**Углекислотный риформинг этанола на катализаторах Ni/Al2O3-(Zr+Ce)O2: влияние отношения Al/Zr на природу и активность наночастиц никеля**

***Фионов Ю.А.1, Хлусова К.С.1, Фионов А.В.2, Жукова А.И.1***

*Аспирант, 2 год обучения*

*1Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия*

*2Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*Химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail:* *fionovyuri@gmail.com*

Концентрация углекислого газа в атмосфере постепенно увеличивается, поэтому необходимо разработать эффективные методы для его утилизации. Одним из перспективных процессов, отвечающим принципам зеленой химии является углекислотная конверсия этанола (УКЭ) с использованием металл-нанесенных катализаторов. Никель-нанесенные системы являются одними из наиболее перспективных и дешёвых катализаторов для процессов углекислотной конверсии. Однако, крупные наночастицы Ni0 с низким взаимодействием с оксидным носителем легко дезактивируются [1].

Таким образом, получение наноразмерных частиц Ni0 для реакции углекислотной конверсии является важным этапом приготовления катализатора. Наиболее простой метод получения наночастиц Ni0 является восстановление в потоке H2 из оксидного прекурсора. Исследования показывают, что восстановление Al-содержащих оксидных носителей, имеющих в составе NiAl2O4, приводит к образованию наноразмерных частиц никеля [2]. Также, известно, что металл-нанесенные оксидные системы ZrO2-CeO2 обладают активностью в реакции УКЭ [3].

В данной работе было изучено влияние отношения Al/Zr на размер и каталитическую стабильность частиц Ni0 в реакции углекислотной конверсии этанола. Приготовление образцов проводилось в несколько этапов. Сначала, методом соосаждения с помощью водного раствора NH3, был получен осадок, содержащий рассчитанное количество Al, Zr, Ce. Затем, этот осадок был просушен при 180oC и пропитан раствором Ni(NO3)2 в течение 100 часов. После этого, образец прокаливали при 950oC в течение 2 часов (температура нагрева - 15o в мин), охлаждали и восстанавливали при нагревании в потоке 5% H2/Ar при нагреве до 900oC со скоростью нагрева 10oC в мин. Таким образом, была приготовлена серия образцов 10 вес. % Ni/xAl2O3-(100-x)(Zr+Ce)O2 с x = 5, 20, 50 и 75 (обозначенных как Ni/xACZ). Образцы с различным отношением Al/Zr были охарактеризованы методами РФА, ФМР, ПЭМ, H2-ТПВ, абсорбционной и Рамановской спектроскопии.

Проверка стабильности образцов в реакции УКЭ проводилась в U-образном реакторе при температуре 650oC с соотношении CO2:EtOH 1,8:1 в течение 7 часов. Увеличение соотношения Al/Zr способствует к уменьшению размера частиц Ni и увеличения взаимодействия никеля с оксидным носителем. Небольшой размер частиц никеля на Al-обогащенных (x = 50, 75 мол. %) образцах показывают более высокую активность в реакции УКЭ. Тогда как крупный размер частиц в Zr-обогащенных образцах (содержание Al2O3 x = 5, 20 мол. %) способствует их активной зауглероживаемости графитированным углеродом и дезактивации. Самый активный образец Ni/50ACZ показал постоянную на протяжении 7 часов УКЭ активность с выходами целевых продуктов: 76,8 % для H2 и 78,3 % для CO. Конверсии CO2 и EtOH на этом образце составляли 63 и 100 %.

*Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-29-00369)*

**Литература**

1. Ruckenstein E. и др. Carbon Deposition and Catalytic Deactivation during CO2 Reforming of CH4 over Co/γ-Al2O3 Catalysts // J. Catal. 2002. №. 293. С. 289-293.

2. Zhou L. и др. Effect of NiAl2O4 Formation on Ni/Al2O3 Stability during Dry Reforming of Methane // ChemCatChem. 2015. №. 7. С. 2508-2516.

3. Cao D. и др. Cu based catalysts for syngas production from ethanol dry reforming: Effect of oxide supports // Fuel. 2018. №. 219. С. 406-416.