УДК 658.52.011.56:669.2/8

Е.А.АЛСУФЬЕВ
Металлургический факультет, группа АПМ-99,
ассистент профессора

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КЕССОНИРОВАННОГО ПОЯСА ПЕЧИ ВАНЮКОВА

Изучены возможности контроля температуры кессонированного пояса печи Ванюкова. Рассмотрен процесс теплопередачи через многослойную стенку печи и процесс теплоотдачи от кессона к охлаждающей воде. По итогам расчетов и данных литературы установлена связь между температурой кессонированного пояса печи и изменением температуры воды, поступающей на охлаждение кессонов.

The given article is dedicated to analysis of possibility to control of temperature of a belt of torsion boxes of Vanukov's board. The process of heat transfer through a multilayer wall of board and process of heat rejection from a torsion box to cooling water is reviewed. Under the totals of calculations and data of the literature is drawn a conclusion about a system log-on between temperature of a belt of torsion boxes and temperature variation of water going through for cooling the torsion boxes.

Среди современных технологий переработки сульфидных медных руд наиболее перспективными являются автогенные плавки. Из последних по многим параметрам выделяется процесс Ванюкова – плавка в жидкой ванне ПЖВ. Она позволяет получать богатые штейны заданного состава и отвальные шлаки, не требующие дополнительного обеднения. Отходящие газы печи Ванюкова богаты сернистым ангидридом и пригодны для утилизации, соответствующей высоким требованиям современной экологии. Таким образом, печь ПЖВ как новый и перспективный агрегат вызывает интерес к исследованию возможностей автоматизации.

Для продления эксплуатационного цикла печи необходимо вести контроль состояния стен печи в зоне повышенных температур. В этой зоне стенка печи представляет собой кессонированный пояс, состоящий из трех рядов медных кессонов – надфурменного, подфурменного и фурменного. При работе печи на внутренних стенах охлаждаемых кессонов застывает корка шлака (гарнисаж) толщиной 15-30 мм. При теплосъеме с кессона $25 \cdot 10^5$ кДж/(м^2·ч) корка шлака сохраняется даже при самой высокой интенсивности перемешивания, предохраняя стены печи от разрушения. Это позволяет печи работать непрерывно более трех лет.

Контроль температуры кессонов, а следовательно, и стен печи может осуществляться с помощью контроля температуры воды, поступающей на охлаждение кессонов. Температура воды измеряется на входе и на выходе из кессона с помощью термопар.

Для использования информации о перепаде температуры воды в кессонах $\Delta t = t_{вых} - t_{вх}$ необходимо изучить зависимость перепада от температуры поверхности кессонированного пояса. Статическую зависимость можно получить, изучив стационарное поле распределения температур в одном кессоне. При этом примем следующие условия:

ISSN 0135-3500. Записки Горного института. Т.155. Часть 1

• задача считается плоской, т.е. рассматривается сечение кессона;

• расход воды, подаваемой на охлаждение кессонов, постоянен;

• между поверхностью трубы кессона и охлаждающей водой происходит конвективный теплообмен.

При заданных условиях температура воды на выходе из кессонов $t_{вых}$ является функцией температуры воды на входе $t_{вх}$, температуры поверхности кессонированного пояса $t_к$ и свойств материала кессона k:

$$t_{вых} = f(t_{вх}, t_к, k). \qquad (1)$$

Наиболее перспективными для агрегатов автогенной плавки являются охлаждаемые элементы, полученные из высокотеплопроводного материала, с увеличенной толщиной стенки со стороны расплава. Достаточная толщина стенок и высокая теплопроводность (например, медного проката) предотвращают или значительно снижают возможные последствия кратковременных отклонений от стационарных тепловых условий – локальных тепловых ударов, обеспечивая быстрое растекание тепла по всей массе кессона. Один из конструктивных вариантов таких кессонов, разработанных для системы водяного охлаждения, приведен на рисунке.

Водоохлаждаемые кессоны печи Ванюкова выполнены в форме прямоугольных плит размером 600 × 1300 мм и толщиной 80-100 мм и соединены в секции. Кессоны могут быть из электролитной меди с залитыми медными змеевиками или же из прокатных медных плит различной толщины.

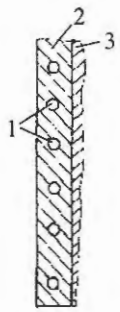


Схема конструкции медного литого кессона со змеевиком
1 – трубы змеевика; 2 – медное тело; 3 – слой гарнисажа

Условия теплопередачи определяются коэффициентом k, который зависит от свойств кессона – толщины и коэффициента теплопроводности $\delta_к$ и $\lambda_к$ кессона, толщины и коэффициента теплопроводности $\delta_т$ и $\lambda_т$ трубы змеевика и коэффициента теплопередачи $\alpha_в$ от кессона к воде. Коэффициент $\alpha_в$ определяется из критериальной зависимости

$$\mathrm{Nu} = f(\mathrm{Re}, \mathrm{Pr}). \qquad (2)$$

Количество тепла, уносимое водой

$$Q_1 = Gc(t_{вых} - t_{вх}),$$

равно количеству тепла, передаваемому воде кессоном:

$$Q_2 = k(t_к - t_{ср}),$$

где G – расход охлаждающей воды; c – теплоемкость воды; $t_{ср}$ – средняя температура воды в кессоне,

$$t_{ср} = (t_{вых} + t_{вх})/2;$$

$$k = \left(\frac{\delta_к}{\lambda_к} + \frac{\delta_т}{\lambda_т} + \frac{1}{\alpha_в}\right)^{-1}.$$

Тогда зависимость (1) принимает вид

$$t_{вых} = \frac{k(t_к + 0{,}5t_{вх}) + Gct_{вх}}{0{,}5k + Gc}.$$

Значения коэффициентов и критериев вычисляются при средней температуре воды. Эта температура в начальный момент неизвестна, и определить значения коэффициентов и безразмерных критериев заранее нельзя. Поэтому расчет ведется с применением итерационного цикла с заданием начального приближения, а необходимые справочные величины с помощью сплайновой аппроксимации задаются как функции температуры и рассчитываются на каждом шаге.

Проведенный в MathCAD расчет показал, что данный итерационный цикл сходится за 3-4 шага. Рассчитанное по одному кессону удельное значение теплосъема сопоставимо со значением, указанным в книге А.В.Ванюковым*.

---

* *Ванюков А.В.* Плавка в жидкой ванне. М.: Металлургия, 1988. 208 с.

Изучение зависимости изменения температуры воды, поступающей на охлаждение кессонов, в дальнейшем позволит создать систему автоматического управления температурным режимом процесса Ванюкова, сохраняя постоянным состав штейна. Наиболее целесообразно добиваться требуемой температуры, сохраняя неизменным расход кислорода на 1 т шихты. При этом эффективное регулирование температуры достигается согласованным изменением расходов воздуха и угля; еще больший эффект дает управление расходом технического кислорода и содержанием кислорода в дутье.

Управлять температурой можно и при согласованном изменении загрузки концентрата (производительности), а также состава и расхода дутья. Однако коэффициенты чувствительности в этом случае невелики и имеют различные знаки. Рост производительности при добавке воздуха вызывает снижение температуры, добавка кислорода дает небольшой прирост температуры.

Из практических данных известна взаимосвязь изменения перепада температуры воды в кессонах и температуры плавки. Изменение температуры воды на один градус связано со сдвигом температуры ванны на 20 градусов. Это значение является базовым для оценки результатов моделирования.

Научный руководитель д.т.н. проф. *К.П.Власов*