

В ы в о д ы

При исследовании процесса очистки газа сернокислотного цеха торфо-щелочными сорбентами установлено, что наиболее эффективной добавкой к торфу является аммиак. В результате поглощения газов торфоаммиачным сорбентом получается эффективное органоминеральное удобрение.

Л И Т Е Р А Т У Р А

[1] С. Н. Ганз, И. П. Нестеренко и Г. И. Вилесов, ЖПХ, XXXVIII, 9, 1930 (1965).

Поступило в Редакцию
9 марта 1966 г.

№ 4, 1968 г.

УДК 66.074.37

СУХОЙ ИЗВЕСТКОВЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ
ТОПОЧНЫХ ГАЗОВ ТЭЦ ОТ СЕРНИСТОГО
АНГИДРИДА *

*А. Н. Кетов, В. В. Ларионов, В. В. Печковский
и А. С. Шлигерский*

Проблема очистки дымовых газов теплоэлектростанций от наиболее вредной примеси (сернистого ангидрида) весьма актуальна. Для очистки дымовых газов, содержащих около 0,3% сернистого ангидрида и имеющих высокие температуры, рекомендуется применять прямые методы нейтрализации или комбинированные методы [1]. Эти методы характеризуются тем, что поглощение сернистого ангидрида из газов проводится в специальных аппаратах водными растворами или суспензией соответствующих реагентов в воде. Основными достоинствами этих методов является высокая степень очистки (90—95%) и возможность получения сернистого ангидрида в качестве товарного продукта (кроме известкового метода). К существенным недостаткам указанных методов следует отнести громоздкость технологической схемы, сложность применяемых аппаратов и оборудования, высокие капиталовложения.

Отличным от указанных методов очистки дымовых газов от сернистого ангидрида при пылевидном сжигании топлива является сухой известковый метод,** основанный на том, что в топку котла вводятся топкоразмолотые известь или известняк. Сернистый ангидрид при этом связывается окисью кальция с образованием сульфата и частично сульфита кальция. Основное преимущество способа состоит в том, что весь процесс очистки топочных газов от сернистого ангидрида заканчивается в пылеулавливающих аппаратах. Специального или сложного оборудования при его осуществлении не потребуется. Важно также и то, что одновременно с очисткой газов от сернистого ангидрида снижается температура точки росы, устраняется сернокислотная коррозия труб воздухоподогревателей, отпадает необходимость в строительстве громоздких и дорогостоящих золоотстойников, а зола, обогащенная соединениями кальция, обладает свойствами вяжущего и может быть использована для производства строительных материалов.

* Сообщение I о лабораторной проверке способа.

** По данному способу авторам работы выдано авторское свидетельство № 168837.

Этот способ был предложен и проверен Пейсаховым в научно-исследовательском институте очистки газов. При этом известняк или известь подавали в топку котла совместно с угольной пылью. Промышленные опыты показали, что даже при очень больших избытках реагента против стехиометрии степень улавливания невелика. Так, при двухкратном избытке известняка против стехиометрического количества степень очистки колебалась в пределах 20—30%, а при очень большом избытке (700—800 кг на 1 т угля) только в отдельных случаях достигала 70—80%.

Неудовлетворительные результаты, полученные в указанных выше опытах, объясняются, по нашему мнению, двумя причинами. При подаче известняка совместно с топливом в факеле и топочном пространстве котла при температуре выше 1200° окись кальция (продукт термической диссоциации известняка) взаимодействует с расплавленной золой с образованием силикатов, алюминатов и ферритов. Это косвенно подтверждается опытами Всесоюзного теплотехнического института по сжиганию смесей тощего угля с добавками мела и извести с целью получения из золы цемента. Показано, что при 25%-й добавке мела к весу угля менее 30% окиси кальция от общего содержания ее в золе остается в свободном состоянии. Известно также [2], что при обжиге известняка выше температуры 1200° образующаяся окись кальция имеет большой удельный вес, плотная и химически малоактивна. Следовательно, условия обжига известняка при совместной подаче его с топливом не способствуют образованию химически активной окиси кальция. Получающаяся при этом окись кальция медленно связывает сернистый ангидрид из газов.

С целью увеличения степени очистки топочных газов от сернистых соединений при незначительных против стехиометрии избытках известняка необходимо изменить схему подачи реагента в топку. Тонкоизмельченный известняк следует вдувать раздельно от топлива в зону точки, имеющую температуру 1000—1200°.

Данное исследование посвящено теоретическому и экспериментальному обоснованию сухого известкового способа и определению путей использования зольноангидритной смеси.

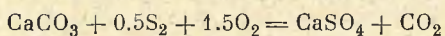
Цель настоящей работы заключается в изучении на лабораторной печи пылевидного сжигания топлива влияния различных факторов на степень очистки дымовых газов от сернистого ангидрида.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для опытов были взяты размолотые Кизеловский уголь, промежуточный продукт Губахинского КХЗ, отсев известняка Всеволодо-Вильевенского карьера. Размер частиц всех продуктов менее 0.25 мм. Содержание серы на рабочую массу топлива составляло в угле 3.76%, а в промежуточном продукте — 5.97%. Средний химический состав отсева (%): CaCO₃ — 83.8, MgCO₃ — 1.7, CaSO₄ — 0.8, R₂O₃ — 0.5, SiO₂ + нерастворимые — 13.2.

Схема лабораторной установки представлена на рисунке. Топочная камера 1 выполнена из кварцевой трубы диаметром 46 мм и длиной 800 мм. Длина обогреваемой части 600 мм. В трубу варены кварцевый карман для термомпары 2 и патрубков 3 для отбора газа на анализ. Расход угля или угольноизвестковой смеси регулировали изменением положения ножа тарельчатого питателя 4. Воздух нагнетался компрессором 5. Пылевоздушная смесь через форсунку 6 подавалась в топочную камеру. Расход воздуха определяли по реометру 7. Температуру в печи регистрировали с помощью термомпары 2 и гальванометра 8, а регулировали автотрансформатором 9 (РНО-250-5). Топочные газы проходили циклон 10, после чего выбрасывались в атмосферу.

Количество известняка рассчитывали по стехиометрическому уравнению реакции



исходя из содержания серы в топливе. Расход топлива во всех опытах был постоянным и составлял для угля 2.8 г/мин., а для промпродукта — 3.49 г/мин. Коэффициент избытка воздуха, кроме особо оговоренных в тексте, принимали равным 1.25, а количество подаваемого известняка соответствовало стехиометрически рассчитанному. Для упрощения схемы установки и проведения эксперимента известняк подавали в топку со-

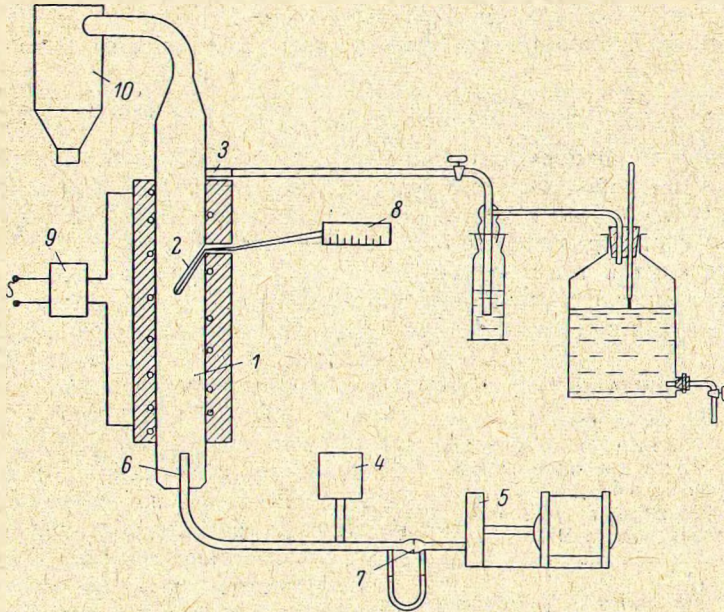


Схема установки.

вместо с топливом. При этом температура в факеле и в топке регулировалась и не превышала 1200° .

Метод эксперимента. В предварительно разогретую до $800-900^{\circ}$ печь вдувалась пылевоздушная смесь. Затем изменением напряжения на теплоизоляционной обмотке печи температура в топочной камере достигалась заданной. После этого проводили 8—10-кратное определение содержания сернистого ангидрида в отходящих газах иодометрическим методом [3]. На основании этих данных рассчитывали среднюю концентрацию сернистого ангидрида в газах.

ТАБЛИЦА 1

Зависимость концентрации сернистого ангидрида в дымовых газах от температуры

Температура (°C)	Концентрация SO_2 (%)	
	в угле	в промежуточном продукте
1000	0.265	0.455
1100	0.283	0.486
1200	0.299	0.501

ТАБЛИЦА 2

Зависимость концентрации сернистого ангидрида и степени очистки от температуры и содержания серы в топливе при сжигании топлива с добавкой известняка

Температура (°C)	Уголь		Промежуточный продукт	
	концентрация (в %)	степень очистки (%)	концентрация SO_2 (%)	степень очистки (%)
1000	0.128	51.7	0.227	50.1
1100	0.131	53.3	0.238	50.8
1200	0.125	58.2	0.225	55.1

Для расчета степени очистки определяли концентрацию сернистого ангидрида в газах при различных температурах при сжигании топлива без добавок, а затем при этих же условиях сжигали смесь топлива с добавкой известняка и вновь находили концентрацию сернистого ангидрида. Степень очистки, выраженную в процентах, рассчитывали как отношение количества поглощенного сернистого ангидрида к количеству его в газах «холостных» опытов. (При расчетах количества известняка принимали во внимание степень выгорания серы из топлива).

Полученные экспериментальные данные представлены в таблицах.

Обсуждение результатов опытов

Изменение концентрации сернистого ангидрида в отходящих газах от температуры при сжигании угля и промежуточного продукта видно из данных табл. 1. Как и следовало ожидать, с увеличением температуры степень выгорания серы из топлива возрастает.

При введении в топку стехиометрических количеств известняка концентрация сернистого ангидрида в газах резко уменьшается (табл. 2), а степень очистки как при сжигании угля, так и промежуточного продукта достигает 50—60%. С увеличением температуры степень поглощения SO_2 возрастает. Это объясняется тем, что с ростом температуры возрастает скорость разложения известняка до окиси кальция. Увеличение же свободной окиси кальция в газах способствует более полному связыванию сернистого ангидрида.

Количество добавки известняка, вносимого в топку, существенно сказывается на концентрации SO_2 в газах и степени очистки. Так, при сжигании угля при температуре 1100° и изменении количества добавки известняка от 90 до 120% от стехиометрии степень очистки возрастает с 49.7 до 60.3%. Это закономерно, так как большее количество добавки известняка эквивалентно увеличению концентрации его в газах. С увеличением же количества окиси кальция возрастает скорость химических реакций и более полно поглощается сернистый ангидрид.

Данные, показывающие зависимость концентрации сернистого ангидрида в отходящих газах и степени очистки от коэффициента избытка воздуха при сжигании угля при температуре 1100° , представлены ниже.

Коэффициент избытка воздуха	Концентра- ция SO_2 (%)	Степень очистки (%)
1.05	0.157	44.5
1.15	0.138	51.2
1.25	0.131	53.7

При температуре опыта 1100° изменение коэффициента избытка воздуха с 1.25 до 1.05 приводит к уменьшению степени очистки на 9.2%. Наибольшее влияние изменения коэффициента избытка воздуха на степень поглощения сернистого ангидрида заметно в пределах 1.05—1.15.

Анализируя полученные результаты, необходимо учесть следующее обстоятельство. На лабораторной установке время пребывания пылегазовой смеси в печи составляет около 0.7 секунды. В промышленных же агрегатах время контактирования газа с твердыми продуктами значительно

ТАБЛИЦА 3

Зависимость концентрации сернистого ангидрида и степени очистки от количества добавки известняка в угле
Температура 1100°

Количество добавки (%) от стехио- метрии)	Концентра- ция SO_2 (%)	Степень очистки (%)
90	0.142	49.8
100	0.131	53.7
110	0.126	55.4
120	0.112	60.3

больше. Поэтому в производственных условиях степень очистки газов безусловно будет значительно выше по сравнению с лабораторными.

Таким образом, на основании лабораторных исследований при проверке сухого известкового способа на промышленных котлоагрегатах следует рекомендовать следующие условия. Молотый известняк подавать в топку котла в зону температур 1200° . Расход известняка поддерживать на 10—20% больше стехиометрически необходимого, а коэффициент избытка воздуха — выше 1.15.

В ы в о д ы

1. Степень очистки топочных газов от сернистого ангидрида при стехиометрических добавках известняка при сжигании кизилковского угля и промежуточного продукта Губахинского КХЗ при температурах в печи $1100\text{—}1200^\circ$ достигает 50—60%.

2. Для увеличения степени очистки необходимо поддерживать коэффициент избытка воздуха выше 1.15 и повышать количество подаваемого в топку хемосорбента.

Л И Т Е Р А Т У Р А

[1] З. П. Розепкноп. Извлечение двуокиси серы из газов. Госхимиздат, М.—Л. (1952); — [2] Те Пан Го. Производство соды. Госхимиздат, М.—Л. (1958). — [3] А. П. Грошев. Технический анализ. Госхимиздат, М. (1959).

Поступило в Редакцию
14 марта 1966 г.

№ 4, 1968 г.

УДК 541.123.3

СИСТЕМА $\text{Na}_2\text{H}_2\text{OP}_2\text{O}_7\text{—NaCl—H}_2\text{O}$ *

К. С. Зотова и М. Л. Чепелевский **

Разработка технологической схемы процесса получения девятиводного тринатрийпирофосфата на базе декагидрата тетранатрийпирофосфата потребовала исследования совместной водной растворимости четырех- и двузамещенных пирофосфатов натрия и хлористого натрия.

Наше предыдущее сообщение [1] ограничивалось только одной частью четверной системы $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7\text{—Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{—NaCl—H}_2\text{O}$. В настоящей работе приводятся данные, касающиеся равновесия при 30 и 40° другой составляющей части этой системы — $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{—NaCl—H}_2\text{O}$. Данные по растворимости в указанной системе в литературе отсутствуют.

Бинарная система $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{—H}_2\text{O}$ исследована Селва в интервале температур $-0.7\text{—}+40^\circ$ политермическим методом [2]. Метод анализа жидких фаз и способ идентификации твердых фаз не указаны. Результаты этого исследования приведены в табл. 1 и на рис. 1. Растворимость $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, определенная нами изотермическим методом при 30° , равна 16.47% $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, что хорошо согласуется с данными Селва. Как видно из рис. 1, при этой температуре шестиводная соль уже представляет собой метастабильную фазу системы. Растворимость безводного динатрийпирофосфата при 30° составляет, по нашим данным (многочратно повторенным), 13.65% $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, т. е. на 1% ниже величины, полученной Селва, однако данные Селва лучше согласуются со всем строем физико-

* Сообщение II из серии работ по изучению растворимости в системе $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7\text{—Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{—NaCl—H}_2\text{O}$ при 30 и 40° .

** Аналитическая часть работы выполнена М. Г. Лысенко.