



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) A4 (11) 29868  
(51) G01K 13/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2014/0489.1

(22) 11.04.2014

(45) 15.05.2015, бюл. №5

(72) Никифоров Александр Степанович; Приходько Евгений Валентинович; Карманов Амангельды Ерболович; Кинжибекова Акмарал Кабиденовна

(73) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(56) KZ 16934 A, 15.02.2006

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ФУТЕРОВКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО АГРЕГАТА**

(57) Изобретение относится к теплоэнергетике, а в частности к измерению температуры в высокотемпературных агрегатах.

Техническим результатом является получение данных о температурных полях в футеровке теплового агрегата при нестационарной теплопроводности и использование этих величин для управления технологическим процессом.

Это достигается за счёт того, что в способе определения теплового состояния футеровки

высокотемпературного агрегата с помощью датчика температуры, выполненного без огнеупорного блока и помещённого в футеровку высокотемпературного агрегата, датчик температуры располагается на внешней поверхности огнеупорного слоя футеровки, а значение средней температуры по сечению огнеупорного слоя футеровки рассчитывают по предварительно заданному значению температуры внутренней поверхности огнеупорного слоя футеровки по любой разностной схеме и рассчитанное значение температурного расширения огнеупорного слоя футеровки сравнивают с эмпирически полученными значениями удлинения огнеупорного слоя.

При этом для измерения величины удлинения огнеупорного слоя используют стержень из материала с низким коэффициентом температурного расширения, свободно проходящий через теплоизоляционный слой и кожух, который одним концевым участком прикрепляют к огнеупорному слою футеровки, а на второй концевой участок стержня устанавливают индикатор перемещений, длина которого больше суммы толщины теплоизоляционного слоя и кожуха.

(19) KZ (13) A4 (11) 29868

Изобретение относится к теплоэнергетике, а в частности к измерению температуры в высокотемпературных агрегатах.

Известен способ определения теплового состояния футеровки теплового агрегата, включающий измерение температуры с помощью датчиков температуры, которые выполняются без огнеупорного блока и помещаются в футеровку теплового агрегата. При этом значения температур по сечению футеровки рассчитывают по любой разностной схеме по предварительно заданным значениям температур греющей среды и температур по сечению футеровки до нагрева и сравнивают их с эмпирически полученными температурами [Патент 26932 РК В22D 2/00. Способ определения теплового состояния футеровки теплового агрегата].

Недостатком этого способа является сложность измерения температуры с помощью датчиков температуры, которые необходимо поместить в футеровку теплового агрегата, а также необходимость предварительного задания температуры греющей среды и сложность расчетов.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа является способ определения температуры внутренней поверхности футеровки промышленной печи с помощью термозонда, в котором термозонд выполняется без огнеупорного блока, помещается в футеровку печи и температура внутренней поверхности футеровки определяется по формуле:

$$T_{n+1} = T_n + q \cdot \left( \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right),$$

где  $\lambda_n$  - коэффициент теплопроводности огнеупорного слоя  $n$  при средней температуре  $T_{ср.и}$ , с учётом пропитки материала металлом, Вт/(м · К);

$\delta_n$  - толщина огнеупорного слоя, м;

$q$  - тепловой поток через слой огнеупора, Вт/м<sup>2</sup>;

$T_n$  - температура футеровки между огнеупорным и теплоизоляционным слоем, °С [Патент 16934 РК, МКИ В22D 2/00, G01K 13/00. Способ определения температуры внутренней поверхности футеровки промышленной печи].

Недостатком этого способа является: отсутствие возможности определять температуру внутренней поверхности футеровки с достаточной точностью при нестационарных процессах.

Технический результат предлагаемого изобретения - получение данных о температурных полях в футеровке теплового агрегата при нестационарной теплопроводности и использование этих величин для управления технологическим процессом.

Это достигается тем, что в способе определения теплового состояния футеровки высокотемпературного агрегата с помощью датчика температуры, выполненного без огнеупорного блока и помещённого в футеровку высокотемпературного агрегата, датчик температуры располагается на внешней поверхности огнеупорного слоя футеровки, и значение средней температуры по

сечению огнеупорного слоя футеровки рассчитывают по предварительно заданному значению температуры внутренней поверхности огнеупорного слоя футеровки по любой разностной схеме, а рассчитанное значение температурного расширения огнеупорного слоя футеровки сравнивают с эмпирически полученными значениями расширения огнеупорного слоя. При этом, для измерения величины расширения огнеупорного слоя используют стержень из материала с низким коэффициентом температурного расширения, свободно проходящий через теплоизоляционный слой и кожух, который одним концевым участком прикрепляют к огнеупорному слою футеровки, а на второй концевой участок стержня устанавливают индикатор перемещений; длина которого больше суммы толщины теплоизоляционного слоя и кожуха.

Способ поясняется чертежом.

Футеровка высокотемпературного агрегата представляет собой стенку, состоящую из кожуха 1, слоя теплоизоляционного материала 2 и огнеупорного слоя 3. В футеровке размещён датчик температуры 4, который располагается на внешней поверхности огнеупорного слоя футеровки. Стержень 5, из материала с низким значением коэффициента температурного расширения, длина которого больше суммы толщины кожуха 1 и теплоизоляционного слоя 2, одним концевым участком прикрепляют к огнеупорному слою 3 футеровки, а на второй концевой участок стержня устанавливают индикатор перемещений 6. При этом стержень свободно проходит через кожух 1 и теплоизоляционный слой 2.

Работа способа заключается в следующем.

Стержень 5 устанавливают в футеровку при монтаже агрегата или ремонтных работах. Он жёстко прикрепляется к огнеупорному слою 3 и свободно проходит через кожух 1 и теплоизоляционный слой 2.

В процессе работы или разогрева высокотемпературных агрегатов происходит температурное расширение огнеупорного слоя 3. Расширение огнеупорного слоя происходит в сторону теплоизоляционного слоя 2, что приводит к его сжатию и смещению стержня 5 на величину расширения огнеупорного слоя 3. Величина расширения фиксируется индикатором перемещений 6. Низкий коэффициент температурного расширения стержня 5 позволяет не учитывать величину удлинения стержня при нагреве.

Для определения температуры внутренней поверхности футеровки высокотемпературного агрегата снимают показания температуры её наружной поверхности ( $T_2$ ) датчиком температуры 4.

Первоначальное значение температуры внутренней поверхности футеровки ( $T_1$ ) принимают минимальным из возможных (при данных условиях нагрева). Затем производят расчёт средней температуры огнеупорного слоя по формуле:

$$T_{cp} = \frac{T_1 + T_2}{2}.$$

По значению средней температуры слоя находят коэффициент теплового расширения используемого материала  $\alpha$ . Значения коэффициента линейного расширения  $\alpha$  являются справочными данными, которые находят по таблицам или диаграммам в зависимости от свойств используемого материала и его средней температуры  $T_{cp}$ .

Далее определяют температурное удлинение огнеупорного материала по формуле:

$$\Delta l = \alpha \cdot \frac{T_1 + T_2}{2},$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплового расширения, (м/°С);

$T_1$  - температура внутренней поверхности, °С;

$T_2$  - температура наружной поверхности, °С;

$\Delta l$  - линейное удлинение огнеупорного материала, м.

Далее производят сравнение рассчитанного значения температурного удлинения огнеупорного материала с величиной расширения огнеупорного материала, фиксируемой индикатором перемещений с заданной точностью.

Если в рассматриваемый момент времени рассчитанное значение температурного расширения огнеупорного материала совпадает с величиной расширения огнеупорного материала, фиксируемой индикатором перемещений, с заданной точностью, то расчёт прекращают. При этом полученные значения температур внутренней и наружной поверхности огнеупорного слоя футеровки ( $T_1$  и  $T_2$ ), а также средней температуры по сечению огнеупорного слоя футеровки будут искомыми.

Если же это условие не будет выполнено, это значит, что температура внутренней поверхности огнеупорного слоя футеровки  $T_1$  задана некорректно, вследствие чего задаются другой температурой внутренней поверхности огнеупорного слоя футеровки  $T_1'$ , которая больше

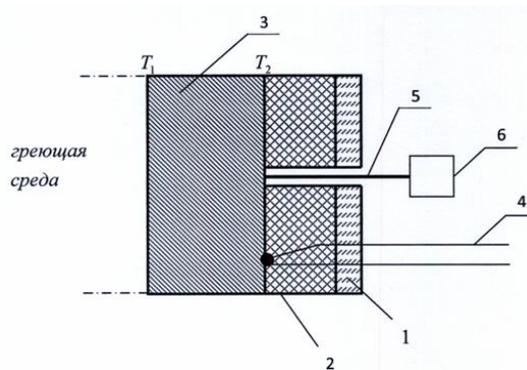
первоначально заданного значения  $T_1$  и вновь повторяют расчёт.

Технико-экономическая эффективность внедрения предлагаемого технического решения позволит получать данные о температурных полях футеровки в нестационарных процессах и использовать эти величины для управления технологическим процессом.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ определения теплового состояния футеровки высокотемпературного агрегата с помощью датчика температуры, выполненного без огнеупорного блока и помещённого в футеровку высокотемпературного агрегата, **отличающийся** тем, что датчик температуры располагается на внешней поверхности огнеупорного слоя футеровки и значение средней температуры по сечению огнеупорного слоя футеровки рассчитывают по предварительно заданному значению температуры внутренней поверхности огнеупорного слоя футеровки по любой разностной схеме, а рассчитанное значение температурного расширения огнеупорного слоя футеровки сравнивают с эмпирически полученными значениями удлинения огнеупорного слоя.

2. Способ определения теплового состояния футеровки высокотемпературного агрегата по п.1, **отличающийся** тем, что для измерения величины удлинения огнеупорного слоя используют стержень из материала с низким коэффициентом температурного расширения, свободно проходящий через теплоизоляционный слой и кожух, который одним концевым участком прикрепляют к огнеупорному слою футеровки, а на второй концевой участок стержня устанавливают индикатор перемещений; длина стержня больше суммы толщины теплоизоляционного слоя и кожуха.



Фиг.1