

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2724135

Способ определения остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов

Патентообладатель: *Товарищество с ограниченной ответственностью "GN Energy" (KZ)*

Авторы: *Приходько Евгений Валентинович (KZ), Никифоров Александр Степанович (KZ), Никонов Георгий Николаевич (KZ), Кучер Евгений Олегович (KZ), Кинжибекова Акмарал Кабиденовна (KZ), Карманов Амангельды Ерболович (KZ), Кажисбаева Адилет Турсынбаевна (KZ), Зыков Вячеслав Викторович (RU)*

Заявка № 2017123900

Приоритет изобретения 05 июля 2017 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 22 июня 2020 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 05 июля 2037 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 25/72 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2017123900, 05.07.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.07.2017

Дата регистрации:
22.06.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.07.2017

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2019 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 22.06.2020 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

644048, г. Омск, пр-кт К. Маркса, 52Б, кв. 15,
Зыков Вячеслав Викторович

(72) Автор(ы):

Приходько Евгений Валентинович (KZ),
Никифоров Александр Степанович (KZ),
Никонов Георгий Николаевич (KZ),
Кучер Евгений Олегович (KZ),
Кинжибекова Акмарал Кабиденовна (KZ),
Карманов Амангельды Ерболович (KZ),
Кажыбаева Адилет Турсынбаевна (KZ),
Зыков Вячеслав Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Товарищество с ограниченной
ответственностью "GN Energy" (KZ)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2366936 C2, 10.09.2009. RU
2238535 C2, 20.10.2004. RU 2428682 C1,
10.09.2011. US 4151438 A1, 24.04.1979.

(54) Способ определения остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов

(57) Реферат:

Изобретение относится к теплоэнергетике, а в частности к определению остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов. Сущность: определяют остаточный ресурс тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов, используя в качестве показателей надежности критерии надежности по прочности как для сжатия, так и для расширения, определяемые по формуле:

$$k_{сж} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж}^{доп}}$$

где $\sum N_{сж}$ - сумма значения суммарных показателей сжатия, определяемых по формуле:

$$N_{сж} = \sigma_{сж} \cdot (z+1),$$

где z - коэффициент, учитывающий длины зон сжатия и растяжения, в которых температурные напряжения превышают допустимые, $\sigma_{сж}$ - возникающие напряжения в зоне сжатия, $\sum N_{сж}^{доп}$

- сумма значения суммарных показателей сжатия в той же точке в тот же момент времени находится аналогично $\sum N_{сж}$, но при значении $\sigma_{сж}$, равном пределу прочности материала, а остаточный ресурс $n_{ост}$ определяют по формуле:

$$n_{ост} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж.ср}} - n$$

где $\sum N_{сж.ср}$ - среднеарифметическое значение суммарных показателей сжатия за один цикл; n - количество циклов высокотемпературного агрегата, прошедших на данный момент после замены футеровки, причем расчет критерия надежности по прочности и остаточный ресурс для расширения определяют по аналогичным формулам. Технический результат: получение данных об остаточном ресурсе тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов в процессе работы и использование этих величин при их эксплуатации. 1 з.п. ф-лы.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 25/72 (2020.02)

(21)(22) Application: **2017123900, 05.07.2017**

(24) Effective date for property rights:
05.07.2017

Registration date:
22.06.2020

Priority:

(22) Date of filing: **05.07.2017**

(43) Application published: **10.01.2019** Bull. № 1

(45) Date of publication: **22.06.2020** Bull. № 18

Mail address:

**644048, g. Omsk, pr-kt K. Marksa, 52B, kv. 15,
Zykov Vyacheslav Viktorovich**

(72) Inventor(s):

**Prihodko Evgenij Valentinovich (KZ),
Nikiforov Aleksandr Stepanovich (KZ),
Nikonov Georgij Nikolaevich (KZ),
Kucher Evgenij Olegovich (KZ),
Kinzhibekova Akmaral Kabidenovna (KZ),
Karmanov Amangeldy Erbolovich (KZ),
Kazhibaeva Adilet Tursynbaevna (KZ),
Zykov Vyacheslav Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Tovarishchestvo s ogranichennoj
otvetstvennostyu "GN Energy" (KZ)**

(54) **METHOD FOR DETERMINATION OF RESIDUAL LIFE OF THERMAL ENCLOSURES OF HIGH-TEMPERATURE UNITS**

(57) Abstract:

FIELD: heat power engineering.

SUBSTANCE: invention relates to determination of residual life of thermal enclosures of high-temperature units. Summary: residual resource of thermal enclosures of high-temperature units is determined, using as reliability indexes reliability criteria of strength for compression and for expansion, defined by the formula: $k_{\text{compression channel}} = \frac{\sum N_{\text{compression}}}{\sum N_{\text{additional compression}}}$, wherein $\sum N_{\text{compression}}$ —the sum totals values of compression defined by formula: $N_{\text{compression}} = \sigma_{\text{compression}} \cdot (z+1)$, where z is a coefficient which takes into account lengths of compression and expansion zones, in which temperature stresses exceed allowable ones, $\sigma_{\text{compression}}$ —occurring stresses in compression zone,

$\sum N_{\text{additional compression}}$ —the sum values of the total compression rates at the same point at the same time is similarly $\sum N_{\text{compression}}$, but at a value of $\sigma_{\text{compression}}$ equal to the limit of the material strength, and n_{residual} residual resource determined by the formula: $n_{\text{residual}} = \frac{\sum N_{\text{compression}}}{\sum N_{\text{mean compression}}} - n$, where $\sum N_{\text{mean compression}}$ is the arithmetic mean value of the total compression ratios per one cycle; n is number of high-temperature unit cycles, which have passed at the moment after replacement of lining, wherein calculation of strength reliability criterion and residual life for expansion are determined by similar formulas.

EFFECT: obtaining data on residual life of thermal enclosures of high-temperature units during operation and use of said values during their operation.

1 cl

C 2
5
1
4
2
7
2
R U

R U
2
7
2
4
1
3
5
C 2

Изобретение относится к теплоэнергетике, а в частности к определению остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов.

Известен способ оценки остаточного ресурса трубчатых печей нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств [ДиОР-05 «Методика оценки остаточного ресурса трубчатых печей нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств» ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудования», г. Волгоград, 2006, - 87 стр.] в котором прогнозирование ресурса остаточной работоспособности деталей и узлов печи базируется на результатах обследования ее технического состояния, исследовании механических свойств, химического состава, структуры металла, причин коррозии, эрозии и расчетов на прочность.

Недостатком этого способа является необходимость остановки печи для оценки остаточного ресурса: ее осмотра, проведении толщинометрии, оценке геометрической формы основных несущих элементов печи, замерах твердости и др.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является способ определения остаточного ресурса тепломеханического оборудования ядерных энергетических установок, в котором определяют износ и старение сосудов давления на основе составления математической модели "нагрузка - несущая способность", где в качестве нагрузки принято внутреннее давление, а в качестве несущей способности - толщина стенок сосудов давления [Патент 2126955 РФ, МПК G01D 21/00. Способ определения остаточного ресурса тепломеханического оборудования ядерных энергетических установок].

Недостатком этого способа является отсутствие в используемой математической модели влияния температурных напряжений, возникающих в стенках.

Технический результат предлагаемого изобретения - получение данных об остаточном ресурсе тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов в процессе работы и использование этих величин при их эксплуатации.

Это достигается тем, что в способе определения остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов используют в качестве показателей надежности - критерии надежности по прочности как для сжатия, так и для расширения, определяемые по формуле:

$$k_{сж} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж}^{доп}}$$

где $\sum N_{сж}$ - сумма значения суммарных показателей сжатия, определяемых по формуле:

$$N_{сж} = \sigma_{сж} \cdot (z + 1),$$

где z - коэффициент, учитывающий длины зон сжатия и растяжения, в которых температурные напряжения, превышают допустимые, $\sigma_{сж}$ - возникающие напряжения в зоне сжатия,

$\sum N_{сж}^{доп}$ - сумма значения суммарных показателей сжатия в той же точке в тот же момент времени, находится аналогично $\sum N_{сж}$, но при значении $\sigma_{сж}$ равном пределу прочности материала, а остаточный ресурс $n_{ост}$ определяют по формуле:

$$n_{ост} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж.ср}} - n$$

где $\sum N_{сж.ср}$ - среднеарифметическое значение суммарных показателей сжатия за один цикл; n - количество циклов высокотемпературного агрегата, прошедших на

данный момент после замены футеровки, причем расчет критерия надежности по прочности и остаточный ресурс для расширения определяют по аналогичным формулам.

При этом определение остаточного ресурса ведут постоянно во время работы энергетического агрегата.

5 Остаточный ресурс тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов, при эксплуатации которых толщина теплового ограждения не изменяется, зависит от ряда факторов, в том числе от значения величин температурных напряжений, превышающих допустимые и их числа с момента начала работы энергетического агрегата. Действие остальных факторов - агрессивного действия среды, качества применяемых материалов
10 и проводимых работ, уровень вибрации и др. можно принять постоянными для данного агрегата при неизменных условиях работы.

Работа способа заключается в следующем.

Любым известным способом находят распределение температур (например, Инновационный патент №30372 Республика Казахстан, МПК G01K 13/00 опубл.
15 15.09.2015, бюл. №9).

Далее находят возникающие напряжения в зоне растяжения σ_p и сжатия σ_c по формуле:

$$20 \quad \sigma = -\frac{\alpha \cdot E}{1 - \nu} \cdot (T_{cp} - T_i)$$

где α - коэффициент теплового расширения, (1/°C);

T_{cp} - средняя температура огнеупорного слоя, °C;

T_i - температура точки, в которой производится расчет температурного напряжения,
°C;

25 E - модуль упругости материала, МПа

ν - коэффициент Пуассона.

Находят два показателя: суммарный показатель сжатия ($N_{сж}$) и суммарный показатель растяжения ($N_{рас}$) следующим образом. Для расчета этих показателей используют
30 только значения температурного напряжения $\sigma_{рас}$ (растяжения) или $\sigma_{сж}$ (сжатия) которые превышают значение предела прочности для данного вида огнеупорного материала.

Для учета длин зон сжатия и растяжения, в которых температурные напряжения, превышают допустимые, введем коэффициент, учитывающий эти длины. Под длиной зоны сжатия будем понимать расстояние между двумя соседними точками, в которых
35 определяются напряжения при условии, что в этих двух точках напряжения сжатия превышают допустимые. То есть, если напряжения сжатия на данном шаге по времени превышают допустимые в трех точках, то $z=2$. Формула для расчета суммарного критерия сжатия ($N_{сж}$) на данном шаге по времени (например, для времени 1:40) будет выглядеть следующим образом:

$$40 \quad N_{сж}^{1:40} = \sigma_{сж} \cdot (z + 1),$$

где z - количество зон сжатия, в которых температурные напряжения, превышают допустимые.

45 Аналогичная формула используется для напряжений растяжения. Далее суммируем все полученные значения суммарных показателей (отдельно для сжатия и растяжения) для всех шагов по времени. Эта сумма при расчете для всей рабочей кампании агрегата является предельным суммарным показателем сжатия ($\Sigma N_{сж}$) и предельным суммарным

показателем растяжения ($\Sigma N_{\text{рас}}$). Данные суммарные показатели учитывают только напряжения, превышающие предел прочности и ведущие к разрушению ограждающих конструкций.

Для введения критериев остаточного ресурса введем понятие суммарных допустимых показателей, которые будут учитывать напряжения, возникающие в момент времени и в точках, где в действительности напряжения превышают допустимые. Только при расчете суммарных допустимых показателей вместо реальных значений напряжений подставляем значения предела прочности материала. Например, в момент времени 0:40 в точке возникает температурное напряжение 113 МПа (при значении предела прочности 40 МПа), которое мы учитываем для подсчета суммарного показателя. Для подсчета суммарных допустимых показателей необходимо учитывать значение напряжения в той же точке в тот же момент времени, но при значении 40 МПа.

Если разделить полученные суммарные показатели на суммарные допустимые, то получим критерий надежности по прочности (например, для сжатия):

$$k_{\text{сж}} = \frac{\Sigma N_{\text{сж}}}{\Sigma N_{\text{сж}}^{\text{дон}}}.$$

При этом шаг по времени и координате в определении напряжений будет определять точность расчета критериев надежности. Для оценки остаточного ресурса необходимо также рассчитать два среднеарифметических значения суммарных показателей за один цикл (для сжатия - $\Sigma N_{\text{сж ср}}$; для растяжения - $\Sigma N_{\text{рас ср}}$).

Полученные критерии остаточного ресурса будут определять остаточный ресурс для последующих рабочих кампаний этого агрегата при неизменных условиях работы агрегата и использовании одинаковых материалов, толщин слоев и др. То есть, после очередного капитального ремонта производится измерение температур, подсчет температурных напряжений ($\sigma_{\text{рас}}$ и $\sigma_{\text{сж}}$), суммарных показателей и критериев надежности по прочности. Обязательным является условие использования для этих расчетов того же шага по времени, что был выбран для расчета критериев остаточного ресурса.

После первого цикла работы агрегата имеем два значения: $N_{\text{сж}1}$ и $N_{\text{рас}1}$. После второго и последующих циклов производим сложение имеющихся суммарных показателей с вновь полученными для цикла n и получаем суммарные показатели после цикла n ($\Sigma N_{\text{сж } n}$ и $\Sigma N_{\text{рас } n}$). При этом для каждого следующего цикла n оцениваем возможность его безаварийной эксплуатации путем прибавления к имеющейся сумме $\Sigma N_{\text{сж } n}$ и $\Sigma N_{\text{рас } n}$ значений $\Sigma N_{\text{сж ср}}$ и $\Sigma N_{\text{рас ср}}$ соответственно. Если полученные значения будут больше предельных суммарных показателей сжатия ($\Sigma N_{\text{сж}}$) или образцовых суммарных показателей растяжения ($\Sigma N_{\text{р}}$), то использовать агрегат в очередном цикле нерационально.

Критерии показывают следующее: если при эксплуатации высокотемпературного агрегата критерий для сжатия $k_{\text{сж}}$ и критерий для расширения $k_{\text{рас}}$ превышают полученные значения, то высокотемпературный агрегат необходимо выводить в ремонт. Если в течение рабочей кампании $k > 1$, то эксплуатация высокотемпературного агрегата ведется с напряжениями, превышающими допустимый предел, если же $k < 1$, то возникающие напряжения не превышают предел прочности используемых материалов.

Остаточный же ресурс $n_{\text{ост}}$ (в количествах циклов) можно оценить по следующей формуле:

$$n_{ост} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж.ср}} - n.$$

5 ПРИМЕР

В процессе разогрева сталеразливочного ковша были получены значения температурных напряжений, при этом в процессе разогрева выделяются два периода времени, температурные напряжения растяжения в которых превышают допустимые: (0 ч 20 м - 2 ч 10 м; 5 ч 10 м - 7 ч 30 м); напряжения сжатия: (0 ч 30 м - 0 ч 50 м; 5 ч 20 м - 8 ч 10 м).

Теперь, имея значения реальных температурных напряжений, возникающих в процессе разогрева футеровки сталеразливочного ковша с учетом шага по координате и времени можно произвести расчет критериев остаточного ресурса. Приведем следующие данные: при определении температурных напряжений с шагом по времени 10 минут и, разбив толщину огнеупорного слоя футеровки на шесть участков, при приведенном графике разогрева получаем значения предельных суммарных показателей за один цикл для сжатия - $\sum N_{сж\ ср} = 6951,215$; для растяжения $\sum N_{рас\ ср} = 8516,46$. Снимая показания температур для эксплуатационного периода сталеразливочного ковша в целом (до капитального ремонта) на протяжении 40 циклов и рассчитав суммарные показатели, получаем следующие данные: для сжатия $\sum N_{сж} = 279883,314$; для растяжения $\sum N_{рас} = 342826,321$. Рассчитанные критерии надежности по прочности составляют: для сжатия $k_{сж} = 2,17$; для расширения $k_{рас} = 1,91$.

Технико-экономическая эффективность внедрения предлагаемого технического решения - получение данных об остаточном ресурсе тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов в процессе работы и использование этих величин при их эксплуатации.

(57) Формула изобретения

1. Способ определения остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов, отличающийся тем, что используют в качестве показателей надежности критерии надежности по прочности как для сжатия, так и для расширения, определяемые по формуле:

$$k_{сж} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж}^{доп}}$$

где $\sum N_{сж}$ - сумма значения суммарных показателей сжатия, определяемых по формуле:

$$N_{сж} = \sigma_{сж} \cdot (z+1),$$

где z - коэффициент, учитывающий длины зон сжатия и растяжения, в которых температурные напряжения превышают допустимые, $\sigma_{сж}$ - возникающие напряжения в зоне сжатия,

$\sum N_{сж}^{доп}$ - сумма значения суммарных показателей сжатия в той же точке в тот же момент времени находится аналогично $\sum N_{сж}$, но при значении $\sigma_{сж}$, равном пределу прочности материала, а остаточный ресурс $n_{ост}$ определяют по формуле:

$$n_{ост} = \frac{\sum N_{сж}}{\sum N_{сж.ср}} - n$$

где $\Sigma N_{\text{сж.ср.}}$ - среднеарифметическое значение суммарных показателей сжатия за один цикл; n - количество циклов высокотемпературного агрегата, прошедших на данный момент после замены футеровки, причем расчет критерия надежности по прочности и остаточный ресурс для расширения определяют по аналогичным формулам.

5 2. Способ определения остаточного ресурса тепловых ограждений высокотемпературных агрегатов по п. 1, отличающийся тем, что определение остаточного ресурса ведут постоянно во время работы энергетического агрегата.

10

15

20

25

30

35

40

45