

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

**Аннотация.** Ультразвуковое воздействие оказывает влияние на структуру и свойства твердых тел, а также на скорость протекания реакций в жидкой фазе. Это обуславливает растущий интерес к вопросам прикладного применения ультразвука в химической промышленности. В частности, ультразвуковое облучение достаточно часто используют в процессах приготовления катализаторов.

В ультразвуковом диапазоне частот (выше 20 кГц) сравнительно легко получить направленное излучение и тем самым повысить интенсивность воздействия ультразвуковых колебаний в определенных зонах. Ультразвуковое воздействие может оказывать влияние на структуру и свойства твердых тел, а также на скорость протекания реакций в жидкой фазе. Скорость протекания гетерогенных процессов в зависимости от условий может быть лимитирована величиной поверхности соприкосновения реагирующих компонентов. В тоже время ультразвуковые колебания обеспечивают сверхтонкое диспергирование, увеличивая площадь межфазной поверхности [1].

Анализ литературных данных показал, что исследования влияния ультразвука на процесс приготовления катализаторов из оксидов металлов представляет большой интерес [2]. Так, смешанные оксидные катализаторы Cr-Mo и Cr-Fe были приготовлены с помощью ультразвуковой обработки и исследованы в реакциях окисления метанола в формальдегид [3,4]. Катализаторы на основе CuO, приготовленные с помощью ультразвука, были протестированы на системах снижения выбросов NO<sub>x</sub> [5]. Показано, что оксиды на основе соединений металлов с переменным состоянием окисления обладают высокой каталитической активностью в процессах полного окисления летучих органических соединений, которые протекают при температурах 100–250 °С [6]. Использование предварительного ультразвукового воздействия оказывает существенное влияние и на термическую стабильность целевого оксидного материала.

Парофазное окисление ряда органических соединений (изобутилена, метанола и этанола) с применением оксидных

катализаторов Fe-Te-Mo и Cs-Pb-Mo, подвергнутых ультразвуковой активации [7], приводит к умеренному увеличению удельной поверхности и каталитической активности катализатора, при этом наблюдается снижение селективности образования продуктов.

Опубликован ряд работ по сонохимическому синтезу и каталитическим свойствам оксидов металлов. Ультразвуковая обработка мезопористых оксидов кобальта, никеля и железа производилась на воздухе [8, 9]. После экстракции растворителем были получены катализаторы с большой удельной поверхностью ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 274; Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – 72,83; NiO – 39,84 м<sup>2</sup>/г). Наибольшая конверсия циклогексана в циклогексанон и циклогексанол составила около 40% в присутствии сонохимически полученного Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Сале-Демесси и его коллеги разработали способ селективного окисления углеводородов с использованием VPO-катализатора, содержащего смешанные оксиды ванадия и фосфора, которые были получены с помощью ультразвукового воздействия [10].

Разработан катализатор окисления CO, содержащий пористый оксидный носитель и металлы платиновой группы в качестве активного компонента. Способ получения такого катализатора заключается в том, что носитель пропитывают водной суспензией наноалмаза с закрепленными на нем кластерами каталитически активного металла платиновой группы и подвергают ультразвуковой обработке при температуре 50-80 °С в течение 30-60 мин и затем высушивают при температуре 100-150 °С. Полученный катализатор обладает высокой эффективностью в процессе конверсии монооксида углерода в углекислый газ в воздухе при температурах от 0 до 50 °С и диапазоне концентраций CO от 1 до 1000 ppm [11].

Действие ультразвукового воздействия в процессе приготовления гетерогенных катализаторов оказывает влияние как на диспергирование частиц, так и, при определенных условиях, на повышение активности катализаторов.

Работа представлена в рамках выполнения государственного задания «Катализ в нефтепереработке и нефтегазохимии», соглашение № 075-00315-20-01 от 04.06.2020 г.

### **Список использованных источников**

1. Дашинамжилова Эльвира Цыреторовна. Применение ультразвука при синтезе железоалюмосиликатного катализатора // Вестник БГУ. Химия. Физика. 2013. №3

2. С. К. Эмерсон, К. Ф. Кут, Х. Боут III, Дж. К. Тафтс, Р. ЛаРок, В. Р. Мозер. // Исследования в области наук о поверхности и катализе, 1998, том 118, стр. 773-785.

3. Т.С. Попов, Д.Г. Клисурский, К.И. Иванов. Ю. Пешева. // Исследования в области наук о поверхности и катализе, 1987, том 31, стр. 191.

4. А. А. Роменский, И.В. Попик, А. И. Лобойко, В.И. Астрошенко // Химические технологии, Киев, 1985, стр 3-23.

5. Бенничи С., Гервасини А., Лаццарин М., Рагайни В. // Ультразвуковая сонохимия, 2005, том 12, стр. 307-312.

6. Романовский Борис Васильевич, Маерле Ангелина Александровна, Каракулина Алёна Александровна, Московская Ирина Федоровна Стимулированный ультразвуком синтез наноструктурированных оксидов переходных металлов // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2017. №1

7. Е.Н. Мокрый, В.Л. Старчевский // Продвинутая сонохимия, 1993, том 3, стр. 257.

8. Д. Н. Шривастава, Н. Перкас, А. Геданкен, И. Фельнер // Журнал физической химии Б, 2002, том 106, стр. 1878-1883.

9. Д. Н. Шривастава, Н. Перкас, Г. А. Сейсенбаева, Ю. Колтыпин, В. Г. Кесслер, А. Геданкен // Ультразвуковая сонохимия 2003 том 10, стр. 1-9.

10. У. Р. Пиллаи, Э. Сале-Демесси, Р. С. Варма // Прикладной катализ А, 2003, том 252, стр. 1-8.

11. Катализатор для окисления монооксида углерода и способ его получения // Патент RU2411993C1 // Вершинин Н.Н., Ефимов О.Н., Бакаев В.А.