РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 521 753** (13) **C1**

(51) МПК
G01N 27/82 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2013100328/28, 09.01.2013**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2013

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **09.01.2013**

(45) Опубликовано: **10.07.2014** Бюл. № **19**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2455634 C1 10.07.2012 . RU 2452943 C1 10.06.2012 . SU 746278 A1 05.07.1980 . US 20100148766 A1 17.06.2010**

Адрес для переписки:
664074, г.Иркутск-74, ул. Чернышевского, 15, ФГБОУ ВПО "ИрГУПС", Патентно-лицензионный отдел, Начальнику отдела, к.э.н. Видякиной О.В.

(72) Автор(ы):
Степанов Максим Александрович (RU),
Степанов Александр Петрович (RU),
Пыхалов Анатолий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Иркутский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВПО ИрГУПС) (RU)

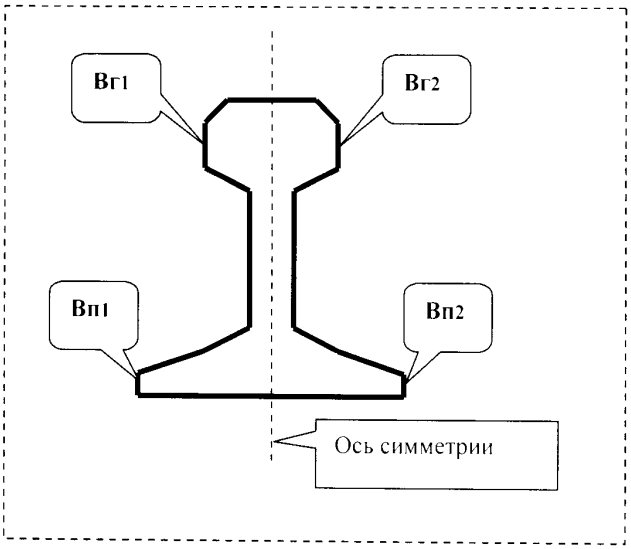
(54) СПОСОБ ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОТЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области магнитной дефектоскопии в промышленности и на транспорте. Сущность: протяженные конструкции в процессе их эксплуатации, изготовленные из однородного ферромагнитного материала и имеющие сечение профиля простой симметричной формы, намагничивают с образованием полюсов симметричного магнитного поля на оси симметрии сечения профиля по всей длине объекта наблюдения. О наличии дефектов или механических напряжений в зонах сечения профиля конструкции судят по изменению величин электрических напряжений, непрерывно снимаемых с индуктивных датчиков, установленных в одной плоскости в попарно симметричных точках сечения на его границах, при движении этих датчиков вдоль длины профиля конструкции. Технический результат: возможность оперативного выявления дефектов и оценки местных напряжений в материале протяженных конструкций, с помощью автоматизированных мобильных технических средств. 1 ил.

RU 2521753 C1

RU 2521753 C1



Сечение рельса. Характерные точки симметричные друг другу относительно оси симметрии сечения, являющейся осью намагничивания. Величина индукции магнитного поля для симметричной пары точек головки рельса $\mathbf{B}_{г1}$ и $\mathbf{B}_{г2}$, а также для симметричной пары точек подошвы рельса $\mathbf{B}_{п1}$ и $\mathbf{B}_{п2}$, где индекс «1» относится к левой части от оси симметрии, индекс «2» к правой части от оси симметрии.

Рис. 1

RU 2521753 C1

RU 2521753 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 521 753** (13) **C1**

(51) Int. Cl.
G01N 27/82 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2013100328/28, 09.01.2013**

(24) Effective date for property rights:
09.01.2013

Priority:
(22) Date of filing: **09.01.2013**

(45) Date of publication: **10.07.2014** Bull. № **19**

Mail address:
664074, g.Irkutsk-74, ul. Chernyshevskogo, 15, FGBOU VPO "IrGUPS", Patentno-litsenzionnyj otdel, Nachal'niku otdela, k.eh.n. Vidjakinoj O.V.

(72) Inventor(s):
Stepanov Maksim Aleksandrovich (RU),
Stepanov Aleksandr Petrovich (RU),
Pykhalov Anatolij Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Irkutskij gosudarstvennyj universitet putej soobshchenija (FGBOU VPO IrGUPS) (RU)

(54) ON-LINE DETECTION METHOD OF DEFECTS AND MECHANICAL STRESSES IN EXTENDED STRUCTURES

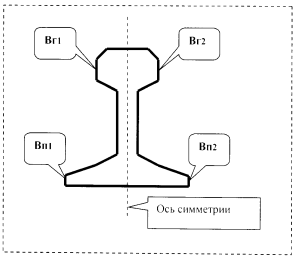
(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: extended structures during their operation, which are made from homogeneous ferromagnetic material and have the profile section of a symmetrical shape, are magnetised so that poles of symmetric magnetic field are formed on the symmetry axis of the profile section throughout the length of an observation object. Assessment of available defects or mechanical stresses in zones of the profile section of the structure is performed as per the change of values of electrical voltages continuously taken from inductive sensors installed in one and the same plane in pairwise symmetrical points of the section at its boundaries at movement of these sensors along the length of the structure profile.

EFFECT: possibility of on-line detection of defects and assessment of local stresses in material of extended structures by means of automated mobile hardware.

1 dwg



Сечение рельса. Характерные точки симметричные друг другу относительно оси симметрии сечения, являющейся осью намагничивания. Величина индукции магнитного поля для симметричной пары точек головки рельса $B_{г1}$ и $B_{г2}$, а также для симметричной пары точек подошвы рельса $B_{п1}$ и $B_{п2}$, где индекс «1» относится к левой части от оси симметрии, индекс «2» к правой части от оси симметрии.

Рис. 1

RU 2521753 C1

RU 2521753 C1

Предлагаемое изобретение относится к области магнитной дефектоскопии в промышленности и на транспорте. Может быть использовано при оперативном обнаружении дефектов, избыточных механических напряжений в протяженных конструкциях, изготовленных из однородного ферромагнитного материала, имеющих простую симметричную форму профилей сечений, например, рельсов, металлических профилей, осей, трубопроводов в процессе их эксплуатации.

Известны способы [1, 2, 3] магнитной дефектоскопии, обнаружения избыточных изгибных напряжений и оценки прочности изделий, имеющих простую симметричную форму сечений профилей и изготовленных из однородного ферромагнитного материала. В способах [1, 2, 3] под понятием «неоднородность» подразумевается наличие разрывов (пустот, раковин) в сплошности структуры однородного по химическому составу и физическим свойствам ферромагнитного изделия. К «неоднородностям» такого рода могут быть отнесены зоны сечений в изделии, в которых в процессе эксплуатации возникают напряжения сжатия, растяжения, сдвига, являющиеся предпосылкой разрушения изделия при превышении допустимых значений механических напряжений или вследствие усталости материала. Способы [1, 2, 3] разработаны с учетом взаимозависимости неоднородности материала изделия в его сечении и сопутствующих появлению изменений магнитных свойств объекта наблюдения. В частности, в случае механических напряжений в ферромагнитном материале эта взаимозависимость проявляется в виде эффекта Виллари [4], согласно которому появление или изменение местных напряжений в локальных зонах сечений намагниченных изделий изменяет величину намагниченности материала в этих зонах. В способах [1, 2, 3] осуществляется непосредственное измерение параметров магнитного поля в характерных точках симметрии сечений изделий, таких как магнитная индукция или его напряженность, что при большой протяженности изделий может служить ограничением при их практическом использовании из-за не достаточно высокой скорости измерения параметров магнитного поля.

Предлагаемый способ решает задачу ускоренного обнаружения дефектов, избыточных изгибных напряжений, оценки прочности протяженных изделий в процессе их эксплуатации, изготовленных из однородного ферромагнитного материала и имеющих симметричную форму профилей сечений. Согласно предлагаемому изобретению для этих изделий о наличии дефекта или об изменениях значений местных механических напряжений в зонах сечений судят по непрерывному изменению величин электрических напряжений, полученных от движущихся катушек индуктивности (датчиков) вдоль изделия, установленных в попарно симметричных точках сечения профиля на его границах. При этом изделие предварительно намагничивается с образованием полюсов симметричного магнитного поля на оси симметрии сечения профиля по всей длине объекта наблюдения.

В качестве примера на рис 1. показано сечение рельса. При однородности материала и отсутствии в нем механических напряжений магнитное поле в сечении будет симметрично относительно оси симметрии сечения [5], поэтому индукция магнитного поля в характерных (попарно симметричных точках) будет одной и той же. В случае возникновения дефектов или механических напряжений в сечении изделия симметрия магнитного поля относительно оси симметрии сечения нарушается, и величина индукции в характерных точках сечения будет отличаться друг от друга. При движении датчиков, установленных в характерных точках плоскости сечения протяженного изделия, в катушках индуктивности датчиков, по закону электромагнитной индукции, наводится электродвижущая сила (равная по величине электрическому напряжению на зажимах

катушек U), величина которой пропорциональна производной по времени от величины магнитной индукции B в точке установки соответствующего датчика [5]. При движении блока датчиков проводится непрерывное сканирование каждого сечения протяженного изделия в целях обнаружения участков с дефектом или предельных механических напряжений. Например, при изгибе рельса имеем следующие соотношения по абсолютным значениям индукции магнитного поля в характерных точках [2] и соотношения для электрических напряжений в катушках индуктивности датчиков, установленных в этих же точках, рис.1:

1) изгиб рельса в горизонтальной плоскости, слева от оси симметрии сечения рельса материал растянут, справа сжат:

$B_{г1}>B_{г2}$, $B_{п1}>B_{п2}$ или $\delta_г=B_{г1}-B_{г2}>0$, $\delta_п=B_{п1}-B_{п2}>0$,

тогда для электрических напряжений

$U\delta_г=U_{г1}-U_{г2}>0$, $U\delta_п=U_{п1}-U_{п2}>0$;

2) изгиб рельса в горизонтальной плоскости, слева от оси симметрии сечения рельса материал сжат, справа растянут:

$B_{г1}<B_{г2}$, $B_{п1}<B_{п2}$ или $\delta_г=B_{г1}-B_{г2}<0$, $\delta_п=B_{п1}-B_{п2}<0$,

тогда для электрических напряжений

$U\delta_г=U_{г1}-U_{г2}<0$, $U\delta_п=U_{п1}-U_{п2}<0$;

3) изгиб рельса в вертикальной плоскости, материал головки рельса растянут, материал подошвы рельса сжат:

$B_{г1}=B_{г2}$, $B_{п1}=B_{п2}$, $B_{г1}>B_{п1}$, $B_{г2}>B_{п2}$ или

$\delta_1=B_{г1}-B_{п1}>0$, $\delta_2=B_{г2}-B_{п2}>0$, $\delta_1=\delta_2$,

тогда для электрических напряжений

$U\delta_1=U_{г1}-U_{п1}>0$, $U\delta_2=U_{г2}-U_{п2}>0$, $U\delta_1=U\delta_2$;

4) изгиб в вертикальной плоскости, материал головки рельса сжат, материал подошвы рельса растянут:

$B_{г1}=B_{г2}$, $B_{п1}=B_{п2}$, $B_{г1}<B_{п1}$, $B_{г2}<B_{п2}$ или

$\delta_1=B_{г1}-B_{п1}<0$, $\delta_2=B_{г2}-B_{п2}<0$, $\delta_1=\delta_2$

тогда для электрических напряжений

$U\delta_1=U_{г1}-U_{п1}<0$, $U\delta_2=U_{г2}-U_{п2}<0$, $U\delta_1=U\delta_2$.

Здесь введены следующие обозначения:

величина индукции магнитного поля для симметричной пары точек головки рельса $B_{г1}$ и $B_{г2}$, а также для симметричной пары точек подошвы рельса $B_{п1}$ и $B_{п2}$, где индекс «1» относится к левой части от оси симметрии, индекс «2» - к правой части от оси симметрии; падения напряжения в этих же точках $U_{г1}$, $U_{г2}$ и $U_{п1}$, $U_{п2}$, а также разность индукций и падений напряжения $\delta_г$, $\delta_п$, δ_1, δ_2 и $U\delta_г$, $U\delta_п$, $U\delta_1$, $U\delta_2$ соответственно.

Приведенные соотношения справедливы при условии работы однотипных индуктивных датчиков, установленных в одной плоскости сечения изделия на его границе. При этом скорость движения датчиков вдоль протяженного изделия выбирается из условия удовлетворения необходимой чувствительности приборов, снимаемых непрерывное электрическое напряжение с индуктивных датчиков.

По данным датчиков судят о месте дефекта и (или) о механических напряжениях в материале сканируемого изделия.

Предлагаемый способ реализуется следующим образом: намагничивание исследуемого протяженного изделия (с помощью постоянных магнитов или путем

пропускания тока по нему), с целью получения симметричного магнитного поля относительно геометрии профиля, осуществляется с образованием магнитных полюсов на выбранной оси симметрии профиля сечения объекта. В зависимости от вида симметрии картины магнитного поля выбираются характерные точки на границе сечения профиля так, чтобы при однородности материала и отсутствии механических напряжений в нем картина магнитного поля была симметричной и соответствовала геометрической симметрии сечения, а также была возможность установки соответствующих индуктивных датчиков. Количество пар характерных точек и количество датчиков выбираются исходя из вида профиля изделия. Датчики устанавливаются в одной плоскости, которая совпадает с плоскостью контролируемого сечения профиля изделия. Скорость движения датчиков выбирается такой, чтобы величина напряжений на датчиках обеспечивала достоверность снимаемой с них информации. Процесс снятия и обработки информации может быть автоматизирован.

Технический результат реализации предлагаемого способа заключается в возможности оперативного выявления дефектов и оценки местных напряжений в материале протяженных конструкций с помощью автоматизированных мобильных технических средств.

Информационные источники

1. Пат. №2441227 Российская Федерация, RU 2441227 C1, МПК G01N 27/72 (2006.1). Способ магнитной дефектоскопии изделий в напряженном состоянии / Степанов Л.П., Милованов А.И., Степанов М.А.; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. ун-т путей сообщен. - №2010121417/28, заявл. 26.05.2010, опубл. 27.01.2012, Бюл. №3. - 3 с.

2. Пат. №2452943 Российская Федерация, RU 2452943 C1, МПК G01N 27/82 (2006/01). Способ обнаружения изгибных напряжений / Степанов А.П., Степанов М.А., Милованов А.М., Саломатов В.Н.; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. ун-т путей сообщен. - №2010142042/28, заявл. 13.10.2010, опубл 10.06.2012, бюл. №16. - 5 с.

3. Пат. №2455634 Российская Федерация, RU 2455634 C1, МПК G01N 27/80 (2006/01). Способ оценки запаса прочности изделий в процессе эксплуатации / Степанов Л.П., Степанов М.А., Милованов А.И., Милованова Е.А., Саломатов В.Н.; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. ун-т путей сообщен. - №2010145975/28, заявл. 10.11.2010, опубл. 10.07.2012, Бюл. №19. - 5 с.

4. Физическая энциклопедия. .

5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец. вузов. 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1986 г. - 263 с.: ил.

Формула изобретения

Способ оперативного обнаружения дефектов и механических напряжений в сечениях профилей протяженных конструкций в процессе их эксплуатации, изготовленных из однородного ферромагнитного материала, имеющих сечения профилей простой симметричной формы и намагниченных с образованием полюсов симметричного магнитного поля на оси симметрии сечения профиля по всей длине объекта наблюдения, отличающийся тем, что о наличии дефектов или механических напряжений в зонах сечения профиля конструкции судят по изменению величин электрических напряжений, непрерывно снимаемых с индуктивных датчиков, установленных в одной плоскости в попарно симметричных точках сечения на его границах, при движении этих датчиков вдоль длины профиля конструкции.