

Исследование тепловой работы футеровки топливных и электрических печей при ее разогреве и охлаждении

Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

В работе рассмотрена тепловая работа футеровки печей периодического действия. Определены тепловые потери на аккумуляцию теплоты футеровкой печей различных типов.

Текст доклада:

При запуске печей для установления стационарного теплового баланса необходимо определенное время. Тепловой баланс может изменяться по причине прекращения выдачи металла, перехода печей на дежурный режим и полного их выключения. Автором ранее с использованием моделирования и опытных замеров определены тепловые потери на аккумуляцию теплоты футеровкой основных и кислых электродуговых печей [1].

Особенностью индукционных тигельных печей является, то, что при увеличении толщины тигля увеличивается тепловой КПД и снижается электрический КПД печи, поэтому существует оптимальная толщина тигля, которая определяется в зависимости от емкости печи.

Проведено моделирование нагрева стенки тигля и определено теплопоглощение, связанное с аккумуляцией теплоты материалами тигля печи емкостью 6 тонн для плавки чугуна. Стенка тигля состоит из кислой набивки на основе кварцита толщиной 120 мм и слоя изоляции 7 мм. В модели также присутствует стенка трубки индуктора, на которой задано граничное условие теплоотдачи к охлаждающей воде с температурой 40 °С.

Коэффициент конвективной теплоотдачи α находили из обобщенных уравнений.

При охлаждении гладкой трубы в условиях турбулентного режима течения ($Re > 10^4$):

$$Nu_x = 0,021 \cdot Re_x^{0,8} \cdot Pr_x^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_x}{Pr_c} \right)^{0,25} \varepsilon_l,$$

где $Nu_x = \frac{\alpha \cdot d_\delta}{\lambda_x}$ – число Нуссельта; α – коэффициент конвективной теплоотдачи; d_δ – внутренний диаметр трубки; λ_x – коэффициент тепло-

проводности жидкости; ε_l – коэффициент, зависящий от соотношения диаметра и длины труб; Re_x – число Рейнольдса; Pr_x/Pr_n – отношение чисел Прандтля при T_x (температура жидкости) и $T_{ст}$ (температура стенки).

Максимальные тепловые потери теплопроводностью через стенку будут наблюдаться в стационарном режиме при наличии в тигле перегретого металла. Приближение к такому состоянию будет происходить по мере постепенного разогрева тигля с момента начала первой плавки без перерывов между плавками. Расчеты показали, что выход на квазистационарный режим будет происходить за время равное около 6 часов.

Моделировали различные случаи разогрева тигля. На рисунке 1 например представлены результаты расчета температурного поля стенки тигля в течение 30 минут после заливки расплава с температурой 1500 °С при работе печи в дуплекс процессе вторым агрегатом.

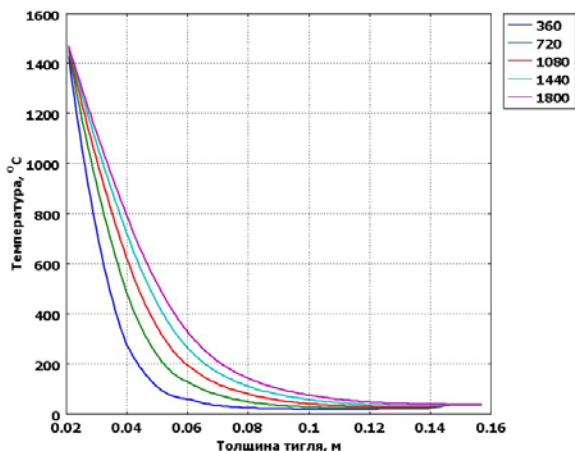


Рисунок 1 – Температурное поле по толщине тигля за 30 минут с шагом 6 минут

Для определения тепловых потерь теплопроводностью и на аккумуляцию материалом тигля были определены удельные и полные тепловые потоки. На рисунке 2 представлены результаты расчета удельного теплового потока по толщине тигля за 60 минут второго часа нагрева с шагом по времени равным 12 минутам.

Учитывая площадь внутренней поверхности тигля печи емкостью 6 тонн чугуна, равную 4,313 м² получили зависимость полного теплового потока от времени разогрева тигля приведенную на рисунке 3.

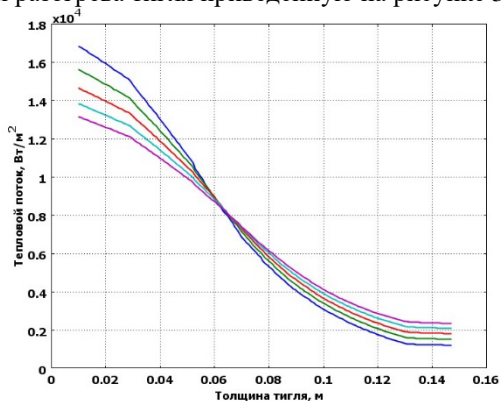


Рисунок 2 – Удельный тепловой поток по толщине тигля за 60 минут второго часа нагрева с шагом 12 минут

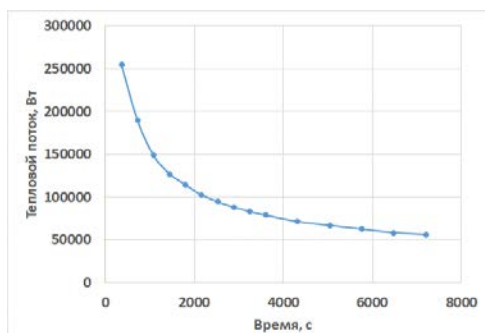


Рисунок 3 – Полный тепловой поток через стенку тигля в зависимости от времени разогрева печи

Тепловой поток в стационарном режиме определяется только теплопроводностью и составляет 31,5 кВт.

Аналогичные исследования были проведены в отношении вагранок.

Толщина стенки шахты в зоне подогрева вагранки производительностью 18 т/ч, представлена двумя слоями шамотных кирпичей толщиной 125 и 113 мм, шамотной засыпкой 40 мм и кожухом 12 мм. Диаметр шахты зоны подогрева 1800 мм, высота зоны – 5 метров.

На рисунке 4 представлена зависимость удельного теплового потока на внутренней поверхности от координаты по высоте шахты в зоне подогрева при нагреве в течение часа.

Приняв средний удельный тепловой поток в начале разогрева равным 3100 Вт/м^2 получим тепловые потери в зоне подогрева с учетом площади внутренней поверхности шахты в зоне подогрева равной $F=3,1416 \cdot 1,8 \cdot 5=28,27 \text{ м}^2$. Тепловые потери: $Q_1=3100 \cdot 28,27=87,65 \text{ кВт}$

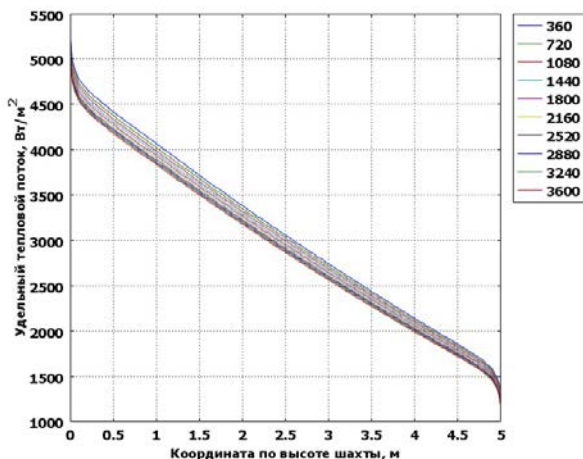


Рисунок 4 – Зависимость удельного теплового потока от координаты по высоте шахты в зоне подогрева при нагреве в течение часа с интервалом в 6 минут

После непрерывной работы в течение 8 часов удельный тепловой поток снижается до величины 2750 Вт/м^2 , а тепловые потери составляют: $Q_2=2750 \cdot 28,27=77,75 \text{ кВт}$

Многочисленные литературные источники показывают, что расход кокса при непрерывном ваграночном процессе составляет от 10 до 12% от массы металлошихты и при необходимости обеспечения более высокого перегрева чугуна и более высокой производительности повышается до 14-16%. Однако анализ данных по расходу кокса на действующих в Республике Беларусь предприятиях показывает, что расход кокса достигает величин 25-28%. Одной из основных причин является нестабильность режима работы и работа с длительными перерывами, что отражается на более высоких тепловых потерях на разогрев футеровки печи. В этой связи улучшение ритмичности работы существенно сказывается как на технико-

экономических показателях работы, так и на экологических (выбросы пропорциональны расходу кокса).

Литература

1. Корнеев, С.В. Энергопотребление электродуговых печей при использовании футеровки различных типов // *Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины.* – Днепропетровск: НМетАУ. – 2013. – Вып.5(20). – С. 10-20