

А.М. Вохмяков¹, М.Д. Казяев¹, Д.М. Казяев²

¹ Уральский Федеральный Университет

² ООО «НПК «УралТермоКомплекс»

КАМЕРНАЯ ПЕЧЬ С РАЗДЕЛЯЮЩИМСЯ РАБОЧИМ ПРОСТРАНСТВОМ

Аннотация. Рассмотрено направление энергосбережения за счет разработки новых конструкций нагревательных и термических печей. В частности, рассмотрена конструкция камерной термической печи с разделяющимся рабочим пространством. При необходимости уменьшения объема рабочего пространства печи, в связи с малой садкой, на поду устанавливается съемная перегородка, которая разделяет рабочее пространство печи на две камеры длиной 6 и 12,6 м. Перегородка устанавливается в специальное углубление, расположенное в кладке пода и закрепляется с помощью растяжек. При необходимости обработки длинномерных изделий перегородка снимается, а образовавшаяся на поду пустота заполняется специальной вставкой. Представлены результаты испытаний новой конструкции печи в промышленных условиях, которые показали работоспособность и энергоэффективность предложенной конструкции печи.

Ключевые слова: энергосбережение, печь, термообработка, футеровка, горелка, перегородка, система автоматического регулирования.

CHAMBER FURNACE WITH DIVIDING THE WORKING SPACE

Abstract. This article discusses the direction of energy conservation through the development of new designs of heating and heat treatment furnaces. In particular, we consider the design of chamber heat treating furnace with shared working space. If necessary, reducing the volume of the working space of the furnace, due to the small cages mounted on the hearth removable partition which separates the working space of the furnace into two chambers 6 m long and 12.6 m baffle is installed in a particular recess, located in the hearth and laying a fixed by stretch marks. If you need to handle long items partition is removed, and formed on the hearth void is filled with a filler. The results of the tests of a new furnace design in industrial environments that have shown performance and energy efficiency of the proposed design of the furnace.

Keywords: energy saving, furnace, heat treatment, lining, burner, baffle, system of automatic control.

В последние годы вопросам энергосбережения в различных отраслях промышленности уделяется все большее внимание.

Применительно к печному хозяйству металлургических и машиностроительных предприятий решение вопросов энергосбережения может быть достигнуто за счет применения современных футеровочных материалов, скоростных горелок и внедрения систем автоматического управления [1]. Также повышение энергоэффективности возможно при оптимальном заполнении рабочего пространства печи обрабатываемыми изделиями, поскольку оно может заполняться разными по массе и количеству нагреваемыми изделиями.

В 2009 – 2010 гг. компанией ООО НПК «УралТермоКомплекс» спроектирована и построена камерная печь с выкатным подом площадью 62,8 м² с разделяющимся рабочим пространством, предназначенная для термообработки сварных изделий.

Футеровка боковых стен и свода печи выполнена по панельной технологии, позволяющей значительно снизить потери тепла в окружающее пространство. Панели выполнены по запатентованной ООО «НПК «УралТермоКомплекс» конструкции и футерованы керамоволокнистыми матами с 2,5 кратным уплотнением по принципу Z-схемы.

Система отопления печи состоит из 30 скоростных горелок Esomax 5M производства фирмы Kromschroder

единой тепловой мощностью 250 кВт, работающих в импульсном режиме, расположенных в два ряда по высоте на боковых стенах в шахматном порядке (рис. 1). Особенностью данной системы отопления печи является то, что она обеспечивает не только режим нагрева, но и режим охлаждения без применения дополнительных устройств.

При необходимости уменьшения объема рабочего пространства печи, в связи с малой садкой, на поду устанавливается съемная перегородка, которая разделяет рабочее пространство печи на две камеры длиной 6 и 12,6 м. Перегородка устанавливается в специальное углубление, расположенное в кладке пода и закрепляется с помощью растяжек (см. рис. 1). При необходимости обработки длинномерных изделий перегородка снимается, а образовавшаяся на поду пустота заполняется специальной вставкой.

Печь условно разделена на пять зон теплового регулирования и оборудована АСУ ТП, которая обеспечивает безопасную эксплуатацию и ведение заданного температурного режима нагрева садки.

Системой автоматического регулирования, реализованной на базе программируемого контроллера Siemens, предусмотрено управление температурами пяти виртуальных зон за счет изменения частоты включения и выключения горелок. Кроме того, предусмотрено автоматическое тестирование работы горелок, [2].

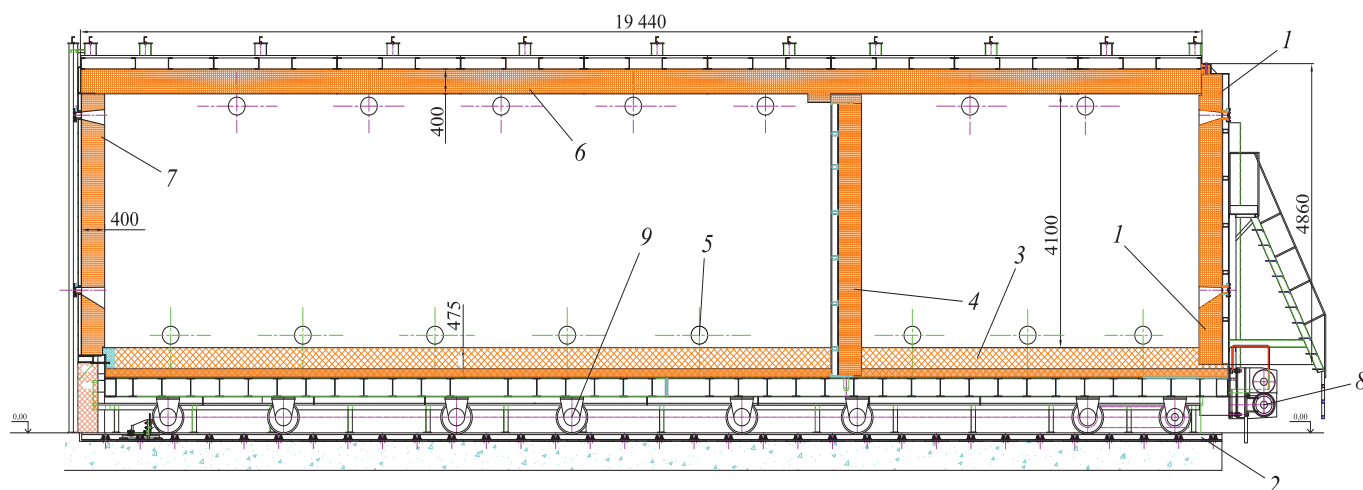


Рис. 1. Продольный разрез печи:

1 – парапет; 2 – рельсовый путь; 3 – выкатной под печи; 4 – съемная перегородка; 5 – горелка Ecomax 5M; 6 – сводовая панель; 7 – торцевая панель футеровки печи (торец); 8 – мотор-редуктор; 9 – ходовая часть пода

В систему автоматического управления также входит визуализация, которая предусматривает контроль работы сопутствующего оборудования и отображение на панели оператора технологических параметров и режимов работы печи.

Общая характеристика печи представлена в табл. 1.

При пуске печи проведены гарантийные испытания, в ходе которых также был проведен режим термообработки в одной из камер печи с целью выявления ее работоспособности при неработающей другой камере.

Перед проведением испытания установлены четыре контрольные термодпары (рис. 2), расположенные в различных точках садки.

Испытание печи проводили по следующему режиму:

- подъем температуры до $735\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью $100\text{ }^{\circ}\text{C/ч}$;

- выдержка при данной температуре 3,5 ч;
- охлаждение в печи до температуры $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, дальнейшее охлаждение на открытом воздухе.

В ходе испытания производилась регистрация температуры рабочего пространства печи по стационарным термодпарам и температуры по контрольным термодпарам (рис. 3).

При проведении режима термообработки установлено:

- действительная температура в рабочем пространстве печи в конце режима $735 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- средняя окончательная температура $735 \pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура в рабочем пространстве неработающей части печи $35 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. перегородка в рабочем пространстве печи обеспечила герметичное разделение внутреннего пространства печи на две автономные части.

Таблица 1

Общая характеристика печи

Тип печи	Камерная термическая
Размеры рабочего пространства печи, мм: длина – ширина – высота	19 000 – 4000 – 4100
Режим работы	Периодический
Масса садки (максимальная), т	95
Температура нагрева металла (максимальная), $^{\circ}\text{C}$	1120
Максимальная скорость нагрева садки, $^{\circ}\text{C/ч}$	150
Футеровочный материал	МКРВ-200
Топливо и его теплота сгорания, Q_{H}^{p} , кДж/м ³	Природный газ, 33100
Тип горелок	Рекуперативные, скоростные Ecomax 5MB695
Число горелок	30
Максимальный расход, м ³ /ч:	
газа на печь	753
воздуха на горение	6935
воздуха на эжекцию	11 790
Число зон теплового регулирования	5

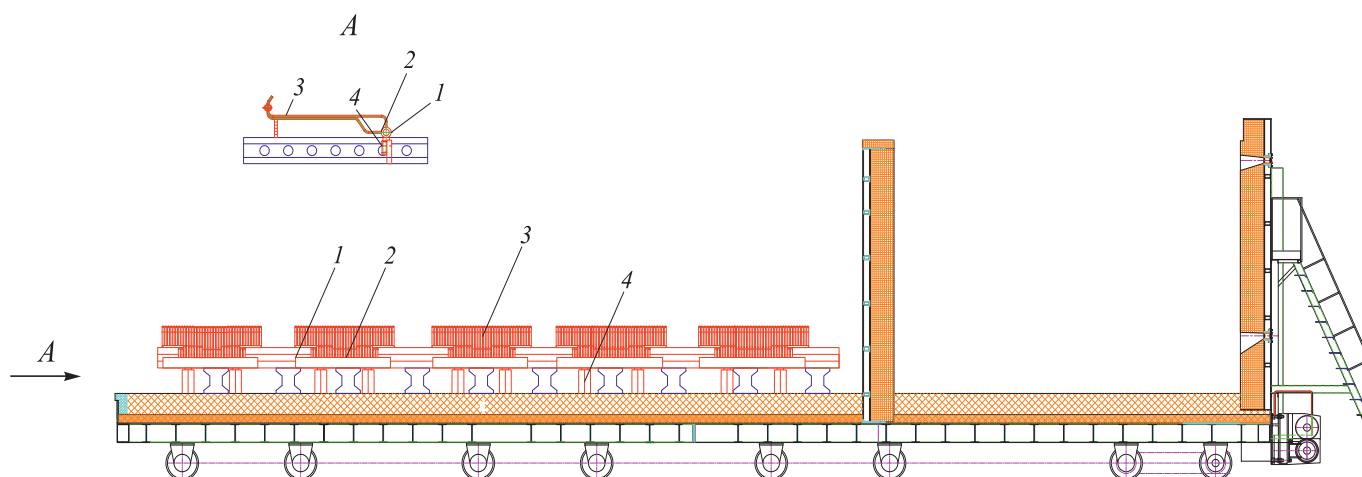


Рис. 2. Схема формирования садки и установки контрольных образцов с закладными термопарами:
1 – 4 – номера закладных термопар

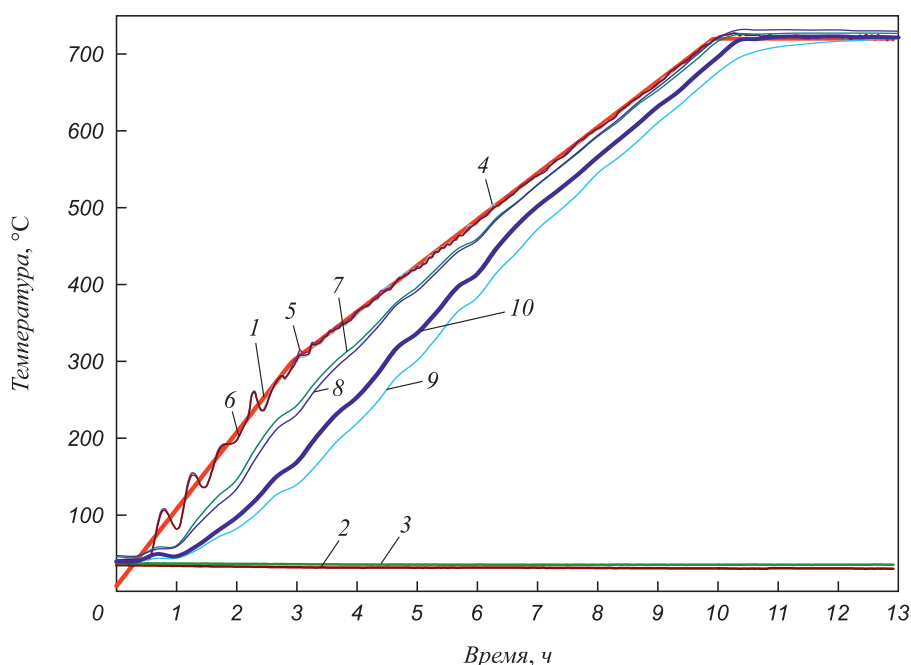


Рис. 3. Режим нагрева рабочего пространства печи и металла:
задание (1); температура зоны 1 (2), зоны 2 (3), зоны 3 (4), зоны 4 (5), зоны 5 (6);
температура металла в точке 1 (7), точке 2 (8), точке 3 (9), точке 4 (10)

Средние показатели работы печи, выявленные при проведении режимных испытаний, представлены в табл. 2.

Таким образом, в ходе проведения испытания печи с перегородкой при нагреве садки выявлено, что перепад температур по стационарным термопарам не превысил $\pm 3^\circ\text{C}$, окончательное отклонение фактической температуры нагрева металла от необходимой составило $0,9^\circ\text{C}$. Отказов в работе оборудования при проведении испытания не выявлено. Кроме того, при проведении режима термообработки на 2/3 печи температура рабочего пространства 1/3 печи не превысила 40°C , т.е. перегородка обеспечивает герметичное разделение рабочего пространства печи. Такой температурный режим (с физическим разделением рабочего пространства

печи) проведен впервые в практике эксплуатации камерных печей.

Компоновка системы отопления печи позволяет производить не только нагрев металла, но и его принудительное охлаждение с регулируемой скоростью. Данная особенность системы отопления печи может быть реализована на любом типе термической печи, что в конечном итоге позволяет сократить технологический режим (за счет исключения операции охлаждения металла вне печи до требуемой температуры) и повысить качество охлаждения металла (равномерность и регулируемая скорость охлаждения).

Автоматическая система управления тепловым режимом печи поддерживает равномерное распределение

Таблица 2

Средние показатели работы печи, выявленные при проведении режимных испытаний

Параметр	Режим			
	Проектный	I	II	III
Размеры рабочего пространства печи, мм: длина – ширина – высота	19 000 – 4000 – 4100			12 600 – 4000 – 4100
Масса, т: садки	95	24,1	9,6	2,95
приспособлений	5	28,8	28,8	24
Температура нагрева металла, °С	1150	720	720	735
Средняя скорость подъема температуры, °С/ч	150	72	72	100
Топливо и его теплота сгорания, Q_n^p , кДж/м ³	Природный газ, 33 100			
Расход газа на печь, м ³ /ч	753 (max)	143	139,5	119
Давление природного газа, кПа: перед печью	16,0	10,5 – 11,0		
перед горелками	6,5	2,64 – 3,0		
Расход воздуха, м ³ /ч: на горение	6935	1557	1367	1166
на эжекцию продуктов горения	11790	2647	2324	1982
Давление воздуха, кПа: перед печью	17,5	8,5 – 9,0		
перед горелкой	12,0	7,89 – 8,65		
Разрежение перед дымососом, кПа	3,05	1,85 – 2,0		
Удельный расход условного топлива (на всю массу нагреваемого металла), кг у т/т	64,31	37,61	50,36	51,05

температур по рабочему пространству печи, к окончанию технологической выдержки перепад температур по стационарным термопарам не превышал $\pm 1,5$ °С, а перепад температур, измеренных гибкими термопарами, не превысил ± 4 °С, что подтверждает правильность выбора мощности топливосжигающих устройств и их расположения.

Запроектированная мощность печи позволяет работать как на высокотемпературных, так и на низкотемпературных режимах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вохмяков А.М. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 12. С 56 – 59.
2. Вохмяков А.М., Казяев М.Д., Казяев Д.М. Автоматическая система управления тепловым режимом камерной термической печи с выкатным подом : Тр. VIII Всероссийской научно-практич. конф. «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. – Новокузнецк: СГИУ, 2011. С. 201 – 206.

© 2013 г. А.М. Вохмяков, М.Д. Казяев, Д.М. Казяев
Поступила 27 июня 2013 г.