

№ 1060

МИСиС

И.В. Лапшин

Автоматизация агрегатов внепечной обработки стали и спецэлектрOMETаллургии

Учебное пособие

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1060

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра металлургии стали и ферросплавов

И.В. Лапшин

Автоматизация агрегатов внепечной обработки стали и спецэлектрометаллургии

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению Металлургия

УДК 681.511.2
Л24

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *З.Г. Салихов*

Лапшин И.В.

Л24 Автоматизация агрегатов внепечной обработки стали и спец-электрометаллургии: Учеб. пособие. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. – 109 с.

Учебное пособие является второй и завершающей частью пособия для учебных курсов по автоматизации электрометаллургических агрегатов. Первая часть – «Автоматизация технологических процессов дуговой сталеплавильной печи» вышла в 2002 г.

Пособие предназначено для студентов специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» и может быть полезно студентам специальности 110100 «Металлургия черных металлов», а также специалистам, работающим в этой области.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
1. Основные особенности современных методов управления процессами	5
1.1. АСУ ТП в электросталеплавильном производстве	5
1.2. Современные системы автоматического управления.....	6
2. Автоматизация установок внепечной обработки металла	7
2.1. Автоматизация установок «печь-ковш»	10
2.1.1. Математическая модель процессов	13
2.1.2. Особенности управления электрическим режимом	22
2.1.3. Алгоритм управления	24
2.2. Автоматизация процессов вакуумирования стали.....	28
2.2.1. Автоматизация ковшевого вакуумирования стали	28
2.2.2. Автоматизация порционного вакуумирования стали	31
2.2.3. Автоматизация циркуляционного вакуумирования.....	36
3. Автоматизация установок электрошлакового переплава.....	42
3.1. Электрошлаковый переплав как объект автоматического управления.....	42
3.2. Контроль параметров	55
3.3. Автоматическое управление	55
4. Автоматизация вакуумных дуговых печей.....	60
4.1. Вакуумный дуговой переплав как объект автоматического управления.....	60
4.1.1. Основные особенности выплавки стали в вакуумных дуговых печах	60
4.1.2. Особенности тепловой работы печи при использовании газов с высокой теплопроводностью	71
4.1.3. Особенности эффекта ионизации	75
4.2. Контроль и регулирование процесса вакуумно- индукционной плавки.....	77
5. Автоматизация вакуумных индукционных печей	92
5.1. Вакуумная индукционная плавка как объект автоматического управления.....	92
5.2. Контроль параметров	98
5.3. Особенности управления электрическим режимом	99
5.4. Особенности безопасной работы.....	100
5.5. Алгоритм управления	100
Библиографический список	102
Приложение.....	103

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие является продолжением пособия по учебному курсу по автоматизации электрометаллургических агрегатов. Оно охватывает автоматизацию основных агрегатов внепечной обработки: установок «печь-ковш», установок вакуумирования стали и агрегатов спецэлектрометаллургии, таких как установки электрошлакового, вакуумного дугового и вакуумного индукционного переплава.

В пособие не включено описание устаревших систем управления, несмотря на то что они до сих пор находятся в эксплуатации. Пособие ориентировано на современную схему с использованием микроконтроллеров. Также в пособие не включены математические модели сложных процессов, хотя они могут быть использованы в управлении. Подобные модели рассмотрены в специальной литературе, достаточно сложны и относятся к другим курсам учебной программы.

1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

1.1. АСУ ТП в электросталеплавильном производстве

Современное состояние мирового и отечественного рынка металлопродукции, металлургической науки и информационных технологий позволяет следующим образом сформулировать основные задачи комплексного управления процессами, агрегатами и всей работой цеха в целом:

- автоматизация основных технологических операций с объединением вычислительных средств систем управления в единую информационную сеть;
- «сквозное» информационное сопровождение организации, технологии и техники исполнения процесса выплавки, обработки, разливки стали и отгрузки товарной заготовки;
- моделирование технологических процессов и «поведения» агрегатов от подготовки лома до выдачи заготовки на стан;
- постоянная адаптация моделей во взаимодействии с системами информационного сопровождения (замеры температур, отборы проб, результаты механических испытаний и т.д.);
- моделирование сталеплавильного производства в целом на основе моделирования процессов на отдельных агрегатах;
- взаимодействие с системами планирования и подготовки производства (контроль заказов, склад готовой продукции, материалов, энергоносителей), а также АСУ ТП смежных производств (прокатного стана и т.д.).

Подобный комплексный подход к управлению обеспечивает, как правило, быструю окупаемость затрат и предопределяет требования и к самой технологии процессов. Важнейшим из них является первичная формализация технологии до вида, в каком ее может воспринять АСУ ТП.

Процесс формализации сам по себе приводит к систематизации, а иногда и к переосмыслению некоторых технологических процессов и решений. В результате формализации АСУ ТП сможет не просто облегчить процесс управления, составлять отчеты и рисовать картинки, а вести процесс выплавки и обработки стали именно так, как нужно технологу.

1.2. Современные системы автоматического управления

Стремительное развитие вычислительных средств за последние годы существенно изменило саму структуру контроля и управления процессами. Прежние системы автоматического контроля и регулирования строились по классическому принципу: сигналы датчиков непосредственно или через согласующие устройства подавались на измерительные приборы и локальные системы автоматического регулирования.

Использование микропроцессорных средств позволило решить эту задачу принципиально иным путем. Современный микроконтроллер позволяет принимать большое количество сигналов датчиков, выполнять функции их контроля (т.е. определять нахождение их в заданных пределах, формировать сигналы предупредительной и аварийной сигнализации в случае выхода сигнала за пределы) и функции локального регулирования.

Функции управления, включающие формирование заданий локальным системам, в том числе и вычисления по математическим моделям, а также задачи обработки и представления информации обслуживающему персоналу, выполняются центральным вычислительным комплексом на базе серийных ЭВМ.

Вместо большого количества приборов, заполнявших пультное помещение, там располагаются дисплеи, индикаторы и световое табло, сгруппированные по выполняемым функциям или параметрам.

Таким образом, на нижнем уровне, часто именуемым уровнем 0, находятся средства получения информации об объекте: первичные преобразователи (датчики), измерительные устройства. На следующем уровне – уровень 1 – средства начальной обработки информации и локального регулирования (осуществляется микроконтроллерами). Средства представления информации – индикаторы, световые табло – составляют следующий уровень (часто его именуют как уровень 1,5 или относят к следующему уровню). Уровень 2 – это вычислительный комплекс, выполняющий расчетные операции по математическим моделям, определение задания локальным регуляторам, статистические вычисления, определение технико-экономических показателей, организацию диалога с обслуживающим персоналом, связи со смежными и вышестоящими АСУ и т.д. На уровне 3 – средства, обеспечивающие управление группой агрегатов, цехом и т.д.

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА

Внепечная обработка стали получила в последние годы широкое распространение. Это обусловлено тем, что многие задачи в агрегатах внепечной обработки решаются быстрее и эффективнее, чем в других металлургических агрегатах, прежде всего в конвертерах и дуговых сталеплавильных печах. В настоящее время существует много типов таких агрегатов, специализированных для доводки различных марок стали.

Основные цели внепечной обработки:

- доведение выплавляемой стали до заданного химического состава;
- обеспечение требуемой температуры стали (для последующей разливки);
- обеспечение однородности расплава по составу и температуре.

Задачи по доведению стали по химическому составу сводятся в основном к раскислению, удалению серы, неметаллических включений и газов и легированию.

Доводка стали по температуре обеспечивается нагревом ее в агрегате или использованием химического нагрева. Однородность расплава достигается отчасти естественным перемешиванием металла в ковше падающей струей металла, выпускаемого из сталеплавильного агрегата, но в основном продувкой инертным газом – аргоном, иногда азотом.

Основные агрегаты внепечной обработки:

- установки «печь-ковш»;
- установки порционного и циркуляционного вакуумирования.

Используется также просто обработка металла в ковше (иногда с вакуумированием) и струйное вакуумирование.

Рассматривая эти агрегаты и процессы в них как объекты автоматического управления, следует отметить, что это более простые и легче поддающиеся автоматизации объекты по сравнению с конвертером и дуговой сталеплавильной печью. Можно сказать, что задачи управления этих агрегатов распадаются на ряд общих локальных задач: дозированная подача добавок (ферросплавов, раскислителей, шлакообразующих), регулирование подачи газов (аргона, кислорода), обеспечение требуемого разрежения (в установках вакуумирования). Специфическими являются общие алгоритмы функционирования этих агрегатов, определяющие порядок, время и продолжительность локальных действий, определяемых либо опытным путем, либо

с использованием математических моделей. Специфическими также являются методы нагрева металла (или отсутствие его).

Пример реализации системы управления подачей добавок и алюминиевой проволоки в агрегат приведен на рис. 2.1. В бункере измеряется уровень засыпи добавки. Обычно используются индукционные и радиоизотопные датчики, которые служат для детектирования как нижнего, так и верхнего уровней засыпи. При обнаружении нижнего уровня должен включаться тракт подачи материала в бункер, при достижении верхнего уровня – выключение тракта подачи.

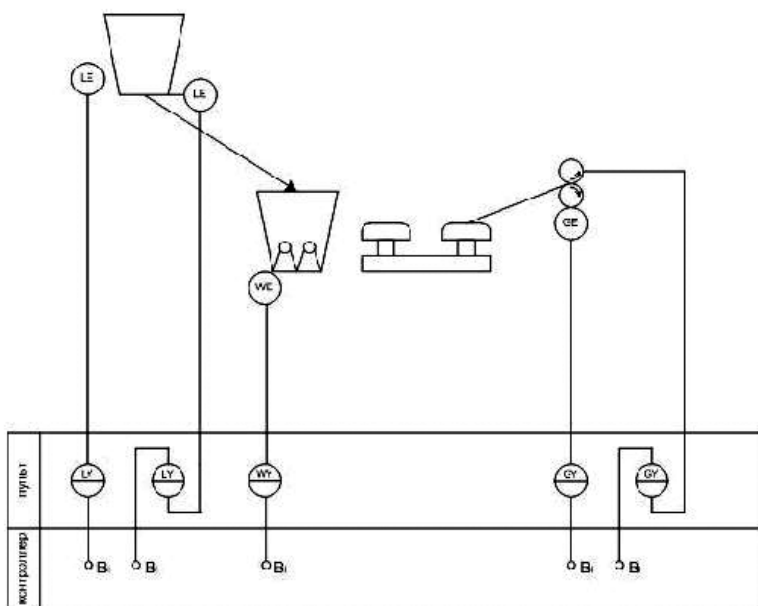


Рис. 2.1. Функциональная схема системы управления подачей добавок и алюминиевой проволоки

Доза материалов, необходимая для подачи в агрегат, определяется путем взвешивания в дозаторе или на бункерных весах. При наборе нужной массы формируется сигнал на закрытие затвора того бункера, из которого осуществляется подача.

Для измерения количества поданной проволоки используется датчик оборотов трайб-аппарата. По полученным данным рассчитывается масса поданной в агрегат проволоки.

Во многих агрегатах внепечной обработки металла осуществляют продувку металла аргоном. Введением аргона достигается эффективное перемешивание, а также рафинирование от водорода, кислорода, азота и неметаллических включений, поскольку наличие пузырьков инертного газа действует аналогично вакууму на растворенные газы. Расход аргона устанавливают таким образом, чтобы наблюдалось легкое оголение поверхности металла в месте выхода газа из металла. В период присадки сыпучих материалов расход аргона целесообразно увеличивать, а при вводе порошковой проволоки с легирующими элементами – снижать. В конце рафинирования для лучшего удаления неметаллических включений целесообразно в течение 3–5 мин устанавливать «мягкую» продувку. При этом оголение поверхности металла практически не происходит. Продувка обычно ведется через две пористые (шелевые) пробки, расположенные в днище ковша, с индивидуальным подводом аргона. Наличие двух пористых блоков, помимо лучшего перемешивания, повышает надежность безаварийной обработки металла.

Регулирование подачи аргона осуществляется локальными системами, выполненными на базе микроконтроллеров. Изменение задания осуществляется либо от микроконтроллера, либо от центральной ЭВМ.

Исторически внепечная доводка стали начиналась со сталеразливочных ковшей. Затем появились специально приспособленные агрегаты, позволяющие производить продувку газом снизу и сверху, вдувание порошкообразных материалов, обработку вакуумом.

Технологический процесс в агрегатах доводки стали, не использующих вакуумирование, обычно выглядит следующим образом. Ковш с металлом из плавильного отделения помещают на сталеvoz, который перемещает его под крышку установки доводки стали. Далее подсоединяют продувочные пробки ковша к запорно-регулирующей аппаратуре и проводят усреднительную продувку аргоном. После этого измеряют температуру и отбирают первую пробу металла для химанализа. По результатам анализа определяют необходимость корректирующей добавки.

Корректирующие добавки присаживают в ковш отдельными порциями массой не более 500 кг с интервалом 0,5–2,0 мин. Алюминиевую проволоку диаметром от 9 до 16 мм вводят в ковш трайб-аппаратом со скоростью 5–7 м/с.

После присадки последней порции корректирующей добавки марганец- или кремнийсодержащих ферросплавов металл продувают не менее 5 мин. После присадки хромсодержащих ферросплавов продувка производится не менее 6 мин.

Расход аргона поддерживают не менее 0,8–1,0 м³/мин при продувке через погружную фурму и 0,3–1,0 м³/мин при нижней продувке через продувочные пробки (на каждую пробку).

Для плавки, у которых температура металла после усреднительной продувки оказалась ниже требуемой для нормальной разливки, производят химический нагрев металла. Химический нагрев осуществляется за счет тепла экзотермической реакции окисления алюминия, введенного в металл, кислородом, подаваемым через верхнюю фурму.

2.1. Автоматизация установок «печь-ковш»

В установке предусмотрены обычные для внепечной обработки операции: продувка аргоном, раскисление, легирование. Существенным преимуществом этой установки является наличие внешнего нагрева от электрических дуг. Для этого используют графитированные электроды, через которые подается трехфазное напряжение. Это позволяет компенсировать тепловые потери, создать необходимые тепловые условия для расплавления легирующих, раскислителей и шлакообразующих и довести металл до заданной температуры перед разливкой.

Управление вводимой электроэнергией в установке «печь-ковш» имеет отличия от управления в дуговой печи. Отсутствие холодного лома и возможность экранирования дуги шлаком позволяют использовать оптимальные или близкие к ним энергетические режимы. Для управления процессом используются те же регуляторы, что и для дуговых печей.

Объем автоматизации установки удобнее рассмотреть на функциональной схеме (рис. 2.2):

1, 2, 3 – измерение давления, измерение и регулирование расхода аргона, подаваемого снизу через пористые пробки. Информация об этих параметрах подается на контроллер через первичные преобразователи. В качестве первичных преобразователей применяют дифманометры или устройства типа «Сапфир», задачей которых является преобразование сигналов давления или разности давлений газа в электрический сигнал. Регулирование расхода аргона осуществляется через контроллер. Далее сигналы подаются в ЭВМ. Информация высвечивается на пульте, на индикаторах и табло. Подобная схема используется и для других параметров процесса;

4, 5, 6 – измерение и регулирование расхода азота, подаваемого на уплотнение отверстий в своде (осуществляется так же, как и регулирование аргона);