

Кожанова Е.А., магистрант,  
Черных А.А., магистрант,  
Рубанов Ю.К., канд. техн. наук, проф.,  
Токач Ю.Е., канд. техн. наук, доц

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ\*

tokach@bk.ru

*Рассмотрен алюмо-сульфатный способ десульфуризации газов, содержащих от 0,07 до 2,5 %  $SO_2$ , из которых производство серной кислоты является экономически выгодным. Процесс очистки заключается в сорбции диоксида серы раствором основного сульфата алюминия. Растворимость диоксида серы в основном растворе сульфата алюминия, примерно, в 20 раз выше, чем в воде, и увеличивается с повышением концентрации алюминия, основности раствора и понижения температуры.*

*После окисления сульфита алюминия до сульфата, раствор можно отправлять в реактор нейтрализации для повторного использования. Образующийся гипс сгущают и фильтруют. Верхний слив сгущения фильтрат возвращают на сорбцию для корректировки основного раствора. Качество получаемого гипса соответствует требованиям строительной промышленности, в том числе при производстве гипсокартона*

**Ключевые слова:** диоксид серы, десульфуризация, абсорбция, известковый способ, основной раствор, сульфат алюминия, алюмосульфатный метод, противоточная очистка.

**Введение.** Жизнедеятельность человека неизбежно сопровождается негативными воздействиями на окружающую среду, проявляющимися в различных формах: потребление природных ресурсов, внесение различных изменений в природные экосистемы, химическое и энергетическое загрязнение природной среды.

Как известно, на предприятиях черной и, особенно цветной металлургии значительную долю в общих выбросах вредных веществ в атмосферу занимает диоксид серы, что требует специальных мер по очистке отходящих газов с целью предотвращения загрязнения окружающей среды. Газообразные выбросы очень неблагоприятно влияют на экологическую обстановку в местах расположения металлургических промышленных предприятий, а также ухудшают санитарно-гигиенические условия труда. К агрессивным массовым выбросам относятся оксиды азота, сероводород, диоксид серы, углекислый и многие другие газы.

Проблема очистки выбросов металлургических производств и предприятий топливно-энергетического комплекса от сернистого ангидрида и других соединений серы становится все более актуальной. Постоянное повышение экологических требований заставляет применять дорогостоящие многоступенчатые системы газоочистки во избежание крупных штрафов. Для достижения необходимой эффективности систем очистки требуется внедрение новых легко регенерируемых более дешевых сорбционных материалов. Борьба с загрязнениями атмосферы проводится по трем основным направлениям:

1) создание новых технологических процессов, основанных на безотходном принципе;

2) усовершенствование технологических процессов, позволяющее ликвидировать или уменьшить выбросы токсичных веществ в атмосферу;

3) обработка промышленных газовых выбросов с целью извлечения примесей и дальнейшего их использования или нейтрализации их вредного воздействия на окружающую среду.

Диоксид серы, или сернистый ангидрид, образуется при сгорании серы, сероводорода, а также при нагревании различных сульфидов в потоке воздуха или кислорода. В обычных условиях  $SO_2$  представляет собой бесцветный газ с резким характерным запахом горячей серы, который почти в 2÷3 раза тяжелее воздуха, не горит и не поддерживает горение.

Характеризуя свойства  $SO_2$  как вещества, загрязняющего воздух, необходимо отметить ее способность окисляться до  $SO_3$ , которая во влажном воздухе может превращаться в серную кислоту. Протеканию этой реакции в атмосферном воздухе способствуют солнечный свет, катализирующие вещества, а также озон. Необходимо учитывать, что даже при очень малых концентрациях диоксида серы в воздухе также могут находиться небольшие количества паров или аэрозоля серной кислоты, что усугубляет загрязнение воздуха.

В статье приведены результаты исследований алюмо-сульфатного способа очистки сернистых газов, основанного на абсорбции диоксида

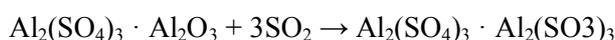
серы раствором основного сульфата алюминия [1...3].

Цель исследований – снижение воздействия на окружающую среду, повышение эффективности очистки отходящих газов за счет адсорбционной очистки раствором сульфата алюминия.

Объектом исследований служила газовоздушная смесь содержащая диоксид серы с концентрацией 25 мг/л.



Очистку проводили пропуском газа через водный раствор сульфата алюминия с концентрацией алюминия равной 40...45 г/л и



После очистки концентрация диоксида серы в воздухе составила 1,2 мг/л, что соответствует эффективности очистки 95,2 %.

После окисления сульфита алюминия до сульфата, раствор можно отправлять в реактор нейтрализации для повторного использования.

Образующийся гипс сгущают и фильтруют. Верхний слив сгущения фильтрат возвращают на сорбцию для корректировки основного раствора.

Качество получаемого гипса соответствует требованиям строительной промышленности, в том числе при производстве гипсокартона.

В результате исследований выявлено, что изменение температуры раствора оказывает влияние на эффективность очистки газа от диоксида серы. Вследствие увеличения температуры повышается растворимость солей, и количество ионов в растворе растет. Так как реакции, протекающие в процессе хемосорбции, являются экзотермическими и обратимыми, то при повышении температуры раствора химические соединения разлагаются с выделением исходных компонентов.

Исключение составляет ион кальция  $\text{Ca}^{2+}$ , так как повышение температуры понижает растворимость кальциевых соединений ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) [5]. Следовательно, оптимальная температура поглотительного раствора, при которой достигается максимальная степень очистки составляет 20 °С и ниже (рис. 1).

Пониженная температура поглотительного раствора может быть обеспечена ступенчатой очисткой газов, когда на первой ступени совместно с очисткой происходит охлаждение очищаемых газов. На второй ступени достигается максимальная степень очистки.

**Основная часть.** Авторами были проведены экспериментальные исследования по использованию алюмо-сульфатного способа очистки газов от диоксида серы и определения его эффективности. Исходная концентрация диоксида серы в воздухе составляла 25 мг/л (1 %). Раствор основного сульфата алюминия получали нейтрализацией сульфата алюминия известняком по реакции:

нейтрализованный известняком, рассчитанным по реакции в количестве 125 г/л.

При контактировании раствора с газом протекает реакция:

Влияние концентрации алюминия на эффективность очистки представлена на рисунке 2. Максимальная эффективность очистки проявляется при концентрации алюминия в растворе 45 г/л (285 г/л  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) рис. 2.

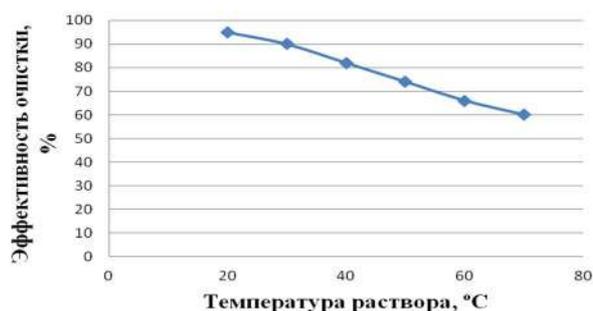


Рис. 1. Зависимость эффективности очистки от температуры поглотительного раствора

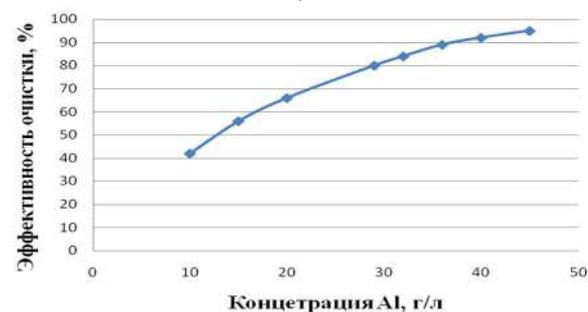


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки от концентрации алюминия в растворе

Для реализации предлагаемого способа десульфуризации газов целесообразно использовать противоточную схему очистки в орошаемом скруббере. На рис. 3 представлена предлагаемая технологическая схема очистки дымовых газов от диоксида серы алюмо-сульфатным методом.

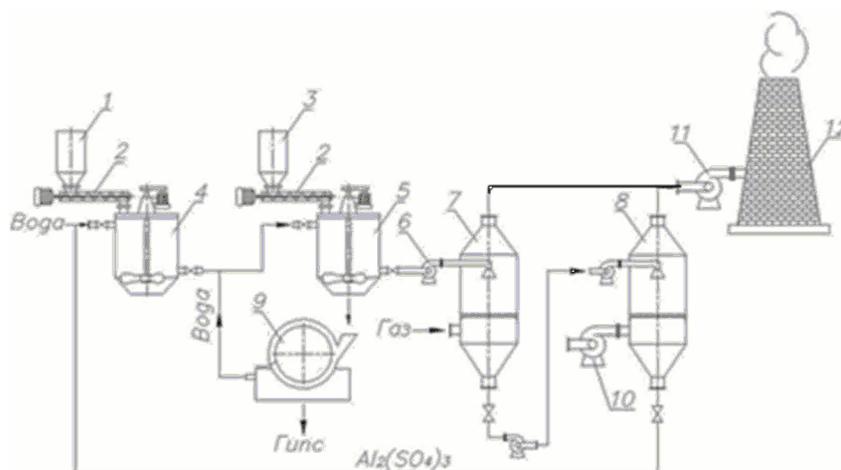


Рис. 3. Технологическая схема очистки газов от диоксида серы алюмо-сульфатным способом:

- 1 – бункер для сухого сульфата алюминия; 2 – винтовой питатель; 3 – бункер измельченного известняка;  
 4 – бак для растворения сульфата алюминия; 5 – бак нейтрализации известняком;  
 6 – центробежный насос; 7 – противоточный аппарат; 8 – аппарат для окисления;  
 9 – барабанный вакуум фильтр; 10 – воздуходувка; 11 – воздуходувка; 12 – дымовая труба

Узел приготовления раствора включает в себя расходные бункеры 1, 3, снабженные винтовыми питателями 2, и два растворных бака 4, 5 с пропеллерными мешалками, в одном из которых предварительно растворяют сульфат алюминия, а во втором производят нейтрализацию раствора известняком. Узел оборудуется также центробежным насосом 6 для подачи раствора в противоточный аппарат 7, в нижнюю часть которого под газораспределительную решетку подают загрязненный газ.

Раствор в аппарат подается веру через оросительное устройство центробежным насосом 6. Гипс, образовавшийся после нейтрализации раствора сульфата алюминия известняком, отделяется от воды с помощью вакуум-фильтра 9. Вода поступает в бак нейтрализации 5, а гипс отправляется для приготовления товарного продукта.

Очищенный газовый поток отводится из аппарата с помощью дымососа 11 и поступает в вытяжную трубу 12. Раствор после поглощения диоксида серы поступает в аппарат 8 для окисления сульфита сжатым воздухом, подаваемым воздуходувкой 10. После окисления раствор возвращают для приготовления основного раствора сульфата алюминия.

Таким образом, для очистки дымовых газов с расходом  $7200 \text{ м}^3/\text{ч}$  с концентрацией диоксида серы 1 % получим расход диоксида серы равный  $72 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $210 \text{ кг/ч}$ ). Расход основного раствора сульфата алюминия составит  $971 \text{ кг/ч}$ , для сего необходимо  $1496 \text{ кг/ч}$  сульфата алюминия и  $656 \text{ кг/ч}$  известняка.

*\*Работа выполнена в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасов В.В., Кручинина Н.Е. Мониторинг атмосферного воздуха. М.: Изд-во «ФОРУМ». 2008. 128 с.
2. Денисов В.В. Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова; Ростов на Дон: Феникс: Изд-во. Центр Март, 2009. 720 с.
3. Кожанова Е.А., Рубанов Ю.К. Очистка дымовых газов от диоксида серы // Международная молодежная научная конференция «Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов». Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. Ч.1. С. 149-151.