователем и контролируемым изделием на результаты контроля.

Настоящая задача решается тем, что заявляемый способ исследования боридных покрытий представляет собой оценку среднеквадратичного отклонения сигнала 25 вихретокового преобразователя с использованием измерительной системы, включающей персональный компьютер с программным обеспечением и блоки генерации, фильтрации, разделения сигнала. Блок генерации формирует сигналы и передает сигналы частоты f_1 и f_2 на возбуждающую катушку вихретокового преобразователя, которая создает электромагнитное поле, индуцирующее вихревые токи в электропроводящем объекте 30 контроля. Вихревые токи создают электродвижущую силу в измерительной катушке вихретокового преобразователя в виде сигнала. Сигнал проходит через блоки разделения, каждый из которых управляется программным блоком фильтрации, связанным с программным блоком генерации. В результате сигнал разделяется на два сигнала частотой f_1 и f_2 , несущих информацию о материале основы и покрытия 35 соответственно. Изменение частоты фильтрации происходит одновременно с изменением частоты генерации. Два сигнала передаются на амплитудный детектор, затем через аналого-цифровой преобразователь в программный блок обработки сигнала, где происходит вычисление разности амплитуды сигнала f_2 и амплитуды сигнала f_1 , после чего результаты измерений выводятся на экран персонального компьютера в виде 40 графика. Разность амплитуд двух сигналов частоты f_1 и f_2 несет информацию о состоянии покрытия исходя из значения среднеквадратичного отклонения (СКО) полученной разности.

Заявляемый способ отличается от прототипа:

- 45 - Использованием исключительно амплитудного детектора с линейной характеристикой преобразования.
- Использованием одного вихретокового преобразователя.
- Наличием автоматического синхронного изменения рабочих частот вихретокового преобразователя и частот фильтрации принимаемого сигнала.

- В качестве информативного параметра, дающем информацию о качественном состоянии боридного покрытия, используют среднеквадратичное отклонение разности амплитуды сигналов f_2 и f_1 .

Использование двухчастотного сигнала, с возможностью быстрого и одновременного изменения рабочей частоты прибора и частоты фильтрации, позволяет избавиться от влияния зазора между вихретоковым преобразователем и контролируемым изделием при проведении измерений. Использование в качестве информативного параметра среднеквадратичного отклонения, позволяет реализовать измерительную систему без использования элементов с нелинейной характеристикой и с использованием исключительно амплитудного метода контроля. За счет вычитания амплитуд сигналов, несущих информацию об основе и о покрытии, становится возможным повысить помехозащищенность сигнала, несущего информацию об объекте контроля.

Способ осуществляют следующим образом: на поверхность стали марки 65 Г наносят покрытия, изготовленные из составов боридующей смеси на основе карбида бора и аморфного бора. Боридные покрытия на стали 65Г получают из модифицированной смеси состава $2Al + B_2O_3$, содержащей флюс П-0.66. Температура процесса борирования составляет $950 - 1250^\circ C$, время процесса насыщения - 40-180 сек. Составы наносят на предварительно подготовленную (зачищенную) поверхность пластин из стали 65Г, в виде обмазок, и после высушивания подвергают нагреву по одинаковому режиму: сначала до момента инициирования СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез) процесса, а затем, при сниженной на 25% мощности генератора, еще в течении 60-80 с. Перед исследованием образцов их поверхность обрабатывают 4%-ым раствором азотной кислоты в этиловом спирте в течение 5-7 секунд. После этого образец исследуют с использованием предложенного способа, представляющего собой оценку среднеквадратичного отклонения сигнала вихретокового преобразователя с использованием измерительной системы, включающей персональный компьютер с программным обеспечением и блоки генерации, фильтрации, разделения сигнала (фиг. 1).

Блок генерации 1 (фиг 1) управляет генератором 2, который передает сигналы частоты f_1 и f_2 через усилитель мощности 3 (где они усиливаются до напряжения 3 В) на возбуждающую катушку 4 вихретокового преобразователя, который создает электромагнитное поле, индуцирующее вихревые токи в электропроводящем объекте контроля. Частоты f_1 и f_2 выбирают таким образом, чтобы глубина проникновения электромагнитного поля, порожденного сигналом f_1 не превышала толщину покрытия, а глубина электромагнитного поля, порожденного сигналом f_2 превышала толщину покрытия, но не превышала толщину стальной основы. В результате возбуждающая катушка 4 создает магнитное поле, проникающее в исследуемый материал. Магнитное поле создает вихревые токи в исследуемом образце, которые, в свою очередь, создают напряжение в измерительной катушке 5. Напряжение в виде сигнала несет информацию об объекте контроля. Сигнал проходит через блок усиления 6 и блоки разделения сигнала 7, 8, каждый из которых управляется программным блоком фильтрации 12, связанным с программным блоком генерации 1. В результате сигнал разделяется на два сигнала частотой f_1 и f_2 . Изменение частоты фильтрации происходит одновременно с изменением частоты генерации. Два сигнала передаются на амплитудный детектор 9, через аналого-цифровой преобразователь 10 в программный блок обработки сигнала 11 и результаты измерений выводятся на экран персонального компьютера в виде графика и значения СКО разности амплитуд двух сигналов.

Определяют качество покрытия исходя из значения СКО следующим образом (Табл.

1): если $СКО > 25$ - покрытия обладают низким качеством и слабой устойчивостью к износу, если $10 < СКО < 25$ - покрытия обладают средним качеством и удовлетворительной устойчивостью к износу, если $СКО < 10$ - покрытие обладает отличным качеством и устойчиво к износу. График (Фиг. 2) зависимости амплитуды сигнала (U) от положения преобразователя относительно начала объекта контроля (l), получаемый в результате реализации способа и полученный с использованием разработанной фиг. амплитуда сигнала от покрытия, 2 - амплитуда сигнала от основы. Значение среднеквадратичного отклонения разности двух сигналов в рассматриваемом примере составляло 9,97 мВ, что соответствует качественному покрытию.

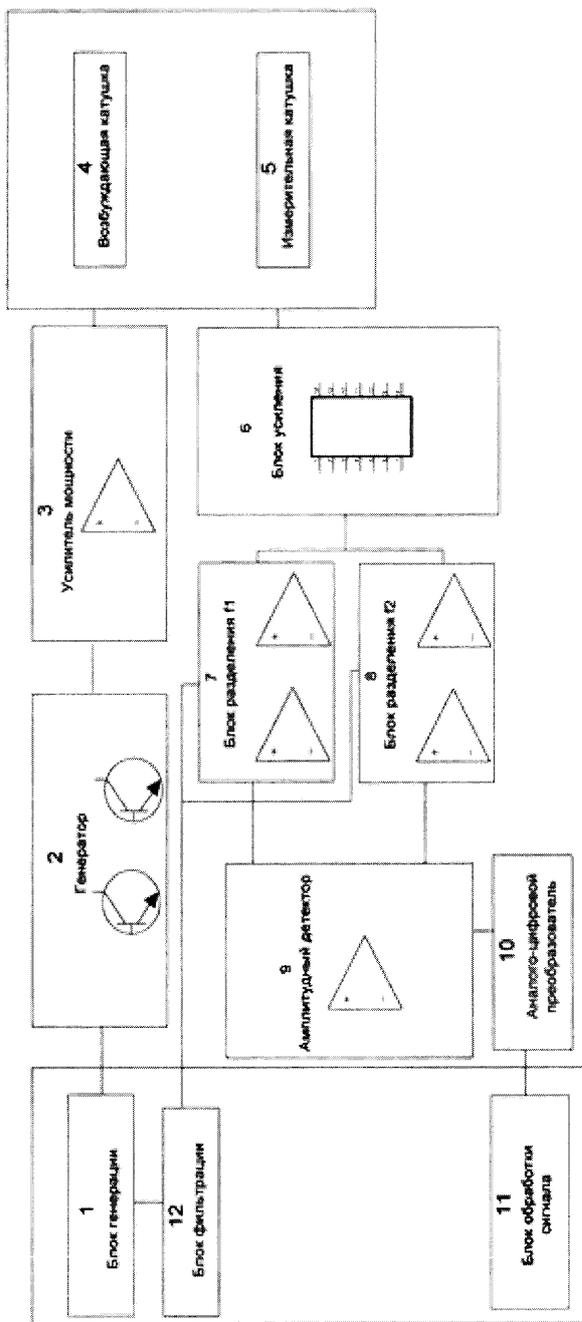
СКО, мВ	Время эксплуатации покрытия до изнашивания, суток
>25	До 10
10..25	От 10 до 20
<10	Более 20

Табл. 1. Время эксплуатации покрытия в зависимости от СКО

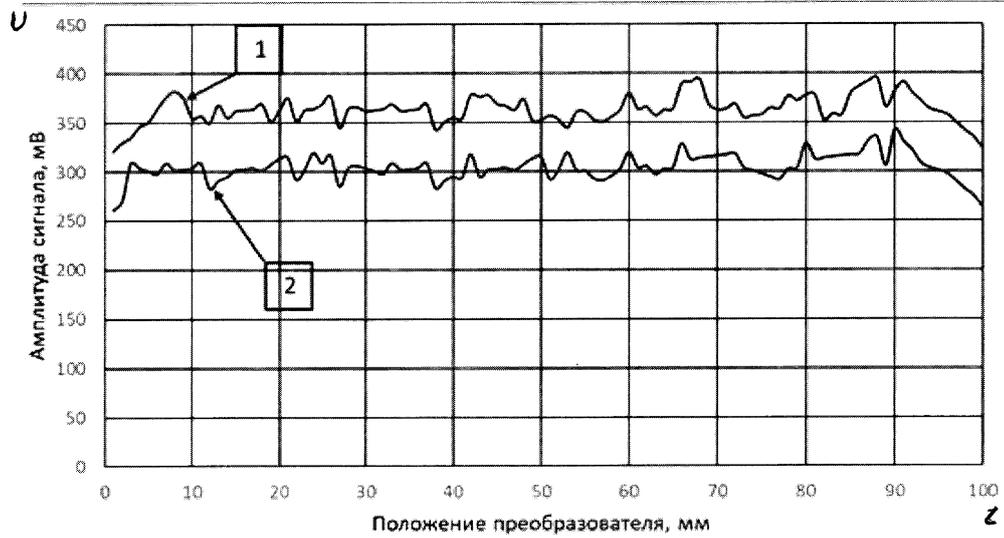
(57) Формула изобретения

Способ исследования качества и износостойкости упрочняющих боридных покрытий, основанный на анализе двухчастотного сигнала вихретокового преобразователя, отличающийся тем, что управление сигналом на возбуждающей катушке и прием сигналов с измерительной катушки преобразователя осуществляют с использованием персонального компьютера с программным обеспечением, позволяющим формировать сигнал, содержащий в себе две частоты f_1 и f_2 , при этом программное обеспечение включает блоки: генерации и фильтрации; сигнал с измерительной катушки, несущий информацию о состоянии исследуемого материала, разделяется на две частоты f_1 и f_2 в блоках разделения сигнала таким образом, что сигнал частоты f_1 соответствует сигналу от материала основы, а сигнал f_2 соответствует сигналу от материала покрытия, при этом управление частотой генерации и частотой разделения осуществляется синхронно за счет связи программного блока генерации и блока разделения, управляемого программным блоком фильтрации, после чего сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь и амплитудный детектор, а затем поступает в программный блок обработки сигнала и отображается на мониторе персонального компьютера; а в качестве параметра, несущего информацию о состоянии покрытия, используют среднеквадратичное отклонение разности амплитуд сигналов частоты f_1 и f_2 , принятых с измерительной катушки.

Способ определения качества и износостойкости боридных покрытий



Фиг 1. Измерительная система, включающая персональный компьютер с программным обеспечением и блоки генерации, фильтрации, разделения, усиления, амплитудного детектора, аналого-цифрового преобразователя и блока обработки сигнала



Фиг. 2. Пример графика зависимости амплитуды сигнала от положения преобразователя относительно начала объекта контроля: 1 – график сигнала частоты f_1 от покрытия; 2– график сигнала частоты f_2 от основы.