

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА В СВЕРХМОЩНОЙ ДСП И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В АСУТП

В.Г. Скрыбин, Д.В. Скрыбин

Донецкий национальный технический университет
г. Донецк Украина

Автоматическое управление технологическими процессами выплавки может быть осуществлено за счет применения математических моделей расчета текущих температуры, химического состава, масс металла и шлака. Примером такой системы является ОРАКУЛ, где математические модели синтезированы на основе балансовых и фундаментальных физико-химических, термодинамических зависимостей. В этой системе можно выделить три основных взаимосвязанных интеллектуальных модуля:

- проектирование технологического процесса (МПТП);
- прогноз химического состава (МПХС);
- расчет средней температуры металла (МРСТ).

Входными переменными моделей являются расходы всех видов поступающих в ДСП материалов и энергоносителей (лом, газы, электроэнергия, шлакообразующие и др.). На основе заданной (принятой) технологии сразу же после поступления информации о марке стали и применяемом ломе МПТП проектирует режим ведения плавки, рассчитывая графики работы устройств печи и отдачи материалов. На основании рассчитанных графиков осуществляется выдача управляющих сигналов всем устройствам печи (тракт сыпучих материалов, топливно-кислородные горелки, фурмы, система трансформатор-регулятор, механизм наклона печи). По ходу плавки МПТП доступна текущая расчетная информация от МПХС и МРСТ, на основании которой отслеживается соответствие проекту фактических режимов ведения плавки. Модуль проектирования постоянно учитывает возникающие отклонения фактических графиков работы механизмов и устройств от заданного и осуществляет пересчет проекта, стремясь обеспечить рациональную траекторию перевода системы металл – шлак – газ из текущего состояния в заданное.

МПХС определяет текущие химический состав и массы расплавов металла и шлака, используя для этого результаты работы МРСТ. За определенный промежуток времени рассчитать приращение температуры расплава в печи, а затем и его среднюю температуру, можно из отношения поглощенной им порции тепла к суммарной теплоемкости металла и шлака. Приращение тепла можно определить из уравнения текущего теплового баланса, как разницу между поступающим в печь теплом (приход) и уходящим из печи (расход). К приходной части относится электрическая энергия и экзотермическое тепло химических реакций, а к расходной – тепло эндотер-

мических процессов, тепловые потери, тепло уносимое отходящими газами и скачиваемым шлаком. Для этого нужно определять текущие массы отходящего газа, скачанного и остающегося шлака, окислившихся элементов, стали. Поэтому, очевидно, что параллельно с тепловым балансом необходимо рассчитывать текущий материальный баланс.

С целью достижения приемлемой погрешности расчета температуры, например, менее 10°C , желательно синтезировать модель максимально детерминированной. Вместе с тем, нельзя избежать стохастичности из-за ряда не измеряемых параметров:

- различия в химическом составе и удельной теплоте плавления видов металлолома;
- отдача и поглощение тепла футеровкой печи;
- масса “болота” металла и шлака;
- текущие количества скачиваемого шлака и просасываемого через печь воздуха,
- тепловые потери,
- коэффициенты использования коксика, кислорода, природного газа.

Этим объясняется то, что в разработанной математической модели необходимо идентифицировать и настраивать для конкретной ДСП параметры, учитывающие указанные выше неопределенности.

Единственным параметром, с помощью которого можно определить адекватность модели объекту - замер температуры, но отклонения значений измеренной температуры от истинной средней температуры в ванне металла неизбежны из-за нестационарности по ряду причин. При вводе в эксплуатацию МРСТ по определенному алгоритму оценили отклонения измеренных температур от неизвестной средней температуры жидкого металла в ДСП. Для ДСП-2 Молдавского металлургического завода такие отклонения, с желаемой величиной менее 8°C , наблюдали всего лишь на 37,6% плавов (с числом замеров от 2 до 5 на одной плавке). Количество таких замеров составило 49,5%. Отмечены и максимальные отклонения $-57,9^{\circ}\text{C}$ и $57,5^{\circ}\text{C}$. Для ДСП-1 Белорусского металлургического завода отклонения менее 8°C были на 10,8% плавов (с числом замеров от 2 до 9 на одной плавке). Количество таких замеров составило 43,8%. Максимальные отклонения -62°C и $63,4^{\circ}\text{C}$. Уже только на основании этих данных можно сказать, что температурная неоднородность ванны жидкой стали в период доводки может быть 60°C , а количество недостоверных замеров составляет более 50%.

Причиной изменения смещения рассчитанной температурной кривой относительно измеренной от плавки к плавке может быть и несоответствие поступающей о массе металлолома и фактическим значениям. Ошибка в измерении массы лома на 1т смещает рассчитанную температуру примерно на 10°C .

В связи с упомянутой стохастичностью объекта, недостоверностью некоторых замеров температуры, погрешностью в массе металлозавалки в МРСТ введен блок адаптации рассчитываемой температуры по замерам (БАТ). В БАТ устанавливается достоверность измеренной температуры и после выполнения условий по ряду критериев корректируется тепловой баланс и соответственно рассчитанная температура.

Некоторые параметры технологии и внешней среды могут быть нестационарными, т.е. изменяться во времени. Тогда рассчитанные температуры в МРСТ могут оказаться систематически смещенными относительно измеренных температур. В таких случаях, чтобы не выполнять периодическую настройку параметров, в МРСТ введен блок самонастройки модели, который через заданное количество плавов плавно ликвидирует влияние возникшей нестационарности.

По результатам ввода в эксплуатацию МРСТ и его применения в составе АСУТП ДСП-1 БМЗ и ДСП-2 ММЗ ошибка расчета температуры в 90% случаев не превышает 1%. Это позволяет существенно снизить необходимое количество замеров температуры, а зачастую выпускать плавку из печи и без замера.

Кроме средней температуры металла, в МРСТ рассчитывается масса и доля расплавленного металлолома, по которым определяется освободившийся объем в печи и оптимизируется время подвалок. Это позволяет уменьшить длительность плавки.

Сравнительный анализ показал, что применение системы ОРАКУЛ для автоматического ведения плавки, например на ДСП-2 ММЗ, позволяет при прочих равных условиях снизить удельный расход материалов и энергоносителей:

- электроэнергии в среднем – на 8-12 кВт·ч/т;
- извести в среднем – на 5,4 кг/т;
- порошкообразного кокса – на 1,9 кг/т.

Кроме того, отмечено увеличение выхода годной стали в среднем на 1,2 т на плавку. Главный же эффект от применения системы автоматического ведения плавки – стабилизация технологии и параметров стали, влияющие на образование дефектов НЛЗ.