

Эксплуатация нагревательного колодца с малогабаритными регенераторами

Докт. техн. наук В.И. Губинский,
канд. техн. наук А.О. Еремин

Национальная металлургическая
академия Украины

Основными направлениями энергосбережения при эксплуатации нагревательных устройств являются повышение коэффициента полезного действия в результате снижения потерь теплоты из рабочего пространства и утилизации теплоты уходящих дымовых газов [1–3]. Из анализа теплового баланса металлургических печей следует, что к основным резервам экономии топлива относятся утилизация теплоты уходящих га-зов путем нагрева воздуха, топлива, материалов перед печью, а также получения горячей воды и пара. В свою очередь при экономии топлива улучшаются экологические показатели работы печей.

Теплота дымовых газов в подавляющем большинстве случаев утилизируется в рекуператорах и регенераторах. Наиболее высокотемпературный подогрев воздуха можно получить в регенеративных теплообменниках. Все более широкое распространение в настоящее время получают системы отопления с шариковыми регенераторами [2–5]. Компактное устройство, в котором объединены горелка и шариковый регенератор, получило название регенеративная горелка (РГ). Основное достоинство регенератора РГ состоит в том, что благодаря малому диаметру шаров удельная поверхность нагрева его насадки в 10–15 раз больше, чем в кирпичных теплообменниках. Шариковые регенераторы настолько компактны, что их иногда удается разместить в стенах печи. Однако регенеративные горелки имеют ряд недостатков: частое переключение (1 раз в 1–3 мин) направления потоков газа, воздуха и дыма; обязательное наличие дымососа и запальных (пилотных) горелок для розжига основного факела; большое количество клапанов.

На кафедре теплотехники и экологии металлургических печей (ТЭМП) НМетАУ с 90-х годов ведутся работы по исследованию и разработке систем отопления печей с применением малогабаритных шариковых регенераторов. В 2000 г. была построена и испытана первая в Украине опытная нагревательная печь камерного типа, оборудованная системой регенеративных горелок с насадкой, состоящей из корундовых шариков диам. 20 ± 5 мм [6]. Испытание печи проводили совместно с представителями металлургических предприятий и ведущих проектных институтов Украины. Экономия природного газа от применения регенеративного отопления составила более 40 % при степени регенерации теплоты, равной 0,83.

В 2002 г. был выполнен рабочий проект реконструкции закалочной печи с выкатным подом для комбината "Криворожсталь", в котором предусматривалось применение горелок с шариковыми регенераторами. Расчетная экономия топлива составляет 28 %. Максимальный расход природного газа по проекту снижается с 320 до 240 м³/ч. Срок окупаемости за счет экономии природного газа в ценах 2001 г. при условии работы печи 330 сут. в год составляет 0,5 года. В проекте было использовано разработанное в НМетАУ пилотно-запальное устройство новой конструкции.

Ряд работ кафедры направлен на перевод нагревательных колодцев на регенеративную систему отопления. Теплота отходящих дымовых газов в колодцах с отоплением из центра подины конструкции Сталь-проекта утилизируется в керамических рекуператорах для нагрева воздуха и металлических – для газообразного топлива. Основным недостатком керамических рекуператоров является их малая газоплотность. Известно, что утечка воздуха в них составляет 50 % и более, вследствие чего тепловая мощность уменьшается более чем в 2 раза. Температура подогрева воздуха между капитальными ремонтами колодцев снижается до 450–500 °С при проектном значении 850 °С, а также затрудняется регулирование соотношения топливо – воздух. В ходе эксплуатации рекуператоры засоряются шлаком и пылью, что приводит к их периодической полной замене. В результате неудовлетворительной работы рекуператоров происходит перерасход топлива на нагрев слитков, что увеличивает расходы на передел и себестоимость проката. Таким образом, типовые керамические рекуператоры не соответствуют современным требованиям по энергосбережению, и их работу следует считать неудовлетворительной.

Применение регенеративных горелок в колодцах, отапливаемых из центра подины, связано с фундаментальной реконструкцией рабочего пространства и дымовоздухопроводов. Размещение горелок в боковых стенках приводит к уменьшению емкости колодца, что сводит эффект от применения такой системы отопления к нулю.

По проекту кафедры ТЭМП в 2003–2004 гг. на комбинате "Криворожсталь" в рекуперативном колодце с отоплением из центра подины трубчатые керамические рекуператоры были заменены на малогабаритные с насадкой, состоящей из корундовых шариков [7]. Колодцы отапливаются коксодоменным газом с теплотой сгорания 8,2–8,4 МДж/м³. Максимальный расход топлива составляет 2100–2200 м³/ч. При такой теплоте сгорания для нагрева воздуха можно использовать до 70 % объема дымовых газов.

Отличие системы отопления регенеративного колодца [8, 9] заключается в том, что вместо двух горелок используется одна, расположенная в центре пода (рисунок) и работающая без отключения. Это дало возможность отказаться от газовых перекидных клапанов и запальных горелок. В горловине горелки расположены два канала, которые разделяются герметичной стенкой. Каждый из каналов соединяется с отдельным регенератором и служит поочередно для подачи воздуха и отвода дыма. Конструкция сопла газовой горелки и горловины создает условия для объемного сжигания топлива, которые в сочетании с реверсом и рециркуляцией печных газов обеспечивают более равномерный нагрев слитков [10]. Предложенное решение обладает теми же преимуществами, которые присущи регенеративным горелкам, и позволяет глубоко утилизировать теплоту уходящих дымовых газов. Температура дыма за регенераторами не превышает 200 °С. В предложенной системе отопления предус-

мотрена очистка дымовых газов от пыли и шлака [9]. Для переключения регенераторов с дыма на воздух и обратно служит один перекидной клапан, оборудованный специальным устройством для самоочистки его рабочих поверхностей от пыли. Применение такого клапана позволило отказаться от большого числа перекидных устройств классической системы отопления. В результате реконструкции существенно снижены затраты на холодные ремонты, связанные с заменой керамических рекуператоров.

Регенеративный нагревательный колодец был введен в эксплуатацию в мае 2004 г. Балансовые испытания показали, что расход условного топлива при нагреве слитков горячего посада с жидкой сердцевиной (910 – 930 °С) составил 12 кг/т по сравнению с 18 кг/т для рекуперативных колодцев.

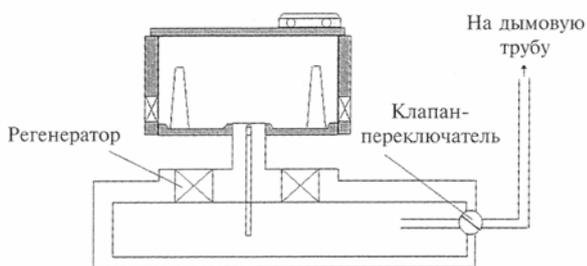


Схема регенеративной системы отопления нагревательного колодца

По результатам работы нагревательного колодца с шариковыми регенераторами сделаны следующие выводы: благодаря объемному сжиганию топлива, реверсу и рециркуляции газов отсутствует перепад температур по высоте камеры, который характерен для рекуперативных колодцев с отоплением из центра подины; в связи с выравниванием температуры в колодце жидкий шлак из ячеек удаляют при 1340 – 1350 °С, что ниже, чем в рекуперативных колодцах; условия службы и износа огнеупорной футеровки стен, крышки и подины не ухудшились, выработка не превышает средние показатели рекуперативных колодцев цеха; сопротивление насадки за время эксплуатации не изменилось, т. е. она не заносится пылью, этот вывод подтвердился после вскрытия камер и исследования корундовой шариковой насадки, регенераторы не нуждаются в ремонте или промывке шариков; благодаря выравниванию температуры уменьшились общая продолжительность нагрева, время пребывания слитков при высокой температуре и угар металла, что подтверждено результатами исследований теплотехнической лаборатории комбината; надежно работают перекидной дымовоздушный клапан конструкции кафедры ТЭМП НМетАУ и система автоматической перекидки, основанная на микропроцессорном блоке автоматического управления; температура подогрева воздуха в шариковых регенераторах колодца превышает 1000 °С, в результате коэффициент использования теплоты топлива увеличился с 0,55 до 0,75; экономия топлива в реконструированном колодце в среднем составила 30 %, срок окупаемости – 1 год, восстановление газовых рекуператоров позволит получить дополнительную экономию топлива; за 1,5 года эксплуатации возврата слитков на догрев не было, токовые

нагрузки в клетях прокатного стана находятся в допустимых пределах.

Заключение

Перевод на регенеративную систему отопления рекуперативного нагревательного колодца комбината "Криворожсталь" позволил отказаться от неэффективно работающих и дорогих в ремонте керамических трубчатых рекуператоров. В результате уменьшились: расходы на холодные ремонты колодца, удельный расход условного топлива в среднем на 30 %, или 6 кг/т продолжительность нагрева слитков и угар металла. Срок окупаемости затрат на реконструкцию составил 1 год. Эксплуатация первого в Украине и СНГ нагревательного колодца с шариковыми регенераторами показала высокую работоспособность насадки, дымовоздушного клапана и системы автоматического управления перекидкой, а также другого оборудования и огнеупорных элементов. Предложенные технические решения существенно повысили надежность эксплуатации колодца.

Библиографический список

1. Шульц Л. А. Элементы безотходной технологии в металлургии. – М.: Металлургия, 1991. – 174 с.
2. Губинский В. И. Металлургическая теплотехника на пороге столетий // Современные проблемы металлургии : сб. науч. тр. – Днепропетровск : Системные технологии, 1999. Вып. 1. С. 197 – 207.
3. Губинский В. И. Актуальные задачи реконструкции нагревательных печей // Металлургическая теплотехника : сб. науч. тр. в двух книгах. Кн. 1. – Днепропетровск : Пороги, 2005. С. 149 – 156.
4. Сезоненко Б. Д., Орлик В. Н., Алексеенко В. В. Повышение эффективности использования природного газа при отоплении промышленных печей регенеративными горелками // Экология и ресурсосбережение. – 1996. – № 1. – С. 14 – 18.
5. Губинский В. И., Еремин А. О. Применение регенеративных горелок в промышленных печах с целью энергосбережения // Изв. вузов. – Энергетика. – 2001. – № 5. С. 50 – 58.
6. Затоляев Г. М., Еремин А. О. Теплотехническое испытание нагревательной печи с регенеративными горелками // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. – № 3. – С. 85 – 87.
7. Губинский В. И., Еремин А. О. и др. Работа нагревательного колодца с шариковыми регенераторами // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. – № 1. – С. 103 – 105.
8. Патент 42445 А Украина. Регенеративный нагревательный колодец / В.И. Губинский, А.В. Сокуренок, Н.М. Омес и др. // Офиц. бюл. Промышленная собственность. – 2001. – № 9.
9. Патент 61495 А Украина. Нагревательный колодец с шариковыми регенераторами / А. В. Сокуренок, В. А. Шеремет, А. В. Кекух и др. // Офиц. бюл. Промышленная собственность. – 2003. – № 11.
10. Еремин А. О. Промышленная эксплуатация регенеративного нагревательного колодца 11-1 комбината "Криворожсталь" // Металлургическая теплотехника : сб. науч. тр. в двух книгах. – Кн. 1. – Днепропетровск : Пороги, 2005. – С. 214 – 221.