

Применение промышленного газоанализа при производстве железа и стали

Отраслевое издание - аналитика процесса



- Описание технологии
- Задачи измерения
- Измерительная техника

Технологические этапы производства стали из железной руды и металлолома

Производство стали более чем 2000 различных сортов сегодня осуществляется в несколько этапов, некоторые из которых допускают вариации (рисунок 1):

- **Ископаемая железная руда восстанавливается в доменной печи или в установке с прямым восстановлением** до железа или губчатого железа вместе с коксом, углем или газом в качестве восстановителя при подводе энергии и, в случае необходимости, металлолома.
- **В кислородном сталеплавильном или в электросталеплавильном цехе из железа или губчатого железа производится сырая сталь**, которая в ходе дальнейшей обработки преобразовывается в сталь определенной марки. Это относится к 70% всей производимой в мире стали, которая вырабатывается, как правило, на металлургических заводах с высокой степенью интеграции, на которых все этапы производства от переработки руды до получения стали реализуются в рамках одного предприятия.
- **Металлолом служит также в качестве самостоятельного вторичного сырья**, которое переплавляется и повторно перерабатывается в сталь исключительно на электрометаллургическом заводе. На сегодняшний день это относится к 30% производимой стали, преимущественно на так называемых металлургических мини-заводах, которые, как правило, состоят из электросталеплавильной печи и машины непрерывного литья заготовок.



Основными задачами технологического развития были и есть снижение потребности в сырье, восстановителе и энергии и, как следствие, уменьшение расходов и степени загрязнения окружающей среды. Для этого производится оптимизация известных методов и разработка новых. К таким мероприятиям относятся, например, использование возникающих выбросов (коксовый, доменный и конвертерный газы) или уменьшение количества кокса, используемого в качестве восстановителя. Сегодня это относится только к 30-40% производимого чугуна. Эти современные методы требуют внедрения мощной аналитической аппаратуры для контроля производства и выбросов вредных веществ.

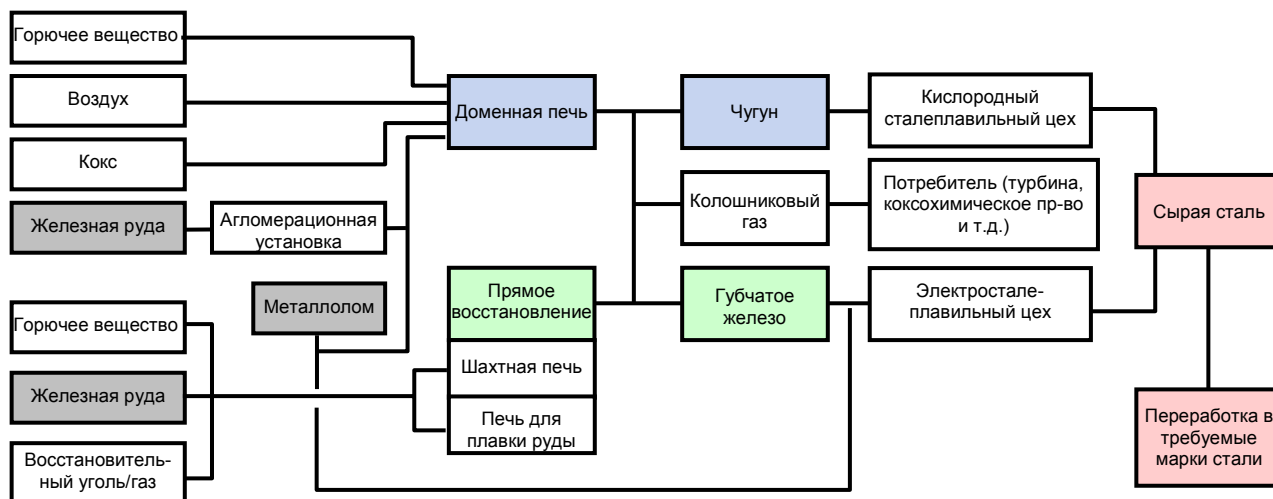


Рисунок 1 Производство стали (схематично)

Производство чугуна в доменной печи

Технология производства

Чугун производится из железной руды путем ее восстановления, т.е. при изъятии кислорода с помощью восстановителя. Этот процесс происходит в доменной печи, в которую сверху через колошник добавляется агломерированная руда вместе с коксом. Кокс при этом играет роль восстановителя и источника энергии. Снизу подводится «горячий воздух» из воздухонагревателя в качестве источника энергии. Смесь горячего воздуха и образующихся восстановительных газов поднимается навстречу опускающемуся сырью и улавливается на колошнике как «колошниковый газ». В нижней части печи собираются жидкий чугун и шлаки, которые извлекаются через определенные промежутки времени.

Задачи измерения

Задачи измерения включают в себя определение концентрации газов и пыли, также и скорость газов. Они служат для различных целей и разделяются на:

■ Измерения процесса

для оптимальной организации производства, прежде всего в том, что касается использования энергии и сырья. Сюда же относится анализ состава колошникового газа, необходимый для оптимального управления печью и для дальнейшего использования колошникового газа.

■ Измерения выбросов

для контроля выбросов газа и пыли на предмет соответствия допустимым предельным значениям.

■ Измерения в целях обеспечения безопасности

для защиты людей и установок, например, от опасности отравления или взрыва, вызванной наличием CO.

Точки замера, компоненты и диапазоны измерений, показанные на чертеже, приведенном ниже (рисунок 2), и в прилагаемой таблице, типичны для доменной печи. От установки к установке они варьируются (в зависимости от производителя промышленных установок, условий эксплуатации, года производства) и поэтому могут в каждом конкретном случае отличаться от приведенных. В особенности это относится к точкам замера для наблюдения за выбросами вредных веществ, так как при этом основную роль играют нормы, действующие в данном регионе. В точках замера 3 и 4 необходима специальная техника взятия проб, которая способна надежно работать в условиях, присущих этой области, при температурах до 500°C и отложениях пыли порядка 100 mg/m³.

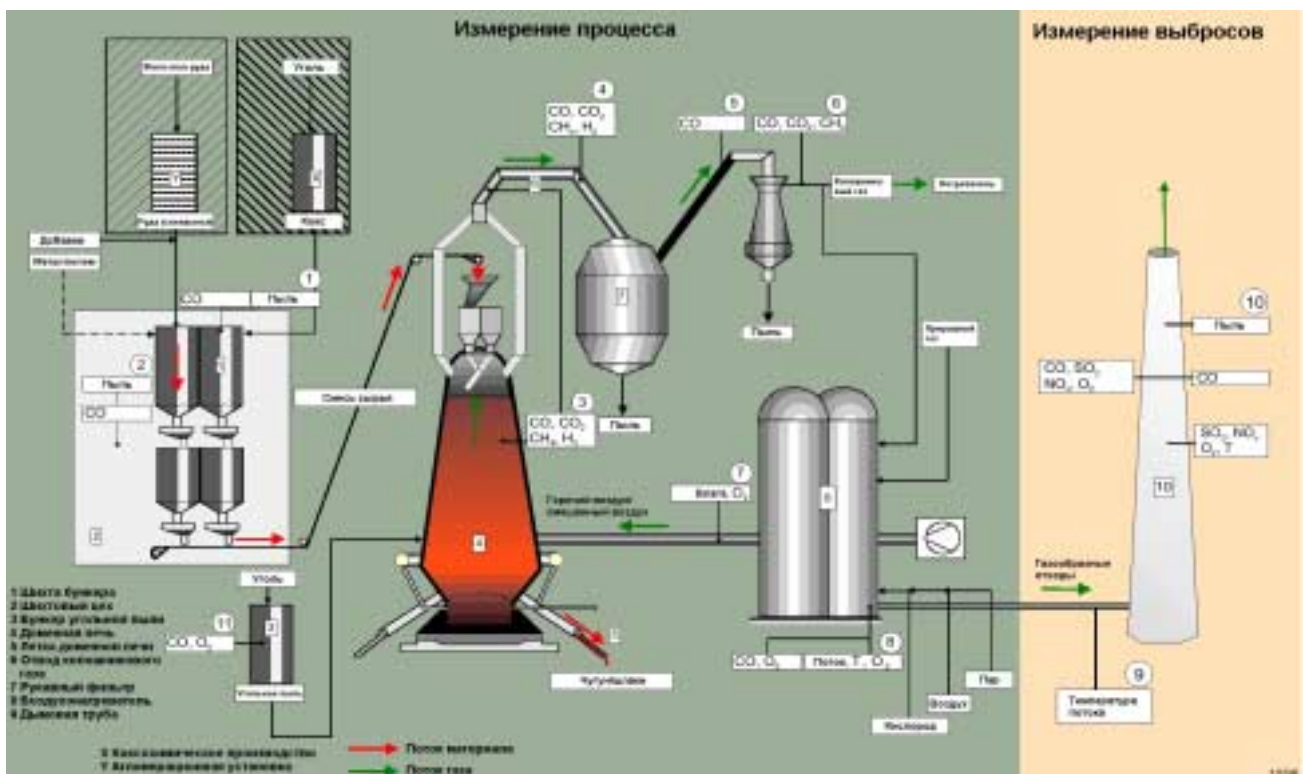


Рисунок 2 Схема доменной печи

T.3.	Расположение точки замера	Компонент	Диапазон измерений	Задача измерения Цель измерения	Комментарий	Используемые приборы
1	Внутренняя область Шихтовый бункер	CO пыль		Раннее выявление опасности возникновения тлеющего пожара	В настоящее время измеряется лишь в редких случаях	ULTRAMAT 23
2	Внутреннее помещение Шихтовый цех	CO пыль	0-50 ppm	Защита персонала Значение максимальной допустимой концентрации	Часто заменяется личными значками	ULTRAMAT 23
3	В доменной печи (в т. ч. поперечное измерение) или в подъемной трубе	CO CO ₂ H ₂ CH ₄	0-50% 0-30% 0-15% 0-4%	Состав колошникового газа Задающее значение для работы печи	Специальная технология забора газа необходима из-за высокой температуры и концентрации газа	ULTRAMAT 23 WLD
4	В опускающей трубе, перед рукавным фильтром	CO CO ₂ H ₂ CH ₄	0-50% 0-30% 0-10% 0-1%	Как Т.3. 3, дополнительно защита рукавного фильтра от опасности пожара	Соотношение «CO перед рукавным фильтром и после него» служит для раннего выявления опасности пожара в рукавном фильтре	ULTRAMAT 23 WLD
5	После рукавного фильтра	CO	0-50%	Защита рукавного фильтра		ULTRAMAT 23
6	Колошниковый газ перед выдачей	CO CO ₂ CH ₄	0-50% 0-30% 0-1%	Качество колошникового газа перед передачей потребителю	Необходимо для определения энергоресурсов газа при его дальнейшем использовании	ULTRAMAT 23
7	В трубе воздухопровода	O ₂	0-25%	Оптимизация горения, определение коэффициента избытка воздуха		OXYMAT 6
8	Отходы при формировании воздушного потока	CO O ₂ T, поток газа	0-2% 0-10%	Оптимизация горения, базовые величины для измерения выбросов		ULTRAMAT 23
9	Перед дымовой трубой или в дымовой трубе	T, поток газа		Базовые величины для измерения выбросов вредных веществ	Официальные нормы (в зависимости от страны)	ULTRAMAT 23
10	В дымовой трубе	CO, SO ₂ , NO _x , O ₂ , пыль		Контроль выбросов вредных веществ	Официальные нормы (в зависимости от страны)	ULTRAMAT 23
11	В угольном бункере	O ₂ , CO	0-5% 0-1%	Наблюдение	Раннее выявление опасности возникновения тлеющего пожара и опасности взрыва	ULTRAMAT 23
12	Очистка чугуна от сернистых соединений	O ₂ , C ₂ H ₂	0-5% 0-1%		Точка замера на технологической схеме не показана	ULTRAMAT 6/ 23

Точки замера в доменном цеху

Производство губчатого железа методом прямого восстановления

Технология производства

Губчатое железо, как и чугун, является исходным материалом для производства стали.

Губчатое железо образуется в том случае, если в качестве восстановителя для железной руды вместо кокса используется газ или уголь. Это дает ряд преимуществ, позволяющих снизить затраты:

- Расход энергии снижается на 25%
- Отказ от использования дорогостоящего кокса в качестве восстановителя
- Непосредственная дальнейшая обработка в электропечи в качестве замены дорогостоящего и зачастую загрязненного металлолома.

Губчатое железо производится, в зависимости от типа восстановителя, двумя альтернативными методами.

Оба метода представлены на рисунке, приведенном ниже: При использовании газа в качестве восстановителя руда в виде окатышей подается сверху в шахтную печь (нижняя часть рисунка 3.), в то время как восстановительный газ, называемый также реформинговым газом, подается снизу. Этот газ образуется в реформере путем разложения природного газа на CO и H₂. Его температура составляет около 800°C. Возникающий колошниковый газ подводится обратно к реформеру.

При использовании угля в качестве восстановителя руда в виде окатышей подается вместе с углем и добавками в слегка наклонную вращающуюся трубчатую печь (верхняя часть рисунка 3) в ее наивысшей точке. Благодаря вращению и наклону, смесь медленно проходит через обжиг (в качестве горючих веществ используются масло или угольная пыль) к месту разгрузки, откуда снимается образовавшееся губчатое железо.

Задачи измерения

Задачи измерения аналогичны задачам измерения при доменном процессе. Они могут быть подразделены на **измерения процесса** для оптимизации хода процесса, а также **на измерения выбросов вредных веществ (эмиссионный мониторинг) и измерения для обеспечения безопасности.**

Детальные сведения о задачах, компонентах и диапазонах измерения и об аппаратной технике приведены в следующей таблице. Приведенные данные следует считать типичными. На практике могут иметь место отличия в зависимости от типа установки и условий ее эксплуатации.

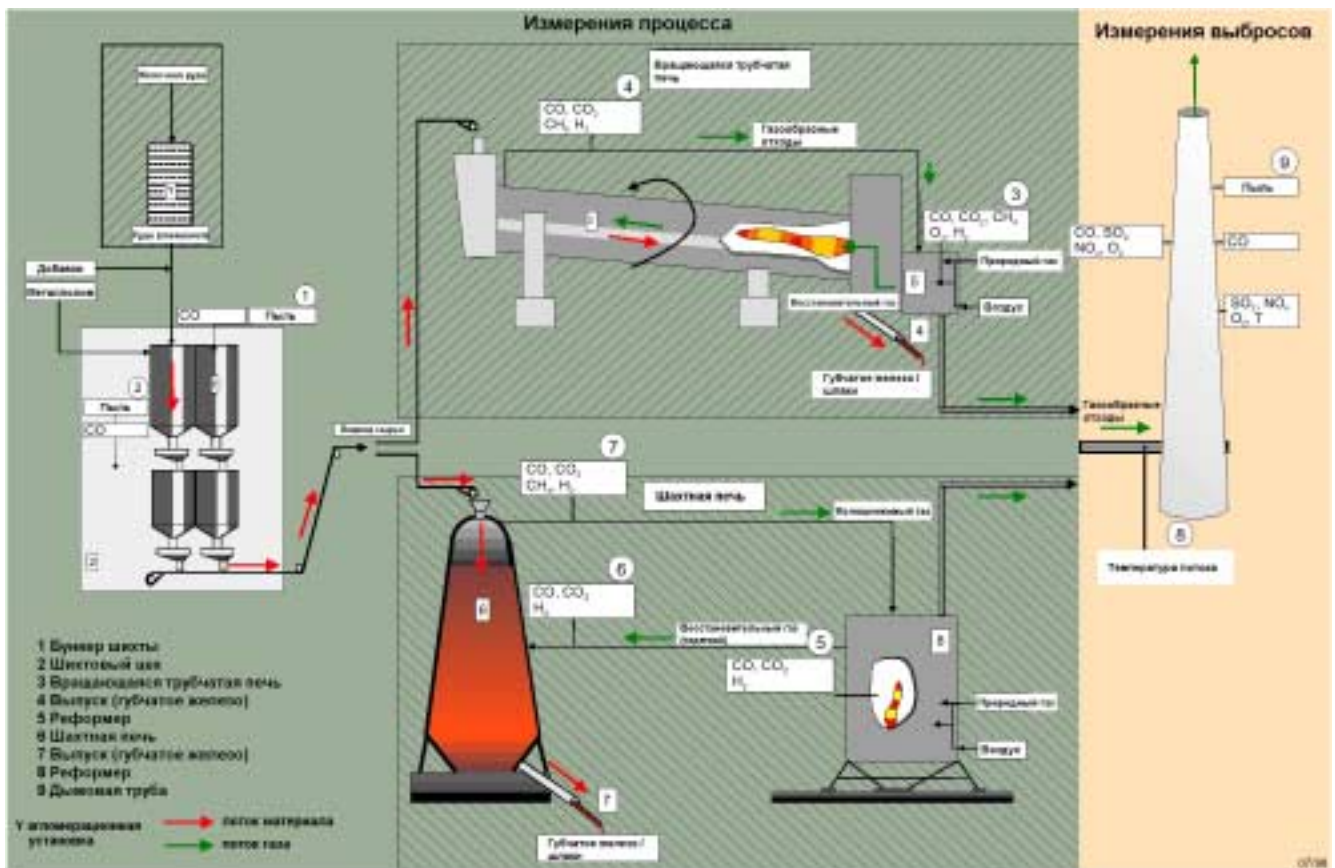


Рисунок 3 Схема установки прямого восстановления

T.3.	Расположение точки замера	Компонент	Диапазон измерений	Задача измерения Цель измерения	Комментарий	Используемые приборы
1	Внутренняя область Шихтовый бункер	CO пыль		Раннее выявление опасности возникновения тлеющего пожара	В настоящее время измеряется лишь в редких случаях	ULTRAMAT 23
2	Внутреннее помещение, Шихтовый цех	CO пыль		Защита персонала Значение максимальной допустимой концентрации Защита от взрывов	Измеряется редко, часто заменяется личными значками	ULTRAMAT 23
3	В реформере или на входе вращающейся трубчатой печи	CO CO ₂ H ₂ CH ₄ O ₂	0-100 ppm 0-4% 0-1% 0-80% 0-10%	Состав горючего и восстановительного газов	Регулируемая величина при работе реформера	ULTRAMAT 23 WLD
4	За вращающейся трубчатой печью	CO CO ₂ H ₂ CH ₄	0-50% 0-30% 0-10% 0-1%	Состав отработанного газа	Рабочие параметры печи Результаты важны также для дальнейшего использования отработанного газа (энергоресурсы)	ULTRAMAT 23 WLD
5	В реформере шахтной печи	CO CO ₂ H ₂	0-100 ppm 0-4% 0-1%	Состав горючего и восстановительного газов	Рабочие параметры печи	ULTRAMAT 23 WLD
6	Вход шахтной печи	CO CO ₂ H ₂ CH ₄	0-10% 0-5% 0-50%	Состав восстановительного газа	Рабочие параметры печи	ULTRAMAT 23 WLD
7	Выход шахтной печи	CO CO ₂ H ₂ CH ₄	0-50% 0-30% 0-10% 0-1%	Состав отработанного газа (колошниковый газ)	Рабочие параметры печи	ULTRAMAT 23 WLD
8	Труба для газообразных отходов реформера, вход дымовой трубы	O ₂ , T T, поток		Базовые величины для измерения выбросов вредных веществ	Рабочие параметры печи Официальные нормы (в зависимости от страны)	
9	В дымовой трубе	CO, SO ₂ , NO _x , O ₂ , T, пыль		Контроль выбросов вредных веществ	Официальные нормы (в зависимости от страны)	ULTRAMAT 23 RM 210 (SICK)

Точки замера в установке прямого восстановления

Производство стали в конвертерах

Технология производства

На сталеплавильных заводах из чугуна, губчатого железа и металлолома производится в конвертерах путем плавки и последующего отжига сырая сталь, при этом содержащиеся в расплаве загрязнения удаляются за счет окислации. По окончании процесса из расплава отливают прессованные изделия. В результате дальнейшей обработки вырабатывается более, чем 2000 различных марок стали, предлагаемых на рынке. Для производства стали используется два метода, которые различаются между собой технологией плавления и используемым сырьем:

На металлургических заводах, на которых используются кислородно-конвертерные установки (верхняя часть рисунка 4), перерабатывается преимущественно чугун, который помещается в жидком состоянии в наклонно подвешенный конвертер. Окислация загрязнений происходит путем поддувки или продувки кислорода через расплав железа.

Таким образом образуются сырая сталь, шлаки и конвертерный газ; последний после очистки подводится для дальнейшего использования. Около 70% всей вырабатываемой на сегодняшний день стали производится на кислородно-конвертерных металлургических заводах.

На **электросталеплавильных заводах** (нижняя часть рисунка 4) в сталь перерабатывается губчатое железо и/или металлолом. Эти вещества расплавляются в керамической печи, источником энергии является электрическая дуга при поддержке продувки кислородом. Этот метод является основой для современных металлургических мини-заводов, которые, как правило, используют в качестве сырья исключительно металлолом и получают все более широкое распространение. Около 30% всей вырабатываемой на сегодняшний день стали производится на электросталеплавильных заводах.

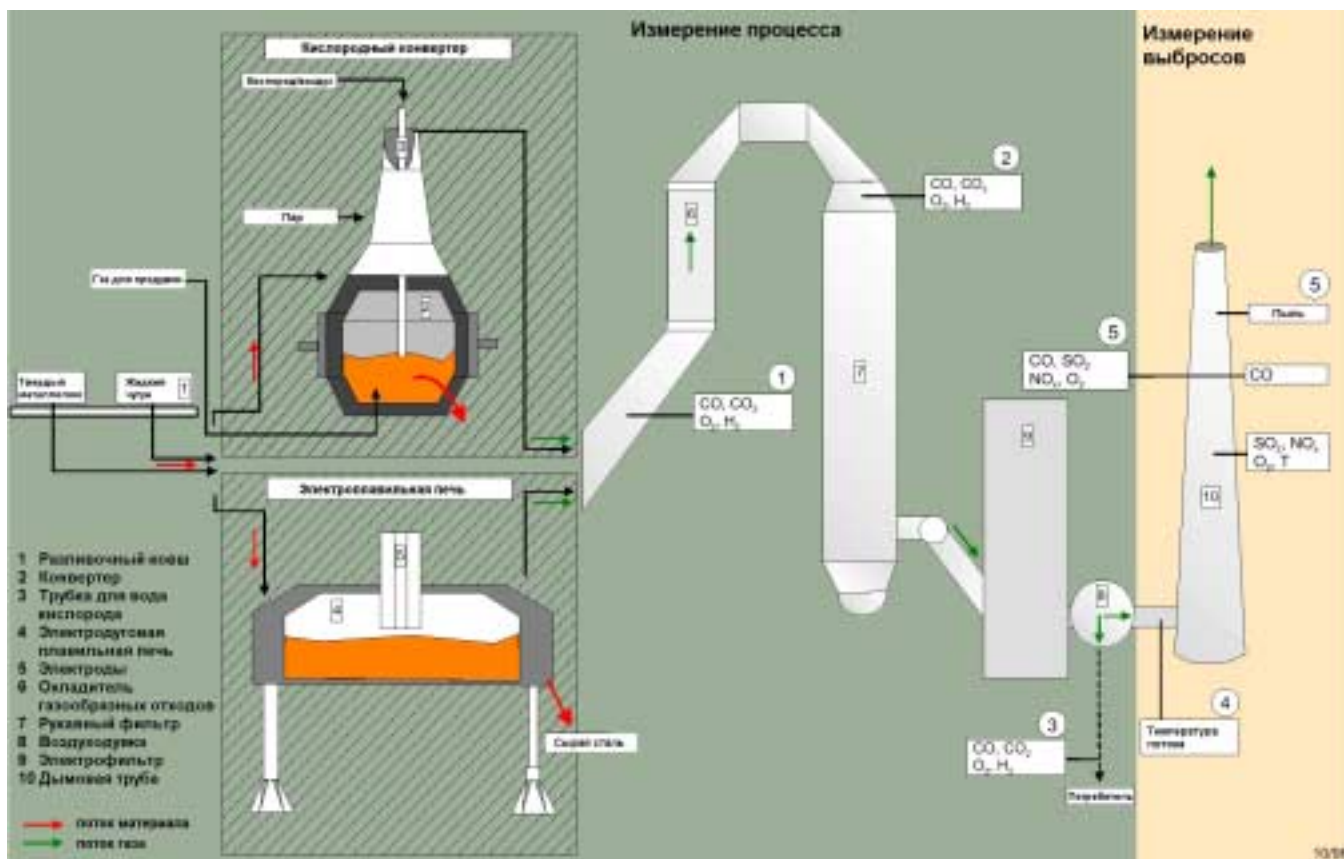


Рисунок 4 Схема конвертера

Т.З.	Расположение точки замера	Компонент	Диапазон измерений	Задача измерения Цель измерения	Комментарий	Используемые приборы
1	За конвертером, перед теплообменником	CO CO ₂ H ₂ O ₂ N ₂	0-80% 0-40% 0-10% 0-1/25%	Состав конвертерного газа. Задающая величина для работы конвертера	Температура: около 1600°C Пыль: максимум 130 г/м ³	ULTRAMAT 23 WLD
2	После теплообменника	CO CO ₂ H ₂ O ₂ N ₂	0-80% 0-20% 0-10% 0-1%	Также как и Т.З. 1	Температура: около 150°C	ULTRAMAT 23 WLD
3	Перед передачей потребителю	CO CO ₂ H ₂ O ₂	0-80% 0-20% 0-10%			
4	Газоотводная труба перед дымовой трубой	T, поток		Базовые величины для измерения выбросов	Официальные нормы	
5	В дымовой трубе	CO, SO ₂ , NO _x , O ₂ , пыль, T		Контроль выбросов вредных веществ	Официальные нормы	ULTRAMAT 23 RM 210

Точки замера на конвертере

Многокомпонентный газоанализатор ULTRAMAT 23 от SIEMENS

ULTRAMAT 23 представляет собой производственный газоанализатор для непрерывного измерения 1-3 ИК-чувствительных компонентов газа и кислорода. Он предназначен для использования в устройствах измерения уровня выбросов вредных веществ, а также для наблюдения процесса производства и контроля безопасности во взрывобезопасных условиях. ULTRAMAT 23 допущен согласно 13. BimSchV и TA- Luft.



Рисунок 5 Газоанализатор ULTRAMAT 23

Физические свойства и особенности конструкции ULTRAMAT 23 предоставляют заказчику ряд особых преимуществ:

Свойство прибора ULTRAMAT 23	Преимущество для пользователя
Однолучевая физика с многослойным детектором и интегрированной функцией AUTOCAL	Высокая селективность и стабильность. Небольшие затраты на сравнительный газ, настройка окружающим воздухом
Модульное построение с 1-3 ИК каналами и дополнительной опцией для измерения O ₂ с электрохимической ячейкой.	Экономически выгоден за счет измерения до 4 компонентов с помощью одного прибора и высокого срока службы ячейки O ₂ .
Кюветы легко чистятся. O ₂ -ячейка легко заменяема	Небольшие затраты на техобслуживание
Пакет программного обеспечения SIPROM GA для дистанционного обслуживания и техобслуживания. Интерфейс PROFIBUS PA (опционально).	Простая интеграция в установки автоматизации.

Преимущества ULTRAMAT 23

Рекомендации

В последнее время анализаторы от Siemens были установлены на следующих предприятиях по производству чугуна и стали:

ARBED	Люксембург
VOEST-Alpine	Австрия
Italsider	Италия
Dillinger Hütte	Германия
Mannesmann	Германия
ENSIDESA	Испания
Thyssen	Германия
Klöcknerwerke	Германия
QASCO	Катар

Термины

Губчатое железо	Губко-подобное железо; образуется в результате прямого восстановления железной руды и служит сырьем для производства стали
Отжиг	Преобразование расплавленного чугуна или металлолома в сталь
Колошник	Верхняя часть доменной печи. К ней подводится материал и из нее отсасывается газ
Колошниковый газ	Отработанный газ, образующийся при доменном процессе
Конвертер	Окутанная негорючим материалом, наклоняемая емкость, служащая для преобразования жидкого расплава железа в сталь
Шихта	Смесь из руды и примесей
Горячий воздух	Нагретый воздух для горения, подведенный к доменной печи
Восстановление	Химическая реакция, при которой соединения, например, железная руда, теряют кислород под воздействием восстановительных веществ. Таким образом, например, железная руда (Fe_2O_3) преобразовывается (восстанавливается) в железо (Fe)
Реформер	Часть установки для преобразования и подготовки газа, например, для получения CO из природного газа или колошникового газа.

ДП «Сименс Украина»

департамент «Автоматизация и приводы»

03150, Киев,
ул. Предславинская, 11-13

Тел.: (044) 201-2378
Факс: (044) 201-2466

petro.vasylyev@siemens.com

