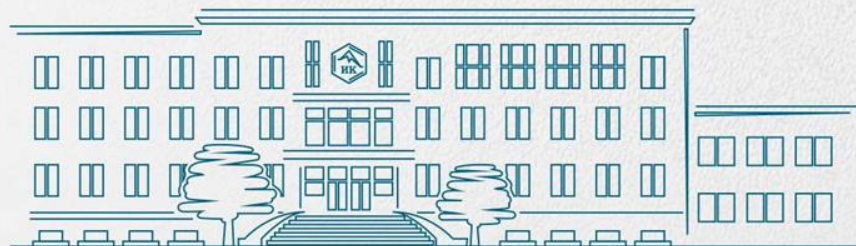




ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА
им. Г.К. БОРЕСКОВА

КЕРАМОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ - НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ СО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В КОМПАКТНЫХ РЕАКТОРАХ

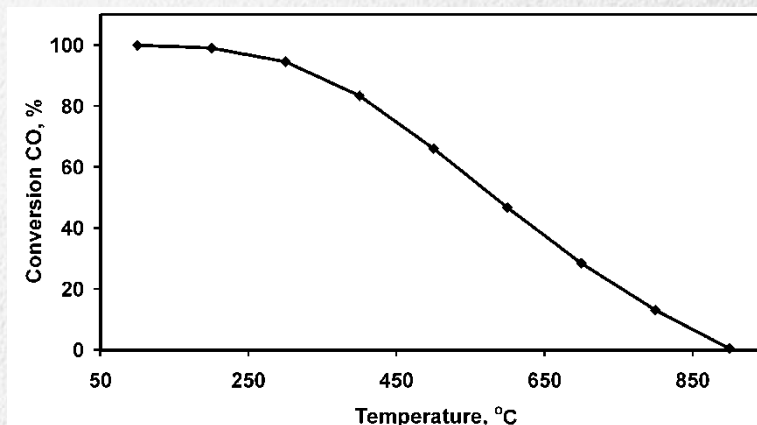
С.Ф. Тихов, Т.П. Минюкова, К.Р. Валеев, В.А. Садыков



Россия, г.Новосибирск, пр.
М.А.Лаврентьева, 5, 630090
E-mail: tikhov@catalysis.ru

Томск, 2020

Реакция низкотемпературной паровой конверсии СО (НТПК)



Зависимость равновесной конверсии СО от температуры

Основные задачи стадии низкотемпературной конверсии СО:

1. Увеличение активности единицы объёма катализатора
2. Реализация оптимального температурного профиля в слое катализатора для достижения максимальной степени превращения СО

Основные требования, предъявляемые к катализаторам НТПК

Высокая активность единицы объема реактора для снижения его размеров

Увеличение активности единицы массы, через увеличение удельной активности, насыпной плотности, снижение внутридиффузионного торможения гранул.

Высокая теплопроводность каталитического слоя.

Использование металлов в качестве компонентов носителей .

Для смеси состава 74%N₂,12%CO, 10.9%CO₂, 2.2% CH₄; 6700 час⁻¹, пар:газ=0.5) требуется :

5 кВт мощности топливного элемента– 0.24 л оксидного катализатора Cu-Zn-Zr → 0.85%CO_{выход}

50 кВт мощности топливного элемента -12 л оксидного Cu-Zn-Zr → 1%CO_{выход}

Для использования водорода в топливных элементах требуется сверхнизкая концентрация CO - около 10 ppm

Типичный оксидный CuZnAl катализатор НТПК

- Катализатор ИК-4-25 (Патент РФ 2046656)
- Синтез: соосаждение с последующей термообработкой смешанных гидроксокарбонатов при 250-450°C, таблетирование
- Состав: $\text{Cu}_{0,30-0,33}\text{Zn}_{0,06-0,08}\text{Al}^{+3}_{0,59-0,64}\text{O}_n / \text{Cu}_{0,30-0,55}\text{Zn}_{0,30-0,62}\text{Al}^{+3}_{0,08-0,15}\text{O}_n$



Высота ~ 5 мм, диаметр ~5 мм
Плотность ~2 г/см³
Плотность слоя 1,1 – 1,3 г/см³
Прочность ~3 МПа
Удельная поверхность 120 м²/г

Проблемы: низкая активность единицы объема (низкая плотность, высокая внутренняя диффузия), низкая теплопроводность

Керамометаллы Общая информация

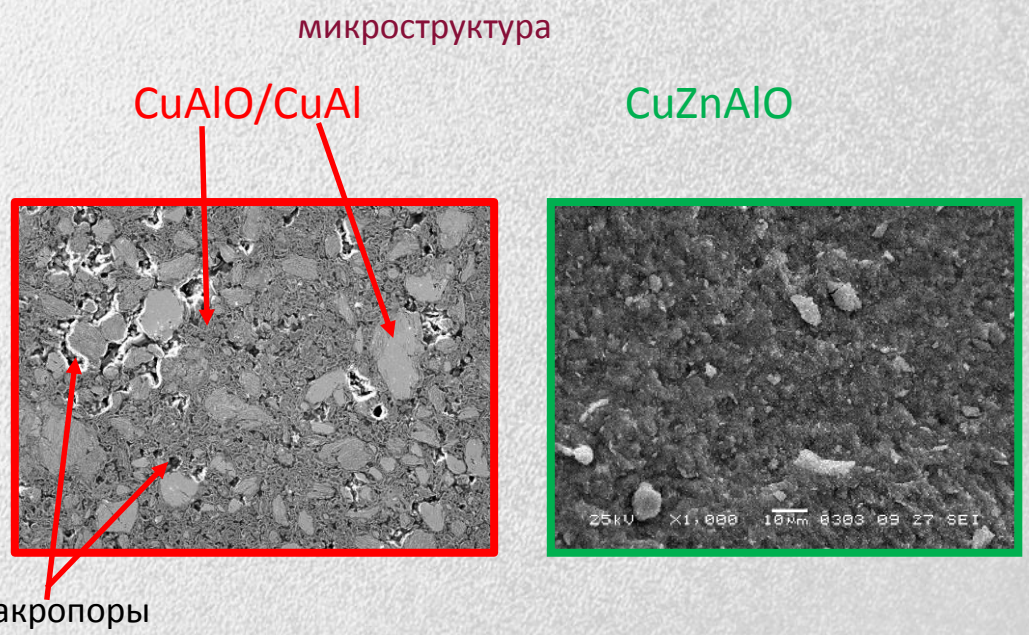
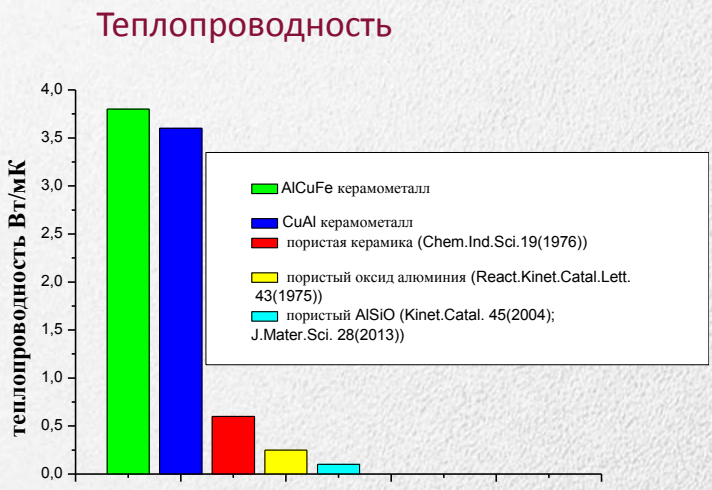
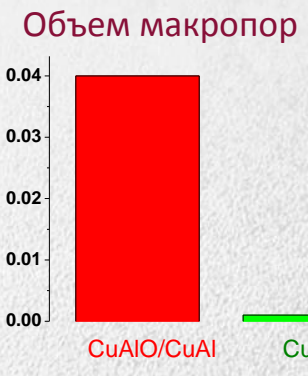
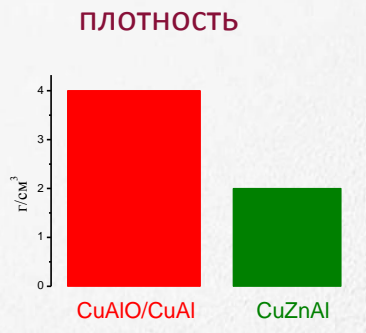
- Используются в качестве конструкционных материалов, фильтрующих элементов, носителей катализаторов и мембран
- Совмещают свойства керамики (твёрдость, прочность, инертность) и металла (пластичность, тепло- и электропроводность)

Основные стадии синтеза керамометаллов:



Catal. Today. 2015. Vol. 246. P. 232–238.

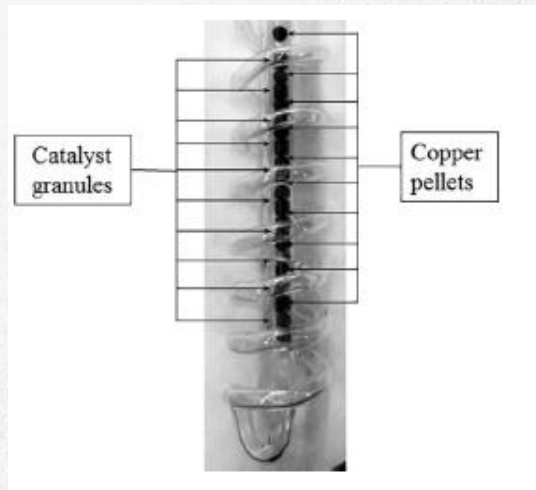
Сопоставление свойств керамометаллического и оксидного катализаторов



Металлические включения обеспечивают высокую плотность и теплопроводность керамометаллов при развитой макропористой структуре

Лабораторные испытания гранулированных катализаторов в реакторе Темкина

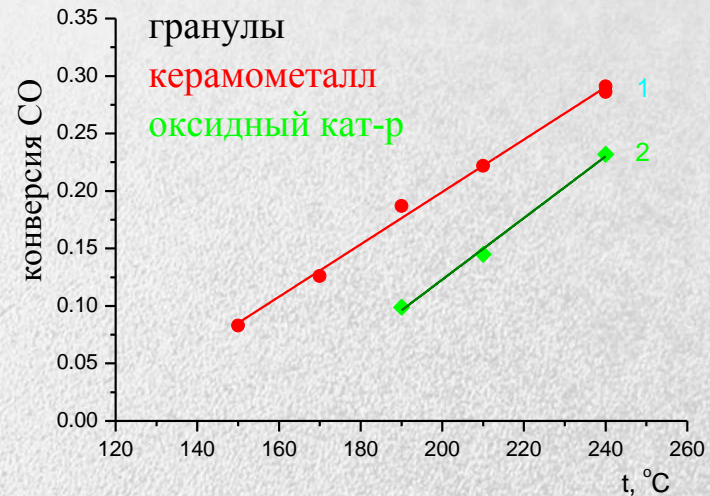
$\text{CO}:\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2 = 8:42:50$; $V_{\text{реактора}} = \text{const}$;



CuAlO/CuAl



CuZnAlO



- Зависимость степени превращения от температуры в реакции паровой конверсии CO (10 гранул): 1 – керамометалл (CuAlO/CuAl 1.38 г, гранулы 3x3x5 мм); 2 – оксидный катализатор ИК-4-25 (CuZnAl 2.24 г, гранулы 5x5 мм); объемная скорость = 9200 час^{-1} , 0.1 МПа

- Высокая плотность, развитая макропористая система обеспечивают высокую активность керамометаллических катализаторов.

Керамометаллы сложных форм



Керамометаллы можно изготавливать в виде сложных форм, интегрировать с металлическими конструкциями



- Таким образом керамометаллические катализаторы обладают высокой активностью единицы объема, высокой теплопроводностью, что позволяет проводить процесс паровой конверсии СО с высокой эффективностью и облегчает стадию последующей глубокой очистки водородсодержащего газа от СО.