

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20992**

(13) **С1**

(46) **2017.04.30**

(51) МПК

F 27D 1/02 (2006.01)

F 27D 1/16 (2006.01)

(54) **СВОД ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ МАЛОЙ ЕМКОСТИ**

(21) Номер заявки: а 20130896

(22) 2013.07.25

(43) 2015.02.28

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

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

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

(56) СОЙФЕР В.М. Дуговые печи в сталелитейном цехе. - М.: Metallurgia, 1989. - С. 76-80.

UA 69486 U, 2012.

RU 2242688 C2, 2004.

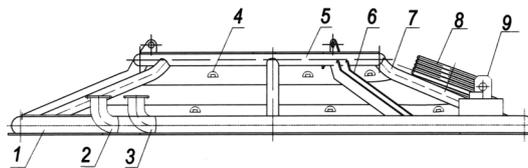
SU 183779, 1966.

US 4555995, 1985.

ВУ 11501 С1, 2009.

(57)

Свод электродуговой печи малой емкости, содержащий металлический водоохлаждаемый каркас, в центральной части которого смонтирован сводик, выполненный из огнеупорного материала высокой плотности, **отличающийся** тем, что содержит огнеупорные панели, выполненные из волокнистых материалов и присоединенные посредством замков к внутренней стороне периферийной части металлического водоохлаждаемого каркаса, в которые вставлены и закреплены по технологии шип-паз огнеупорные блоки, на поверхности которых нанесено огнеупорное покрытие для их защиты от пыли и брызг шлака.



Фиг. 1

Изобретение относится к области металлургии, а именно к конструкциям сводов электродуговых печей для плавки металла. Изобретение может быть использовано на металлургических и машиностроительных заводах при модернизации электродуговых печей.

Известна конструкция кирпичного свода сферической формы электродуговых печей малой емкости, состоящая из диасовых кирпичей с толщиной, равной длине стандартного кирпича, удерживаемых в распоре за счет кривизны свода. Стойкость свода составляет 150-250 плавков. Недостатками данной конструкции являются высокий расход огнеупоров, большая масса свода, а также большая трудоемкость работ по набору свода на специальном шаблоне [1, с. 34, 60-61].

ВУ 20992 С1 2017.04.30

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) [1, с. 80].

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 [1, с. 78].

Достоинством конструкции электродуговой печи является высокая стойкость свода, малый расход огнеупоров, малый вес свода.

Недостатком известной конструкции является большие теплотери с охлаждающей водой.

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

Решаемая задача достигается тем, что свод электродуговой печи малой емкости, содержащий металлический водоохлаждаемый каркас, в центральной части которого смонтирован сводик, выполненный из огнеупорного материала высокой плотности, согласно изобретению, содержит огнеупорные панели, выполненные из волокнистых материалов и присоединенные посредством замков к внутренней периферийной части металлического водоохлаждаемого каркаса, в которые вставлены и закреплены по технологии шип-паз огнеупорные блоки, на поверхности которых нанесено огнеупорное покрытие для их защиты от пыли и брызг шлака.

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

Для лучшего восприятия изобретение поясняется фигурами, где

фиг. 1 - свод электродуговой печи малой емкости, вид спереди;

фиг. 2 - свод, вид сверху;

фиг. 3 - периферийная часть свода, вертикальное сечение;

фиг. 4 - температурное поле при нагреве панелей свода при максимально возможной температуре в печи (1800 °C) 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;

фиг. 7 - тепловой поток по толщине комбинированного свода.

Комбинированный свод электродуговой печи малой емкости имеет внешнее трубчатое кольцо 1. К кольцу 1 приварены патрубки 2 для подвода и патрубки 3 для отвода охлаждающей воды, изолированные друг от друга перегородкой. Для фиксации огнеупорных панелей в металлическом каркасе используют замки 4 замковых соединений для крепления огнеупорных панелей к периферийной части свода.

Водоохлаждаемое 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.

Водоохлаждаемые внешнее трубчатое кольцо 1 и внутреннее трубчатое кольцо 5, соединенные радиальными трубами 7 и ребрами жесткости 6 совместно с внешним плоским кольцом 10, огнеупорными панелями 11 из волокнистого материала и внутренним плоским кольцом 12 образуют металлический водоохлаждаемый каркас свода.

Огнеупорная центральная часть сводика 13 выполнена из огнеупорного материала высокой плотности. В периферийной части каркаса свода послойно совместно с огнеупорными панелями 11 смонтированы огнеупорные блоки 14, на внутреннюю поверхность которых нанесено защитное покрытие 15 для защиты огнеупорных панелей 11 и огнеупорных блоков 14 от брызг шлака и пыли.

Свод электродуговой печи выполнен комбинированным. В его центральной части смонтирован сводик 13. К внутренней стороне периферийной металлической части каркаса послойно присоединены огнеупорные панели 11 из волокнистых материалов, во внутреннюю фасонную поверхность типа "паз" огнеупорных панелей 11 из волокнистых материалов вставлены и закреплены по технологии шип-паз огнеупорные блоки 14 типа "шип". На внутреннюю поверхность огнеупорных блоков 14 нанесено огнеупорное покрытие 15.

Достоинством 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 °С [2].

В качестве примера возможной обмазки можно привести огнеупорное покрытие ЦАСФ-1700 с температурой применения до 1700 °С, 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 базовой 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 $M = \rho \cdot V = 1900 \cdot 2,34 = 4446 \text{ кг}$.

Масса свода предлагаемой конструкции.

При диаметре свода $D = 3,6$ м и диаметре футерованной части $d = 1,2$ м площадь по-

верхности, 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 $m_1 = 0,23 \cdot 1,13 \cdot 1900 = 493,8 \text{ кг}$.

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 $m_n = \rho_n \cdot V = 400 \cdot 0,905 = 362 \text{ кг}$.

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

Масса трубчатого каркаса составит: длина большого кольца $L = \pi D = \pi \cdot 3,6 = 11,3 \text{ м}$.

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

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 шести 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 изобретению меньше традиционной кирпичной в $4446/1663,6 = 2,67$ раза.

Пример 2.

Для оценки теплоизолирующих свойств свода базовой традиционной и новой по изобретению конструкций были рассчитаны (фиг. 4 и 5) температуры по толщине свода в процессе его разогрева до состояния, близкого к стационарному тепловому потоку. При расчетах принимали максимальную температуру печного пространства 1800 °С.

Цифры у линий соответствуют времени нагрева в секундах. Результаты расчетов показали, что применение 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/м², а для предлагаемого комбинированного около 3 кВт/м². 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).

$Q_1 = 4446 \cdot 1,186 \cdot (1100 - 20) = 5,695 \cdot 10^6$ Дж.

В конструкции изобретения: $t = (1800 + 195)/2 = 997,5$ °С, $C_2 = 1$ кДж/(кгК).

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

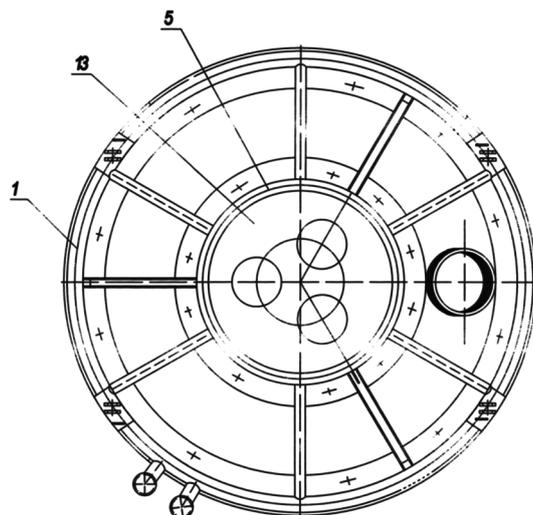
Применением изобретения с высокой стойкостью комбинированного свода обеспечивается уменьшение массы, уменьшение потерь энергии на аккумуляцию энергии материалами свода, уменьшение тепловых потерь теплопроводностью и улучшение тепловой работы печи. Промышленное освоение изобретения планируется на машиностроительных предприятиях Беларуси.

Источники информации:

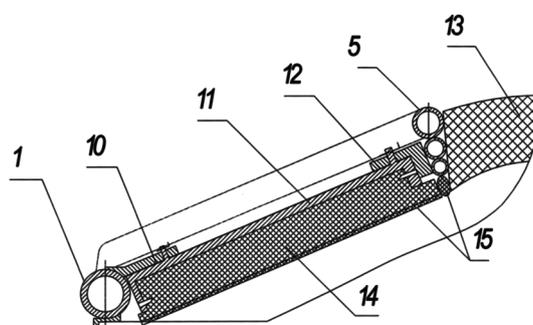
1. Сойфер В.М., Кузнецов Л.Н. Дуговые печи в сталелитейном цехе. - М.: Metallurgia, 1989. - С. 34, 60-61, 78, 80

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

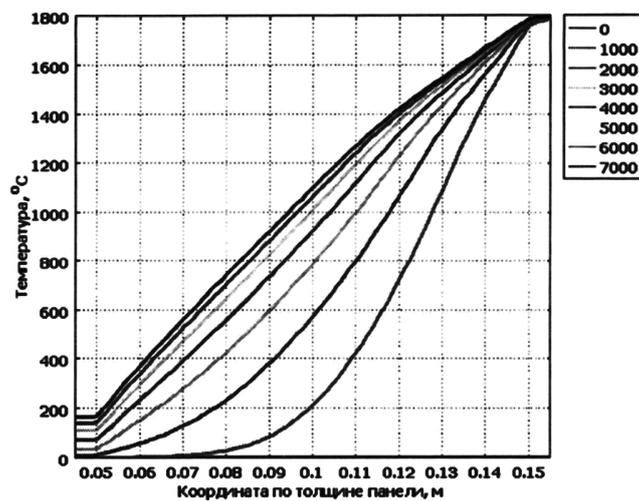
3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ogneupory.com/information/1/> (дата обращения: 05.12.2012).



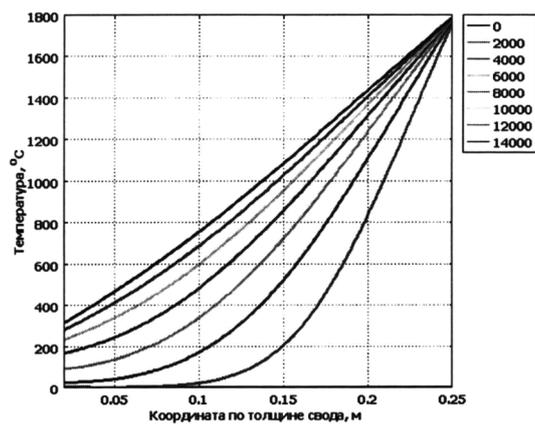
Фиг. 2



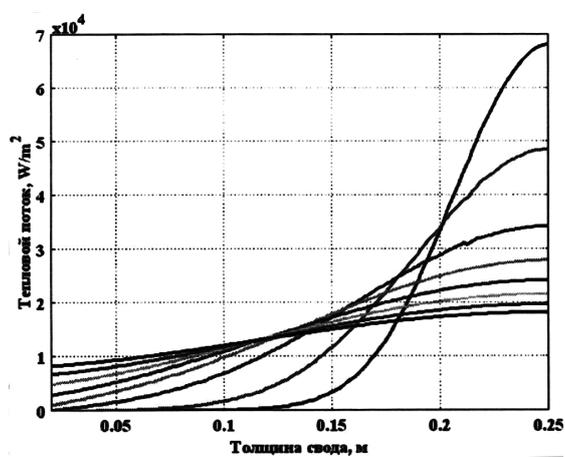
Фиг. 3



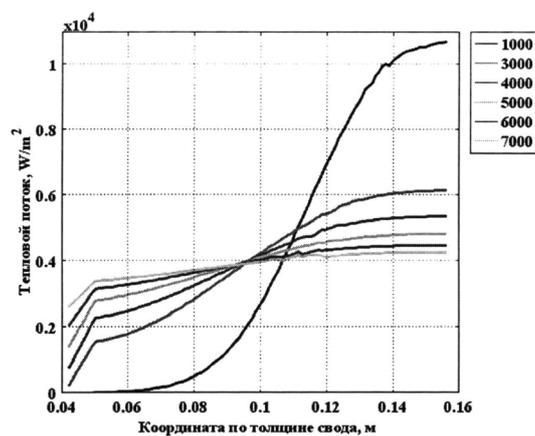
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7