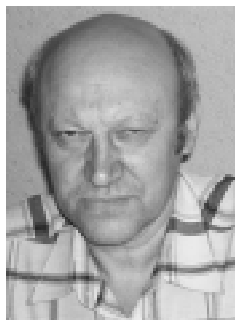


Разработка и внедрение современной ресурсосберегающей технологии обжига электродных изделий в камерных печах

С.В. Сошкин, А.Л. Рутковский, Г.С. Сошкин



Д.т.н., зам дир по научн. раб.
НПК «Югцветавтоматика»
С.В. Сошкин



Д.т.н., профессор
СКГМИ(ГТУ)
А.Л. Рутковский



Студент СКГМИ
(ГТУ)
Г.С. Сошкин

Процесс обжига электродных заготовок оказывает решающее влияние на эксплуатационные свойства готовой продукции при условии соблюдения рецептуры и режима прессования. Технико-экономические показатели, оценивающие работу обжиговых печей, включают: производительность по качественной обожженной продукции и удельные затраты на единицу массы продукции. Достижение ряда качественных показателей, таких как: удельное электросопротивление, предел прочности на сжатие, пористость, плотность – определяются скоростью нагревания заготовок, обеспечивающей оптимальные скорости газовыделения и низкие напряженности поверхности заготово. Оптимальный график температуры обжига электродных заготовок для изделий различного диаметра и профиля определяется как на основании изучения процессов происходящих при обжиге, так и по статистическим результатам долговременной эксплуатации обжиговых печей. Температура газовой фазы под сводом камеры коррелирует с температурой в теле заготовки, а скорость ее изменения определяет температурный градиент между периферией и центром заготовки, а также динамику газовыделения и формирование структуры коксовой решетки.

На Новочеркасском электродном заводе в мае 2004 года в промышленную эксплуатацию запуще-

на современная 30-камерная узкокассетная печь с производительностью, в 1,8 раза превышающей печи старой конструкции (рис.1).



Рис. 1. Общий вид обжиговой печи с элементами.

Для этой печи выполнена разработка, наладка и запуск АСУТП, реализующей основные функции, обеспечивающие надежное управление технологическим процессом обжига электродной продукции.

Отличительной особенностью системы является применение инжекционных горелок, работающих в импульсном режиме при давлении в 12–16 кПа. Основной задачей системы управления в этом случае является поддержание с высокой точностью заданного графика подъема температуры газовой фазы

в камерах печи за счет изменения частоты и длительности импульсов подачи газозвушной смеси в газовые горелки.

Технически решение этой проблемы возлагается на контур управления, включающий центральный процессор, датчики и нормирующие преобразователи температуры, микроконтроллерный регулятор, электромагнитные клапана и инжекционные горелки.

Подача топлива осуществляется при помощи 5-ти инжекционных горелок ИГК 1-15, установленных каждая напротив своей кассеты. Горение топлива производится в огневых шахтах, а не непосредственно над засыпкой материала, как на других печах. Сжигание топлива происходит в импульсном режиме, при этом газ подается на сопло горелки, при существующем в магистрали давлении, с высокой частотой и регулируемой длительностью импульсов [1]. Исполнительными органами служат электромагнитные клапаны ЭПК 1/7, разработки НПК ЮгЦМА. Клапаны работают с достаточно высокой частотой, при которой изменение давления перед соплом за каждый цикл равно давлению магистрали. Высокая точность и дискретность включения элетроклапанов позволяют иметь линейную расходную характеристику и, вследствие этого, точное поддержание заданной температуры. Управление клапанами осуществляют микроконтроллерные регуляторы расхода газа одновременно для 5-ти горелок. Соотношение газ-воздух поддерживается автоматически и регулируется изменением положения регулятора расхода воздуха горелки ИГК. Инжекция воздуха, необходимого для оптимального сгорания газа, происходит в моменты импульса газового потока и определяется давлением газа перед соплом и длительностью импульса. Таким образом обеспечивается требуемая кратность инжекции подсасываемого воздуха и скорость вылета газо-воздушной смеси из кратера горелки.

Система также включает в себя все необходимые средства автоматической световой, звуковой сигнализации и блокировок для обеспечения безопасности работы газового хозяйства, включая отсечки по погасанию факела.

Система управления двухуровневая. Технически на нижнем уровне – микропроцессорные регуляторы расхода газа, датчики и преобразователи. На верхнем уровне используется 14-сло-

товый промышленный контролер фирмы Prosoft - RK-610 с процессорной платой PICMG Pentium 4 – 2,4 ГГц .

Для ввода аналоговых и дискретных сигналов с датчиков используются ISA адаптер 32SE и ISA адаптер 64 DI с гальванической изоляцией. Связь верхнего уровня с нижним осуществляется по последовательному интерфейсу RS – 485 с использованием стандартного протокола MODBUS через модуль интерфейса PCL – 740 со скоростью 19 200 бит/с.

Микроконтроллерные регуляторы производят сбор информации о времени обжига, измеряют температуру обжига, фиксируют количество горелок, подключенных на конкретном своде, формируют управляющие импульсы для элетроклапанов подачи газа, индицируют на индикаторах в цифровой форме параметры, обеспечивают дистанционный и автоматический режим управления, осуществляют обмен информацией с центральным процессором по протоколу MODBUS. Поддержание заданного температурного графика обжига осуществляется как в режиме дистанционного управления от микроконтроллеров, так и в режиме непосредственного цифрового управления от ЭВМ верхнего уровня. Заложенный в программу управления алгоритм изменения частоты и длительности подачи порций топлива позволяет поддерживать необходимую по времени температуру газовой фазы в пределах ± 5 градусов.

Верхний уровень АСУТП обеспечивает визуализацию процесса обжига на мониторе компьютера, предоставляя оперативному персоналу мнемосхему печи, тренды основных параметров по каждой ка-

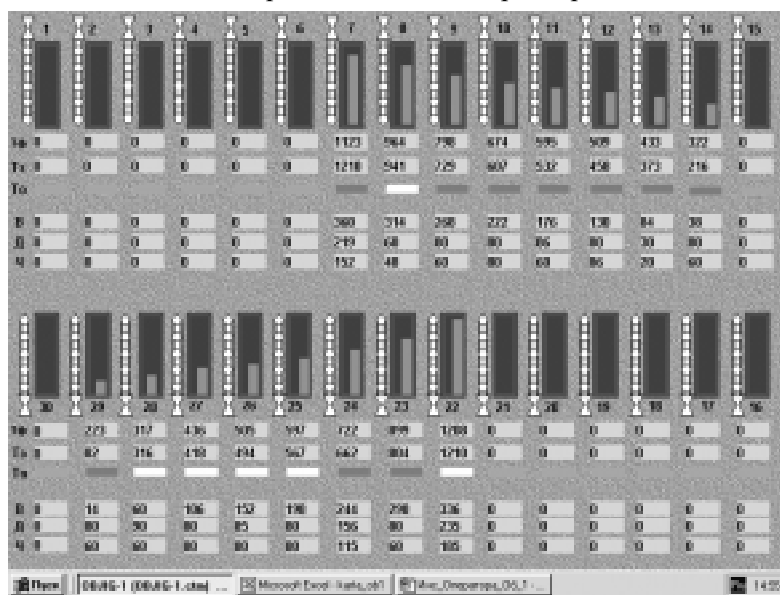


Рис. 2. Мнемосхема 30-камерной кольцевой обжиговой печи.

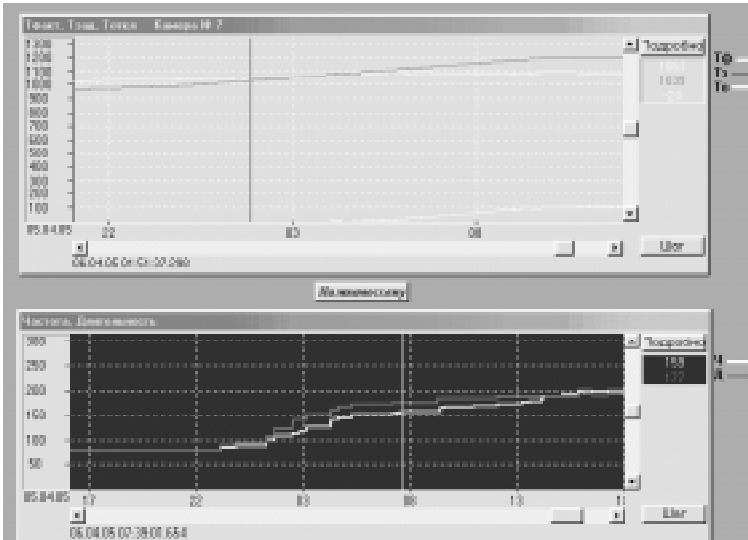


Рис. 3. Тренды технологических параметров обжига электродов.

мере (рис. 2,3). Информация о ходе технологического процесса обжига отображается на 17-дюймовом мониторе, встроенном в стойку управления.

На экране монитора представлено технологическое состояние каждой из 30 камер печи.

Оператор печи имеет, в режиме реального времени, представление о заданном температурном графике обжига по каждой камере (Тз) и фактическое значение поддерживаемой температуры в камере (Тф). Ему также предоставляется информация о значениях управляющих параметров (Д, Ч), текущем времени обжига (В) и состоянии поддержания температурного графика (То). Отклонение от графика обжига на мнемосхеме отображается в соответствующей цветовой гамме.

Кроме мгновенных текущих значений параметров обжига, технологическому персоналу выдаются тренды параметров, что позволяет контролировать ход всего процесса обжига. На отдельном экране оператору предоставляется приборная панель контроля вспомогательных параметров: давление природного газа, разрежение перед дымососом, температура дымовых газов на различных участках борова.

Для оперативного изменения графика обжига или его отдельных участков при переходе на иной вид обжигаемой продукции предусмотрен режим гибкого изменения графика работы печи (рис. 4).

Организация связи по DDE между ТМ 5.09 и Excel позволила формировать значительную по объему и функ-

ционирующую в режиме реального времени базу данных, на основе которой формируются рапорта обжига – температурные карты (рис. 5).

Программное обеспечение АСУТП разработано с помощью SCADA системы TRACE MODE 5.09 фирмы AdAstra и функционирует под управлением монитора реального времени ТМ.

Внедрение обжиговой узкокасетной многокамерной кольцевой печи, использующей современные теплоизоляционные материалы и автоматизированную систему управления позволило сократить расход топлива до 50 % по сравнению с традиционными печами, достигнуть удельный расход топлива на тонну

обожженной продукции 0,09 т.у.т., что практически не уступает аналогичным показателям ведущих мировых производителей, имеющих аналогичный показатель равный 0,14 т.у.т. График изменения расхода топлива при обжиге представлен на рис. 6.

Статистическая обработка данных экспериментальных замеров позволила определить зависимость температуры газовой фазы в камере от расхода газа в процессе обжига. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$T_{г.ф.} = 619,741 - 39,374 * x + 3,68 * x^2 - 0,088 * x^3 + 0,001 * x^4, \quad (1)$$

где: x – расход газа.

Полученная зависимость позволяет сравнивать реальные расходы газа по всем камерам с теоретически определенным графиком расхода топлива и оцени-

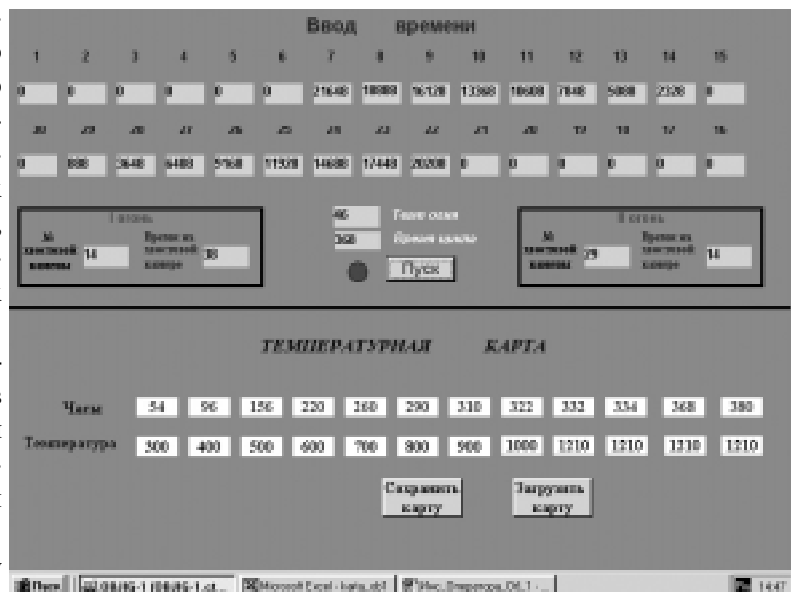


Рис. 4. Экран пользователя для задания температурного и временного графика обжига.

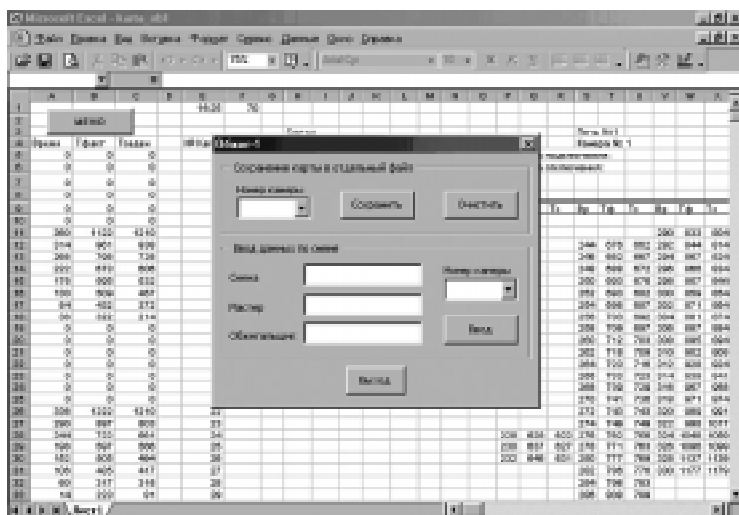


Рис. 5. Фрагмент рапорта обжига – температурной карты для одной камеры.

вать состояние камеры. Расход газа на тонну обожженной продукции при конечной температуре обжига 1200°C составляет 5,2 ГДж для графитированных изделий, что на 2,3 ГДж меньше, чем для рядовой печи.

Важнейшим фактором также явилось значительное снижение перепада температуры в изделиях по высоте камеры, которое для нового варианта подачи и сжигания топлива существенно сократилось (на 70–90 °) по сравнению с традиционными печами обжига.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и внедрена современная высокоэффективная АСУТП обжига электродных изделий в камерных печах. В разработке использован наиболее прогрессивный импульсный способ сжигания топлива, обеспечивающий совместно с техническими и программными средствами российского производства высокое качество обожженной электродной продукции с минимальными затратами на процесс.

Применение такой системы целесообразно на предприятиях строительной отрасли при обжиге кирпича, на предприятиях, применяющих технологии обжига чугуна и другие технологии, использующие для получения тепла сжигание природного газа.

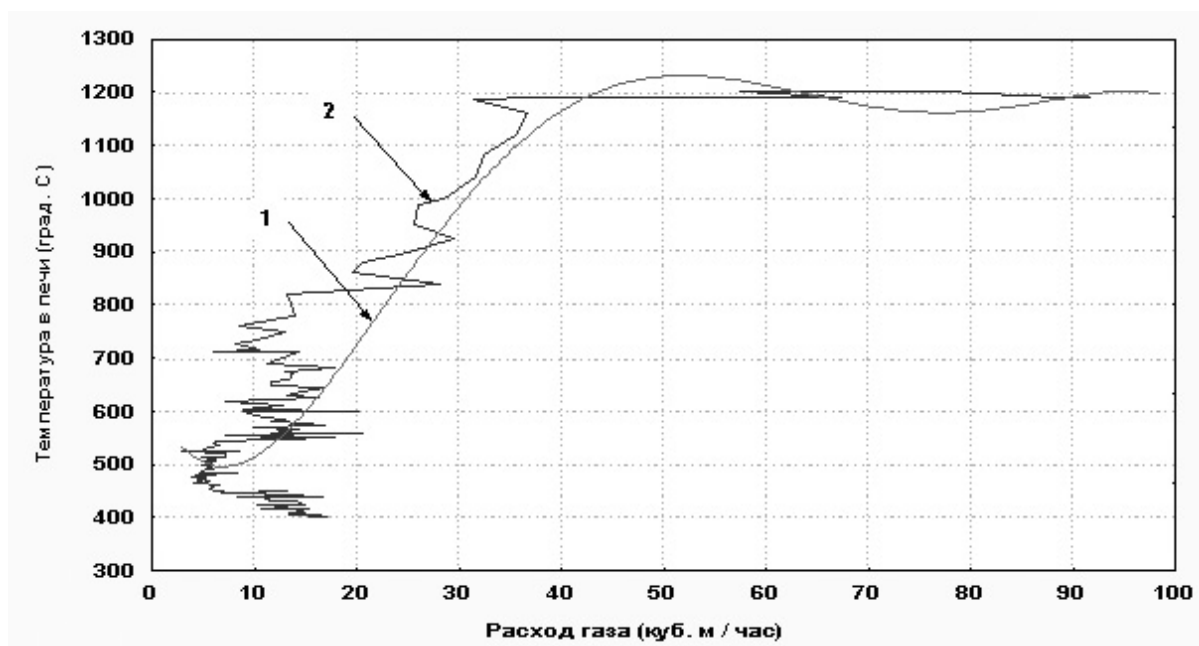


Рис 6. Зависимость температуры газовой фазы от расхода газа на камеру: 1 – реальный расход природного газа; 2 – аппроксимация реальных значений.

Литература

1. Сошкин С. В. Система оптимального управления процессом обжига электродных заготовок. – М.: Цветные металлы, 1998 г.. № 3.
2. Фокин В.П., Малахов А. А., Малахов С.А. Сошкин С.В. – М.: Цветные металлы, 2002 г. № 4.