

противления слоя под действием пульсаций не изменяется, то при взаимодействии пульсирующего потока между отдельными частицами слоя возникает дополнительная касательная составляющая напряжений [2], воздействие которой приводит к нарушению целостной вертикальной мостиковой структуры слоя с увеличением вертикальной составляющей его веса с повышением скорости выхода отдельных частиц из бункера и производительности агрегата.

Влияние же угла наклона используемых фурм для подачи пульсирующего дутья связано с появлением в кусковой насадке вертикальной составляющей динамического напора, направленной вертикально вниз [3], которая с увеличением угла наклона фурм к горизонту до 18–30 градусов способствует перемещению отдельных кусков слоя. За пределами этого интервала ориентации фурм в пространстве производительность агрегата сокращается.

Таким образом, проведенные исследования показали возможности изменения производительности в достаточно широких пределах с использованием пульсирующего дутья, организованного при помощи периферийных фурменных устройств ориентированных в пространстве.

Список использованных источников

1. Фиалков Б.С., Плицын В.Т., Максимов Е.В. Управление истечением сыпучих материалов. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. – 148 с.
2. Галицейский Б.М., Рыжов Ю.А., Якуш Е.В. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках. М.: Машиностроение, 1977. – 256 с.
3. Тепловая работа шахтных печей и агрегатов с плотным слоем / Я.М. Гордон, Б.А. Боковиков, В.С. Швыдкий [и др.]. – М.: Металлургия, 1989. – 120 с.

УДК 621.365.4

И. А. Замятина, Е. В. Киселев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАМЕРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Аннотация

В работе исследована тепловая работа камерной электрической печи сопротивления СНЗ 6,3 для нагрева мелкосерийной продукции. Рассчитан нагрев металла. Составлен тепловой баланс действующей печи, определены КПД печи и удельный расход электроэнергии. Проанализирована работа печи, выявлены основные ее недостатки, предложены эффективные мероприятия для технического перевооружения печи и снижения потребления энергии, такие как замена футеровки на более современные материалы с низкими коэффициентами теплопроводности. Предложено использовать более дешевый материал для нагревателей. На основе замены футеровки, составлен новый тепловой баланс, проанализирована работа модернизированной печи, определены новые КПД печи и удельный расход электроэнергии. При реализации предложенных мероприятий можно ожидать значительного снижения энергопотребления при производстве мелкосерийной продукции.

Ключевые слова: камерная электрическая печь сопротивления, нагрев, термообработка, конструкция, тепловой баланс, мощность.

Abstract

The thermal operation of the chamber electric resistance furnace SNZ 6.3 for heating small-scale production was investigated. The heating of the metal is calculated. The thermal balance of the existing furnace is made, the efficiency of the furnace and the specific electricity consumption

are determined. The furnace operation has been analyzed, its main shortcomings have been identified, and effective measures have been proposed for the technical re-equipping of the furnace and reducing energy consumption, such as replacing the lining with more modern materials with low thermal conductivity coefficients. It is suggested to use cheaper material for heaters. On the basis of replacement of the lining, a new heat balance was compiled, the work of the modernized furnace was analyzed, new furnace efficiency and specific electricity consumption was determined. When implementing the proposed measures, we can expect a significant reduction in energy consumption in the production of small-scale products.

Keywords: chamber electric resistance furnace, heat, heat treatment, construction, heat balance, power.

В настоящее время повышаются требования к качеству нагрева металла, следовательно, повышаются требования к агрегату, в котором производится нагрев или термическая обработка металла.

Электрические печи получили широкое применение во всех отраслях промышленности, как на крупных, так и на мелкосерийных производствах. Эти печи имеют преимущества по сравнению с другими агрегатами. В электропечах можно быстро нагревать, плавить и точно регулировать температуру металла, создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу или вакуум.

У электрических печей сравнительно простая конструкция, но существует необходимость ее совершенствования. Совершенствование конструкции необходимо для обеспечения длительной работоспособности электропечей и реализации заложенных в конструкциях возможностей по высокоточному регулированию режимов термообработки [1].

Для исследования была выбрана камерная электрическая печь сопротивления СНЗ 6,3, которая находится на предприятии АО «Шадринский автоагрегатный завод».

Камерная электропечь сопротивления СНЗ 6,3 (рис. 1) предназначена для термической обработки изделий в защитной СНЗ атмосфере до температуры 1000 °С, а также для нагрева под закалку, отжиг в условиях мелкосерийных, индивидуальных и ремонтных производств.

Кожух печи выполнен сваркой из листовой и профильной стали. Верхний лист кожуха – съемный. На своде печи установлены две арматуры термопар. Дверца выполнена сваркой из листовой стали, открывается и закрывается вручную.

Футеровка выполнена из легковесного высокоглиноземистого шамота, в качестве теплоизоляции – пластинчатый асбест. В передней части футеровки установлена асбоцементная плита, которая является поверхностью прилегания дверцы.

В печи находится 12 U-образных ленточных нагревательных элементов из дисилицида молибдена, типа ДМ 3151400. Соединение нагревателей – две параллельных ветви по 6 последовательных нагревателей в каждой. Применяемые нагреватели относятся к дорогостоящим (максимальная рабочая температура применения 1500 °С) [2].

С целью выявления недостатков работы печи, для оптимизации ее энергопотребления рассчитана тепловая работа печи и составлен тепловой баланс агрегата (табл. 1) [3, 4].



Рис. 1. Камерная электрическая печь сопротивления СНЗ 6,3

Таблица 1

Тепловой баланс существующей печи

| Приход тепла | | | Расход тепла | | |
|----------------------------------|-------|-----|---|-------|-----|
| Параметр | кВт | % | Параметр | кВт | % |
| Установочная мощность, $N_{уст}$ | 53,76 | 100 | Максимально полезная мощность, $N_{пол.мах}$ | 17 | 31 |
| | | | Потери теплопроводностью, $N_{5т}$ | 16 | 30 |
| | | | Потери мощности вследствие тепловых коротких замыканий, $N_{5т.к.з}$ | 8 | 15 |
| | | | Потери излучением кладкой печи через окно во время загрузки ручек, $N_{5л}$ | 3,8 | 7 |
| | | | С учетом запаса мощности 1,2 | 8,96 | 17 |
| Итого | 53,76 | 100 | Итого | 53,76 | 100 |

Исходя из анализа теплового баланса видно, что печь работает с достаточно низким КПД (31 %), для электрической печи приемлемый уровень от 40 до 60 %. Удельный расход электроэнергии составил $v_3 = 323$ кВт·ч/т.

Кроме того, в печи имеются существенные потери теплоты на разогрев массивной кладки печи и теплопроводностью в окружающую среду (30 %).

Для улучшения показателей тепловой работы печи можно рекомендовать использование, в качестве футеровки, современные материалы с более низким коэффициентом теплопроводности. В качестве теплоизоляционного слоя будет материал МКРВ – 200, с коэффициентом теплопроводности 0,13 Вт/(м·К), при 600 °С, футеровка – плита из керамического волокна марки «Lytх» [5], с коэффициентом теплопроводности 0,1 Вт/(м·К) при 600 °С. Нагреватели крепятся к футеровке с помощью керамических финтов.

Исходя из предложенных мероприятий, составлен новый тепловой баланс (табл. 2).

Таблица 2

Тепловой баланс электрической печи после модернизации

| Приход тепла | | | Расход тепла | | |
|----------------------------------|------|-----|---|------|-----|
| Параметр | кВт | % | Параметр | кВт | % |
| Установочная мощность, $N_{уст}$ | 34,5 | 100 | Максимально полезная мощность, $N_{пол.мах}$ | 17 | 49 |
| | | | Потери теплопроводностью, $N_{5т}$ | 5,3 | 15 |
| | | | Потери мощности вследствие тепловых коротких замыканий, $N_{5т.к.з}$ | 2,65 | 8 |
| | | | Потери излучением кладкой печи через окно во время загрузки ручек, $N_{5л}$ | 3,8 | 11 |
| | | | С учетом запаса мощности 1,2 | 5,75 | 17 |
| Итого | 34,5 | 100 | Итого | 34,5 | 100 |

Благодаря замене футеровки, снизились потери теплоты теплопроводностью и вследствие тепловых коротких замыканий в 2 раза. Установочная мощность уменьшится на 19,26 кВт, а удельный расход электроэнергии снизится до 226 кВт·ч/т. КПД печи увеличится с 31 до 49 %.

В настоящее время, по производственным причинам, нет необходимости использовать существующие нагреватели на полную мощность, поэтому также можно рекомендовать использование нагревателей с более низкой рабочей температурой и меньшей стоимости. Для этого подобран материал нагревателей из хромоалюминиевого сплава с добавками бора, титана, типа ОХ23Ю5А (ЭИ 595), с максимальной рабочей температурой 1200 °С [3].

Таким образом, предложенный ряд мероприятий при их реализации позволит значительно повысить эффективности рассматриваемого производства.

Список использованных источников

1. Электрические промышленные печи. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. 1. А.Д. Свенчанский. Электрические печи сопротивления. Изд. 2-е, перераб. – М.: Энергия, 1975. – 384 с.
2. Министерство Электротехнической промышленности СССР. ПАСПОРТ для печи сопротивления типа СНЗ 6,3. Щит управления типа ЩУ 6НТ 360155. г. Артик. – 46 с.
3. Электрические печи сопротивления: учебное пособие / Е.В. Киселев, В.Б. Кутьин, В.И. Матюхин. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2010. – 78 с.
4. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Я.М. Гордон, Б.Ф. Зобнин, М.Д. Казяев [и др.]. Учебник для студентов вузов. Изд. 3-е. М.: Металлургия, 1993. – 368 с.
5. ООО «Теплопромпроект» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.teplopromproekt.ru> (Дата обращения: 21.04.2017).

УДК 669.046:536.7

Е. М. Запольская, А. В. Феоктистов, М. В. Темлянецв

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕПЛОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДОВ РАЗОГРЕВА ФУТЕРОВОК МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОВШЕЙ

Аннотация

В работе получен новый показатель – удельный расход условного топлива, затрачиваемого на тепловую обработку тонны стали, характеризующий тепловую эффективность работы стендов высокотемпературного разогрева футеровок сталеразливочных ковшей.

Ключевые слова: стенды разогрева, тепловая эффективность.

Abstract

In this paper we obtain a new indicator – specific consumption of conventional fuel consumed for the heat treatment of a tonne of steel, characterizing the thermal efficiency of stands of high-temperature heating of the lining of casting ladles.

Keywords: stands of warm-up, thermal efficiency.

На металлургических предприятиях для высокотемпературного разогрева футеровок сталеразливочных ковшей перед приемом расплава применяют стенды, отапливаемые газом или стенды, использующие электронагрев. В соответствии с классификационными признаками стенды высокотемпературного разогрева представляют собой тепловые аппараты, входящие многообразие тепловых устройств. От тепловой эффективности стенда во многом зависит экономичность его работы и себестоимость производимой стали. В связи с этим решение проблемы повышения тепловой эффективности стендов является актуальной задачей, имеющей важное практическое значение.

Мировые тенденции повышения тепловой эффективности показывают, что конструкции стендов в основном развиваются в направлении снижения различного вида потерь (с уходящими продуктами сгорания; теплопроводностью через стенку, дно, крышку; с выбиваниями и излучением через технологические отверстия) тепла, применения эффективных горелочных устройств (в том числе импульсного отопления), обеспечивающих полное сжигание топлива и высокоинтенсивную циркуляцию продуктов сгорания в полости ковша, обогащения дутья кислородом (с учетом экономического фактора), применения системы авто-