УДК 543.272.08:546.21

А.В. Горшков, канд. физ.-мат. наук
(Компания "Artvik")

Анализаторы кислорода в дымовых газах модели Thermox

Анализаторы кислорода в дымовых газах, предназначенные для оптимизации процессов сгорания или сжигания в различных теплотехнических установках, получили широкое распространение в начале 70-х годов. Из-за подорожания всех видов топлива управление процессами сгорания стало экономически оправданным, затраты на приобретение и установку подобных анализаторов быстро окупаются.

Основным параметром, по которому осуществляется управление эффективностью сгорания, является концентрация кислорода в дымовых газах.

Полнота сгорания топлива в окислителе может быть обеспечена только при стехиометрическом соотношении компонентов. Однако на практике даже при таком соотношении добиться этого не удается, в основном из-за невозможности идеального смешения горючего и окислителя, как правило, воздуха. Поэтому такие процессы обычно организуют при избытке воздуха. Следует иметь в виду, что даже при некотором избытке воздуха, его может быть недостаточно для полного сгорания. Однако слишком большой избыток воздуха приводит к потерям теплоты на нагрев дымовых газов и к образованию оксидов азота.

Таким образом, максимальная эффективность сгорания достигается при таком избытке воздуха, когда минимизируются потери, вызванные, с одной стороны, неполнотой сгорания и, с другой стороны, уносом теплоты дымовыми газами (см. рис. 1). Для определения указанных потерь необходимо измерить концентрацию основных компонентов дымовых газов, а также их температуру.

Для оценки потерь от неполноты сгорания следует установить содержание горючих компонентов (CO и H_2) в дымовых газах. На практике иногда ограничиваются определением только содержания CO, например, с помощью инфракрасных анализаторов. Точное определение этих потерь требует измерения концентрации и других горючих компонентов.

Потери от уноса теплоты дымовыми газами можно определить измерением в них содержания O_2 и CO_2. Однако, так как концентрация CO_2 свидетельствует как об избытке воздуха, так и о неполноте сгорания, необходимо обязательно измерять содержание O_2. Поскольку эти потери определяют эффективность сгорания, анализатор кислорода является основным прибором для контроля состава дымового газа при оптимизации процессов сжигания.

Способы измерения содержания O_2

Самый простой способ определения состава дымового газа — пропускание его через ряд реагентов, селективно поглощающих разные компоненты (обычно CO_2, O_2 и CO). Такой метод практикуется, однако, его невозможно использовать в автоматизированных системах управления.

Весьма распространены и так называемые парамагнитные датчики кислорода, принцип работы которых основан на способности магнитного поля влиять на молекулы кислорода. В то же время конструкция этих датчиков такова, что при их использовании в дымовых газах необходимо применять достаточно сложную систему пробоотбора с удалением воды и охлаждением газа до того, как он попадает в датчик. Кроме того, дымовые газы содержат и другие соединения, обладающие парамагнитными свойствами (например NO, NO_2), что может исказить показания прибора.

Электрохимические датчики кислорода отличаются малыми массогабаритными характеристиками, но они, как правило, не приспособлены для непрерывных измерений или нуждаются в пробоотборной системе, охлаждающей газ и удаляющей воду.

Большинство проблем, связанных с измерением содержания кислорода в дымовых газах удалось решить с помощью датчика на основе оксида циркония. Появившиеся в середине 60-х годов как часть космической программы США эти датчики быстро нашли применение в разных технологических процессах. В частности, они оказались чрезвычайно удобными для проведения измерений в дымовых газах. Принцип работы таких датчиков основан на измерении ЭДС электролитической ячейки из двуокиси циркония, нагретой до температуры более 700 °С, при изменении концентрации кислорода вблизи одного из ее платиновых электродов.

Одним из пионеров использования циркониевых датчиков в технологических процессах является подразделение Thermox компании "АМЕТЕК" (США), разработавшей первый такой прибор еще в 1967 г. **В настоящее время спектр анализаторов Thermox на основе оксида циркония — самый широкий на мировом промышленном рынке.** Многоообразие моделей и конструкций Thermox позволяет предложить для решения каждой задачи оптимальный анализатор, максимально учитывающий особенности процесса и

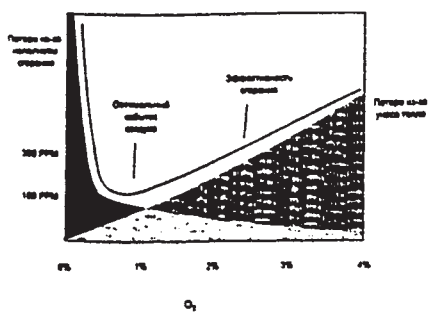

Рис. 1. Эффективность сгорания дымовых газов как функция потерь из-за неполноты сгорания и уноса теплоты воздухом

сбалансированный по критерию "стоимость/характеристики".

Анализаторы кислорода Thermox

Анализаторы выпускаются в трех основных исполнениях: **WDG Insitu** (буквально — по месту), **WDG HPII** (с конвективным отбором пробы) и **WDG IV** (с принудительным отбором пробы). Сокращение WDG (wet dirty gas) означает способность работать в загрязненном газе с высоким содержанием паров воды. Все эти датчики — зондовые и управляются с помощью специализированных контроллеров, но отличаются как размещением в потоке, так и способом подачи пробы.

WDG Insitu — самые простые анализаторы, в которых датчик с термопарой и нагревателем размещается непосредственно в потоке (в дымоходе или дымовой трубе), не нуждаются в системе пробоотбора, а длина зонда, на конце которого размещается датчик, может составлять от 0,2 до 2,5 м. Анализатор (рис. 2) чрезвычайно прост в обслуживании — внутренний узел, включающий датчик, термопару и нагреватель, легко извлекается из зонда, который остается на фланце, и заменяется в течение нескольких минут, что особенно важно в полевых условиях. Эти характеристики, а также компактность и низкая стоимость определили к широкое распространение анализаторов Insitu в самых различных установках: от крупных ТЭЦ до небольших котельных, а при комплектации специальными фильтрами — даже на цементных заводах и битумных установках нефтеперерабатывающих заводов.

Однако эти анализаторы не полностью решают задачу измерения концентрации кислорода в дымовых газах. Так, из-за диффузионного способа подачи газа в ячейку реальное время отклика таких анализаторов может достигать нескольких десятков секунд (хотя сам датчик откликается на изменение концентрации в диапазоне долей процента практически мгновенно). Кроме того, погрешность измерения анализаторов Insitu зависит от изменения температуры дымовых газов; они также не могут использоваться в высокотемпературных потоках.

WDG HPII — анализаторы, разработанные для использования в дымовых газах, содержащих большое количество механических примесей. Измерительная ячейка размещается вне трубы, но вблизи нее, а поток пробы попадает в датчик конвективным путем — вследствие разности температуры дымового газа в зонде и температуры нагревателя ячейки. Погрешность измерения в этом случае не зависит от температуры газа и поэтому ниже, чем у анализаторов Insitu. Нет также и присущих анализаторам Insitu ограничений по температуре газа. Анализаторы HPII способны работать при высоких температурах и широко используются в установках, сжигающих угольную пыль или мусор, а также в различных процессах нефтепереработки.

WDG IV — анализаторы, в которых подача пробы в ячейку осуществляется принудительно с помощью аспиратора, работающего от воздуха КИП, что обеспечивает быстрый отклик анализатора (порядка нескольких секунд). Это чрезвычайно важно, например, для АСУТП крупных энергетических объектов. В то же время такой способ подачи пробы не позволяет устанавливать на входе в зонд фильтр, который быстро засоряется механическими примесями. Поэтому анализаторы WDG IV используются главным образом на установках, где топливом служит природный газ, мазут легких марок или топливный газ установок нефтепереработки .

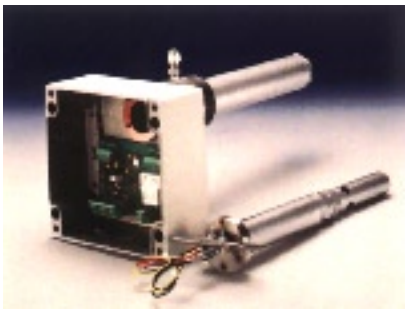

Рис. 2. Анализатор WDG Insitu

Следует отметить, что конструкция датчиков с ячейкой, размещенной вне потока дымового газа, является весьма удобной. В такую схему легко вписывается простой датчик горючих компонентов (CO и H_2) — и этот анализатор становится качественно другим прибором, оптимизирующим процесс горения одновременно по кислороду и по горючим компонентам дымового газа. Анализаторы WDG HPIIC и WDG IVC с каталитическим датчиком горючих компонентов идеально подходят для этой цели.

Простота и надежность анализаторов кислорода на основе оксида циркония, а также отработанность измерительных схем позволили использовать тот же подход, что и для других датчиков, так называемых интеллектуальных датчиков, не имеющих промежуточных контроллеров или вторичных преобразователей, а связанных с АСУТП, как правило, двухпроводной линией. Новая серия анализаторов Thermox IQ, включающая все анализаторы дымовых газов, полностью соответствует этим требованиям.

Многие интересные проблемы не рассмотрены в этой статье. Среди них можно упомянуть использование датчиков на основе оксида циркония в ультрачистых газах, в атмосфере горючих газов, для определения влажности газа и многое другое.

На интересующие Вас вопросы можно получить ответы в Головном отделении компании "Artvik", являющейся эксклюзивным дистрибьютером анализаторов Thermox фирмы "AMETEK" в странах СНГ и Балтии:

artvik

Россия, 123060, Москва
ул. Маршала Соколовского, 3
Телефон: (095) 194-81-61
Факс: (095) 956-70-78
E-mail:artvik@glasnet.ru