М. А. Салыхова, И. Ш. Абдуллин, И. П. Карасева,
Э. Н. Пухачева, Р. Х. Фатхутдинов, В. В. Уваев

ФИЛЬТРУЮЩЕ-СОРБИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ С ВНЕДРЕННЫМ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОМ

Ключевые слова: фильтрующе-сорбирующий материал, диоксид титана, диоксид кремния.

Исследована возможность создания материалов с внедренным фотокатализатором, обладающих высокой фотокаталитической активностью при УФ облучении. Разработанный фильтрующе-сорбирующий материал с внедренным фотокатализатором способен разлагать примеси вредных веществ под действием ультрафиолетового или солнечного света.

Keywords: filtering and sorption materials, titanium dioxide, silica.

The possibility of creating materials with embedded photocatalyst with high photocatalytic activity under UV irradiation. Designed filtering-sorbent material with embedded photocatalyst capable of degrading contaminants harmful substances under the action of ultraviolet light or sunlight.

В последние годы интенсивно развиваются исследования и разработка защитных материалов нового поколения и изделий из них с использованием наносистем. Наноразмерные неорганические оксиды могут использоваться для обеззараживания материалов, загрязненных опасными токсичными веществами, в том числе отравляющими веществами, а также для очистки воздуха от примесей паров и газов токсичных химических веществ. Создание материалов, обладающих способностью самоочищаться, не требуя применения специальных растворов для дегазации, способствует обеспечению экологической безопасности и является актуальной задачей.

Функционализация материалов наноразмерными оксидами металлов представляет интерес для многих исследовательских центров в мире. Наноразмерные оксиды металлов, такие как TiO_2 , ZnO , SnO_2 , MgO , ZrO_2 , принадлежат к группе соединений, обладающих свойствами электрической проводимости, ультрафиолетового (УФ) поглощения, фотоокисления. Наиболее часто в фотокаталитическом процессе используется диоксид титана TiO_2 как один из самых химически и термически стабильных и нетоксичных продуктов [1-4]. Многолетними исследованиями было убедительно доказано, что применяя фотокатализ можно разложить до полной или частичной минерализации целый ряд химических веществ.

Гетерогенное фотокаталитическое окисление является перспективным методом разложения органических загрязнителей. Большинство исследований ориентировано на применение в качестве фотокатализатора TiO_2 благодаря его высокой активности. Диоксид титана позволяет многие виды органических соединений эффективно разлагать, как в воздухе, так и в воде. Обычно диоксид титана, обладающий высокой фотокаталитической активностью, находится в порошковой форме, а для практического использования важно закрепить его на различных видах носителей без потери фотокаталитической активности. Имеются сообщения о методах получения покрытий с использованием

наноразмерного диоксида титана на керамических и стеклянных материалах, применяемых в строительстве. В помещениях, где стены покрыты материалами, содержащими наноразмерный диоксид титана, легко удаляется запах формальдегида, аммиака, сигарет.

Известно несколько методов осаждения TiO_2 на текстильных основах. Например, распыление частиц TiO_2 с использованием магнетронного излучения или пропитка текстильной основы составом, содержащим диоксид титана.

Важной задачей является закрепление фотокаталитически активного диоксида титана на поверхности материалов специального применения и создание на их основе средств индивидуальной защиты кожи как фильтрующего, так и изолирующего типа с улучшенными защитными свойствами и способностью к самоочистке (самодегазации). Такие материалы могут применяться в качестве самоочищающихся (самодегазирующихся) средств индивидуальной защиты, для очистки воздуха от примесей вредных веществ в медицинских учреждениях и учебных заведениях, или в качестве активного компонента для фотокаталитических фильтров.

Работы в этом направлении активно проводятся зарубежными учеными. Национальный текстильный центр США, в состав которого входят восемь университетов, в последние 2-3 года (2009-2011 г.г.) проводит работы по получению самоочищающихся волокон для создания защитных материалов. Были получены полиакрилонитрильные волокна, содержащие фотокаталитически активный диоксид титана и обладающие самоочищающимися свойствами [5].

Японскими учеными выполнялся проект по разработке «сухой» технологии разложения боевых отравляющих веществ с использованием фотокатализа. Была изучена кинетика и механизм фотокаталитического разложения паров отравляющих веществ и показана высокая эффективность этого процесса. Японские ученые также разработали материал с фотокаталитическим покрытием для защитной одежды, устойчивый к

стиранию и обеспечивающий «сухое» разложение отравляющих веществ.

Наше исследование было направлено на создание материалов с внедренным фотокатализатором, обладающих высокой фотокаталитической активностью при УФ облучении. В лаборатории ОАО «КазХимНИИ» разработана технология получения фильтрующе-сорбирующего материала с внедренным фотокатализатором – фотокаталитически активным диоксидом титана анатазной кристаллической структуры с размером частиц 10-15 нм. Слой катализатора формируется на поверхности текстильного материала по золь-гель технологии. В качестве фотокатализатора использовался кристаллический порошкообразный диоксид титана, полученный в Институте катализа им. Г.К. Бореского Сибирского отделения РАН. Для приготовления титан-силикатного комплекса (ТС-комплекса) порошкообразный диоксид титана предварительно переводили в водно-дисперсную систему. В качестве связующего использовали гидрозоль наноразмерного диоксида кремния (кремнезоль) [6]. Нанесение на ткань коллоидного диоксида кремния (кремнезема) уменьшает степень деструкции материала при длительном облучении УФ светом, т.е. нанодисперсный диоксид кремния является светостабилизатором [7].

Введение наноразмерного диоксида кремния повышает адсорбционные свойства ТС-комплекса за счет увеличения удельной поверхности катализатора.

Разработанный фильтрующе-сорбирующий материал с внедренным фотокатализатором способен разлагать примеси вредных веществ под действием ультрафиолетового или солнечного света. Фотокаталитическую активность ФСМ измеряли в реакции окисления газо-воздушной смеси органических веществ под действием УФ облучения по изменению концентрации ацетона, этилацетата, бензола, м-ксилола, аммиака в герметичной камере, испытания проводились в лаборатории «Корпорации «Росхимзащита».

Для определения фотокаталитической активности ФСМ и полученных образцов диоксида титана разработана методика, основанная на определении степени разложения (изменения концентрации) раствора индикатора метилового оранжевого в присутствии материала с внедренным фотокатализатором или образца диоксида титана при облучении УФ светом. Концентрацию раствора метилового оранжевого определяли путем измерения его оптической плотности на фотоэлектроколориметре.

Исследована возможность разложения паров 2,2¹-дихлордиэтилсульфида фильтрующе-сорбирующим материалом. Образцы материала были заражены 2,2¹-дихлордиэтилсульфидом в специальной камере. Содержание вещества на образцах составило 0,006 мг/см², затем часть образцов облучалась ультрафиолетовым светом, другая часть оставалась в темноте. Через каждые 15 мин определяли остаточное содержание вещества на образцах материала. Разложение паров 2,2¹-дихлордиэтилсульфида, адсорбированных фильтрующе-сорбирующим материалом, под действием УФ облучения без дополнительной обработки (дегазации) до уровня ниже ПДУ происходит за 60 мин.

Полученные результаты свидетельствуют, что при облучении УФ светом образцов фильтрующе-сорбирующего материала разложение паров 2,2¹-дихлор-диэтилсульфида происходит в 10 раз быстрее, чем в темноте. Фильтрующе-сорбирующий материал обеззараживает сорбированные на его поверхности высокотоксичные химические вещества без дополнительной обработки (дегазации), т.е. ФСМ обладает самодегазирующимися свойствами. Фильтрующе-сорбирующий материал может быть использован для изготовления специальной защитной одежды, для обеспечения жизнедеятельности человека в условиях замкнутых систем, для создания микроклимата в хранилищах и складских помещениях.

Литература

- 1 Seto Y. (2006) Analytical and on-site detection methods for chemical warfare agents. YAKUGAKU ZASSHI, 126, 1279-1299.
- 2 Seto Y. (2009) Development of technology of on-site decontamination for biological and chemical warfare agents. KAGAKU KOUGAKU, 73, 2-4
- 3 Seto Y. (2009) Decontamination of chemical and biological warfare agents. YAKUGAKU ZASSHI, 129, 53-69.
- 4 Gang Sun. (2010) Self-decontaminating Fiber Formation for Protective Material. Project of National Textile Center, No.C05-CR01.
- 5 Seto Y. (2011) Research and Development of On-site Decontamination System for Biological and Chemical Warfare Agents. J.of Health Science, 57(4) 311-333 (2011).
6. Мицеллярный синтез и свойства нанодисперсного диоксида кремния / Р.Г.Романова [и др.] // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2010. № 8. – С. 448-451.
7. Фотохимическая деструкция текстильных материалов / М.А.Саляхова [и др.] // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2013.т.16. № 17. – С. 92-93.