

которой заполнены определенным газом (не вызывающим окисление), с целью повышения жаростойкости изолируемых металлических материалов. Заполняя поры керамики требуемым газом, можно также изменить ее теплопроводящие свойства (увеличить или уменьшить) на какой-то промежуток времени.

Механизм защиты от окисления стали кратко можно представить следующим образом: газ, постепенно покидая поры керамики, концентрируется на поверхности изолируемой детали (за счет более высокой температуры металла), предотвращая контакт с кислородом воздуха. Благодаря закрытой пористости керамики процесс термодиффузии (выход защитного газа из пор; заполнение пор воздухом) должен протекать достаточно долго, что, однако, может быть подтверждено только результатами дополнительных исследований.

УДК 662.765:662.613.11:662.66

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗОЛЫ УНОСА КАНСКО-АЧИНСКИХ И КУЗНЕЦКИХ УГЛЕЙ ПРИ ДЕНИТРИФИКАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

К.В. Буваков, А.А. Купрюнин
Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: aleks@ped.tpu.ru

Потребляя огромное количество природных первичных ресурсов, энергетическое производство выдает товарный продукт в виде электрической и тепловой энергии, превращая затраченные материалы в отходы, которые поступают в окружающую среду в виде твердых продуктов сгорания и токсичных газообразных веществ. С каждым годом поступления в атмосферу NO_x увеличиваются, что отражается на повышении требований к ограничению выбросов газообразных веществ, а это, в свою очередь, обуславливает актуальность проблем очистки отходящих газов топливосжигающих установок экономичными и эффективными способами.

Проведенные ранее исследования [1] показали, что в комплексе мероприятий, направленных на сокращение вредных выбросов тепловых электростанций, возможно использование золы уноса, которая способна поглощать из дымовых газов оксиды азота.

Предположительный механизм взаимодействия молекул NO_x с золой может быть связан с физической адсорбцией на алюмосиликатных составляющих золы уноса ($m\text{SiO}_2 \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$) подобно адсорбции на цеолитах [2].

Произведен химический анализ золы уноса кузнецкого угля марки Т для пяти проб с усредненными размерами частиц: 0.023 мм, 0.053 мм, 0.08 мм, 0.15 мм, 0.35 мм и канско-ачинского бурого Б2 для трех проб с размерами частиц: 0.078 мм, 0.097 мм, 0.12 мм. Результаты анализа приведены на рисунках 1 и 2 для SiO_2 и Al_2O_3 .

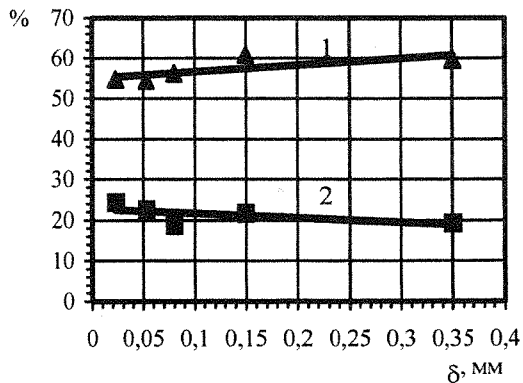


Рис. 1. Зависимость содержания SiO_2 и Al_2O_3 в золе уноса кузнецкого угля марки Т от размера частиц

1 - содержание SiO_2 ;
2 - содержание Al_2O_3

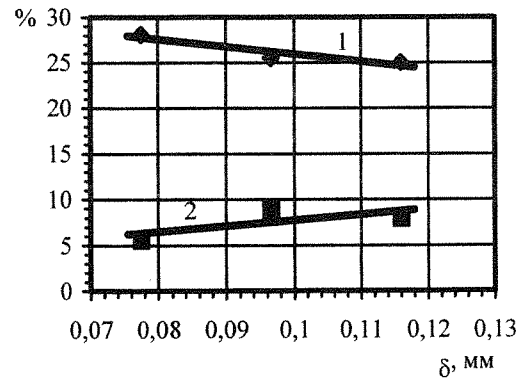


Рис. 2. Зависимость содержания SiO_2 и Al_2O_3 в золе уноса канско-ачинского угля марки Б2 от размера частиц

1 - содержание SiO_2 ;
2 - содержание Al_2O_3

Для исследования сорбционных свойств золы уноса на специально созданном лабораторном стенде с движущимся сорбентом проведен ряд экспериментов. В смесителе 12 рабочего участка установки (рис. 3) происходило смешивание газовой среды, по составу приближенной к уходящим дымовым газам котельных установок, и дегидратированного при температуре 150°C сорбента, равномерно мелкими порциями поступающего из бункера 10 через питатель 11.

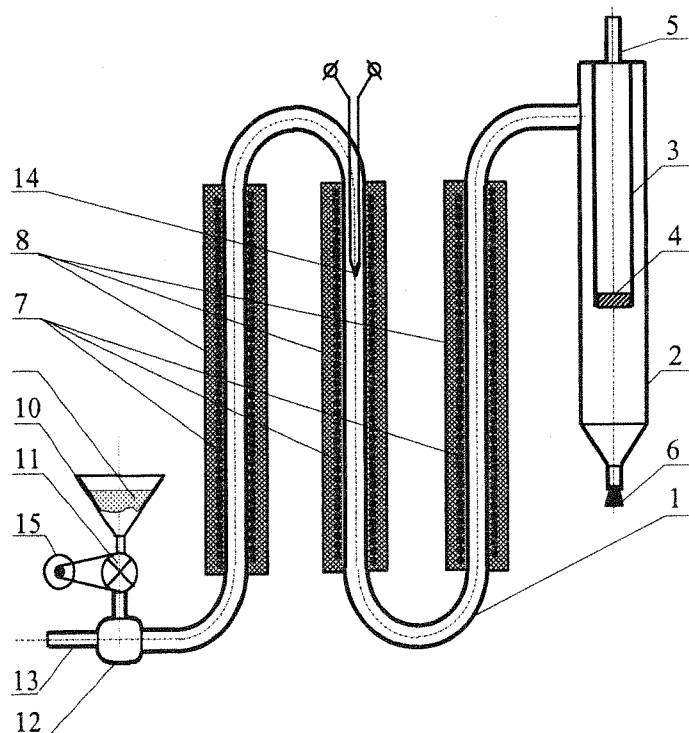


Рис. 3. Рабочий участок экспериментальной установки
1- реакционные колонны; 2- корпус сепаратора; 3- внутренний цилиндр сепаратора; 4- жалюзийный сепаратор; 5- патрубок выхода газов; 6- заглушка; 7- электро-нагреватель; 8- изоляция; 9- сорбент; 10- бункер; 11- зубчатый питатель; 12- смеситель; 13- патрубок входа газов; 14- термопара; 15- двигатель электропривода.

Образовавшаяся пыле-газовая смесь продвигалась по реакционным колоннам 1, где происходило поглощение оксидов азота золой.

На рис. 4 представлены данные по адсорбции оксидов азота золой уноса канско-ачинского и кузнецкого углей с усредненным размером частицы 0.15 мм при температуре газовой среды 150°C.

Из графика видно, что количество поглощаемых NO_x золой кузнецкого угля выше, чем для золы бурого. Это, возможно, связано с повышенным содержанием алюмосиликатной структуры (рис.1).

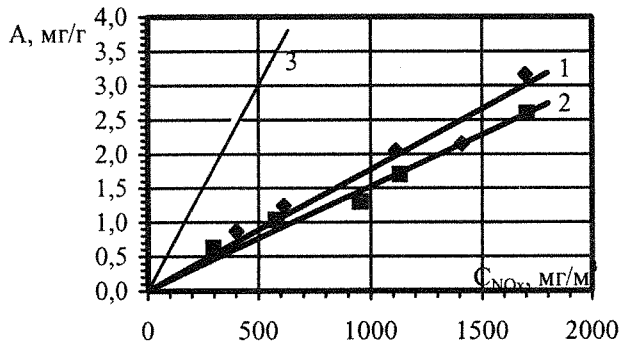


Рис. 4. Изотермы адсорбции оксидов азота золой уноса при температуре газовой среды 150°C
1 - зола кузнецкого угля;
2 - зола канско-ачинского угля;
3 - холинский цеолит [3]

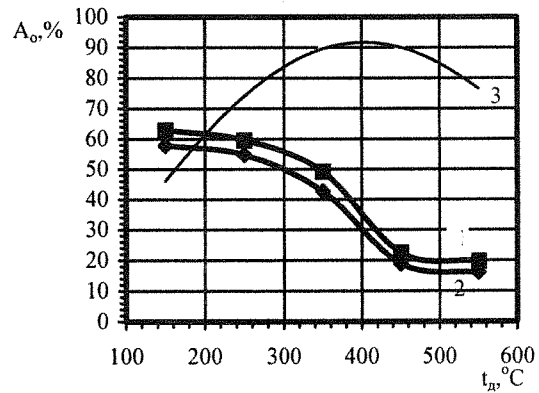


Рис. 5. Зависимость сорбционной способности золы уноса от температуры ее дегидратации
1 - зола кузнецкого угля;
2 - зола канско-ачинского угля;
3-холинский цеолит [3]

Исследованы сорбционные свойства предварительно дегидратированной (при температурах 150, 250, 350, 450 и 550°C) золы в зависимости от температуры дегидратации при постоянной концентрации оксидов азота (рис. 5).

На рисунке 5 приведены зависимости адсорбционной способности (A , мг/г) золы уноса кузнецкого и бурого углей от температуры дегидратации при постоянной концентрации оксидов азота 1000 мг/м³, которая показывает, что чем больше температура дегидратации золы уноса, тем ниже ее показатель адсорбционной способности. Это говорит о том, что влага, находящаяся в золе, играет важную роль. Возможно, что при меньших температурах дегидратации золы появляются условия для дополнительных водородных связей адсорбента (золы) с адсорбатом (NO_x) [4].

Определяющей величиной сорбционного взаимодействия золы с оксидами азота является время реагирования в потоке. Исходя из этого, возникает необходимость изучения кинетики сорбционного взаимодействия. Для исследования кинетических характеристик был использован лабораторный стенд с неподвижным слоем сорбента (рис. 6).

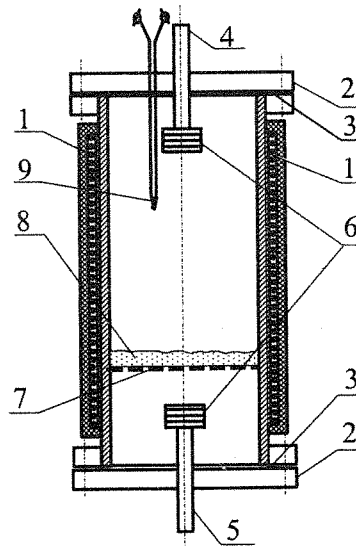


Рис. 6. Реакционная колонка

1- корпус; 2- крышка; 3- прокладка; 4- патрубок отвода газов; 5- патрубок подвода газов; 6- диффузионный колпачок; 7- решетка; 8- слой сорбента; 9- термопара; 10- обмотка нагревателя.

Газовая среда пропусклась через слой дегидратированной золы уноса 8, загруженной в реакционную колонку. Очищаемый газ подавался через патрубок 5 в нижнюю часть реакционной колонки и при помощи диффузионного колпачка 6 и сетки 7 распределялся равномерно по всему слою золы.

В качестве кинетического параметра адсорбции γ использовано отношение количества адсорбированных оксидов азота на единицу сорбента A' , мг/г, определяемого через равные промежутки времени в течение эксперимента, к равновесному значению A_∞ , мг/г, называемому предельной величиной адсорбции, при котором количество компонентов адсорбирующихся золой равно количеству десорбирующихся:

$$\gamma = \frac{A'}{A_\infty} = \varphi(\tau).$$

Исследования кинетики адсорбции показали (рис. 7), что процесс поглощения идет более интенсивно в начальный момент времени (~10 мин.), в течение которого адсорбируется основная часть оксидов азота, что отражается линейными подъемами кривых, а по истечении 24 минут процесс завершается.

Для исследований влияния фракционного состава были использованы 4 пробы золотого материала, содержащие следующие размеры частиц: 0.35 мм, 0.25 мм, 0.20 мм и 0.15 мм, подготовленные при одинаковых условиях. Результаты экспериментов, которые проводились при неизменных параметрах газовой среды, представлены на рис. 8 и выражаются в виде зависимостей среднего диаметра частицы δ от параметра K .

Последний представляет собой безразмерную величину, прямо пропорциональную произведению величины адсорбции A , мг/г, на массу сорбента m_s , г, и обратно пропорциональную произведению концентрации оксидов азота C , мг/м³, на объем газов V_2 , м³,

$$K = \frac{A \cdot m_s}{C \cdot V_2}.$$

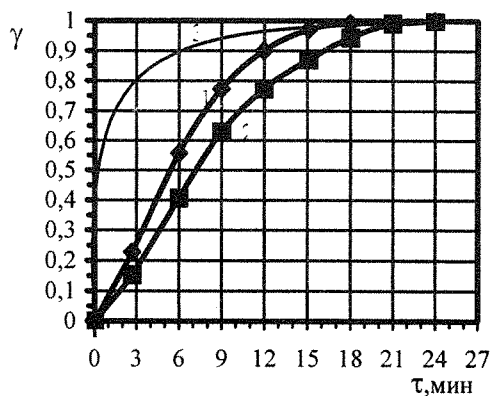


Рис. 7. Кинетические кривые адсорбции оксидов азота золой уноса
1 - золой кузнецкого угля;
2 - золой канско-ачинского угля;
3 - холинским цеолитом

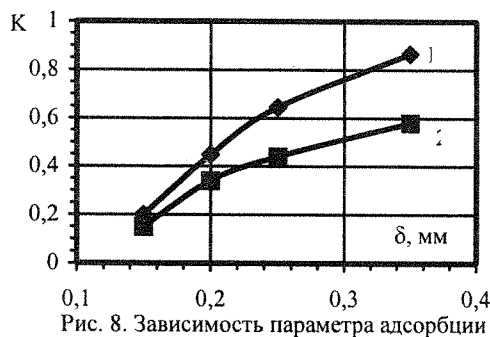


Рис. 8. Зависимость параметра адсорбции от диаметра частицы золы уноса:
1 - зола кузнецкого угля;
2 - зола канско-ачинского угля

Из рисунка 8 видно, что увеличение размера частиц ведет к возрастанию сорбционной способности, и наоборот. С использованием полученных данных можно оценить поведение частицы сорбента любого размера при поглощении оксидов азота.

Таким образом, минеральный материал уноса после сжигания твердого топлива обладает сорбционными свойствами. Об этом говорят полученные данные по поглощению золой оксидов азота при различных концентрациях NO_x и кинетика взаимодействия сорбента с молекулами NO_x . При этом также можно утверждать, что сорбционная способность золы по оксидам азота достаточно высока. Такой вывод является следствием сравнительного анализа сорбционных свойств уноса и высокоэффективного сорбента – природного цеолита. Для анализа можно воспользоваться результатами проведенных ранее исследований [3], которые отражены на рисунках 4, 5 и 7. Здесь наблюдается следующее. Сорбционная способность золы уноса отличается меньшими значениями по сравнению с цеолитом. Но разница при этом не сильно высока и составляет, например, для изотерм адсорбции (рис. 4) около 60%. Следует отметить также, что эффективность адсорбции (рис. 5) отличается еще меньше: 62% для золы против 91% для цеолита. Приведенные цифры свидетельствуют о возможности применения золы уноса для сорбентной очистки дымовых газов топливосжигающих устройств, что при правильной организации процесса дозирования золы в поток дымовых газов может принести значительное понижение концентрации оксидов азота.

Литература:

1. О сорбентных свойствах минеральных компонентов при сжигании топлива/ А.С. Заворин, О.И. Будилов, А.А. Купрюнин, Л.Л. Любимова // Минеральная часть топлива, шлакование, загрязнение и очистка котлов: Сб. тезисов докладов Второй научно-технической конференции, Т.1. - Челябинск, Урал ВТИ, 1996.
2. Экспериментальные исследования термофизических свойств природных цеолитов в процессах адсорбции оксидов азота/ А.С. Заворин, А.А. Купрюнин, А.А. Макеев, Л.Л. Любимова// Теплоэнергетика: экономичность, надежность, экология: Сб. статей, посвященный 100-летию ТПУ. – Томск, Изд. ТПУ, 1997.

3. Исследование термодинамических характеристик взаимодействия природных сорбентов с компонентами дымовых газов топливосжигающих установок / А.С. Заворин, О.И. Будилов, А.А. Купрюнин, Л.Л. Любимова и др.// Отчет о научно-исследовательской работе, № гос. регистрации: 01960006571. – Томск, ТПУ, 1997.
4. Бонах О.С., Березкин В.Г., Голос Н.Я. Газовая хроматография на цеолитах с использованием увлажненного газа-носителя // Журн. физ. химии, 1982, Г. 56. вып. 2.

УДК 662.613.11:621.18

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗОЛОУЛАВЛИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ КОТЛА ТП-81 СТ.№9 НОВОСИБИРСКОЙ ТЭЦ-4

Н.П. Смирнов, П.А. Мищенко
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Золоулавливающая установка котла состоит из 2-х батарейных эмульгаторов (БЭ), рассчитанных на суммарный расход газов 800 тыс м³/ч. Каждый БЭ состоит из 8 серийно выпускаемых НПО «Южное» стеклопластиковых кассет. Кассета представляет собой ряд трубчатых фильтрующих элементов, объединенных двумя трубными досками. Каждая кассета состоит из 144 труб, имеющих внутренний диаметр 130 мм. В нижней части труб размещены лопаточные завихрители, а выше над ними – инициаторы эмульгирования, в виде кольцевых диафрагм (рис.1).

При среднерасходной по сечению трубки скорости газов в пределах 5,5 – 7,5 м/с, на завихрителе и на диафрагме образуются эмульсионные пробки, в которых происходит контакт газа с жидкостью, определяющий эффективность газоочистки.

Однако установленный эмульгатор работает весьма неустойчиво. Из-за неравномерности распределения газов по эмульгаторным трубкам только часть из них работает в оптимальном режиме. При пониженных скоростях жидкость проваливается сквозь трубку без образования эмульсионных пробок, а при повышенных – выбрасывается из них и растекается по верхней трубной доске, образуя отложения из уловленной золы. Постепенно трубки зарастают твердыми отложениями, что является причиной возрастания гидравлического сопротивления от 150 до 250 мм вод.ст. и вынужденной остановки котла для очистки кассет. Описанные явления затрудняют эксплуатацию устройства и поддержание его эффективности на высоком уровне. Кроме того, существует вынужденная необходимость в подогреве основного потока газов перед дымососом горячим воздухом. Это связано с насыщенностью очищенных в эмульгаторе газов водяными парами.

Поставленная задача может быть решена путем замены кассет с эмульгаторными трубками более совершенными аппаратами вихревого типа, разрабатываемыми в Институте теплофизики СО РАН, которые могут обеспечить эффективную очистку газов при длительной непрерывной работе. Сама конструкция установки удобна для реконструкции, при этом, кроме замены кассет предполагается изменение устройства