

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ВОЗДУШНОМ ОХЛАЖДЕНИИ В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ

Гнигтнев П.А., аспирант; Бирюков А.Б., проф., д.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

В настоящее время на предприятиях все большее количество производственных процессов автоматизируется с целью повышения точности их выполнения и оптимизации. Это позволяет увеличивать производительность агрегатов, повышать их технико-экономические показатели.

В данной работе рассматривается процесс комплексной термической обработки материалов в камерной печи с выкатным подом. Данный процесс состоит из трех последовательных стадий: нагрев с определенной скоростью, выдержка и охлаждение с требуемой скоростью.

На сегодняшний день суждение о тепловом состоянии металла производится достаточно условно, так как отсутствует инженерная методика, позволяющая давать точную оценку состоянию металла и, при использовании средств автоматизации, управлять процессом с высокой точностью. Процесс контроля производится методом термограмм, а именно фиксации температуры на поверхности и внутри изделий на разных глубинах. Данная процедура производится следующим образом: в печь загружают садку с термопарами, размещенными на поверхности и внутри садки в различных местах, для этого в садке высверливают несколько отверстий. Затем производят цикл термообработки и снимают показания термопар. Полученные данные используются при последующих расчетах режимов термообработки для других заготовок. Данный способ имеет существенный недостаток, который заключается в том, что одноразово измеренная температурная характеристика процесса термической обработки и рекомендации по ее осуществлению соответствуют садке только с такими же геометрическими и массовыми параметрами. Это значит, что в случае если в печь будет помещена садка с другими характеристиками, то процесс термообработки по заданной ранее программе будет осуществлен с некоторой погрешностью, которая в конечном итоге может привести к ухудшению качества производимой продукции.

Важным параметром, влияющим на качество конечных изделий является скорость охлаждения и точность поддержания заданного темпа, а значит необходимо контролировать тепловой поток, отводимый от тел в каждый момент времени.

На основании вышесказанного, нами предлагается методика учета тепла, которое будет отводиться от тел в течении всего процесса воздушного охлаждения путем измерения температуры воздуха, покидающего печь и поступающего в нее. Предлагаемый способ позволит контролировать количество подаваемого охлаждающего воздуха, чтобы поддерживать заданный тепловой поток. Имея информацию о температуре поступающего воздуха и воздуха, покидающего печь можно судить о необходимом его количестве для охлаждения при поддержании неизменного теплового потока от охлаждаемых изделий к воздуху [1]:

$$q = \frac{V \cdot C_v \cdot (t''_v - t'_v) - Q_{\text{фут}}}{F};$$

где q – плотность теплового потока от охлаждаемых тел к охлаждающему воздуху, Вт/м²; V – необходимое количество воздуха для охлаждения изделий при заданном тепловом потоке, м³/с; C_v – теплоемкость воздуха, Дж/(м³·К); t'_v – температура охлаждающего воздуха, °С; t''_v – температура воздуха, покидающего печь, °С; F – площадь охлаждаемых тел, м²; $Q_{\text{фут}}$ – количество теплоты, отдаваемое футеровкой, Дж.

Поскольку масса футеровки современных печей во много раз меньше массы садки печи, то и потери теплоты на аккумуляцию футеровки будут достаточно малы, а значит слагаемым $Q_{\text{фут}}$ можно пренебречь. [2]

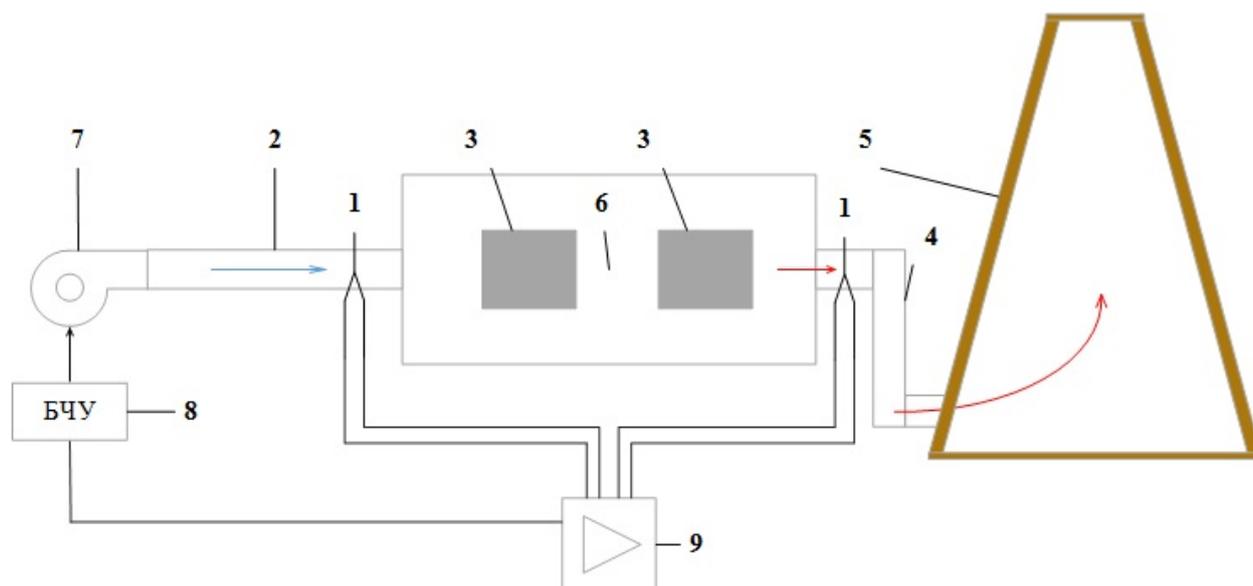
Значение теплового потока задается в зависимости от требуемой скорости охлаждения и геометрических параметров садки. Скорость охлаждения рассчитывается по формуле [1]:

$$C_{\text{охл}} = \frac{k_1 \cdot q}{r_0 \cdot \rho \cdot c};$$

где $C_{\text{охл}}$ – скорость охлаждения заготовок, °С/ч; k_1 – коэффициент материальной нагрузки; q – плотность теплового потока, Вт/м²; r_0 – толщина прогреваемого слоя, м; ρ – плотность изделий, кг/м³; c – теплоемкость изделий, Дж/(кг·К).

Для реализации технологии управления необходимо разместить две термопары в каналах для подачи и удаления воздуха, регулятор, а также блок частотного управления приводом двигателя вентилятора для оперативного изменения количества подаваемого воздуха в печь.

Схематичное изображение предлагаемого способа представлено на рисунке 1.



- 1 – термопары для измерения температур воздуха; 2 – трубопровод охлаждающего воздуха; 3 – охлаждаемые изделия; 4 – трубопровод нагретого воздуха; 5 – труба; 6 – камера печи; 7 – нагнетатель; 8 – блок частотного управления вентилятором; 9 – ПИД регулятор.

Рисунок 1 – Схема размещения устройств автоматизации в камерной печи

Система работает следующим образом: в регулятор закладывают необходимую скорость охлаждения; регулятор в реальном времени отслеживает разность температур воздуха, поступающего в печь и выходящего из нее и по вышеприведенной зависимости корректирует подачу воздуха для поддержания требуемого теплового потока путем воздействия на блок частотного управления вентилятора.

Вывод: предлагаемая система автоматического контроля и мониторинга технологического процесса охлаждения заготовок в камерной печи позволит вести учет количества отведенной теплоты от охлаждаемых изделий, а также контролировать количество охлаждающего воздуха для поддержания заданной скорости охлаждения в течении операции.

Перечень ссылок

1. Гусовский В.Л. Методики расчета нагревательных и термических печей: учебно-справочное пособие / Гусовский В.Л., Лифшиц А.Е. - М.: Теплотехник, 2004. - 400 с.
2. Бирюков А.Б. Энергоэффективность и качество тепловой обработки материалов в печах: Монография / А.Б. Бирюков. – Донецк: Ноулидж, 2012 – 248 с.