

тельный период года (май-сентябрь), а также увеличить производство электрической энергии турбоагрегатов ТА4 на 38450 МВт·ч и ТА5 на 186640 МВт·ч. Суммарное увеличение производства электрической энергии составило 33,25 % общего производства электроэнергии трех блоков ТЭЦ (225090 МВт·ч).

Список литературы

1. Инструкция по эксплуатации башенных градирен на тепловых электростанциях. — М. : СЦНТИ, 1972.

2. www.chv-praha.cz.
 3. МТ7010000.88-86. Типовая методика испытаний градирен и охладительных башен тепловых и атомных электростанций. — М. : СПО СТЭ, 1986.
 4. Пусконаладочные работы и испытания градирни № 2 Черкасской ТЭЦ (после проведения реконструкции по замене обшивки, водораспределительной системы и оросителя) : Техн. закл. — Львов, 2009.

Поступила в редакцию 07.02.11

Water Cooling Device of Cooling Tower of Cherkassky Thermal Power Station Efficiency Increase

Biletska A.S.¹, Shklyar V.I.¹, Dubrovska V.V.¹, Borysyuk V.D.²

¹ *National Technical University of Ukraine «KPI», Kiev*

² *CJSC «Tchenergo», Lvov*

The results of cooling tower operation experimental researches during reconstruction for maximal cooling ability and electric power production achievement are presented.

Key words: cooling tower, sprinkler, water distribution system.

Received February 7, 2011

УДК 66.041.454

Совершенствование тепловой работы и конструкций промышленных печей

Троценко Л.Н., Пикашов В.С.

Институт газа НАН Украины, Киев

Представлен пример модернизации камерной нагревательной печи кузнечно-прессового производства, позволившей повысить эффективность ее работы.

Ключевые слова: печь, рекуператор, нагрев, экономия топлива.

Наведено приклад модернізації камерної нагрівальної печі ковальсько-пресового виробництва, яка дозволила підвищити ефективність її роботи.

Ключові слова: піч, рекуператор, нагрів, економія палива.

В настоящее время парк нагревательных и термических печей в Украине морально и физически устарел. Большинство работающих печей

проектировалось и строилось во времена дешевого топлива, когда проблема экономии его остро не стояла [1, 2].

Основные принципы эффективного использования топлива известны давно [3, 4]:

- совершенствование тепловых схем (изменение размеров и форм рабочего пространства, взаимное расположение источников тепла, садки, дымоотводящих и циркуляционных каналов и др.), обеспечивающих интенсивный теплообмен и однородное температурное поле в рабочем пространстве;

- снижение доли теплоты, теряемой в окружающее пространство печными ограждениями, за счет новых огнеупорных и теплоизоляционных материалов и устранение неплотностей конструкции;

- утилизация тепла отходящих газов, например, для подогрева воздуха на горение;

- установка современных средств контроля и автоматического управления тепловой работой печей, что обеспечивает работу оборудования и в целом печи в экономном режиме при любых нагрузках.

Приступая к проектированию новых или модернизации существующих печей, необходимо учитывать индивидуальные особенности конкретных печей. В этом случае представляется возможным выбор наиболее эффективного направления реконструкции.

В 2005 г. на НПК «Зоря-Машпроект», (г. Николаев) совместно с Институтом газа НАНУ (Киев) приступили к модернизации двухкамерной нагревательной печи № 1 для нагрева заготовок под ковку с рабочей камерой длиной 4070, шириной 3830 и высотой 2700 мм. Печь отапливалась природным газом, подаваемым на 4 горелки, установленные по две с каждой из боковых сторон рабочей камеры. Режим работы печи периодический – с работой в 2 смены и 5 дней в неделю. Максимальная температура нагрева металла 1200 °С. Кладка печи была двухслойной: внутренний слой толщиной 375 мм из шамотного кирпича, наружный – толщиной 230 мм из диатомового кирпича.

В ходе предпроектных обследований печи был выявлены такие недостатки ее тепловой работы: отсутствие утилизации тепла уходящих газов; негерметичность заслонок загрузочных окон; несовершенство и недостаточное количество измерительной аппаратуры; отсутствие эффективной изоляции печи. Продукты сгорания удалялись из печи через отверстия в боковых стенах, соединенные с общим дымовым каналом, и далее отводились в цеховой бороз, расположенный под уровнем пола. Из бороза продукты сгорания поступали в дымовую трубу, перед которой для создания тяги установлен дымосос с двигателем большой мощности, рас-

считанным на работу одновременно 4 печей (включая печь № 1), подключенных к дымовой трубе. Использовался также один дутьевой вентилятор для подачи воздуха к печам. Такая установка тягодутьевых устройств неэффективна, так как при работе печей с разной тепловой нагрузкой имеет место перерасход электрической энергии.

На печи были установлены полуинжекционные горелки, в которых часть воздуха смешивалась с газом внутри корпуса горелки, а остальной воздух поступал в печь через кольцевую щель между стенкой печи и крепежными фланцами. Регулирование соотношения газ – воздух осуществлялось с помощью жесткой связи между газовыми и воздушными заслонками, что при разности диаметров газо- и воздухопроводов не обеспечивало оптимального режима сгорания топлива. Кроме того, конструкция горелки не позволяла поддерживать требуемый коэффициент расхода воздуха, так как количество подсосываемого воздуха зависело от расхода газа, количества первичного воздуха и давления внутри камеры печи, а в случае подогрева воздуха отходящими из печи газами невозможно было бы полностью использовать его потенциал из-за подсоса в щель холодного воздуха.

В результате печь работала неэффективно. Отдельные измерения перед реконструкцией показали, что расход газа на печь составлял 200–400 м³/ч, тогда как проектный был 145 м³/ч.

При создании новой конструкции печи были поставлены условия о сохранности размеров печи и периодического режима ее работы.

В печи была использована конструкция горелки, которая обеспечивает устойчивость горения как на холодном, так и на горячем воздухе (рисунк) [5]. Горелка состоит из корпуса 1, к которому подключен патрубок подачи воздуха 2. Цилиндрическая часть корпуса переходит в коническое сопло 3 с фланцем 4, с помощью которого горелка крепится к обшивке печи 5. Цилиндрическая часть сопла 6 входит в горелочный камень 7. К тыльной стороне цилиндрической части корпуса горелки приварен фланец 8, через который введен смеситель 9 с соплом 10. Смеситель крепится к корпусу с помощью приваренного к нему фланца 11. В трубе смесителя напротив воздушного патрубка имеются отверстия 12.

Внутрь смесителя введена труба 13 с соплом 14 для подачи в горелку газа. Для розжига в горелке предусмотрен электрод 15 в керамической изоляции. Один загнутый конец электрода подходит к соплу смесителя на расстоянии 2–3 мм, а другой к высоковольтному источ-

нику напряжения. В горелочном камне имеются два наклонных к его оси отверстия (гляделки) 16 и 17, переходящие в патрубки 18 и 19, закрытые стеклами 20. У одного патрубка расположен фотоэлемент 21, реагирующий на погасание пламени, сигнал от которого введен в систему автоматического выключения газа. Другой патрубков предназначен для визуального наблюдения за горением.

Отличительной особенностью горелки является то, что воздух, поступающий в корпус горелки 1, делится на два потока. Часть воздуха проходит через отверстия 12 в смеситель 9, где смешивается с газом, направляемым через трубу 13 и сопло 14 в смеситель.

Далее эта смесь входит в горелочный камень и печь. Остальная часть воздуха, необходимая для полного сгорания газа, проходит через кольцевой зазор между соплами 6 и 10. Предварительное смешение газа и воздуха при меньшем количестве последнего, чем необходимо для полного сгорания, а затем окончательное смешение с остальным воздухом обеспечивает устойчивое горение на всех режимах работы горелки.

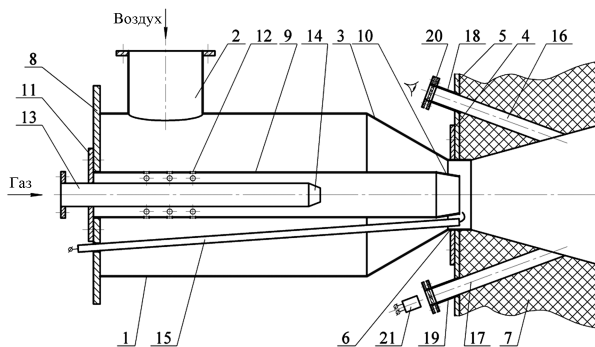
Рабочие характеристики горелки Г-0,35 приведены ниже:

Тепловая мощность, кВт:	528/350/132
max/ном/min	
Давление газа (воздуха) перед горелкой на мощности, кПа:	1,0/0,46/0,08
max/ном/min	(7,2/3,2/0,5)
Расход природного газа на мощности, м ³ /ч:	54,0/35,8/13,5
max/ном/min	
Нижшая теплота сгорания газа, ккал/м ³	8406
Нижнее число Воббе, ккал/м ³	10565
Коэффициент рабочего регулирования по тепловой мощности	4,0
Коэффициент α на номинальной тепловой мощности	1,14
CO/NO _x (в пересчете на NO ₂)*, %/мг/м ³	0,008/170

Примечание. max/ном/min – максимальный/номинальный/минимальный. *Содержание вредных примесей в сухих неразбавленных продуктах сгорания (при $\alpha = 1,0$) на номинальной тепловой мощности.

При реконструкции печи была предусмотрена утилизация теплоты отходящих газов. Расчеты показывают, что в случае отопления печей природным газом с коэффициентом расхода воздуха 1,05 при нагреве воздуха до 300–400 °С и температуре в печи 1200–1300 °С экономия топлива может составить 20–27 % [6]. В проекте использован радиационный рекуператор, позволяющий нагреть воздух до этих температур. Более высокий подогрев воздуха требует значительного увеличения капитальных затрат в связи с высокой стоимостью жароупорных сталей.

Для обеспечения регулирования аэродинамического режима печи, не зависящего от тепловой нагрузки остальных печей, за рекуператором был установлен автономный дымосос,



Конструктивная схема горелки.

включенный в систему автоматического регулирования.

Установленная ранее на печи кладка из плотного шамота и слоя теплоизоляции из диатомового кирпича, имеющая большую теплоемкость, приводила не только к увеличенным потерям в окружающую среду, но и к дополнительному расходу топлива на аккумуляцию тепла при разогреве печи после выходных и праздничных дней.

С 1970–1980 гг. промышленностью выпускаются различные высокоэффективные огнеупорные материалы в виде плотных блоков или волокнистых плит, имеющие низкие коэффициенты теплопроводности и малую плотность [7]. Отличительная особенность таких материалов – высокая рабочая температура (до 1600 °С и выше). Футеровка, изготовленная из таких материалов, позволяет уменьшить ее толщину и массу, снизить затраты на выполнение ремонтных и строительных работ. Применение легкой футеровки вследствие ее небольшой теплоемкости и высокого термического сопротивления позволяет снизить расходы топлива до 25 % и повысить производительность печи на 10–15 %. В новой печи футеровка многослойная и состоит из внутреннего слоя шамота ША-1 и изоляционного слоя из огнеупора ШЛ-1,0. Свод печи имеет дополнительный слой изоляции из фетра муллитокремнезистого МКРФ. Под печи выполнен из прочного хромомагнезитового кирпича.

Благодаря усовершенствованной конструкции торцевой стены и загрузочных окон с заслонками уменьшились потери теплоты за счет выбивания продуктов сгорания через неплотности и улучшились условия обслуживания.

Печь оснащена современными системами автоматики безопасности и автоматического регулирования параметров работы. Автоматика безопасности обеспечивает отключение подачи газа при всех нештатных ситуациях. Система автоматического регулирования печи осуществляет поддержание температуры и давления в рабочем пространстве на заданном уровне и управление

работой горелок. Регулирование процесса горения топлива (тепловая мощность, температура в печи и соотношение газ — воздух) в печи плавное, автоматическое при помощи электронного регулятора БАУ—ТП. На печи установлены приборы для визуального контроля всех необходимых параметров работы в печи.

В настоящее время печь запущена в эксплуатацию. На первом этапе в связи с увеличением капитальных затрат печь работает без рекуператора. Экономия топлива составила 20–30 %. При установке рекуператора уменьшение расхода газа должно составить 40–50 %.

Список литературы

1. Тринкс В. Промышленные печи. — М. : Металлургия, 1961. — 390 с.
2. Глинков М.А., Глинков Г.М. Общая теория печей. — М. : Металлургия, 1978. — 263 с.
3. Немзер Г.Г. Теплотехнология кузнечно-прессового производства. — Л. : Машиностроение, 1988. — 320 с.
4. Хзмалян Д.М. Теория топочных процессов. — М. : Энергоатомиздат, 1990. — 352 с.
5. А.с. 859765 СССР, МКИЗ F 23 D 15/00. Горелка / В.С.Пикашов, А.Е.Еринов, В.А.Великодный и др. — Оpubл. 30.08.81, Бюл. № 32.
6. Багров О.Н. Евдокименко А.И. Минкевич В.И. и др. Горячее дутье в печах цветной металлургии. — М. : Металлургия, 1984. — 160 с.
7. Огнеупорные изделия, материалы и сырье : Справ. / Под ред. А.К.Карклита. — М. : Металлургия, 1991. — 418 с.

Поступила в редакцию 29.01.2010

Industrial Furnases Construction and Heating Work Development

Trotsenko L.N., Pikashov V.S.

The Gas Institute of NASU, Kiev

The example of heating furnace for chamber forge-pressing production modernization that allowed to increase the operational efficiency is presented.

Key words: furnace, recuperator, heating, fuel saving.

Received January 29, 2010

УДК 621.48; 621.577

Эффективность теплонасосной установки на базе машины Стирлинга УДС-1

Федиенко А.В., Студенец В.П.

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

Выполнено теоретическое и экспериментальное исследование основных характеристик и эффективности теплонасосной установки на базе машины Стирлинга с электроприводом. Получены значения основных характеристик установки, подтверждающие принципиальную возможность работы машины УДС-1 в режиме теплового насоса.

Ключевые слова: машина Стирлинга, тепловой насос, отопительный коэффициент.

Виконано теоретичне та експериментальне дослідження основних характеристик та ефективності теплонасосної установки на базі машини Стірлінга з електроприводом. Отримано значення основних характеристик установки, що підтверджують принципову можливість роботи машини УДС-1 в режимі теплового насосу.

Ключові слова: машина Стірлінга, тепловий насос, опалювальний коефіцієнт.