

УДК 666.913:66.074.5:621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ГИПСА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. Турчанинов, В.В. Кабанова, Т.В. Лагизова

Оренбургский государственный университет, Российская Федерация
e-mail: lera.kabanova.1997@mail.ru , tanya-lagizova@mail.ru

Рассмотрены основные источники загрязнения атмосферы диоксидами серы, их негативное воздействие на экологию, в частности на флору и фауну. Приведены технологические схемы улавливания серного ангидрида. Выполнен анализ эффективности различных технологий очистки дымовых газов тепловых электростанций от серного ангидрида. Отмечена наиболее рациональная схема улавливания диоксида серы с целью получения техногенного сырья для гипсовых вяжущих. Технико-экономические расчеты подтверждают экономическую целесообразности производства строительных материалов из отходов промышленности.

Ключевые слова: диоксид серы, дымовые газы, десульфурация, химический гипс.

CHEMICAL GYPSUM AS A BUILDING MATERIAL FOR CONSTRUCTION

V. Turchaninov, V. Kabanova, T. Lagizova

Orenburg State University, Russian Federation
e-mail: lera.kabanova.1997@mail.ru , tanya-lagizova@mail.ru

The sulfur dioxide is one of the main sources of air pollution which has a negative impact on the environment, in particular on flora and fauna. This article demonstrates various technological scheme of the capture of sulphur dioxide. The analysis of efficiency of different flue gases treatment technologies of thermal power plants from sulfuric anhydride is carried out. The most rational scheme of capture of sulfur dioxide is noted for the purpose of receiving technogenic raw materials for gypsum binders. Technical and economic calculations confirm the economic feasibility of building materials production from industrial waste.

Keywords: sulfur dioxide, flue gases, desulfurization, chemical gypsum.

В настоящее время глобальный характер приобретает проблема загрязнения атмосферного воздуха за счёт выбросов вредных веществ при работе промышленных предприятий. Значительные выбросы сернистых соединений наблюдаются при переработке сульфидного сырья в цветной металлургии и при сжигании твердого топлива на ТЭС. На долю ТЭС приходится 14% совокупного загрязнения атмосферы техногенными отходами.

Выбросы диоксида серы с дымовыми газами ТЭС, работающих на сернистом твердом или жидком топливах, характеризуется высокой токсичностью и является одной

из основных причин высокой заболеваемости и смертности. По данным Greenpeace Россия занимает 2 место с объемом 3683 тыс. тонн в рейтинге стран, которые в 2018 году произвели наибольшие выбросы в атмосферу диоксида серы (SO_2).

Наиболее целесообразным методом снижения концентрации SO_2 является десульфурация или процесс обессеривания дымовых газов. Продукт, полученный после промышленной переработки, представляет собой химический гипс. Он состоит из дигидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, имеет те же характеристики, что и природный гипс, и является высококачественным и экологически чистым продуктом.

Десульфурация может осуществляться мокрым, полусухим и сухим методами.

Все сухие способы сероочистки основаны на вводе в дымовые газы сухого реагента в тонко диспергированном (размолотом) виде. Поскольку хемосорбция проходит только на поверхности частиц, то возникает необходимость тонкого помола реагента: чем тоньше помол, тем больше поверхность его контакта с дымовыми газами.

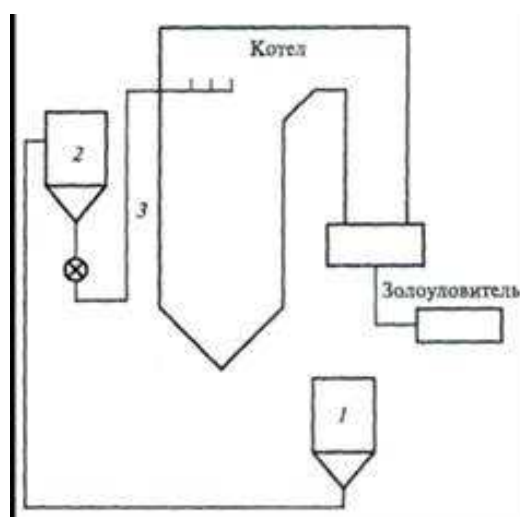
Однако степень измельчения реагента прямо влияет на стоимость реагента: чем тоньше помол, тем больше расход энергии и тем более сложную схему необходимо применить.

Существует два направления сухой сероочистки:

- получение реагента из вводимого в дымовые газы вещества с последующим взаимодействием полученного реагента с диоксидом серы дымовых газов;
- ввод в дымовые газы готового реагента, который сразу же начинает связывать диоксид серы.

В первом случае используют известняк, во втором - известь и соду.

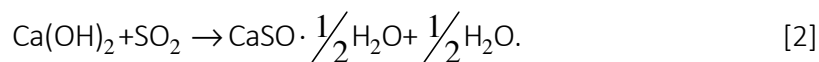
В сухой известковой технологии используется тонко размолотая известь - негашеная CaO или гашеная $\text{Ca}(\text{OH})_2$, которую вводят в конвективную шахту котла в зону температур примерно 850°C .



1 – силос молотой извести; 2 – расходный бункер; 3 – система пневмотранспорта извести

Рисунок 1. – Принципиальная схема сухой известковой сероочистки

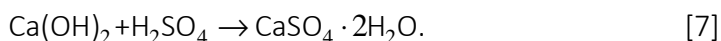
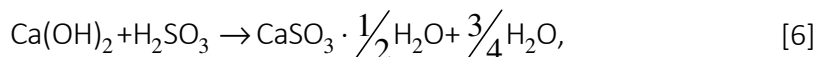
Реакция взаимодействия реагента с диоксидом серы:



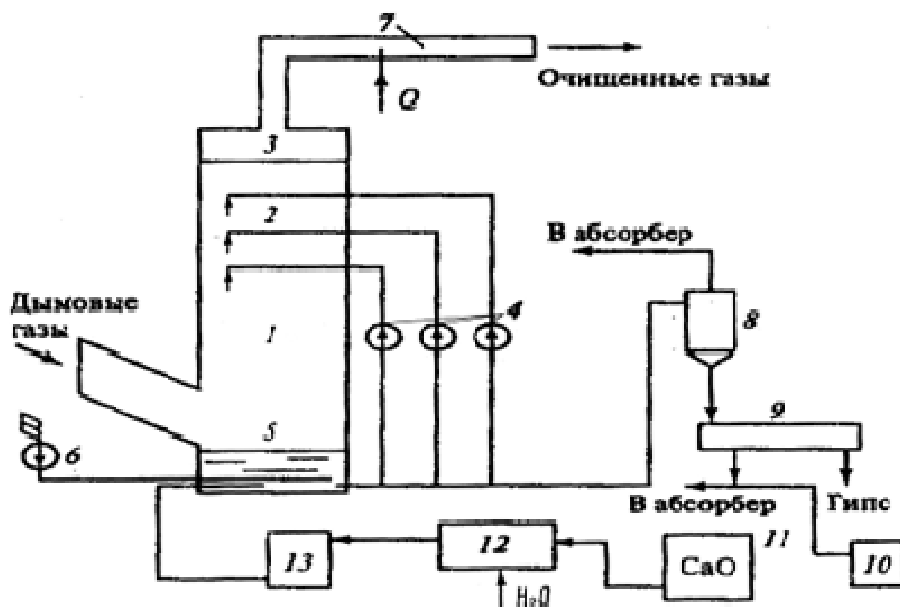
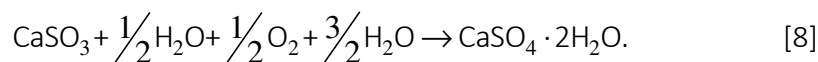
В мокрых технологиях сероочистки дымовые газы интенсивно промывают водной суспензией или водным раствором извести. При этом улавливаемый диоксид серы растворяется в воде, что способствует максимальному ускорению его связывания реагентом.

Мокрая известковая технология основана на связывании оксидов серы SO_2 и SO_3 водной суспензией извести с образованием сульфита кальция и последующим его окислением до двухводного сульфата (гипса).

При абсорбции оксидов серы SO_2 и SO_3 протекают следующие реакции:



Реакция получения двухводного гипса:



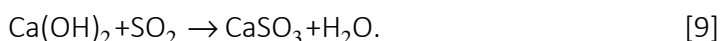
- 1 – абсорбер; 2 – яруса орошения; 3 – брызгоуловитель; 4 – насосы циркуляции известковой суспензии; 5 – сборно-окислительная емкость; 6 – узел принудительного окисления сульфита;
 7 – нагреватель очищенных газов; 8 – гидроциклоны; 9 – узел обезвоживания гипса;
 10 – узел нейтрализации и очистки сточных вод; 11 – силос извести; 12 – установка гашения извести; 13 – узел приготовления известковой суспензии

Рисунок 2. – Схема мокрого способа очистки дымовых газов от SO_2 .

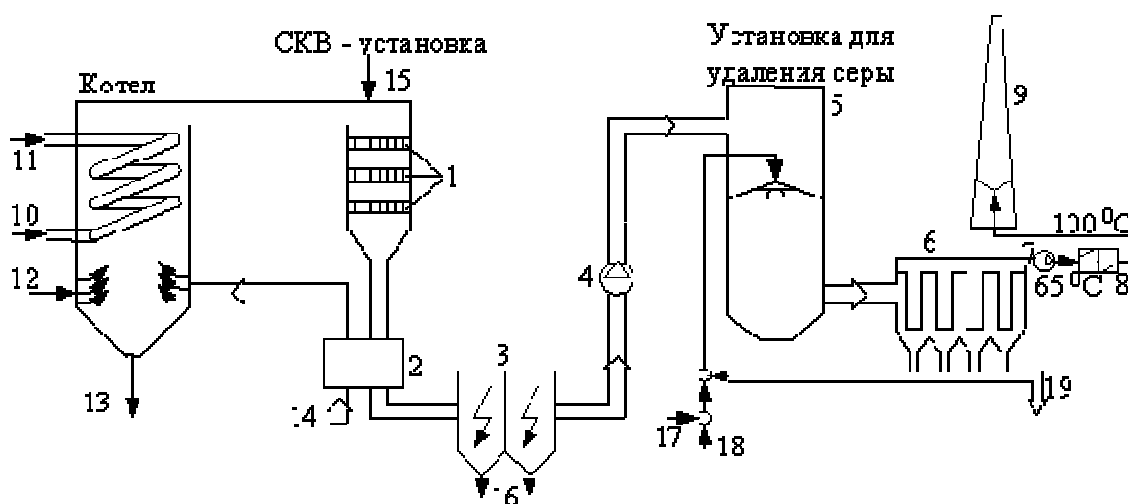
Мокрая известковая сероочистка занимает второе место в мировой практике по распространению на тепловых электростанциях вследствие меньших размеров и стоимости оборудования и более низких эксплуатационных расходов по сравнению с мокрой известняковой технологией. Но работа с известью требует соблюдения определенных правил безопасности для исключения ее воздействия на окружающую среду и здоровье населения. На наш взгляд в этих выводах не учтено, что в дымовых газах преобладает диоксид углерода CO_2 , который также будет взаимодействовать с известью с образованием карбоната кальция CaCO_3 . Таким образом будет наблюдаться значительное увеличение расхода реагента, образование отходов очистки дымовых газов, представленных как гипсом, так и известняком. При этом значительно возрастут расходы на очистку отходящих газов и последующее разделение известняка и гипса.

При мокро-сухом методе очистки реагент вводится в дымовые газы в виде тонко диспергированной жидкости (водной суспензии или водного раствора). Под действием тепла дымовых газов вода испаряется, в результате чего на выходе из абсорбера прореагировавшее вещество присутствует в сухом виде.

Протекает реакция с образованием сульфита кальция:



Ввод реагента в жидком виде ускоряет процесс сорбции, поскольку в воде и реагент, и диоксид серы присутствуют в ионной форме, что ускоряет их взаимодействие по сравнению с сухими технологиями и снижает избыток реагента.



- 1 – катализатор; 2 – РВП; 3 – электрофильтр; 4, 7 – дымососы; 5 – абсорбер; 6 – тканевый фильтр; 8 – подогреватель; 9 – дымовая труба; 10 – питательная воды; 11 – пар;
12 – угольная пыль; 13 – зола; 14 – воздух; 15 – впрыск аммиака; 16 – летучая зола;
17 – известь; 18 – вода; 19 – продукты реакции

Рисунок 3. – Схема мокросухого способа очистки дымовых газов от SO_2

К преимуществам мокро-сухого метода можно отнести: простоту технологической схемы, небольшие затраты, меньший расход тепловой энергии на подогрев дымовых газов по сравнению мокрым методом, отсутствие сточных вод.

Недостатками способа являются: значительное энергопотребление (3 – 6% мощности ТЭС), повышенный расход дорогих реагентов (известки), низкое качество сухих отходов (отсутствие гипсовых вяжущих веществ), необходимость установки системы очистки дымовых газов от твердых частиц (продуктов реакции) после абсорбера.

Из-за этих недостатков мокро-сухой метод не получил широкого применения.

В зависимости от применяемой известки получают безводный или полуводный гипс.

Экологические требования, предъявляемые действующим законодательством, привели к исследованиям, касающимся повышения ценности отходов тепловых электростанций (синтетический гипс и зола). Гипс, полученный в результате протекания химических реакций, может быть использован для производства гипсовых вяжущих, таких как строительный гипс, высокопрочный гипс, ангидритовый цемент и эстрихгипс по традиционным технологиям.

Достаточное высокое содержание примесей снижает качество гипсовых вяжущих, полученных из гипсосодержащих отходов. Следовательно, химический гипс следует подвергать обогащению. Одним из наиболее доступных и эффективных способов обогащения является метод пенной флотации, широко применяемый в горнообогатительной промышленности. Он основан на том, что вещества, имеющие различную поверхностную энергию, обладают различной смачиваемостью и могут либо вовлекаться в пену, либо выпадать в осадок. Таким образом можно отделить двухводный гипс от примеси известняка, а последний повторно использовать для очистки топочных газов от серного ангидрида.

Определенный интерес представляют безобжиговые гипсовые вяжущие. Они представляют собой двухводный гипс, твердение которого протекает по негидратационной схеме, сущность которой сводится к тому, что тонкодисперсный увлажненный двухводный гипс частично растворяется в воде, а затем при удалении влаги (сушка в естественных либо искусственных условиях) выкристаллизовывается, связывая между собой разрозненные частицы гипса в монолит. Таким образом можно получать гипсовые изделия из дисперсного двухводного гипса, минуя стадию обжига. Подобная технология реализуется при получении изделий способом прессования.

Гипсовые изделия отличаются гигиеничностью, небольшой средней плотностью (1200-1500 кг/м³), высокой пористостью (30-60%), огнестойкостью, архитектурной выразительностью, высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Гипсовые вяжущие применяют для ускорения схватывания известково-песчаных растворов, повышения прочности штукатурного слоя, при изготовлении гипсовых деталей и гипсобетонных изделий, при получении гипсоцементно-пуццолановых вяжущих, в качестве основы мастик для приклеивания листов сухой штукатурки.

Гипсовые вяжущие тонкого помола с нормальными сроками схватывания применяют для изготовления форм и моделей фарфоровых, фаянсовых и других керамических изделий.

Универсальность материалов на основе гипса также позволяет архитекторам, владельцам зданий и декораторам создавать привлекательные элементы для современных интерьеров.

Производство химического гипса создает множество положительных экономических и экологических преимуществ. С экономической точки зрения производство химического гипса создает доход от продукта, который в противном случае приводит к расходам по обращению с отходами. Благодаря созданию ценного продукта из отходов, материал не хранится на полигонах, а загрязнение окружающей среды уменьшается. Кроме того, более широкое использование химического гипса уменьшает потребность в природном гипсе. Синтетические гипсовые продукты даже имеют преимущества перед натуральными гипсовыми продуктами с точки зрения затрат и воздействия на окружающую среду.

Все гипсовые продукты (натуральные и синтетические) также образно считаются «зелеными» с точки зрения их способности к переработке. Это связано с тем, что гипс пригоден для вторичной переработки, что является основным преимуществом при производстве гипса в коммерческий продукт. Гипс также является редким примером повторного использования замкнутого цикла, то есть способности использовать отходы продукта для производства одного и того же продукта снова и снова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основной метод очистки отходящих газов от диоксида серы [Электронный ресурс] // Общая экология: [учеб. материалы]. – Режим доступа: <https://all-ecology.ru/index.php?request=full&id=110>, свободный. – Дата обращения: 21.10.2019.
2. Greenpeace выпустил мировой рейтинг источников диоксида серы [Электронный ресурс] // Greenpeace. Новость 19.08.2019. – Режим доступа: <https://greenpeace.ru/news/2019/08/19/17737/>, свободный. – Дата обращения: 21.10.2019.
3. Турчанинов, В. И. Использование химического гипса в производстве гипсовых вяжущих [Электронный ресурс] / Турчанинов В. И., Солдатенко Л. В. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 23-25 янв. 2019 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет.образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон.дан. – Оренбург: ОГУ,2019. – С. 536-542.
2. Петропавловская, В.Б. Использование техногенных гипсосодержащих отходов в безобжиговых прессованных композитах: автореф. дис ... канд. тех. наук: 05.23.05 / В.Б. Петропавловская. – Красково, 2005. – 24 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>