

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАГРЕВА МЕТАЛЛА ПО МИНИМУМУ СТОИМОСТИ

Ткаченко М.И. (ИТТ-07)*

Донецкий национальный технический университет

Основной задачей нагревательных печей является обеспечение стана нагретым металлом. В тех случаях, когда печи не являются узким местом в звене печь-стан, нагрев металла желательно вести по таким критериям как минимум стоимости на затраченное топливо и минимум стоимости образовавшейся окалины.

В процессе нагрева должен выполняться ряд ограничений: текущее значение температуры печи U , поверхности $t_{ног}$ не должны превышать максимально допустимых значений $[U]$, $[t_{ног}]$ соответственно. В конце нагрева необходимо получить заданное качество, т.е. температура по сечению тела не должна быть ниже $t_{к\min}$.

Приведенные ограничения запишем в виде:

$$U^j \leq [U^j]; \quad t_{ног}^j \leq [t_{ног}^j]; \quad t_{к\min}^i \leq t_i.$$

Определим функцию цели. Будем считать, что температура печи является постоянной на рассматриваемом интервале времени $\Delta\tau$ и меняется от интервала к интервалу. Функцию запишем в виде:

$$F = S_{топл} + S_{ок} \rightarrow \min,$$

где $S_{топл}$ - стоимость топлива; $S_{ок}$ - стоимость окалины.

Температура металла в любой точке по сечению и в любой момент времени находится как функция от температуры печи. Связь температуры металла с температурой печи устанавливаем с помощью коэффициентов влияния или весовых коэффициентов, которые получаем при решении дифференциального уравнения теплопроводности при линейных граничных условиях и температуре печи на каждом шаге по времени $U^j = 1$. При толщине плиты $S = 2r_0 = 300\text{мм}$, коэффициенте теплопроводности $\lambda = 40 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, теплоемкости $C = 0,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, плотности $\rho = 780 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициенте теплоотдачи $\alpha = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, в печи температурой $t_{печ} = 1200^\circ\text{C}$ требуется определить до какой температуры поверхности нагреется плита за время $\tau = 8290\text{с}$ коэффициенты влияния равны $a_{14} = 0,0766$; $a_{24} = 0,1142$; $a_{34} = 0,1743$; $a_{44} = 0,4772$. Температура поверхности равняется:

$$t_{ног}^j = t_1^j = \sum_{S=1}^j a_{S1}^j \cdot U_S$$
$$t_{ног} = a_{14} \cdot U_1 + a_{24} \cdot U_2 + a_{34} \cdot U_3 + a_{44} \cdot U_4$$
$$t_{ног} = (0,0766 + 0,1142 + 0,1743 + 0,4772) \cdot 1200 = 1010^\circ\text{C}$$

* Руководитель – к.т.н., профессор кафедры ТТ Гинкул С.И