

СИНХРОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАРТЕНОВСКОЙ ПЛАВКОЙ В ПЕРИОД ДОВОДКИ

Е.К.Шевцов, В.М. Никипорец (ПГТУ, ОАО ММК им. Ильича, г. Мариуполь)

Обусловлена необходимость разработки датчиков непрерывного измерения содержания углерода в сталеплавильных процессах, рассмотрен принцип действия подобного датчика, предложена система управления мартеновским процессом.

Несмотря на то, что мартеновский процесс не является перспективным технологическим производством, на сегодня он не потерял своей актуальности. Это объясняется тем, что такие крупнейшие мировые производители как Украина и Россия используют мартеновские цеха для выплавки стали, и консервации мартеновского производства в ближайшем будущем не предвидится. В условиях конкуренции возникает задача повышения качества стали и производительности существующих агрегатов. В свою очередь, это предъявляет требования к автоматизированному управлению процессом, для чего необходимы математические модели.

Построение математической модели мартеновского процесса, исходя из физико-химических, кинетических, термодинамических и других аналитических представлений, является сложной задачей в силу недостаточно развитой теории мартеновского процесса из-за отсутствия датчиков непрерывного измерения химического состава и температуры ванны [1].

Наиболее перспективным для мартеновского процесса является экспериментально-статистический метод, который позволяет по данным нормальной эксплуатации (пассивный эксперимент) получать математическую модель.

В этом случае задача построения математической модели мартеновского процесса в период доводки сводится к установлению связей между химическим составом металла, температурой металла и определяющими параметрами: расходом факельного и продувочного кислорода, топлива, вентиляторного воздуха и присадкой руды, окалины и извести.

В настоящее время единственным распространенным способом определения состава стали в металлургических агрегатах является экспрессный: из сталеплавильной ванны отбирается проба, которая пневмопочтой отправляется в экспресс-лабораторию. После подготовки пробы и проведения анализа результаты передаются в цех. В среднем анализ металла на

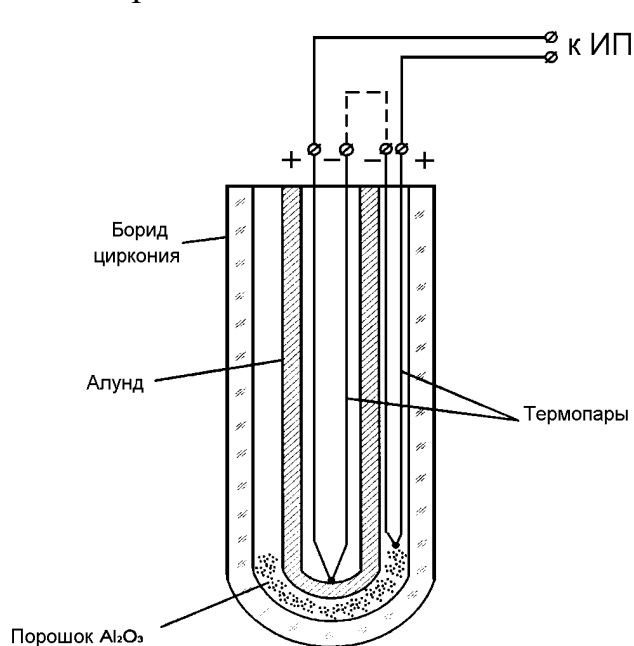
различные составляющие требует не менее десяти минут.

Запаздывание в получении информации о таком важном параметре, как углерод, и дискретный характер этой информации, усложняющий управление процессом плавки, приводят к разработке способов анализа проб непосредственно у агрегата или в самой ванне. Поскольку основными технологическими параметрами мартеновской плавки являются содержание углерода в металле и температура расплава, то разрабатываемые методы и средства измерения должны быть ориентированы именно на них.

Кафедрой автоматизации ПГТУ был предложен метод непрерывного измерения содержания углерода и температуры стали в период доводки мартеновской плавки.

В основу метода положено свойство термоэлектродной проволоки (термопар) науглероживаться при длительных (30-90 минут) замерах и изменять свою градуировочную характеристику, а также свойство борид циркониевых чехлов, обладающих стойкостью в расплавленной стали, пропускать углеродосодержащие газы, и непроницаемость для газов алундовых чехлов. В защитный чехол (рис.1), состоящий из наружного борид циркониевого и внутреннего алундового наконечников помещаются две термопары одинаковой градуировки.

Для уменьшения тепловой инерции пространство между боридом циркония и алундом заполняется прокаленным порошком окиси алюминия. Одна из термопар размещается в пространстве между борид-циркониевым и алундовым наконечниками и, таким образом, имеет возможность науглероживаться; вторая помещается в алундовый наконечник, т. е. углеродосодержащими газами не насыщается.



расплавленный металл, то в результате науглероживания первой термопары ее градуировочная характеристика будет изменяться. Степень науглероживания термопары можно определить, если обе термопары соединить между собой по дифференциальной схеме и измерять разностную термо-э.д.с., создаваемую термопарами и возникающую за счет науглероживания одной из них.

В начальный момент измерения, когда первая термопара

Рисунок 1 – Принципиальная схема датчика

еще не успела науглеродиться, разностная (т.э.д.с.) равна нулю. Поскольку термопары включены встречно, изменение температуры металла не приводит к появлению т.э.д.с. на выходе. По мере насыщения первой термопары углеродом разностная т.э.д.с. возрастает, причем характер изменения этой т.э.д.с. определяется характером выгорания углерода из металла.

При испытаниях датчика установлено, что ошибка определения углерода методом разностной т.э.д.с. достигает 0,05-0,1 % по углероду.

Как известно [2], основными управляемыми параметрами мартеновской плавки являются содержание углерода в металле и температура металла. Причем параметры эти тесно взаимосвязаны, и в период доводки имеет место следующая зависимость:

$$\frac{C_i - C_k}{V_c} = \frac{t_i - t_k}{V_t} \quad (1)$$

где C_i - текущая концентрация углерода в металле; C_k - конечная концентрация углерода в металле; V_c - скорость обезуглероживания; t_i - текущая температура; t_k - конечная температура; V_t - скорость нагрева (изменения температуры) металла.

Левая часть уравнения (1) характеризует время, требуемое для выгорания углерода, а правая — время, необходимое для нагрева металла. Равенство левой и правой частей свидетельствует о том, что процессы обезуглероживания и нагрева металла протекают синхронно. Если на эти процессы воздействовать таким образом, чтобы они на всём протяжении доводки (вплоть до выпуска) протекали синхронно, то на момент выпуска будет получена сталь с требуемыми значениями углерода и температуры для заданной марки.

Рассмотрим влияние некоторых управляющих воздействий (например, охлаждающих присадок) в период доводки одной из мартеновских плавок с использованием непрерывного замера углерода и температуры (табл.1.).

Из графика (рис. 2), построенного по таблице 1, видно, что на отрезке времени с 5 по 20 минуту скорость нагрева стали значительно выше скорости обезуглероживания (правая часть меньше левой, см. табл. 1). Причём, указанное превышение нагрева металла над процессом выгорания углерода наблюдается с момента начала измерения. Если бы сталевар имел непрерывную информацию о температуре металла и содержании углерода, то для приведенной плавки он вмешался бы в процесс на отрезке времени 0-5 минут, введя, например, в ванну охлаждающие присадки. Поскольку информация о содержании углерода к нему поступила лишь через 15 минут после момента отбора пробы, то и присадка (мульда окалины) была введена с опозданием (где-то на 20-й минуте). После ввода присадки, на-

чиная с 25-ой минуты, процессы нагрева и обезуглероживания протекали практически синхронно (см. две последние колонки табл. 1).

Таблица 1 – Характер изменения соотношения между скоростью нагрева и скоростью обезуглероживания

Время, мин	[C], %	Температура, °C	Скорость по [C], %/мин	Скорость по V, °C/мин	Левая часть, мин	Правая часть, мин
0	0,67	1560	0,01	2,6	47	8,08
5	0,62	1573	0,008	2,8	53,75	2,5
10	0,58	1587	0,022	1,4	14,55	0
15	0,47	1594	0,01	-0,4	27	-5
20	0,42	1592	0,008	-0,4	28,75	-10
25	0,38	1590	0,01	-0,2	18	-25
30	0,33	1589	0,012	0,4	10	7,5
35	0,27	1591	0,012	0,2	5	10
40	0,21	1592	0,006	0,2	5	5
45	0,18	1593	0,006	0,2	-	-
50	0,15	1594	-	-	-	-

Как показала обработка результатов других плавков, для синхронного хода процесса доводки необходимо применять следующие управляющие воздействия: ввод охлаждающих присадок, изменение положения продувочных фурм и расход кислорода на фурмы.

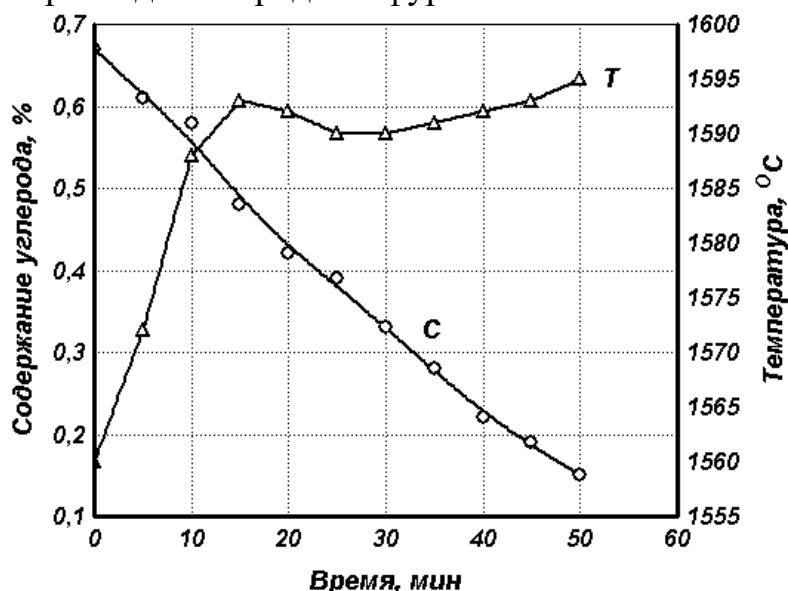


Рисунок 2 - Характер изменения температуры и содержания углерода в период доводки.

Контролируя температуру и содержание углерода, можно на более раннем отрезке времени повлиять на режим доводки, не допуская резких изменений параметров (температуры и содержания углерода).

Таким образом, располагая кривыми температурного нагрева и обезуглероживания, по их виду и характеру их изменения можно заранее предусмотреть внесение управляющих воздействий и тем самым синхронизировать процесс, а следовательно, сократить период доводки.

Система управления мартеновской плавкой может быть построена следующим образом: разработка обновляемой базы данных параметров процесса, функция которой – сбор, хранение и систематизация информации по плавкам на основании характерных (по температурному режиму, содержанию углерода, синхронности хода и времени процесса) плавков; разработка групп «опорных» точек (кривых) для соответствующих марок стали с идентичными начальными параметрами.

При поступлении параметров текущей плавки (в том числе непрерывного анализа углерода и температуры) в базу данных происходит поиск идентичных плавков и выбирается ряд кривых соответствующих текущим значениям. В результате сталевар получает прогноз в виде оптимальных для текущего процесса кривых температурного режима и обезуглероживания металла во времени и принимает соответствующее решение.

На современном этапе такая система вполне реализуема и может быть построена на базе промышленных микроконтроллеров.

В результате выполненных исследований определены основные управляемые параметры в период доводки мартеновской плавки; предложен метод управления плавкой в период доводки путём синхронизации времени нагрева и времени обезуглероживания стали.

Перечень ссылок

1. Клеушкин А. К. Применение статистических методов для разработки математического описания и алгоритма оптимального управления мартеновской плавкой в период доводки / Технология, теплотехника и автоматизация металлургического производства: Сб. трудов.– М., 1971.– Вып. 11.– С. 47 - 50.
2. Кочо В. С., Самсонов Г. В. Непрерывный контроль температуры жидкой стали в период доводки мартеновской плавки.– К.: Техника, 1965.– 165 с.

© Шевцов Е.К., Никипорец В.М. 2005