А. С. Панюлайтис, В. Г. Барабанов, П. С. Васильев

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ
МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ФОРСУНОК
И КАПЕЛЬНОГО КИПЕНИЯ ЖИДКОСТИ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

Разработана новая система испарительного охлаждения методических печей. Описан процесс разработки. Разработана схема автоматизации данного устройства испарительного охлаждения. Дано описание основных элементов системы. Описаны основные преимущества использования гидравлических форсунок. Подробно описан процесс функционирования новой автоматизированной системы.

Ключевые слова: испарительное охлаждение, методические печи, форсунки, охлаждение, металлургия.

A. S. Panuylaitis, V. G. Barabanov, P. S. Vasiliev

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR EVAPORATIVE
COOLING OF METHODICAL FURNACES USING HYDRAULIC NOZZLES
AND DROPLET BOILING OF LIQUID**

Volgograd State Technical University

A new system for evaporative cooling of continuous furnaces has been developed. The development process is described. An automation scheme for this evaporative cooling device has been developed. The description of the main elements of the system is given. The main advantages of using hydraulic nozzles are described. The process of functioning of the new automated system is described in detail.

Keywords: evaporative cooling, method furnaces, nozzles, cooling, metallurgy.

Надежная работа металлургической печи зависит от качества огнеупорных материалов, конструкции и стойкости охлаждаемых элементов и осуществима только при правильном охлаждении. Система охлаждения существенно влияет на конструкцию печи, ее фундаментальность и надежность.

Для охлаждения элементов печей, находящихся в зоне высоких температур, на металлургических заводах используют воду. Расход воды, идущей на охлаждение, в среднем составляет 95% общего расхода, затрачиваемого на технические нужды.

Охлаждение элементов и узлов металлургических печей, работающих в тяжелых температурных условиях, позволяет: предохранять их от прогара, повышать стойкость кладки, обеспечивать неизменность профиля печи.

Нагревательные печи для обеспечения нижнего подогрева слитков оборудованы подовыми трубами, охлаждаемыми водой. Современное качество огнеупоров не может обеспечить длительную стойкость передней стенки печи, а ремонт ее – операция весьма трудоемкая.

Испарительное охлаждение металлургических печей в настоящее время является наиболее совершенным и экономичным. Применение его увеличивает срок службы металлургических печей и повышает надежность их работы, устраняет прогар деталей, сокращает расход охлаждающей воды и дает возможность использовать тепло

При испарительном охлаждении металлургических печей используют в основном скрытую теплоту парообразования для отвода тепла от охлаждаемых деталей. Применяемую обычно холодную охлаждающую воду заменяют кипящей, отвод тепла осуществляется за счет выхода пара.

Тепло, отбираемое водой, затрачивается на ее испарение. Так как скрытая теплота парообразования составляет ~540 ккал/кг при атмосферном давлении, то каждый килограмм воды, испаряясь, отбирает от стенки охлаждаемой детали 540 ккал.

В зависимости от плотности теплового потока, подводимого к жидкости через соприкасающуюся с ней поверхность нагрева, на последней образуются отдельные паровые пузыри или сплошной слой пара. Процесс образования пара в виде пузырей, возникающих на отдельных местах поверхности нагрева (центрах парообразования), называют пузырьковым (ядерным) кипением. Процесс, сопровождающийся

возникновением сплошного слоя пара между поверхностью нагрева и жидкостью, называют пленочным кипением [1].

При пузырьковом кипении жидкость непосредственно омывает поверхность нагрева между действующими центрами парообразования, причем ее пограничный слой перемешивается образующимися в нем паровыми пузырями. Вследствие этого интенсивность теплоотдачи к жидкости при пузырьковом кипении весьма велика и возрастает с увеличением числа действующих центров парообразования. При пленочном кипении жидкость отделена от поверхности нагрева слоем малотеплопроводного пара, вследствие чего интенсивность теплоотдачи во много раз меньше, чем при пузырьковом кипении. По этой причине переход от пузырькового режима кипения к пленочному, при неизменной плотности теплового потока, сопровождается резким возрастанием температуры поверхности нагрева [2, 3].

Использование капельного кипения позволяет в несколько раз повысить интенсивность процесса испарения и, соответственно, увеличить эффективность работы испарительного охлаждения методических печей.

По анализу зависимости времени испарения от температурного напора и стадий испарения капли можно сделать вывод, что для наибольшего отвода тепла от глассажных и подовых труб, необходимо чтобы переход (испарение) капли воды происходил именно из сфероидального состояния. Из этого вывода понятно, что нельзя заливать трубы технической водой, а наоборот давать каплям испариться и вывести наибольшее количества тепла от деталей методической печи.

Для данного условия работы системы испарительного охлаждения необходимо распылять капли технической воды на глассажные и подовые трубы из специально подобранных гидравлических форсунок, которые помогают доставить капли и равномерно распределить их количество по трубам. Примерная схема автоматизированной системы испарительного охлаждения с использованием гидравлических форсунок представлена на рисунке.

Для правильной и эффективной работы новой системы испарительного охлаждения необходима автоматизация данной установки [4]. Для определения температуры глассажных труб требуется установить датчик температуры, который будет отслеживать температурный

режим трубы в данный момент. В зависимости от установившегося значения, система либо отключается (если температура находится в допустимом диапазоне), либо начинается процесс

испарительного охлаждения, то есть насос начинает нагнетать воду из бака в систему труб с гидравлическими форсунками. Капли воды начинают охлаждать глissажные трубы.

Схема автоматизированной системы испарительного охлаждения с использованием гидравлических форсунок

Если температура находится на критическом уровне, то система при помощи пневмоприводов на гидравлических форсунках переключает положение распылителей на больший диаметр получаемых капель, в результате чего происходит более интенсивное охлаждение труб.

Для испарительного охлаждения используется техническая вода, температура которой должна быть приближена к температуре кипения. Данная вода находится в рабочем баке, внутри которого необходимо установить ТЭН, при помощи которого будет осуществляться процесс ее нагрева до нужной температуры. Для контроля температуры воды в систему бака также необходимо установить датчик температуры погружной.

Управление данной системой будет осуществляться при помощи микропроцессорного контроллера.

Данная установка позволит сократить расходы технической воды для работы системы

испарительного охлаждения, при этом эффективность данного охлаждения возрастет примерно в 1,4 раза (700 ккал).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патанкар, С. Тепло- и массообмен в пограничных слоях / С. Патакар, Д. Сполдинг; пер. с англ. З. П. Шульмана, Г. Н. Пустынцева, под ред. А. В. Лыкова. – М.: Энергия, 1971. – 128 с.
2. Кутателадзе, С. С. Теплопередача при конденсации и кипении / С. С. Кутателадзе. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.; Л.: Машгиз, 1952. – 233 с.
3. Васильев, П. С. Теплообмен при капельном кипении жидкости в технологических аппаратах: дис. ... канд. тех. наук: 05.17.08: защищена 12.02.18; утв. 15.02.18 / Васильев Петр Сергеевич. – Волгоград, 2018. – 245 с.
4. Панюлайтис, А. С. Автоматизированное устройство испарительного охлаждения методических печей с использованием гидравлических форсунок / А. С. Панюлайтис, В. Г. Барабанов, П. С. Васильев // Известия ВолгГТУ: научный журнал № 1 (248) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 73–76.