

Аппараты термokatалитической очистки газовых выбросов в коксовом производстве

Марченко Г.С., Макаренко В.А.

Институт газа НАН Украины, Киев

Описаны аппараты каталитической очистки газовых выбросов применительно к выбросам коксового производства. Описана конструкция действующего аппарата для очистки выбросов пекового производства на ОАО «Запорожжкокс», а также более крупного аппарата на 10000 м³/ч обезвреживаемых газов, проектируемого для этого предприятия. Подробно описаны применяемые в этих аппаратах теплогенераторы, работающие на коксовом газе. Теплогенераторы сконструированы на основе разработанных в Институте газа НАНУ специальных газогорелочных устройств.

Ключевые слова: каталитическая очистка газов, аппарат газоочистки, катализатор, теплогенератор, горелка, коксовый газ.

Описано апарати каталітичної очистки газових викидів стосовно викидів коксового виробництва. Описано конструкцію діючого апарата для очистки викидів пекового виробництва на ВАТ «Запоріжжкокс», а також більш крупного апарата на 10000 м³/ч газів, що підлягають знешкодженню, який проектується для цього ж підприємства. Детально описано теплогенератори, що застосовуються у цих апаратах, та працюють на коксовому газі. Теплогенератори сконструйовані на основі розроблених в Інституті газу НАНУ спеціальних газопальникових пристроїв.

Ключові слова: каталітичне очищення газів, апарат газоочищення, катализатор, теплогенератор, палик, коксовий газ.

Термокatalитическая очистка газовых выбросов от газообразных токсичных компонентов является одним из наиболее эффективных методов очистки, глубина обезвреживания газовых выбросов которого зачастую достигает абсолютных значений. Наряду с высокой эффективностью этот метод является затратным по капитальным вложениям и в эксплуатации. Институт газа долгие годы вместе с Дзержинским филиалом «НИИОГаза» был ведущим институтом в СССР по разработке систем термокatalитической очистки газовых выбросов и аппаратов для осуществления этого метода. Решения, воплощаемые в разрабатываемых технологиях Института, отличались глубоко продуманным комплексным подходом к вопросам энерго- и ресурсосбережения.

Высокие экологические требования к современным предприятиям в отношении выбросов токсичных веществ в окружающую среду заставляют внедрять передовые технологии обезвреживания токсичных компонентов с высокой утилизацией энергоносителей и использованием нетрадиционных и альтернативных источников энергии.

Предлагаемая разработка и ввод в эксплуатацию системы термокatalитической очистки выполнены Институтом газа НАНУ для ОАО

«Запорожжкокс» совместно с местной внедренческой организацией ООО «Промтеплоэкопомощь».

Токсичные органические вещества, образующиеся в процессе коксохимического производства, представляют собой сложную смесь с высоким уровнем превышения предельно допустимых концентраций полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), часть которых, включая бенз(а)пирен, обладает ярко выраженными канцерогенными и мутагенными свойствами.

Основными направлениями обезвреживания аналогичных выбросов являются методы электростатического осаждения, термического и термокatalитического окисления, а также адсорбционные методы [1–3].

Электростатическое осаждение смолистых веществ представляется самым распространенным способом обезвреживания газов, содержащих ПАУ. К преимуществам способа можно отнести его несложность, относительную дешевизну, простоту в обслуживании. Однако остаточная концентрация токсичных органических веществ в выбрасываемых в атмосферу очищенных газах остается значительной, что не соответствует существующим санитарным нормам.

Высокотемпературный термический способ обезвреживания ПАУ — достаточно эффектив-

ный, но требует значительных энергетических затрат. Термическое дожигание загрязненных газов может быть целесообразным при незначительных объемах отходящих газов или при высоком потенциале завода в утилизации бросовой теплоты.

Адсорбционный способ недостаточно эффективен, и его целесообразно применять в случае возможности использования отработанного адсорбента в собственном производстве.

Способ термokatалитического обезвреживания токсичных органических соединений по всем показателям является наиболее перспективным благодаря относительно низким энергетическим затратам. Разработка современных высокоэффективных катализаторов, с помощью которых можно достичь практически полного обезвреживания органических веществ при 350–450 °С (по сравнению с термическим дожиганием, которое происходит при температурах около 1000 °С), обеспечивает высокую эффективность обезвреживания при более низких затратах. Именно по этой причине был выбран термokatалитический способ окисления токсичных органических соединений в газовых выбросах коксохимического производства [2, 4].

Катализатор, который используется в предлагаемой системе термokatалитического обезвреживания, представляет собой активированный муллито-кремнеземистый волокнистый материал, собранный в кассету, и имеет следующие преимущества:

- не содержит драгоценных металлов;
- прост в эксплуатации (укладка, замена);
- легко регенерируется;
- срок службы не менее 5 лет;
- не боится тепловых ударов, выдерживает температуру до 1200 °С без изменения физико-химических свойств,

– обладает высокой аккумулирующей способностью (при надежной футеровке каталитической камеры не остывает после прекращения подачи теплоносителя, то есть находится в рабочем состоянии в течение 1–3 сут при возможных технологических остановках);

– отработанная каталитическая насадка относится к 4 классу опасности и может либо быть утилизирована захоронением на полигоне отходов, либо использоваться как теплоизоляционный материал на предприятиях капитального строительства т.п.

Технологическая схема опытно-промышленной установки термokatалитического окисления для очистки отходящих газов от паров пека представлена на рис.1. Проект установки выполнен Институтом ОАО «Коксохимпроект», г. Донецк [5].

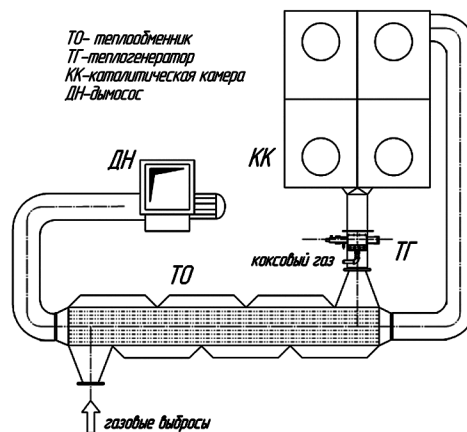


Рис.1. Технологическая схема опытно-промышленной установки термokatалитического окисления для очистки отходящих газов от паров пека.

Выбросы от установки грануляции пека, от узла погрузки пека и дегтя, от дыхательных систем емкостей хранения пека и дегтя и гидрозатворов общим объемом 1300 м³/ч с температурой 90 °С поступают в кожухотрубный теплообменник в межтрубное пространство и, проходя по семи ходам теплообменника, нагреваются до 230–300 °С. Предварительно нагретые в теплообменнике газы поступают для дальнейшего нагрева в теплогенератор. В теплогенераторе расположена струйная линейная газовая горелка (горелочный модуль) СГЛ-15, работающая в потоке газовых выбросов, содержащих достаточное количество кислорода для организации процесса горения (рис.2) [6].

Горелочные модули СГЛ-15 (производительностью 15 м³/ч по природному газу) разработаны в Институте газа НАНУ совместно со специалистами Киевского политехнического института для применения их в теплогенераторах для нагрева потока воздуха.

Особенность струйных горелок заключается в том, что эти горелочные устройства работают в потоке воздуха при высоких и переменных избытках воздуха, что позволяет изменять мощность (расход газа) горелочного устройства, не меняя общий расход воздуха в воздуховоде,

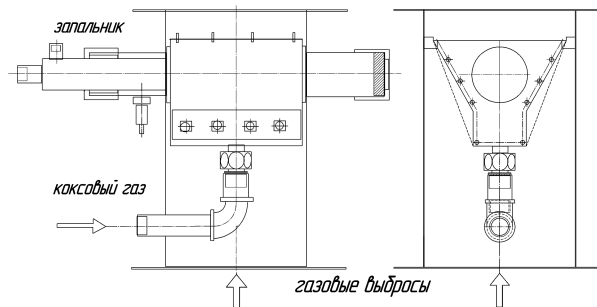


Рис.2. Теплогенератор с горелочным модулем СГЛ-15.

только за счет дросселирования подачи газа. Горелочные модули собираются в комплексы, содержащие определенное количество модулей, образуя теплогенераторы практически любой производительности.

Уникальной особенностью горелок СГЛ является способность работать одинаково успешно с любым горючим газом, используемым в качестве топлива, поскольку конструкция струйно-смесительного аппарата горелки определяет качество горения процессами смешивания горючего газа и воздуха, а не физико-химическими свойствами топливного газа.

В качестве газообразного топлива в данной установке применен коксовый газ следующего состава, %: H_2 — 57,0; CO — 6,5; CH_4 — 22,8; прочие углеводороды — 2,7; H_2S — 0,4; CO_2 — 2,3; O_2 — 0,8; N_2 — 7,5. Замена природного газа на коксовый осуществляется без существенного изменения баланса газовых потоков: для горения 1 м^3 природного газа требуется около 10 м^3 воздуха при теплоте сгорания 1 м^3 газа около 8500 ккал. Те же показатели сохраняются при сжигании коксового газа с теплотой сгорания 4300–4500 ккал/ м^3 : для сжигания 2 м^3 коксового газа ($\Sigma Q \approx 8500$ ккал) требуются те же 10 м^3 воздуха, что не требует внесения каких-либо изменений в конструкцию горелочного устройства [7].

Нагретые в теплогенераторе до температуры начала каталитической реакции 400–450 °С газовые выбросы поступают в каталитическую камеру, где органические токсичные компоненты обезвреживаются (окисляются) на катализаторе до безвредных продуктов CO_2 и H_2O .

Очищенные газы подаются в теплообменник и, проходя по трубам, отдают свое тепло вновь поступающим на очистку газовым выбросам. Очищенные газовые выбросы дымососом подаются в дымовую трубу и эвакуируются в атмосферу.

Эффективность обезвреживания органических веществ превышает 99 % при исходной суммарной концентрации органических соединений 400 мг/ м^3 . В остатках вредных компонентов не обнаружены высокомолекулярные соединения типа ПАУ.

На основании этих испытаний был разработан проект термокаталитического аппарата производительностью 10 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ с каталитической камерой с муллитово-волоконистым катализатором (рис.3). Аппарат состоит из трех основных частей: каталитической камеры с цилиндрическим корпусом диаметром 3020 мм и высотой в монтажном положении 9700 мм; теплообменника-рекуператора; теплогенератора на основе струйной горелки СГЛ-50.

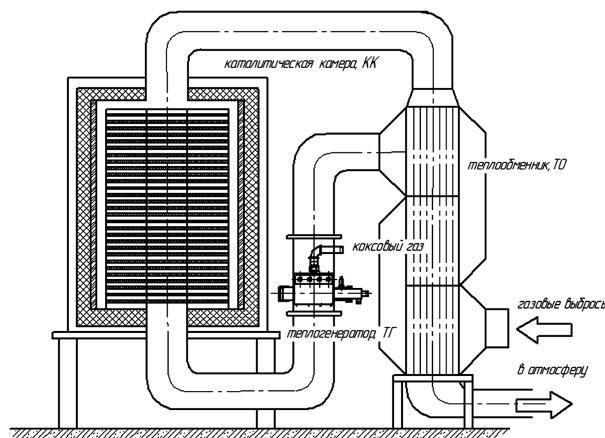


Рис.3. Аппарат термокаталитической очистки газовых выбросов ТКР 10.

Газы, подлежащие очистке, поступают на вход трехходового теплообменника, в котором предварительно нагреваются за счет тепла обезвреживаемых газов, далее поступают на теплогенератор, в котором нагреваются до рабочей температуры процесса каталитического окисления (400–500 °С) при смешивании с высокотемпературными продуктами горения топливного газа (как правило, коксового) и поступают на вход каталитической камеры.

Проходя через параллельно расположенные слои катализатора, все органические примеси окисляются до безвредных продуктов CO_2 и H_2O , температура потока обезвреживаемых газов повышается на величину термического эффекта окисления углеводородов (около 30 °С на 1 г/ м^3 органических веществ), и поток очищенных газов поступает в теплообменник, где отдает свое тепло вновь поступающим на очистку газам.

Струйные газовые горелки (см. рис.2) — это специальный класс горелочных устройств, которые могут работать практически при любых избытках воздуха, в том числе при переменных их значениях.

Эти уникальные характеристики получены благодаря технологии струйного сжигания газа, при которой многочисленные газовые струи взаимодействуют в зоне горения с поперечными струями воздуха, образуя поле высокой турбулентности, в котором совмещены процессы смешения газа с воздухом и горения.

Такая организация горения позволила создать горелку, универсальную по виду газового топлива. С небольшими геометрическими корректировками в одной и той же горелке можно сжигать любое газообразное топливо: метан, пропан, бутан, водород, коксовый газ, синтез газ и др. Характеристики коксового газа таковы, что сжигание его в струйных горелках СГЛ

вообще не требует специальной корректировки горелки, предназначенной для сжигания природного газа.

Учитывая уникальные свойства струйных горелок, конструкция теплогенератора значительно упрощается. Достаточно в воздушном корпусе установить такую горелку — и теплогенератор готов. Выбор размеров корпуса, сечение байпаса, режим работы горелки, установка запальных устройств, контроля факела и пр. определяются тепловой мощностью теплогенератора, температурным уровнем теплоносителя, видом применяемого газового топлива и типом автоматических систем управления. Однако главное эксплуатационное преимущество теплогенераторов со струйными горелками СГЛ — это упрощение схемы регулирования мощности. Изменение расхода газа осуществляется только с помощью дросселя газа при неизменном расходе воздуха через теплогенератор, для этого не требуется система пропорционирования «газ — воздух». Регулирование сродни регулированию мощности газовой горелки в кухонной плите — регулируется только подача газа.

Применение модульной конструкции горелок СГЛ позволяет объединить горелочные модули между собой в горелочные блоки и получать теплогенераторы практически любой мощности. Оснащение теплогенераторов современными системами автоматического регулирования позволяет полностью автоматизировать работу аппарата каталитической очистки газовых выбросов и обеспечить эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Аппараты термокаталитической очистки газовых выбросов, как правило, оснащаются теплообменником-рекуператором, в котором поступающие на очистку газовые выбросы предварительно нагреваются за счет тепла очищенных газов. Однако этим не исчерпывается потенциал по утилизации теплоты очищенных газов. Для одного из проектов аппарата термокатали-

тической очистки был разработан теплообменник для перегрева насыщенного водяного пара от 160 до 210 °С, что позволяет заводу использовать достаточно протяженные паровые линии без потери расхода пара (в указанном проекте расход пара составлял 7 т/ч).

Возможны такие варианты внешней утилизации теплоты: нагрев воды для системы горячего водоснабжения; установка газо-газового теплообменника для подогрева воздуха, идущего на технологические цели или для систем воздушного отопления.

В случаях установки внешних утилизаторов теплоты эффективность использования первичных энергоносителей может достигать 90 %, что позволяет эксплуатировать систему газоочистки с низкими эксплуатационными затратами, достигающими (по топливной составляющей) 1–2 м³ коксового газа на 1000 м³ газовых выбросов.

Список литературы

1. Кузнецов И.Е., Троицкая Т.М. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами химических предприятий. — М.: Химия, 1979. — 344 с.
2. Спейшер В.А. Огневое обезвреживание промышленных газовых выбросов. — М.: Энергия, 1977. — 263 с.
3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л.: Недра, 1988. — 312 с.
4. Боресков Г.К. Каталитические реакторы для промышленных химических процессов и сжигания топлива // Вест. АН СССР. — 1980. — № 12. — С. 46–54.
5. А.с. 877233 СССР, МКИ³ F 23 D 13/00. Газовая горелка / Г.Н.Любчик, В.А.Христинич, Г.С.Марченко и др. — Огубл. 30.10.81, Бюл. № 40.
6. Волох В.М., Ткалич Г.М., Звонова Н.И., Майков В.В. Технология термокаталитического обезвреживания токсичных органических соединений // Кокс и химия. — 2009. — Вып. 34. — С. 44–45.
7. Равич М.Б. Газ и его применение в народном хозяйстве. — М.: Наука, 1974. — 366 с.

Поступила в редакцию 08.08.11

Catalytic Purification of Toxic Gas Emissions in Coke Production

Marchenko G.S. Makarenko V.A.

Gas Institute of the NASU, Kiev

The apparatus for gas emissions catalytic purification with reference to coke production emissions are characterized. The design of operable apparatus for pitch production emissions purification at Open JSC «Zaporozhkok» and also the designed larger unit with 10000 m³/h of neutralized gases for the enterprise is described. The detailed description of heat generators working on coke oven gas in the apparatus are adduced. The generators are designed on the developed in the Gas Institute of NASU special gas burner devices bases.

Key words: gases catalytic purification, gas purification apparatus, catalyst, heat generator, burner, coke oven gas.

Received August 8, 2011