

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 10141

(13) U

(46) 2014.06.30

(51) МПК

C 21C 5/52 (2006.01)

B 22D 19/00 (2006.01)

(54)

## СВОД ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ МАЛОЙ ЕМКОСТИ

(21) Номер заявки: u 20130625

(22) 2013.07.25

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Корнеев Сергей Владимирович; Трусова Ирина Александровна; Синькевич Елена Леонидовна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Свод электродуговой печи малой емкости, имеющий водоохлаждаемый каркас, в центральной части которого смонтирован сводик из огнеупорного материала высокой плотности, а периферийная часть выполнена металлической, **отличающийся** тем, что в внутренней стороне периферийной металлической части присоединены огнеупорные панели из волокнистых материалов, помещенных в металлический корпус, посредством замковых соединений для крепления огнеупорных панелей к своду, а во внутреннюю фасонную поверхность панелей из волокнистых материалов по технологии шип-паз вставлены огнеупорные блоки.

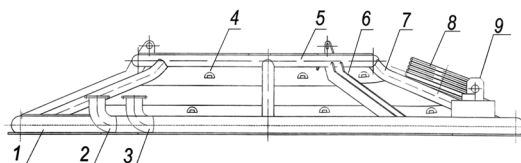
2. Свод электродуговой печи по п. 1, **отличающийся** тем, что на внутреннюю поверхность огнеупорных блоков нанесено огнеупорное покрытие для защиты блоков от брызг шлака и пыли.

(56)

1. Сойфер В.М., Кузнецов Л.Н. Дуговые печи в сталелитейном цехе. - М.: Metallurgia, 1989. - 176 с.

2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ceramgzhel.ru/UltraBoard/> (дата обращения: 05.12.2012).

3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ogneupory.com/information/1/> (дата обращения: 05.12.2012).



Фиг. 1

Полезная модель относится к области металлургии, а именно к конструкциям сводов электродуговых печей для плавки металла. Предлагаемая полезная модель может быть

# ВУ 10141 U 2014.06.30

использована на металлургических и машиностроительных заводах при модернизации электродуговых печей.

Известна конструкция кирпичного свода сферической формы электродуговых печей малой емкости, состоящая из динасовых кирпичей с толщиной, равной длине стандартного кирпича, удерживаемых в распоре за счет кривизны свода. Стойкость свода составляет 150-250 плавов.

Недостатками данной конструкции являются высокий расход огнеупоров, большая масса свода, а также большая трудоемкость работ по набору свода на специальном шаблоне [1].

Известна конструкция металлического водоохлаждаемого свода электродуговых печей малой емкости, к внутренней поверхности которого приварены штыри, на которые нанесен небольшой слой огнеупорного материала (50-70 мм) [2].

Достоинством конструкции являются меньшие теплотери, чем у обычных водоохлаждаемых сводов.

Недостатками являются трудоемкость изготовления свода и невысокая теплоизолирующая способность.

Ближайшим техническим решением, принятым за прототип, является конструкция металлического водоохлаждаемого свода электродуговых печей малой емкости, состоящего из большого и малого водоохлаждаемого кольца и водоохлаждаемых трубчатых металлических секций, расположенных между кольцами. Внутри малого кольца располагается сводик из огнеупорных материалов с электродными отверстиями. Площадь водоохлаждаемой части трубчатых металлических секций составляет от 60 до 80 % поверхности свода [3].

Достоинствами конструкции электродуговой печи являются высокая стойкость свода, малый расход огнеупоров, малый вес свода. Недостатком известной конструкции являются большие теплотери с охлаждающей водой.

Технической задачей полезной модели является обеспечение высокой стойкости свода с малым расходом огнеупорных материалов, небольшого веса конструкции и малых тепловых потерь.

Решаемая задача достигается тем, что в конструкции свода электродуговой печи малой емкости имеется водоохлаждаемый каркас, в центральной части которого смонтирован сводик из огнеупорного материала высокой плотности, а периферийная часть выполнена металлической, согласно полезной модели, к внутренней стороне периферийной металлической части присоединены огнеупорные панели из волокнистых материалов, помещенных в металлический корпус, посредством замковых соединений для крепления огнеупорных панелей к своду, а во внутреннюю фасонную поверхность панелей из волокнистых материалов по технологии шип-паз вставлены огнеупорные блоки.

В своде электродуговой печи на внутреннюю поверхность огнеупорных блоков нанесено огнеупорное покрытие для защиты блоков от брызг шлака и пыли.

Технический результат характеризуется тем, что в конструкции свода применено комбинирование водоохлаждаемых элементов с волокнистыми огнеупорными материалами и огнеупорной обмазкой.

Для лучшего восприятия полезной модели она поясняется фигурами, где

фиг. 1 - свод печи, вид спереди;

фиг. 2 - свод, вид сверху;

фиг. 3 - периферийная часть свода, вертикальное сечение;

фиг. 4 - температурное поле при нагреве панелей при максимально возможной температуре в печи (1800 °С) в течение 7000 с с интервалом в 1000 с;

фиг. 5 - температурное поле при нагреве свода из динасовых кирпичей в течение 14000 с с интервалом в 2000 с;

фиг. 6 - тепловой поток по толщине кирпичного свода;

# ВУ 10141 U 2014.06.30

фиг. 7 - тепловой поток по толщине комбинированного свода.

Свод имеет внешнее трубчатое кольцо 1. К кольцу 1 приварены патрубки для подвода 2 и отвода 3 охлаждающей воды, изолированные друг от друга перегородкой. Для фиксации панелей используются замки 4 замковых соединений для крепления огнеупорных панелей к своду.

Водоохлаждаемые внешнее трубчатое кольцо 1 и внутреннее трубчатое кольцо 5 соединены между собой посредством ребер жесткости 6 и радиальными трубами 7. Свод оснащен патрубком 8 для отвода из электродуговой печи печных газов и элементами крепления 9.

Внешнее 1 и внутреннее 5 водоохлаждаемые трубчатые кольца, соединенные радиальными трубами 7 и ребрами жесткости 6 совместно с внешним плоским кольцом 10, панелями 11 и внутренним плоским кольцом 12 образуют каркас свода.

Огнеупорная центральная часть сводика 13 выполнена из огнеупорного материала высокой плотности. В периферийной части каркаса свода во внутреннюю фасонную поверхность огнеупорных панелей 11 из волокнистых материалов вставлены и закреплены по технологии шип-паз огнеупорные блоки 14, на внутреннюю поверхность которых нанесено защитное покрытие 15 для защиты панелей 11 и блоков 14 из волокнистых огнеупорных материалов от брызг шлака и пыли.

Достоинствами волокнистых огнеупорных материалов являются их высокая термостойкость при многократных циклах нагрев-охлаждение, малый вес и высокая теплоизолирующая способность.

Защитное покрытие выполняется в виде огнеупорной обмазки с высокой температурой применения и инертной к материалу волокнистых огнеупоров. Применяют также покрытие с малым коэффициентом излучательной способности - степенью черноты. В качестве примера возможных огнеупорных легковесных блоков можно привести блоки Ultra Board 1800C/400 с температурой применения до 1800 °C [2].

В качестве примера возможной обмазки можно привести огнеупорное покрытие ЦАСФ-1700 с температурой применения до 1700 °C, выпускаемое НПО "Огнеупоры и теплоизоляция" [3].

**Пример 1.** Определение массы свода.

Для упрощения расчетов принимаем, что оба варианта свода плоские, т.е. в действительности массы окажутся несколько больше.

Масса свода традиционной конструкции.

При диаметре свода  $D = 3,6$  м площадь его поверхности  $S$  составит

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3,6^2}{4} = 10,18 \text{ м}^2.$$

При толщине свода  $h = 0,23$  м объем динаса составит  $V = h \cdot S = 0,23 \cdot 10,18 = 2,34 \text{ м}^3$ .

Масса свода составит  $M = \rho \cdot V = 1900 \cdot 2,34 = 4446$  кг.

Масса свода предлагаемой конструкции.

При диаметре свода  $D = 3,6$  м и диаметре футерованной части  $d = 1,2$  м площадь поверхности, покрытая панелями  $S_1$ , составит  $S_1 = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$ ,

$$S_1 = \frac{\pi \cdot 3,6^2}{4} - \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 10,18 - 1,13 = 9,05 \text{ м}^2.$$

Масса внутренней части свода составит  $m_1 = 0,23 \cdot 1,13 \cdot 1900 = 493,8$  кг.

Тогда при толщине панелей  $h = 0,1$  м объем волокнистых материалов составит  $V = h \cdot S_1 = 0,1 \cdot 9,05 = 0,905 \text{ м}^3$ .

Масса огнеупорных панелей составит  $m_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} \cdot V = 400 \cdot 0,905 = 362$  кг.

Огнеупорные блоки крепятся на металлические листы толщиной 8 мм, тогда масса металлической части панелей составит  $m_{\text{м}} = 0,008 \cdot 7600 \cdot 9,05 = 550,2$  кг.

## ВУ 10141 U 2014.06.30

Масса трубчатого каркаса составит.

Длина большого кольца  $L = \pi D = \pi \cdot 3,6 = 11,3$  м.

При диаметре трубы 100 мм и толщине стенки 6 мм ее масса составит  $m = 157,2$  кг.

Длина малого кольца  $L_1 = \pi d = \pi \cdot 1,2 = 3,77$  м.

При диаметре трубы 57 мм и толщине стенки 5 мм ее масса составит  $m = 24,2$  кг.

Длина радиальных труб составляет  $(3,6-1,2)/2 = 1,2$  м при количестве 6 штук, тогда при диаметре трубы 57 мм и толщине стенки 5 мм ее масса составит 7,7 кг, а всех 6-и труб - 46,2 кг, кроме того, в конструкцию включены три ребра жесткости массой 30 кг.

Тогда масса свода составит  $M = 493,8 + 362 + 550,2 + 157,2 + 24,2 + 46,2 + 30 = 1663,6$  кг.

Для сравнения масса купольного водоохлаждаемого свода электродуговых печей емкостью 6 т, приведенная в [1], составляет 1300 кг.

Таким образом, масса новой конструкции свода по полезной модели меньше традиционной кирпичной в  $4446/1663,6 = 2,67$  раза.

**Пример 2.** Определение теплоизолирующих свойств свода.

Для оценки теплоизолирующих свойств свода базовой традиционной и новой предлагаемой конструкций были рассчитаны температуры по толщине свода в процессе его разогрева до состояния, близкого к стационарному тепловому потоку. При расчетах принимали максимальную температуру печного пространства, равную 1800 °С.

Результаты расчетов представлены на фиг. 4 и 5. Цифры у линий соответствуют времени нагрева в секундах. Результаты расчетов показали, что применение предлагаемых панелей обеспечивает температуру наружной поверхности свода менее 200 °С при толщине панелей 100 мм, тогда как традиционная конструкция из динасового кирпича толщиной 230 мм в стационарном режиме на наружной поверхности обеспечивает около 395 °С при максимально жестких условиях работы (в реальных условиях эксплуатации температуры будут отличаться в меньшую сторону).

На фиг. 6 и 7 показаны зависимости тепловых потоков внутри материалов свода от времени, прошедшего с начала нагрева. Линии соответствуют времени нагрева от 1000 с, 2000 с и далее с интервалом в 2000 с.

В стационарном режиме тепловые потери для кирпичного свода составят около 10 кВт/м<sup>2</sup>, а для предлагаемого комбинированного - около 3 кВт/м<sup>2</sup>. Тепловые потери с новым сводом меньше, чем с кирпичным, более чем в 3 раза.

Максимальная мощность тепловых потерь для кирпичного свода в стационарном режиме составит:  $Q_w = 10 \cdot 10,18 = 101,8$  кВт.

**Пример 3.** Определение потерь теплоты на аккумуляцию.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t.$$

В случае традиционной конструкции из динасовых кирпичей средняя температура по толщине свода составит:  $t = (400 + 1800)/2 = 1100$  °С.

Теплоемкость динаса при средней температуре:  $C_1 = 0,9 + 0,26 \cdot 10^{-3} t = 1,186$  кДж/(кгК),  
 $Q_1 = 4446 \cdot 1186 \cdot (1100 - 20) = 5,695 \cdot 10^6$  Дж.

В случае предлагаемой конструкции:

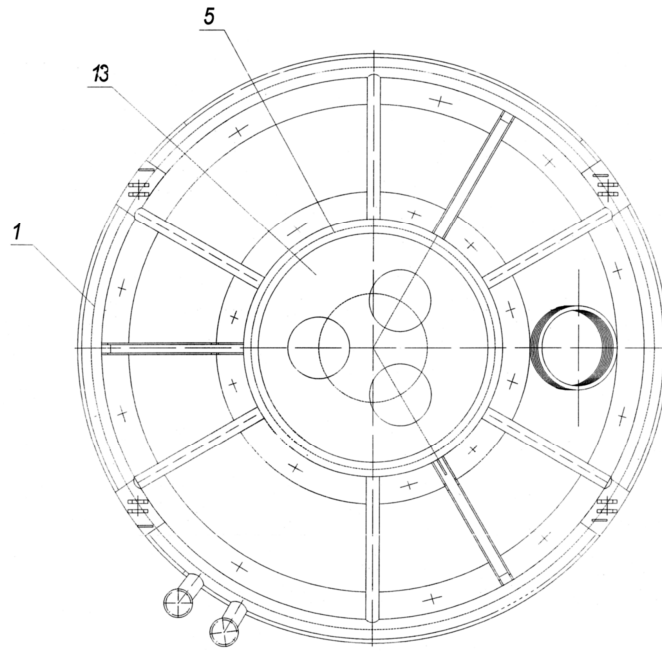
$$t = (1800 + 195)/2 = 997,5 \text{ °С,}$$

$$C_2 = 1 \text{ кДж/(кгК),}$$

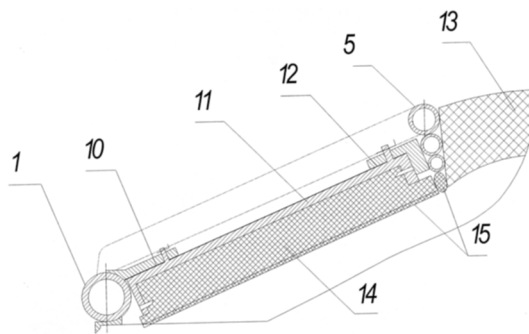
$$Q_2 = 1664 \cdot 1000 \cdot (998 - 20) = 1,627 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

При применении полезной модели при высокой стойкости свода обеспечивается уменьшение массы, уменьшение потерь энергии на аккумуляцию энергии материалами свода, уменьшение тепловых потерь теплопроводностью и улучшение тепловой работы печи.

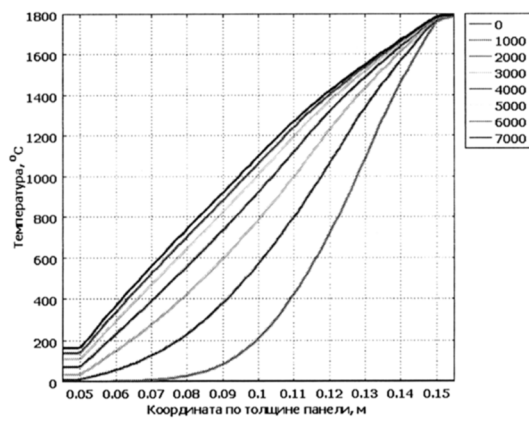
Промышленное освоение полезной модели планируется на машиностроительных предприятиях Беларуси.



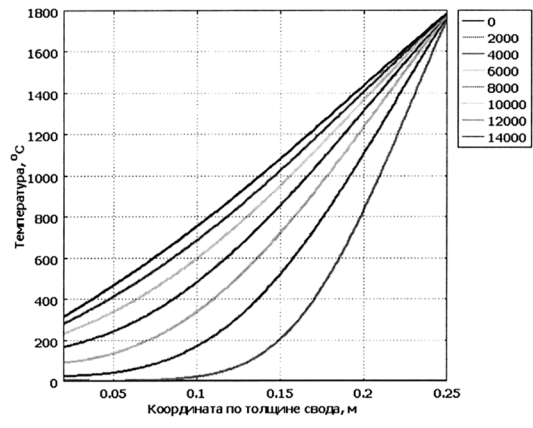
Фиг. 2



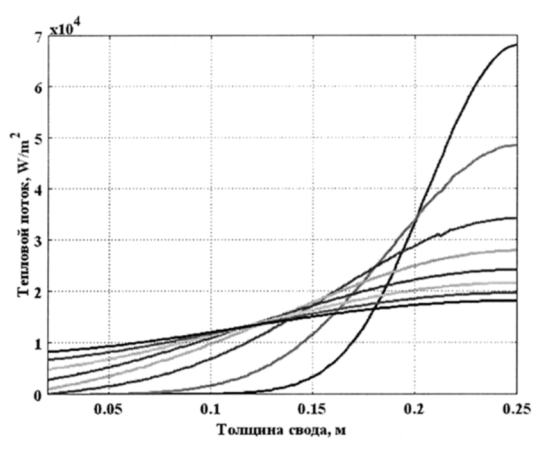
Фиг. 3



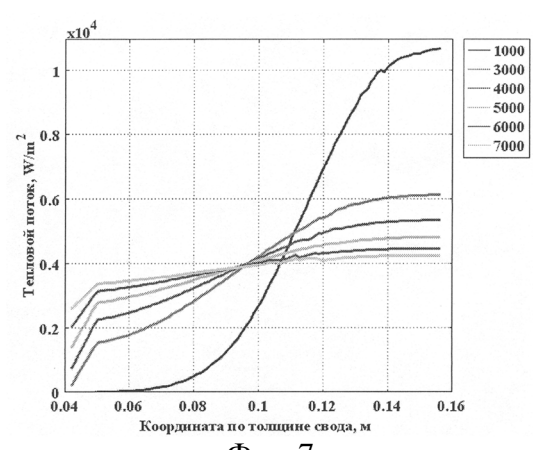
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7