

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АСУ ТП НАГРЕВА МЕТАЛЛА В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

Аннотация. Нагревательные печи должны обеспечивать заданную производительность и качество нагрева, результативно использовать топливо, соответствовать природоохранным общепризнанным нормам. Все это может быть достигнуто оптимизацией работы АСУ ТП нагрева металла.

В статье рассмотрены предпринимаемые в разные годы за рубежом (фирмами SSAB, General Electric, USIVOR, Stahlwerk GmbH, Thyssen Niedderhein, Baosteel) усовершенствования АСУ ТП нагрева металла в методических печах, а также реализованные отечественные решения.

Ключевые слова: металлургия, нагревательные печи, методические печи, тепловой режим печи, автоматизация печей, проходные нагревательные печи, управление качеством нагрева металла, АСУ ТП нагрева металла.

Abstract. Heating requirements had to ensure the specified performance and quality of heating, fuel efficiency, compliance with generally recognized environmental standards. All this could be achieved by optimizing the operation of the automatic process control system for metal heating.

The article discussed the methods undertaken in different years abroad (by SSAB, General Electric, USIVOR, Stahlwerk GmbH, Thyssen Niedderhein, Baosteel) to improve the automated process control system for heating metal in furnaces, as well as implemented domestic solutions.

Key words: metallurgy, heating furnaces, methodical ovens, thermal condition of the furnace, furnace automation, continuous heating furnaces, metal heating quality control, Automated process control system (APCS), process control system for metal heating.

В прокатном производстве для нагрева металла широко используются нагревательные печи разных конструкций, выбор которых определяется видом проката, объемом производства и себестоимостью продукции.

Энергосберегающий тепловой режим нагрева металла достигается путем совершенствования теплового режима печей с соблюдением всех ограничений на их режимные параметры. Реконструкция нагревательных печей дает возможность сэкономить топливо, достичь более равномерного распределения температуры по рабочему пространству печей. Благодаря этому предотвращается оплавление и чрезмерное размягчение металла, в заготовках не образуются трещины, увеличивается жизненный цикл произведенной продукции, улучшаются эксплуатационные показатели печного оборудования.

Возросшие требования к качеству нагрева металла обусловлены повышением производительности прокатных станов. Концепция менеджмента качества приобретает конкретное содержание применительно к решению определенных задач. Использование критерия оптимального управления позволило ставить и успешно решать в темпе с процессом задачи управления такими сложными тепловыми агрегатами, как проходные методические печи [1].

За сравнительно короткое время технические средства контроля и управления нагревом металла усовершенствовались от ручных средств до современных интеллектуальных АСУ ТП, представляющих собой многоуровневые иерархические системы. Принято считать, что элементная база систем автоматизации полностью обновляется каждые 5 лет.

ВНИИА черметом совместно с Новолипецким металлургическим комбинатом была разработана система автоматического управления нагревом металла в методической печи с шагающими балками, учитывающая текущую скорость перемещения заготовок в печи, их толщину и возможное изменение времени нагрева. Имеются локальные подсистемы регулирования температуры в отапливаемых зонах печи и уникальный прибор для измерения температуры металла, автоматически учитывающий непрерывно изменяющиеся методические погрешности измерения [2, 3].

Последующая модернизация этой АСУ ТП заключалась в настройке звеньев обратной связи в контурах регулирования температуры. С помощью математического моделирования, заданием соответствующих начальных и граничных условий расчетным путем получали все необходимые данные о температурном состоянии нагреваемого металла. Применение данной АСУ ТП уменьшило простои и расходы на ремонт оборудования, потребление условного топлива сократился с 64 до 61 кг у.т./ т (на 4,7 %).

Современные тепловые агрегаты управляются микропроцессорными контроллерами, в энергонезависимой памяти которых находятся их программные средства. При управлении тепловым режимом печи оператор выбирает одну из многих заранее составленных программ.

Структурная схема АСУ ТП нагрева металла для стана 2000 горячего проката в условиях ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» («ММК») представлена на рисунке 1. Данная АСУ ТП:

- предоставляет информацию о местоположении каждой заготовки и ее тепловом состоянии;
- прогнозирует нагрев каждой заготовки в зависимости от темпа ее продвижения через печь;
- рассчитывает оптимальный температурный режим нагрева металла;
- корректирует задания по регулированию температуры в зонах печи.

За рубежом создано и используется большое число разноуровневых систем автоматического управления тепловым режимом проходных нагревательных печей. Рассмотрим особенности таких систем на примере разработок компаний SSAB (Швеция), General Electric (США) и USIVOR (Франция).

В компании SSAB применяется система управления, предусматривающая сопровождение заготовок нагреваемого металла, оптимизацию расхода топлива и управление тепловым режимом нагрева с применением подходящего графика температурного режима нагрева металла. Путем решения уравнения теплопроводности делается прогноз среднemasсовой температуры и температуры центра заготовки.

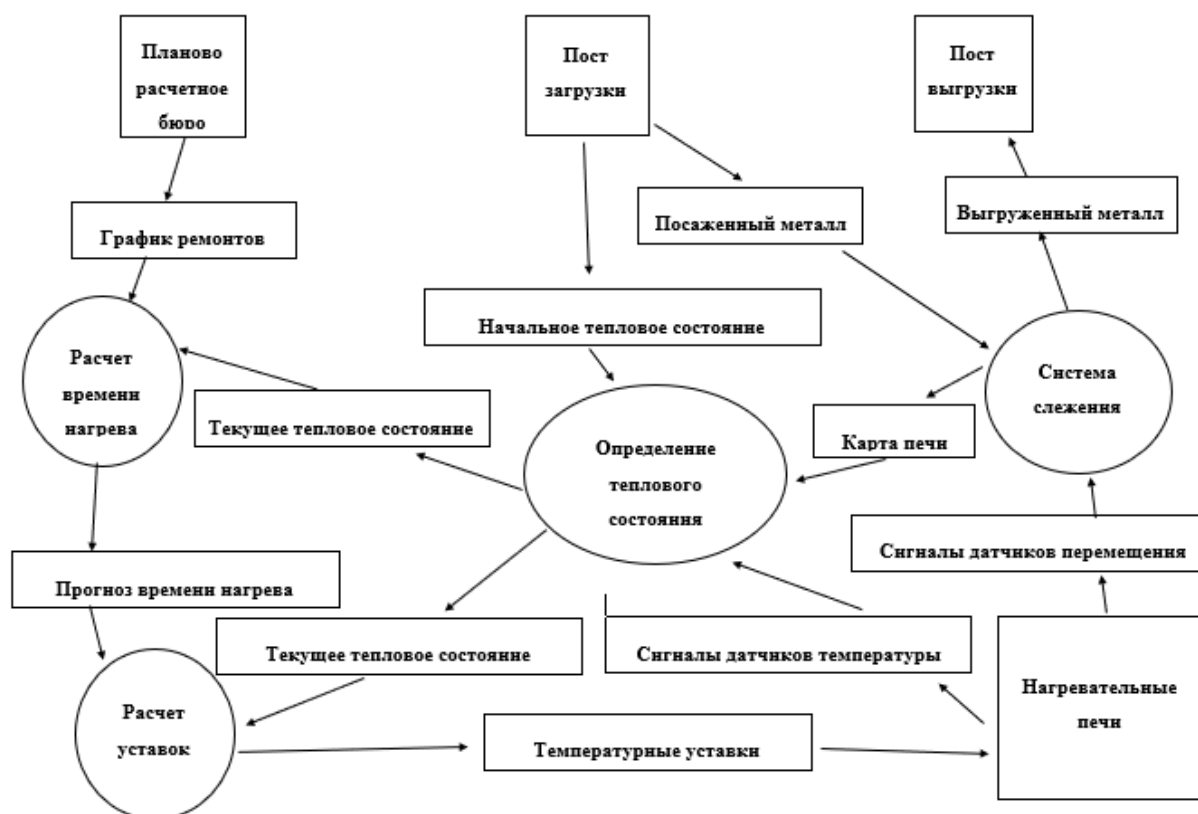


Рис. 1. Структурная схема АСУТП нагрева металла стана 2000 ПАО «ММК»

Компания из США применяет систему, состоящую из двух уровней: на первом (нижнем) уровне выполняется контроль локальных стабилизирующих контуров через микро-ЭВМ, а на втором - прогноз процесса нагрева и его оптимизация, исходя из теплового состояния зон. Предусмотрено управление тепловым режимом в период простоев стана и автоматическое возвращение к первоначально установленному режиму при возобновлении прокатки.

АСУ ТП нагревательной печи в Китае (компания Baosteel из Шанхая) тоже использует двухуровневую систему управления нагревом: первый уровень стабилизирует температуру в каждой зоне, а второй уровень обрабатывает информацию о нагреве заготовок и рассчитывает взаимное влияние зон печи [4].

В компании Thyssen Niedderhein (Германия) применяют математическую модель, которая оптимизирует нагрев исходя из производительности и перепада температуры по сечению металла.

Компания Spenser для управления прокатным станом использует имитационное моделирование, где генерируются исходные данные, такие, как геометрические размеры слэбов, их химический состав и иная необходимая информация, связанная с нагревом слэбов.

В разработке компании USIVOR управление режимом нагрева происходит через определение текущих координат слэба по длине печи и учет температуры в зонах нагрева. При расчете прогнозируемой скорости перемещения слэбов в печи оперативно учитывают изменение производительности агрегата [5].

На металлургическом заводе фирмы Stahlwerk GmbH при модернизации АСУ ТП печей с шагающими балками использована модель ProTherm, предна-

значенная для расчета внешнего и внутреннего теплообмена. Расчетные данные передаются на следующий уровень системы управления, определяющей требуемый температурный режим нагрева металла. Такой подход позволяет снизить окалинообразование и энергопотребление [6].

Один из интересных способов для контроля температурного состояния нагреваемых заготовок был предложен в НИТУ «МИСиС». Микропроцессорная система реализует экспериментально-аналитический способ определения температурного поля слэбов, основанный на явлении тепловой памяти в термически массивном теле. Данный способ заключается в бесконтактном измерении температуры торца слитка через окно печи и сканирования температуры поверхности раската вдоль оси при его движении по рольгангу. Экономия топлива достигается благодаря снижению температурного допуска на прокатку [7].

Созданный в НИТУ «МИСиС» программно-методический комплекс диагностирования тепловой работы нагревательных печей использует языки программирования высокого уровня, имеет графический интерфейс. Расчеты температурного режима нагрева металла производят по профилю эффективной температуры печи, полученному по данным зональных термоэлектрических термометров. Применение совокупности программно-методических мероприятий к определенной печи дает возможность гарантированно улучшить качественные показатели нагрева: производительность, удельный расход топлива, угар металла и количество вредных выбросов. Удалось снизить удельный расход топлива на 15-20 %, угар металла – на 20-30 % и вредные выбросы – на 30-40 % [8].

За последние годы увеличилась производительность прокатных станов. Общими целями совершенствования тепловой работы печей являются интенсификация нагрева металла, стремление к предельно возможной механизации и автоматизации работы тепловых агрегатов. Осуществление максимального энерго- и ресурсосбережения при нагреве металла с учетом всех технико-экономических ограничений - конечная цель оптимизации тепловой работы печей.

Список использованных источников

1. Усатый Д.Ю. Реконструкция автоматизированной системы управления методической печью стана 2800 ЛПЦ-1 АО «Уральская сталь». Магистерская диссертация. 2019. – 63 с. [электронный доступ] URL: https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/32504/2019_263_usatydyu.pdf?sequence=1.
2. Автоматическое управление нагревом металла в методических печах с шагающими балками: учеб. пособие / А.М. Сегаль, М.Д. Климовицкий [и др.] // Черная металлургия. Бюл. научн.-техн.информ., 1989. – 374 с.
3. Локальные системы автоматического управления тепловым режимом в увязке с АСУТП нагревательных печей стана 2000 Ново-Липецкого металлургического завода / И.С. Воловик, И.И. Ефремов [и др.]. – М.: Металлургия, 1974. – 563 с.

4. Гусовский В.Л. Перспективы совершенствования работы нагревательных печей прокатного производства на отечественных металлургических заводах / В.Л. Гусовский // Изв. вузов. Черная металлургия. 2002. №11. – С. 57-59.
5. Совершенствование системы управления несимметричным нагревом непрерывнолитых заготовок в методических печах: диссертация ... кандидата технических наук: 05.13.06 / Ахметов Тимур Уралович; [Место защиты: Оренбург. гос. ун-т]. – Магнитогорск, 2017. – 140 с.
6. Ботхен С. Повышение производительности и качества нагрева в результате модернизации системы автоматических печей с шагающими балками / С. Ботхен, К.Нолте, А. Пфанненшмидт // Черные металлы. 2004. №11. – С. 32-35.
7. Бердышев В.Ф. Компьютерная система отображения температурных полей нагревательного металла / В.Ф. Бердышев, К.С. Шатохин // Изв. вузов. Черная металлургия. 1999. №4. – С. 29-32.
8. Бердышев В.Ф. Программное обеспечение теплотехнических исследований методической печи / В.Ф., Бердышев, Р.Э. Найденов, К.С. Шатохин [и др.] // Изв. вузов. Черная металлургия. 2001. №3. – С. 61-65.

УДК 662.613.1

А. И. Кондовина, Ю. А. Мезенина, П. В. Осипов, Т. Ф. Богатова
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРБОНИЗАЦИИ ЗОЛЫ УНОСА МСЗ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ CO₂

Аннотация. В статье рассмотрена технология карбонизации как перспективная технология улавливания и связывания углекислого газа. Представлено экспериментальное исследование карбонизации золы уноса мусоросжигательного завода (МСЗ) при различных концентрациях подаваемого газа. Проведены изотермические опыты на приборе термogravиметрического анализа (ТГА) с последующей оценкой скорости реагирования и порядка реакции. Результаты экспериментальных исследований показали возможность реализации процесса минерализации CO₂ летучей золой МСЗ.

Ключевые слова: летучая зола, карбонизация, степень конверсии, изотермический эксперимент.

Abstract. The article considered carbonization technology as a promising technology of carbon dioxide capture and sequestration. An experimental study of carbonization of fly ash from a waste incineration plant at different concentrations of feed gas. Isothermal experiments on a thermogravimetric analyzer (TGA) were carried out, followed by an estimation of the reaction rate and order of reaction. The results of experimental studies have shown the possibility of implementing the process of CO₂ mineralization by fly ash from a waste incineration plants.

Key words: fly ash, carbonation, the degree of conversion, isothermal experiment.

Углекислый газ CO₂ является одним из основных парниковых газов, выбросы которых оказывают критическое влияние на изменения климата. Но и