

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАГРЕВА ЗАГОТОВКИ МЕТАЛЛА В СВАРОЧНОЙ ЗОНЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Комаха С.Н., магистрант; Лаппо П.В., доц., к.т.н.; Неежмаков С.В., доц., к.т.н., доц.
(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Проходная методическая печь предназначена для нагрева металлических заготовок перед прокаткой, ковкой или штамповкой. Заготовки проходят последовательно 3 теплотехнические зоны: методическую (зону предварительного подогрева), сварочную (зону нагрева) и томильную (зону выравнивания температур в заготовке). Управление тепловым режимом в методической печи невозможно без исследования тепловых процессов, происходящих в данном объекте управления.

Тепловые балансы по слябу и по газу строятся на основании структурной схемы который представлен на рисунке 1, где приняты следующие обозначения: Q_g – теплота, выделившаяся при сгорании топлива (газа), кДж/м^3 ; Q_p – теплота, вносимая внешним подогретым воздухом, кДж/м^3 ; Q_d – количество тепла, идущего с дымовыми газами, кДж/м^3 ; Q_v – количество тепла, идущего в атмосферу, кДж/м^3 ; Q_z – количество тепла, которое усваивается материалом сляба, кДж/м^3 ; T_{d1} – температура дымовых газов в рекуператора, $^{\circ}\text{C}$; T_{d2} – температура дымовых газов после рекуператора, $^{\circ}\text{C}$; T_{p1} температура воздуха в рекуператоре, $^{\circ}\text{C}$; T_{p2} – температура воздуха после рекуператора, $^{\circ}\text{C}$; T_{zz} – температура в сварочной зоне методической печи, $^{\circ}\text{C}$, R – рекуператор.

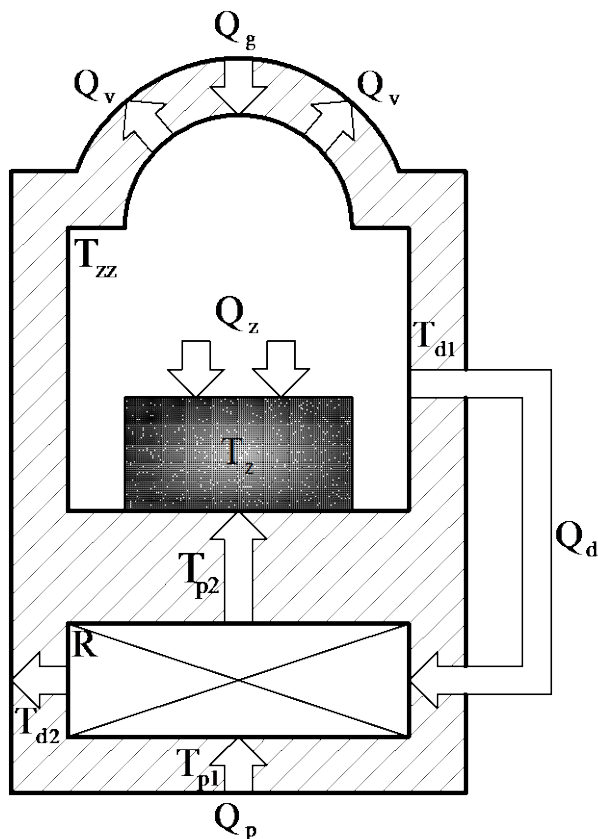


Рисунок 1 – Структурная схема нагрева заготовки в сварочной зоне методической печи

На основе методов декомпозиции и дальнейшего агрегатирования составим структуру математической модели нагрева заготовки в сварочной зоне методической печи (рисунок 2). Объемный расход природного газа V_g с учетом его текущих компонентов V_{H_2} , V_{CO} , V_{CH_4} , $V_{C_2H_4}$, V_{CO_2} , V_{O_2} , V_{N_2} , V_{H_2O} и объемный расход воздуха V_p в соответствии V_{N_2} , V_{O_2} , коэффициент избытка воздуха α с учетом температуры подогрева воздуха T_{p2} образуют дымовые газы при сгорании единицы топлива соответствующего состава V_d : V_{CO_2} , V_{O_2} , V_{N_2} , V_{H_2O} .

В качестве входящих частей материального баланса выступают теплота сгорания топлива Q_g , а также физическое тепло, вносимое подогретым воздухом Q_p . В состав расходных частей включают: потери тепла с уходящими газами с продуктами сгорания Q_d , и тепло, которое поглощается материалом сляба [1].

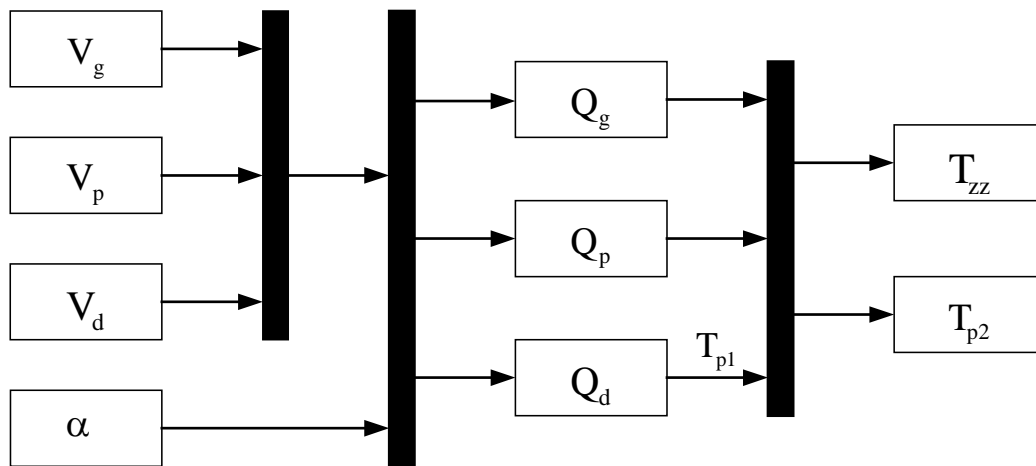


Рисунок 2 – Структура модели нагрева заготовки в сварочной зоне методической печи

Уравнение теплового баланса, которое характеризует процессы в сварочной зоне методической печи имеет вид:

$$M \cdot C \cdot \frac{dT_z}{d\tau} = Q_g + Q_p - Q_d$$

или

$$Q_g + \alpha \cdot V_p \cdot (C \cdot T_{p2} - C \cdot T_{p1}) = M \cdot C \cdot \frac{dT_z}{d\tau} + (V_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + V_{O_2} \cdot C_{O_2} + V_{H_2O} \cdot C_{H_2O} + V_{N_2} \cdot C_{N_2}) \cdot T_{d2} - \alpha \cdot V_p \cdot C \cdot T_{p1} \quad (1)$$

Уравнение теплового баланса рекуператора описывается уравнением:

$$V_p \cdot (C \cdot T_{p2} - C \cdot T_{p1}) = (V_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + V_{O_2} \cdot C_{O_2} + V_{H_2O} \cdot C_{H_2O} + V_{N_2} \cdot C_{N_2}) \cdot (T_{d2} - T_{d1}) \cdot \eta_p \quad (2)$$

Уравнение теплового баланса при сгорании природного газа без учета потерь тепла на усвоение слябов, имеет вид:

$$Q_g + \alpha \cdot V_p \cdot (C \cdot T_{p2} - C \cdot T_{p1}) = (V_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + V_{O_2} \cdot C_{O_2} + V_{H_2O} \cdot C_{H_2O} + V_{N_2} \cdot C_{N_2}) \cdot T_z \cdot 0,7' \quad (3)$$

где Q_g – теплота, выделившаяся при сгорании топлива, кДж/м³;

Q_p – теплота, вносимая наружным воздухом, кДж/м³;

Q_d – количества тепла, идущего с дымовыми газами, кДж/м³;

M – масса заготовки, кг;

C – теплоемкость обмуровки воздухоподогревателя, кДж/(кг⁰С)

T_z – температура заготовки, ⁰С.

V – объемный расход вещества относительного для каждого компонента, м³/м³;

η_p – потери воздуха, $\eta_p = 0,95 - 0,99$.

Таким образом уравнение теплового баланса, которое описывает процесс нагрева металла в сварочной зоне методической печи, имеет вид:

$$M \cdot \frac{dT}{d\tau} = Q_g + \alpha \cdot V_p \cdot (T_{p2} - T_{p1}) - V_d \cdot T_{d2} + \alpha \cdot V_p \cdot T_{p1} \quad (4)$$

Преобразуем уравнение (2):

$$M \cdot \frac{dT}{d\tau} = Q_g + \alpha \cdot V_p \cdot T_{p2} - \alpha \cdot V_p \cdot T_{p1} - V_d \cdot T_{d2} + \alpha \cdot V_p \cdot T_{p1}$$

или

$$M \cdot \frac{dT}{d\tau} = Q_g + \alpha \cdot V_p \cdot T_{p2} - V_d \cdot T_{d2} \quad (5)$$

Учитывая уравнение (2), уравнение (4) примет вид:

$$M \cdot \frac{dT}{d\tau} = Q_g - \alpha \cdot V_p \cdot T_{p1} - V_d \cdot T_{d1} \quad (6)$$

Основой для получения уравнения, которое характеризует нагрев заготовки в сварочной зоне методической печи, является:

$$Q \cdot P \cdot d\tau = M \cdot C \cdot dT_z \quad (7)$$

где Q – удельный тепловой поток, Bm/m^2 ;

P – поверхность, которая обогревается, m^2 ;

M – масса, $кг$;

C – удельная теплоемкость тела, $кДж/м^3 \cdot ^\circ C$.

Левая часть выражения характеризует приход тепловой энергии по условиям внешнего теплообмена, а правая – усвоенную ее количество по условиям внутреннего.

Тепловой баланс по слябу в методической печи имеет вид:

$$\frac{dT_z}{d\tau} = \frac{Q \cdot P}{M \cdot C} \quad (8)$$

Соотношение M/P – массовая нагрузки нагреваемого тела. Для пластины:

$$\frac{M}{P} = \frac{S \cdot q}{k_n},$$

где $k_n = 1$ – коэффициент массовой нагрузки.

Плотность теплового потока при внешнем конвективном теплообмене:

$$Q = \frac{\alpha}{M} \cdot (T_{zz} - T_z), \quad (9)$$

где α – коэффициент теплопередачи к поверхности металла, $\frac{Bm}{m^2 \cdot c}$.

Модификация уравнения теплового баланса в сварочной зоне методической печи позволит в дальнейшем получить передаточные функции составляющих объекта. Анализ тепловых законов позволит исследовать температурный режим методической печи, а, следовательно, и качество нагрева слитков.

Перечень ссылок

1. Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки в металлургии : учебн. пособие / М. П. Ревун, Б. Б. Потапов, В. М. Ольшанский, А. В. Бородулин. – Запорожье : ЗГИА. – 2002. - 443 с.