

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2730102

СПОСОБ ОЦЕНКИ СТОЙКОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СТАЛЕЙ К "КАНАВОЧНОЙ" КОРРОЗИИ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Болобов Виктор Иванович (RU), Попов Григорий Геннадьевич (RU), Баталов Андрей Петрович (RU), Кривокрысенко Елена Анатольевна (RU), Касьянов Александр Владиславович (RU)*

Заявка № 2019134793

Приоритет изобретения 29 октября 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 17 августа 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 29 октября 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 3/60 (2019.08); G01N 17/02 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019134793, 29.10.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.10.2019

Дата регистрации:
17.08.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.10.2019

(45) Опубликовано: 17.08.2020 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Болобов Виктор Иванович (RU),
Попов Григорий Геннадьевич (RU),
Баталов Андрей Петрович (RU),
Кривокрысенко Елена Анатольевна (RU),
Касьянов Александр Владиславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2620327 C1, 24.05.2017. RU
2360230 C1, 27.06.2009. RU 2439537 C1,
10.01.2012. CN 101608995 B, 11.01.2012.

(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ СТОЙКОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СТАЛЕЙ К "КАНАВОЧНОЙ" КОРРОЗИИ

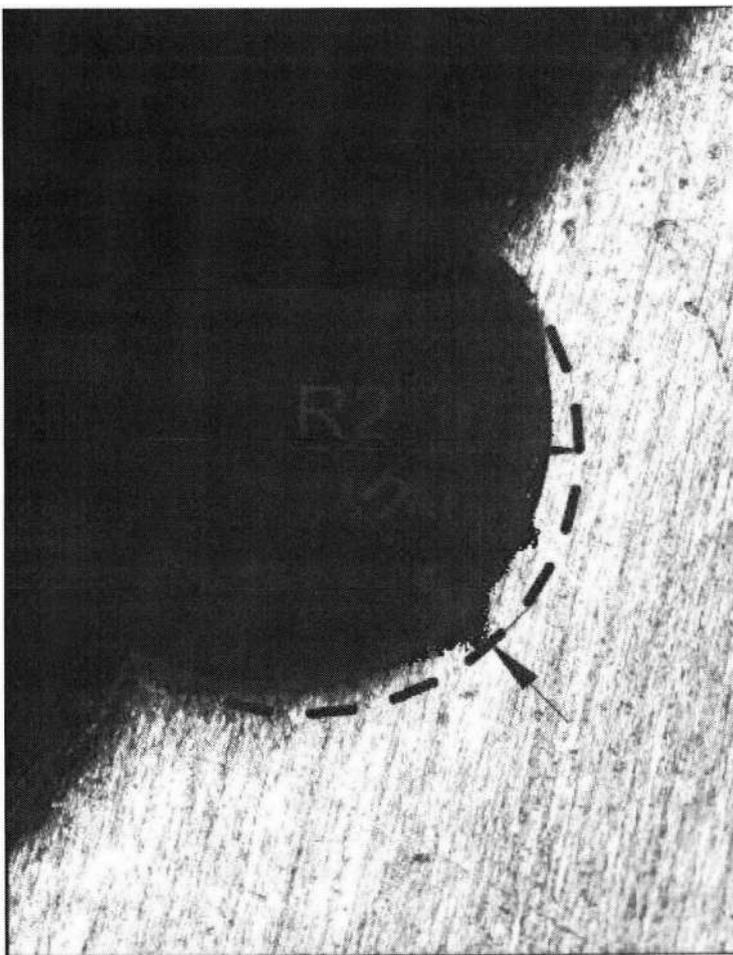
(57) Реферат:

Изобретение относится к области защиты от коррозии промышленных нефтепроводов и может быть использовано для оценки стойкости трубопроводных сталей к "канавочной" ("ручейковой") коррозии. Сущность: осуществляют изготовление пластины из анализируемой стали, ее изгиб до необходимой стрелы прогиба, термостатирование в агрессивной среде, осмотр после испытаний, оценку стойкости к коррозии. Длина и остаточная стрела прогиба пластины берутся в соотношении, обеспечивающем возникновение в пластине остаточных напряжений, имеющих место в трубопроводе. Поперек пластины в средней ее точке наносится округлый надрез глубиной от 0,4 до 0,6 мм и замеряется его радиус. Проводится

выдержка пластины в термостате с 2-3% водным раствором NaCl при температуре от 65 до 75°C в течение от 5 до 50 часов с подачей потока воздуха к месту надреза и замером радиуса надреза после испытаний. Рассчитывается глубинный показатель скорости "канавочной" коррозии по формуле, учитывающей изменение радиуса надреза за время t, мм, время термостатирования пластины, час, и число часов в году. Технический результат: возможность количественной оценки стойкости трубопроводных сталей промышленных нефтепроводов к коррозии в перекачиваемых водонефтяных эмульсиях в условиях одновременного воздействия на трубу агрессивной среды, механических напряжений и эрозионных частиц. 2 табл. 7 ил.

RU 2 730 102 C1

RU 2 730 102 C1



Фиг. 7



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 3/60 (2006.01)
G01N 17/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 3/60 (2019.08); G01N 17/02 (2019.08)

(21)(22) Application: **2019134793, 29.10.2019**

(24) Effective date for property rights:
29.10.2019

Registration date:
17.08.2020

Priority:

(22) Date of filing: **29.10.2019**

(45) Date of publication: **17.08.2020 Bull. № 23**

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", Patentno-litsenziornyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Bolobov Viktor Ivanovich (RU),
Popov Grigorij Gennadevich (RU),
Batalov Andrej Petrovich (RU),
Krivokrysenko Elena Anatolevna (RU),
Kasyanov Aleksandr Vladislavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF ASSESSING RESISTANCE OF PIPELINE STEELS TO "GROOVE" CORROSION**

(57) Abstract:

FIELD: measurement technology.

SUBSTANCE: invention relates to protection of field oil from corrosion and can be used for evaluation of resistance of pipeline steels to "groove" corrosion. Plate is made of analyzed steel, its bend to required bending deflection, temperature control in aggressive medium, inspection after tests, evaluation of resistance to corrosion. Length and the residual bending deflection of the plate are taken at a ratio ensuring the occurrence in the plate of residual stresses occurring in the pipeline. Circular notch with depth of 0.4–0.6 mm is applied across the plates at its middle point to measure its radius. Plate is held in thermostat with 2–3 % aqueous

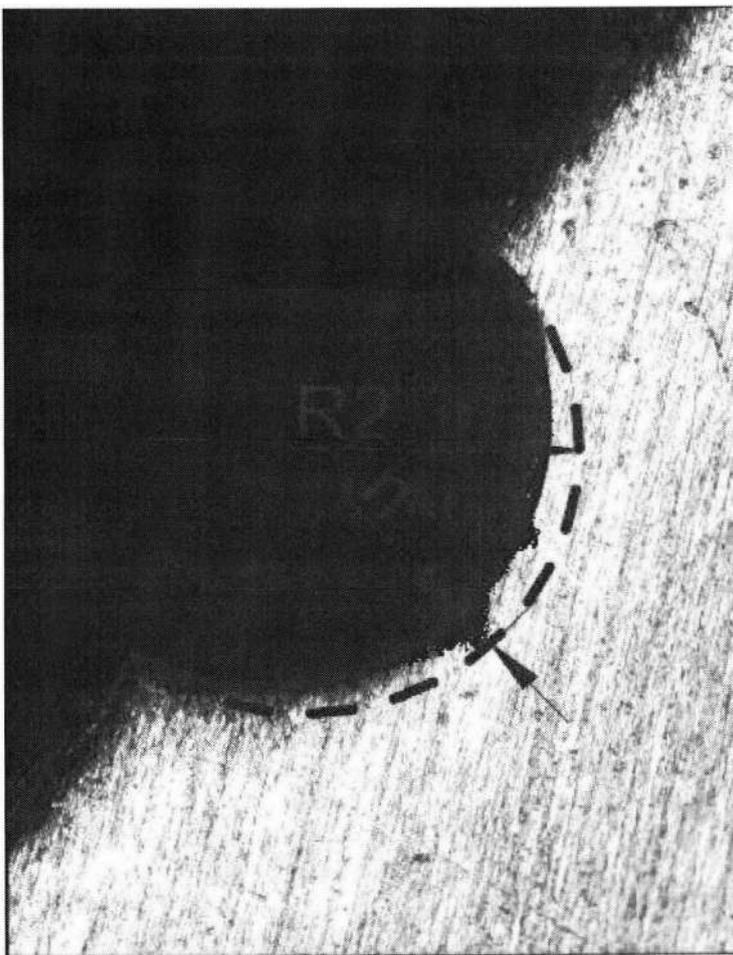
NaCl solution at 65 to 75 °C for 5 to 50 hours with supply of air flow to the point of incision and measurement of notch radius after tests. Depth index of "groove" corrosion rate is calculated by formula taking into account change of notch radius for time t, mm, time of temperature control of plate, hour, and number of hours in year.

EFFECT: possibility of quantitative assessment of resistance of pipeline oil of field oil pipelines to corrosion in pumped water-oil emulsions in conditions of simultaneous action of corrosive medium, mechanical stress and erosion particles on pipe.

1 cl, 2 tbl, 7 dwg

RU 2 730 102 C1

RU 2 730 102 C1



Фиг. 7

Изобретение относится к области защиты от коррозии промышленных нефтепроводов, работающих под одновременным воздействием агрессивной среды, механических напряжений и абразивных частиц, и может быть использовано для оценки стойкости трубопроводных сталей к "канавочной" ("ручейковой") коррозии.

5 Известен способ испытания образцов на коррозионное растрескивание при одноосном растяжении (ГОСТ 9.901.4-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Испытания на коррозионное растрескивание образцов при одноосном растяжении). Сущность способа заключается в одновременном воздействии на образец нагрузки (постоянных нагрузки и деформации или возрастающих нагрузки и деформации) и коррозионной среды.

10 Недостатками данного способа является использование сложного устройства для нагружения образцов, а также необходимость помещения в коррозионную среду приспособления, которое корродирует и влияет на точность эксперимента.

15 Известен способ испытания образцов металлических мембран под напряжением (Патент РФ №RU 2004116460А, опуб. 10.04.2007, Бюл. №10), в котором образец фиксируется во фланце нагрузочного резервуара и подвергается с одной стороны давлению рабочей среды. На другую сторону образца осуществляет воздействие коррозионно-активная среда. Через заданные интервалы времени измеряются параметры прогиба образца под действием давления нагружения и его толщина в центре.

20 Вычисляется модуль упругости для образца, а затем по разности исходного и текущего модулей упругости рассчитывается степень коррозии мембраны.

Недостатком данного способа является то, что воздействие агрессивной среды происходит с выпуклой стороны пластины, тогда как в трубопроводе агрессивная среда воздействует на вогнутую сторону трубы. На образце отсутствует надрез, моделирующий абразивный износ трубопровода.

25 Известен способ определения долговечности конструкционных материалов в условиях воздействия агрессивных факторов и устройство для его осуществления (номер международной публикации WO 2009/157808 A2, опубл. 30.12.2009). Способ заключается в том, что круглый плоский образец закрепляется по кольцевому контуру в соединительно-герметизирующем устройстве, состоящем из нагнетательной и рабочей камер. Со стороны нагнетательной камеры образец нагружается давлением жидкой или газообразной среды, инертной по отношению к материалу испытуемого образца; со стороны рабочей камеры образец подвергается воздействию любых агрессивных сред и/или агрессивных воздействий; устанавливается время до разрушения образца при задаваемых условиях (температура и механическое напряжение в образце, деформированном давлением среды в нагнетательной камере). На основе полученных данных рассчитывается долговечность материала для заданного набора агрессивных воздействий.

30 Недостатком данного способа является то, что механическое напряжение в образце осуществляется деформированием его давлением среды в нагнетательной камере, в результате чего противоположная, контактирующая с агрессивной средой, его сторона испытывает растягивающие напряжения, тогда как в трубопроводе агрессивная среда воздействует на металл стороны трубы, испытывающий напряжения сжатия.

45 Известен способ испытаний образцов металлических материалов под напряжением (авторское свидетельство СССР №1777648, опубл. 23.11.1992), по которому на образец испытуемого материала воздействуют растягивающей нагрузкой и коррозионной средой, при этом используют крестообразный образец, по крайней мере один луч которого выполнен из испытуемого материала, юз действие коррозионной средой

осуществляют путем заполнения полостей между лучами различными жидкостями и/или газами, а растягивающую нагрузку прикладывают к лучу из испытываемого материала по крайней мере по двум осям.

Недостатком данного способа является использование сложных в изготовлении крестообразного образца и устройства нагружения, а также трудность образования силового поля с равномерно распределенной нагрузкой.

Известен способ испытания тонкостенных образцов под напряжением [Патент РФ №RU 2439537 C1, опубл. 10.01.2012, Бюл. №1], включающий операции воздействия нагрузкой, агрессивной средой и полем на образец испытываемого материала, а также последующую вырезку из образца фрагмента круглой формы, на одну сторону которого осуществляют давление газовой средой. Замеряя высоту подъема образуемого купола по мере наращивания давления, определяют механические характеристики рассматриваемого фрагмента с составлением заключения о степени изменения характеристики образца.

Недостатком данного способа является использование тонкостенных образцов, изготовление которых из тела трубы представляет собой весьма трудоемкий процесс.

Известен способ испытания образцов на коррозию под напряжением в атмосфере (ГОСТ 9.909-86. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы испытаний на климатических испытательных станциях), принятый за прототип, который заключается в экспонировании образцов в условиях, сочетающих воздействие климатических факторов и внешних растягивающих напряжений. Образцы в виде пластин площадью 150×100 мм, толщиной 0,5-3,0 мм закрепляются в скобах, с помощью которых подвергается изгибу до необходимой стрелы прогиба, соответствующей напряжению 0,9 предела текучести испытываемого металла. Образцы вместе со скобами размещаются на стендах и подвергаются воздействию атмосферной коррозии в условиях, соответствующих предполагаемым условиям эксплуатации изделия, деталей или узлов, в которых будут использованы испытываемые материалы. При испытаниях образцы периодически осматривают и перегружают (образец полностью разгружают и вновь нагружают в соответствии с первоначальным расчетом величины деформации). Осмотр и перегрузку образцов проводят через 3, 6, 12 месяцев и в дальнейшем - 1 раз в год. Стойкость к коррозии под напряжением оценивают по среднему арифметическому значению времени до появления трещин или до разрушения образцов.

Недостатком данного способа является то, что стойкость металла образца к коррозии под напряжением оценивается по значению времени выдержки образца в агрессивной среде до появления в нем трещин, которые при протекании "ручейковой" коррозии трубопроводов не образуются.

Техническим результатом изобретения является разработка способа оценки стойкости трубопроводных сталей промышленных нефтепроводов к коррозии в перекачиваемых водонефтяных эмульсиях в условиях одновременного воздействия на трубу агрессивной среды, механических напряжений и эрозионных частиц.

Технический результат достигается тем, что длина и остаточная стрела прогиба пластины берутся в соотношении, которое обеспечивает возникновение в средней точке пластины уровня остаточных напряжений, имеющего место в трубопроводе, в средней точке пластины с внутренней стороны поперек длины наносится округлый надрез радиусом и глубиной от 0,4 до 0,6 мм, затем полируют боковые стенки пластин с получением шлифов, которые фотографируют, а затем обрабатывают и анализируют изображение в компьютерных программах с определением исходного радиуса надреза,

далее пластину устанавливают в горизонтальном положении стороной с надрезом вниз в термостат с агрессивной средой, в качестве которой используют водный раствор NaCl концентрации от 2 до 3%, и проводят термостатирование при температуре от 65 до 750С в течении от 5 до 50 часов с подачей потока воздуха к месту надреза и фиксации
 5 времени выдержки каждой пластины, далее проводят повторную полировку боковых стенок пластин с получением шлифов, которые фотографируют, а затем обрабатывают и анализируют изображение в компьютерных программах с определением радиуса надреза после воздействия среды, далее оценивают стойкость к "канавочной" коррозии пластины по глубинному показателю скорости процесса К, который рассчитывают по
 10 формуле:

$$K=(\Delta R/t)8760 \text{ [мм/год]},$$

где ΔR - изменение радиуса надреза за время t , мм,

t - время термостатирования пластины, час,

8760 - число часов в году.

15 Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - вид пластины из трубопроводной стали, подготовленной к испытаниям, до воздействия агрессивной среды;

фиг. 2 - изображение сечения надреза на пластине до воздействия агрессивной среды с указанием исходного его радиуса R_1 в мм, установленного по результатам обработки

20 изображения в компьютерных программах - фоторедакторах Adobe - Photoshop и Autodesk AutoCAD;

фиг. 3 - измерение стрелы прогиба пластины до воздействия агрессивной среды;

фиг. 4 - термостат с коррозионно-агрессивной средой с нагревательным элементом и воздухоподводящей трубкой (вид сверху);

25 фиг. 5 - термостат с коррозионно-агрессивной средой с установленными пластинами;

фиг. 6 - вид пластины из трубопроводной стали после воздействия агрессивной среды;

фиг. 7 - изображение сечения надреза на пластине после воздействия агрессивной среды с указанием радиуса R_2 в мм, установленного по результатам обработки

30 изображения в компьютерных программах-фоторедакторах Adobe - Photoshop и Autodesk AutoCAD, и глубины коррозионного повреждения h , мм.

Способ осуществляется следующим образом. Из труб промысловых трубопроводов из анализируемых сталей изготавливаются пластины размером 150×50 толщиной 3 мм (фиг. 1), которые с помощью скобы подвергаются изгибу в средней по их длине точке до достижения остаточной стрелы прогиба 8 ± 1 мм. (Как показывают расчеты, такое
 35 соотношение длины пластины и остаточной длины прогиба обеспечивает в средней части пластины существование остаточных напряжений величины, близкой к имеющейся в трубах промысловых трубопроводов). Затем поперек пластин на внутренней их стороне наносится округлый надрез радиусом $R_0 \sim 0,5$ мм глубиной $\sim 0,5$ мм,

40 моделирующий канавку от эрозионного воздействия твердых частиц, служащий концентратором дополнительных механических напряжений.

Боковые стороны пластин в месте надреза полируются для получения шлифов, которые осматриваются под микроскопом с фотографированием сечения надреза с каждой стороны пластины.

45 Все полученные изображения обрабатываются в компьютерных программах-фоторедакторах Adobe - Photoshop и Autodesk AutoCAD с целью определения точного значения (± 1 мкм) исходного радиуса надреза R_{01} и R_{02} для каждой стороны пластины (фиг. 2).

С помощью индикатора часового типа со стойкой замеряется стрела прогиба исходных пластин H_0 в средней их точке с точностью $\Delta H \pm 0,01$ мм (фиг. 3).

Пластины стороной с надрезом вниз помещаются в термостат (фиг. 4), заполненный 3%-м водным раствором NaCl, как коррозионно-активной средой, моделирующей состав пластовой воды перекачиваемых водонефтяных эмульсий (фиг. 5).

Осуществляется выдержка пластин в коррозионно-активной среде при температуре $70 \pm 5^\circ\text{C}$ (максимальной температуре перекачиваемых водонефтяных эмульсий) в течение времени от 5 до 50 часов, как выдержки достаточной для осуществления заметной коррозии наименее и наиболее коррозионно-стойкой трубопроводной стали. В процессе выдержки пластин в термостате их поверхность в месте надреза подвергается непрерывной обдувке воздухом, что моделирует подвод растворенного в водонефтяной эмульсии кислорода к поверхности канавки, образовавшейся на донной части трубопровода в результате коррозионно-эрозионного воздействия перекачиваемой среды.

Исходя из того, что заметное увеличение глубины надреза из-за разъедания его стенок коррозионно-активной средой приведет к изменению стрелы прогиба пластины, через каждые 5 часов пластины из коррозионно-активной среды извлекаются (фиг. 6) и замеряется их остаточная стрела прогиба H_1 , которая сравнивается с первоначальной стрелой прогиба данной пластины H_0 . С использованием ластика поверхность надреза каждой пластины освобождается от продуктов коррозии, после чего пластины опять помещаются в термостат для продолжения испытаний.

Определяется время выдержки t_i каждой пластины в коррозионно-активной среде, необходимое для изменения стрелы прогиба ΔH на величину ($\geq 0,02$ мм), превышающую погрешность измерения H ($\pm 0,01$ мм).

Из сравнения результатов выдержки выбирается сталь с наибольшим значением t_i (временем t_{\max}), принимаемая за наиболее стойкую к "канавочной" коррозии.

Боковые стороны пластины из данной стали повторно полируются с получением шлифов, которые осматриваются под микроскопом с фотографированием сечения надреза.

Полученные изображения обрабатываются в компьютерных программах-фоторедакторах Adobe - Photoshop и Autodesk AutoCAD с целью определения точного значения (± 1 мкм) радиусов надреза R_{11} и R_{12} . На каждой стороне пластины после воздействия среды. Для каждой стороны устанавливается изменение ее радиуса надреза в результате разъедания его стенок коррозионно-активной средой

$$\Delta R_1 = R_{11} - R_{01} \text{ и } \Delta R_2 = R_{12} - R_{02}, \quad (1)$$

откуда рассчитывается среднее значение изменения ΔR , которое принимается за глубину коррозионного повреждения наиболее коррозионно-стойкой стали h_{\min} в условиях, моделирующих наиболее жесткие условия эксплуатации трубопровода (фиг. 7)

$$h_{\min} = \Delta R = (\Delta R_1 + \Delta R_2) / 2 \quad (2)$$

Исходя из величины h_{\min} , рассчитывается скорость коррозии металла стенок надреза наиболее коррозионно-стойкой стали

$$K_{\min} = (h_{\min} / t_{\max}) 8760 \text{ [мм/год]}, \quad (3)$$

где 8760 - число часов в году, которая принимается за скорость "канавочной"

коррозии данной стали.

Скорость коррозии всех других сталей оценивается, исходя из отношения времени t_{\max} к времени t_i каждой стали

$$K_i = K_{\min}(t_{\max} / t_i) \text{ [мм/год]}. \quad (4)$$

Способ поясняется следующим примером. Из труб промышленных нефтепроводов из сталей 20, 17ГС, 10Г2ФБЮ, 10Г2ФБЮ-У вырезали пластины размером 150×50 толщиной 3 мм (фиг. 1), которые с помощью скобы изгибали в средней по их длине точке до достижения остаточной стрелы прогиба 8 ± 1 мм, что обеспечивало, согласно расчетам, возникновение в средней точке пластины уровня остаточных напряжений ~ 200 МПа, имеющего место в трубопроводе. Затем поперек пластин с использованием дисковой фасонной фрезы толщиной 1 мм с формой режущей части в форме полусферы радиусом 0,5 мм на их внутреннюю сторону наносили округлый надрез глубиной $\sim 0,5$ мм.

С помощью микроскопа и компьютерного редактирования определяли точные значения исходного радиуса сечения надреза R_{01} , R_{02} на каждой стороне пластины (фиг. 2).

Замеряли исходную стрелу прогиба пластин R_{0i} с точностью $\Delta H \pm 0,01$ мм (фиг. 3).

Пластины надрезом вниз помещали в термостат (фиг. 4), заполненный 3%-м водным раствором NaCl (фиг. 5).

Осуществляли выдержку пластин в растворе при температуре $70 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 40 часов с непрерывной обдувкой воздухом их поверхности в месте надреза.

Через каждые 5 часов пластины из коррозионно-активной среды извлекали (фиг. 6) и замеряли их остаточную стрелу прогиба H_{1i} , которую сравнивали с первоначальной стрелой прогиба H_{0i} . Определяли время выдержки t_i каждой пластины в коррозионно-активной среде, необходимое для уменьшения ее стрелы прогиба не менее, чем на 0,02 мм.

Из сравнения результатов выдержки пластин выбирали сталь 17ГС с наибольшим временем $t_i = t_{\max} = 40$ часов, которую принимали за наиболее стойкую к "канавочной" коррозии.

Боковые поверхности подверженной коррозии пластины из стали 17ГС полировали для получения шлифа, который осматривали под микроскопом с фотографированием изображения сечения надреза.

Полученные изображения обрабатывали в компьютерных программах-фоторедакторах Adobe - Photoshop и Autodesk AutoCAD с замером радиусов надреза R_{11} , R_{12} после воздействия среды, которые оказались равными 0,558 и 0,566 мм, откуда, с учетом исходных радиусов надреза для пластины из данной стали ($R_{01} = 0,551$ мм, $R_{02} = 0,557$ мм), устанавливали среднюю величину увеличения радиуса надреза, которую принимали за глубину коррозионного повреждения стали h_{\min} в условиях, моделирующих наиболее жесткое воздействие среды на стенку трубопровода (фиг. 7), $h_{\min} = \Delta R = (0,007 + 0,009) / 2 = 0,008$ мм

Исходя из величины h_i , рассчитывали скорость коррозии металла стенок надреза этой наиболее коррозионно-стойкой стали

$$K_{\min} = (h_{\min} / t_{\max}) 8760 = (0,008 / 40) 8760 = \sim 1,8 \text{ мм/год},$$

которую принимали за скорость "канавочной" коррозии стали 17ГС.

Изменение стрелы прогиба пластин из анализируемых сталей в процессе воздействия среды иллюстрирует таблица 1.

Таблица 1 – Изменение стрелы прогиба пластин из анализируемых сталей в процессе воздействия среды и установленные времена начала изменения величины прогиба

Марка стали	Разница между H_1 и H_0 за время испытаний							
	5 часов	10 часов	15 часов	20 часов	25 часов	30 часов	35 часов	40 часов
20	<0,02мм	<0,02 мм	<0,02 мм	0,02мм	-	-	-	-
17ГС	<0,02 мм	<0,02 мм	<0,02 мм	<0,02 мм	<0,02 мм	<0,02 мм	<0,02 мм	0,02 мм ($t_i=t_{max}$)
10Г2ФБЮ	<0,02мм	<0,02мм	<0,02мм	<0,02мм	<0,02мм	0,02мм	-	-
10Г2ФБЮ-У	<0,02мм	<0,02мм	<0,02 мм	<0,02 мм	0,02мм	-	-	-

Подстановка значений t_i других сталей в формулу (4) позволила получить значения скорости их «канавочной» коррозии K_i , представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Значения времен t_i и скоростей коррозии K_i анализируемых сталей

Марка стали	t_i , час	K_i , мм/год
20	20	3,2
17ГС	40 ($t_i = t_{max}$)	1,8 (K_{min})
10Г2ФБЮ	30	2,5
10Г2ФБЮ-У	25	2,7

Способ дает возможность количественного определения стойкости трубопроводных сталей к «канавочной» («ручейковой») коррозии, что достигается установлением величины приращения радиуса надреза на согнутой пластине в результате разъедания его стенок коррозионной средой, при этом индикатором разъедания выступает изменение стрелы прогиба пластины.

(57) Формула изобретения

Способ определения стойкости трубопроводных сталей к «канавочной» коррозии, включающий изготовление пластины из анализируемой стали, изгиб пластины в скобе до необходимой стрелы прогиба, термостатирование в агрессивной среде, периодический осмотр в процессе испытаний, оценку стойкости к коррозии, отличающийся тем, что длина и остаточная стрела прогиба пластины берутся в соотношении, которое обеспечивает возникновение в средней точке пластины уровня остаточных напряжений, имеющего место в трубопроводе, в средней точке пластины с внутренней стороны поперек длины наносится округлый надрез радиусом и глубиной от 0,4 до 0,6 мм, затем полируют боковые стенки пластины с получением шлифов, которые фотографируют, а затем обрабатывают и анализируют изображение в компьютерных программах с определением исходного радиуса надреза, далее пластину устанавливают в

горизонтальном положении стороной с надрезом вниз в термостат с агрессивной средой, в качестве которой используют водный раствор NaCl концентрации от 2 до 3% и проводят термостатирование при температуре от 65 до 75°C в течение от 5 до 50 часов с подачей потока воздуха к месту надреза и фиксацией времени выдержки каждой пластины, далее проводят повторную полировку боковых стенок пластины с получением шлифов, которые фотографируют, а затем обрабатывают и анализируют изображение в компьютерных программах с определением радиуса надреза после воздействия среды, далее оценивают стойкость к "канавочной" коррозии пластины по глубинному показателю скорости процесса К, который рассчитывают по формуле:

$$K = (\Delta R / t) 8760 \text{ [мм/год]},$$

где ΔR - изменение радиуса надреза за время t , мм,

t - время термостатирования пластины, час,

8760 - число часов в году.

15

20

25

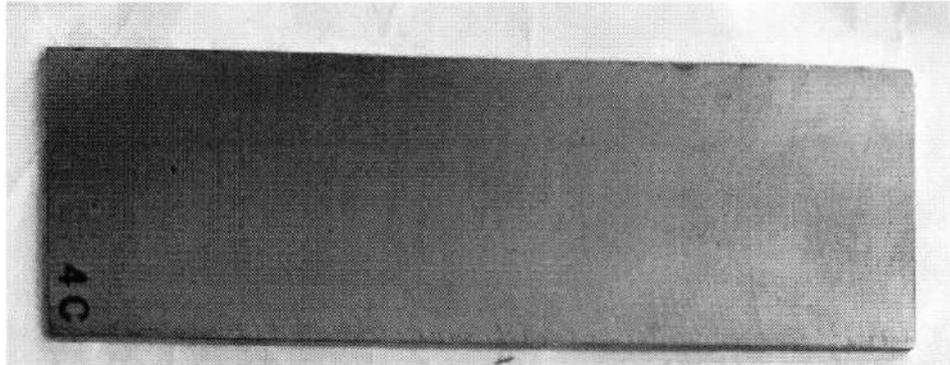
30

35

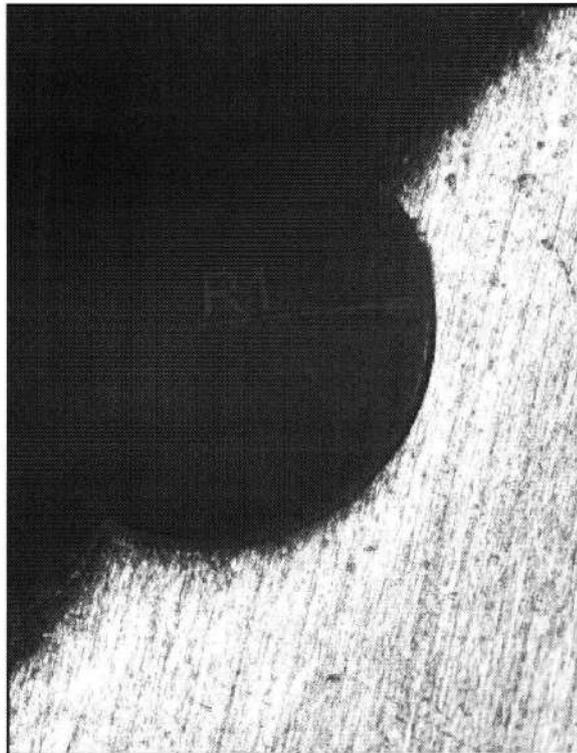
40

45

1

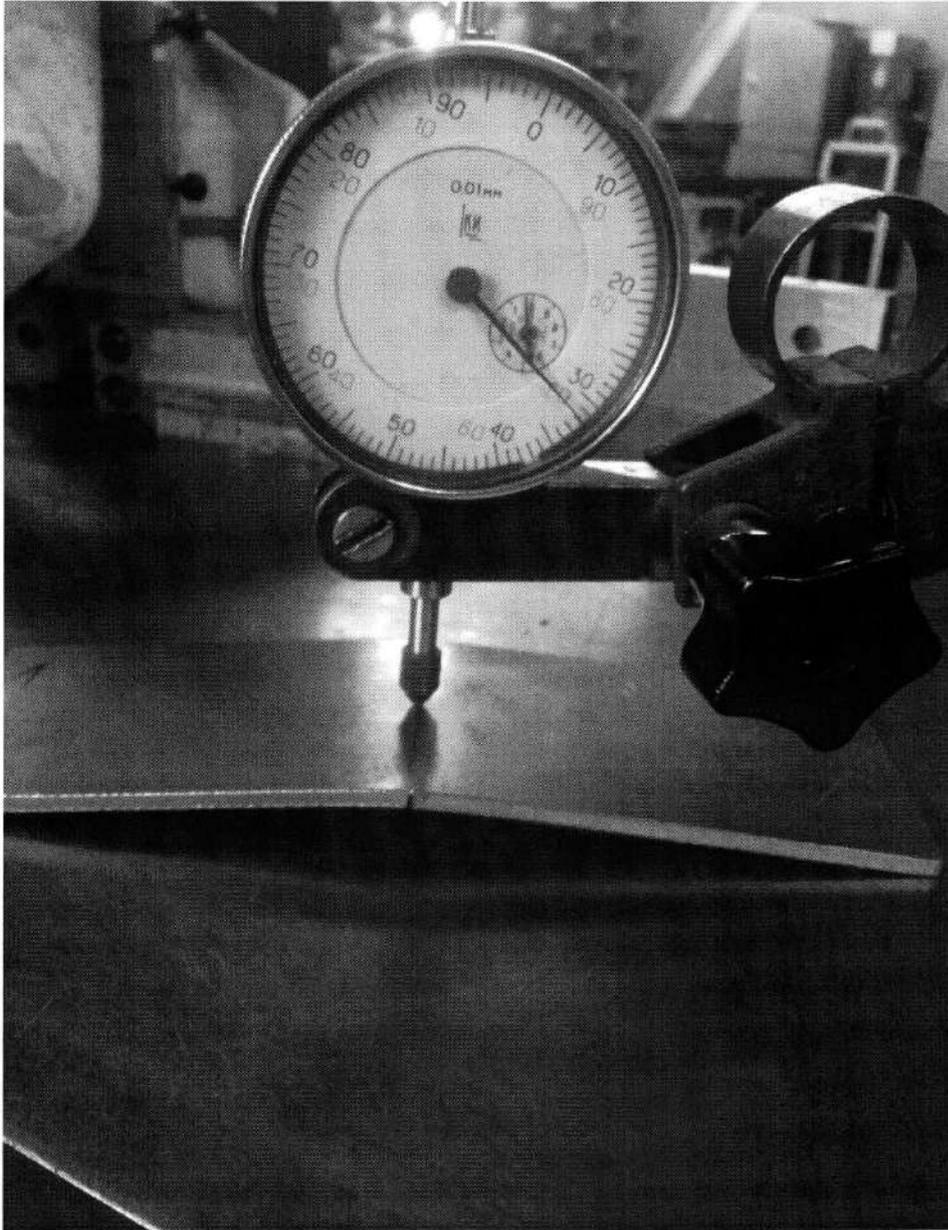


Фиг. 1

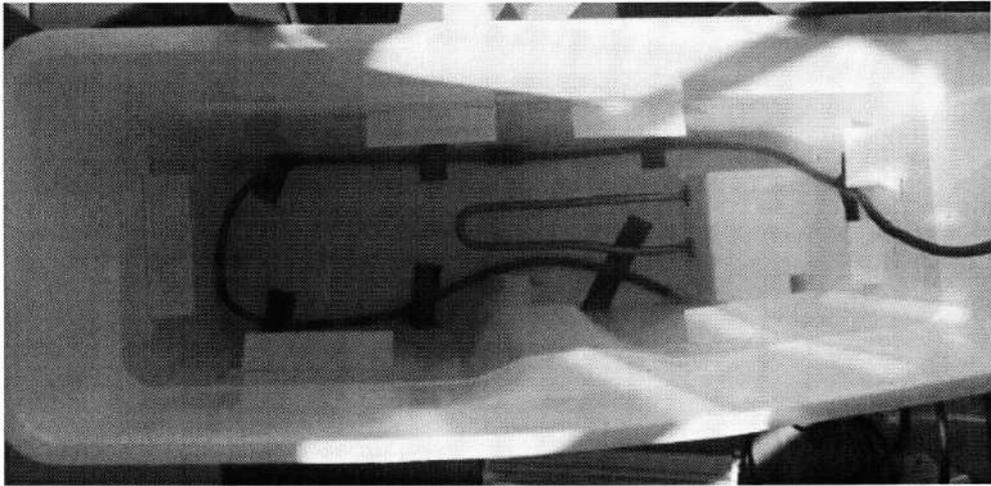


Фиг. 2

2



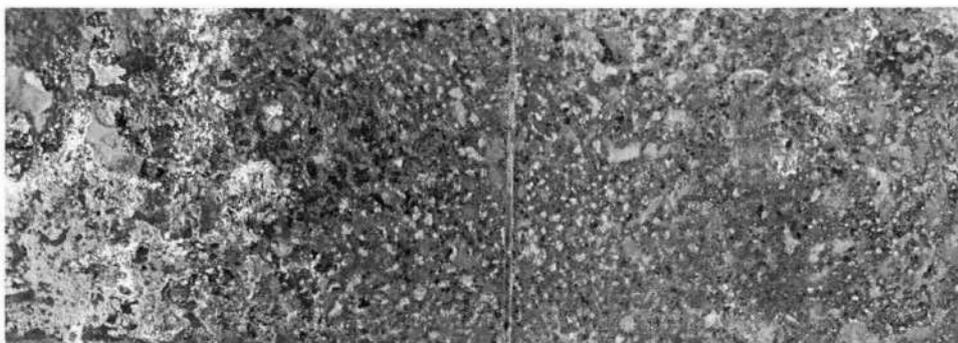
Фиг. 3



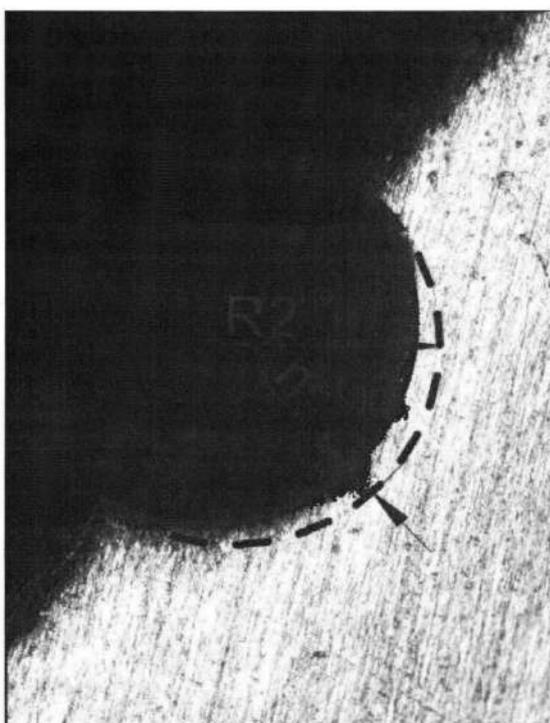
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7