

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В АСУ ТП НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Мальцев А. Е., студент; Симкин А. И., к. т. н., доц.

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, Украина)

На сегодняшний день математическое моделирование методических нагревательных печей (МНП) как объекта автоматического управления является актуальной задачей, так как при создании новых систем автоматического управления требуются более точные модели, учитывающие весь спектр сложных процессов при тепловой обработке заготовок в печах. Экономическое обоснование данной точности выражается в минимизации затрат на расходы топлива, повышении качества готовой продукции и в увеличении долгосрочности эксплуатации МНП и прокатного стана. Поэтому в АСУ ТП МНП применяются несколько различных моделей, которые в совокупности полностью описывают процесс нагрева заготовок.

Основными являются модели:

- 1) Геометрическая модель;
- 2) Оценка теплового состояния слябов (модель нагрева);
- 3) Оценка продолжительности нагрева;
- 4) Модель сжигания топлива;
- 5) Модель управления тепловым режимом печи.

Геометрическая модель достаточно с требуемой точностью описывает реальную геометрию рабочего пространства печи. С помощью данной модели определяется местонахождение конкретной заготовки в данный момент времени. Обычно такая модель применяется в комплексе с моделью нагрева слябов.

Использование для разработки мер по совершенствованию нагрева металла в методических печах расчетов на ЭВМ, а также внедрение АСУ ТП нагрева требует наличия адекватных математических моделей, позволяющих определять тепловое состояние металла в темпе с процессом нагрева. В основе таких моделей лежит совместное решение задач внешнего и внутреннего теплообмена и уравнений теплового баланса при разных исходных данных и краевых условиях.

Разработанные математические модели нагревательных печей позволяют проводить как поверочные расчеты нагрева металла при заданном температурном режиме работы печи, так и определение с помощью ЭВМ температурного режима нагрева металла.

Для описания процесса нагрева слябов используют модели не сложнее одномерного уравнения теплопроводности. При использовании двух- или трёхмерного уравнения теплопроводности сразу же возникает потребность распределённого контроля температуры рабочего пространства печи и всех участников теплообмена, что на практике весьма затруднительно, и, как правило, не применяется, в зонах печи обычно устанавливается один датчик температуры рабочего пространства [1, 2].

Следует отметить, что в практике моделирования методических печей принято рассматривать процесс нагрева металла, как правило, без явного учёта поверхностного слоя окалина. При этом предполагается, что влияние окалина на нагрев можно учесть соответствующей настройкой модели, выбором численного

значения коэффициентов внешнего теплообмена. Экспериментально установлено, что модель нагрева без явного учёта поверхностного слоя окалины может быть удовлетворительно настроена по данным реального нагрева окисляющихся слябов в печах [3].

В большинстве случаев в моделях внешнего теплообмена слябов используются только показания зональных термометров, т. е. считается, что влияние всех остальных участников теплообмена можно привести к температуре рабочего пространства в зоне печи. При этом, модель внешнего теплообмена может быть представлена в лучистой, лучисто-конвективной, или только в конвективной формах. Как известно, применение зонального метода расчёта в сочетании с экспериментальной настройкой (параметрической идентификацией) модели внешнего теплообмена индивидуально для каждой расчётной зоны позволяет определить температурное поле в слябе с любой заданной точностью для каждой из названных структур модели (за счёт увеличения числа расчётных зон).

Обычно в пределах физической зоны печи выбирается несколько расчётных зон, для учёта неравномерности температуры рабочего пространства по длине зоны применяются различные способы «исправления» показаний зональных термометров в зависимости от координат по длине зоны.

Уточнение истинного значения коэффициента суммарной теплопередачи, используемого в модели нагрева слябов, производится путем сравнения измеренных значений температуры поверхности металла в зонах с соответствующими рассчитанными значениями.

Адекватность моделей реальному процессу осуществляется методами идентификации. В этом случае информация о температуре металла является источником оценки качества модели и разработки простых и надежных алгоритмов идентификации.

Для прогноза времени нагрева заготовок используется оценка математического ожидания интервала времени между последовательной подачей на стан двух заготовок одной партии металла. Усовершенствование в технологии прокатки, изменения в условиях работы оборудования приводит к изменению этой оценки.

Эффективность работы нагревательных устройств во многом зависит от качества подготовки топлива и воздуха перед подачей их в печь. В последнее время в связи с изменением сортамента и повышением требований к качеству проката на большинстве станов сократились объемы производства и, соответственно, уменьшились тепловые мощности печей. Поскольку геометрические размеры выходных отверстий газовых и воздушных сопел не изменились, факел получается вялым, коптящим, удлиненной формы, сгорание газа в конце факела происходит диффузионно из-за снижения скоростей газа и воздуха. Это приводит к перегреву горелочного тоннеля, его растрескиванию и последующему разрушению, а также к перерасходу газа из-за неэффективного сжигания и некачественному нагреву металла в печах с образованием чередующихся местных перегревов и "темных пятен" по длине заготовок. Неэффективное перемешивание газа и воздуха приводит к неполному сгоранию газа и повышенному содержанию кислорода в атмосфере печи, что увеличивает окалинообразование.

Основная задача управления тепловым режимом нагрева слябов в нагревательных печах состоит в определении и в таком распределении между зонами тепловой мощности печи, при которой обеспечивается заданное тепловое состояние металла в момент его выгрузки из печи. Управление тепловым режимом

нагревательных печей включает также защиту поверхности заготовок и внутренней поверхности кладки от перегрева, защиту рекуператоров, предназначенных для подогрева воздуха, подаваемого на сжигание топлива, а также аварийное отключение горелочных устройств при нарушении подачи топлива или воздуха.

Модель оптимального распределения теплового потока по зонам. Об оптимальном распределении теплового потока, а, следовательно, и температуры вдоль печи при некоторой производительности можно судить по достижении температурой греющей среды первой сварочной зоны максимально допустимого значения. Контроль температуры греющей среды в первой сварочной зоне и сравнение этого значения с рассчитанным позволит проводить коррекцию задачи оптимального управления.

Перечень ссылок

1. Топоров Е. В., Панфёров В. И. // Изв. вуз. Чёрная металлургия. 1991. № 2. С.93-96.
2. Панфёров В. И. // Изв. вуз. Чёрная металлургия. 1996. № 8. С. 63-66.
3. Панфёров В. И. // Изв. вуз. Чёрная металлургия. 1994. № 10. С.52-55.