

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ТОМИЛЬНОЙ ЗОНЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ (МНП)

Скоробогатова И.В., магистр,
Гавриленко Б.В., канд. техн. наук, доц.,
Донецкий национальный технический университет

Исследовано влияние теплотехнических параметров на качество нагрева металла в методической печи

Закон изменения температуры в каждой из отапливаемых зон методической печи при изменении теплотехнических параметров сляба зависит от цели управления нагревом металла [1, с. 20]. Существующие системы автоматического регулирования предусматривают достижение минимальных отклонений температуры заготовок на выходе из томильной зоны печи или сведение до минимума расхода энергоресурсов. В современных условиях получение заготовки заданного качества требует выполнения сопряженных задач нагрева. Тепловые балансы по слябу и по газу строятся на основании структурной схемы процессов в томильной зоне МНП, представленной на рисунке 1. На рисунке 1 приняты следующие обозначения: Q_{ϕ}^e – физическое тепло, вносимое подогретым воздухом, Bm ; Q_n^p – теплота сгорания газа, Bm ; Q_{yx} – тепло, уходящее с дымовыми газами, Bm ; $Q_{усв}$ – тепло, усеваемое заготовкой, Bm ; $Q_{ном}$ – потери тепла в окружающую среду, Bm ; $B_{г}$, $t_{г}$ – расход, $m^3 / ч$ и температура газа, $^{\circ}C$; $B_{в}$, $t_{в}$ – то же для воздуха.

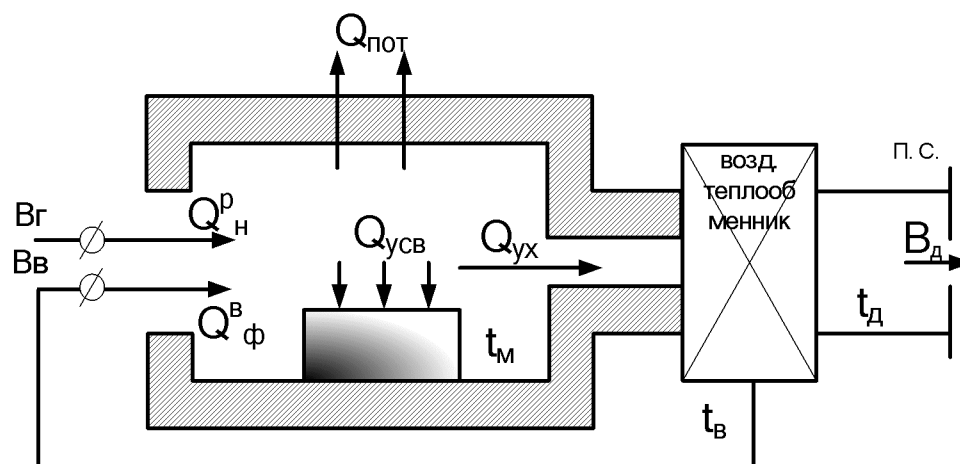


Рисунок 1 – Структурная схема процессов в томильной зоне МНП

Тепловой баланс по слябу в МНП имеет вид [2, с. 109]:

$$\frac{dt_M}{d\tau} = \frac{q \cdot F_M}{M \cdot c_M}, \quad (1)$$

где: q – удельный тепловой поток, Bm/m^2 ; F_M – обогреваемая поверхность, m^2 ; M – масса, $кг$; c_M – удельная теплоемкость тела, $кДж/м^3 \cdot ^\circ C$. После преобразования (1), получаем [2, с. 109]:

$$\frac{dt_M}{d\tau} = \frac{\alpha \cdot (t_\partial - t_M)}{m \cdot S \cdot \rho \cdot c_M}, \quad (2)$$

где: α – коэффициент теплоотдачи; m – коэффициент массивности тела; S – толщина сляба, m ; ρ – плотность тела, $кг/м^3$. Вместе с тем тепловой баланс по газу имеет вид:

$$\frac{dt_\partial}{d\tau} = \pm W \cdot \frac{\alpha \cdot (t_\partial - t_M)}{m \cdot S \cdot \rho \cdot c_M}, \quad (3)$$

где: $W = \Pi \cdot c_M / B_\partial \cdot c_\partial$ – отношение водяных чисел; Π, c_M – секундный расход материала и его теплоемкость; B_∂, c_∂ – то же, для греющих дымовых газов. В выражении (3) знак минус указывает, что температура дымовых газов t_∂ в направлении движения заготовки снижается, и в то же время температура сляба t_M возрастает.

Используя выражения (2) и (3), можно получить передаточные функции $W(p)$:

- по каналу «расход топлива – тепло» $W_T(p)$;
- по каналу «тепло – температура объекта» $W_o(p)$.

На рисунке 2 приведена разработанная структурная схема автоматической системы регулирования (АСР) температуры в томильной зоне МНП и поддержание экономичности горения топлива, где: $t_{зад}$ – задание температуры в томильной зоне печи; t_o – температура объекта; E – ошибка рассогласования; $W_p(p)$, $W_{им}(p)$, $W_{ро}(p)$ – передаточные функции соответственно регулятора, исполнительного механизма, регулирующего органа.

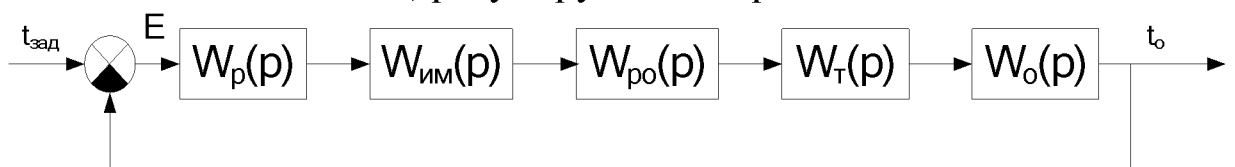


Рисунок 2 – Структурная схема АСР температуры в томильной зоне МНП и поддержание экономичности горения топлива

Импульсом регулирования температуры в зоне является сигнал термопары, представляющей звено запаздывания, а в качестве регулирующего воздействия выступает расход топлива. На рисунке 3 представлена структурная схема моделирования процесса нагрева заготовок в томильной зоне МНП с использованием пакета MATLAB. Анализ переходного процесса нагрева сляба (рис. 4) подтверждает инерционность объекта, которая достигает 80 с., а также отсутствие устойчивости и рассогласование АСР. Кроме того, на процесс нагрева сляба влияют возмущающие факторы, что на практике означает пережог заготовок и выпуск бракованной продукции.

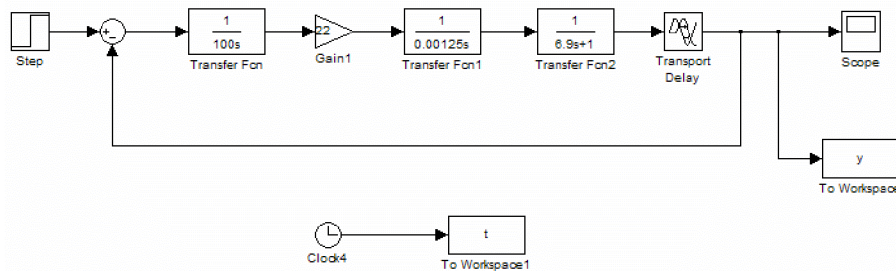


Рисунок 3 – Структурная схема моделирования процесса нагрева заготовок в томильной зоне МНП

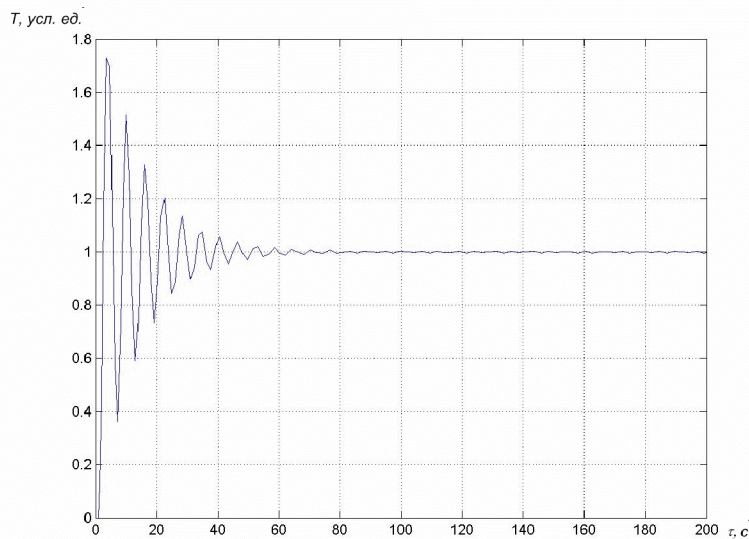


Рисунок 4 – График переходного процесса нагрева заготовки

Так как основным критерием регулирования температуры в томильной зоне является достижение высокой точности при отсутствии переходного процесса с перерегулированием, в этих зонах необходимо применять ПИ или ПИД-регуляторы [3, с. 12].

На рисунке 5 представлена разработанная структурная схема системы стабилизации нагрева заготовки с применением ПИД-закона регулирования, а на рисунке 6 – переходный процесс, полученный при моделировании в пакете MATLAB.

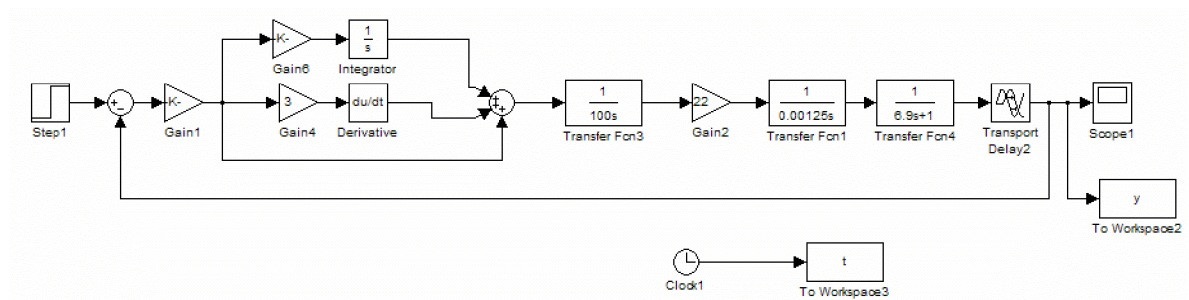


Рисунок 5 – Структурная схема системы стабилизации нагрева заготовки в томильной зоне МНП

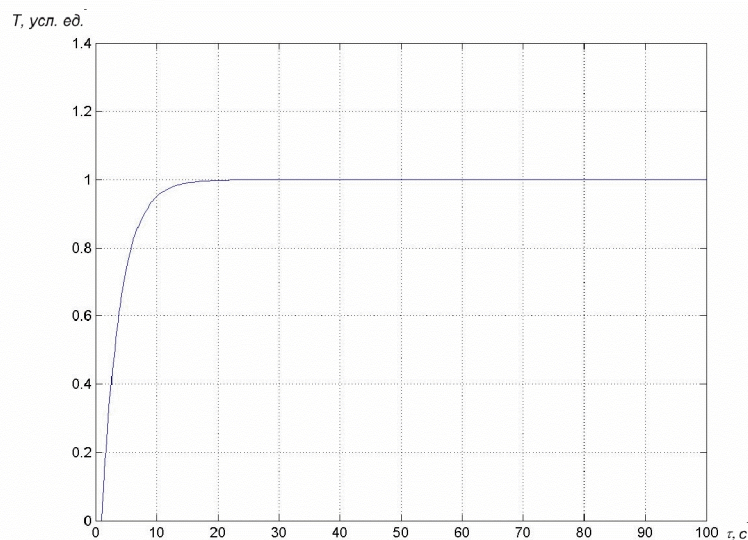


Рисунок 6 – График переходного процесса нагрева заготовки

Установлено, что применение ПИД-регулятора значительно улучшает работу системы, повышает качество нагрева металла.

Таким образом, данный переходный процесс свидетельствует о повышении качества нагрева металла в МНП за счет стабилизации скорости нагрева, достижения требуемой температуры в томильной зоне. Необходимым условием при этом является сокращение пребывания сляба в печи и снижение температуры дымовых газов, что повышает степень рационального использования природного газа и усвоение тепла материалом сляба.

Список источников

1. Буглак Л. И., Вольфман И. Б., Ефроймович С. Ю., Захаров Г. К., Климовицкий М. Д. Автоматизация методических печей. М.: Металлургия, 1981. – 195 с.
2. Розенгарт Ю. И. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах. М.: Металлургия, 1986. – 296 с.
3. Солодовников В. В. и др. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. М.: Машиностроение, 1985. – 534 с.