

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 17657

(13) С1

(46) 2013.10.30

(51) МПК

F 27B 3/14 (2006.01)

F 27B 9/34 (2006.01)

(54)

ПРОХОДНАЯ ПЕЧЬ

(21) Номер заявки: а 20101846

(22) 2010.12.20

(43) 2012.08.30

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

(72) Авторы: Трусова Ирина Александровна; Менделев Дмитрий Владимирович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич; Ратников Павел Энгелевич (ВУ)

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

(56) ВУ 4210 U, 2008.

SU 1673809 A1, 1991.

SU 1836617 A3, 1993.

SU 261968, 1971.

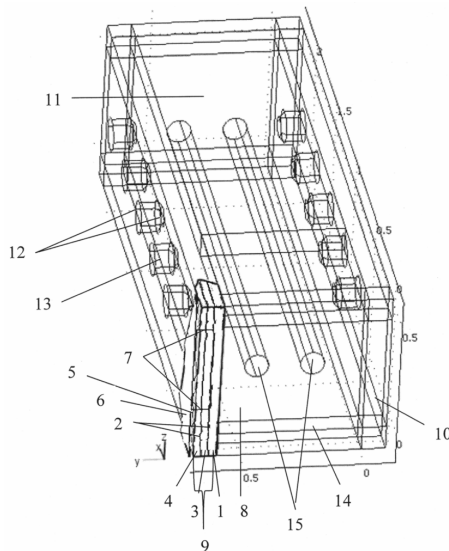
SU 1084570 A, 1984.

RU 2194933 C2, 2002.

RU 2049297 C1, 1995.

(57)

Проходная печь, включающая сварной корпус с расположенной внутри топливной камерой, обшитый изнутри металлическим кожухом, который изнутри зафутерован чередующимися слоями из огнеупорного и волокнистого теплоизоляционных материалов, расположенных следующим образом: сначала огнеупорный слой Fiberfrax Duraboard 140 ZK толщиной от 105 до 115 мм, обеспечивающей соответственно на границах слоя внутреннюю и внешнюю температуру 1250 и 914 °С, затем слой клея Fixwool 1000 толщиной, обеспечивающей адгезию, после чего теплоизоляционный слой Fiberfrax Durafelt LD толщиной от 65 до 75 мм, обеспечивающей соответственно на границах слоя внутреннюю и внешнюю температуру 914 и 405 °С, далее еще один слой клея Fixwool 1000



Фиг. 1

ВУ 17657 С1 2013.10.30

толщиной, обеспечивающей адгезию, после этого наружный теплоизоляционный слой Insulfrax S Blanket 160 толщиной от 25 до 35 мм, обеспечивающей соответственно на границах слоя внутреннюю и внешнюю температуру 405 и 96 °С, потом воздушный зазор от 8 до 12 мм и металлический кожух с температурой наружной поверхности от комнатной до 38 °С, при этом обеспечивается увеличение температурного градиента от топливной камеры к металлическому корпусу, упомянутые теплотехнические материалы присоединены к металлическому кожуху креплением типа RX2 или RX3, а толщина σ металлического кожуха связана с величиной S воздушного зазора между металлическим кожухом и наружным теплоизоляционным слоем Insulfrax S Blanket 160 футеровки следующим выражением:

$$S = (-0,0542 \cdot \sigma^2 + 1,2168 \cdot \sigma + 40,818) \cdot t + (2,708 \cdot \sigma^2 - 58,659 \cdot \sigma - 2328,8),$$

где t - температура наружного теплоизоляционного слоя Insulfrax S Blanket 160 футеровки, °С.

Изобретение относится к металлургической и машиностроительной отраслям промышленности, в частности к способам и устройствам высокотемпературного нагрева металлических заготовок перед их последующей технологической обработкой.

Известны способы нагрева металла путем сжигания газообразного топлива в замкнутом объеме рабочей камеры проходной печи, стальной корпус которой послойно футерован на основе износостойких шамотных кирпичей и магнезитовых огнеупорных материалов [1].

Недостатком известного уровня техники является значительный расход топлива на нагрев металла, значительная материалоемкость вследствие использования традиционных массивных материалов футеровки рабочей топливной камеры и пода печи, отсутствие/наличие в ней застойных зон, низкие коэффициенты лучистого и конвективного теплообмена.

Реализующие известные способы устройства - проходные, методические нагревательные печи как следствие недостатков используемых способов нагрева, обладают крайне низким термическим КПД.

Футеровка известных печей, как правило, изготовлена из традиционных теплозащитных материалов (шамот, диносовый кирпич и т.п.) с высокой теплоемкостью и теплопроводностью, что требует значительных расходов энергоресурсов для прогрева печи до рабочих температур. Эти энергозатраты особенно существенны для проходных печей с циклическим режимом работы. Кроме того, в печах с большой теплоемкостью футеровки технически весьма сложно провести регулирование темпа набора температуры заготовкой при ее нагреве, что затрудняет достижение высокого качества конечной продукции. Используемые в них традиционные инжекционные факельные горелки, как правило, создают в объеме печи локальные зоны высокой температуры, которые определяют возникновение мощных локальных тепловых потоков, приводящих к разрушению футеровки и температурным деформациям заготовок, т.е. к браку. Совокупность вышеперечисленного приводит к тому, что существующие технологии нагрева металла чрезмерно энергозатратны и имеют очень низкий тепловой КПД (5-15 %). Известны новые волокнистые (на базе муллитокремнеземистых и базальтовых волокон с применением высокотемпературных неорганических связующих) футеровочные и теплоизоляционные материалы, сочетающие в себе высокотемпературные, огнеупорные и изоляционные свойства, низкую теплопроводность и тепловую инерционность, и способы их использования в существующем парке термического оборудования вместо традиционных футеровочных материалов.

Результаты исследований теплообменных и гидродинамических технологических режимов нагревательной печи, принятой за прототип, металлический кожух корпуса которой с воздушным зазором изнутри зафутерован послойной кладкой из чередующихся

ВУ 17657 С1 2013.10.30

слоев волокнистого теплоизоляционного материала и огнеупорного материала, расположенных с увеличением температурного градиента от внутреннего объема рабочей камеры к металлическому кожуху корпуса печи. Послойная футеровка корпуса используется как для проходных печей, так и для камерных печей преимущественно на основе муллитокремнеземистых и базальтовых волокон с применением высокотемпературных неорганических связующих [2].

Прототип, как и известные печи, вследствие несовершенства конструкции футеровки обладает значительными тепловыми потерями из-за отсутствия технологии конструирования оптимизации послойной футеровки и значительно высокой температуры до 100 °С на кожухе печи.

Прототип также обладает недостаточно высоким теплотехническим коэффициентом печи, что приводит к нестационарности теплового баланса печного пространства, повышенному расходу топлива, к снижению производительности и качества из-за неоднородности температурного поля, показывает, что известные печи обладают значительными тепловыми потерями из-за отсутствия технологии конструирования оптимизации послойной футеровки и значительно высокой температуры до 100 °С на кожухе печи.

За счет совершенствования прототипа путем изменения конструкции кладки футеровки и ее материала можно добиться снижения материалоемкости, улучшения равномерности и качества нагрева заготовок и существенного снижения расхода топлива.

Технической задачей изобретения является разработка комплексной технологии и конструктива для обеспечения повышения энергоэффективности и производительности газопламенных проходных печей.

Техническая задача реализуется тем, что в проходной печи, включающей сварной корпус с расположенной внутри корпуса топливной камерой, обшитый снаружи металлическим кожухом, которой изнутри зафутерован чередующимися слоями из огнеупорного и волокнистого теплоизоляционных материалов, расположенных следующим образом: сначала огнеупорный слой Fiberfrax Duraboard 140 ZK толщиной 105-115 мм, обеспечивающий соответственно на границах слоя внутреннюю и внешнюю температуру 1250 и 914 °С, затем слой клея Fixwool 1000 толщиной, обеспечивающей адгезию, после чего теплоизоляционный слой Fiberfrax Durafelt LD толщиной 65-75 мм, обеспечивающий соответственно на границах слоя внутреннюю и внешнюю температуру 914 и 405 °С, далее еще один слой клея Fixwool 1000 толщиной, обеспечивающей адгезию, после этого наружный теплоизоляционный слой Insulfrax S Blanket 160 толщиной 25-35 мм, обеспечивающий соответственно на границах слоя внутреннюю и внешнюю температуру 405-96 °С, потом воздушный зазор от 8 до 12 мм и металлический кожух с температурой наружной поверхности от комнатной до 38 °С, при этом обеспечивается увеличение температурного градиента от топливной камеры к металлическому кожуху, упомянутые теплотехнические материалы присоединены к кожуху креплением типа RX2 или RX3, а толщина σ металлического кожуха связана с величиной S воздушного зазора между металлическим кожухом и наружным теплоизоляционным слоем Insulfrax S Blanket 160 футеровки следующим выражением:

$$S = (-0,0542 \cdot y^2 + 1,2168 \cdot y + 40,818) \cdot t + (2,708 \cdot y^2 - 58,659 - 2328,8),$$

где t - температура наружного теплоизоляционного слоя Insulfrax S Blanket 160 футеровки, °С.

Технический результат изобретения проявляется в наличии новой конструкции кладки, послойная футеровка конструкции которой выполнена из неочевидной совокупности вертикальных слоев на основе упомянутых теплотехнических материалов, прецизионно изменяющая оптические характеристики высокотемпературного рабочего пространства печи, влияющие на улучшение качества и эффективность процесса нагрева. Для лучшего понимания изобретение поясняется фигурами, где

ВУ 17657 С1 2013.10.30

фиг. 1 - общий вид конструкции проходной печи для нагрева металлических заготовок для последующего формообразования изделий;

фиг. 2 - конструкция разреза многослойной кладки футеровки топливной камеры проходной печи;

фиг. 3 - зависимость плотности теплового потока на внешней поверхности футеровки от ее толщины;

фиг. 4 - представлена величина экономии теплового потока на внешней поверхности слоя футеровки в зависимости от увеличения ее толщины;

фиг. 5 - представлена зависимость оптимальной температуры внешней поверхности слоя футеровки от температуры печи;

фиг. 6 - представлен конструктив металлического кожуха и его взаимосвязь с величиной воздушного зазора между внешним слоем послойной кладки и кожухом.

Конструкции футеровки проходной печи, металлический кожух корпуса топливной камеры которой по фиг. 1 изнутри облицован многослойной кладкой на основе огнеупоров, клея, теплоизоляторов, при этом футеровка конструкции кладки выполнена из вертикальных слоев на основе упомянутых теплотехнических материалов в следующей последовательности от внутренней стенке рабочей камеры к наружной стенке: огнеупорный слой 1 Fiberfrax Duraboard 140 ZK с температурой на границах слоя 1250-914 °С [3]; клей 2 Fixwool 1000 [4]; теплоизоляционный слой 3 Fiberfrax Durafelt LD с температурой на границах слоя 914-405 °С [5]; наружный теплоизоляционный слой 4 Insulfrax S Blanket 160 с температурой на границах слоя 405-96 °С [6]; воздушная прослойка 5 с зазором $S = 8-12$ мм; собственно металлический кожух 6 с температурой наружной поверхности от комнатной до 39 °С.

Опытно-экспериментальным путем выявлена толщина металлического кожуха, связанная с величиной воздушного зазора воздушной прослойки 5 между наружным теплоизоляционным слоем 4 послойной кладки и металлическим кожухом 6, следующим выражением:

$$S = (-0,0542 \cdot y^2 + 1,2168 \cdot y + 40,818) \cdot t + (2,708 \cdot y^2 - 58,659 \cdot y - 2328,8),$$

где σ - толщина металлического кожуха (мм);

t - температура внешнего слоя футеровки (°С);

S - величина воздушного зазора (мм) между металлическим кожухом и внешним слоем футеровки послойной кладки со степенью черноты ее поверхности ϵ_2 .

Опытно-промышленные исследования выявили оптимальные параметры многослойной футеровки корпуса топливной камеры проходной печи из упомянутых теплотехнических материалов, которые подчинены следующему типоразмерному закону интервальной размерной технологической цепочки: огнеупорный слой 1 - Fiberfrax Duraboard 140 ZK имеет параметры толщин в интервале 105-115 мм; клей 2 - Fixwool 1000 имеет параметры толщин в интервале технологически заданных его максимальной адгезией; теплоизоляционный слой 3 - Fiberfrax Durafelt LD имеет параметры толщин в интервале 65-75 мм; наружный теплоизоляционный слой 4 - Insulfrax S Blanket 160 имеет параметры толщин в интервале 25-35 мм, при этом упомянутые теплотехнические материалы присоединены к кожуху креплением 7 типа RX2 или RX3 [7].

Реализация повышения энергоэффективности и производительности осуществляется путем следующей технологии и конструктива топливной камеры проходной печи, слои которой расположены с возрастанием жаростойкости и огнеупорности от наружной стенки печи к ее внутреннему объему.

Проходная печь по фиг. 1 с упомянутой конструкцией футеровки топливной камеры 8 состоит из следующих основных узлов: металлического кожуха 6 с многослойной кладкой 9 топливной камеры 8 и стенками 10, в которых или в своде 11 которых выполнены окна 12 для монтажа блоков горелок смонтирован блок горелок 13, в зависимости от технологии нагрева. Корпус нагревательной печи представляет собой сварной каркас из уголка,

обшитый кожухом 6 из листовой стали, который является основанием для монтажа кладки 9 многослойной футеровки. В стенках 10 выполнены окна 12 для монтажа блоков горелок 13. Конструкция печи обеспечивает непрерывный или периодический принцип нагрева на поду 14 заготовок 15. Для различных типоразмеров заготовок 15 составляется соответствующая технологическая карта нагрева.

При выборе оптимального варианта конструирования футеровки печи предварительно осуществляют величину потерь через ограждающие конструкции в существующих агрегатах. Анализ тепловой работы методических печей, работающих в непрерывном режиме показывает, что футеровка при таких условиях находится практически в стационарном состоянии, т.е. ее температурное поле не изменится во времени. Потери на разогрев весьма незначительны независимо от конструкции, и ими можно пренебречь.

Иначе обстоит ситуация в печах периодического типа действия. Даже при нормальном режиме работы состояние температурного поля футеровки нестационарно: периоды разогрева чередуются с периодами охлаждения во время выгрузки нагретых и загрузки холодных деталей и заготовок. При этом футеровка теряет, а затем аккумулирует часть теплоты, которая подается в печь.

Аналогичная ситуация может возникать в печах обоих типов при разогреве после останова. Количество теплоты, пошедшее на разогрев кладки или аккумулированное ею, зависит от массы (плотности) и теплоемкости футеровочных материалов.

Соблюдение требований техники безопасности при работе с высокотемпературным технологическим оборудованием требует, чтобы температура на наружных поверхностях печи (контактирующая с поверхностью тела рабочего) не превышала допустимого уровня 38-40 °С.

Оптимальный вариант футеровки был экспериментально выявлен исходя из соотношения сумм капитальных и эксплуатационных затрат. В качестве периода, за который следует сравнивать затраты при использовании различных футеровочных материалов, оценивают продолжительность эксплуатации без капитального ремонта один из технологических вариантов, обладающий наибольшей стойкостью при работе в данных условиях. Принимая данный вариант за эталон, все прочие оценивают путем сравнения соответствующих капитальных и эксплуатационных затрат за данный период.

Суммарные капитальные и эксплуатационные затраты составят:

$$Z = Z_K + Z_{Э} = C_{Ф} \times F_{Ф} + m \times n \times C_{Ф} \times F'_{Ф}, \quad (1)$$

где $F'_{Ф}$ - площадь, на которой осуществляется замена огнеупорного слоя футеровки во время ремонта, m^2 ; n - количество замен огнеупорного слоя в год; m - стойкость футеровки (без капитального ремонта), лет; $C_{Ф}$, $F_{Ф}$ - стоимость одного квадратного метра с учетом монтажа (долл. США/ m^2) и площадь огнеупорного слоя футеровки.

Сравнивая данные величины и варьируя материалом, из которого может быть выполнен огнеупорный слой футеровки печи, определяют оптимальный вариант.

При оценке оптимальности конструкции футеровки в проходных печах периодического типа помимо капитальных и эксплуатационных затрат учитывают стоимость топлива, которое используется на разогрев печи в начале работы, и количество теплоты, которое аккумулируется кладкой в процессе работы. Следовательно, в формуле (1) добавится еще одно слагаемое Z_T (затраты на топливо), которое может быть определено следующим образом:

$$Z_T = C_T \left(\frac{Q_{акк} \cdot f + Q_{раз} \cdot k}{Q_p^H} \right), \quad (2)$$

где

$$Q_{акк(раз)} = V_i \rho_i \bar{c}_i (t_i^{кон} - t_i^{нач}), \quad (3)$$

ВУ 17657 С1 2013.10.30

где C_T - стоимость 1 м³ или 1 кг топлива; $Q_{\text{акк(раз)}}$ - теплота, затраченная на разогрев печи после остановки или аккумулированная кладкой; V_i, ρ_i, \bar{c}_i - объем, плотность и средняя теплоемкость соответственно каждого слоя футеровки; $\bar{t}_i^{\text{кон}}$ и $\bar{t}_i^{\text{нач}}$ - средние значения конечной и начальной (для случаев разогрева после простоя и нагрева при нормальном режиме работы печи принимаются различные значения) температуры каждого слоя; f и k - количество технологических циклов работы печи и разогрева после простоев соответственно.

Затраты топлива на нагрев кладки из различных материалов существенно зависят от их теплоемкости и плотности-массы футеровки. Кроме того, важным фактором в данной технологии является время охлаждения футеровки при выгрузке нагретых деталей и загрузке новых. То есть теплота, аккумулированная кладкой, зависит как от теплофизических свойств материалов, так и от применяемой технологии, которая определяет продолжительность цикла "охлаждение-нагрев".

Расход условного топлива на нагрев на 100 °С 1 м² футеровки, выполненной из современных волокнистых материалов, минимум на порядок ниже при аналогичных условиях для футеровок из традиционных теплоизоляционных материалов.

Ниже выполнен расчет технологии нагрева волокнистых футеровок вышеуказанных производителей по закону Фурье с целью определения соотношений "толщина слоя - температура внешней поверхности слоя - плотность теплового потока".

Из конструирования огнеупоров известно, что зависимость теплопроводности огнеупоров от температуры задается формулой:

$$\lambda(T) = a + bT + cT^2 + dT^{-1}, \quad (4)$$

где a, b, c, d - безразмерные коэффициенты, различные для каждого вида огнеупора;

T - абсолютная температура, К.

Стационарное одномерное уравнение теплопроводности имеет вид:

$$q = -\lambda(T) \frac{dT}{dx}. \quad (5)$$

Интегральное выражение дифференциального уравнения (5) с учетом (4) имеет вид:

$$qd = a_1(T_{\text{внутр}} - T_{\text{внешн}}) + \frac{b_1(T_{\text{внутр}}^2 - T_{\text{внешн}}^2)}{2} + \frac{c_1(T_{\text{внутр}}^3 - T_{\text{внешн}}^3)}{3} + d_1(\ln T_{\text{внутр}} - \ln T_{\text{внешн}}), \quad (6)$$

где δ - толщина слоя футеровки, м; $T_{\text{внутр}}, T_{\text{внешн}}$ - внутренняя и внешняя температура слоя футеровки, К.

Решение уравнения (5) осуществлено численным методом. Уравнение (4) заменяют интерполяционной функцией, составленной по табличным значениям теплопроводности конкретного материала от температуры. Все табличные значения теплопроводностей волокнистых материалов были измерены производителем согласно действующему международному стандарту ENV 1094-7:1993. Расчет произведен для $T_{\text{внутр}} = 1273,15$ К.

На фиг. 3 представлена зависимость плотности теплового потока на внешней поверхности футеровки от ее толщины. Указанная зависимость построена на основе исследования теплотехнических характеристик наиболее перспективных современных волокнистых материалов следующего типоряда.

МКРВ-200 (—▲—); МКРФ-100(—▲—); МКРФ-1 (—≡—); МКРПГ-400 (—≡—); ШПГТ-450 (—○—); МКРП-340 (—▲—); МКРК-500 (—+—); FOAMFRAX (—*—); FIBERFRAX BONDED-S (—•—); DURABOARD LD (—△—); DURAFELT LD (—○—); PRISMO-BLOCK-S (—□—); INSULFRAX S (—●—).

Кривые зависимостей из данного типоряда характеризуют волокнистые материалы FIBERFRAX BONDED-S; DURABOARD LD; DURAFELT LD, как обладающие лучшими показателями плотности теплового потока на внешней поверхности футеровки от ее толщины.

BY 17657 C1 2013.10.30

Аналогично на фиг. 4. представлена величина экономии теплового потока на внешней поверхности слоя футеровки в зависимости от увеличения ее толщины. Указанная зависимость построена на основе исследования теплотехнических характеристик наиболее перспективных современных волокнистых материалов следующего типоряда.

МКРВ-200 (—▲—); МКРФ-100(—▲—); МКРФ-1 (—■—); МКРПГ-400 (—■—); ШПГТ-450 (—○—); МКРП-340 (—▲—); МКРК-500 (—+—); FOAMFRAX (—*—); FIBERFRAX BONDED-S (—•—); DURABOARD LD (—▲—); DURAFELT LD (—○—); PRISMO-BLOCK-S (—□—); INSULFRAX S (—●—).

График фиг. 4 характеризует, что для обозначенных выше волокнистых футеровок величина снижения теплового потока при последовательном увеличении значения толщины с 0,25-0,35 м на 0,05 м составляет менее 1 % при температуре печи 1273,15 К. Это означает, что при увеличении толщины футеровки с 0,25 до 0,5 м снижение теплового потока в среднем составит менее 5 %. При этом стоимость футеровки возрастет в 2 раза.

На основании вышеизложенного, температурный диапазон применения волокнистой футеровки при температуре печи 1273,15 К ограничивается 55-75 °С на ее внешней поверхности. При больших значениях температуры печи используется графическая зависимость, отображенная на фиг. 4.

На фиг. 5 представлена зависимость оптимальной температуры внешней поверхности слоя футеровки от температуры печи.

Для достижения необходимой температуры на внешней поверхности футеровки печи согласно санитарным правилам, требуется обшить футеровку печи кожухом. При этом воздушная прослойка между кожухом и внешней поверхностью футеровки предпочтительно составляет до 10 мм при температуре печи 1623,15 К.

Футеровка кладки 9 по фиг. 1 представляет собой плиты из выявленного предпочтительного типоряда огнеупорного волокнистого теплоизоляционного материала, закрепленного на корпусе и поде проходной печи.

Печь питается от трехфазной сети переменного тока 220/380 В. Для управления и контроля за технологическим процессом работы проходной печи используют автоматическую систему управления на базе модулей распределенного сбора данных и управления, например, фирмы Advantech ADAM-4000. Визуализация процессов управления и выбор режимов работы печи осуществляется на экране монитора промышленного компьютера.

Сравнительные характеристики конструкции кладки и футеровки корпуса топливной камеры известной проходной печи по фиг. 2 и конструкция кладки и футеровки топливной камеры новой печи по фиг. 3, 4 с очевидностью, выявляют преимущество новой печи. Уменьшение толщины футеровки в новой печи всего лишь на 23 мм и введение в конструкцию футеровки новой совокупности теплотехнических материалов с одновременным изменением конструкции кладки в целом привело к неочевидному улучшению теплотехнических характеристик печи. Об этом свидетельствует графическое изображение значений замера температур по толщине футеровки.

При одинаковом значении температуры 1200 °С внутри базовой и новой печи наблюдается значительное снижение температуры на броне с 95 до 30 °С.

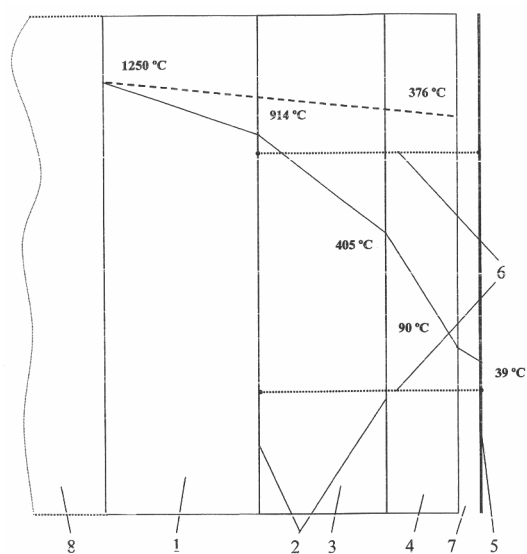
Изменение материала и схемы конструкции кладки позволило увеличить адгезию футеровки. Исходя из вышеизложенного, полноценная реализация предлагаемых в изобретении способа повышения энергоэффективности и производительности нагревательных проходных печей и конструктивных решений кладки топливной камеры позволит достичь декларируемых целей и задач и в совокупности сокращает потребление топлива нагревательной печью до 40-45 % и повышает КПД проходной печи до 35-40 %, что значительно повышает качество нагрева заготовок и готовых изделий и, следовательно, их реализуемость и конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

Новая конструкция проходной печи проходит опытно-промышленное освоение на предприятиях Беларуси.

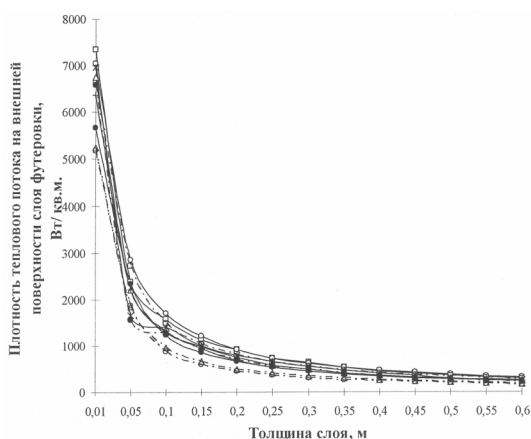
BY 17657 C1 2013.10.30

Источники информации:

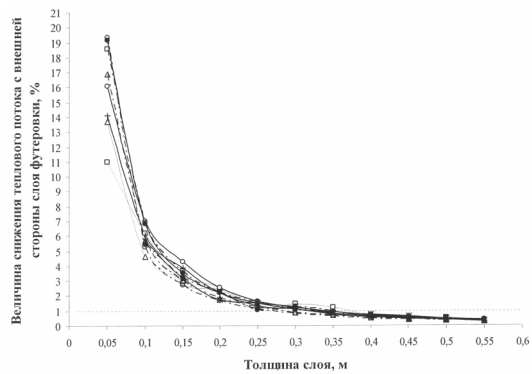
1. Медников Ю.П., Дымов Г.Д., Рейхерт К.Н. Эксплуатация промышленных печей и сушил на газовом топливе. - Л.: Недра, 1982. - 231 с.
2. Патент BY 4210, 2008.
3. [http://www.unifrax.com/web/UnifraxWebEU.nsf/By + Trade + Name/C46553CE2F6E3E-62802574200043DF88/\\$File/Fiberfrax %20Duraboard %20140 %20Jan %202008.pdf](http://www.unifrax.com/web/UnifraxWebEU.nsf/By+Trade+Name/C46553CE2F6E3E-62802574200043DF88/$File/Fiberfrax+%20Duraboard+%20140+%20Jan+%202008.pdf).
4. <http://izomat.ru/unifrax/fixwool/>.
5. [http://www.unifrax.com/web/UnifraxWebEU.nsf/By + Trade + Name/790D5F4FDF24E-EEF80256FEF002F37DE/\\$File/Insulfrax %20S %20Blanket %20R2.pdf](http://www.unifrax.com/web/UnifraxWebEU.nsf/By+Trade+Name/790D5F4FDF24E-EEF80256FEF002F37DE/$File/Insulfrax+%20S+%20Blanket+%20R2.pdf).
6. [http://www.unifrax.com/web/UnifraxWebEU.nsf/By + Trade + Name/E27C3C6075C2C-3D480256FEF003ACE23/\\$File/Fiberfrax %20Durafelt %20April %202007.pdf](http://www.unifrax.com/web/UnifraxWebEU.nsf/By+Trade+Name/E27C3C6075C2C-3D480256FEF003ACE23/$File/Fiberfrax+%20Durafelt+%20April+%202007.pdf).
7. http://izomat.ru/unifrax/moduls_block/.



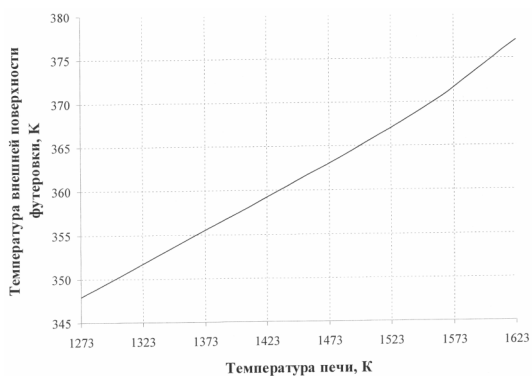
Фиг. 2



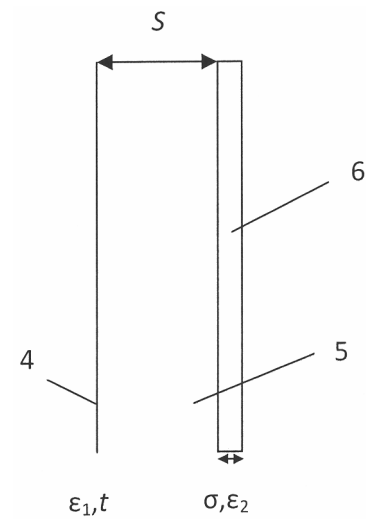
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6