

Моделирование нагрева металла при переменной массе заготовок в методической печи

*С.И.Тинкул, Лебедев А.Н., Подобед Ю.В.
Донецкий национальный технический университет*

Источник: Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу / Матеріали III міжнародної наукової конференції. - Дніпропетровськ, ДНУ - 2010, с. 115-118.

Современное металлургическое производство характеризуется наличием высокопроизводительных комплексов, потребляющих большое количество энергии и сырьевых ресурсов, работающих в условиях быстроменяющихся технологических параметров [1].

Работа методических толкательных печей зависит от многих факторов: ритмичности работы прокатного стана, марки нагреваемого металла, массы нагреваемого металла и др. Методические печи могут работать с отклонениями от номинального режима. Моделирование процессов нагрева металла позволяет оценить влияние конкретных факторов и выбрать наиболее приемлемый.

Цель работы. Моделирование процессов нагрева можно выполнить, решая дифференциальное уравнение теплопроводности. Для моделирования нагрева металла в методической печи воспользуемся дифференциальным уравнением теплопроводности, описывающим одномерное температурное поле, которое в этом случае имеет вид:

$$c(f)\rho(f)\frac{\partial f}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(f) \frac{\partial f}{\partial x} \right] \quad (1)$$

где $\lambda(f)$, $c(f)$, $\rho(f)$ - соответственно коэффициент теплопроводности, Вт/(м•К); теплоемкость, Дж/(кг•К); плотность, кг/м³.

В методической толкательной печи заготовки лежат вплотную друг к другу и в методической и сварочных зонах греются с двух сторон. Интенсивность нагрева сверху выше, чем снизу, т.е. нагрев является несимметричным. В томильной зоне металл, лежащий на монолитном поду, греется при постоянной температуре поверхности тнов.

Исходя из геометрии методической и сварочных зон и температуры газов в этих зонах, определяем коэффициенты теплоотдачи излучением для верхней и нижней зон [2]. Коэффициент теплоотдачи излучением при меняющейся температуре газов по длине печи вычисляем по формуле:

$$\alpha_{\text{изл}} = 10^{-8} \cdot C_0 \sqrt{\varepsilon_{\text{гп}}^{\text{н}} \varepsilon_{\text{гп}}^{\text{к}} (T_{\text{гн}} + T_{\text{мн}})(T_{\text{гн}}^2 + T_{\text{мн}}^2)(T_{\text{гк}} + T_{\text{мк}})(T_{\text{гк}}^2 + T_{\text{мк}}^2)}$$
(2)

при постоянной температуре по длине печи:

$$\alpha_{\text{изл}} = 10^{-8} \cdot C_0 \varepsilon_{\text{гп}} \sqrt{(T_{\text{г}} + T_{\text{мн}})(T_{\text{г}}^2 + T_{\text{мн}}^2)(T_{\text{г}} + T_{\text{мк}})(T_{\text{г}}^2 + T_{\text{мк}}^2)}$$
(3)

где C_0 - коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²•К⁴); $T_{\text{гн}}$, $T_{\text{гк}}$ - температура газа в начале и конце методической зоны, К; $T_{\text{г}}$ - температура газа по длине сварочной зоны, К; $T_{\text{мн}}$, $T_{\text{мк}}$ - температура металла в начале и конце зоны, К.

Граничные условия в методической и сварочной зонах определялись по температуре газов и коэффициентах теплоотдачи излучением в верхних и нижних зонах, которые вычислялись по формулам (2) и (3). В томильной зоне металл, лежащий на монолитном поду, греется при постоянной температуре поверхности $t_{\text{пов}}$. Решение дифференциального уравнения (1) выполнялось конечно-разностным методом с использованием метода прогонки [3]. Производительность печи определяется производительностью прокатного стана. При постоянной производительности время нагрева будет зависеть от массы нагреваемых заготовок:

$$\tau = G/P$$
(4)

где G - масса заготовок в печи; P - производительность печи, кг/с.

Рассматривался нагрев слябов в методической печи, ширина и длина слябов оставались постоянными $L_y=1,4$ м, $L_z=10,5$ м, а толщина - варьировалась.

В этом случае количество заготовок в печи оставалось неизменным, а масса заготовок изменялась в зависимости от толщины сляба L_x . Изменение толщины сляба приводило к изменению и времени нагрева.

В таблице 1 приведено изменение времени нагрева в зависимости от толщины сляба.

Таблица 1. Изменение времени нагрева в зависимости от толщины заготовок

<i>Толщина заготовки, м</i>	<i>0,15</i>	<i>0,18</i>	<i>0,21</i>	<i>0,24</i>	<i>0,27</i>
<i>Время нагрева, с</i>	<i>5711</i>	<i>6853</i>	<i>7995</i>	<i>9157</i>	<i>10280</i>

В таблице 2 приводятся значения температуры поверхности металла при одном и том же температурном режиме печи и различной толщине слэба.

Таблица 2.- Изменение температуры поверхности металла при постоянном температурном режиме по длине печи и различной толщине слэба

<i>Толщина заготовки, м</i>	<i>Температура газов по зонам печи, °С</i>						
	<i>методическая</i>		<i>1-ая сварочная</i>		<i>2-ая сварочная</i>		<i>томильная</i>
	<i>начало</i>	<i>конец</i>	<i>начало</i>	<i>конец</i>	<i>начало</i>	<i>конец</i>	
	<i>1050</i>	<i>1300</i>	<i>1300</i>	<i>1300</i>	<i>1350</i>	<i>1350</i>	
<i>Температура поверхности металла по зонам, °С</i>							
<i>0,15</i>	<i>0</i>	<i>522</i>	<i>522</i>	<i>1036</i>	<i>1036</i>	<i>1233</i>	<i>1249</i>
<i>0,18</i>	<i>0</i>	<i>530</i>	<i>530</i>	<i>1038</i>	<i>1038</i>	<i>1230</i>	<i>1249</i>
<i>0,21</i>	<i>0</i>	<i>539</i>	<i>539</i>	<i>1039</i>	<i>1039</i>	<i>1228</i>	<i>1249</i>
<i>0,24</i>	<i>0</i>	<i>546</i>	<i>546</i>	<i>1041</i>	<i>1041</i>	<i>1236</i>	<i>1249</i>
<i>0,27</i>	<i>0</i>	<i>554</i>	<i>554</i>	<i>1043</i>	<i>1043</i>	<i>1234</i>	<i>1249</i>

Выводы. Разработан алгоритм и выполнено моделирование нагрева металла при постоянной производительности печи и различной толщине заготовки. Изменение толщины заготовки приводит к изменению времени нагрева, что в соответствии с полученным результатом может достигаться только увеличением времени пребывания металла в зонах без изменения температурного режима печи. Это позволяет не изменять режим по зонам печи, а только увеличивать или уменьшать скорость движения заготовок по печи.

Литература

- 1. Ткаченко В.Н. Математическое моделирование, идентификация и управление технологическими процессами тепловой обработки материалов. - К: Наукова думка, 2008.- 244 с.*
- 2. Мاستрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей, т.2 - М: Металлургия, 1986.- 376 с.*
- 3. Гинкул С.И., Шелудченко В.И., Кравцов В.В., Палкина С.В. Теплообмен. - Донецк: Норд-Пресс, 2001.- 298 с.*