

РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ГОРЕЛОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕЧЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Э. ЧАПОВЕЦ, Х. КРАММЕР, Й. ГАЙДИЕС*

Применение регенеративных горелочных систем в нагревательных печных агрегатах непрерывного действия в черной металлургии и кузнечном производстве апробировано на практике в течение многих лет. Вследствие значительной экономии энергии при большой потребляемой мощности и непрерывном режиме работы применение подобных систем приносит положительный эффект. При периодическом режиме функционирования нагревательных агрегатов, в частности в кузнечном производстве, подобная система экономически неэффективна из-за прерывистости процесса и ситуации с затратами. Благодаря дальнейшему совершенствованию комбинации «горелка—регенератор—управление» была разработана система, которая с учетом роста цен на газ и требований по сокращению вредных выбросов могла обеспечить эффективную эксплуатацию подобной системы, в том числе и при периодическом функционировании нагревательного агрегата. Ниже приводится описание решений на кузнечных производствах компаний Saarschmiede и Böhler Edelstahl.

Ключевые слова: горелочные системы, плоскостламенная горелка, печное давление, регенеративная система, нагревательный печной агрегат.

Результатом постоянно растущих требований к оптимизации нагревательных агрегатов стало улучшение их экономичности: расход энергии оптимизирован, уменьшилась величина потребляемой мощности, принимая во внимание выбросы CO₂. На этом фоне все активнее обсуждалась тема использования регенеративных горелочных систем, в том числе и при периодическом режиме функционирования нагревательных агрегатов (рис. 1).

Применение регенеративных систем

Расчет системы в печах, функционирующих в периодическом режиме, в том числе при использовании подобной системы нагрева в кузнечных печах с выдвигным подом или камерных печах, необходимо было проверить самым тщательным образом, так как при эксплуатации подобного агрегата, в отличие от функционирующей в непрерывном режиме печи, существенно снижается потребление мощности, и именно в период выдержки необходима оптимизация управления регенеративной системой.

Агрегат непрерывного действия функционирует в диапазоне потребления мощности примерно



Рис. 1. Плоскостламенные горелки

* Инж. Э. Чаповец, руководитель направления ВС; дипл. инж. Х. Краммер, инженер по сбыту; дипл. инж. Й. Гайдиес, ведущий инженер проекта EMSR, компания Andritz Maerz GmbH, Дюссельдорф; erwin.tschapowetz@andritz.com

80–85 %, а для кузнечной печи периодического действия данная величина варьируется в диапазоне 25–35 % (рис. 2).

Это означает, что экономичность агрегата вследствие существенно более высокого предварительного нагрева воздуха до 150 °С ниже температуры печи можно пересчитать только через это уменьшенное подключение газа в течение года и, как следствие, значительно меньшую экономичную энергоносителя, относенную к величине потребляемой энергии (рис. 3).

Особенно в современных кузнечных печах и при использовании все более качественных материалов и, как следствие, режимов эксплуатации печных агрегатов с фазами выдержки при температурах 300/500/600/700 °С с последующим медленным нагревом и повторными выдержками при температурах выдачи средний расход газа по отношению к величине потребляемой мощности еще больше уменьшается.

Еще несколько лет назад компания Andritz Maerz GmbH совместно с компанией Kind & Co. установила кузнечную печь с импульсными горелками с системой предварительного подогрева воздуха, причем и в этом случае не удалось оптимизировать ситуацию с затратами, утилизацией тепла и, как следствие, амортизацией капитальных вложений.

Предварительный нагрев воздуха до высокой температуры можно было подтвердить при применении регенеративной системы в практических условиях эксплуатации печного агрегата с полной нагрузкой, а при его эксплуатации с частичной нагрузкой необходимо было минимизировать снижение температуры предварительного подогрева воздуха и, как следствие, теплотехнического КПД, что достигается с помощью оптимальной изоляции регенератора, а так-

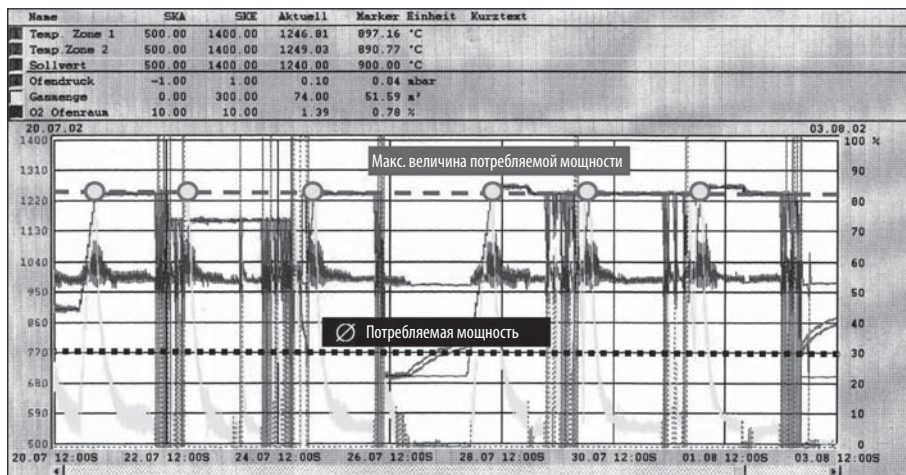


Рис. 2. Средний расход газа кузнечной печи, регистрация в течение недели эксплуатации

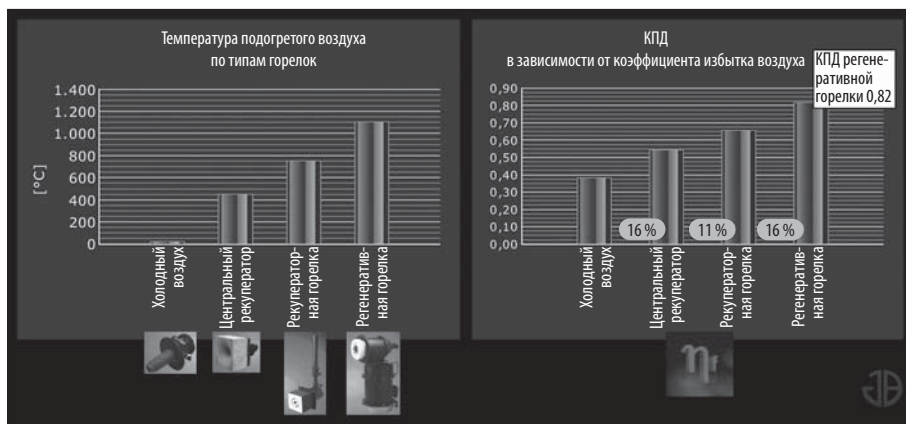


Рис. 3. Теплотехнический КПД в сравнении: горелки на холодном воздухе, с рекуператором, с регенератором

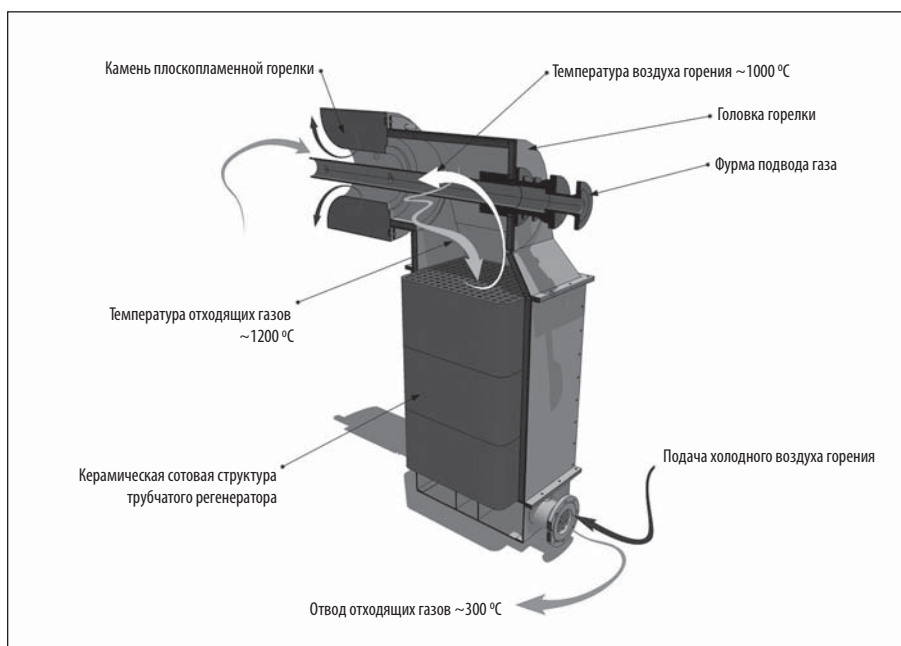


Рис. 4. Изображение регенеративной плоскопламенной горелки

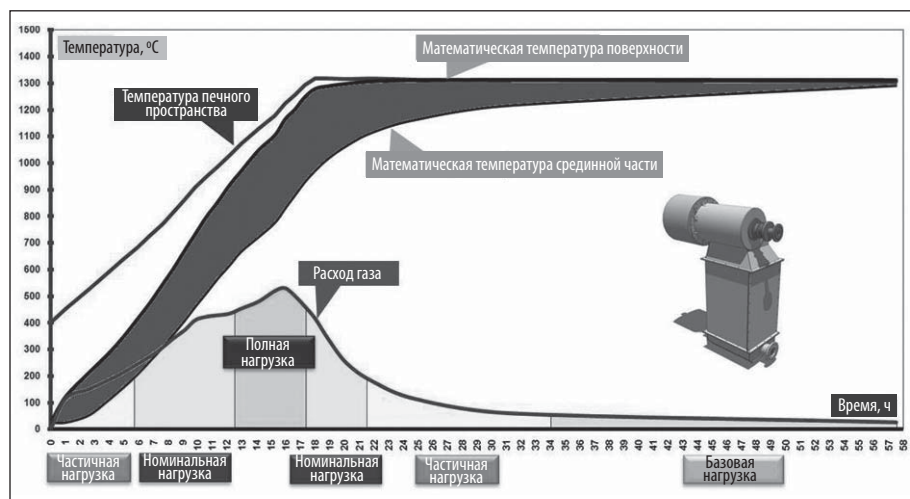


Рис. 5. Количество топлива во время процесса нагрева

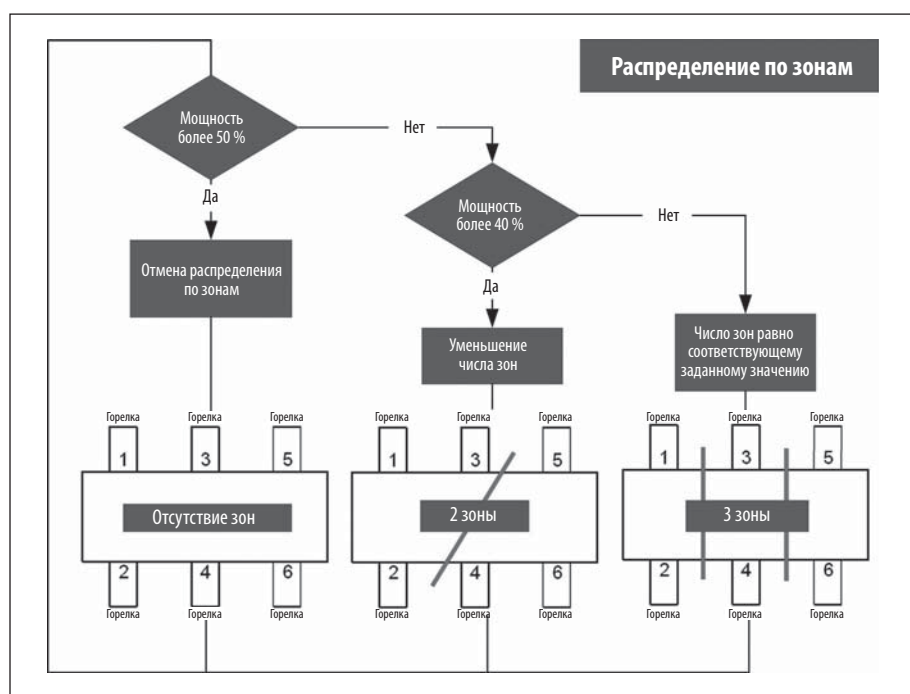


Рис. 6. Распределение энергии по зонам

же соответствующей настройкой в так называемой системе регулирования AM-Regtakt.

Другая причина очень высоких инвестиционных затрат при применении регенеративной системы заключалась в том, что на практике при высоких требованиях к достижению равномерного распределения температуры, особенно за пределами зоны излучения, необходимо устанавливать почти в два раза больше горелок (всегда в работе находятся лишь 50 % горелок) для достижения равномерного нагрева по всей длине печного агрегата.

Применение плоскопламенных горелок. Важный аспект нововведений — использование плоскопламенных горелок в комбинации с регенератив-

ной системой. Уже в течение нескольких лет в кузнечном производстве предпочтение отдается плоскопламенным горелкам для предотвращения перегрева высококачественного материала.

Имеющиеся на рынке регенеративные горелочные системы в основном были ориентированы на использование импульсных горелок, чаще всего с достаточно большой величиной потребляемой мощности. В связи с этим компания Elster GmbH (ранее Elster Kromschroder) совместно с Институтом производственных исследований Общества немецких металлургов (BFI, Дюссельдорф) и компанией Saarschmiede разработала регенеративную систему для применения в комбинации с соответствующими плоскопламенными горелками с последующей ее апробацией на практике.

Кроме того, компания Elster GmbH и институт BFI разработали горелки и выполнили проектирование регенераторов. Компания Andritz Maerz выполнила работы по вводу в эксплуатацию соответствующих агрегатов, оптимизации измерительных, регулирующих и управляющих устройств печи, а также управлению регенеративной горелочной системы в производственном цикле (рис. 4).

Благодаря проводимым ранее работам по совершенствованию и использованию подобных систем на агрегатах компаний Saarschmiede и Böhler Edelstahl (Капфенберг) удалось внедрить описанную выше систему и проверить ее в практических условиях эксплуатации печного агрегата.

При соответствующей модернизации оснащаемых центральным рекуператором агрегатов можно внедрить и систему регулирования AM-Regtakt.

Система регулирования AM-Regtakt

Данная система в зависимости от установочных параметров в рамках общей системы управления ре-

шает задачу зонального и парного распределения горелок.

Это означает, что при больших установочных параметрах печь эксплуатируется только с перекрывающим по зонам управлением по нагрузке. Для небольших печей применяется перекрывающее по зонам тактовое управление, обеспечивающее «синхронизацию» работы горелок в различных зонах, что позволяет исключить «случайное» включение или выключение двух горелок и обеспечивает оптимальное распределение тепла в печном пространстве (рис. 5).

Горелки могут отводить отходящие газы (более чем от одной горелки). В зависимости от объема отходящих газов неработающие горелки производят вытяжку с различной интенсивностью (вытяжка осуществляется в две стадии и давление адаптируется к соответствующему объему отходящих газов) (рис. 6).

Кроме того, проводится мониторинг нагрузки каждой горелки (температура отходящих газов после регенератора), вследствие чего удается оптимальным образом использовать энергию тепла регенератора. Одновременно это позволяет предотвратить перегрев системы отвода отходящих газов.

При малых установочных параметрах восстанавливается зональное деление печи («квазипарная эксплуатация», т. е. горелка производит вытяжку отходящих газов активной горелки). Тем самым можно добиться точного температурного режима.

Для максимального извлечения энергии проводится адаптация как времени горения, так и собственно мощности горелки к соответствующим производственным условиям (рис. 7).

Преимуществом подобного производственного режима является возможность варьирования мощности горелок в зависимости от рассогласования регулирующих значений. В результате тактовое управление находится в подчиненном положении по отношению к регулированию по

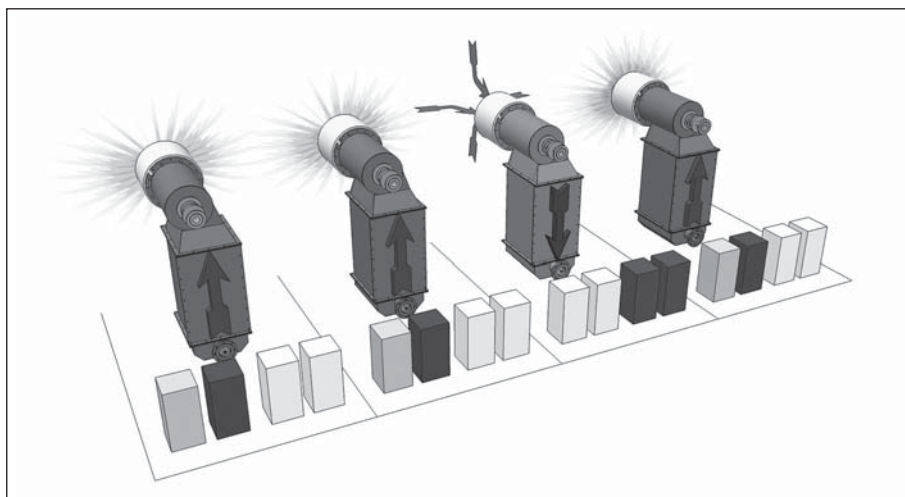


Рис. 7. Система AM-Regtakt

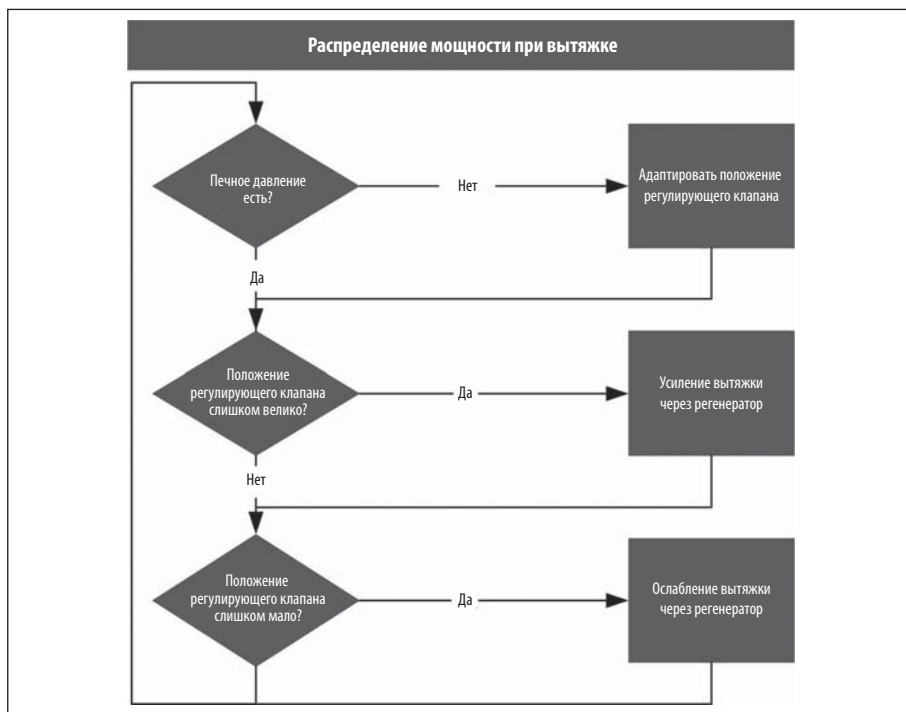


Рис. 8. Взаимосвязи в системе вытяжки

мощности. Это приводит к тому, что при потребности в меньшей нагрузке каждая отдельная горелка функционирует в течение более продолжительного времени и, как следствие, подвергается более длительному действию нагрузки. Благодаря оптимизированной последовательности горелок снижаются потери энергии в регенераторе (рис. 8).

Прошлый опыт показал, что опасения высоких затрат на обслуживание регенераторов не подтвердились. Отсутствовали также отложения на керамических частях регенератора. Обслуживание ограничивается только проверкой электродов зажигания (запальные горелки), а также визуальным контролем газовой фурмы на предмет ее повреждения.



Рис. 9. Камерные кузнечные печи компании Böhler Edelstahl в Капфенберге

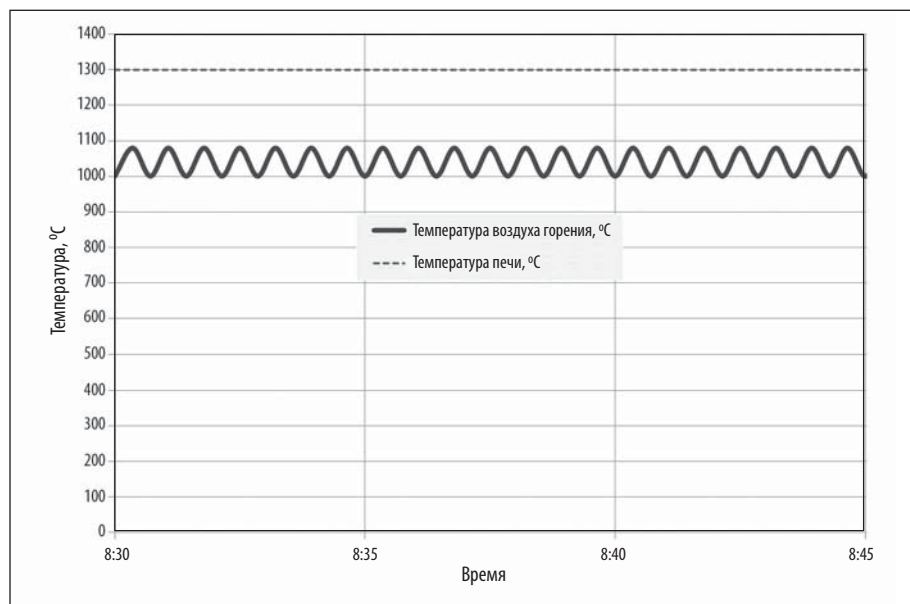


Рис. 10. Температура воздуха горения при полной нагрузке

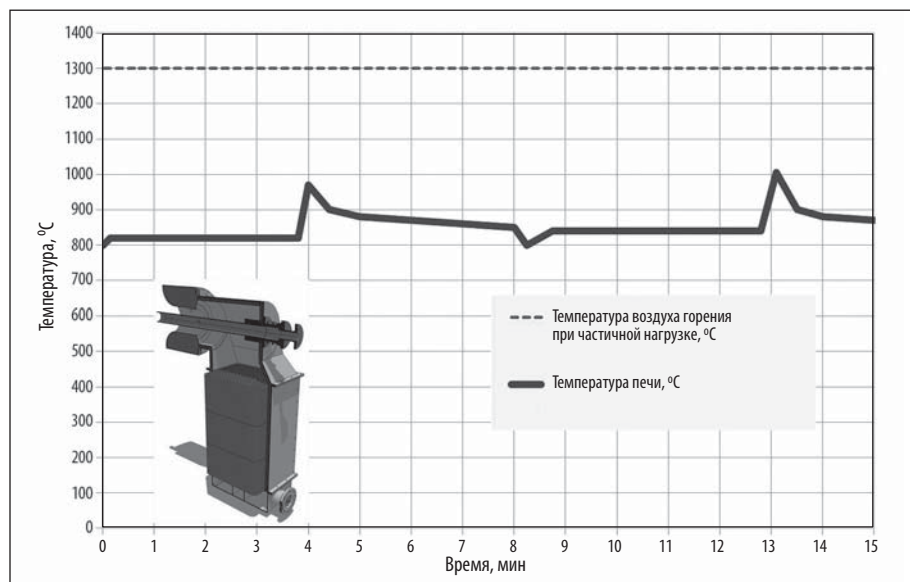


Рис. 11. Температура воздуха горения при частичной нагрузке

Производственный опыт

Таким образом, можно отметить, что именно во введенных в эксплуатацию в 2010–2012 гг. агрегатах, для которых было закуплено более 100 подобных регенеративных систем, были подтверждены на практике приведенные ниже преимущества.

В последние годы в компании Böhler Edelstahl две кузнечные камерные печи были оснащены регенеративной системой с соответствующими плоскопламенными горелками. Два года ранее были поставлены две камерные печи с центральным рекуператором, что позволило провести точное сравнение расхода энергии, так как агрегаты имели одинаковое исполнение (рис. 9).

Компания Böhler Edelstahl провела соответствующие испытания, в ходе которых печи эксплуатировались при одинаковой загрузке материалом и идентичном температурном режиме. Результаты испытания показали, что экономия энергии по сравнению с рекуператорным режимом эксплуатации составила более 30 %.

Между тем компания Böhler Edelstahl установила еще три новые кузнечные

печи с выдвижным подом, оснащенных соответствующими регенеративными системами. Два агрегата уже введены в эксплуатацию. И в этом случае была подтверждена экономия энергии.

На основании положительных результатов, в том числе в период выдержки, а также при пониженном подводе топлива, компания Böhler Edelstahl разместила заказ на поставку еще двух печей с выдвижным подом для гомогенизирующего отжига стальных слитков. Таким образом, большая часть работы печи происходит при повышенных температурах в течение длительного периода времени выравнивания температуры и чрезвычайно низком подводе топлива. Именно при этом режиме с помощью установленной системы регулирования AM-Regtakt подтверждается возможность утилизации тепла в этом же процент-

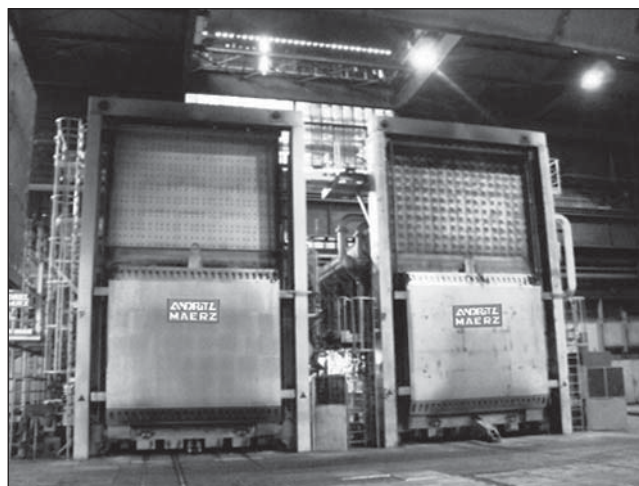


Рис. 12. Две кузнечные печи с выдвижным подом: регенеративная (слева) и традиционная (справа)

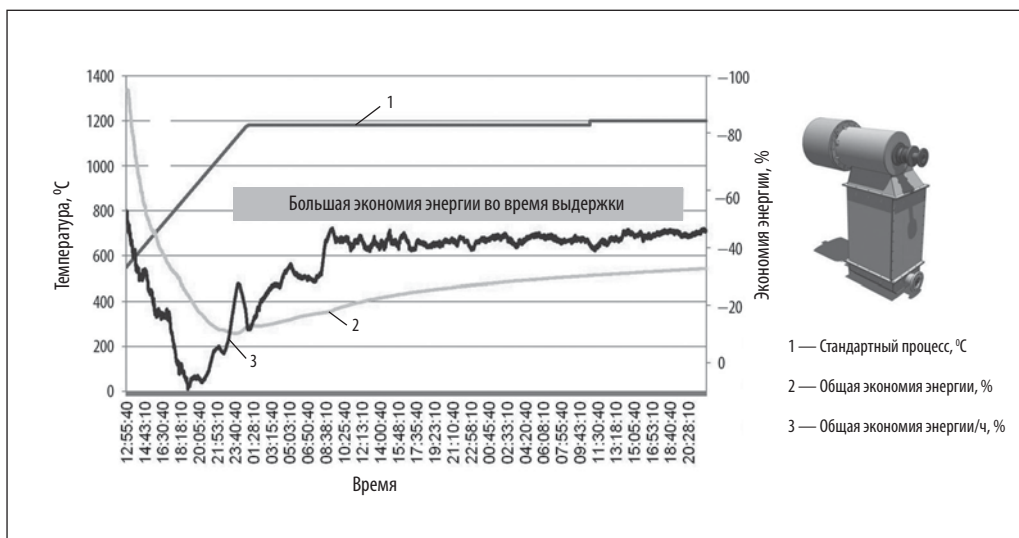


Рис. 13. Регенеративная система нагрева, оценка

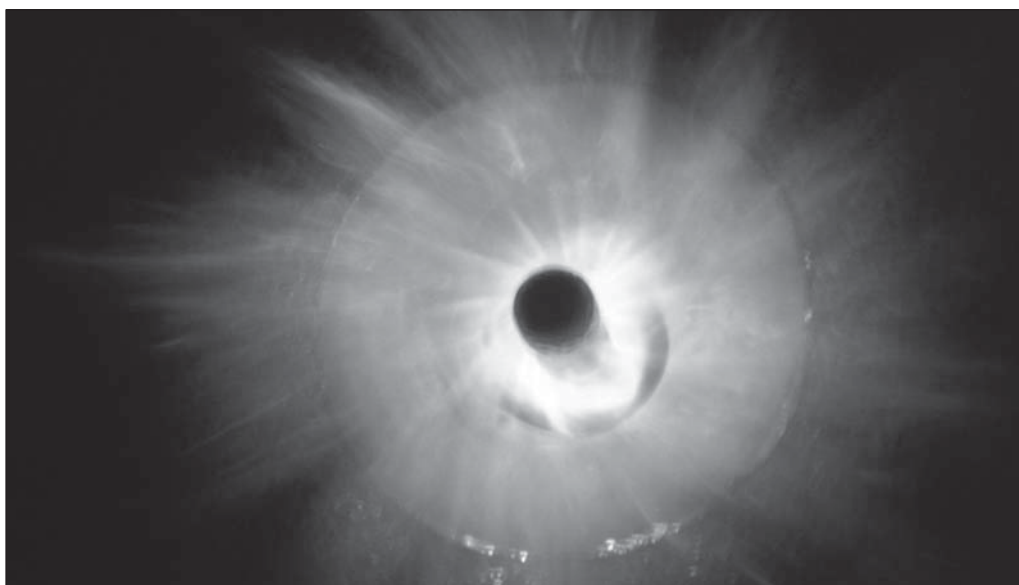


Рис. 14. Пламя регенеративной горелки

ном соотношении, так как температуру сжигания воздуха можно выдерживать в очень широком диапазоне (рис. 10, 11).

Базовая идея

Подобная регенеративная система с системой регулирования AM-Regtakt проектируется таким образом, чтобы извлечь максимально возможное количество энергии из отходящих газов, оптимальным образом адаптировать время горения и загрузки и снизить скорости потоков в регенераторе. Важный фактор — постоянная гарантия поддержания оптимального положительного давления в печи.

Регулирование печного давления, удаление отходящих газов из регенератора, защита регенератора

Давление в печном пространстве, которое необходимо постоянно поддерживать в положительной зоне, регулируется за счет вытяжки подводимого количества воздуха и газа. Это означает, что объем удаляемого газа на горелке необходимо адаптировать к соответствующему количеству образующихся отходящих газов, что реализуется через специальную заслонку в трубопроводе отходящих газов регенератора. Очевидно, что при этом регулировании проверку и защиту регенера-

тора необходимо согласовать с соответствующими производственными условиями. При этом максимальная температура отходящих газов после регенератора не должна превышать 450 °С (рис. 12, 13).

Печной агрегат с системой регулирования AM-Regtakt

Горелки устанавливаются в боковой стенке и своде печи. На рис. 14 приведено изображение плоскопламенной горелки, спроектированной на максимальную потребляемую мощность. Ограничение по мощности накладывает соответствующее тактовое управление. Горелка оснащена необходимой арматурой для подвода газа и воздуха, а также соответствующими устройствами контроля. Регулирование соотношения газ/воздух осуществляется в пневматической системе. Как было отмечено ранее, управление температурным режимом печного агрегата проводится по заранее заданным зонам регулирования с помощью программируемого регулятора. Как уже упоминалось, регулирование давления печного пространства — важный фактор оптимального управления работой печи, которое реализуется через вытяжку отходящих газов с помощью горелки. Горелка включается только в нижнем диапазоне мощности в парном режиме эксплуатации. В противном случае имеет место перекрывающая по зонам вытяжка отходящих газов. ЧМ

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

REGENERATIVE BURNER SYSTEMS FOR PERIODICAL FURNACES

Tschapowetz E.¹, Eng., Head of BC direction

Krammer H.¹, Mag. Eng., Sales Engineer

Geidies J.¹, Sr. Engineer of EMSR Project

¹ Andritz Maerz GmbH (Düsseldorf, Germany)

E-mail: erwin.tschapowetz@andritz.com

Abstract: Usage of regenerative burning systems in the periodical heating furnaces at iron and steel works and in forging production has been practically tested for many years. Practical application of such systems is connected with real positive effect, as a result of essential power saving in the cases of large consumed energy and for continuous technological routes. Periodical procedure of operation of heating furnaces, e.g. in forging shops, such system was not efficient due to discontinuity of the process and arising large expenses.

Therefore, additional improvements in “burner — regenerative chamber — management” combination helped to develop the system able to provide efficient operation in different technological procedures and taking into account rise of gas prices and harsh requirements in the field of cutting harmful emissions. The paper describes technical solutions developed and put into practice at forging production facilities of Saarschmiede and Böhler Edelstahl. Usage of regenerative systems and flat-flame burners by Andritz Maerz GmbH is observed; the company has developed AM-Regtakt adjusting system that solves the problem of zonal and pair distribution of burners, depending on setting parameters in the framework of total control and managing systems. Industrial experience has been generalized and analyzed for execution of the following orders.

Key words: burner systems, flat-flame burners, furnace pressure, regenerative system, heating furnaces, forging plants.