

3. Belenkiy, A.M., Bogatova, M.Zh., Chibizova, S.I. Statistical modeling of heating metal in walking beam reheating furnace // *Chernye Metally*. 2021. №8. Pp. 32-37.

4. Bogatova, M.Zh., Chibizova, S.I. Statistical modeling of temperature operating modes of heating furnaces for hot strip mills // *Izvestiya Ferrous Metallurgy*. 2021. №64(5). Pp. 374-381.

5. Levitskiy I.A. The linear heat conduction problem for bodies with a regular shape under boundary conditions of the third kind // *Chernye Metally*. 2019. №10. Pp. 67-72.

6. Абдукодилов И.Б. Разработка математической модели нагрева сляба в печи с шагающими балками: диссертация магистра: 22.04.02/МИСиС. – М.: МИСиС, 2020. – 68 с.

УДК 621.776.04:621.783.2

Ш. Х. Алламуродов, Н. Б. Лошкарёв

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

КОНСТРУИРОВАНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ НАГРЕВА КРУГЛЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ПРОКАТКУ ШАРОВ

Аннотация. *Выполнена разработка конструкции системы транспортировки круглых длинных заготовок в нагревательных и термических печах с помощью профилированных стационарных и подвижных балок, которые перемещаются только в вертикальном направлении.*

Ключевые слова: *транспортировка металла, печь, шаропрокатный стан, перекачивание круглых заготовок, упрощение конструкции.*

Abstract. *The design of a system for transporting long round billets in heating and thermal furnaces using profiled stationary and movable beams that move only in the vertical direction has been developed.*

Key words: *transportation of metal, furnace, ball rolling mill, rolling of round blanks, simplification of the design.*

Конструируемая печь предназначена обеспечивать стабильный нагрев углеродистых, низколегированных сталей марок: Сталь 40, 45, 50, 60 – ГОСТ 1050-2013, Сталь 35Х, 40Х, 45Х, 50Х – ГОСТ 4543-2016, сталь для мелющих шаров – ГОСТ 7524-15, прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали – ГОСТ 14959-79. Печь с подвижными балками обеспечивает нагрев до 1100 °С круглой заготовки диаметром 40, 50, 65 мм и длиной 7500 мм перед прокаткой на шаропрокатных станах ШПС-1, ШПС-2 СПЦ-1 с получением стальных мелющих шаров Ø 40, 50, 65 мм. Точность нагрева и разброс температур по сечению заготовки не должен превышать ±10 °С. Также печь с боковой выдачей обеспечивает производительность не менее 30,0 т/ч на заготовке длиной 7500 мм диаметром 65 мм, основным топливом является природный газ

с теплотой сгорания $34\,000\text{ кДж/м}^3$. Требуемый Техническим заданием удельный расход природного газа на нагрев заготовок не более $32,0\text{ м}^3/\text{т}$ в «горячий час» при производительности $30,0\text{ т/ч}$. Такой низкий расход топлива осуществляется при коэффициенте полезного действия равным 70% . Печь с подвижными балками (ПШБ) имеет фундамент, металлический каркас и футеровку. Фундамент строится под нагруженными оборудованием местами – стационарными балками, боковыми стенами, механизмами подъема подвижных балок и рольгангов посада и выдачи. Футеровка пода выполнена из керамзита, закрытого сверху (со стороны рабочего пространства) хромомагнетитовым кирпичом. Боковые стены и свод футерованы Z-блоками из муллита-кремнеземистого волокна с температурой применения $1250\text{ }^\circ\text{C}$. Система транспортировки заготовок реализуется с движением вверх и вниз подвижных балок (рисунок 1).

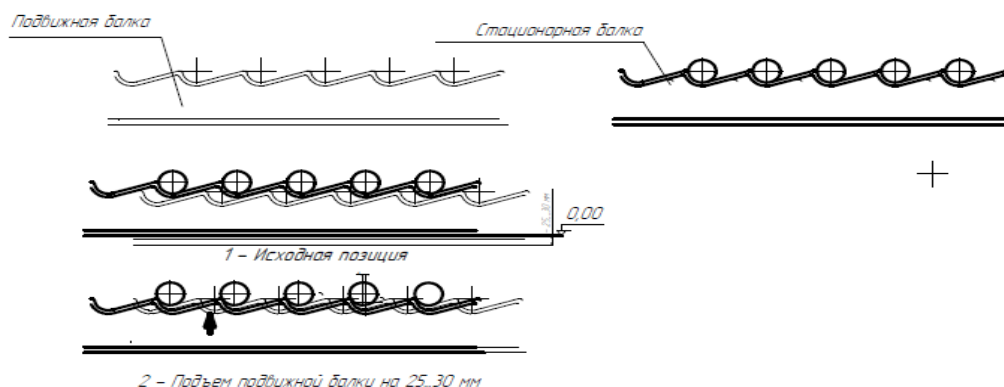


Рис. 1. Схема системы транспортировки заготовок

Загрузка печи осуществляется через боковое окно с помощью рольганга. Окна выполнены небольшими, поскольку максимальный диаметр заготовок 65 мм . Темп выдачи и посадки заготовок достаточно высокий – 154 шт./ч , т.е. каждые $23\ldots 24$ секунды выдается и сажается по одно заготовке, поэтому на посадке и выдаче установлены автоматические заслонки, открывающиеся и закрывающиеся заготовкой.

Система отопления печи построена на основе регенеративных горелок фирмы WS, расположенных на боковых стенах печи. Мощность и количество горелок определяется при проектировании. Регенеративные горелки позволяют существенно снизить температуру продуктов сгорания и обеспечить требуемый удельный расход топлива – $32\text{ м}^3/\text{т}$. Кроме того предлагаемые горелки являются скоростными, что позволяет организовать интенсивное движение продуктов сгорания в рабочем пространстве и обеспечить равномерный нагрев металла. Автоматическое регулирование температуры в рабочем пространстве предусмотрено осуществлять в импульсном режиме, что улучшает равномерность нагрева металла. Количество зон регулирования будет определено во время проектирования по количеству горелок, установленных на печи.

Цель проектирование данной печи наращивание производственных мощностей шаропрокатного цеха №1 (СПЦ-1) по выпуску мелющих шаров с технологическим оснащением и модернизацией технологических процессов. Конструировать печь с регенеративной системой отопления.

Расчет горения топлива и нагрев металла:

1. Расчёт горения топлива, при заданной теплоте сгорания Q_H^P кДж/м³, выполняется по приближенным формулам С.Г. Тройба [2].

Расход сухого воздуха при $\alpha = 1$:

$$L_0 = 0,001 \cdot l_1 \cdot Q_H^P + l_2 \cdot W^P - \Delta l = 0,001 \cdot 0,264 \cdot 33900 - 0,05 = 8,9 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

При:

$$l_1 = 0,264; l_2 = 0; \Delta L = 0,05$$

разность между объемами продуктов сгорания и воздуха:

$$\begin{aligned} \Delta V &= S_1 - 0,001 \cdot S_2 \cdot Q_H^P - 0,0124 \cdot (W^P - W^{GP}) = \\ &= 1 - 0,001 \cdot 0 \cdot 33900 - 0,0124 \cdot 0 = 1 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

$$S_1 = 1; S_2 = 0; W_{sp} = W_p.$$

Принимаем коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,2$.

Расход сухого воздуха при $\alpha > 1$:

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_0 = 1,2 \cdot 8,9 = 10,68 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Общий выход продуктов горения:

$$V_0 = L_0 + \Delta V = 8,9 + 1 = 9,9 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

$$V_\alpha = L_\alpha + \Delta V = 10,68 + 1 = 11,68 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Избыток воздуха в продуктах сгорания:

$$V_L = \frac{L_\alpha - L_0}{V_\alpha} \cdot 100 = \frac{10,68 - 8,9}{11,68} \cdot 100 = 15,24 \text{ \%}.$$

Химическая энтальпия продуктов сгорания:

$$i_X = \frac{Q_H^P}{V_\alpha} = \frac{33900}{11,68} = 2902,4 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Примем $t_g = 550^\circ\text{C}$ при этой температуре $c_g = 1,348$ тогда энтальпия подогретого воздуха:

$$i_g = \frac{Q_{возд}}{V_\alpha} = \frac{c_g \cdot t_g \cdot L_\alpha}{V_\alpha} = \frac{1,348 \cdot 550 \cdot 10,68}{11,68} = 677,92 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

$$i_3 = \frac{0,03 \cdot Q_H^P}{V_\alpha} = \frac{0,03 \cdot 33900}{11,68} = 87,07 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Энтальпия продуктов сгорания:

$$i_{\text{ОБЩ}} = (i_X + i_g) - i_3 = (2902,4 + 677,92) - 87,07 = 3493,25 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Найденному значению теплосодержания $i_{\text{общ}} = 3493,25$ кДж/м³ по i -t диаграмме соответствует температура $t_\alpha^b = 1980^\circ\text{C}$ [4]. Умножив эту температуру на пирометрический коэффициент $\eta_{\text{пир}} = 0,85$, рекомендуемый для методических печей, получим $t_\Gamma = t_\alpha^b \cdot \eta_{\text{пир}} = 1980 \cdot 0,85 = 1683^\circ\text{C}$, что на 583 превышает конечную температуру нагретого металла и позволяет нагреть металла до 1100°C . Следовательно, технологический процесс, указанный в задании, осуществим при выбранном топливе и условиях его сжигания.

2. Расчет нагрева металла для шаропрокатного стана

Исходные данные:

Диаметр заготовок – 65 мм.

Масса заготовки $m_{65} = S \cdot L \cdot \rho$.

S – площадь заготовки;

L – длина заготовки;

ρ – плотность.

$$m_{65} = 0.065^2 \cdot 0.785 \cdot 7.5 \cdot 7850 = 195 \text{ кг.}$$

Производительность:

$$P = \frac{G}{\tau_{\text{нагрева}}},$$

где G – масса садки, кг;

$\tau_{\text{нагрева}}$ – время нагрева, с.

$$\tau_{\text{нагрева}} = \frac{\tau_{\text{уд}} \cdot S}{0.6},$$

где $\tau_{\text{уд}}$ – удельное время нагрева, 5,1 мин/см;

S – размер заготовки, м.

$$\tau_{\text{нагрев}} = \frac{5.1 \cdot 0.065}{0.6} = 0.55 \text{ ч. (33 мин).}$$

При производительности печи 30 т/ч, следует выдавать по n шт. заготовок в час ($n=154$ шт). С учетом времени нагрева 33 минуты (0,55 часа) в печи одновременно должно находиться N заготовок.

$$N = n \cdot \tau_{\text{нагрев}};$$

$$N = 154 \cdot 0.55 = 85 \text{ шт.}$$

Таблица 1

Основные технические характеристики печи

№	Наименование показателя	Размерность	Величина
1	Тип печи	Печь с подвижными балками	
2	Назначение печи	Нагрев круглых заготовок перед шаропрокатным станом	
3	Сортамент	Круглая заготовка диаметром 40, 50 и 65 мм, длиной 7500 ÷ 3000 мм	
4	Масса заготовки: - диаметр 65 мм	кг	195
5	Производительность: - диаметр 65 мм	т/ч	30
6	Размеры рабочего пространства печи в свету: - полезная длина - ширина - высота	мм мм мм	10200 8100 2000
7	Конечная температура нагрева	°C	1100 (± 10)
8	Максимальная температура рабочего пространства	°C	1150
9	Максимальная производительность печи	т/ч	30

№	Наименование показателя	Размерность	Величина
10	Максимальный расход топлива	м ³ /ч	800
11	Максимальный расход воздуха для горения топлива	м ³ /ч	8100
12	Давление газа перед печью	кПа	8
13	Давление воздуха перед регенеративными насадками	кПа	8
14	Температура подогрева воздуха горения	°С	600...800
15	Температура продуктов сгорания за регенеративной насадкой	°С	250...350
16	Продолжительность нагрева: - диаметр 65 мм	мин	36

Заключение

Предлагаемая конструкция печи имеет ряд существенных достоинств, главным образом за счет высокоэффективной регенеративной системы отопления. Главные достоинства регенеративной системы заключаются в следующем:

- высокая температура подогрева воздуха (до 550 °С) позволяет снизить расход топлива по сравнению с печами, где воздух подогревается в рекуператорах;
- высокая скорость истечения продуктов сгорания из горелочного устройства повышает конвективную составляющую теплообмена в рабочем пространстве печи и уменьшает время нагрева металла в печи ~ на 1,5 %;
- глубокая утилизация тепла продуктов сгорания (температура уходящих из насадки газов составляет не более 500 °С) позволяет организовать отвод дымовых газов из печи без устройства боровов – по трубопроводу с наружной тепловой изоляцией, непосредственно к дымовой трубе;
- исключаются капитальные затраты на установку металлического рекуператора с дополнительной секцией из жаропрочной стали и системой защиты его от перегрева путем разбавления продуктов сгорания холодным воздухом;
- существенно уменьшается вероятность локальных перегревов садки за счет периодической работы регенеративных горелочных блоков (фактически осуществляется импульсное отопление) и их рациональной компоновки по ширине печи.

Список использованных источников

1. Филимонов Ю.П. Металлургическая теплотехника / Ю.П. Филимонов, С.Б. Старк, В.А. Морозов. – том 2. – М.: «Металлургия», 1974. – 519 с.
2. Зобнин Б.Ф. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Б.Ф. Зобнин, М.Д. Казяев, Б.И. Китаев, В.Г. Лисиенко, А.С. Телегин, Ю.Г. Ярошенко. – 2-е изд. – М.: «Металлургия», 1982. – 360 с.

3. Гушин С.Н. Теория и практика теплогенерации / С.Н. Гушин, М.Д. Казяев, Ю.В. Крюченков. – 2-е изд. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. – 379 с.

4. Расчет тепловой работы методической печи. Методическое пособие по выполнению курсового проекта / М.Д. Казяев, В.П. Маркин, Н.Б. Лошкарев. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. – 47 с.

УДК 669.162.1

Г. Г. Бардавелидзе^{1,2}, Н. А. Спирин²

¹ ООО «НПВП ТОРЭКС», г. Екатеринбург, Россия;

² ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДЫМОСОСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

Аннотация. *Представлены результаты работы специалистов ООО «НПВП ТОРЭКС» и фирмы по производству тягодутьевых машин, проведенной на фабрике окомкования по замене дымососов Д2, Д3 на современные, экономичные и высокопроизводительные дымососы.*

Ключевые слова: *обжиговые машины, тягодутьевые установки, дымососы, газопотоки, теплотехнические и газодинамические расчеты.*

Abstract. *There are given the working results of the specialists of «TOREX» LLC. This work was held in pelletizing plant. The fan manufacturing company held an operation for the changing of smoke exhausters D2 and D3 on the modern, economical, and high-productive smoke exhausters.*

Key words: *roast machines, forced draft fans, smoke exhausters, gas flows, heat engineering and gas dynamic accounts.*

Для повышения эффективности производства железорудных окатышей в цехе обжига фабрики окомкования применяют тягодутьевые установки (ТДУ). Расход электроэнергии на ТДУ составляет 75-80 %, т. е. именно применение дымососов и вентиляторов формирует уровень потребности цеха в электроэнергии. Работа дымососов напрямую связана с технологией ведения процесса на обжиговой машине [1-5]. Нагрузки на дымососы должны быть сбалансированы между собой по условиям обеспечения технологических параметров и минимального количества сбросных газов.

Специалисты ООО «НПВП ТОРЭКС» и фабрики окомкования провели анализ результатов модернизации ТДУ и предложили технические решения по дальнейшему их совершенствованию с целью снижения энергопотребления на примере обжиговых машин ОК-520/536. Поскольку регион расположения фабрики окомкования является дотационной по электроэнергии, перед руководством предприятия была поставлена задача о снижении потребления электроэнергии в широком диапазоне производительности.