

Таблица 2. Характеристики образцов

Крупнопористая подложка			
Температура спекания, °С	1200	1225	1250
Прочность при сжатии, МПа	27,5	32,6	39,9
Пористость, %	35,3	30,4	29,2
Объемная усадка, %	11,9	12,1	15,3
Селективный слой			
Температура спекания, °С	930	950	970
Прочность при сжатии, МПа	18,1	19,4	22,1
Пористость, %	45,3	42,8	39,1
Объемная усадка, %	10,2	14,6	16,1

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют перспективности разрабатываемых пористых проницаемых материалов.

УДК 621.762.4

Евтухова Т.Е.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМ Al-Cu, Al-Cu-Fe В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Самыми активными и стабильными являются катализаторы на основе металлов платиновой группы. Однако, они весьма дороги. Поэтому наиболее часто в качестве носителей катализатора применяют оксиды алюминия, магния, калия.

При гетерогенном катализе реакция протекает на поверхности раздела веществ, находящихся в различных агрегатных состояниях, то есть, на контактной поверхности носителя катализатора. Поэто-

му, активность катализатора определяется его строением, величиной удельной поверхности и пористости, термической стабильностью и механическими свойствами. В результате основной задачей повышения эффективности катализаторов является получение структуры материала с максимально развитой поверхностью при обеспечении доступа реагентов к ней.

Порошки Al-Cu, Al-Cu-Fe, получали из смеси пигментной алюминиевой пудры марки ПАП-2, порошка меди марки ПМС-1 и порошка железа производства PANREAC методом механохимической активации (МА) в высокоэнергетической шаровой мельнице типа АПФ. Длительность МА составляла 3-12 минут. Использовали МА порошки составов Cu-Al (87–13 мас.%), Al-Cu-Fe (20-56-24 мас.%). Испытания каталитической активности катализаторов в виде гранул (таблеток), полученных в процессе гидратационного твердения (ГТ) проводили в реакции паровой конверсии монооксида углерода.

Для сравнения использовали промышленный катализатор ИК-4-25 на основе смешанных оксидов меди, цинка и алюминия [1]. Катализатор ИК-4-25 изготавливают в виде цилиндров диаметром 5 и высотой 5 мм, что соответствует размерам и форме полученных таблеток и, таким образом, исключает влияние масштабного и геометрического факторов в процессе исследования. Катализатор ИК-4-25 имеет следующие характеристики: удельная поверхность – до  $120 \text{ м}^2/\text{г}$ , объем нанопор – до  $0,25 \text{ см}^3/\text{г}$ , объем макропор – менее  $0,001 \text{ см}^3/\text{г}$ , прочность на сжатие –  $8,0 \text{ МПа}$ . Сравнимый композиционный материал, полученный из Al (13 мас.%) – Cu, при удельной поверхности ( $10,4\text{--}22,6 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и объема нанопор ( $0,02\text{--}0,037 \text{ см}^3/\text{г}$ ) имел больший объем макропор ( $0,04\text{--}0,07 \text{ см}^3/\text{г}$ ) при соизмеримой прочности.

Активность катализатора, полученного в процессе ГТ из МА алюмосодержащих порошков на единицу массы оказалась ниже, чем у промышленного оксидного катализатора ИК-4-25 [2] (рисунок 1). При этом на единицу поверхности активность экспериментального образца благодаря высокой концентрации активных центров показала в 1,5 – 2,5 раза превышающие значения. Композиционный материал системы CuAl продемонстрировал более высокую активность по сравнению с материалом системы AlCuFe.

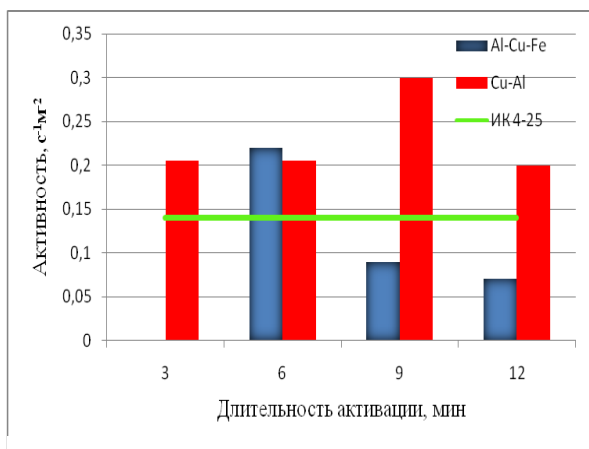


Рис. 1. Удельная каталитическая активность гранул из МА порошков

К сожалению, активность единицы объема катализатора в виде гранул не имеет определяющего значения для производительности реальных процессов гетерогенного катализа. Это обусловлено низкой проницаемостью материала (как правило, не более  $20 \times 10^{-13} \text{ м}^2$ ). Поэтому задействованным в реакции оказывается лишь поверхностный слой гранулы. Известно, что увеличение активности катализатора в 5–8 раз может быть обеспечено переходом к бидисперсным структурам [3]. Одним из способов повышения эффективности работы катализатора при сокращении объема каталитического материала может быть изготовление его в виде слоя, интегрированного с пористой подложкой. Исследования каталитических свойств материалов на основе CuAl, нанесенных на пористую титановую подложку, показали возможность увеличить активность катализатора. Это можно объяснить более интенсивной циркуляцией газов в контакте с каталитическим слоем, когда сопротивление титановой подложки минимально, а в реакции принимает участие весь слой CuAl композиционного материала.

Прочность на сжатие гранул керамического катализатора и катализатора из CuAl составляет 6–8 МПа, а прочность титанового пористого тела составляет 70–80 МПа. Слой катализатора оказывается

заклученным в поверхностном слое пористого титана, что позволяет повысить прочность материала катализатора в целом, и, следовательно, ужесточить режимы гетерогенного катализа (реакций парциального окисления метана, паровой конверсии СО и сжигания топлив) благодаря повышению устойчивости катализаторов к истиранию в 1,8–1,9 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tikhov, S.F. Design of micro-shell Cu–Al porous ceramometals as catalysts for the water–gas shift reaction / S.F Tikhov [et al.]. // RSC Adv. – 2017. – Vol. 7, № 67. – P. 42443–42454.

2. Получение Cu/Zn/Al – катализаторов формиатным способом: пат. 2372 987(13) С2 РФ, МПК В01J23/80, В01J21/04, В01J37/03, С01В3/16, С01В3/32, С07С29/154 / З. Полир, М. Хике, Д. Хинце, патентообладатель Зюд-Хеми Аг. – № 2007144577/04; Заявл. 02.05.2006; Оpubл. 20.11.2009 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, товарным знакам, патентам. – 2009.

3. Боресков, Г.К. Пористая структура катализаторов и процессы переноса в гетерогенном катализе / Г.К. Боресков // Новосибирск: Наука, 1970. – С. 5–15.

УДК 621.24

Комаровская В.М., Бельтюков А.В.

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

В данной работе приведены этапы проектирования технологической оснастки для формирования оптических покрытий на линзы плоской формы, которая за счет планетарного вращения изделий и подвода ВЧ-смещения напряжения позволит получать покрытия с высокой плотностью, адгезией, микротвердостью и равномерностью толщины покрытия. Исходя из формы и габаритов изделия проектируем держатель изделия, который будет устанавливаться в купол. Отверстие, в которое будет помещаться изделие должно