

Выявление повышенной влажности в электродуговых печах: результаты промышленного использования и преимущества технологии EFSOP®

Технология EFSOP® подтвердила свою надежность и эффективность при использовании в производственной практике автоматизированного управления работой электродуговой печи (ЭДП). Она обеспечила получение наибольшего экономического эффекта при автоматизации управления заслонкой с четырьмя отверстиями и форсункой. Кроме того, детектор влажности EFSOP® доказал способность определять избыточную влажность в печи, связанную как с попаданием в нее снега из загрузочной корзины, так и с утечкой воды из водоохлаждаемых панелей.



Рис. 1. Фурма и ввод газохода отходящих газов электродуговой печи

Система EFSOP® внедрена компанией Tenova Goodfellow с целью улучшения показателей работы электродуговой печи (ЭДП) и повышения безопасности труда путем выявления аварийных ситуаций, связанных с избыточной влажностью в печи, и подачи специального сигнала в режиме реального времени для предупреждения аварии при возникновении подобных ситуаций. Технология EFSOP® основана на системе контроля отходящих из ЭДП газов через заслонку с четырьмя отверстиями, обеспечивая контроль хода процесса и работы инжекторной горелки, а также получение экономического эффекта за счет повышения выхода годного, стандартизации/автоматизации управления работой го-

релок и сокращения времени работы печи под током. Анализ отходящих газов в режиме реального времени позволяет операторам лучше понять, оценить и управлять ходом процесса в печи, изменяя расположение в печи и расход кислорода в фурме. Система контроля влажности EFSOP® доказала способность определять избыточную влажность в печи, связанную как с попаданием в нее снега с загрузочной корзины, так и с утечками воды из водоохлаждаемых панелей. При обнаружении избыточной влажности система подает сигнал о возникновении аварийной ситуации. Отмечена минимальная доля ложных аварийных сигналов, которая приемлема для операторов промышленных печей.

Суреш Мистри, Маршалл Хан, компания **Tenova Goodfellow Inc.**, Миссиссога, Онтарио, Канада

Контакт: www.tenovagroup.com
E-mail: goodfellow@ca.tenovagroup.com



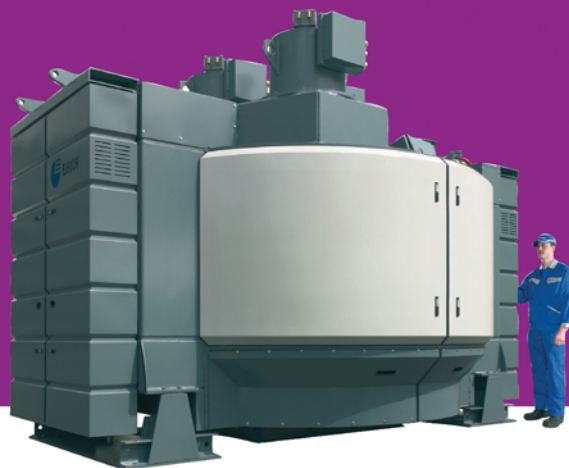
Технологии для современной металлургии – Интенсивные смесители фирмы АЙРИХ. Оборудование, ноу-хау и сервис из одних рук



Новое оборудование



Так, например, было приготовлено
10 млн.т железной руды без
существенного износа оборудования



Берите на вооружение опыт партнёра

- Обогащение металлосодержащих руд
- Смешивание агломерационных материалов
- Особые технологии

- Рециклинг зол и шламов
 - с целью сокращения отходов (снижение расходов на складирование)
 - воспроизводство ценных материалов
 - для сокращения эмиссии вредных веществ
 - с целью экономии энергии

ООО «Айрих Машинентехник»
ул. Уржумская, 4, строение 2
129343 Москва, Российская Федерация
Телефон: (495) 7716880, факс: (495) 7716879
E-mail: info@eirich.ru, Internet: www.eirich.ru

ООО «Айрих Машинентехник»
ул. Стартовая 20, офис 302
49041, Днепропетровск, Украина
Телефон: (056) 794 31 45; Факс: (056) 794 31 46
E-mail: info@eirich.ua

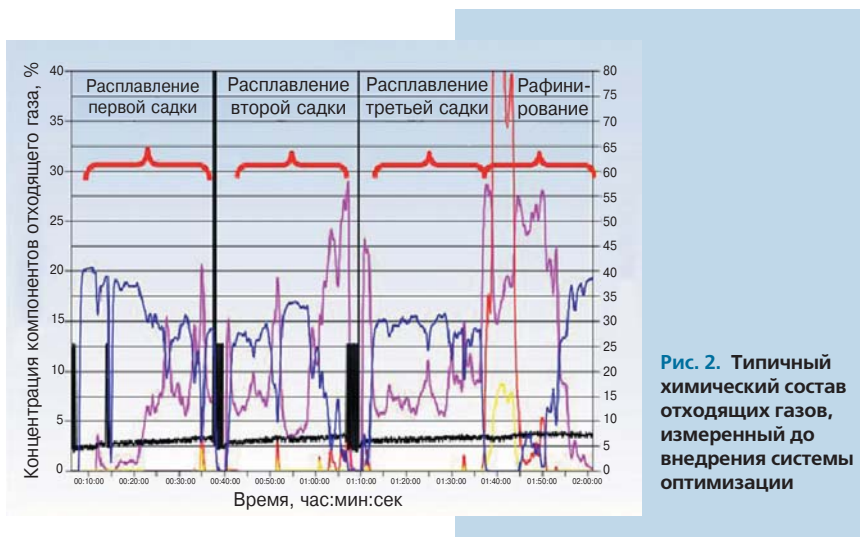


Рис. 2. Типичный химический состав отходящих газов, измеренный до внедрения системы оптимизации

Система EFSOP® предназначена в первую очередь для достижения таких целей, как проведение автоматизированного и стандартизованного контроля рабочих режимов ЭДП, получение экономического эффекта за счет сокращения производственных расходов и повышения безопасности труда при электродуговой плавке. В данной статье подробно описана технология EFSOP® и принцип работы системы контроля влажности EFSOP®. В качестве примера рассмотрена 165-тонная ЭДП переменного тока с верхней загрузкой, оборудованная следующими устройствами (рис. 1):

- одной сверхзвуковой фурмой для вдувания кислорода с ручным регулированием расхода кислорода оператором;
- одной инжекторной горелкой omni-jet (подающей экранирующий кислород, газ и кислородное дутье) с тремя рабочими режимами, выбор которых осуществляет оператор;
- одной расходомерной трубой для точечного вдувания углеродсодержащего порошка.

Принцип работы системы EFSOP®

Система оптимизации работы печи на основе экспертных оценок EFSOP® (Expert Furnace System Optimization Process), внедренная компанией Tenova Goodfellow, выполняет измерения и анализ в режиме реального времени химического состава отходящих газов в заслонке ЭДП. Результаты измерений позволяют динамически оптими-

зировать расход химической энергии в печи путем регулирования режимов работы горелки, кислородных фурм, инжекторов углеродсодержащего порошка и другого вспомогательного печного оборудования.

Система отбирает пробы отходящего газа, анализирует их и определяет оптимальные установочные точки с помощью программы SCADA. Параметры оптимальных установочных точек, рассчитанные SCADA, поступают в программируемые логические контроллеры (PLC), которые осуществляют динамическое регулирование печи. В число основных компонентов системы входят запатентованные водоохлаждаемые газоотборники, трубопроводы для передачи проб горячих газов, многоцелевой газоанализатор и программное обеспечение HMI/SCADA.

Проба отходящего газа отбирается с помощью водоохлаждаемого газоотборника, размещенного в водоохлаждаемом газоходе D1. Проба газа втягивается в корпус пробоотборника с помощью создаваемого вакуума. Очень важно правильно выбрать позицию газоотборника, чтобы в пробе содержался только газ, отходящий из печи.

Затем пробу газа транспортируют по подогреваемому (чтобы сохранить целостность пробы) трубопроводу в камеру газоанализатора. В камере пробу фильтруют для отделения пыли и влаги, а затем газ поступает в многоцелевой анализатор, где определяют содержание в нем O₂, CO, CO₂ и H₂. Полученную информацию передают в

PLC. В программном обеспечении HMI/SCADA происходит оценка этих данных и определение оптимальных установочных точек (режимов работы) для оборудования печи (горелок, инжекторов, позиции заслонки и т. д.) для замкнутой цепи динамического регулирования.

Оптимизирующая система EFSOP® и результаты ее использования

Внедрение оптимизирующей системы EFSOP® началось со стандартизации режимов работы инжекторных горелок. Для этого использовали интерфейс «человек – машина» (HMI) при построении диаграмм тепловой мощности (тепловых профилей) обычных горелок. Заказчик может задать до 12 различных установочных точек (режимов работы) горелок, для которых формируются соответствующие величины и последовательность пусковых сигналов. Исходная схема таких сигналов основана на электрической мощности (МВт·ч), потребляемой в ходе каждой плавки. Затем эти показатели были скорректированы с учетом расхода мощности на каждую завалку скрапа, что позволило располагать воспроизводимым тепловым профилем перед каждой завалкой. С учетом команд, получаемых от операторов печи, были построены три обобщенных рабочих тепловых профиля: для стадии пуска печи, стандартный профиль и агрессивный профиль для ускоренного ведения плавки при изменении текущей ситуации. Режимы управления с помощью системы EFSOP® работой инжекторной горелки выбирает оператор печи и автоматически загружает с интерфейса «человек – машина». Стандартизация теплового профиля работы горелок позволяет обобщить опыт операторов на отдельных операциях и задать наилучший вариант; при этом улучшаются такие показатели, как время работы печи под током, расход газа и кислорода.

Результаты анализов отходящих газов, полученные до внедрения оптимизирующей системы, свидетельствовали об окислительной атмосфере на уровне свободного борта печи в начальной стадии плавки. На это указывала высокая концентрация

KÜTTNER



25.-28.06.2013



МЕТАЛЛ ЭКСПО

12.-15.11.2013

Технология для производства конкурентоспособного и высококачественного чугуна и стали



Производство чугуна

- › Складские и погрузочно-разгрузочные работы
- › Размол и сушка угля
- › Вдувание пылеугольного топлива
- › Рекуперация тепла
- › Системы обеспыливания литейного двора собственной конструкции



Утилизация следующих отходов при работе с печью OXUCIP®

- › мелкой фракции окиси железа
- › шлама
- › настелей и отходов металла
- › лома



Производство стали

- › Десульфуризация горячего металла
- › Комбинированная донная продувка конвертера ТВМ
- › Модель системы донной продувки конвертера ОТСМВ
- › Дозировка легирующих добавок
- › Кондиционирование шлаков
- › Горячее брикетирование конвертерной пыли



Технологии по охране окружающей среды

- › Высокотемпературные технологии
- › Технологии нагрева
- › Технологии по утилизации колошниковых газов
- › Очистка отходящих газов на агломерационной установке
- › Автоматизация производственных процессов

Küttner GmbH & Co. KG, Essen/Германия
☎ +49 (0)201 7293 0



www.kuettner.com
info@kuettner.com

кислорода (O_2 — синяя линия), а также содержание монооксида углерода (CO — красная линия) и водорода (H_2 — желтая линия) на уровне ниже 5 % (рис. 2). Пиковые значения на кривых CO и H_2 во время расплавления скрапа указывают на наличие внутренних полостей в скрапе при его обрушении от стенок к центру электродуговой печи. Изменение концентрации углекислого газа (CO_2 — лиловая линия) показывает начало выделения химической энергии в печи.

Для стадии рафинирования характерно высокое содержание CO и H_2 , что указывает на процесс обезуглероживания в жидкой стали и поступление углерода со вспененным шлаком. В конце стадии рафинирования уровень содержания CO и CO_2 снижается и, следовательно, уменьшается скорость обезуглероживания в ванне.

Характер протекания окислительного процесса, выявленный по тенденции изменения состава отходящих газов, предоставляет очень небольшие возможности использования преимуществ дожигания в процессе плавки. Медленное изменение содержания CO_2 на начальной стадии расплавления после каждой завалки скрапа свидетельствует о крайне малом поступлении химической энергии от горелок. Оригиналь-

ный метод, использованный операторами электродуговых печей, заключается в развороте фурмы после завалки шихты. Тепловой профиль горелки, построенный по результатам анализа отходящих газов, предусматривает задержку начала работы фурмы и сохранение соотношения между газом, поступающим в горелку, и кислородом на уровне стехиометрического отношения. Такие изменения, внесенные в рабочие параметры, позволили повысить выход годного в среднем на 2 % и снизить расход кислорода на 7 %, но при этом увеличилось время работы печи под током на 5 %. В связи с этим дальнейшие поиски путей оптимизации были направлены на уменьшение времени работы печи под током. С этой целью уменьшили содержание углерода в ковше на 10 %, учитывая, что, несмотря на достаточно длительную стадию рафинирования, у оператора нет возможности довести содержание углерода до уровня, требуемого на стадии выпуска плавки.

Наиболее заметное улучшение этого показателя — работа печи под током — и всех экономических показателей процесса наблюдалось после внедрения замкнутой системы контроля и оптимизации EFSOP® на заслонке с четырьмя отверстиями. Бла-

годаря регулированию открытия заслонки удалось уменьшить подсос воздуха в печь, что позволило сохранить теплоту внутри печи после завалки скрапа, повышая эффективность нагрева и расплавления скрапа. На рис. 3 и 4 показано влияние регулирования открытия заслонки на химический состав отходящих газов. На этих рисунках степень открытия заслонки в % показана на верхней из двух диаграмм.

На рис. 3 представлен химический состав отходящих газов, измеренный без использования системы EFSOP® для регулирования заслонки. В этом случае заслонка остается полностью открытой на протяжении всей плавки. Данная ситуация приводит к максимальному подсосу воздуха через печное пространство в течение всей плавки. Содержание кислорода в начальный период расплавления после завалки скрапа составляет 17–19 %, содержание CO_2 — примерно 2–3 %, остальное — азот. Это указывает, что более 90 % газов во внутриванном пространстве составляет воздух, который проникает туда в результате подсоса через зазор отверстия для сверхзвуковой фурмы, а также через кольцевое уплотнение крышки и через зазор в заслонке.

Азот не участвует в реакциях горения и может вызвать образование NO_x при прохождении под электродами. Подсасываемый воздух охлаждает печь, а происходящие при этом потери тепла замедляют процесс расплавления скрапа. Наличие кислорода указывает, что печь с садкой скрапа еще не достигла температуры, при которой возможно естественное дожигание кислорода воздуха, либо кислород находится в избыточном количестве.

На рис. 4 показана тенденция изменения состава отходящих газов после установки системы EFSOP® для регулирования заслонки с четырьмя отверстиями и улучшение сохранения тепла в печи во время плавки. Улучшается использование кислорода, о чем свидетельствует превышение уровня содержания CO_2 над содержанием кислорода. В то же время печь быстрее достигает состояния спокойной ванны после второй и третьей завалок скрапа, на что указывает изменение содержания CO и водорода.

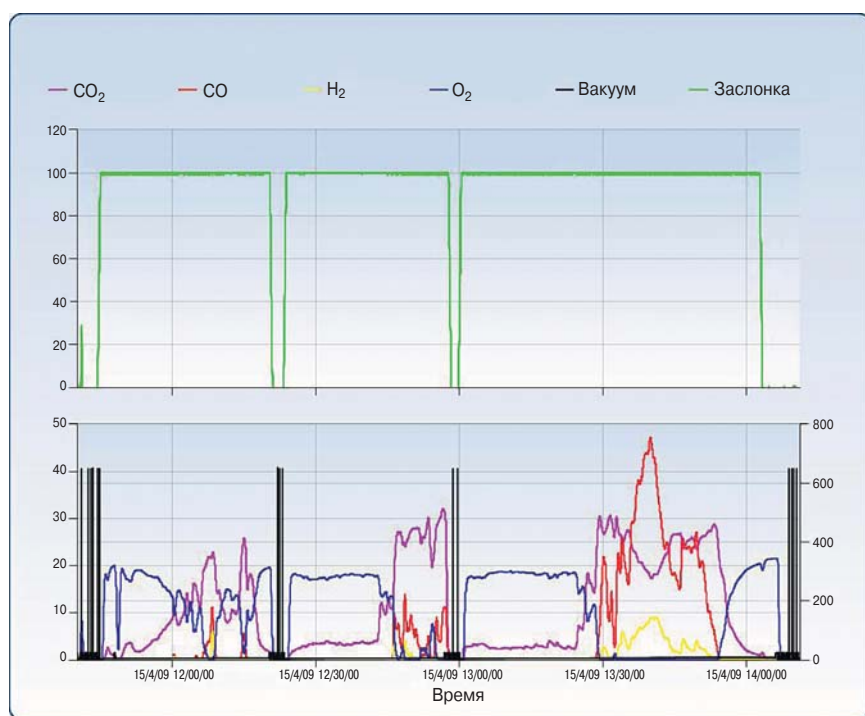


Рис. 3. Химический состав отходящих газов, измеренный без использования системы EFSOP® для регулирования заслонки

**КОМПЕТЕНЦИЯ
РЕСУРСЫ
ВОЗМОЖНОСТИ**



ДРОБЕМЕТНЫЕ УСТАНОВКИ

Преимуществом фирмы **Konrad Rump** является многолетний опыт по изготовлению стандартных, а также специальных дробеметных установок, например для крупногабаритных отливок массой до 150 тонн.



KONRAD RUMP OBERFLÄCHENTECHNIK GMBH & CO. KG
Berglar 27 • D-33146 Salzkotten
тел.: +49 (0)5258 - 508 149 • e-mail: service@rump-oft.de

Реклама



made
in
Germany

www.LAP-LASER.com

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ

Dilatometer DIL805L

Закалочный дилатометр



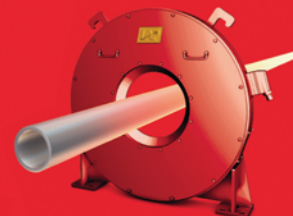
- температурный диапазон: 20 °C – 1500 °C; –150 °C – 1300 °C
- материал образца: электропроводный
- атмосфера: N₂, Ar, He, вакуум, воздух
- геометрия образца: сплошной и полый, d ≈ 4 мм, l ≈ 10 мм
- скорость нагрева: макс. 2500 К с⁻¹
- скорость охлаждения: макс. 2000 К с⁻¹

BÄHR-Thermoanalyse GmbH
P. O. Box: 1105
D-32603 Hüllhorst/Germany
Tel.: +49-5744-9302-0
Fax.: +49-5744-9302-90
info@baehr-thermo.de
www.thermophysical.tainstruments.com

Реклама



[ТОЛЩИНА]



[ДИАМЕТР]



[ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ]



[ПРОФИЛЬ]



Реклама

Регулирование положения заслонки происходит в зависимости от уровня содержания азота, который определяют при расчете баланса концентрации газов ($N_2 \% = 100 \% - O_2 \% - CO \% - CO_2 \% - H_2 \%$). Установочные точки положения заслонки подразделяются на две группы: первая группа применяется на стадии расплавления скрапа, вторая группа — на стадии рафинирования. На стадии расплавления при содержании азота более 80 % заслонку открывают лишь на 40 %; если содержание азота ниже 70 %, то заслонку открывают на 70 %, а при содержании азота менее 60 % заслонку открывают на 100 %. Установочные точки заслонки для стадии рафинирования носят менее агрессивный характер вследствие большего объема продуктов горения и для предотвращения задымленности цеха. Время работы печи под током сокращается на 5 % по сравнению с традиционной практикой, наблюдавшейся до внедрения контрольной системы EFSOP®; в то же время уменьшается расход углерода и повышается выход годного.

Операции ручного регулирования позиции фурмы для вдувания кислорода и расхода кислорода затем были оптимизированы совместно с операторами ЭДП. Фурму для вду-

вания кислорода регулировали на низкий расход кислорода и устанавливали в извлеченной позиции, чтобы ее можно было использовать для дожигания кислорода во время расплавления скрапа. После расплавления большей части скрапа ее в качестве жесткого сопла погружали на большую глубину в зависимости от содержания CO и CO₂, что способствовало образованию вспененного шлака.

Результаты выявления влажности

Система EFSOP® для выявления избыточной влажности была введена в эксплуатацию в ноябре 2009 г. Методика измерения влажности по результатам анализа отходящих газов, разработанная компанией Tenova Goodfellow, не является на 100 % эффективной при определении избыточной влажности, утечек воды или взрывоопасных ситуаций.

Конструкция системы предусматривает возможность подачи сигнала тревоги в случае создания условий избыточной влажности в печи, вызванных попаданием большого количества дождя или снега в садку шихты, при утечке воды из водоохлаждаемых панелей или при попадании в шихту

большого количества замасленного оборотного металлолома. Избыточный уровень содержания влаги оценивают по уровню содержания водорода и по соотношению водород/монооксид углерода. Вода участвует в реакциях окисления, например, в превращении монооксида углерода в диоксид или в превращении железа в окись железа. В ходе этих окислительных реакций высвобождается водород, и концентрация его повышается. Вызванное наличием воды окисление монооксида углерода в диоксид приводит к увеличению соотношения водород/монооксид углерода. В типовой плавке будет наблюдаться изменение концентрации H₂ и соотношения H₂/CO. Характер этого изменения одинаковый для многочисленных плавов с аналогичным тепловым профилем горелок и одним и тем же составом шихты.

При статистическом анализе плавов общее время плавки разделяют на интервалы времени с постоянными или немного различающимися показателями расхода мощности (кВт·ч) на каждую завалку скрапа, примерно соответствующие каждому поданному аварийному сигналу. Более короткие временные интервалы характеризуют более высокую чувствительность системы к повышению влажности выше допустимого уровня, но в то же время означают и более частую подачу ложных аварийных сигналов. Более длинные интервалы времени означают снижение чувствительности системы, но одновременно и сокращение числа ложных аварийных сигналов. Пороговые значения подачи аварийных сигналов для каждого интервала времени определяют по результатам статистического анализа с помощью специальной модели. Статистические данные для построения модели получают при наблюдениях за положением заслонки в ходе 50 плавов, эти данные позволяют динамически регулировать пороговый уровень подачи аварийных сигналов с учетом вариаций состава скрапа или сезонных изменений погодных условий. Регулируя переменную величину интервала времени, можно также влиять на чувствительность системы к изменению влажности.

Система определения избыточной влажности EFSOP® — это многоуров-

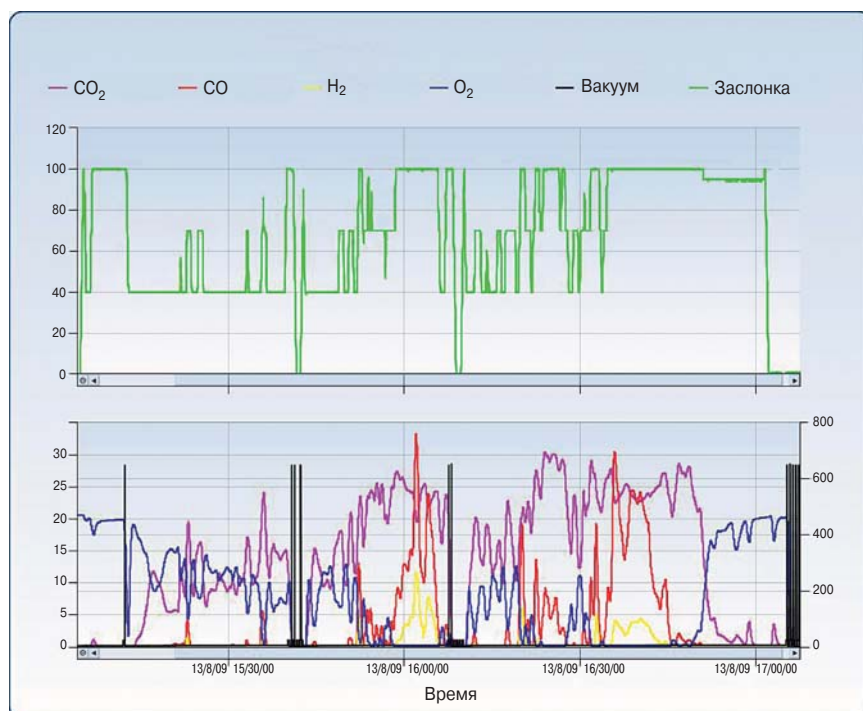
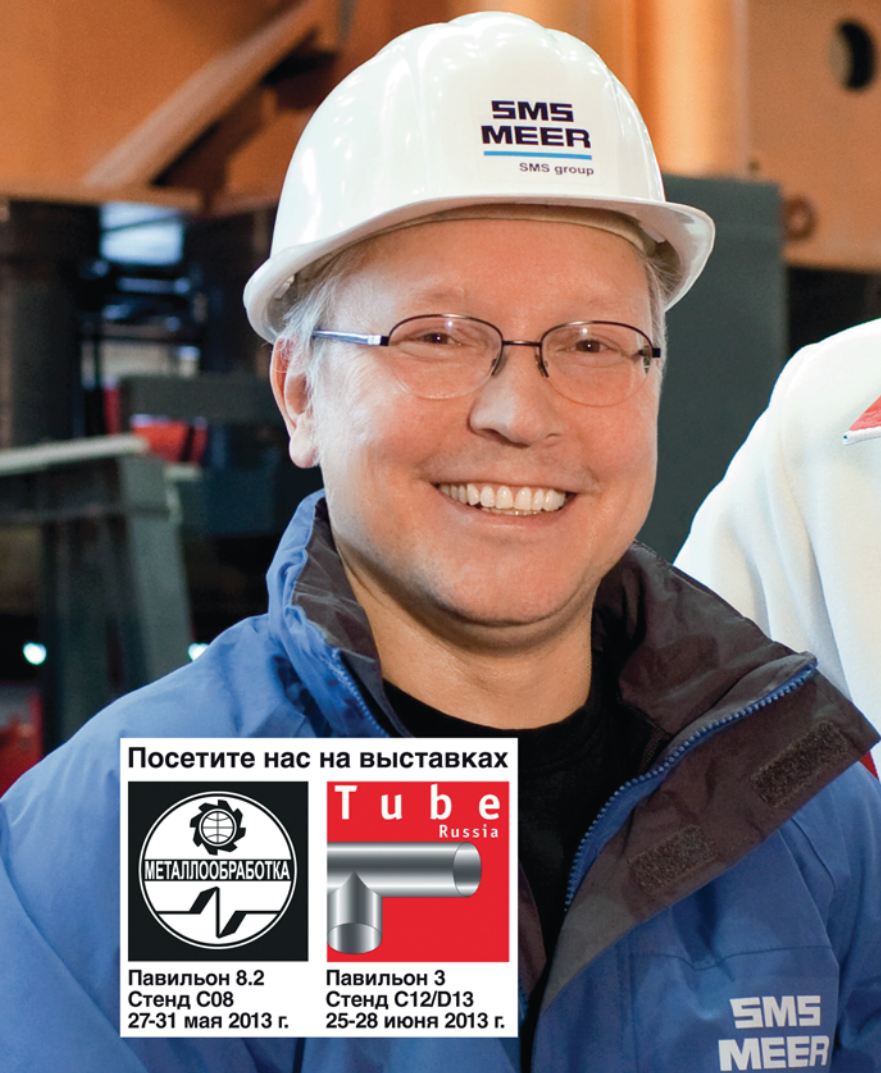


Рис. 4. Химический состав отходящих газов, измеренный после установки системы EFSOP® для регулирования заслонки

500 KM КАБЕЛЕЙ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ

47 ЭТАПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА

1 ИНТЕРФЕЙС



Посетите нас на выставках



Павильон 8.2
Стенд С08
27-31 мая 2013 г.



Павильон 3
Стенд С12/D13
25-28 июня 2013 г.

В Челябинске, на юге Урала, компания „SMS Meer“ полностью оснастила оборудованием цех по производству труб большого диаметра. Этот цех выпускает сегодня продукцию самого высокого качества. Благодаря тому, что все оборудование было спроектировано и установлено фирмой „SMS Meer“, обеспечивается идеальная совместимость всех его узлов и компонентов. Цех отличается чрезвычайно высоким уровнем автоматизации технологического процесса, состоящего из 47 этапов обработки и передела. Кроме того, цех входит также в число наиболее чистых производств подобного типа. Неслучайно заказчик, группа ЧТПЗ, говорит в этой связи о „белой металлургии“. Соответствующий цвет был подобран и для спецодежды работников цеха – белый.

Качество объединяет – мы и наши заказчики следуем данному девизу в каждом проекте, снова и снова. Вместе мы разрабатываем технические решения, дающие нашим партнерам конкурентное преимущество. Благодаря такому эффективному взаимодействию, SMS Meer является мировым лидером в области тяжелого машиностроения и производства промышленного оборудования.

MEETING your EXPECTATIONS

**SMS
MEER**

SMS group

www.sms-meer.com

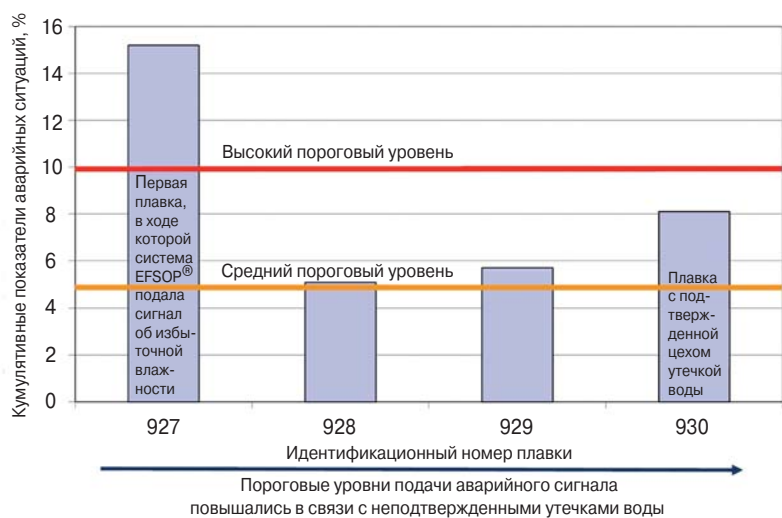


Рис. 5. Утечки воды, зафиксированные системой EFSOP®

невая система выявления аварийных ситуаций, которая сигнализирует о вероятности аварии, связанной с изменением влажности. Многоуровневая система включает три уровня тревоги, которые зависят от длительности аварийных условий в ходе плавки или расплавления садки шихты (кумулятивных измерений концентрации H_2 или H_2/CO). Пользователь системы может определять и задавать длительность аварийных условий в процентах от времени работы печи под нагрузкой, при которой включается сигнал о среднем или высоком уровне аварийной опасности. Сигнал об аварийной угрозе низкого уровня включается при любой ненулевой длительности этих условий.

В систему встроены и другие ограничения параметров, вызывающие подачу сигнала о повышенном уровне влажности:

- система отслеживает превышение влажности только в период работы печи под током, в этом случае система не осуществляет мониторинга во время завалки шихты, выпуска плавки или при любой остановке печи для выполнения планового или аварийного ремонта;
- система отслеживает превышение влажности только при достоверных измерениях химического состава отходящих газов газоанализатором; достоверными считаются измерения, прошедшие проверку внутри системы HMI/SCADA;
- система осуществляет мониторинг соотношения H_2/CO только в случаях, когда измеренные значения

H_2 и CO превышают минимальный уровень концентрации, равный 2 %;

- система отключается в ситуациях, когда номер плавки или идентификационный номер садки шихты индексирован неправильно; в этом случае модель не способна определить стадию плавки или интервал времени распределения мощности при расплавлении садки для формирования пороговых уровней подачи аварийного сигнала.

В системе определения избыточной влажности EFSOP® имеется опция подтверждения утечек воды. Подтверждение фактически произошедшей утечки воды приведет к сбросу результатов соответствующих замеров H_2 и H_2/CO в окне наблюдения за параметрами плавки, и эти данные не будут включены в динамическую модель корректирования пороговых уровней подачи аварийного сигнала. Если событие аварийной утечки не подтверждено, то с учетом собранных данных об аварийных ситуациях при плавках динамическая модель сформирует более высокий пороговый уровень подачи аварийных сигналов.

Число аварийных сигналов о повышенной влажности, поданных системой EFSOP® за неделю, начавшуюся 21 декабря 2009 г., возросло вследствие наличия снега в завалочных корзинах. Аварийные сигналы включались при превышении среднего порогового уровня, установленного для этого сезона. Сигнализация срабатывала во время проведения нескольких

плавков в течение двух суток, когда шел сильный снегопад. На протяжении этого периода аварийные утечки не получали подтверждения, и по окончании снегопада был восстановлен пониженный пороговый уровень подачи аварийного сигнала.

Высокий уровень аварийных сигналов установился 15 января 2010 г. вследствие утечек дыма через кольцевое уплотнение печи. Такой высокий уровень чувствительности срабатывал на протяжении нескольких плавков, прежде чем оператор печи заметил утечки и отключил подачу воды. На рис. 5 графически показаны условия подачи аварийных сигналов о повышенной влажности, выявленной системой EFSOP® прежде, чем оператор визуально обнаружил утечку.

Первое обнаружение повышенной влажности включило высокий пороговый уровень аварийных сигналов, на протяжении последующих трех плавков действовал средний пороговый уровень с повышением процента времени работы в аварийных условиях от плавки № 928 к плавке № 930. Пороговые уровни определения аварийного повышения влажности корректировались автоматически для каждой плавки; такой была реакция системы на неподтвержденные утечки воды. Соответственно, величина утечек нарастала, аварийные условия сохранялись и расширялись, относительная продолжительность утечек увеличивалась до тех пор, пока оператор не обнаружил утечки визуально.

Выводы

Система EFSOP® проявила себя надежным помощником операторов ЭДП при внедрении автоматизированного управления процессом плавки. Применение технологии EFSOP® позволяет получить максимальные экономические преимущества при автоматическом регулировании заслонки с четырьмя отверстиями и теплового профиля инжекторной горелки. Кроме того, система контроля влажности EFSOP® доказала способность определять избыточную влажность в печи, связанную как с попаданием в нее снега с завалочной корзиной, так и с утечками воды из водоохлаждаемых панелей. ■