



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2012103128/28**, 30.01.2012(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.01.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **30.01.2012**(45) Опубликовано: **10.09.2013** Бюл. № 25(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2345324 C1**, 27.01.2009. **SU 1265471 A1**, 23.10.1986. **SU 1714357 A1**, 23.02.1992. **SU 174412 A1**, 01.01.1965. **WO 0012962 A1**, 09.03.2000. **US 3924455 A**, 09.12.1975.

Адрес для переписки:

**625000, г.Тюмень, ул. Володарского, 38,
ТюмГНГУ, патентно-информационный
отдел, Л.С. Ивановой**

(72) Автор(ы):

**Пермяков Владимир Николаевич (RU),
Чиянов Евгений Владимирович (RU),
Гребнев Александр Николаевич (RU),
Сидельников Сергей Николаевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Тюменский государственный нефтегазовый
университет" (ТюмГНГУ) (RU)****(54) СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ**

(57) Реферат:

Использование: для исследования деформаций и напряжений в деталях. Сущность: заключается в том, что наносят на поверхность детали хрупкое тензочувствительное покрытие, осуществляют отверждение покрытия, нагружение детали и определяют по образующимся трещинам зону и направление пластических деформаций, используя датчики акустической эмиссии, при

этом в качестве хрупкого тензочувствительного покрытия используют покрытие на основе карамели, выполненное из смеси, содержащей воду и сахар, при следующем соотношении компонентов, мас. %: вода 65-75, сахар 25-35. Технический результат: обеспечение возможности определения напряжений и деформаций с помощью хрупких покрытий, исключая вредное влияние на окружающую среду.

RU 2 492 463 C1

RU 2 492 463 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2012103128/28, 30.01.2012**(24) Effective date for property rights:
30.01.2012

Priority:

(22) Date of filing: **30.01.2012**(45) Date of publication: **10.09.2013 Bull. 25**

Mail address:

**625000, g.Tjumen', ul. Volodarskogo, 38,
TjumGNGU, patentno-informatsionnyj otdel, L.S.
Ivanovoj**

(72) Inventor(s):

**Permjakov Vladimir Nikolaevich (RU),
Chijanov Evgenij Vladimirovich (RU),
Grebnev Aleksandr Nikolaevich (RU),
Sidel'nikov Sergej Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Tjumenskij
gosudarstvennyj neftegazovyj universitet"
(TjumGNGU) (RU)**

(54) DEFORMATION AND STRESS ANALYSIS METHOD

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: brittle strain-sensitive coating is deposited on the surface of an article; the coating is hardened; the article is loaded and the area and direction of plastic deformations are determined from the formed cracks using acoustic emission sensors.

The brittle strain-sensitive coating used is a caramel-based coating made from a mixture containing water and sugar, with the following ratio of components, wt %: water 65-75, sugar 25-35.

EFFECT: enabling determination of stress and deformation using brittle coatings, eliminating harmful effect on the environment.

Изобретение относится к исследованию деформаций и напряжений и может быть использовано для исследования деформаций и напряжений в деталях, например в элементах металлических конструкций инженерных сооружений.

Изобретение относится к исследованию деформаций и напряжений с помощью акустико-эмиссионного (АЭ) способа и метода хрупкого тензочувствительного покрытия (ХП).

Известен акустико-эмиссионный способ контроля, включающий установку преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) на предварительно зачищенные контактные поверхности /Руководящий документ. РД 03 131-97. Акустико-эмиссионный метод контроля. - С.8-11/. Способы крепления ПАЭ должны обеспечивать надежный акустический контакт с поверхностью. Соединительные кабели крепят с помощью магнитов, бандажей, прижимов таким образом, чтобы избежать их натяжения в процессе испытания. После установки ПАЭ проводят проверку работоспособности АЭ аппаратуры и настройку ее каналов с помощью калибраторов и имитаторов сигналов АЭ, выбираемых в зависимости от конкретных условий испытаний. АЭ контроль проводят при ступенчатом нагружении объекта контроля. Накопление, запись и оперативную обработку данных АЭ контроля проводят с помощью специального программного обеспечения, входящего в состав акустико-эмиссионных систем.

Основным недостатком этого метода является то, что сигналы АЭ малы по амплитуде и выделение полезного сигнала из помех представляет собой достаточно сложную задачу.

Известен способ для определения деформаций и напряжений в элементах металлических конструкций с помощью нанесения хрупких покрытий, включающий в себя нанесение тонкого слоя покрытия на исследуемую поверхность /Методические рекомендации. Метод хрупких покрытий для определения деформаций и напряжений в элементах магистральных трубопроводов. - М., 2005. - С.34, 41-43/. Выбор покрытия и методика нанесения зависят от состояния исследуемой конструкции и условий ее испытания. Наносят тонкий слой покрытия, применительно к требуемым характеристикам тензопокрытия, выбирают режим нагружения. В хрупком покрытии появляются картины трещин, которые фиксируются на чертеже, и отмечается нагрузка, при которой эти трещины возникли. В зонах трещинообразования хрупкого покрытия производят локализацию мест, в которых с применением характеристик тензочувствительности может быть произведена оценка значений главных напряжений и деформаций. Анализируя образующиеся в хрупком покрытии картины трещин, можно оценить нагруженность различных зон исследуемой конструкции, установить направления действия главных напряжений и определить уровень этих напряжений.

Недостатком известного способа является то, что для хорошей видимости трещин необходима фотосъемка, определенное освещение, и если требуется заснять большой участок поверхности, покрытие предварительно обрабатывается проникающими красителями. Сама методика обработки данных очень трудоемка. Использование возможностей хрупких тензочувствительных покрытий ограничено необходимостью наличия покрытия, имеющего соответствующие свойства.

Известен способ определения упругопластических деформаций в деталях, включающий нанесение на поверхность детали покрытия, содержащего эпоксидную смолу, фталевый ангидрид и дибутилфталат в соотношении 1:0,4:0,01, термическую обработку покрытия, нагружение детали и определение по образующимся трещинам

зоны и направления пластических деформаций /SU 1669991 A1, МКИ⁵ C21D 7/02, G01B 11/20, опубл. 15.08.1991/.

Причиной, препятствующей достижению требуемого технического результата, является то, что при использовании этого способа необходимо соблюдать
5 определенный режим термической обработки и режим термического отверждения покрытия.

Известен способ определения пластических деформаций в деталях, заключающийся в том, что на поверхность исследуемой детали наносят слой хрупкого
10 тензочувствительного покрытия, нагружают деталь и по образующимся трещинам определяют зоны и направления пластических деформаций /SU 1265471 A1, МКИ⁴ G01B 11/20, опубл. 23.10.1986/. В качестве тензочувствительного покрытия используют слой полимера на основе композиции из эпоксидной смолы и фталевого ангидрида, взятых в мольном соотношении (1-1,05):(2-2,08).
15

Причиной, препятствующей достижению требуемого технического результата, является то, что данная композиция предварительно подвергается термообработке в течение 3-4 часов при температуре 110-140°C. Сама методика обработки данных очень
трудоемка.

Известен способ исследования деформаций и напряжений в деталях, например в
20 элементах металлических конструкций инженерных сооружений, с помощью хрупко-акустического метода, предусматривающий проведение следующих действий: нанесение хрупкого тензочувствительного покрытия на исследуемую поверхность детали, отверждение покрытия /RU 2345324 C1, МПК G01N 29/14, опубл. 2009/.
25 Дополнительно осуществляют установку модуля с датчиками преобразователей акустической эмиссии, а в качестве покрытия используют покрытие на основе искусственных смол, содержащее резорциноформальдегидную смолу СФ-282 с добавлением карбамидоформальдегидного концентрата КФК-85, в качестве
30 отвердителя жидкого карбамидоформальдегидного концентрата - водный раствор формалина, этиленгликоля и карбоксиметилцеллюлозы и гексаметиленetetрамин, при этом на 100 массовых частей резорциноформальдегидной смолы компоненты взяты в следующем соотношении, %: карбамидоформальдегидный концентрат КФК-85-35-50,
35 отвердитель - 22-25, гексаметилентетрамин - 3-6.

Недостатком известного способа является вредное воздействие на окружающую среду.

Основная задача, на решение которой направлено заявленное техническое решение, - это создание для оценки прочности и безопасности сложных технических
40 систем хрупкого покрытия, безвредного для человека и окружающей среды. В тонком слое хрупкого покрытия при деформации наблюдается картина трещин, отражающих поле наибольших главных напряжений, возникающих в конструкции, в процессе ее нагружения. Анализируя картины трещин, можно оценить не только нагруженность
45 различных зон исследуемой конструкции, но и определить уровень этих напряжений с применением характеристик тензочувствительности хрупкого покрытия.

Задачей, на решение которой направлено техническое решение, является разработка способа определения напряжений и деформаций с помощью хрупких
покрытий в сочетании с акустико-эмиссионным методом с учетом безопасного
50 влияния на окружающую среду.

Это изобретение - хрупко-акустический метод позволит на более ранних стадиях определять локальные повреждения металлических конструкций, контролировать образование возможных трещин.

При осуществлении технического решения поставленная задача решается за счет достижения технического результата, который заключается в повышении точности и оперативности за счет того, что перед АЭ контролем на исследуемую поверхность наносят слой хрупкого покрытия, а также снижении вредного воздействия на окружающую среду и повышении экологической безопасности способа. Нанесение хрупкого тензочувствительного покрытия позволит повысить сверхчувствительность волн напряжения вследствие треска образующихся картин трещин. По наличию деформации покрытия определяют наличие дефектов. Оценка напряженно-деформированного состояния опасных объектов будет проводиться оперативнее. Предлагаемое техническое решение предусматривает дистанционное визуальное наблюдение за контролируруемыми объектами.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе исследования деформаций и напряжений в деталях, например в элементах металлических конструкций инженерных сооружений, с помощью хрупко-акустического метода, предусматривающего проведение следующих действий: нанесение хрупкого тензочувствительного покрытия на исследуемую поверхность детали, отверждение покрытия, установку модуля с датчиками преобразователей акустической эмиссии, особенностью является то, что в качестве покрытия используют покрытие на основе карамели, содержащее воду и сахар, при следующем соотношении компонентов, мас. %: вода 65-75, сахар 25-35.

В тонком слое хрупкого тензочувствительного покрытия на основе карамели при деформации наблюдается картина трещин, отражающих поле наибольших главных напряжений, возникающих в исследуемой детали (конструкции) в процессе ее нагружения. Анализируя картины трещин, можно оценить не только нагруженность различных зон исследуемой конструкции, но и определить уровень этих напряжений с применением характеристик тензочувствительности хрупкого покрытия.

Полученная информация после обработки используется для выявления и локализации (местонахождения) возможных дефектов (трещин или зон пластической деформации) в деталях (конструкциях) при их разрушении, которые могут привести к катастрофе и человеческим жертвам. Кроме того, заявляемый способ является экологически чистым, и не оказывает вредное воздействие на окружающую среду.

Определение деформаций и напряжений методом хрупких тензочувствительных покрытий с использованием АЭ измерительного комплекса обеспечивает:

- возможность обнаружения и регистрации локальных развивающихся дефектов на ранних стадиях их образования и развития;
- классифицирование дефектов по размеру и опасности;
- выявление дефектов и наблюдение механизма образования и развития в рабочих условиях;
- контроль всего объекта в целом, используя один или несколько модулей с датчиками ПАЭ, неподвижно установленных на поверхности объекта;
- проведение постоянного дистанционного мониторинга;
- моделирование возможных повреждений рабочих поверхностей деталей (конструкций).

Хрупкое тензочувствительное покрытие позволит повысить сверхчувствительность волн напряжения вследствие треска образующихся картин трещин, появится возможность обнаружения дефектов на ранних стадиях образования и развития, проводить постоянный дистанционный мониторинг за механизмом образования и развития дефектов в рабочих условиях, обеспечить контроль всего объекта в целом.

Используя программное обеспечение, вся полученная информация отображается на мониторе в виде графического и текстового представления, что облегчает последующую обработку полученных данных.

Заявляемый способ был опробован на деталях, металлических образцах (длина - 285 мм, ширина - 20 мм, толщина - 5,9 мм). Использовался акустико-измерительный комплекс Лель /A-Line 32D (DDM)/.

Способ осуществляется следующим образом.

На поверхность исследуемой детали кистью нанесли тонкий слой хрупкого тензочувствительного покрытия. Использовали покрытие на основе смеси, содержащей воду и сахар, при следующем соотношении компонентов, мас. %: вода 65-75, сахар 25-35.

Данный состав смешивается при нормальных условиях в весовых частях.

Последовательность приготовления хрупкого покрытия: отмеряется необходимое количество сахара, затем, перемешивая, добавляется требуемое количество воды. Затем при помешивании данный состав доводится до готовности при температуре 100-130°C. После полного растворения сахара и образования густой консистенции, состав наносится на образец.

Технология приготовления покрытия очень проста, не требует определенных затрат. Приготовленная смесь используется сразу же, при помощи лакового нанесения. Покрытие отверждается при температуре 0-35°C, влажности 0-85% в течение 15 часов. Изменение условий влияет лишь на скорость отверждения. Для нанесения покрытия на образцы использовалась кисть.

Тарировочные испытания проводились при температуре воздуха 5, 10, 15, 25°C, влажности 18-70%.

Для нанесения покрытия на образцы - сталь №3 использовалась кисть. При тарировочных испытаниях образец консольно закрепляли и нагружали на свободном конце.

Для получения сопоставительных данных приготовленную смесь наносили на образцы размерами 285×20×0,6.

После отверждения покрытия устанавливают модули с датчиками преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) согласно известной методике /Паспорт. Акустико-измерительного комплекса Лель / A-Line 32D (DDM)/. - 22 с./.

Для чего поверхность исследуемой детали в месте установки модуля или модулей с датчиками ПАЭ зачищают от нанесенного покрытия. Затем наносят контактную смазку и устанавливают датчики на исследуемой детали к предполагаемому месту прогиба и в местах образования трещин. Первый датчик устанавливают в начале - ближе к месту закрепления конца исследуемой детали (балки), второй - через определенное расстояние, например на образце исследуемой детали 210 мм.

Соединяют модуль или модули между собой и с компьютером для передачи и обработки данных. Подготавливают к работе программное обеспечение и компьютер, входящий в измерительный комплекс. В работе используют операционную систему Windows 9X и программу сбора и обработки данных A-Line.

Проводят процесс нагружения исследуемой детали, испытание на прогиб путем закрепления конца детали. Вследствие треска хрупкого тензочувствительного покрытия в момент нагружения в местах деформаций и напряжений образуются сигналы акустико-эмиссионные. Каждый датчик принимает сигналы и программа осуществляет графическое и текстовое представление полученных данных на мониторе по ходу эксперимента: амплитуда (дБ), суммарная амплитуда (дБ),

интенсивность, суммарная активность, количество событий, накопление событий, энергия, длительность (мкс), время нарастания (мкс), выбросы, уровень шума (дБ).

В программе предусмотрены два основных режима работы системы: режим сбора данных и режим пстообработки. В режиме сбора данных при осуществлении измерения скорости распространения АЭ сигнала, спектрального анализа формы АЭ сигнала программа осуществляет графическое и текстовое представление данных на экране монитора по ходу эксперимента. В ходе эксперимента мы наблюдаем локационные графики, отображающие результаты локации дефектов и соответствующие им распределения амплитуды источников АЭ по координатам, гистограммы измерения скорости и затухания АЭ сигналов.

В хрупко-акустическом методе при нагружении детали начинает работать само покрытие. Благодаря своим свойствам покрытие издает треск, который улавливается АЭ сигналом, и на мониторе графическое изображение отображает локации дефектов на участке исследуемой детали, где появился сигнал и наблюдается деформация металлической конструкции.

Хрупкое тензочувствительное покрытие предшествует появлению дефекта, т.е. в месте образования деформации или трещины за счет треска покрытия появляется АЭ сигнал на несколько порядков раньше, чем бы он появился на исследуемой детали без покрытия. В зонах уже существующих деформаций и дефектов покрытие указывает на степень опасности. Таким образом, хрупкое тензочувствительное покрытие повышает чувствительность АЭ сигнала.

При нанесении хрупкого тензочувствительного покрытия на сильноповрежденную деталь (конструкцию) большой площади при невысоких безопасных уровнях нагрузки выявляются зоны повреждения. При дистанционном наблюдении на мониторе появляются АЭ сигналы, характеризующие дефекты по степени опасности. Это позволяет проводить постоянный контроль на стадии образования и разрушения детали (конструкции). Хрупкое тензочувствительное покрытие на основе искусственных смол можно использовать в углеводородных средах.

Таким образом, предлагаемое техническое решение обеспечивает определение общих и локальных упругопластических деформаций и дефектов на всех стадиях их образования и развития, дает оценку существующим дефектам и осуществляет мониторинг за источниками акустико-эмиссионных сигналов контролируемых объектов металлических конструкций - резервуаров и сосудов давления, трубопроводов, буровых платформ, атомных и химических реакторов и других инженерных сооружений, а также обеспечивает безопасность проведения постоянного мониторинга неразрушающего контроля и технического состояния опасных объектов и безопасность окружающей среды.

Формула изобретения

Способ исследования деформаций и напряжений в деталях, включающий нанесение на поверхность детали хрупкого тензочувствительного покрытия, отверждение покрытия, нагружение детали и определение по образующимся трещинам зоны и направления пластических деформаций, установку модуля с датчиками преобразователей акустической эмиссии, отличающийся тем, что в качестве хрупкого тензочувствительного покрытия используют покрытие на основе карамели, выполненное из смеси, содержащей воду и сахар, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50