

Приборы и оборудование

УДК 666.3.041.55:662.94

Модернизация парка туннельных печей производства керамического кирпича. 2. Совершенствование системы отопления печей

*Торчинский А.И., Ляшко А.Ю.,
Сергиенко А.А., Крячок Ю.Н.*

Институт газа НАН Украины, Киев

Выполнен анализ существующего парка туннельных печей обжига керамического кирпича и их газогорелочного оборудования, построенных по проектам ведущих организаций стран СНГ. Приведены основные недостатки традиционных газогорелочных устройств, которые не позволяют достигать современных требований по качеству и технико-экономическим параметрам процесса обжига керамического кирпича. Описаны требования к новым системам отопления и газогорелочным устройствам, которые могут реализовать оптимальные технико-экономические параметры отечественных туннельных печей на уровне зарубежных аналогов. Приведены графики распределения температурных и аэродинамических полей в поперечном сечении и по длине туннельной печи при применении сопоставляемых систем отопления.

Ключевые слова: газогорелочные устройства, факел горелки, качество обжига, система отопления, система рециркуляции, градиент температур.

Проведено аналіз існуючого парку тунельних печей випалу керамічної цеглини та їх газопальникового устаткування, побудованих за проектами провідних організацій країн СНД. Наведено основні недоліки традиційних газопальникових пристроїв, які не дозволяють досягати сучасних вимог щодо якості та техніко-економічних параметрів процесу випалу керамічної цегли. Описано вимоги до нових систем опалення та газопальникових пристроїв, що можуть реалізовувати оптимальні техніко-економічні параметри вітчизняних тунельних печей на рівні зарубіжних аналогів. Наведено графіки розподілу температурних та аеродинамічних полів у поперечному розрізі та за довжиною тунельної печі при використанні систем опалення, що порівнюються.

Ключові слова: газопальникові пристрої, факел палика, якість випалу, система опалення, система рециркуляції, градієнт температур.

В странах СНГ строительство большинства современных туннельных печей для обжига керамического кирпича относится к 1980–1990 гг. Это печи размером 3 × 120 м, построенные по проектам «СоюзГИПРОстрома». Для процессов обжига предназначался природный газ. Система отопления печей состояла из расположенных в боковых стенах печи газогорелочных устройств,

которые устанавливались напротив друг друга. Вначале система комплектовалась газогорелочными устройствами типа ГНП конструкции «Тепло-проекта», а позже газогорелочными устройствами ГСТ и ГТП конструкции «ВНИИПромгаза».

В газогорелочных устройствах типа ГНП применялся закрученный поток воздуха, стабилизация факела производилась за счет примыкающего к соплу горелки разогретого туннеля, скорость выхода газозвдушной смеси была невелика.

У горелок ГСТ и ГТП скорость выхода газозвдушной смеси намного выше, чем у горелок ГНП. Для стабилизации пламени использовали закручивание потока. При этом факел горелки получался веерным, что обуславливало большой его диаметр и пережог материала по центру садки.

К основным недостаткам туннельных печей, на которых установлены традиционные газогорелочные устройства, следует отнести несколько факторов.

1. Наличие у традиционных газогорелочных устройств вялого или закрученного веерного факела приводило к следующему: а) к недожогу нижних рядов садки; б) к локальному пережогу кирпича в середине по торцу садки; в) для исключения последнего расстояние между пакетами садки увеличивали до 600–800 мм, что снижало производительность печи и, как следствие, увеличивало удельные расходы природного газа.

2. Традиционные газогорелочные устройства могут эксплуатироваться только на позициях с температурой более 800 °С. Это приводило к лимитированию производительности печи, так как в противном случае «холодный» кирпич попадал под факелы горелок и под действием термодара происходило растрескивание кирпича.

3. Из-за вялого или закрученного веерного факела при эксплуатации традиционных газогорелочных устройств имела место большая неравномерность температурного поля и поля концентраций печных газов в поперечном сечении туннельной печи. Это значительно ухудшало качество обжига.

Применение разработанных в Институте газа скоростных газогорелочных устройств серии ГС [1, 2] исключает все вышеприведенные недостатки. Эти устройства имеют скоростной жесткий прямоструйный неразмыывающийся факел, в силу чего: а) факел горелки не имеет такой высокой температуры, как факел традиционных горелок, вследствие балластирования его печными газами, инжектируемыми скоростной струей, поэтому локальные пережоги отсутствуют; б) скоростной прямоструйный неразмыывающийся факел дает возможность уменьшить межсадочное (межпакетное) расстояние до 300 мм,

что значительно увеличивает производительность туннельной печи; в) скоростной факел создает циркуляцию печной атмосферы по поперечному сечению туннельной печи, что снижает неравномерность температурного поля и поля концентраций печных газов по поперечному сечению туннельной печи; г) скоростные газогорелочные устройства серии ГС могут эксплуатироваться на позициях печи с любой низкой температурой, что позволяет устанавливать их в зонах предварительного подогрева и проводить подготовку садки перед обжигом с любой заданной интенсивностью, что значительно улучшает качество обжига, значительно увеличивает производительность туннельной печи и, как следствие, значительно сокращает удельные расходы природного газа.

Основными отличительными признаками разработанной в Институте газа новой системы отопления туннельных печей обжига керамического кирпича являются: 1) применение скоростных газогорелочных устройств серии ГС; 2) расположение этих устройств в два яруса в шахматном порядке (так называемым коленвалом); 3) установка скоростных газогорелочных устройств, начиная с 9-й позиции туннельной печи, что обеспечивает контролируемый подъем температур в зоне полиморфных превращений α -кварц в β -кварц; 4) группировка газогорелочных устройств для возможности автоматического регулирования температуры в каждой позиции печи; 5) установка системы рециркуляции (в печах размером 3 × 120 м), охватывающей позиции 4–10. Наложение системы рециркуляции и газогорелочных устройств дает возможность практически полностью исключить перепад температур по высоте печи; 6) установка системы ускоренного охлаждения под автоматическим контролем температуры начала полиморфных превращений β -кварц в α -кварц.

Сопоставительные качественные параметры распределения аэродинамических потоков, температур и концентраций продуктов сгорания при использовании традиционных газогорелочных устройств и серии ГС в соответствии с разработанной системой отопления показаны на рис.1, 2.

При расположении традиционных газогорелочных устройств напротив друг друга происходит соударение струй (рис.1,а). В месте соударения возникают концентрация тепловых потоков и концентрация давления, что приводит к перегреву садки в области соударяющихся струй. Этот пик температур видно на рис.2,а. Соударяющиеся струи поднимаются вверх и приводят к резкому повышению температуры в верхней половине поперечного сечения печи. При этом градиент температур между низом и верхом поперечного сечения достигает 300 °С.

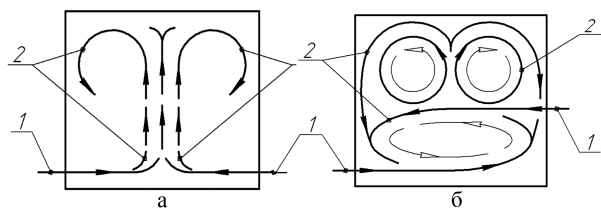


Рис.1. Движение продуктов сгорания в поперечном сечении туннельной печи на позициях установки в боковых стенах традиционных (а) и скоростных серии ГС (б) газогорелочных устройств: 1 — горелки; 2 — контуры рециркуляции.

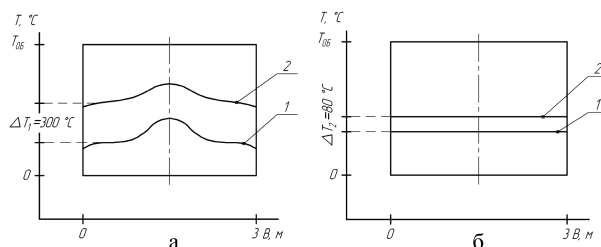


Рис.2. Распределение температур в поперечном сечении садки на позиции N при установке традиционных (а) и серии ГС (б) газогорелочных устройств (садка лицева) при температуре на уровне 6-го ряда (1) и 20-го ряда (2).

По другим траекториям распределяются струи в поперечном сечении туннельной печи при разработанной системе отопления, базирующейся на использовании скоростных газогорелочных устройств серии ГС, где образуются контуры 2 интенсивной рециркуляции (рис.1,б). Эти устройства интенсивно инжектируют печные газы в свою скоростную струю, создавая циркуляционное движение печных газов по поперечному сечению туннельной печи, и таким образом, температура и концентрация продуктов сгорания по поперечному сечению интенсивно усредняются (рис.2,б).

Из рис.2,б видно, что температура по поперечному сечению печи имеет постоянное значение ввиду активной циркуляции печной атмосферы и выравнивания температуры и концентрации компонентов продуктов сгорания в поперечном сечении печи. В силу активной циркуляции печной атмосферы градиент температур между низом и верхом поперечного сечения не превышает 80 °С. Это подтверждается исследованиями, выполненными на туннельной печи размером 3 × 120 м, в АОЗТ НПО «Керамика», Санкт-Петербург, где установка газогорелочных устройств серии ГС в зоне предварительного подогрева дала возможность снизить температурный перепад между верхом и низом садки, начиная с позиции 12, в среднем с 200–300 до 70–80 °С [3].

Впервые в отечественной и зарубежной практике туннельных печей обжига керамического кирпича элементы указанной системы отопления были применены в 1999 г. на предприятии ОАО «Кирпичный завод», г. Хуст За-

карпатской обл. На указанной туннельной печи были установлены скоростные газогорелочные устройства серии ГС «коленвалом», начиная с 9-й позиции. В результате применения вышеуказанных элементов системы отопления получены отличные результаты по качеству нагрева, расходам топлива, производительности, поэтому во всех последующих внедренческих проектах применялась исключительно указанная система отопления.

Новая система отопления включает не только установку газогорелочных устройств, но и установку новых вентиляционных систем рециркуляции и ускоренного охлаждения. При модернизации печей согласно разработанной концепции температурная кривая обжига в полной мере может быть согласована с физико-химическими процессами, происходящими при обжиге керамики (рис.3).

В зоне предварительного подогрева газогорелочные устройства серии ГС совместно с системой рециркуляции позволяют с заданной скоростью равномерно подыть температуру и подготовить садку к процессу обжига и не иметь термоудара при переходе от зоны предварительного подогрева к зоне обжига (рис.3, участки а-б). Установка ускоренного охлаждения дает возможность повысить скорость охлаждения на позициях, где это возможно (участок в-г), и медленно охлаждать на позициях полиморфных превращений кварца (участок г-д).

Проекты Института газа включают модернизацию всей тепловой и аэродинамической системы туннельной печи, которая предусматривает установку: 1) скоростных газогорелочных устройств серии ГС в зоне предварительного подогрева и обжига; 2) рециркуляции по всей зоне предварительного подогрева; воздушной завесы и ускоренного охлаждения; подачи холодного воздуха и отбора горячего воздуха из зоны охлаждения; подачи и отбора воздуха из подвагонеточного пространства дымоудаления; 3) автоматической системы управления процессом обжига керамического кирпича, что включает проектирование, комплектацию, монтаж, наладку.

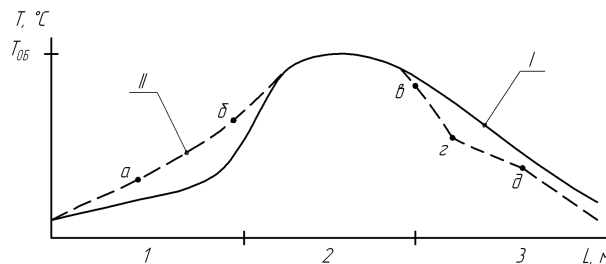


Рис.3. Температурная кривая обжига керамического кирпича в туннельной печи до (I) и после (II) модернизации: 1 — зона подогрева; 2 — зона обжига; 3 — зона охлаждения.

Институтом газа разработаны скоростные газогорелочные устройства серии ГС нового поколения с контролем факела и электророзжигом. В силу своих исключительных теплотехнических качеств (скоростной факел, полнота горения даже в условиях низких температур, равномерность температурного поля по длине факела и т.д.) эти горелки в значительной степени интенсифицируют теплообмен между продуктами сгорания и изделием.

Разработанное газогорелочное устройство имеет электроды контроля и розжига, встроенные внутрь корпуса. Это увеличивает вероятность гарантированного розжига и контроля пламени, так как изоляторы, находящиеся внутри горелки, защищены от влаги и пыли печной среды и интенсивно обдуваются газовоздушным потоком, что исключает возможность пробоя электрода розжига. Кроме того, осуществляемое особой конструкцией горелки двухстадийное сжигание природного газа имеет технологическое преимущество, так как увеличивает равномерность температуры в факеле, увеличивает равномерность температурного поля по поперечному сечению печи, увеличивает конвективную составляющую факела горелки, а также значительно снижает образование токсичных оксидов азота.

Вышеописанными газогорелочными устройствами оснащены зоны предварительного подогрева туннельных печей обжига керамического

кирпича на предприятиях: Харьковский филиал «Слобожанская керамика» — туннельная печь $4,7 \times 156$ м; ООО «ПП «Нерудстройпром»» г. Пятихатки Днепропетровской обл. — туннельная печь $2,4 \times 105$ м

Опыт эксплуатации всех туннельных печей обжига керамического кирпича, модернизация которых выполнена по проектам Института газа с 2003 г., показал снижение удельного расхода топлива до 20–25 % и увеличение производительности печи на 9–12 % (в отдельных случаях на 20–25 %), значительное улучшение качественных показателей керамического кирпича за счет повышения его марочности и снижения брака (подтверждено многочисленными актами внедрения).

Список литературы

1. Пат. 28025 Укр., МКИ⁶ С 2 F 23 D 14/00. Газовая горелка / А.И.Торчинский, Г.Н.Павловский. — Оpubл. 2000, Бюл. № 5.
2. Пат. 27849 Укр., МКИ⁶ С 2 F 23 D 14/00. Газовая горелка / А.И.Торчинский, Г.Н.Павловский и др. — Оpubл. 2000, Бюл. № 5.
3. Торчинский А.И., Поляков Г.Н. Опыт освоения скоростных горелок серии ГС на туннельных печах обжига керамического кирпича // Строит. материалы и изделия. — 2001. — № 5–6. — С. 26–28.

Поступила в редакцию 11.06.09

Tunnel Furnaces Stock for Ceramic Brick Manufacture Modernization. 2. The Furnaces Heating System Development

**Torchinskiy A.I., Lyashko A.J.,
Sergienko A.A., Kryachok J.N.**

The Gas Institute of NASU, Kiev

The analysis of existing tunnel kiln stock for ceramic brick firing and gas equipment designed by the leading CIS countries organizations projects is executed. The main disadvantages of traditional gas burner devices which do not allow to achieve present-day quality requirements for technical and economic parameters of ceramic brick firing process are resulted. The requirements for new heating systems and gas burner devices with optimal technical and economic parameters realization of domestic tunnel kiln operation with foreign analogues level. The diagram of temperature and aerodynamic fields distribution in tunnel furnace cross-section and by length with comparable heating systems application.

Key words: gas burner devices, burner torch, firing quality, heating system, recirculation system, temperatures gradient.

Received June 11, 2009

Газочувствительные точечные контакты в желатин-иммобилизованных и твердых электролитах

**Поспелов А.П.¹, Пилипенко А.И.¹, Лебедь Е.К.¹,
Александров Ю.Л.¹, Байрачный В.Б.¹, Камарчук Г.В.²**

¹ *Национальный технический университет «ХПИ», Харьков*

² *Физико-технический институт низких температур НАН Украины, Харьков*

Рассмотрены способы усовершенствования технологических и сенсорных свойств дендритных точечных контактов путем их электрохимического формирования в желатин-иммобилизованных и твердых электролитах. Исследована зависимость образования точечных контактов и их сопротивления от электротехнических параметров процесса. С использованием эффекта электрохимической автоколебательной коммутации проведено сопоставление стабильности полученных структур в жидком, желатин-иммобилизованном и твердом электролитах. Показана возможность использования модифицированных точечных контактов для создания чувствительных элементов газовых сенсоров широкого спектра применения.

Ключевые слова: точечный контакт, газовый анализ, электрохимический синтез, сенсор.

Розглянуто способи удосконалення технологічних та сенсорних властивостей дендритних точкових контактів шляхом їх електрохімічного формування у желатині-іммобілізованих та твердих електролітах. Досліджено залежність утворення точкових контактів та їх опору від електротехнічних параметрів процесу. З використанням ефекту електрохімічної автоколебальної комутації проведено зіставлення стабільності отриманих структур у рідкому, желатині-іммобілізованому та твердому електролітах. Показано можливість використання модифікованих точкових контактів для створення чутливих елементів газових сенсорів широкого спектру призначення.

Ключові слова: точковий контакт, газовий аналіз, електрохімічний синтез, сенсор.

Проблема оперативного достоверного анализа отдельных газов и сложных газовых смесей приобретает все большую актуальность, что обусловлено возрастающей напряженностью экологической обстановки и расширением области использования газоаналитических устройств. Исходя из этого, большое значение придается совершенствованию технологических параметров изготовления сенсорных устройств [1]. Работа многих типов таких устройств основана на явлении адсорбции. В качестве чувствительных элементов сенсоров этого класса используют материалы, способные эффективно адсорбировать газы, изменяя свои характеристики, в частности, электрическое сопротивление [2].

Существенное совершенствование метрологических характеристик газовых сенсоров может быть достигнуто посредством использования наноструктурных объектов, в частности, точечных контактов [3]. Открытие эффекта повышенной газовой чувствительности точечных контактов положило начало разработке газоаналитических сенсорных устройств нового класса. Одной из основных задач на этом пути является улучшение технологиче-

ских характеристик процесса изготовления точечных контактов.

В общем случае точечный контакт представляет собой проводящую структуру сверхмалого сечения, которая образуется при касании двух металлических электродов на малой площади [4]. Размеры точечного контакта сопоставимы с длиной свободного пробега электронов для данного металла. Такая структура способна концентрировать приложенное к электродам электрическое поле. Это свойство обуславливает резкое изменение сопротивления канала проводимости точечного контакта при адсорбции на его поверхности молекул анализируемого газа.

В физике твердого тела широко используются классические методы механического изготовления точечных контактов. Наиболее известным является метод «игла — наковальня» [4], который заключается во взаимном сведении заточенного и плоского электродов до получения между ними электрического контакта. К недостаткам этого метода можно отнести высокую вероятность деформации иглы. При таких деформациях существенно возрастает концентрация дефектов в области контакта и снижается длина