

УДК662.992.8

*Ободан В.Я. – д.т.н., директор, АОЗТ «НИИАчермет», Украина;
Просветов И.И. – зав. отделом, АОЗТ «НИИАчермет», Украина;
Затопляева И.Б. – инженер, АОЗТ «НИИАчермет», Украина;
Ткаченко В.А. – инженер, АОЗТ «НИИАчермет, Украина.*

Повышение эффективности горения топлива при непрерывном контроле содержания кислорода в дымовых газах

Показана важность информации о содержании кислорода в дымовых газах топливосжигающих агрегатов для контроля качества сжигания топлива с целью его экономии и защиты окружающей среды. Приводится краткое описание и характеристики разработки НИИАчермет – систем контроля содержания кислорода в дымовых газах типа СКСК с зондовыми датчиками и приведены примеры ее применения на предприятиях черной металлургии.

Содержание кислорода в дымовых газах топливосжигающих агрегатов является, в настоящее время, основным параметром, определяющим качество процесса горения. Существенным недостатком общепромышленных газоанализаторов для определения содержания кислорода в газовых средах является невозможность их использования для контроля высокотемпературных дымовых газов. Потребность измерять содержание кислорода в высокотемпературной зоне дымовых газов общепромышленными газоанализаторами (например, магнитными), связано с выбором представительного места отбора и применением устройств пробоподготовки с охлаждением анализируемой пробы газа до рабочих параметров газоаналитических датчиков. Сложность устройств пробоподготовки не обеспечивает достаточной надежности газоанализатора и ухудшает его динамические характеристики, которые важны при автоматизации процесса горения.

Таким образом, разработка и широкое внедрение быстродействующих газоанализаторов на кислород, с возможностью контроля высокотемпературной зоны продуктов сгорания топлива, является одной из важнейших задач топливознергетического комплекса металлургических предприятий.

Особый интерес к высокотемпературным газоанализаторам появляется при управлении качеством процесса горения в котлоагрегатах, доменных воздухонагревателях, агломашинах, нагревательных

колодцах, обжиговых и методических печах, где в настоящее время стационарный высокотемпературный газовый анализ отсутствует.

Более чем двадцатилетний опыт АОЗТ «НИИАчермет» в разработке и внедрении газоаналитических приборов на основе твердоэлектродных диоксидциркониевых электрохимических ячеек (ТЭЯ), позволяет выделить этот метод измерения, как наиболее перспективный в области анализа кислорода в отходящих газах топливосжигающих агрегатов.

Разработанная в НИИАчермете серия газоаналитических систем типа СКСК в качестве чувствительного элемента датчика использует ТЭЯ. Датчики системы СКСК конструктивно выполнены для зондового погружения чувствительного элемента в дымовые газы с температурой до 600°C (СКСК, СКСК-2, СКСК-3) и 1350°C для СКСК-Т, на глубину от 0,5 до 1,5 м. Основные технические характеристики систем типа СКСК приведены в таблице № 1.

Таблица № 1

Основные технические характеристики систем типа СКСК

П.п	Наименование параметра	Значение		
		СКСК СКСК-2	СКСК-Т	СКСК-3
1	Диапазон измерения, % O ₂ (по объему)	от 1 до 10		
2	Диапазон показаний, % O ₂ (по объему)	от 0,1 до 21		
3	Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности, % O ₂	± 0,5		
4	Время установления выходного сигнала, сек, не более	15		
5	Температура среды с места установки датчика, °С	600	1350 не более	600
6	Выходные сигналы	0÷5 мА; 4÷20 мА; 0÷10 В		-интерфейс RS 485; - ПИД-регулятор.

В системах СКСК применены специальные технические решения, защищающие чувствительный элемент (ТЭЯ) с платиновыми электродами от влияния СО и сернистых газов, находящихся в дымовых газах, что делает ее универсальной для внедрения на агрегатах, сжигающих различные виды топлива, используемые в металлургическом производстве (включая доменный и коксовый газы).

Основными достоинствами систем СКСК являются:

- стабильность измерения и большой срок службы датчика;
- возможность измерения содержания кислорода в диапазоне малых концентраций;
- отсутствие необходимости градуировки по эталонным газовым смесям;
- малая инерционность измерения;
- возможность установки датчика в анализируемую среду с высокой температурой;
- отсутствие влияния неизмеряемых компонентов в анализируемом газе.

Эксплуатация систем СКСК в течение длительного времени подтвердила её эффективность для анализа топочных газов на кислород и автоматического управления процессом горения.

Применение систем СКСК для котлоагрегатов большой мощности предусматривает, установку датчиков в опускной газоход после конвективного пароперегревателя перед водяным экономайзером с температурой дымовых газов $500\div 600^{\circ}\text{C}$. Датчики устанавливаются в специальном фланце, закрепленном в стене шахты нисходящего газохода.

Результаты испытаний систем СКСК на котлоагрегате №8 (типа БКЗ.210.140 ФД) ТЭЦ ПВС Череповецкого металлургического комбината с горелками, приспособленными для совместного и раздельного сжигания промпродукта мокрого обогащения угля, доменного и коксового газов, подтвердили её высокую надежность и точность измерения. Испытания показали, что за счет поддержания оптимальных воздушных режимов, к.п.д. котлоагрегата после внедрения системы выше на $2\div 2,5\%$. Работа котлоагрегата на оптимальных режимах дает возможность снизить расход воздуха на горение в среднем на 9% , что соответственно способствует уменьшению расхода электроэнергии на тягу и дутье и выбросов в атмосферу.

В 2002-2004 г.г. АОЗТ НИИАчермет изготовил и внедрил системы СКСК на котлоагрегатах объединения Днепротеплосеть, ДМК им. Дзержинского, меткомбината «Криворожсталь», Енакиевского металлургического завода, меткомбината «Азовсталь», Вольногорского ГМК.

Эффективность применения СКСК существенно повышается при использовании частотных преобразователей и микропроцессорных регуляторов для управления скоростью вращения асинхронных приводов вентиляторов и дымососов в функции содержания кислорода в отходящих газах.

В конце 2003 года системы СКСК были установлены и включены для проведения эксплуатационных испытаний на четырех воздухонагревателях доменной печи № 8 ДМК им. Дзержинского. Установка систем СКСК выполнена в соответствии с проектом, разработанным ПКО комбината при участии АОЗТ НИИАЧермет. В соответствии с проектом датчик системы был размещен ниже тарелки дымового клапана в месте расположения специальной пробки-заглушки на стороне дымового борова. По результатам эксплуатационных испытаний систем установлено, что при изменении расхода воздуха в процессе горения содержание свободного кислорода в дыме может изменяться в пределах от 1,0 до 6,0 % (по объему). Расход воздуха изменялся поворотом жалюзи вентиляторов. Наиболее эффективным следует считать содержание кислорода в дымовых газах $1,8 \div 2,4$ %. При этом содержание горючих компонентов в дымовых газах является минимальным, что соответствует максимальной эффективности сжигания топлива и наибольшей скорости роста температуры купола воздухонагревателя в начальный период нагрева (см. таблицу 2).

Таблица № 2

Температура купола воздухонагревателей в зависимости от изменения содержания кислорода в дымовых газах

Дата	№ ВН	O ₂ , %	T _{куп.} , °C	
11.02.2004	2	1,5	1350	
		3,0	1300	
13.02.2004		2,0	1300	
		6,0	1200	
06.02.2004		3	2,5	1315
			5,5	1250
07.02.2004			2,2	1400
			6,0	1260
21.02.2004	1,5		1320	
	3,7		1250	
08.02.2004	4		3,5	1370
			7,0	1260
11.02.2004		2,0	1370	
		3,5	1340	
21.02.2004		2,5	1350	
		4,3	1300	

В результате испытаний замечено, что на воздухонагревателе №1 содержание кислорода в период нагрева увеличивается с 2 % (в начале) до 9% (в конце), что свидетельствует о прогрессирующем перетоке воздуха через воздушные клапана на дымовую сторону.

По предварительным расчетам внедрение одной системы СКСК для контроля процесса горения в период нагрева воздухонагревателя позволит оптимизировать его работу, обеспечив максимальную температуру купола в начальный период нагрева. Это актуально в условиях работы доменных печей без добавки природного газа. При этом предполагается, что температура горячего дутья в среднем увеличится примерно на $15\div 20$ °С.

Опытная эксплуатация систем СКСК на воздухонагревателях доменной печи № 8 ДМК подтвердила целесообразность и эффективность их применения для воздухонагревателей других доменных печей комбината и доменных печей металлургических заводов Украины.

В настоящее время ОАЗТ НИИАчермет разрабатывает газоаналитический датчик на содержание окиси углерода в дымовых газах топливосжигающих агрегатов.

Выводы:

1. Разработанные в ОАЗТ НИИАчермете системы контроля содержания кислорода серии СКСК является эффективным средством обеспечения качества сгорания топлива.
2. Системы СКСК производятся ОАЗТ НИИАчермет (8-056-744-81-91) по заказам предприятий, ориентировочный срок окупаемости - $3\div 5$ месяцев.

Литература

1. Просветов И.И., Сургай Л.И., Сергеев А.Д. Устройство для анализа содержания кислорода в дымовых газах котлоагрегатов // Черная металлургия. - 1980. - №20(880). - С.41-42.

2. Просветов И.И., Сургай Л.И. Газоаналитическая система для автоматического контроля качества сжигания топлива // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2000. - №4. – С.99-100.

3. Просветов И.И., Сергеев А.Д. и др. Оптимизация сжигания топлива в котлоагрегатах // Автоматизация металлургического производства – 1978. - №7, - С.96-100.

Авторы:

В. Я. Ободан

И. И. Просветов

И. Б. Затопляева

В. А. Ткаченко