

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЫПЛАВКИ ФЕРРОХРОМА ПО ВЕЛИЧИНЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВАННЫ ПЕЧИ

Рубцов В.П.¹, Хомяков И.В.¹

¹ Научно-исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия, viktor.rubtzov@yandex.ru

Аннотация — В статье рассмотрены системы управления рудно-термической печью и предложена система автоматического поддержания активного сопротивления ванны печи.

Ключевые слова — рудно-термическая печь, управление режимом плавки, сопротивление.

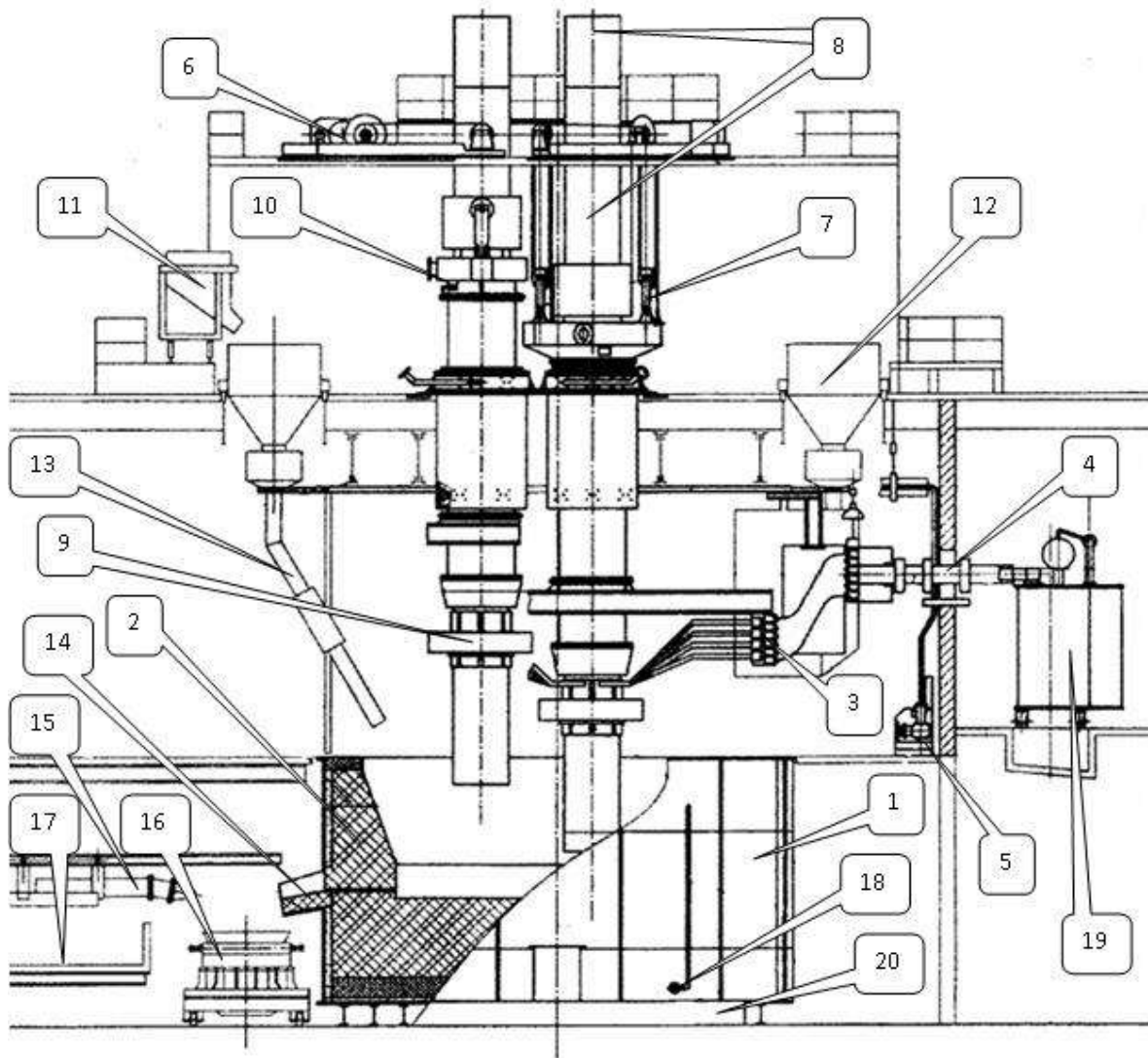
Рудовосстановительные печи, используемые для выплавки феррохрома, - мощные потребителями электрической электроэнергии, работающие на переменном токе. Они широко применяются для получения сплавов путем восстановления из руд. В них используется комбинированный нагрев – электродуговой и резистивный, обусловленный протеканием тока по шихте. Печи работают непрерывно, что предъявляет высокие требования к надежности конструкций печи и ее электрооборудованию. Мощность рудно-термических печей (далее РТП) достигает нескольких десятков МВА, в связи с чем обеспечение их энергетической эффективности является важной проблемой, которая решается путем совершенствования, как конструкций и электрооборудования, так и систем автоматического управления процессом плавки, рациональным выбором и поддержанием требуемого температурного режима ванны. Возрастающие возможности компьютерной и микропроцессорной техники позволяют ставить и решать все более сложные задачи управления РТП, что способствует повышению энергоэффективности, производительности и надежности работы оборудования. Исследованию электрических режимов работы РТП и влиянию на энергетические характеристики параметров ванны печи посвящено много работ. В данной статье рассмотрим влияние активного сопротивления ванны РТП на её энергетические характеристики для выплавки феррохрома.

Основной особенностью РТП с закрытой дугой, затрудняющей выбор режима работы печи и процесс управления режимом плавки, является горение дуги под слоем шихты. Это приводит к образованию дополнительного контура протекания тока через шихту, в результате чего энергия, обеспечивающая нагрев шихты и расплава, поступает от двух источников: электрической дуги, горящей между электродом и расплавом, и током, протекающим по шихте. Эффективность работы РТП, достигается при определенном соотношении мощностей, выделяемых в дуге и шихте, обеспечивающем равномерный нагрев без перегрева и охлаждения отдельных участков печи. Однако объективные методы контроля распределения мощностей и температур в ванне РТП в настоящее время мало изучены, что обусловлено недоступностью измерения токов, протекающих в ванне печи. Поэтому выбор режима работы печи в значительной степени определяется интуицией оператора.

К управлению на электрический режим работы печи, относят: три однофазных регулируемых трансформатора с переключением ступеней напряжения, и три автономных привода перемещения электрода (по числу фаз), которые являются исполнительными элементами регуляторов тока.

К технологическим воздействиям, оказывающим влияние на работу печи: можно отнести управление перепуском расходуемых самоспекающихся, управление составом шихты и восстановителя (кокс, антрацит).

Представление о сложности управления технологическим процессом плавки, конструкции РТП и составе электромеханического оборудования дает приведенная на рис.1 функциональная схема.



1 – кожух ванны; 2 – фугеровка; 3 – токоподвод; 4 – короткая сеть, 5 – система водоохлаждения; 6 – механизм перемещения электрода; 7 – устройство перепуска электрода; 8 – кожух электрода; 9 – гидросистема прижима контактных щек; 10 – термопары электрода; 11 – загрузочная тележка; 12 – печной бункер; 13 – трубочка; 14 – лоток; 15 – машина закрытия летки; 16 – разливочный ковш на ковшевой тележке; 17 – площадка горновых; 18 – термопара подины; 19 – печной трансформатор; 20 – патрубки воздушного охлаждения подины печи

Рис. 1. Функциональная схема рудовосстановительной печи для плавки феррохрома.

С точки зрения построения регуляторов РТП делят на два класса: с открытой дугой и с закрытой дугой. Для РТП с открытой дугой используют регуляторы мощности, аналогичные регуляторам мощности дуговых сталеплавильных печей (ДСП). Однако требования к регуляторам мощности РТП по быстродействию и точности ниже, чем для ДСП, так как процессы в РТП протекают более спокойно. Рассматриваемая печь для плавки феррохрома относится к классу печей с закрытой дугой и поэтому снабжается двухканальным регулятором тока (подсистемой раздельного регулирования тока в каждой фазе печи).

Особенности систем управления РТП с закрытой дугой обусловлены тем обстоятельством, что электрическая дуга горит в тигле, образованном

шихтой, сопротивление которой шунтирует дугу (см. рис. 2).

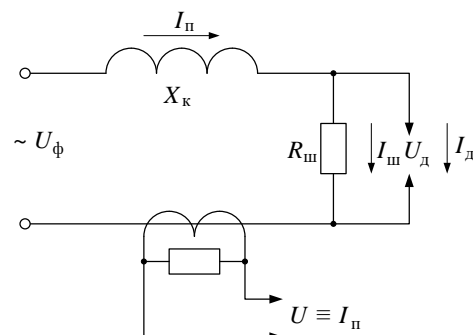


Рис. 2. Схема замещения РТП (для одной фазы).

В этом случае поддается измерению только общий ток печи $I_{\text{п}} = I_{\text{ш}} + I_{\text{д}}$, включающий в себя две составляющие: ток $I_{\text{ш}}$, протекающий по шихте и ток $I_{\text{д}}$, протекающий через дугу. Очень часто оказывается, что влияние сопротивления тигля, образуемого шихтой столь велико, что перемещение электрода в определенных пределах не приводит к изменению суммарного тока. В этом случае для изменения режима работы печи необходимо изменить напряжение питания, т.е. переключать ступени напряжения трансформаторов.

Как правило, основной канал регулирования режима РТП обеспечивает стабилизацию тока печи путем перемещения каждого электрода. Токковые регуляторы устанавливаются для каждой фазы отдельно. Для изменения электрического режима и мощности печи в регуляторах РТП используется второй канал, осуществляющий регулирование напряжения путем переключения ступеней напряжения печного трансформатора. Этот канал может быть общим для всех трех фаз, если используется один трехфазный регулируемый трансформатор, или напряжение в каждой фазе печи регулируют раздельно. Настройку канала регулирования напряжения осуществляют таким образом, чтобы он включался в работу при отклонении тока от заданного значения на 10% – 15%. При пуске холодной печи выбирают минимальную величину напряжения питания и минимальное значение тока дуги. Это делают потому, что на начальной стадии плавки дуга открытая, следовательно, есть необходимость проплавить колодцы. Режим работы РТП в это время близок к режиму работы ДСП. По мере проплавления колодцев увеличивают ток печи и подают шихту для образования тиглей вокруг электродов. После этого печь выводят на номинальную мощность и устанавливают требуемое значение мощности и тока печи. В процессе работы печи задание тока изменяют в зависимости от влажности шихты. При создании современных регуляторов делаются попытки построения таких систем управления, в которых контролируется влажность шихты и в зависимости от нее корректируется уставка тока печи. Но пока это делается вручную.

Как правило, в качестве привода перемещения электродов в РТП используют гидропривод. В настоящее время системы управления РТП выполняют на базе программируемых контроллеров и персональных промышленных компьютерах по двухуровневой иерархической схеме. Нижний уровень включает в себя три регулятора перемещения электродов, один регулятор изменения напряжения, регулятор управления высоковольтным выключателем. Верхний уровень иерархии выполняется на базе промышленного персонального компьютера и обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) формирование уставок регуляторов мощности;
- 2) выбор ступени напряжения трансформатора;
- 3) изменение уставок тока и напряжения в зависимости от влажности и состава шихты;
- 4) управление всеми механизмами печи: перепуск электрода, перемещение ковша для шлака и т.п.;
- 5) осуществляется визуализация процесса.

Визуализация процесса плавки реализуется с помощью программируемых контроллеров, выводящих на экран монитора и показывающих состояние электрической и гидравлической аппаратуры, тепловых процессов в печи и информацию о стадиях плавки. Информация о состоянии технологического процесса передается на большие табло, что позволяет контролировать процесс на всех уровнях иерархии управления процессом и печью.

Для обеспечения надежности управления процессом систему управления, как правило, дублируют, сохраняя традиционную релейно – контакторную систему и современную компьютерную систему управления, обеспечивая при этом возможность быстрого переключения управления процессом с автоматического на ручной режим.

В многочисленных работах, посвященных анализу влияния активного сопротивления ванны печи на энергоэффективность ее работы и выхода годного металла, отмечается, что величина активного сопротивления оказывает существенное влияние на основные показатели эффективности работы печи. Этот вывод подтверждается и результатами исследований, проведенных авторами. Авторами была предложена система автоматического управления электрическим режимом работы РТП по активному сопротивлению ванны, реализуемая на базе программируемого контроллера, встраиваемого в общую структуру промышленного компьютера, управляющего работой печи. Система управления, сравнивает заданное значение сопротивления ванны РТП с текущим значением, определяемым блоком выделения сигнала, пропорционального величине активного сопротивления и по результату сравнения вводит коррекцию – изменяет задание регулятора тока для сохранения расчетного значения сопротивления. Система поддержания активного сопротивления ванны печи вводится в канал регулирования тока каждой фазы печи при сохранении штатной общей структуры системы управления печью. Предполагается проведение сравнительных исследований работы модернизированной системы управления РТП для экспериментальной проверки предложенного метода коррекции активного сопротивления ванны печи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Струнский Б.М. Руднотермические плавильные печи. Москва: Металлургия, 1972. 368 с.