

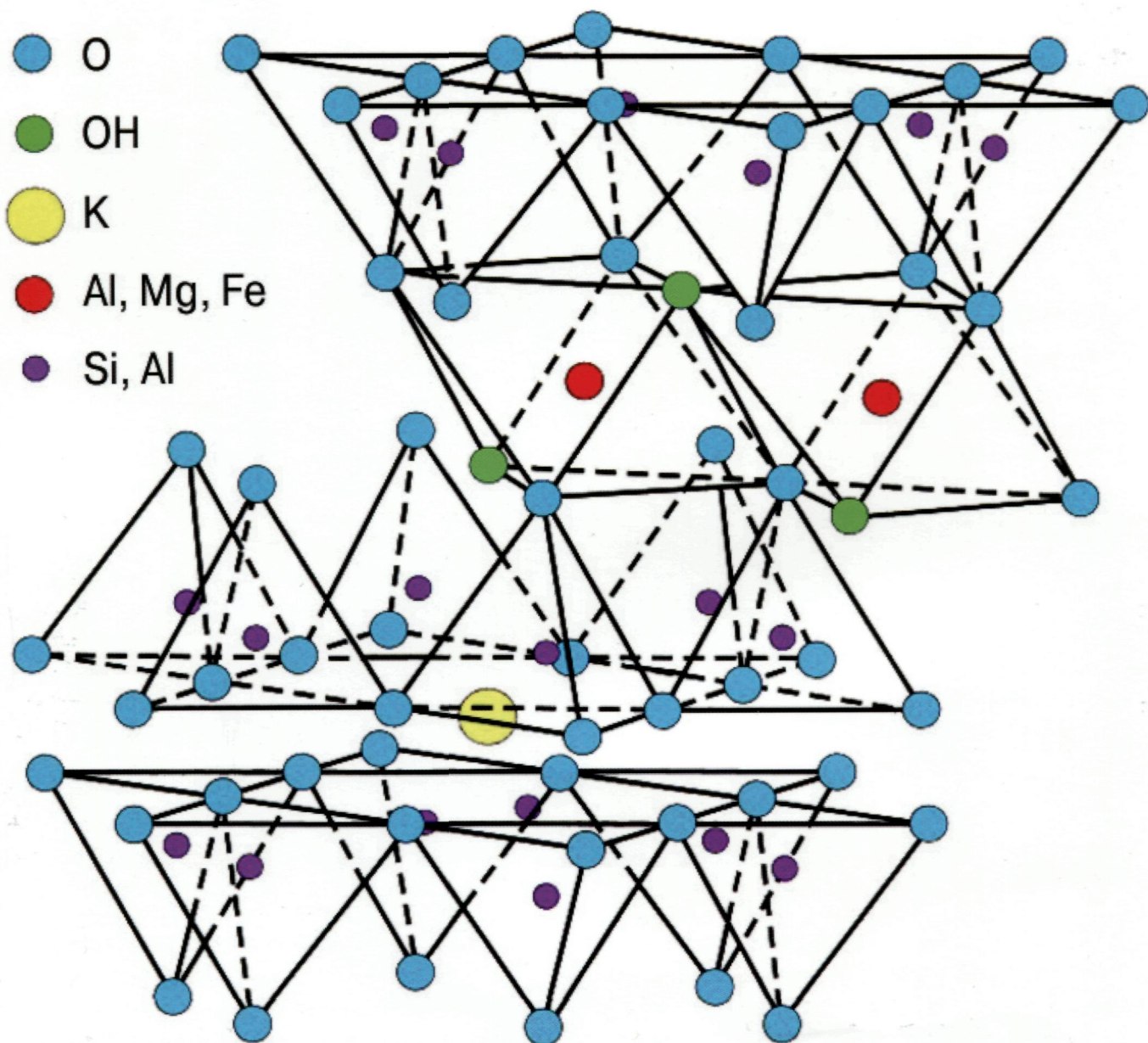
КАТАЛИЗ



В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

CATALYSIS IN INDUSTRY

1/2014



ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАТАЛИЗА

Канцерова М.Р., Орлик С.Н., Швец А.В.

Влияние состава оксидного покрытия и способа приготовления блочных катализаторов на их активность в реакции глубокого окисления метана..... 9

С применением методов рентгенофазового анализа, тепловой десорбции азота и термопрограммированного восстановления водородом исследованы катализаторы глубокого окисления метана, содержащие оксиды 3d-металлов (Mn, Co), редкоземельного (La) и щелочноземельных (Ba, Sr) элементов в пористых матрицах вторичных носителей (Al_2O_3 , ZrO_2 , их бинарной композиции), сформированных на поверхности блоков сотовой структуры (кордиерит, каолин-аэросил). Показано, что активность и стабильность катализаторов зависит от способа приготовления, природы активного компонента, вторичного и блочного носителей. После проведения ресурсных испытаний предложенные катализаторы, обеспечивающие 80–100 %-ную конверсию метана в CO_2 при температурах 650–750 °С, могут быть рекомендованы для использования в системах каталитической очистки газов от примесей углеводородов (метана и гомологов C_2-C_4) и для сжигания углеводородного топлива в промышленных и бытовых каталитических теплогенераторах.

Ключевые слова: глубокое окисление метана, блоки сотовой структуры, оксид марганца, оксид кобальта, оксид алюминия, диоксид циркония, каталитические теплогенераторы.

КАТАЛИЗ В ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сидоренко А.Ю., Сеньков Г.М., Агабеков В.Е.

Влияние кислотной обработки на состав, структуру и каталитические свойства природного алюмосиликата в реакции изомеризации α -пинена.....15

Изучено влияние условий модификации природного алюмосиликатного катализатора 10 %-ным раствором HCl на его химический и фазовый состав, пористую и кристаллическую структуру, кислотность и каталитическую активность в реакции изомеризации α -пинена. При обработке алюмосиликата 10 %-ной HCl в количестве 25–250 мл на 1 г алюмосиликата (мл HCl/г) протекает катионный обмен, увеличивается концентрация протонных центров на его

GENERAL OF CATALYSIS

Kantserova M.R., Orlik S.N., Shvets A.V.

Influence of the composition of the oxide coating and method of preparation of block catalysts on their activity in the deep oxidation of methane 9

Catalysts for deep oxidation of methane were studied using the methods of X-ray diffraction, thermal desorption of nitrogen and temperature-programmed reduction with hydrogen. These catalysts comprise oxides of 3d-metals (Mn, Co), rare earth (La) and alkaline earth (Ba, Sr) elements in a porous matrix of secondary supports (Al_2O_3 , ZrO_2 , their binary composition) formed on the surface of the honeycomb structure blocks (cordierite, kaolin – aerosil). It is shown that the activity and stability of the catalysts depends on the way of preparation, the nature of the active ingredient, and the block of secondary carriers. Suggested catalysts provide 80–100 % conversion of methane to CO_2 at temperatures 650–750 °C, and can be recommended for use in the catalytic purification of gases from impurities hydrocarbons (methane and homologous C_2-C_4), and for burning a hydrocarbon fuel in industrial and household catalytic heat generators.

Keywords: deep methane oxidation, honeycomb supports, manganese oxides, cobalt oxide, alumina, zirconia, catalytic heat generators.

CATALYSIS IN CHEMICAL AND PETROCHEMICAL INDUSTRIES

Sidorenko A.Yu., Sen'kov G.M., Agabeyov V.E.

Effect of acid treatment on the composition, structure and catalytic properties of the natural aluminosilicate in α -pinene isomerization15

The effect of modifying the conditions of the natural aluminosilicate catalyst by 10 % HCl solution on its chemical and phase composition, porous and crystalline structure, acidity and catalyst activity in the reaction of α -pinene isomerization. When aluminosilicate are treated by 10 % HCl in an amount of 25–250 ml per 1 g of aluminosilicate (ml HCl/g) cationic exchange proceeds, the concentration of proton centers increases on its surface, there is a removal of

поверхности, происходит удаление примесей – кальцита и доломита. Удельная площадь поверхности увеличивается с 52 до 68–82 м²/г. Обработка алюмосиликата 175,0 и 250,0 мл HCl/г вызывает удаление существенного количества каркасных катионов Al³⁺, Fe^{2+/3+}, Mg²⁺, что приводит к частичному разрушению его структуры, снижению кислотности, удельной площади поверхности и как следствие каталитической активности по сравнению с образцами, обработанными 50 и 100 мл HCl/г. Наибольшую каталитическую активность показывает алюмосиликат, обработанный 50 мл HCl/г. Селективность реакции по камфену и дипентену (при конверсии α-пинена 85 %) на исходном катализаторе составляет 55 и 30 % соответственно, после кислотной модификации возрастает по камфену и снижается по дипентену на 5–6 %. Рассмотренный катализатор имеет преимущество в активности перед промышленным титановым.

Ключевые слова: катализатор, кислотная обработка, алюмосиликат, α-пинен, изомеризация, глина, иллит, кристаллическая структура.

Карпова Т.Р., Лавренов А.В., Булучевский Е.А., Гуляева Т.И., Буяльская К.С., Шилова А.В., Леонтьева Н.Н., Арбузов А.Б., Дроздов В.А.

Влияние химического состава и метода приготовления на физико-химические свойства системы NiO/B₂O₃-Al₂O₃ и ее каталитическую активность в процессе олигомеризации этилена..... 25

Проведено исследование влияния химического состава носителя, содержания и способа закрепления никеля на физико-химические и каталитические свойства системы NiO/B₂O₃-Al₂O₃. Содержание оксида бора в носителе варьировалось от 2 до 30 мас.%, а содержание никеля от 0,59 до 3,18 мас.%. Для изучения образцов катализаторов применяли рентгенофазовый анализ, термопрограммируемую десорбцию аммиака, ИК-спектроскопию, в том числе адсорбированного СО, а также электронную спектроскопию диффузного отражения. Испытания катализаторов в процессе олигомеризации этилена проводили в проточном реакторе с неподвижным слоем катализатора при температуре 200 °С, давлении 1 МПа и массовой скорости подачи этилена 0,5 ч⁻¹. В качестве сырья использовали газовую смесь этилена с метаном с содержанием этилена 30 мас.%. Сделано предположение, что активность системы NiO/B₂O₃-Al₂O₃ в процессе олигомеризации этилена связана с формированием на ее поверхности катионов Ni²⁺ октаэдрической конфигурации, окруженных боратными

impurities – calcite and dolomite. The specific surface area increases from 52 to 68–82 м²/g. Aluminosilicate treatment by 175,0 and 250,0 ml of HCl/g causes removal of substantial number of frame cation Al³⁺, Fe^{2+/3+}, Mg²⁺ which leads to a partial destruction of its structure and reducing the acidity, specific surface area and hence catalytic activity compared with samples treated with 50 and 100 ml of HCl/g. Aluminosilicate treated by 50 ml of HCl/g shows the highest catalytic activity. The selectivity of camphene and dipentene (with α-pinene conversion 85 %) on original catalyst are 55 and 30 % respectively, after acid modification the camphene selectivity increases and dipentene selectivity decreases on 5–6 %. Considered catalyst has the activity advantage before commercial titanium catalyst.

Keywords: catalyst acidizing aluminosilicate, α-pinene, isomerization, clay, illite, crystal structure.

Karpova T.R., Lavrenov A.V., Buluchevsky E.A., Gulyaeva T.I., Buyalskaya K.S., Shilova A.V., Leontieva N.N., Arbuzov A.B., Drozdov V.A.

Effect of chemical composition and method of preparation of the physico – chemical properties of NiO/B₂O₃-Al₂O₃ and its catalytic activity in the ethylene oligomerization..... 25

Investigation of the influence of the chemical composition of support, substance and the method of nickel fixing on the physico-chemical and catalytic properties of the NiO/B₂O₃-Al₂O₃ system was conducted. Boron oxide content in the support was varied from 2 to 30 wt.% and a nickel content from 0,59 up to 3,18 wt.%. Catalyst samples were studied by X-ray phase analysis, thermoprogrammed desorption of ammonia, IR spectroscopy, including the adsorbed CO, as well as electronic diffuse reflectance spectroscopy. Tests of catalysts were carried out in the ethylene oligomerization in a flow reactor with a fixed catalyst bed at a temperature of 200 °C, pressure of 1 MPa, and a mass flow rate of ethylene of 0,5 hr⁻¹. A gaseous mixture of ethylene-methane with ethylene content 30 wt.% was used as feed. The assumption was made that activity of NiO/B₂O₃-Al₂O₃ system in ethylene oligomerization process is associated with the formation of octahedral configuration Ni²⁺ cations surrounded by borate anions on the surface of the catalyst system. The most active catalysts containing 3,2 wt.% Ni and 10–20 wt.% B₂O₃ in the

ми анионами. Наиболее активные катализаторы содержат 2–3 мас. % Ni и 10–20 мас. % B_2O_3 в составе носителя. Метод приготовления (адсорбционное закрепление или пропитка) мало влияет на состояние никеля в образцах системы $NiO/B_2O_3-Al_2O_3$ и их каталитические свойства. В сравнении с известными полученные катализаторы отличаются простотой приготовления, доступностью и низкой стоимостью исходных материалов.

Ключевые слова: боратсодержащий оксид алюминия, олигомеризация, этилен, оксид никеля.

composition of the support. Method of preparation (adsorption binding or impregnation) had a little effect on the state of nickel in $NiO/B_2O_3-Al_2O_3$ system samples and their catalytic properties. The resulting catalysts are characterized by simplicity of preparation, low cost and availability of feed in comparison with the known ones.

Keywords: borated alumina, oligomerization, ethylene, nickel oxide.

КАТАЛИЗ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Малютин А.В., Либерман Е.Ю., Михайличенко А.И.,
Зубавичус Я. В., Мурзин В.Ю., Кошкин А.Г., Дьяконов В.А.,
Филатов Е.Н., Конькова Т.В.

Каталитическое окисление сажи в условиях «слабого» контакта в присутствии $M/Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$, где М – платина, палладий, рутений33

Синтезированы нанодисперсные катализаторы $M/Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$, где М – Pt, Pd, Ru в количестве 0,5; 1,0 и 2,0 мас.%, для дожигания сажи выхлопных газов дизельных двигателей в условиях «слабого» контакта. Методами EDX, рентгеновской синхротронной дифракции, XANES, EXAFS, ПЭМ, низкотемпературной адсорбции азота и ТГ-ДСК исследованы структурные, текстурные и каталитические свойства образцов. Показано, что в процессе импрегнирования платиновых металлов на поверхность носителя $Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$ происходит взаимодействие металл – носитель, которое усиливается в ряду Pt → Pd → Ru. Наиболее активными в процессе дожигания сажи являются рутенийсодержащие катализаторы, что обусловлено не только природой нанесенного компонента, но и относительно слабо выраженным взаимодействием металл – носитель по сравнению с платиновыми и палладиевыми образцами. Для них характерно снижение температуры начала окисления примерно на 190 °С и понижение температуры полного окисления примерно на 120 °С по сравнению с теми же параметрами для носителя без платиноидов. Благодаря высокой активности $0,5\%Ru/Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$ создается возможность проведения эффективной очистки дизельных выбросов от сажи с использованием относительно небольших количеств благородного металла, что позволит снизить стоимость каталитических нейтрализаторов дизельных выбросов.

Ключевые слова: нанодисперсные материалы, каталитическое дожигание сажи, твердые растворы, диоксид церия, платина, палладий, рутений, XANES, EXAFS.

CATALYSIS AND ENVIRONMENT PROTECTION

Malutin A.V., Liberman E.J., Mikhailichenko A.I.,
Zubavichus Ya.V., Murzin V.Yu., Koshkin A.G., Dyakonov V.A.,
Filatov E.N., Kon'kova T.V.

Catalytic oxidation of soot in conditions of «weak» contact in the presence of $M/Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$, where М – platinum, palladium, ruthenium33

Nanoparticulate catalysts $M/Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$, where М – Pt, Pd, Ru at 0,5; 1,0 and 2,0 wt.%, for diesel exhaust soot afterburning in a «weak» contact were synthesized. Structural, textural and catalytic properties of the samples were studied using EDX, X-ray synchrotron diffraction, XANES, EXAFS, TEM, low-temperature nitrogen adsorption and TG-DSC. It is shown that in the process of impregnating of platinum metals on the surface of the support $Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$, metal-support interaction occurs and increases in a line Pt → Pd → Ru. Ruthenium-containing catalysts are the most active in the soot afterburning, not only due to the nature of the supported component, but relatively faint metal-support interaction as compared with platinum and palladium samples. For them it is characterized the reduction of start oxidation temperature on 190 °С and lowering the temperature of complete oxidation approximately on 120 °С compared with the same parameters for the support without platinum. Due to the high activity of $0,5\%Ru/Ce_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$ the opportunity for effective cleaning of diesel soot emissions are created by using relatively small amounts of the precious metal, which will reduce the cost of catalytic converters of diesel emissions.

Keywords: nanoparticulate materials, catalytic afterburning soot, solid solutions, silica, cerium, platinum, palladium, ruthenium, XANES, EXAFS.

Пратичи Сингх, Рам Прасад

Каталитическое снижение автомобильных выбросов CO при холодном запуске двигателя.....42

Выбросы транспортных средств являются основным источником CO – одного из самых ядовитых газов. Он не только вредно влияет на человека и растительность, но также загрязняет окружающую среду и косвенно способствует глобальному потеплению. В фазе холодного старта двигателя выброс CO увеличивается на 60–80 %, даже если автомобиль оснащен TWC. Таким образом, задача устройств, регулирующих выбросы бензинового автомобиля, заключается в снижении выбросов CO до уровня ниже 1,0 г/км. В данной работе катализатор Au-CuCe/ γ -Al₂O₃ был испытан на активность в окислении CO и продолжительность срока службы. Катализатор был приготовлен методом пропитки по влагоемкости и прокален при 600 °C. Удельная площадь поверхности катализатора, определенная по адсорбции азота методом БЭТ, составила 103,48 м²/г, размер пор 28,664 нм, объем пор 0,07 см³/г. Дифракционная картина катализатора подтвердила преобладание флюоритной структуры CeO₂ кристаллов в аморфном состоянии, а также показала присутствие кристаллов CuO теноритной фазы. В аморфном состоянии наблюдался также очень небольшой пик от наноразмерного Au. XPS исследования показали сосуществование в катализаторе Ce³⁺/Ce⁴⁺. Медь в форме Cu(I), Cu(II) в октаэдрических позициях и Cu(II) в тетраэдрических позициях соответственно наблюдалась наряду с Cu⁺ и Ce³⁺. Также был обнаружен типичный пик Au. Полная конверсия CO наблюдалась около 80 °C. Для определения продолжительности срока службы катализатор был прокален при 800 °C, конверсию на нем измеряли в течение 50 ч непрерывной работы, дезактивация катализатора не наблюдалась. Благодаря низкой стоимости и доступности Au-CuCe/ γ -Al₂O₃ может быть рекомендован для использования в качестве катализатора окисления автомобильных выхлопных газов при температуре холодного запуска двигателя.

Ключевые слова: окисление CO, холодный старт, катализатор, промотированный золотом, катализатор с переходным металлом.

Pratichi Singh, Ram Prasad

Catalytic Abatement of Cold-Start Vehicular CO Emissions42

Vehicle emissions are the major contributor of one of the most poisonous gas, CO. It not only affects human beings and vegetation but also affect environment. It indirectly contributes to global warming. Cold-start phase aggravates its emission to about 60–80 % even if the vehicle is equipped with a TWC. Thus, the target of the emission regulation bodies is to reduce CO emissions below 1,0 g/km from petrol-driven car. In this paper, the CO oxidation activity and durability of Au-CuCe/ γ -Al₂O₃ catalyst were tested. The catalyst was prepared by wet impregnation method and calcined at 600 °C. Characterization of the catalyst by N₂ adsorption showed a BET surface area 103,48 m²/g, pore size 28,664 nm and pore volume 0,07 cm³/g. The XRD pattern of the catalyst confirmed the dominance of fluorite structure of CeO₂ crystals in amorphous state and also exhibited the presence of CuO crystals of tenorite phase. Very small peak of nanosize Au was also observed in amorphous state. XPS studies showed the coexistence of Ce³⁺/Ce⁴⁺ in the catalyst. Copper in the form of Cu(I), Cu(II) in octahedral sites and Cu(II) in tetrahedral sites respectively was observed along with the existence of Cu⁺ and Ce³⁺. A typical peak of Au was also found. Total CO conversion was found around 80 °C. For durability test catalyst was calcined at 800 °C and CO conversion was measured for the 50 hour continuous run during which catalyst did not showed deactivation. Low cost and easy availability of Au-CuCe/ γ -Al₂O₃ might advocate for its use as a catalyst for CO oxidation in vehicular exhaust at cold-start temperature.

Keyword: CO oxidation, cold start, Gold-promoted catalyst, transition metal catalyst.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО

Ламберов А.А., Мухамбетов И.Н., Залыалиев Р.Ф.

Дезактивация промышленного алюмооксидного катализатора скелетной изомеризации *n*-бутенов.....49

Исследованы причины дезактивации алюмооксидного катализатора в процессе скелетной изомеризации *n*-бутенов,

ENGINEERING PROBLEMS. OPERATION AND PRODUCTION

Lamberov A.A., Mukhambetov I.N., Zalyaliev R.F.

Decontamination of industrial alumina catalyst for skeletal isomerization of *n*-butenes49

Causes of alumina catalyst deactivation in a process of skeletal *n*-butene isomerization, which leads to decreasing of the

приводящие к снижению конверсии с 31 до 26 %. Показано, что загрязнение микропримесями металлов Fe, Mg в совокупности уменьшает конверсию *n*-бутенов примерно на 2,5 %. Путем отмывки металлических примесей активность катализатора может быть восстановлена. Источником металлических примесей являются трубопроводы водяного пара и сырья. В ходе эксплуатации происходит накопление δ -модификации оксида алюминия в катализаторе, что приводит к снижению конверсии *n*-бутенов примерно на 3 абс.%; этот вид дезактивации является необратимым. Вероятной причиной частичного фазового перехода при температуре ниже 600 °C является снижение температуры фазового перехода под действием микропримесей Fe и Mg. Показано, что накопление микропримесей и δ -фазы оксида алюминия приводит к снижению количества кислотных центров алюмооксидного катализатора и обусловленному этим уменьшению конверсии. Для увеличения срока эксплуатации катализатора рекомендовано улавливание примесей металлов из паросырьевого потока путем установки перед катализатором защитного слоя инертного к бутеновой фракции макропористого материала с развитой поверхностью.

Ключевые слова: оксид алюминия, скелетная изомеризация *n*-бутенов, дезактивация катализатора.

conversion from 31 to 26 % were examined. It is shown that contamination of Fe, Mg metal combination microimpurities reduces the conversion of *n*-butenes of about 2,5 %. The catalyst activity can be restored by cleaning from metallic impurities. Steam piping and feed are the source of metallic impurities. The accumulation of δ -modification of aluminum oxide in the catalyst occurs during the operation that leads to a decrease in the conversion of *n*-butenes of about 3 abs.%; this kind of deactivation is irreversible. Probable cause of the partial phase transition at a temperature below 600 °C is the reducing of the phase transition temperature under the influence of trace Fe and Mg. It is shown that the accumulation of trace and δ -phase alumina decreases the amount of acid sites of alumina catalyst and the resulting decrease in conversion. Recommendation to extend the life of the catalyst is to capture metal impurities from steam feed flow by installing a protective layer the inert to butene fraction macroporous material with a developed surface in front of the catalyst bed.

Keywords: alumina, skeletal isomerization of *n*-butene, catalyst deactivation.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ

Полотнюк О.-В. Я.

К истории становления в Советском Союзе первого производства антрахинона Часть 2. Разработка и внедрение производства антрахинона окислением антрацена кислородом воздуха в кипящем слое катализатора55

В 1965 г. на Рубежанском химическом комбинате был успешно осуществлен пуск первой в СССР промышленной установки производства антрахинона (600 т/год) окислением антрацена кислородом воздуха в неподвижном слое катализатора. С целью выбора наиболее эффективного способа промышленного производства антрахинона руководством Минхимпрома СССР было принято решение о создании промышленной установки производства антрахинона (600 т/год) окислением антрацена в кипящем слое катализатора, опираясь на опыт производства, реализованного в ЧССР. В 1972 г. был осуществлен пуск такой установки. Описание приготовления катализатора по чехословацкому методу, схема и результаты работы новой установки приведены в данной статье. Сравнительный

DOMESTIC CATALYSTS

Polotnyuk O.-V.Ya.

For the history of becoming the first production of contact anthraquinone in the Soviet Union. Part 2. Development and implementation of anthraquinone production by anthracene oxidation with atmospheric oxygen in a fluidized bed of catalyst55

Start of the first Soviet industrial plant production of anthraquinone (600 tons/year) by anthracene oxidation by atmospheric oxygen in a fixed catalyst bed was successfully implemented in 1965 at Rubezhansky chemical plant. USSR Ministry of Chemical Industry leaders decided to establish an industrial plant anthraquinone production (600 tons/year) by anthracene oxidation in a fluidized catalyst bed, based on the experience of production realized in Czechoslovakia to choose the most effective method for the industrial production of anthraquinone. This plant started to produce in 1972. Description of the preparation of the catalyst of the Czechoslovak method, the procedure and results of the new installation are given in this article. Comparative analysis of the two methods of production of

анализ двух способов производства антрахинона – в кипящем и неподвижном слоях катализатора – показал, что по степени превращения исходного антрацена в продукты реакции результаты очень близки, но по стабильности работы систем предпочтение следует отдать установке с неподвижным слоем катализатора. Поэтому при создании последующих производств антрахинона в СССР предполагалось использовать процесс с неподвижным слоем катализатора. К сожалению, эти проекты не удалось осуществить.

Ключевые слова: антрацен, антрахинон, синтеркорунд, катализатор, циклонный испаритель, реактор, конденсатор.

БИОКАТАЛИЗ

Быков А.В., Рубин М.А., Сульман М.Г., Сульман Э.М.

Жидкофазный синтез метанола с использованием промышленного медно-цинкового катализатора 60

Проведено испытание промышленного медно-цинкового катализатора газофазного синтеза метанола MEGAMAX® 700 в условиях жидкофазного процесса при вариации давления (0,5–7,0 МПа) и скорости потока газовой смеси (40–400 мл_н/мин). Показаны его высокая активность и селективность в образовании метанола. Наилучший результат – 730 г (метанол)/кг (кат.)·ч⁻¹ и селективность 99,2 % – получен при условиях реакции: 2,0 МПа, 240 °С, H₂ : CO : CO₂ : N₂ = 70,5 : 17,9 : 6,5 : 5,1, время реакции – 3 ч. При давлениях газовой смеси более 3,0 МПа растет концентрация побочного продукта – метана, что приводит к снижению селективности процесса по метанолу. Кроме метана зафиксированы лишь следовые количества этана и воды. Во всем исследованном диапазоне давлений в парогазовой смеси отсутствует типичный побочный продукт синтеза метанола – диметилэфир. Результаты работы свидетельствуют о возможности использования катализатора MEGAMAX® 700 в жидкофазном синтезе метанола.

Ключевые слова: жидкофазный синтез метанола, медно-цинковый промышленный катализатор.

Павлов И.Н.

Установка для исследования биокаталитического превращения продуктов переработки недревесного сырья 68

Разработана и изготовлена оригинальная установка (ферментер) для исследования биокаталитических превраще-

anthraquinone (fluidized and fixed bed) showed that the degree of feed conversion by both methods are very similar, but the stability of the installation systems with fixed bed catalyst is more preferable. Process with a fixed catalyst bed to be used when creating a subsequent production of anthraquinone in the USSR. Unfortunately, these projects could not be implemented.

Keywords: anthracene, anthraquinone, sinter corundum, catalyst, cyclone evaporator, reactor, capacitor.

BIOCATALYSIS

Bykov A.V., Rubin M.A., Sulman M.G., Sulman E.M.

Liquid phase synthesis of methanol using a commercial copper-zinc catalyst..... 60

Test industrial copper-zinc catalyst MEGAMAX® 700 was held in the gas-phase methanol synthesis reaction under conditions similar liquid phase process, the variation of pressure (0,5–7,0 MPa) and a flow rate of the gas mixture (40–400 ml/min). The catalyst showed a high activity and selectivity in methanol formation. The best result – 730 g (methanol)/kg(cat)·h⁻¹ and the selectivity 99,2 % was obtained under the conditions: 2,0 MPa, 240 °C, H₂ : CO : CO₂ : N₂ = 70,5 : 17,9 : 6,5 : 5,1, reaction time – 3 hours. The concentration of byproduct methane increases at gas mixture pressures greater than 3,0 MPa, which leads to lower selectivity to methanol. Besides methane, only trace amounts of ethane and water were fixed. Typical byproduct of the synthesis of methanol – dimethyl ether absent in the entire range of pressures in the gas mixture. The results indicate the possibility of using the catalyst MEGAMAX® 700 liquid-phase methanol synthesis.

Keywords: liquid-phase methanol synthesis, copper and zinc industrial catalyst.

Pavlov I.N.

Apparatus for studying of biocatalytic conversion of non-wood products processing of raw materials..... 68

The original unit (fermenter) is designed and manufactured for research of biocatalytic transformations processing of

ний продуктов переработки возобновляемого целлюлозосодержащего сырья. Установка апробирована в процессе ферментативного гидролиза технической целлюлозы российского мискантуса. Полученные результаты (зависимость концентрации редуцирующих веществ в гидролизате от продолжительности ферментативного гидролиза) полностью воспроизвели результаты, полученные ранее на лабораторном оборудовании. Проведенное параллельно в лаборатории и в ферментере сбраживание полученного гидролизата также продемонстрировало идентичность результатов. Таким образом, доказана перспективность установки для приготовления ферментативных гидролизатов, пригодных для использования в качестве субстратов в технологии получения биоэтанола и бактериальной целлюлозы, и возможность масштабирования по объему процессов биокаталитической трансформации.

Ключевые слова: целлюлозосодержащее сырье, ферментер, биокатализ, глюкозный гидролизат, мискантус, биоэтанол, ферментативный биокатализатор, сбраживание.

products from renewable cellulosic feed. The unit was tested in the enzymatic hydrolysis of russian miscanthus pulp. The results (dependence of reducing substances concentration in the hydrolyzate from the duration of the enzymatic hydrolysis) are completely reproduced the results obtained earlier on the laboratory equipment. Fermentation of the obtained hydrolyzate are conducted in parallel in the laboratory and in the fermenter also showed the identical results. Thus, the unit proved a promising for the preparation of enzymatic hydrolysates suitable for use as substrates in the production of bioethanol technology and bacterial cellulose. The possibility for scalability by volume of biocatalytic transformation processes are demonstrated.

Keywords: cellulose-containing raw materials, fermenter, biocatalysis, glucose hydrolyzate, miscanthus, bioethanol enzyme biocatalyst fermentation.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ

Статьи, опубликованные в журнале «Катализ в промышленности» в 2013 г.74

INFORMATION

Articles published in the journal «Catalysis in Industry» in 201374

ХРОНИКА

Члену редколлегии журнала «Катализ в промышленности» профессору Лучезару Петрову – 75 лет78

Лауреаты премии А.А. Баландина 2013 года79

CHRONICLE

A member of the editorial board of the journal «Catalysis in Industry» Luchezar Petrov – 75 years anniversary....78

A.A. Balandin Award Winners 201379