

УДК 66.097.5

РАЗРАБОТКА НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Кириянова А.А., студент гр. ИХБ-241, II курс, Ушакова Е.С., к.т.н., доцент

Научный руководитель: Ушаков А.Г., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Аннотация: в данной работе рассмотрена экологическая проблема угледобывающих промышленности – утилизация угольных отходов, решением которой может стать получение синтез-газа. Изучен процесс получения носителей катализаторов из силикатов щелочных металлов для проведения реакции Фишера-Тропша.

Ключевые слова: носители катализаторов, угольные отходы, силикаты щелочных металлов.

Отходы угольной промышленности являются одной из главных проблем угледобывающей промышленности Российской Федерации. Количество угольных отходов на территории Российской Федерации превышает 85 млрд т твердых отходов, а ежегодный прирост составляет около 2,6 млрд т [1].

С одной стороны, угольные отходы представляют собой ценное сырье для получения разного вида энергии, с другой – источник загрязнения окружающей среды. Шламонакопители занимают большие по площади пространства, выводят земли из хозяйственного оборота.

Одним из действующих способов утилизации отходов обогащения угля является процесс синтеза Фишера-Тропша, который не получает широкого распространения из-за значительной дороговизны в связи с экспортом используемых носителей и катализаторов: цеолита, оксида алюминия, диоксида титана, оксида кремния и углеродистых материалов для железных и кобальтовых катализаторов [2]. Процесс возможно удешевить за счет производства российских силикатных носителей катализаторов, попутно используя кобальтовые катализаторы с российских месторождений.

К носителям катализаторов предъявляют определенные требования, для обеспечения соблюдения их качества. Носители катализаторов должны быть химически инертны, иметь механическую прочность, стабильность в условиях реакций, большую удельную поверхность, пористость, высокую теплопроводность, быть доступным и относительно недорогими [3].

Цель работы: получение носителей катализаторов из силикатов щелочных металлов в лабораторных условиях для использования в каталитических реакциях.

В роли основного вещества для получения носителей может применяться раствор силиката калия или более доступный и распространенный силикат натрия (табл. 1) [4].

Таблица 1

Физические характеристики силикатов щелочных металлов

№	Показатель	Значение	
		Силикат натрия	Силикат калия
1	Вид щелочного катиона	Na ⁺	K ⁺
2	Силикатный модуль	2,0-3,5	2,8-4,0
3	Массовая доля двуокиси кремния, %	26,93	18,205
5	Плотность, г/см ³	1,3-1,6	1,25-1,40
6	Вязкость, сП	1,815-2,566	1,815-4,708

Процесс получения носителей катализаторов из жидких силикатов состоит из нескольких стадий:

1. Приготовление однородной смеси (силикат + добавки). В качестве добавок применяют смесь, содержащую формообразователи и стабилизаторы, рецептуры, охраняемой в качестве ноу-хау;
2. Гранулирование и выдерживание в растворе отвердителя до получения необходимой прочности гранул;
3. Сушка в сушильном шкафу;
4. Термообработка в муфельной печи.

Для получения образцов гранул, в исходную смесь вводили добавки в количествах от 1% до 16% (рис.). Максимальное количество добавок определялось пределом вязкости: с увеличением содержания добавок смесь раствора силиката и добавок становилась гуще и постепенно перестает принимать шарообразную форму при гранулировании. При содержании добавок в количестве 16% гранулы принимали только каплеобразную форму, становясь менее стабильными к механическому воздействию.

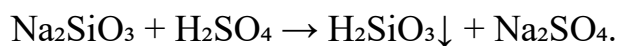
У полученных в ходе эксперимента гранул носителя впоследствии определяли устойчивость в различных средах: кислой, нейтральной и щелочной.

Для определения устойчивости носителя воздушно-сухие гранулы носителя известной массы помещали в воду, в растворы 5% NaOH и 5% H₂SO₄ и выдерживали в течение двух суток и отмечали наблюдаемые внешние изменения (табл. 2).

Из таблицы можно заметить, что в кислой среде носители с любым содержанием добавок устойчивы; наибольшую прочность в водной и щелочной среде имеют гранулы с содержанием добавок 4-16%.

Устойчивость гранул в кислой среде связана со свойствами кремниевой кислоты, которая образуется на поверхности гранулы под действием сильных кислот в виде плотного геля. Образованная кремниевая кислота запечатывает

поры и поверхность гранулы.



а



б

Рис. Внешний вид гранул носителя: а - содержание добавок 1%; б - содержание примесей 16%

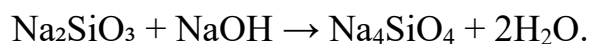
Таблица 2

Устойчивость силикатных носителей в различных средах

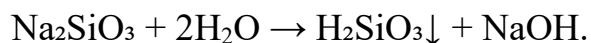
№ образца	Добавка, %	Время выдерживания*, час								
		NaOH			H ₂ SO ₄			H ₂ O		
		1	24	48	1	24	48	1	24	48
1.	1	Сломан	-	-	✓	✓	✓	✓	Сломан	-
2.	2	Сломан	-	-	✓	✓	✓	✓	Сломан	-
3.	3	Сломан	-	-	✓	✓	✓	✓	Сломан	-
4.	4	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.	5	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6.	6	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.	7	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8.	8	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9.	10	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.	13	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.	16	✓	Сломан	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Примечание: ✓ – сохранили целостность; Сломан – разрушились; – не рассматривали

В растворах сильных щелочей силикат натрия становится растворимым, и гранулы разрушаются. Щелочь может также разрушить модифицирующие добавки, используемые в грануле.



При растворении в воде силикат натрия частично гидролизуетсся с образованием коллоидного раствора кремневой кислоты и щелочных гидроксидов – происходит медленная гидратация, набухание и вымывание растворимых компонентов.



Таким образом, в случае использования носителя катализатора в кислой среде значение количества добавок не будет влиять на его устойчивость; в щелочной и нейтральной среде содержание добавок от 4% повышает устойчивость гранул.

В ходе дальнейших исследований стоит определить устойчивость носителя в различных средах при температурах до 700°C, так как при нагревании могут произойти изменения в процессах между носителем и средой, а значит изменится и устойчивость гранул.

Список литературы:

1. Пугин К.Г. Промышленная экология. Утилизация крупнотоннажных отходов производства: учеб. Пособие. – Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2016. – 96 с.
2. Соромотин В. Н. Дезактивация Co-Al₂O₃/SiO₂ катализаторов синтеза Фишера-Тропша: причины и следствия : дис. ... канд. хим. наук : 1.4.14 / Соромотин Виталий Николаевич. – Москва, 2023. – 128 с.
3. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2026. – 916 с.
4. Физические свойства силикатных материалов [Таблица] / S. He, M. Zhang, W. Wang, Y. Ding, W. Li, Z. Guo, J. Li, Z. Wang // Materials. – 2025. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11766698/>.