

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 231380

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ИЗНОСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Мельников Виталий Геннадьевич (RU), Насонов Михаил Юрьевич (RU), Григоров Андрей Михайлович (RU)*

Заявка № 2024131952

Приоритет полезной модели 24 октября 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 24 января 2025 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 24 октября 2034 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01N 3/32 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024131952, 24.10.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.10.2024

Дата регистрации:  
24.01.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.10.2024

(45) Опубликовано: 24.01.2025 Бюл. № 3

Адрес для переписки:  
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО СПбГУ, патентно-лицензионный  
отдел

(72) Автор(ы):

Мельников Виталий Геннадьевич (RU),  
Насонов Михаил Юрьевич (RU),  
Григоров Андрей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II"  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 138044 U1, 27.02.2014. SU 976290  
A1, 23.11.1982. RU 79993 U1, 20.01.2009. CN  
113405448 A, 17.09.2021.

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ИЗНОСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

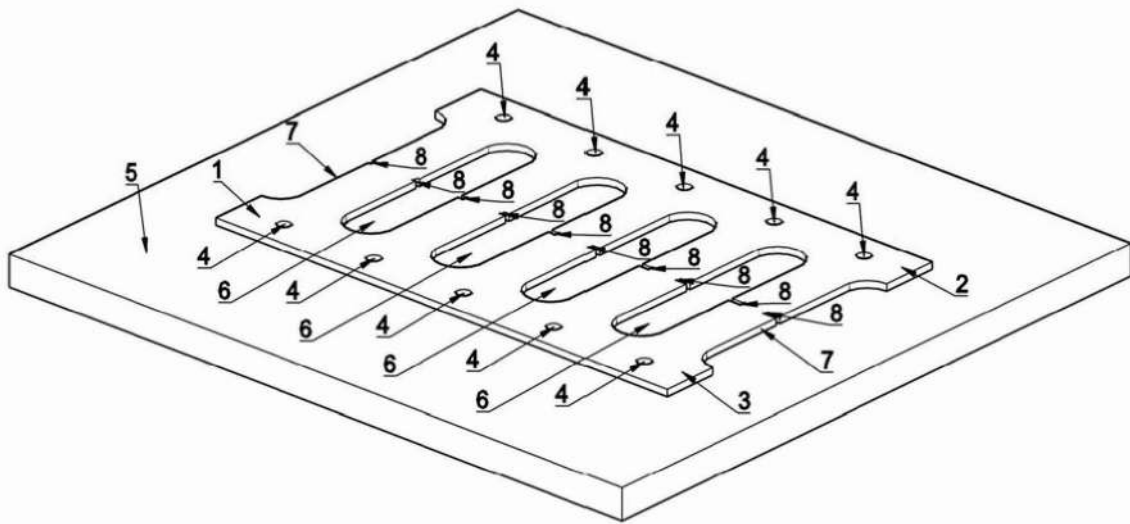
(57) Реферат:

Полезная модель относится к измерительной технике, предназначена для контроля износа металлических конструкций. Техническим результатом является повышение эффективности визуального контроля износа металлических конструкций. Устройство для визуального контроля износа металлических конструкций позволяет визуально определять степень износа исследуемой металлической конструкции по

последовательному частичному разрушению чувствительного элемента за счет того, что в чувствительном элементе выполнены пропилы разной глубины, благодаря чему усталостные трещины будут последовательно частично разрушать чувствительный элемент, начиная с места, в котором выполнен пропил наибольшей глубины, и заканчивая местом, в котором выполнен пропил наименьшей глубины.

RU 231380 U1

RU 231380 U1



Фиг. 1

RU 231380 U1

RU 231380 U1

Полезная модель относится к измерительной технике, предназначена для контроля износа металлических конструкций.

Известен тензометрический датчик усталости деталей (авторское свидетельство СССР № 976290, опубл. 23.11.1982 г.), состоящий из диэлектрической подложки, на которую термическим испарением в вакууме наносят металлические электроды, и полупроводниковую пленку из тройного сплава BiTeSb, и токоподводы, прикрепленные к электродам. Для выявления усталостных повреждений и измерения усталостной долговечности элементов конструкций тензометрический датчик усталости прикрепляют к этому элементу. При деформации элемента с пленкой, в ней происходит смещение энергетических уровней, изменение эффективных масс, времени жизни, подвижности носителей заряда, а также образование рекомбинационных центров, что, в свою очередь, приводит к изменению высоты потенциальных барьеров. Все это обуславливает высокую чувствительность тензометрического датчика из сплава висмута, теллура и сурьмы.

Недостатком устройства является использование диэлектрической подложки, поскольку свойства диэлектрической подложки будут отличаться от свойств элементов конструкций, поэтому механические напряжения, возникающие в элементах конструкции и передаваемые этими элементами конструкции диэлектрической подложке, будут различны, что может привести к неверной интерпретации получаемых данных.

Известен фольговый датчик для определения степени накопления усталостных повреждений (авторское свидетельство СССР № 1250842, опубл. 15.08.1986 г.), состоящий из чувствительного элемента, размещенного на подложке. Чувствительный элемент имеет отверстия, расположенные вдоль него рядами. Выбор размеров шагов и перемычек определяется требованиями к уровням нагружения, величине выходного сигнала, виду цикла нагружения и т.п. Датчик наклеивают на поверхность объекта, продольные ряды ориентируют в направлении максимальной деформации. При нагружении образца вследствие различной жесткости перемычек в них происходит концентрация деформаций. При повторно-циклическом нагружении исследуемого объекта в перемычках возникают необратимые изменения начального электрического сопротивления. Оценка степени накопления усталостных повреждений проводится с помощью зависимостей деформации - число циклов, аналогичных кривым Веллера.

Недостатком устройства является приклеивание датчика на поверхность исследуемого объекта, поскольку нанесение равномерного слоя клея является весьма трудной задачей, а также потому, что механические напряжения, передаваемые датчику через диэлектрическую подложку, будут изменяться из-за неоднородности слоя клея, в результате это приведет к снижению точности получаемых данных.

Известен емкостный датчик для измерения длины усталостной трещины (авторское свидетельство СССР № 669181, опубл. 25.06.1979 г.), содержащий изоляционную подложку, на которой наклеена или напылена металлическая обкладка гребенчатой формы. Зубья обкладки выполнены разной ширины, монотонно изменяющейся по длине обкладки. Основание обкладки снабжено электрическим выводом. Развивающаяся трещина последовательно разрывает зубья, а емкость обкладки относительно детали изменяется скачками. Если трещина растет слева направо, величина скачков изменения емкости уменьшается, если трещина справа налево, величина скачков емкости увеличивается. О длине трещины судят по числу скачков или величине последнего скачка значения емкости, а о направлении развития трещины - по возрастанию или убыванию величины скачков емкости датчика.

Недостатком устройства являются зубья обкладки гребенчатой формы, поскольку при такой форме зубьев трещины могут образовываться в любой точке зубьев, а

трещина, образовавшаяся на конце зуба, при его разрывании будет изменять емкость обкладки относительно детали настолько слабо, что измеритель емкости может не идентифицировать эту трещину, что может привести к недостоверным результатам.

Известен емкостный датчик для измерения длины усталостной трещины (авторское свидетельство СССР № 1054673, опубл. 15.11.1982 г.), состоящее из изоляционной подложки и токопроводящей обкладки, размещенной на подложке. Зубья обкладки выполнены разной ширины, монотонно изменяющейся по длине обкладки. Обкладка имеет первый токовывод и второй токовывод, размещенный на перемычке. За счет того, что емкостный датчик для измерения усталостной трещины снабжен перемычкой, соединяющей концы гребенчатой обкладки, и вторым токовыводом, размещенным на этой перемычке, позволяет емкостному датчику наряду с измерением длины усталостной трещины определять координаты точки зарождения ответвившейся трещины.

Недостатком устройства является использование токопроводящей обкладки для определения изменения суммарного сопротивления датчика при разрывании зубьев, поскольку токопроводящая обкладка обладает очень малым сопротивлением, поэтому для определения его изменения потребуется высокоточный датчик сопротивления, а также потому, что изменение температуры окружающей среды будет изменять температуру токопроводящей обкладки, а, значит, будет изменять и ее сопротивление, что может привести к недостоверным получаемым данным.

Известен датчик усталостных повреждений, (авторское свидетельство СССР № 1402801, опубл. 15.06.1988 г.), принятый за прототип, представляющий собой пластину, которую жестко приклеивают или приваривают к подкладкам, которые приклеивают или приваривают к испытываемой конструкции, создав в ней предварительные напряжения, при этом датчик содержит механический усилитель деформаций. Пластина выполнена симметричной с переменной шириной. На пластину нанесены напылением две полосы тензорезистора, выполняющие функции тензочувствительных элементов. Вдоль по длине полос равномерно расположены выходные контакты. При циклических деформациях конструкции механический усилитель по-разному усиливает деформации. Поскольку резисторы имеют пороговую чувствительность, каждая часть между соответствующими выходными контактами представляет собой накопитель циклов деформирования с известными амплитудами.

Недостатком устройства является использование демпфирующей прокладки, уменьшающей механические напряжения, передаваемые от конструкции к пластине, в результате чего пластина подвергается меньшим нагрузкам, что может привести к неправильно оцененной усталостной долговечности.

Техническим результатом является повышение эффективности визуального контроля износа металлических конструкций.

Технический результат достигается тем, что чувствительный элемент выполнен в форме прямоугольной пластины, вдоль верхней и нижней сторон которой симметрично выполнены сквозные отверстия, с возможностью жесткого крепления исследуемой металлической конструкции, а в центральной части чувствительного элемента выполнены овальные отверстия, на равном расстоянии друг от друга, при этом по краям выполнены отверстия полуовальной формы, в центре по боковым граням каждого овального и полуовального отверстия выполнены пропилены, глубина которых является переменной и пропорционально изменяется от одной стороны чувствительного элемента к другой.

Устройство поясняется следующими фигурами:

на фиг. 1 - общий вид;

на фиг. 2 - вид сверху устройства;

на фиг. 3 - место крепления устройства на стрелу экскаватора; где

1 - чувствительный элемент;

2 - верхняя сторона;

5 3 - нижняя сторона;

4 - отверстия;

5 - исследуемая металлическая конструкция;

6 - овальные отверстия;

7 - полуовальные отверстия;

10 8 - пропил.

Устройство состоит из чувствительного элемента 1 (фиг. 1, 2), выполненного в форме прямоугольной пластины из металла. Вдоль верхней стороны 2 и нижней стороны 3 чувствительного элемента 1 симметрично выполнены сквозные отверстия 4, с возможностью жесткого крепления исследуемой металлической конструкции 5. В 15 центральной части чувствительного элемента 1 выполнены овальные отверстия 6, на равном расстоянии друг от друга. По краям чувствительного элемента 1 выполнены полуовальные отверстия 7. В центре по боковым граням каждого овального отверстия 6 и полуовального отверстия 7 выполнены пропилы 8. Глубина пропила 8 является переменной и пропорционально изменяется от одной стороны чувствительного элемента 20 1 к другой.

Устройство работает следующим образом.

Чувствительный элемент 1 (фиг. 3) накладывают на исследуемую металлическую конструкцию 5 так, что устройство ориентировано поперек прогнозируемого 25 направления развития усталостных трещин и жестко закрепляют на ней, например, точечной сваркой, через отверстия 4. Устройство закрепляется в месте концентрации механических напряжений. Исследуемой металлической конструкцией 5, которая 30 подвергается циклическим нагрузкам, может быть, например, стрела экскаватора, которая во время работы подвергается циклическим нагрузкам. Пропилы 8 чувствительного элемента 1 являются концентраторами повышенных напряжений, где 35 и будут образовываться усталостные трещины. Усталостные трещины чувствительного элемента 1 с увеличением количества циклов нагружения будут постепенно увеличиваться. При достижении первого критического количества циклов нагружения усталостные трещины увеличатся до такой степени, что чувствительный элемент 1 40 будет частично разрушен. Разрушение произойдет в месте, в котором выполнен пропил 8 наибольшей глубины. При продолжении нагружения исследуемой металлической конструкции 5 усталостные трещины будут продолжать увеличиваться. При достижении 45 второго критического количества циклов нагружения усталостные трещины в чувствительном элементе 1 увеличатся до такой степени, что произойдет следующее частичное разрушение чувствительного элемента 1 в месте, в котором выполнен пропил 8 глубиной, следующей за пропилом 8 с наибольшей глубиной. При дальнейшем 50 нагружении исследуемой металлической конструкции 5 усталостные трещины будут продолжать увеличиваться, в результате чего чувствительный элемент 1 продолжит последовательно разрушаться в тех местах, в которых выполнены пропилы 8 и которые еще не были разрушены.

Устройство для визуального контроля износа металлических конструкций позволяет 55 визуально определять степень износа исследуемой металлической конструкции по последовательному частичному разрушению чувствительного элемента за счет того, что в чувствительном элементе выполнены пропилы разной глубины, благодаря чему

усталостные трещины будут последовательно частично разрушать чувствительный элемент, начиная с места, в котором выполнен пропил наибольшей глубины, и заканчивая местом, в котором выполнен пропил наименьшей глубины.

(57) Формула полезной модели

5

Устройство для визуального контроля износа металлических конструкций, включающее чувствительный элемент, выполненный из металла, с возможностью жесткого крепления к исследуемой металлической конструкции, отличающееся тем, что чувствительный элемент выполнен в форме прямоугольной пластины, вдоль верхней и нижней сторон которой симметрично выполнены сквозные отверстия, с возможностью жесткого крепления исследуемой металлической конструкции, а в центральной части чувствительного элемента выполнены овальные отверстия на равном расстоянии друг от друга, при этом по краям выполнены отверстия полуовальной формы, в центре по боковым граням каждого овального и полуовального отверстия выполнены пропилены, глубина которых является переменной и пропорционально изменяется от одной стороны чувствительного элемента к другой.

10

15

20

25

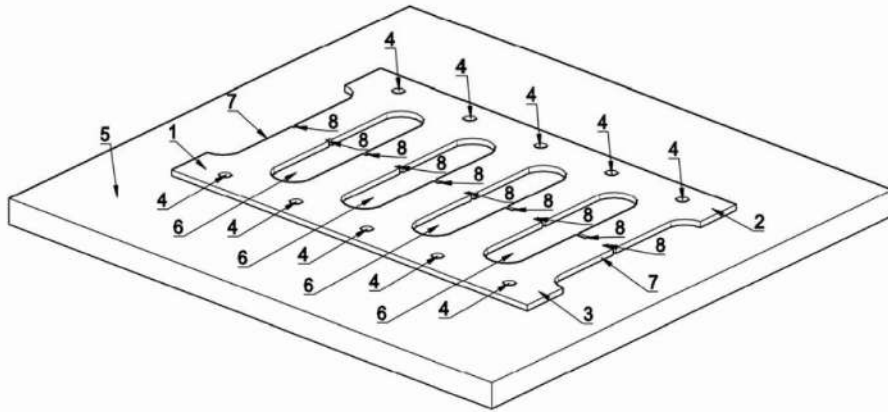
30

35

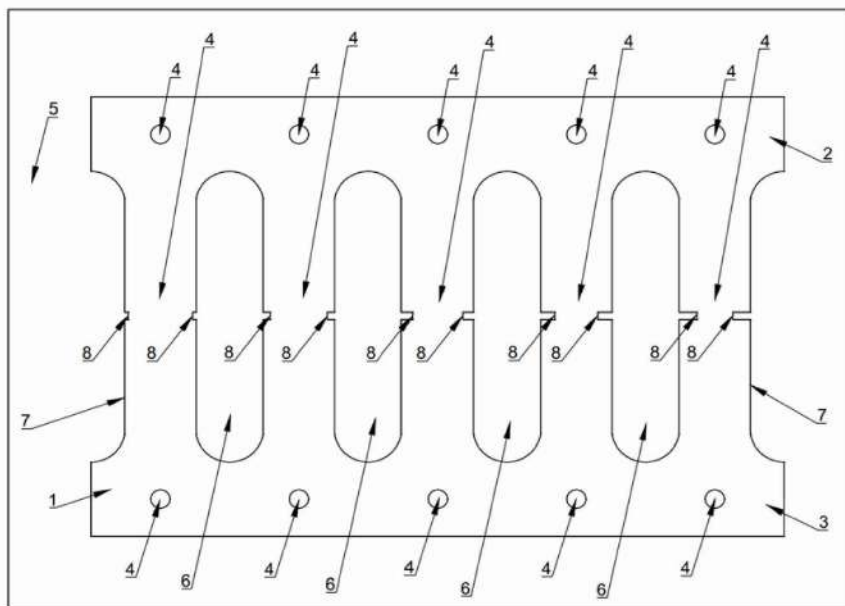
40

45

1



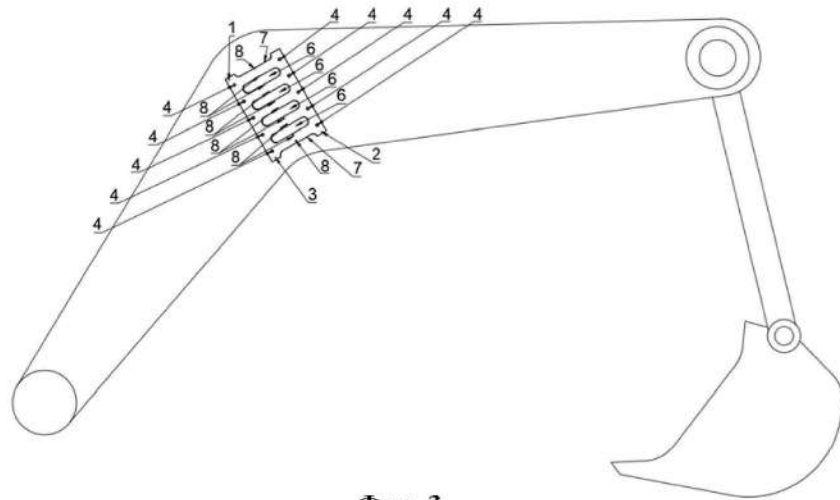
Фиг. 1



Фиг. 2

2





Фиг. 3