

Аннотация

Показана целесообразность применения комплексных порообразователей (лигнин-сапропель, лигнин-доломит) для получения легковесных тугоплавких материалов. Использование комбинации выгорающих добавок позволяет регулировать структуру материалов, их фазовый состав и соответственно обеспечивает формирование легковесов с широким диапазоном свойств (теплопроводность от 0,28 до 0,50 Вт/м·К, механическая прочность от 2,5 до 10 МПа). Установлена взаимосвязь параметров структуры и свойств материалов с особенностями процесса порообразования, а также с количеством и составом зольного остатка.

Summary

Application expediency of complex poreformation as lignine-sapropel, lignine-dolomite for light-weight materials production is shown. Use of a combustible additives combinations permits to regulate materials structure, their phase composition and accordinally allows to formate light-weight materials with a wide range of properties. Thermal conductivity 0,28-0,5 Vt/m·K, mechanical strength 2,5-10 MPa. Parametrs correlation of structure and properties of materials with peculiarities of poreformation process and also with ash residue quantity and composition.

УДК 669.012.7

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПЕЧИ И ВЫБОР
ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ПО МИНИМУМУ РАСХОДА
ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МЕТОДА МАГИСТРАЛЬНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ**

В.Б. Ковалевский, В.Т. Свирид, В.Н. Папкович
Белорусский государственный технический университет

При рассмотрении процессов нагрева металла почти всегда необходимо создавать математические модели с последующим их использованием для, например, оптимизации этих процессов. Сложность заключается в том, что модель не всегда описывается достаточно просто, а зачастую прямое описание невозможно. Кроме этого, почти всегда неизвестны числовые характеристики процесса. Важно выбрать такую модель, чтобы характеристики можно было определить либо экспериментально, либо из технических данных, а так же погрешности расчета были приемлемыми.

Рассмотрим задачу минимизации расхода газа на нагрев заготовок в печи. Предположим, что нагреваются мелкие детали уложенные вплотную в поддонах. В этом случае, при расчете времени нагрева, их можно рассматривать как сплошное тело, характеризующее коэффициентом эффективной теплопроводности $\lambda_{эф}$ [5]. Для различных типов засыпки рекомендуется различные соотношения для определения коэффициента эффективной теплопроводности.

Так, для засыпки слоистого типа рекомендуется:

$$\lambda_{эф} = \lambda_m \frac{1 - \varepsilon^2(1 - \lambda')}{1 - \varepsilon^2(1 - \lambda')(1 - \varepsilon)}; \quad (1)$$

$$\text{где } \lambda' = \frac{\lambda_r + \alpha's}{\lambda_w}; \quad \alpha' = 0,186 \left(\frac{T_r}{100} \right)^3; \quad (2)$$

Важный момент заключается в том, что данный нагрев ведется в высокотемпературной печи. И, значит, лучистая составляющая теплообмена преобладает над конвективной. Конвективная часть для высокотемпературных печей составляет примерно от 15 до 25%. Но для низкой температуры нагрева конвективная часть может составлять и 75 - 100%.

Примем, что происходит теплообмен конвекцией, а коэффициент теплообмена корректировать для соответствия общему теплообмену. Это позволит упростить модель нагрева и привести ее к указанной в [4]. По экспериментальным значениям было получено следующее зависимость коэффициента от температуры печи (рис. 1). При расчетах температуры заготовок с данным коэффициентом теплообмена среднеквадратичное отклонение теоретически полученной температуры от экспериментальной составило порядка 12 градусов (рис. 2).

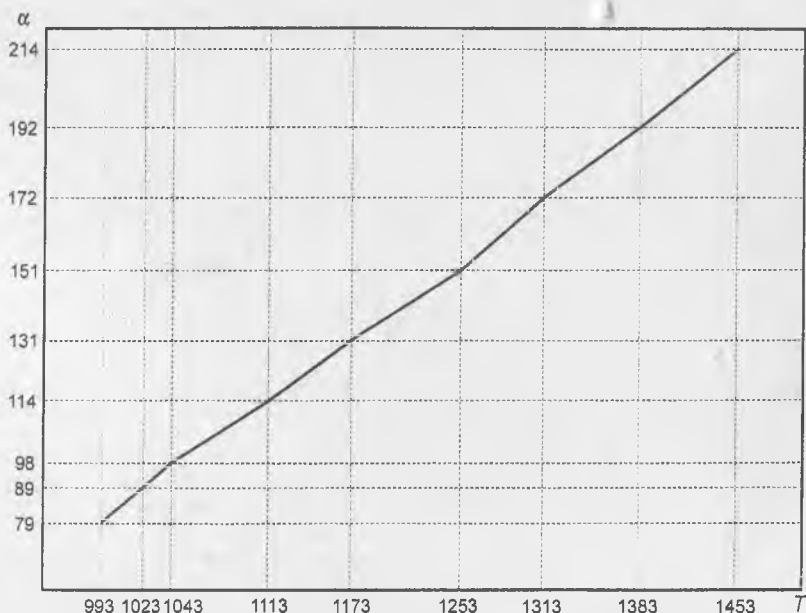


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента теплообмена от температуры печи.
 α , Вт/(м²·К); T, К

Тогда задача сводится к следующей: есть призма с сечением p на q , которая нагревается в пламенной печи. В допущениях [1], [2], задача нагрева призмы при конвективном теплообмене имеет вид:

$$\frac{\partial T(x, y, t)}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial T^2(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial T^2(x, y, t)}{\partial y^2} \right), \quad 0 \leq x \leq q, \quad 0 \leq y \leq p, \quad 0 \leq t \leq t_x \quad (3)$$

с начальными

$$T(x, y, 0) = T_0(x, y)$$

и граничными условиями

$$\lambda_{эф} \frac{\partial T(q, y, t)}{\partial x} = \alpha(T_{пч}(t) - T(q, y, t)), \quad \frac{\partial T(0, y, t)}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

$$\lambda_{эф} \frac{\partial T(x, p, t)}{\partial y} = \alpha(T_{пч}(t) - T(x, p, t)), \quad \frac{\partial T(x, 0, t)}{\partial y} = 0. \quad (5)$$

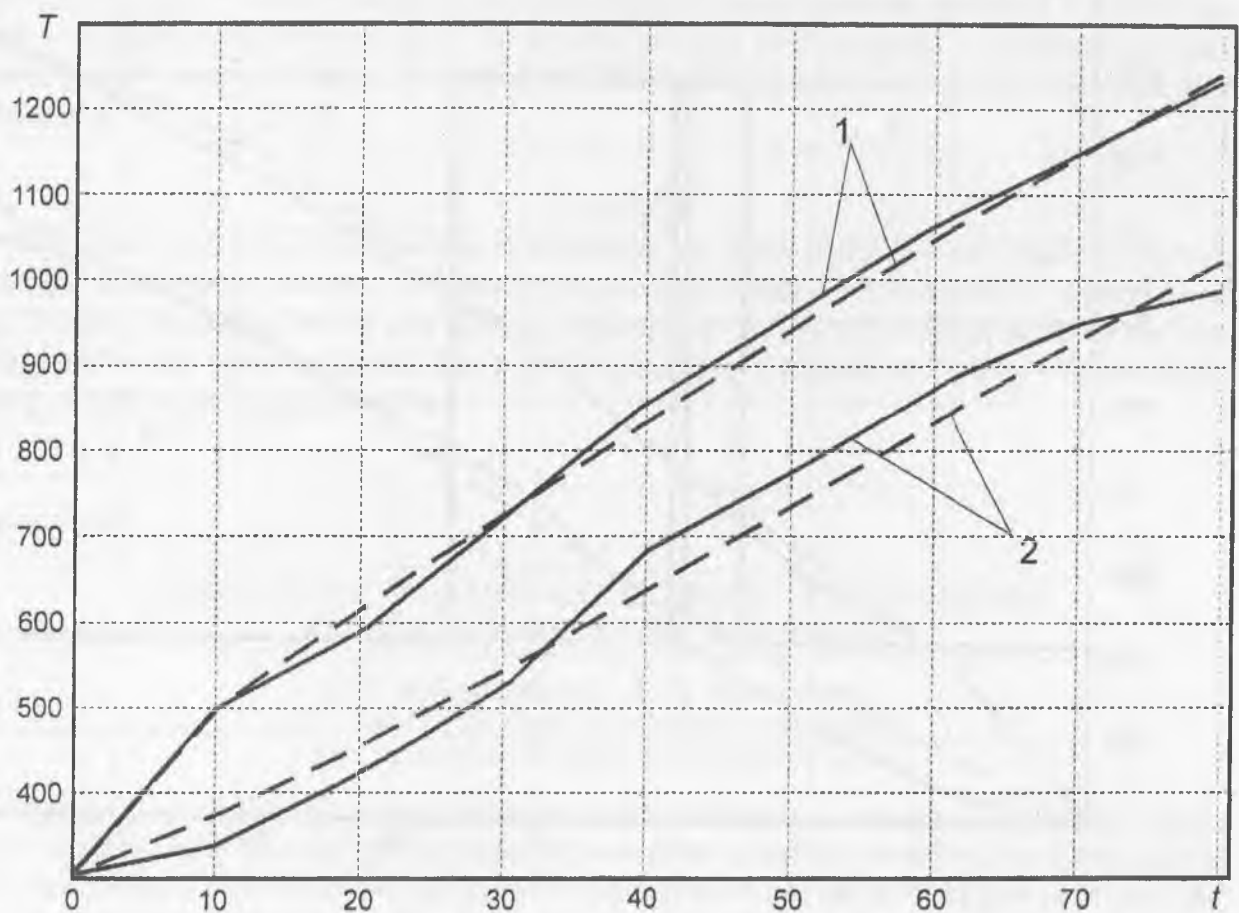


Рисунок 2 - Зависимость экспериментальных температур (сплошная линия) и теоретических (пунктирная) температур. 1 – поверхность, 2 – центр "призмы". T , К; t , мин.

Температура печи $T_{пч}(t)$ связана с расходом газа $B(t)$ следующим соотношением [3].

$$\frac{dT_{пч}(t)}{dt} = A_1 B(t) - A_2 (T_{пч}(t) - T_{окр}) - A_3 \left(\int_0^q [\alpha(T_{пч}(t) - T(q, y, t))] dy + \int_0^p [\alpha(T_{пч}(t) - T(x, p, t))] dx \right), \quad (6)$$

где A_1, A_2, A_3 – некоторые коэффициенты [1],[3].

$$A_1 = \frac{Q_H^p + V_B C_B T_B + C_T T_T - V_d C_d T_{yx}}{1,1 M_{тр} C_{тр}}, \quad A_2 = \frac{2F_{ст}}{M_{тр} C_{тр} (S_1/\lambda_1 + S_2/\lambda_2 + 1/\alpha_c)}$$

$$A_3 = \frac{PC_M}{990 \rho C(T) \cdot \text{mes} V \cdot M_{тр} C_{тр}}$$

Алгоритм оптимизации такого нагрева по минимуму расхода топлива подробно описан в [4].

В результате оптимизации получен режим нагрева (рис 3), который удовлетворяет ограничениям [4].

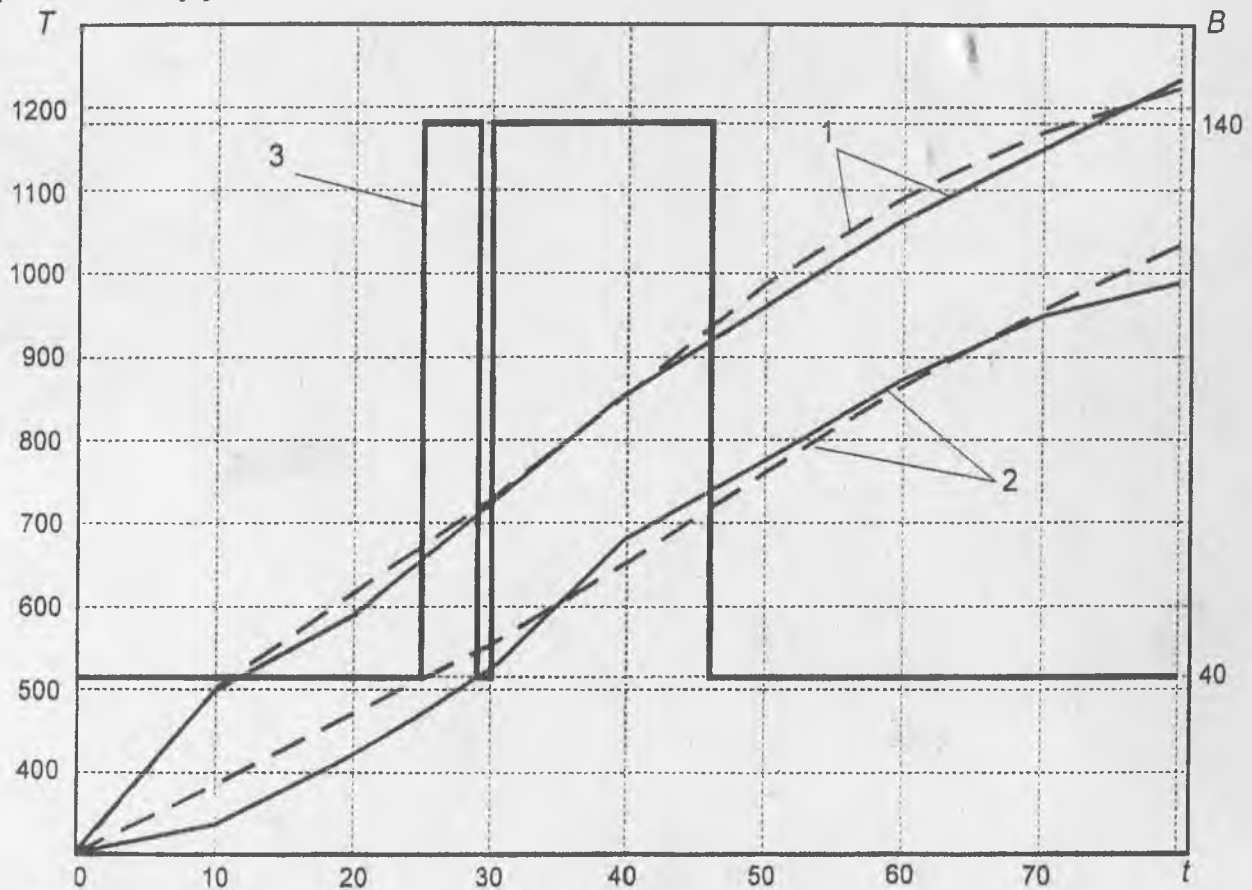


Рисунок 3 - Зависимость расхода топлива, экспериментальных температур (сплошная линия) и оптимальных (пунктирная) температур. 1 – поверхность, 2 – центр "призмы", 3 – расход топлива. В, кг/с, м³/с; Т, К; t, мин.

Экономия топлива составила порядка ~4%. Различие между экспериментальной и теоретической конечной температурой составило 8 градусов. Кроме этого можно отметить значительно уменьшившуюся разницу между температурой центра и поверхности призмы.

Список использованных источников

1. Тимошпольский В. И., Трусова И. А., Стеблов А. Б., Павлюченков И. А.; Под ред. В. И. Тимошпольского. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах: Учеб. Пособие. Минск. 1992.

2. Тимошпольский В. И., Стеблов А. Б., Ковалевский В. Б. и др. Теплотехнология металлургических минизаводов. Минск, 1992.
3. Ковалевский В. Б., Папкович В. Н., Козлов С. М. // Инженерно-физический журнал 1996 г. том 69, № 2. с. 285-290.
4. Ковалевский В. Б., Тимошпольский В. И., Свирид В. Т. // Инженерно-физический журнал 2003 г. том 76, № 4. с. 138-141.
5. Несенчук А. П., Тимошпольский В. И., Трусова И. А., Мандель Н. Л. Промышленные теплотехнологии. Машиностроительное и металлургическое производство. Часть 1. Минск. 1995.

Аннотация

В данной статье рассматривается минимизация расхода топлива на нагрев металла в печи непрерывного действия. Предлагается процесс идентификации числовых параметров нагрева. Рассматривается модель работы печи с учетом лучистой и конвективной составляющих теплообмена. На основе метода магистральной оптимизации рассчитывается режим работы печи обеспечивающий уменьшение расхода топлива на 4 процента.

Summary

This article describes the fuel rate minimization for metal heating in continuously working furnace. Identification process of numeric parameters of heating is proposed. Furnace working model is examined taking into account radiant and convectional components of heat exchange. Furnace working control plan providing fuel rate decrease on 4 percent is calculated using mainline optimization method.

УДК 621.357

ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

С.С. Клименков, А.К. Новиков
УО «Витебский государственный
технологический университет

Одним из направлений ресурсосберегающей политики является повышение надежности машин и аппаратов. Среди разнообразных методов решения этой задачи особое значение имеют технологические способы повышения надежности машин. Из них широко применяют в практике упрочнение поверхностей деталей пластическим деформированием, термомеханической и химико-термической обработкой, диффузионными и гальваническими покрытиями. Однако традиционные методы упрочнения оказываются не всегда эффективными, особенно в тех случаях, когда детали машин испытывают специфическое влияние окружающей среды, например высоких или низких температур, агрессивных сред, морской воды, вакуума и т. д. В последние десятилетия успешно развивается технология электроосаждения композиционных электрохимических покрытий (КЭП). Суть метода заключается в том, что в месте с металлом из гальванической ванны на детали осаждают различные неметаллические частицы: карбиды, оксиды, сульфиды, порошки полимеров и т. д. Включение дисперсных материалов в металлическую матрицу сильно изменяет свойства покрытий и, главное, в десятки раз увеличивает их износостойкость. Однако метод характеризуется низкой скоростью образования композиционного покрытия.