

Процессы и продукты для регенерации воздуха и химической защиты

УДК 661.183.5

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗВЕСТКОВОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ С ФИБРОВЛОКНОМ

Н. Ф. Гладышев¹, Т. В. Гладышева¹, Ю. А. Суворова^{1,2}, С. Б. Путин¹,
С. И. Дворецкий³, В. П. Таров⁴

*ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (1); suvorovaya@mail.ru;
кафедры: «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» (2),
«Технологии и оборудование пищевых и химических производств» (3),
«Техника и технологии производства нанопродуктов» (4), ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

Ключевые слова и фразы: известковый поглотитель; полипропиленовое фиброволокно; химическая активность по отношению к CO_2 .

Аннотация: Рассмотрена возможность использования полипропиленового фиброволокна в составе листовых известковых поглотителей для улучшения их механических характеристик и химической активности по отношению к диоксиду углерода.

Введение

Известковые поглотители на основе гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ широко используются в области очистки газовой среды от диоксида углерода CO_2 в средствах защиты органов дыхания человека. В последние годы развивается новое направление в технологии получения известкового поглотителя в форме листового материала, что позволяет увеличить активную поверхность для успешного протекания процесса хемосорбции [1 – 4].

Химический поглотитель в форме листа в ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов получали размещением водной дисперсии между слоями пористого полимерного материала, с последующим формованием путем прокатывания полученной структуры между вальками и сушкой. Исследование физико-химических свойств данного поглотителя, представленные в [1] показали возможность его использования для эффективного удаления CO_2 , однако, при формировании и сборке поглотительных картриджей, а также при испытаниях данного поглотителя в средствах защиты органов дыхания индивидуального и коллективного типов [4], наблюдалось пыле- и трещинообразование, что снижало технические характеристики данного материала.

В настоящей работе предпринята попытка улучшения механических характеристик и повышения химической активности по отношению к CO_2 разработанного листового известкового поглотителя путем его модификации без внесения существенных изменений в технологию и аппаратное оформление процесса изготовления.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

В целях улучшения механических характеристик известкового поглотителя в его состав вводили полипропиленовое фиброволокно (далее по тексту – *фибра*), которое представляет собой легкие волокна длиной 6 мм, диаметром 0,15 мкм, с малой плотностью ($0,91 \text{ г/см}^3$), но высокими прочностными характеристиками (170...260 МПа) [5]. Этот материал применяется в строительстве для дисперсного армирования бетонов, тампонажных материалов. Отмечено положительное влияние на прочностные характеристики (прочность на растяжение при изгибе и на сжатие, трещиностойкость), что увеличивает срок службы изделий из бетона [6].

Фибру вводили в количестве от 0,25 до 2,5 % масс. или в пересчете на объем от 0,6 до 5,9 % по отношению к основному веществу – гидроксиду кальция. Введение фибры в количестве более 2,5 % масс. затрудняло получение равномерного по толщине материала из-за комкования фибры при формовании листа поглотителя. Помимо основного вещества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и армирующей добавки в состав исследуемых образцов входил также гидроксид калия КОН в количестве 4 % масс. Схематично основные стадии получения известкового поглотителя с добавкой фибры показаны на рис. 1.

Введение полимерных волокон проводили на стадии приготовления пасты. Полученную пасту размещали между слоями армирующего материала, в качестве которого использовали спанбонд с поверхностной плотностью 15 г/м^2 , и пропускали между формирующими вальками. Полученный листовой поглотитель размещали на транспортной ленте и подавали на сушку. В качестве источника тепла использовали керамические нагревательные элементы, расположенные сверху и снизу подаваемого в зону сушки листа поглотителя. Температура нагревателей составляла $(180 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, температура в слое композиции – $(80 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, скорость подачи материала в зону сушки – $(3 \pm 0,2) \text{ м/ч}$. При данных параметрах образцы после сушки имели влажность $(20 \pm 2) \%$.

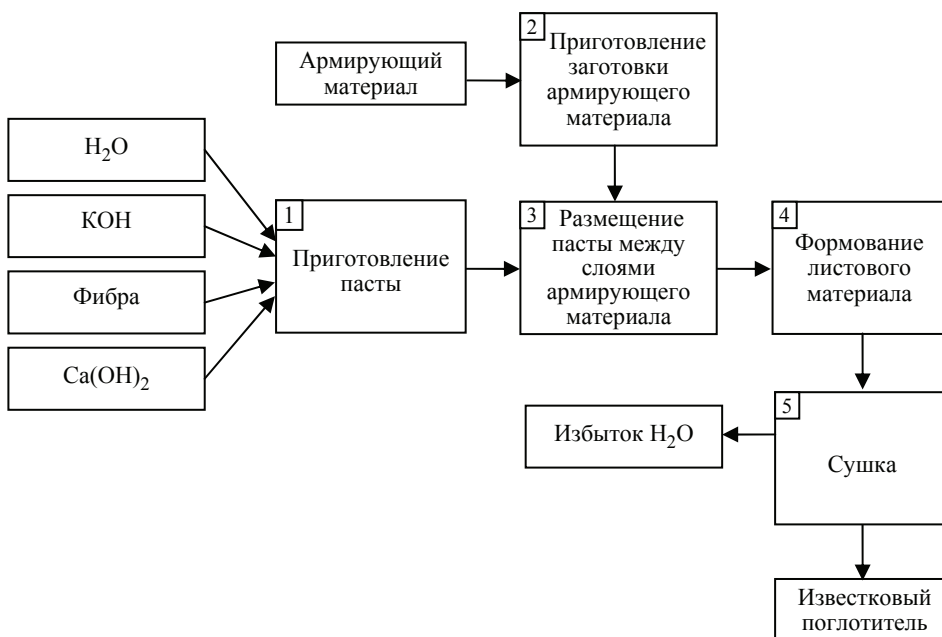


Рис. 1. Стадии получения известкового поглотителя с добавкой фибры

Далее исследовали физико-химические свойства и активность по отношению к CO_2 полученных образцов. Структура среза образца поглотителя, модифицированного фиброй в количестве 0,5 % масс., представлена на микрофотографии (рис. 2), где видны каналы вблизи волокна диаметром около 8 мкм. Наличие дополнительных каналов может способствовать увеличению газопроницаемости и активности по отношению к CO_2 поглотителей.

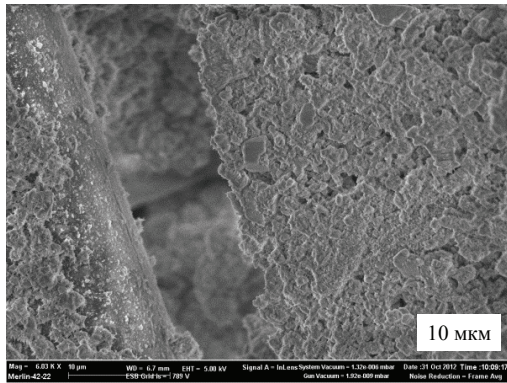


Рис. 2. Микрофотография листового известкового поглотителя с добавкой фибры

Химическую активность по отношению к CO_2 образцов известкового поглотителя с добавкой фибры исследовали в динамическом потоке газозвушной смеси (ГВС) при следующих условиях:

- объемный расход ГВС – $(7,0 \pm 0,3)$ дм³/мин;
- концентрация диоксида углерода в ГВС – $(4,0 \pm 0,2)$ % по объему;
- температура ГВС – (23 ± 1) °С;
- относительная влажность ГВС – (70 ± 10) %;
- диаметр динамической трубки – 39 мм;
- время испытания – 10, 20, 30 и 40 мин.

Лист поглотителя 1 размером 120×38 мм помещали в рамку из полимерного материала 2, которую закладывали в динамическую трубку, как показано на рис. 3. Масса образцов поглотителя для исследований составляла (10 ± 2) г, толщина $(1,9 \pm 2)$ мм.

Зависимость количества поглощенного CO_2 V_{CO_2} для образцов без добавки и с фиброй представлены на рис. 4.

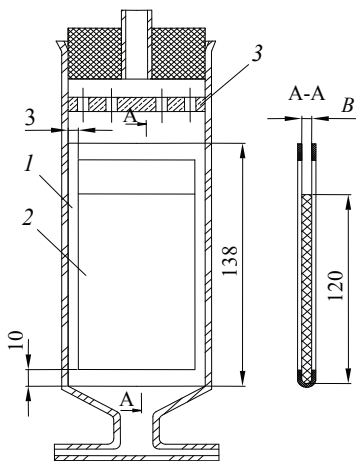


Рис. 3. Расположение поглотителя в динамической трубке:
1 – поглотитель; 2 – рамка;
3 – газораспределительная решетка; размеру B соответствует толщина хемосорбента

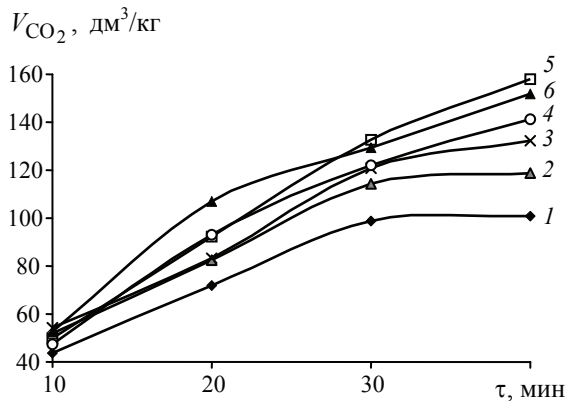


Рис. 4. Зависимость количества поглощенного CO_2 от времени испытания τ для образцов без добавки (1) и с различной массовой долей фибры в составе (2 – 6), %:
2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 1; 5 – 2; 6 – 2,5

При нахождении образцов в динамическом потоке ГВС в течение 10 мин количество поглощенного CO_2 для всех образцов с фиброй примерно одинаково и составляет в среднем $53,2 \text{ дм}^3/\text{кг}$. При времени эксперимента 20, 30 и 40 мин количество поглощенного CO_2 возрастает с увеличением содержания добавки в композиции: от $82,3$ до $107,0 \text{ дм}^3/\text{кг}$ (время эксперимента – 20 мин) при увеличении содержания фибры от $0,25$ до $2,5 \%$; от $114,2$ до $132,8 \text{ дм}^3/\text{кг}$ (время эксперимента – 30 мин) и от $118,6$ до $158,1 \text{ дм}^3/\text{кг}$ (время эксперимента – 40 мин) при увеличении содержания фибры от $0,25$ до 2% . Для образцов, содержащих $2,5 \%$ фибры в композиции, количество поглощенного CO_2 за 30 и 40 мин эксперимента меньше, чем для образцов, содержащих 2% фибры. Поэтому нецелесообразно вводить фибру в количестве более 2% .

Количество поглощенного CO_2 за время эксперимента в течение 10 мин для образцов с фиброй в среднем на 22% больше, чем для образцов без добавки; 20 мин – на $14,6 - 49 \%$; 30 мин – на $15,7 - 34,5 \%$; 40 мин – на $17,5 - 56,7 \%$.

Исследование химической активности по отношению к диоксиду углерода в статических условиях проводили в герметичной камере объемом $(24 \pm 2,5) \text{ м}^3$, куда подавался CO_2 расходом $(29,5 \pm 1,5) \text{ дм}^3/\text{ч}$. Испытания проводили в камере при влажности $(65 \pm 5) \%$, температуре $-(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 8 ч. Для проведения исследования образцы листового известкового поглотителя без добавки размером $(500 \times 170) \text{ мм}$, толщиной $(1,9 \pm 2) \text{ мм}$, массой $(190 \pm 10) \text{ г}$ количеством 7–8 шт. размещали в камере (кривая 1 на рис. 5). В течение эксперимента каждые 5 мин регистрировали концентрацию CO_2 c_{CO_2} в камере. Аналогично проводили исследование образцов, содержащих $0,5 \%$ фибры (кривая 2 на рис. 5).

Кривые концентрации на рис. 5 имеют схожий вид. Минимальная концентрация CO_2 в камере наблюдается в промежуток времени 220...270 мин от начала эксперимента и составляет $0,42 - 0,43 \%$. При этом количество поглощенного CO_2 (V_{CO_2} , $\text{дм}^3/\text{кг}$), рассчитанного по уравнению (1) за 8 ч эксперимента примерно одинаково и составляет $178,8 \text{ дм}^3/\text{кг}$ для образцов без добавки и $181,4 \text{ дм}^3/\text{кг}$ для образцов с $0,5 \%$ фибры

$$V_{\text{CO}_2} = \sum \left(V_i - \frac{c_i - c_{i-1}}{100} V_k \right), \quad (1)$$

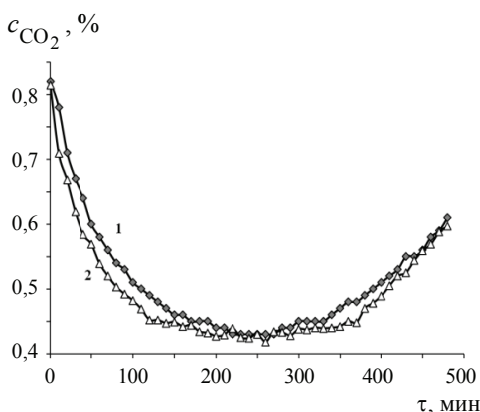


Рис. 5. Кривые концентрации CO_2 в камере:

1 – для образцов без добавки;
2 – для образцов с фиброй в количестве $0,5 \%$

где V_i – количество поданного CO_2 за i -й промежуток времени, дм^3 ; c_i – концентрация CO_2 в камере в i -й промежуток времени, $\%$; V_k – объем камеры, дм^3 .

Таким образом, при испытании в герметично замкнутой камере в течение 8 ч известкового поглотителя в форме листа наличие добавки фибры в композиции не снижает хемосорбционную активность по отношению к CO_2 , при этом уменьшая количество пыли и порошка $\text{Ca}(\text{OH})_2$, осыпавшегося с поглотителя во время испытаний с $15 - 20 \text{ г}$ для образца без добавки до $3 - 5 \text{ г}$ для образца с добавкой, то есть в $4 - 5$ раз.

Выводы

1. Показана принципиальная возможность использования полипропиленового фиброволокна в составе листовых известковых поглотителей для увеличения химической активности по отношению к CO₂ и уменьшения пылеобразования при использовании.

2. Разработан способ введения фибры в известковый поглотитель на стадии приготовления пасты.

Работа выполнена в рамках программы «Новые принципы создания средств регенерации воздуха систем коллективной защиты промышленного персонала и гражданского населения на основе наноструктурированных хемосорбентов» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания (Техническое задание от 07.02.2013 г. № 10.117.2011).

Список литературы

1. Известковые поглотители нового поколения / Н.Ф. Гладышев [и др.]. – М. : Спектр, 2012. – 135 с.

2. Получение известкового хемосорбента в форме листа и его вторичное использование / Н.Ф. Гладышев [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 936 – 942.

3. Новый подход к регенерации воздуха в герметичных обитаемых объектах / Н.Ф. Гладышев [и др.] // Вопр. Современ. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2012. – Спец. вып. 39. – С. 159 – 165.

4. Вихляева, М. П. Аппаратурно-технологическое оформление производства известкового хемосорбента с улучшенными сорбционными свойствами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / М. П. Вихляева. – Тамбов, 2011. – 16 с.

5. ООО «Объединенные волокна» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : www.ofibra.ru. – Загл. с экрана.

6. Пат. 2245858 Российская Федерация, МПК С 04 В 28/02. Бетон, включающий органические волокна, диспергированные в цементном растворе (варианты) / М. Шейрези (FR), Ж. Дуга (FR), С. Буавен (FR), Ж. Оранж (FR), Л. Фруен (FR) ; патентообладатели: БУИГ (FR), ЛАФАРЖ (FR), РОДИА ШИМИ (FR). – № 2000131201/03 ; заявл. 12.05.99 ; опубл. 10.02.2005, Бюл. № 4. – 35 с.

Production and Examination of Properties of Lime Chemisorbent with Fiber

N. F. Gladyshev¹, T. V. Gladysheva¹, Yu. A. Suvorova^{1,2}, S. B. Putin¹,
S. I. Dvoretzky³, V. P. Tarov⁴

*Corporation “Roskhimzashchita” (1); suvorovaya@mail.ru;
Departments: “Technological Processes, Devices and Technosphere Safety” (2),
“Technologies and Equipment for Food and Chemical Production” (3),
“Technology and Methods of Nanoproduction” (4), TSTU (2)*

Key words and phrases: chemical activity to CO₂; lime chemisorbent; polypropylene fiber.

Abstract: The possibility of using of polypropylene fiber in the lime chemisorbent composition to improve its mechanical properties and chemical activity to CO₂ is shown in this article.

Erhalten und Forschung der Eigenschaften des kalkigen Absorbers mit der Fibrofaser

Zusammenfassung: Es ist die Möglichkeit der Nutzung der Polypropylenfibrofaser im Bestande von den kalkigen Blattabsorber für die Verbesserung ihrer mechanischen Charakteristiken und der chemischen Aktivität zu CO₂ vorgeführt.

Obtention et étude des propriétés de l'absorbant calcaire avec la fibre

Résumé: Est montrée la possibilité de l'emploi de la fibre de polypropylène dans la composition des absorbants calcaires en feuilles pour l'amélioration de leurs caractéristiques mécaniques et chimiques de l'activité pour CO₂.

Авторы: *Гладышев Николай Федорович* – кандидат химических наук, начальник отдела химии и новых химических технологий; *Гладышева Тамара Викторовна* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; *Суворова Юлия Александровна* – аспирант кафедры «Технологические процессы и аппараты», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; научный сотрудник, ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; *Путин Сергей Борисович* – кандидат технических наук, доктор экономических наук, первый заместитель генерального директора, заместитель генерального директора по научной работе и инновациям, ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; *Дворецкий Станислав Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», и.о. ректора ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; *Таров Владимир Петрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технология производства нанопродуктов», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Килимник Александр Борисович* – доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
