

Динамический контроль работы электродугowych печей, использующих наиболее современную технологию

«Разумные электродугowe печи» фирмы Тенова, зарегистрированные под торговой маркой iEAF™, представляют собой новаторскую автоматизированную систему, основанную на непрерывном измерении рабочих параметров процесса, обработке их в режиме реального времени и использовании моделей процесса для динамического регулирования и оптимизации работы электродуговой печи (ЭДП). Основные преимущества такой системы динамического контроля позволяют повысить производительность, улучшить экономические показатели производства, снизить затраты при переходе на новую продукцию, уменьшить колебания параметров процесса. Использование этой системы дает возможность улучшить управление производством. Кроме того, новая технология обеспечивает улучшение условий охраны окружающей среды, так как она способствует снижению выброса парниковых газов в атмосферу из сталеплавильного цеха.



Рис. 1. Система iEAF™ может быть интегрирована в действующую систему автоматического управления

Паоло Клеричи, Франко Делл'Аква, фирма **Tenova SpA**, Милан, Италия; Джо Майоло, Витторио Скиполо, фирма **Tenova Goodfellow**, Миссисауга, Онтарио, Канада

Контакт: www.tenovagroup.com
E-mail: meltshops@tenovagroup.com

В сталеплавильных цехах с ЭДП обычно применяются разнообразные системы автоматизированного управления работой печей, например системы регулирования электродов, подачи компонентов — носителей химической энергии, контроля отходящих газов и др. (рис. 1). Создание единой системы, контролирующей работу как собственно ЭДП, так и ее вспомогательных устройств связано со значительными трудностями. «Разумная» система автоматизации iEAF™ пред-

назначена для решения именно такой задачи, т. е. она позволяет унифицировать автоматический контроль и управление работой электродуговой печи и ее вспомогательных устройств в рамках единой автоматизированной системы. Система iEAF™ охватывает все аспекты управления работой печи. Система управления с обратной связью включает различные датчики (например, анализаторы отходящих газов, гармонических колебаний в электрической цепи, силы тока и на-

пряжения и др.) и предназначена для ведения технологического процесса путем регулирования основных его параметров (например, подачи топлива и кислорода в горелки, режима работы кислородного копя, вдувания порошкообразного угля, регулирования положения электродов и др.). Принимается во внимание поступление в печь как электрической, так и химической энергии. Система iEAF™ разработана с расчетом на использование в ЭДП разного типа — традиционных, типа Consteel, использующих в шихте железо прямого восстановления, горячбрикетированное железо или чугун, а также на установках при модернизации действующих печей. Модули системы автоматизации могут быть скомпонованы по-разному в зависимости от конкретных условий.

С точки зрения технологического процесса компоненты системы iEAF™ могут быть сгруппированы следующим образом (табл. 1):

- средства аппаратного обеспечения и дополнительные измерительные инструменты;
- математические модели процессов;
- модули регулирования и оптимизации параметров.

Модели процесса, основанные на динамических балансах масс и энергии

Модель газовой фазы. Так называемая freeboard model представляет собой динамическую модель открытой газовой фазы в ЭДП. Система EFSOP® обеспечивает измерения состава отходящих газов, их температуры и исходного статического давления на начальном участке системы газоотвода в режиме реального времени. Результаты измерений технологических параметров используются для расчета баланса масс и энергии в газовой фазе процесса электродуговой плавки.

Полный баланс масс и энергии позволяет оценить следующие аспекты:

- наличие воды в печном пространстве;
- подсос воздуха;
- присутствие углерода (в виде CO);
- интенсивность окисления (формирование шлака);
- интенсивность теплоотвода через газовую фазу.

Датчики и измерительные инструменты	Модели процесса	Оптимизирующие модули
Датчики давления и температуры отходящих газов	Модель газовой фазы (freeboard-модель)	Оптимизатор дожигания Оптимизатор электрических параметров
Измерение уровня шлака в ванне	Твердофазная модель (модель плавления)	Детектор начала стадии рафинирования (основанный на непрерывной логике)
Непрерывное определение температуры ванны (разрабатываются)	Жидкофазная модель (модель металл/шлак)	Оптимизатор формирования вспененного шлака Оптимизатор момента окончания плавки (T&C)

Таблица 1. Компоненты системы iEAF™

Статические переменные параметры	Динамические переменные параметры
Химический состав отходящих газов	Анализ гармонических колебаний с помощью динамического рефлектометра
Регулируемые параметры	
Газокислородные горелки Вдуваемый углерод Кислородное копьё Добавки железа прямого восстановления Добавки известняка Давление в печи Электрические параметры (V, I)	⇨ Регулирование удельного расхода химической энергии в ванне ⇨ Регулирование содержания углерода в ванне ⇨ Регулирование процесса дожигания ⇨ Регулирование шлакообразования ⇨ Регулирование расхода электроэнергии

Таблица 2. Иерархическая схема переменных параметров процесса

Модель жидкой фазы. Динамическая модель ванны жидкого металла/шлака основана на оценке процессов окисления, обезуглероживания и потерь энергии, исходя из баланса масс и энергии, полученного с использованием freeboard model, и благодаря этому позволяет более точно, чем это было возможно прежде, оценить параметры расплавленного металла и шлака (их температуру и состав). Следовательно, возможен реальный контроль процессов формирования вспененного шлака, обезуглероживания и перегрева в ходе плавки.

Модель твердой фазы. Основанная на учете энергии-нетто (как химической, так и электрической, в меньшей степени — потерь энергии), модель процесса плавления позволяет рассчитать в режиме реального времени распределение энергии между стадиями нагрева (повышения температуры скрапа) и расплавления (перехода скрапа из твердого состоя-

ния в жидкое). Таким образом, можно получить картину последовательного развития процесса расплавления скрапа. Расчеты по динамической модели, в свою очередь, позволяют регулировать интенсивность подвода тепла в зависимости от доли расплавленного скрапа, причем не только подвода тепла, вводимого посредством электрической энергии, как это было возможно при использовании других моделей. Такой подход способствует внедрению модульной системы автоматического регулирования, позволяющей оптимизировать весь процесс.

Стратегия расплавления шихты и выпуска плавки

Обычно поступление химической энергии в ЭДП основано на заданном графике подачи кислорода и топлива. Стандартный режим работы горелок обычно задается как функция удельного поступления электроэнергии в печь (кВт·ч/т). Другими словами,

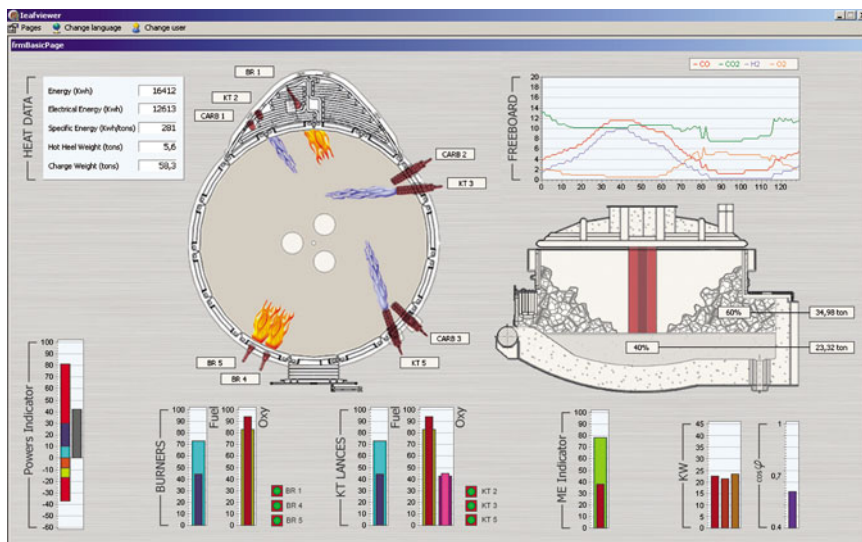


Рис. 2. Дисплей на пульте оператора, контролирующего процесс расплавления скрапа

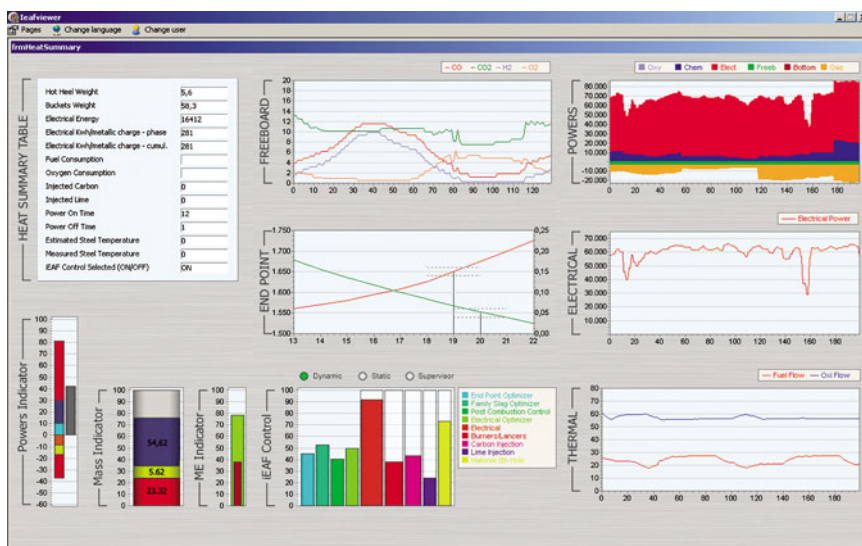


Рис. 3. Дисплей на пульте оператора, осуществляющего всесторонний динамический контроль плавки

режим работы печи определяется параметрами электрической энергии. Тот же принцип заложен в основу регулирования электрических цепей и системы газоотвода.

Недостатком такой стратегии является тот факт, что интенсивность подвода электрической энергии не всегда точно согласуется со скоростью развития процесса расплавления скрапа. Это несоответствие возрастает по мере увеличения доли химической энергии, используемой в процессе расплавления. Естественно предположить, что параметры процесса в большей степени являются функцией поступления-нетто в ЭДП всех видов энергии (электрической и химической), а не только электрической.

Ход плавки в большей степени определяется степенью расплавления

скрапа, чем удельным подводом электрической энергии. С учетом этого следует строить стратегию плавки. Этот факт признают даже сторонники регулирования плавки только по общему подводу электрической энергии. Успешному внедрению нового направления препятствовало отсутствие точного контроля состава отходящих газов, без которого модель не могла учитывать фактическое поступление химической энергии в печь и ее потери с отходящими газами. Все эти недостатки позволила устранить система iEAF™. В результате ее внедрения на основании показателя степени расплавления скрапа можно регулировать ход печи и определять режим работы горелок, инжекторов, подачу электрической энергии и внесение флюсов.

Модули регулирования и оптимизации процесса

Вместе с тактикой регулирования хода ЭДП в зависимости от степени расплавления скрапа регулирующие модули системы iEAF™ позволяют оценить разнообразную информацию, предоставляемую моделями процесса, и выработать соответствующие регулирующие воздействия, рассчитанные в режиме реального времени (табл. 2). Был разработан ряд оптимизирующих модулей, позволяющих повысить эффективность отдельных стадий процесса электродуговой плавки стали:

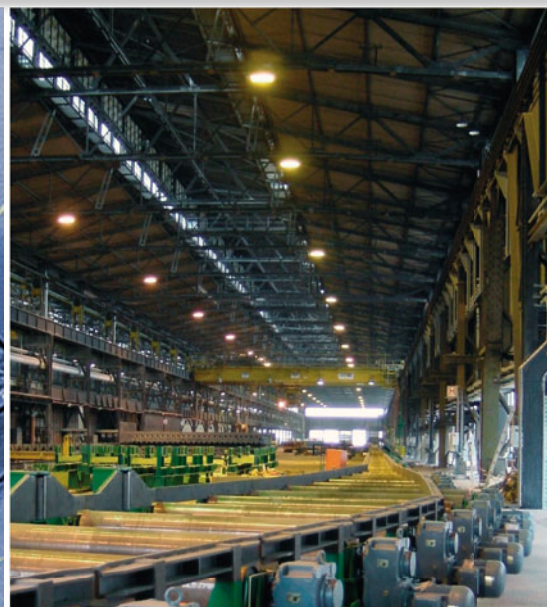
- модуль, оптимизирующий процесс дожига по критерию минимальных затрат;
- модуль, оптимизирующий расход электроэнергии;
- оптимизатор формирования вспененного шлака;
- детектор окончания плавки.

Все модули были разработаны в расчете на максимально возможный непрерывный режим работы на протяжении плавки (рис. 2 и 3). При таком режиме могут быть получены противоречивые решения в отдельных регулирующих модулях. Чтобы избежать этого, вводятся следующие общие правила. Установочные точки и параметры процесса, полученные по программам регулирования химической или электрической энергии, могут быть изменены (заменены) — в определенных пределах — параметрами, которые задаются другими модулями. Программа загрузки шихтовых материалов определяет последовательность и точное время загрузочных операций. Возможные противоречивые решения могут быть преодолены с помощью оптимизатора формирования вспененного шлака, учитывающего при выработке команд последовательность загрузки шихтовых материалов и их влияние на ход процесса.

Оптимизатор процесса дожига действует только на стадии расплавления скрапа и играет вспомогательную роль на стадии рафинирования. Оптимизатор формирования вспененного шлака и оптимизатор момента окончания плавки действуют только на стадии рафинирования. Сигналы на регулирующие воздействия от каждого из

Мировой лидер в области "ноу-хау" для технических решений наивысшего качества

1
One Source
One Partner



Будьте готовы к новому подходу к работе прокатных станов: FLSmidth KOCH MVT

Компания FLSmidth KOCH MVT предлагает новые перспективы, дающие ответ на сегодняшние вызовы со стороны оборудования прокатных станов. Эти технические решения основаны на сочетании механической и электрической экспертизы с целью разработки совершенно гармоничных блоков и установок – от ножниц, машин абразивной резки, линий чистовой отделки, кантователей с захватом до правильных установок, холодильников и оборудования "под ключ".

Оборудование прокатных станов компании FLSmidth KOCH MVT – это весь диапазон проектных, инженеринговых и монтажных работ, изготовление, ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание на основе почти 50-летнего опыта.

FLSMIDTH
KOCH MVT

FLSmidth Koch GmbH • FLSmidth MVT GmbH
Karl-Koch-Str. 1 • 66787 Wadgassen • Germany
Tel +49 (0) 6834 470-0 • Fax +49 (0) 6834 470-109
koch@flsmidth.com • mvt@flsmidth.com
www.flsmidthminerals.com



Посетите наш стенд № А17 в павильоне 7-5 на выставке в Москве в текущем году

этих модулей могут вступать в противоречие один с другим. Для того чтобы избежать этого, устанавливают приоритетность одних модулей по отношению к другим, исходя из конкретных производственных соображений.

Выводы

Строгое регулирование параметров плавки на различных ее стадиях и их оптимизация по критерию общего расхода-нетто энергии, а процесса дожигания — по критерию минимальных затрат, позволяют добиться следующих результатов:

- сокращения времени работы печи под нагрузкой;
- сокращения простоев, связанных с завалкой (простой при отключенной нагрузке между завалками шихты);
- оптимизации потребления расходных материалов и энергоносителей (кислорода, топлива и электроэнергии);
- эффективного контроля отходящих газов в зависимости от производительности печи.

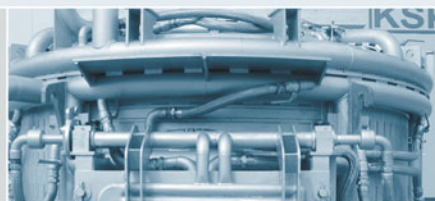
На стадии рафинирования современные регулирующие модули, включая датчик начала рафинирования, оптимизатор формирования вспененного шлака и оптимизатор момента окончания рафинирования, минимизируют чрезмерное окисление ванны, тем самым позволяя сократить потребность в добавках ферросплавов. Регулирование процесса формирования вспененного шлака ведет к уменьшению износа огнеупоров и повышению выхода годного благодаря минимальной массе шлака. Для ус-

пешного завершения плавки требуется отбор меньшего числа проб, выполняемых с целью контроля температуры и содержания углерода.

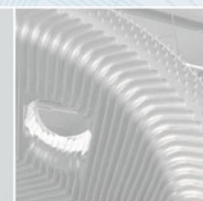
Обеспечиваются и другие преимущества, труднее поддающиеся количественному определению. Повышается безопасность труда благодаря своевременному выявлению чрезмерно высокого и неприемлемого содержания паров воды в отходящих газах, что свидетельствует об утечках воды. Операторы получают более полное представление о ходе процесса электродуговой плавки, что дает им дополнительные возможности для анализа хода процесса и его улучшения.

Система *iEAF*TM не только является модульной, но может быть и дополняемой. Она легко интегрируется в действующие системы автоматизации. ■

Водоохлаждаемые компоненты для черной металлургии



Электродуговые печи
Вторичная металлургия
Конвертер
Установки удаления пыли
Инжиниринг



Мы способны осуществлять проектирование и поставку полных комплектов оборудования. Наша компания может выполнить модернизацию существующих электродуговых печей и конвертеров, а также проектирование и изготовление новых систем охлаждения отходящих газов. Мы также являемся Вашим партнером в выборе функциональных технических решений при детальном проектировании.

Свяжитесь с нами и положитесь на нашу компетентность.



Kuhlmann-System-Kühltechnik GmbH

D-45721 Haltern am See · An der Ziegelei 11
Tel.: +49(0)2364/1053 9-0 · Fax: +49(0)2364/1053 9-16
E-Mail: info@k-s-k.de · Internet: www.k-s-k.de