

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ СОРБЦИЕЙ ЗОЛОЙ УНОСА

Мордвин Д.В.

Научный руководитель: Буваков К.В., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: dvm5@tpu.ru

STUDY OF FLUE GAS DESULPHURIZATION USING SORPTION OF FLY ASH

Mordvin D.V.

Scientific Supervisor: PhD in technical science, docent Buvakov K.V.
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: dvm5@tpu.ru

Промышленное производство электрической и тепловой энергии сопровождается крупномасштабным материальным и энергетическим обменом с окружающей средой, имеющим своим следствием отрицательное воздействие на нее и, следовательно, вызывающим необходимость ее защиты.

Привлекает внимание возможность использования золы уноса от сжигания твердых ископаемых топлив в энергетических котлах в качестве сорбента, сорбционные свойства которой могут в значительной степени повлиять на снижение токсичных выбросов в дымовых газах [1].

Исследование по удалению из дымовых газов паровых котлов диоксида серы производилось путем применения техногенного материала – золы (уноса) канско-ачинского угля, опираясь на методики, разработанные на кафедре парогенераторостроения и парогенераторных установок Томского политехнического университета [1, 2]. Основные этапы работы выполнялись на лабораторной установке, которая также разработана в Томском политехническом университете [1]. Фрагмент данной установки, отвечающий за десульфуризацию дымовых газов, представлен на рисунке 1.

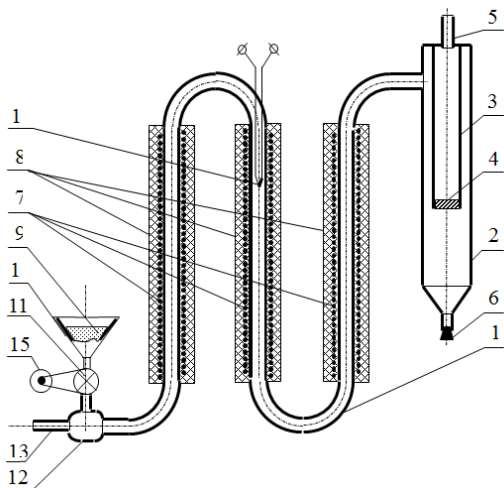


Рис. 1. Рабочий участок экспериментальной установки:

1 – реакционные колонны; 2 – корпус сепаратора; 3 – внутренний цилиндр сепаратора;
4 – жалюзийный сепаратор; 5 – патрубок выхода газов; 6 – заглушка; 7 – электронагреватель;
8 – изоляция; 9 – сорбент; 10 – бункер; 11 – зубчатый питатель; 12 – смеситель;
13 – патрубок входа газов; 14 – термопара; 15 – двигатель электропривода

С помощью установки были проведены исследования сорбционных взаимодействий частиц золы, движущихся в потоке газовой среды. Для синтеза газовой среды, применявшейся в качестве газаносителя, использовались два баллона с углекислым газом и с азотом. За основу синтезируемой смеси был принят состав дымовых газов, образующихся от сжигания канско-ачинского угля марки Б2: CO_2 –

17 %; N_2 – 67 %; H_2O – 16 % при избытке воздуха $\alpha = 1$ [2]. Искусственно полученная газовая среда, по составу приближенная к уходящим газам ТЭС, поступала за счет разрежения, создаваемого компрессором, в ресивер, где происходило её активное диффузионное смешение. Газовая среда в течение экспериментов имела следующий процентный состав: в опытах по сорбции диоксида серы O_2 – 4...5,7 %, N_2 – 75...78 %, RO_2 – 16,3...18 %, H_2O – 3 %, а концентрация SO_2 в течение опытов изменялась в диапазоне 0...5500 мг/м³. Далее газы поступали к рабочему участку установки (рис. 1). В смесителе 12 происходило смешение газов и сорбента с размерами частиц от 23 до 350 мкм, равномерно мелкими порциями поступающего из бункера 10 через питатель 11. Уменьшение размера частиц за пределы указанного диапазона приводило к снижению сыпучести зернистого материала и забиванию зубчатого механизма питателя. Увеличение же размера частиц вызывало оседание их в нижних коленах реакционных колонн 1. Расход газов, приведенный к нормальным условиям, составлял $4,0 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Образовавшаяся пылегазовая смесь продвигалась по реакционным колоннам, где происходило поглощение токсинов золой [2].

Время реагирования частицы усредненного размера, равного 0,2 мм, с газами или время пребывания частицы в газах с момента ввода её в поток до отделения от газов в сепараторе определялось расчетным путем и составило 5 секунд. Наиболее мелкие частицы, остающиеся после сепаратора, осаждались в мокром фильтре. Расчет времени реагирования сорбента с газами в газоочистной установке произведен с использованием программы для ЭВМ на алгоритмическом языке FORTRAN, основанной на решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений движения твердой частицы в потоке газов с использованием метода Рунге-Кутты:

$$\frac{dx}{dt} = u,$$
$$\frac{du}{dt} = \frac{18\mu_g}{\rho_h \delta^2} (u_g - u) \pm g,$$

здесь: u – скорость движения частицы, м/с; u_g – скорость газов, м/с; μ_g – вязкость газов, Па·с; ρ_h – плотность частицы, кг/м³; δ – диаметр частицы, м; g – ускорение свободного падения; знак « $\pm$ » означает движение частицы сорбента в восходящем потоке газов, а « $+$ » – в нисходящем.

Отбор проб газов производился тремя последовательно соединенными газовыми пипетками до и после ввода золы (уноса) в газовую среду. Измерение концентрации диоксида серы проводилось тетрахлормеркуратным методом с парарозанилином и формальдегидом. Метод основан на взаимодействии дихлорсульфито-меркурата, образующегося в процессе поглощения диоксида серы раствором тетрахлормеркурата натрия, с метаналем и триаминотрифенилметанолом. Образующееся при этом соединение окрашивает раствор в фиолетовый цвет, по интенсивности окраски которого с помощью фотоэлектроколориметра определяют содержание диоксида серы [3].

В результате экспериментов получены изотермы адсорбции диоксида серы золой при температуре газовой среды 150 °С. Изотермы приведены на рисунке 2 в виде функциональных зависимости $A=f(C)$.

По приведенным изотермам адсорбции можно видеть, что сорбционная способность золы (уноса) сильно зависит от концентрации поглощаемых оксидов в газе. Наряду с этой закономерностью,

общей для всех исследованных сорбентов как в процессах поглощения диоксида серы, установлены и другие особенности. Зола кузнецкого и канско-ачинского углей проявляет различия в сорбционной способности относительно токсичных оксидов, что объясняется известными отличиями в составе [4–7]. Зола канско-ачинского угля, которая из-за высокого содержания свободного оксида кальция [7] обладает высокой склонностью к взаимодействию с оксидами серы дымовых газов, все же проявляет в этом процессе разную сорбционную способность в зависимости от способа сжигания. Это объясняется более тонкодисперсным составом уноса из топок с жидким шлакоудалением по сравнению с топками с твердым шлакоудалением, что, в свою очередь, определяется закономерностями шлакообразования при существенно разных температурных условиях топочного процесса [8].

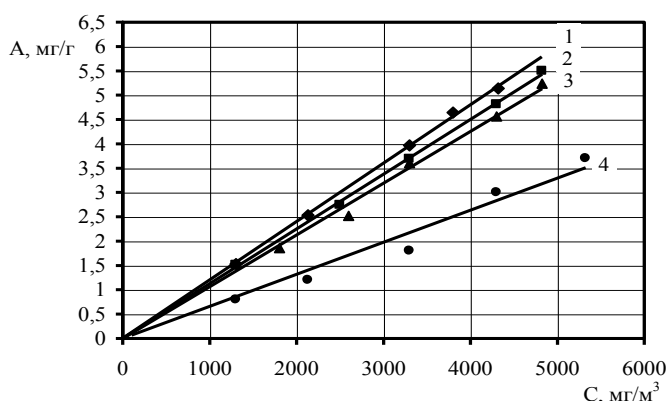


Рис. 2. Изотермы адсорбции диоксида серы золой (уносом) канско-ачинского угля при $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$:
1 – зола после I поля электрофилтра (котел с ЖШУ); 2 – зола после II поля (котел с ЖШУ);
3 – зола после III поля (котел с ЖШУ); 4 – зола после IV поля (котел с ТШУ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Буваков К.В., Купрюнин А.А. Экспериментальные исследования сорбционных свойств золы уноса канско-ачинских и кузнецких углей при денитрификации дымовых газов // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Вып. 2. – С. 166–170.
2. Буваков, К.В. Свойства минеральных сорбентов применительно к технологиям топливосжигания: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.14 / К.В. Буваков. – Томск, 2007. – 163 с.
3. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 270 с.
4. Коробецкий И.А., Шпирт М.Я. Генезис и свойства минеральных компонентов углей. – Новосибирск: Наука, 1988. – 227 с.
5. Заворин А.С. Состав и термические свойства минеральной части бурых углей (теплотехнический аспект). – Новосибирск: Изд-во ИТ СО РАН, 1997. – 187 с.
6. Компоненты зол и шлаков ТЭС / Л.Я. Кизельштейн, И.В. Дубов, А.Л. Шпицглюз, С.Г. Парада. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с.
7. Савинкина М.А., Логвиненко А.Т., Кокаulina Э.В., Исакова О.Я. Свойства оксида кальция в топливных золах // Известия СО АН СССР. Серия хим. наук. – 1984. – Вып. 6. – С. 131–137.
8. Заворин А.С. Проявление свойств минеральной части углей в паровых котлах. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. – 221 с.