

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК (66.095.254+542.925.7):547.53

А.Г. Бяков, И.Я. Петров, В.Н. Допшак, Б.Г. Трясунов

КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СЫРОГО БЕНЗОЛА

Известно, что при получении кокса на коксохимических производствах выделяются летучие вещества, которые улавливаются и могут являться источниками ароматических углеводородов. Среди этих веществ присутствует сырой бензол, который может быть источником бензольных углеводородов, но перед этим необходимо его предварительно подвергнуть очистки от примесей[1].

На текущий момент в коксохимической промышленности наибольшее распространение получил сернокислотный метод очистки сырого бензола от примесей, но недостатком данного метода является образование большого количества «кислой смолки», которую в дальнейшем необходимо утилизировать, что вызывает дополнительные сложности[1].

Способом, который может устраниТЬ недостаток сернокислотного процесса является способ каталитической очистки сырого бензола на катализаторах различного состава.

В данной статье предлагается новый катализатор, который, по мнению авторов, может быть альтернативой для ранее предложенных катализаторов.

В статье [2] описывается методика исследования и схема микрокatalитической импульсной установки. На установке в соответствии с методикой были выполнены все исследования описанные ниже. Также в данной статье описана методика и компоненты, применяемые для подготовки исследуемых катализаторов. Все исследования проводились в «мягких» условиях при $P_{H_2} 0,1 \text{ МПа}$ $t \leq 600^\circ\text{C}$. Объем пробы 2мкл.

В статье [3] описана каталитическая активность бинарных и нанесенных на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ $\text{NiO-V}_2\text{O}_5$ катализаторов. Установлено, что выход бензола и селективность предлагаемых катализаторов в реакции гидреалкилирования сопоставима или превосходят аналогичные промышленные катализаторы.

В статье [4] изучалось влияние добавки MoO_3 на каталитическую активность $\text{NiO-V}_2\text{O}_5/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторов. Установлено оптимальное количество оксида молибдена (VI) которое оказалось равным 10%, при меньшем количестве усиление обессеривания почти не происходило, при большем количестве происходило уменьшение выхода бензола, селективности, так же катализатор менял

свои механические свойства в сторону уменьшения прочности. Кроме того, введение MoO_3 вызвало смещение выхода максимума бензола в сторону низких температур.

В статье [5] предложен новый полифункциональные катализаторы на основе нанесенных на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ оксидов никеля(II), ванадия(V) и молибдена(VI), способный в относительно мягких условиях ($T = 400^\circ\text{C}$; $P_{H_2} = 0,1 \text{ МПа}$) с достаточно высокой эффективностью осуществлять одновременное гидрообессеривание тиофена и гидреалкилирование алкиларomaticских углеводородов, содержащихся в сырье бензоле. Гидрообессеривающая активность указанных катализаторов сопоставима с активностью известных промышленных контактов, а их гидреалкилирующая активность не уступает активности промышленных катализаторов гидреалкилирования, испытанных при $T = 600^\circ\text{C}$.

В статье [6] установлено, что при синтезе наиболее активного $\text{NiO-V}_2\text{O}_5\text{-MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -катализатора для получения бензола путем гидреалкилирования серосодержащих фракций алкиларomaticских углеводородов температура прокаливания не должна превышать 500°C , а порядок нанесения активных компонентов должен быть следующим: 1) V; 2) Mo; 3) Ni. При этих условиях приготовления обеспечивается повышенная концентрация и максимальная дисперсность Ni-содержащих активных центров на поверхности исследуемого катализатора, а, следовательно, и их более высокая доступность для реагирующих молекул.

После того как были установлены основные параметры приготовления катализаторов исследовали каталитическую активность катализаторов с различным содержанием активных компонентов.

Каталитическая система состава 10% NiO -0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ проявила деалкилирующую активность в интервале температур 300-350 °C. Выход бензола составил, соответственно 2,9% и 28,6%. Селективность, соответственно 28,8% и 33,4%.

На каталитической системе состава 9% NiO -1% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ образование бензола происходит в интервале температур от 300 °C до 500 °C. При этом максимум выхода бензола наблюдается при температуре 350 °C 16,9%. Селек-

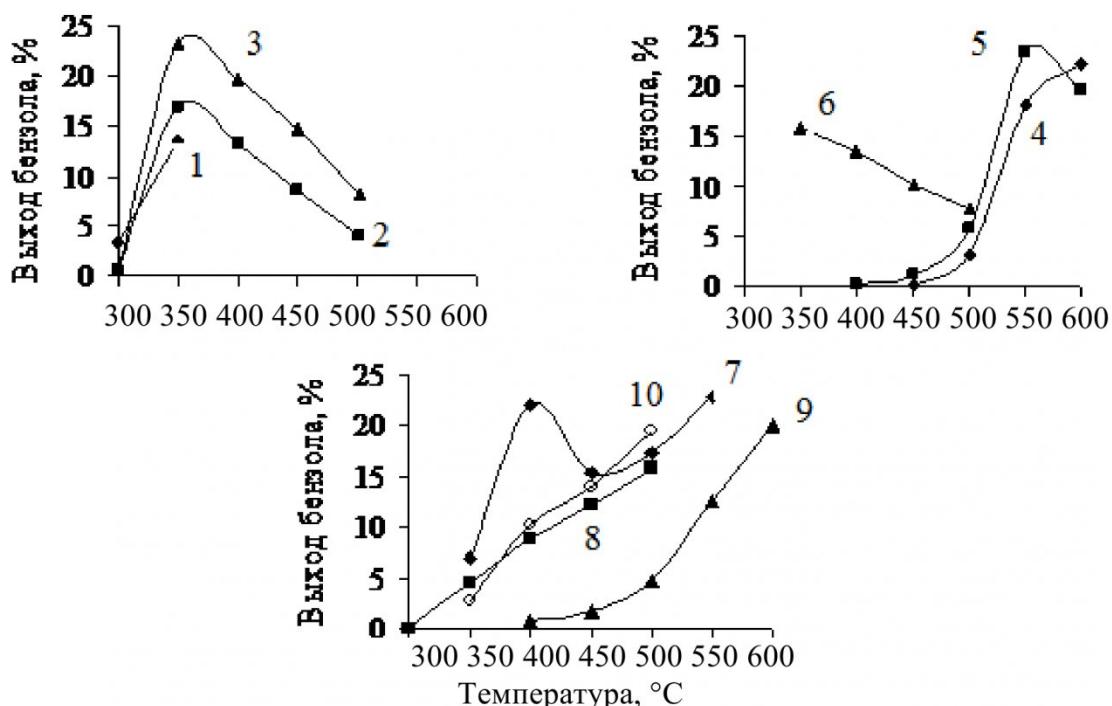


Рис. 1. Температурная зависимость образования бензола в реакции гидродеалкилирования толуола на $\text{NiO}-\text{V}_2\text{O}_5-\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ каталитических системах следующего состава:

- 1 – 10%NiO-0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 2 – 9%NiO-1% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 3 – 7%NiO-3% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 4 – 0%NiO-0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 5 – 0%NiO-10% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 6 – 5%NiO-0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 7 – 5%NiO-5% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 8 – 3%NiO-7% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 9 – 2%NiO-8% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- 10 – 1%NiO-9% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;

тивность по бензолу составляет 24,4%, что отличается от каталитической активности 10%NiO/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализатора, что также указывает на наличие и формирование структур ванадатов никеля при данных концентрациях.

Каталитическая система состава 7%NiO-3% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ образует бензол в интервале температур от 300 °C до 500 °C. При этом максимум выхода бензола наблюдается при температуре 350 °C и составляет 23,2%. Селективность по бензолу 26,9%, что также подтверждает, наличие структур ванадатов никеля. Причем формирование этих структур происходит в большем количестве, что способствует увеличению выхода количества бензола, но количество активного компонента еще не достигло оптимального значения.

На каталитической системе состава 0%NiO-0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ образование бензола наблюдается в интервале температур от 450 °C до 600 °C. При этом максимум выхода бензола при температуре 600 °C составляет 20,2%. Селективность по бензолу 60,8%.

Для каталитической системы состава 0%NiO-10% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ выход бензола наблюдается в интервале температур от 400 °C до 600 °C. При этом максимум выхода бензола наблюдается при температуре 550 °C и составляет 23,4%. Селективность по бензолу 49,3%. Сравни-

вая данные результаты с данными для чистого молибденового катализатора можно сделать вывод о том, что при данных концентрациях происходит промотирование молибденовой фазы, что приводит к смещение выхода бензола к 550 °C. Также, возрастает выход бензола и происходит уменьшение селективности.

Для каталитической системы состава 5%NiO-0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ выход бензола наблюдается в интервале температур 350-500 °C и составляет, соответственно, от 15,9% до 7,8%. Максимум выхода бензола наблюдается при температуре 350 °C и составляет 15,9%. Селективность по бензолу составила 17,2%.

Для каталитической системы состава 5%NiO-5% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ выход бензола наблюдается в интервале температур от 350 °C до 550 °C. При этом максимум выхода бензола наблюдается при температуре 400 °C и составляет 22,1%. Селективность по бензолу 35,8%. Второй максимум наблюдается при температуре 550 °C и составляет 22,9% с селективностью по бензолу 24,3%. При данной концентрации активных компонентов на носителе происходит возрастание выхода бензола. Причем максимум выхода бензола наблюдается при 400 °C и в зоне высоких температур при 550 °C, при этом возрастает и селективность. Увеличение бензола при росте температуры связано с тем, что фаза MoO_3 с ростом температуры взаимо-

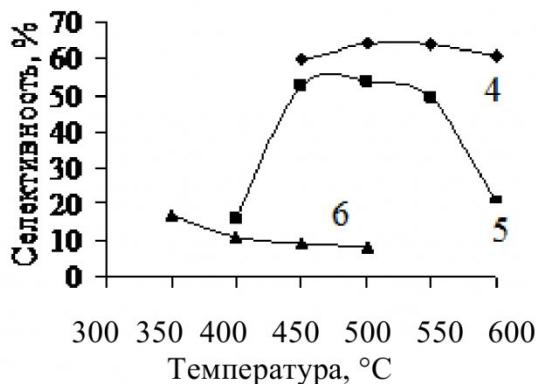
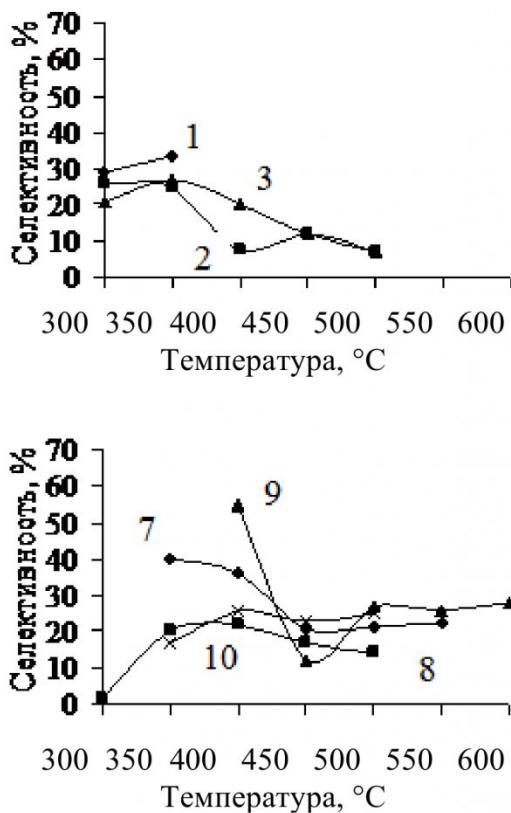
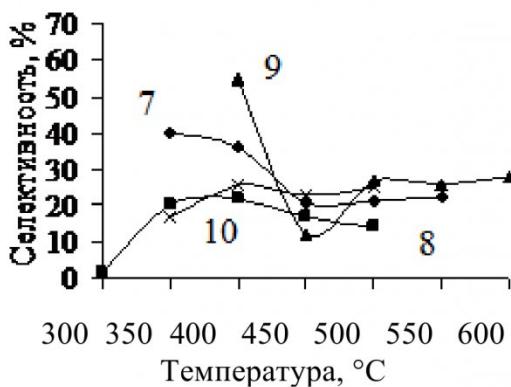


Рис. 2. Температурная зависимость селективности по бензолу в реакции гидродеалкилирования толуола на $\text{NiO-V}_2\text{O}_5\text{-MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализитической системе следующего состава: (обозначения как в рис. 1)



действует с толуолом. При данной концентрации фаза MoO_3 проявляет деалкилирующие свойства, и активация фазы происходит с ростом температуры. Достигая максимума при 550 °C.

Каталитическая система состава 3% NiO -7% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ выход бензола происходит в интервале температур от 300 °C до 500 °C. Максимум выхода бензола наблюдается при температуре 500 °C, составляет 16,3%. Селективность по бензолу составляет 19,8%. Из результатов видно, что максимум выхода бензола смещается в область высоких температур. При этом выход бензола снижается. Связано это с тем, что для данной каталитической системы формирование ванадатов никеля происходит, но при этом они выступают промоторами фазы V_2O_5 и соответственно подъем температуры выхода бензола связан с тем, что активация фазы V_2O_5 проходит при более высоких температурах.

На каталитической системе состава 2% NiO -8% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ выход бензола происходит в интервале температур от 350 °C до 500 °C. Максимум выхода бензола отмечается при температуре 500 °C, составляет 19,6%. Селективность по бензолу составляет 25,1%. Из результатов видно, что максимум выхода бензола смещается в область высоких температур. При этом происходит увеличение выхода бензола по сравнению с предыдущей каталитической системой. Такой результат объясняется тем, что концентрация активных компонентов данной каталитической системы является оптимальной для промотирования фазы V_2O_5 и MoO_3 , тем самым и вызывая сдвиг макси-

мума выхода бензола в область высоких температур.

Каталитическая система состава 1% NiO -9% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ выход бензола происходит на интервале температур от 400 °C до 600 °C, при этом максимум выхода бензола наблюдается при температуре 600 °C и составляет 20,1%. Селективность по бензолу составила 28,1%. Из результатов видно, что максимум выхода бензола смещается в область высоких температур, увеличивается выход бензола и возрастает селективность по бензолу. Увеличение выхода бензола и смещение в зону больших температур объясняется тем, что происходит формирование ванадатов никеля, которые выступают промоторами фазы V_2O_5 . Количество фазы V_2O_5 увеличивается, по сравнению с предыдущей каталитической системой, в результате чего и происходит дальнейшее возрастание выхода бензола.

Анализируя полученные результаты видно, что наибольший выход бензола был у образца 5% NiO -5% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Необходимо отметить, что при суммарном содержании $(\text{NiO}+\text{V}_2\text{O}_5)$ 10 масс.% в $\text{NiO-V}_2\text{O}_5/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $\text{NiO-V}_2\text{O}_5\text{-MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ каталитических системах максимальные выходы бензола наблюдались при мольном отношении $\text{NiO}/(\text{NiO}+\text{V}_2\text{O}_5) \sim 0,71$, что достаточно близко к стехиометрии ортованадата никеля $\text{Ni}_3(\text{VO}_4)_3$ $[\text{NiO}/(\text{NiO}+\text{V}_2\text{O}_5) = 0,75]$. Однако данное соединение не было обнаружено рентгенофазовым анализом ни в нанесенных на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ никельванадиевых и никельванадиймолибденовых системах, ни в бинарных соосажденных NiO -

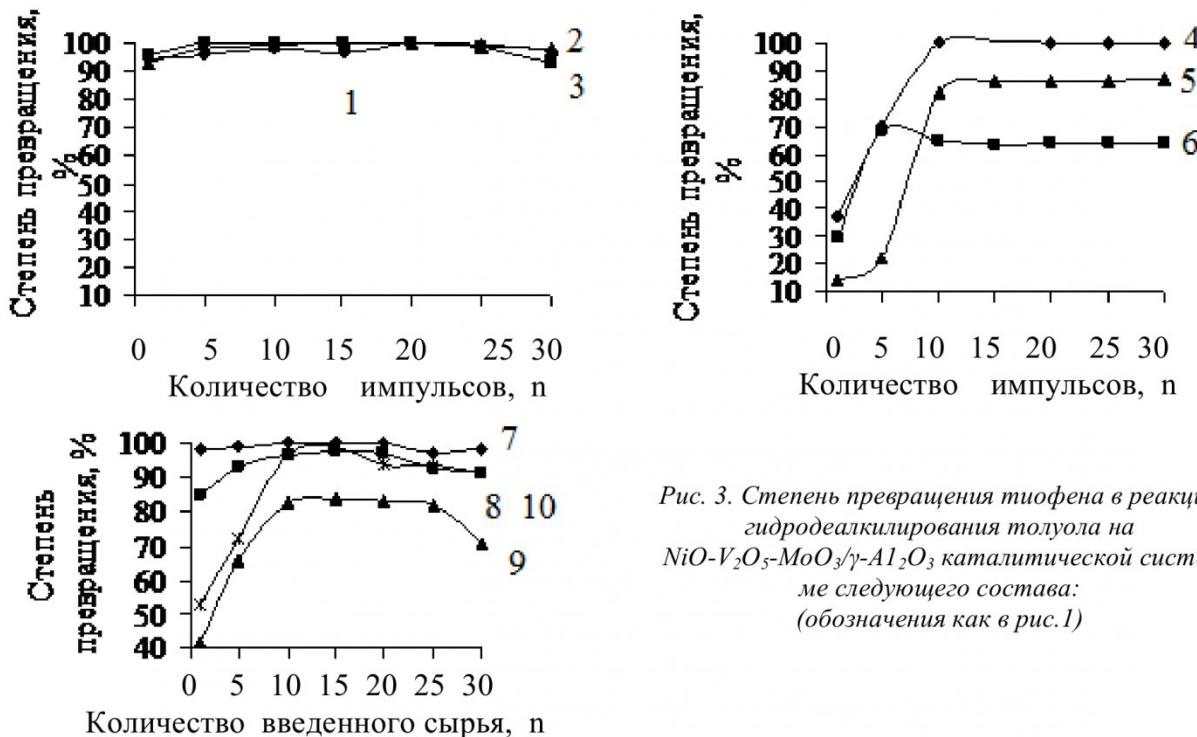


Рис. 3. Степень превращения тиофена в реакции гидродеалкилирования толуола на $\text{NiO}-\text{V}_2\text{O}_5-\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ каталитической системе следующего состава:
(обозначения как в рис. 1)

V_2O_5 -образцах, прокаленных при температуре 500 °С. Кроме этого следует предположить, что катализическая активность может быть связана с наличием оксидами ванадия V_2O_3 , которые образуются при восстановлении образцов катализатора в токе водорода[7], что соответствует условиям проведения процесса. Кроме того одновременное восстановление катализатора, с образованием V_2O_3 , и собственно реакция гидродеалкилирования вполне могут протекать одновременно.

Также была изучена катализическая активность катализаторов с различным содержанием активных компонентов в реакции гидрогенолиза тиофена.

Превращение тиофена на 10% NiO -0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализитической системе показывает, что катализатор данного состава проявляет высокую катализическую активность при превращении тиофена. Степень превращения тиофена варьировалась от 94,3% до 99,2%.

Катализическая система состава 9% NiO -1% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ проявляет также хорошую катализическую активность при гидрогенолизе тиофена. Степень превращения тиофена составила 92,6%-100%. Объясняется это тем, что присутствует 10% фазы MoO_3 .

Для катализитической системы состава 7% NiO -3% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ также характерна хорошая гидрообессеривающая активность, степень превращения колебалась от 92,6%-до 100%, что связано с наличием 10% фазы MoO_3 .

Катализическая система состава 0% NiO -0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ проявила отличную обессеривающую активность. При первых 15 им-

пульсах наблюдался постепенный рост обессеривающей активности, что объясняется механизмом протекания реакции обессеривания на чистых, без наличия фаз других активных компонентов, молибденовых катализаторах.

На катализитической системе состава 0% NiO -10% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ степень превращения тиофена колебалась от 29,6% до 72,4%, что можно объяснить тем, что формирующиеся на поверхности катализатора ванадаты молибдена "мешают" формированию сульфидного слоя серы. Это приводит к уменьшению количества активных мест, на которых происходит адсорбция тиофена, тем самым ухудшая протекание реакции обессеривания в дальнейшем, что и приводит к достаточно низкой степени превращения тиофена.

На катализитической системе состава 5% NiO -0% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ степень превращения тиофена колебалась от 22,4% до 87,2%. Данный результат объясняется тем, что фаза MoO_3 взаимодействуя с фазой NiO , образует молибдаты никеля. Это взаимодействие уменьшает количество, образованного Mo_2O_5 , что в результате приводит к уменьшению обессеривающей способности.

На катализитических системах состава 5% NiO -5% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, 3% NiO -7% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, 2% NiO -8% V_2O_5 -10% $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ гидрообессеривание протекает достаточно полно. Значения степени превращения тиофена колеблются в пределах от 80% до 100%. Это позволяет сказать, что изменение отношения концентраций фазы NiO и V_2O_5 практически не изменяет степень конверсии тиофена, при этом обессеривающая активность сохраняется на достаточно

Сравнение активности промышленных и синтезированных катализаторов

Катализатор	T, °C	Гидродеалкилирование толуола***, мол. %			Конверсия тиофена, мол. %
		α	β	γ	
10% MoO ₃ /γ-Al ₂ O ₃	600	0,1	0,0	0	100,0
10% V ₂ O ₅ /γ-Al ₂ O ₃	600	0,29	0,0	0	16,2
10% V ₂ O ₅ -10% MoO ₃ /γ-Al ₂ O ₃	600	0,15	0,0	0	63,8
10% NiO/γ-Al ₂ O ₃	500	2,3	23,1	9	10,3
5% NiO-10% MoO ₃ /γ-Al ₂ O ₃	400	94,2	13,6	14	86,6
5% NiO-5% V ₂ O ₅ /γ-Al ₂ O ₃	420	74,1	24,2	44	19,5
5% NiO-5% V ₂ O ₅ -10% MoO ₃ /γ-Al ₂ O ₃	400	61,7	22,1	36	98,0
18% Cr ₂ O ₃ /γ-Al ₂ O ₃ *	600	25,3	19,7	78	6,9
11,8% MoO ₃ /γ-Al ₂ O ₃ **	600	31,7	12,1	38	90,0

высоком уровне

На каталитической системе состава 1%NiO-9%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃ степень превращения тиофена изменяется от 41,7% до 84,1%. При этом гидрообессеривание протекает нестабильно. Это объясняется тем, что при данном количестве фазы V₂O₅ возникают те же затруднения в обессеривании, что и в случае с каталитической системой 0%NiO-10%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃.

Анализируя полученные результаты можно сказать, что при постоянном содержании MoO₃ в количестве 10 масс.% в составе NiO-V₂O₅-MoO₃/γ-Al₂O₃ каталитических систем степень конверсии тиофена возрастает с увеличением мольного отношения NiO/(NiO+V₂O₅), достигая максимума (близкого к 100%) при значениях этого соотношения более 0,4.

Каталитическая активность образца 5%NiO-5%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃ была сопоставлена с активностью промышленных образцов испытанных при оптимальных для них условиях.

Результаты, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что при температуре 400°C и Р_{H₂}=0,1МПа образование бензола и селективность по бензолу 5%NiO-5%V₂O₅-10% MoO₃/γ-Al₂O₃

каталитической системы превосходит аналогичные показатели промышленных катализаторов гидроочистки, испытанных при температуре 550 °C. Лишь по селективности эта каталитическая система уступает промышленному алюмохромовому катализатору гидродеалкилирования, испытанному при температуре 600 °C (при T<500 °C исследованные промышленные катализаторы практически не проявляют деалкилирующих свойств). При этом гидрообессеривающая активность приведенной каталитической системы сопоставима с активностью промышленного катализатора гидроочистки.

Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность каталитического способа получения бензола при температурной гидропереработке алкиларomaticеских углеводородов, является длительность межрегенерационного периода цикла работы катализатора, которая зависит от скорости отложения углеродистых образований в условиях рассматриваемого процесса. Из [8] известно, что толуол, тиофен, гептан являются коксогенными компонентами. Доля коксовых отложений, образующихся на поверхности катализатора, связано с количеством вышеназванных компонентов в

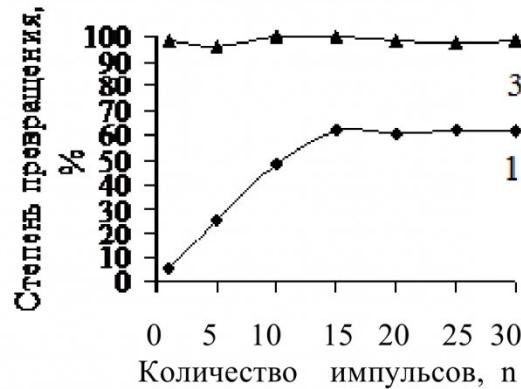
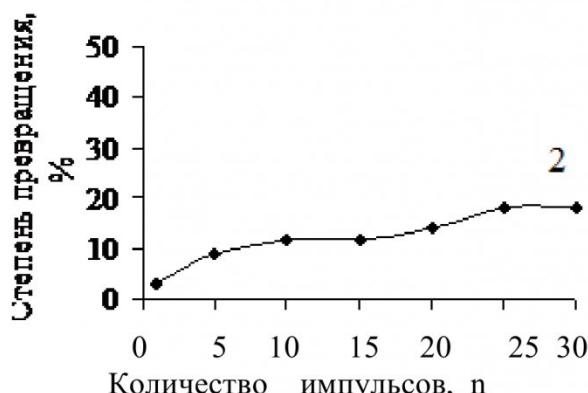


Рис.4 Устойчивость 5%NiO-5%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃ каталитической системы при закоксовывании различными компонентами: 1 – толуол, 2 – гептан, 3 – тиофен

сырье. Изучена динамика отложения углерода на катализаторе состава 5%NiO-5%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃.

Из приведенных данных (рис. 4) видно, что катализитическая система состава 5%NiO-5%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃ устойчива к действию основных коксогенных элементов.

Отложение углеродистых отложений, имеющее место при гидроалкилировании алкилароматических углеводородов, вообще свойственно практически, всем высокотемпературным гидрогенизационным процессам. Отложение углеродных остатков на поверхности катализатора в случае гидроалкилирования происходит преимущественно вследствие протекания реакций между ароматическими углеводородами и непредельными соединениями, а также в результате процессов дегидро-конденсации ароматических ядер. Повышение температуры интенсифицирует процессы

коксообразования, а увеличение давления водорода, наоборот, подавляет отложение углеродных остатков. Однако, полностью подавить реакции образования углеродных остатков не удается; поэтому необходимо периодически производить регенерацию катализатора.

Уменьшение процессов коксообразования и повышение устойчивости работы катализатора при гидропереработке бензолсодержащего сырья, таким образом, являются одними из важнейших направлений совершенствования процессов получения бензола методом каталитического гидроалкилирования алкилароматических углеводородов.

Таким образом можно сделать вывод, что катализатор состава 5%NiO-5%V₂O₅-10%MoO₃/γ-Al₂O₃ можно использовать в процессе каталитической очистки фракций сырого бензола коксохимического производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кауфман, А.А. Технология коксохимического производства / А.А. Кауфман, Г.Д. Харлампович. – Екатеринбург, 2005. – 289с.
2. Катализитические превращения примесей сопутствующих бензолу, в процессе гидрокрекинга бензолсодержащих фракций продуктов пиролиза твердых топлив / И.Я. Петров, В.Н. Допшак, О.В. Золотарев, А.Г. Бяков, Б.Г. Трясунов // Вестник КузГТУ. 2004. – № 4. – С. 64-74.
3. Гидроалкилирование толуола в присутствии катализаторов на основе NiO-V₂O₅-композиций / И.Я. Петров, А.Г. Бяков, О.В. Золотарев, Б.Г. Трясунов // Материалы 5 Международной научно-практической конференции "Химия нефти и газа". Томск. 2003. - С. 407-410.
4. Влияние добавки MoO₃ на свойства катализитических систем / А.Г. Бяков, И.Я. Петров, Б.Г. Трясунов // Материалы XII Межд. науч.-практ. конф. "Химия – XXI век: новые технологии, новые продукты". Кемерово. 2009. - С. 196-198.
5. Полифункциональный катализатор для переработки фракций бензола / А.Г. Бяков, Б.Д. Зубицкий, И.Я. Петров, Б.Г. Трясунов // Кокс и химия. 2009.- № 5. - С. 27-30.
6. Влияние температуры прокаливания и порядка нанесения компонентов на активность NiO-V₂O₅-MoO₃/γ-Al₂O₃ – катализатора переработки углеводородов / А.Г. Бяков, Б.Д. Зубицкий, И.Я. Петров, Б.Г. Трясунов // Ползуновский вестник. 2009.- №3. - С. 274-278.
7. Термогравиметрическое исследование процесса восстановления образцов системы NiO-V₂O₅ в температурно-программированном режиме / И.Я. Петров [и др.]. // Материалы Межд. науч.-технич. конф. "Современные материалы и технологии". Пенза. 2002. - С. 69-73.
8. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. -679с.

Авторы статьи

Бяков
Алексей Геннадьевич
канд. хим. наук, доц. каф.
химической технологии твердого
топлива КузГТУ
Тел.8-384-2-39-63-08

Петров
Иван Яковлевич
канд. хим. наук, старший
научный сотрудник лаборатории
катализа в углехимии Института
углехимии и химического мате-
риаловедения СО РАН

Допшак
Вячеслав Николаевич
канд. техн. наук, доц каф.
химической технологии твердого
топлива КузГТУ
Тел.8-384-2-39-63-08

Трясунов
Борис Григорьевич
докт. хим. наук, проф каф. угле-
химии, пластмасс и инженерной
защиты окружающей среды Куз-
ГТУ. Тел. 8-3942_39-69-38