

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047818**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2024.09.16**

**(21)** Номер заявки  
**202292567**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2021.03.12**

**(51)** Int. Cl. **C07C 11/04** (2006.01)  
**C07C 11/06** (2006.01)  
**C07C 1/20** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ ПРЕВРАЩЕНИЯ МЕТАНОЛА В РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ**

---

**(31)** 202010173916.2

**(32)** 2020.03.13

**(33)** CN

**(43)** 2022.11.02

**(86)** PCT/CN2021/080383

**(87)** WO 2021/180195 2021.09.16

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ЧАЙНА ПЕТРОЛЕУМ ЭНД  
КЕМИКАЛ КОРПОРЕЙШН;  
ШАНХАЙ РЕСЕРЧ ИНСТИТЬЮТ  
ОФ ПЕТРОКЕМИКАЛ  
ТЕКНОЛОДЖИ, СИНОПЕК (CN)**

**(72)** Изобретатель:  
**Ци Гочжэнь, Цао Цзин, Ли Сяохун,  
Ван Хунтао, Ван Ли, Ван Яньсюэ (CN)**

**(74)** Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

**(56)** QI, Guozhen et al. "Performance Analysis of Methanol to Olefins Process in Fluidized Bed Reactor". Chemical Engineering of Oil & Gas, vol. 42, No. 3, 31 December 2013 (2013-12-31), ISSN: 1007-3426, page 243 section 1, page 244 figure 1, page 245 section 3.4, figure 2

WANG, Weilin. "Non-official translation: Measures for Improving Ethylene and Propylene Production in MTO Plant". Chemical Engineering & Equipment, No. 2, 28 February 2018 (2018-02-28), ISSN: 1003-0735, pages 55-57 sections 1-6, tables 1-3  
CN-A-1617842  
CN-A-101698629  
CN-A-110452087  
WO-A2-2013030235  
US-B1-6552240

---

**(57)** Изобретение относится к способу превращения метанола в реакторе с псевдоожиженным слоем, включающему: подачу метанолсодержащего сырья в реактор с псевдоожиженным слоем, контактирование сырья с катализатором с получением продукта и содержащего этилен и пропилен, при эффективных условиях; реактор с псевдоожиженным слоем включает зону фазы-разбавителя и зону плотной фазы, причем разность температур фазы-разбавителя между любыми областями зоны фазы-разбавителя, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% (предпочтительно больше чем 0,01 мас.%), в реакторе с псевдоожиженным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 20°C, и разность температур плотной фазы между любыми областями в зоне плотной фазы, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% (предпочтительно больше чем 0,01 мас.%), в реакторе с псевдоожиженным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 10°C.

---

**047818 B1**

**047818 B1**

### Область техники

Изобретение относится к способу превращения метанола в реакторе с псевдоожиженным слоем.

### Уровень техники

Низшие олефины включают преимущественно этилен и пропилен, которые представляют собой два важных основных химических сырьевых материала. В последние годы предприняты усилия по поиску нефтяных источников для получения продукта, который удовлетворяет спрос на эти низшие олефиновые материалы. Внимание предшествующего уровня техники в значительной степени сосредоточено на возможности использования углеводородных кислородсодержащих соединений, особенно метанола, в качестве основного источника необходимого альтернативного сырья. Силикоалюмофосфатные молекулярные сита, особенно молекулярные сита SAPO-34, в процессах превращения метанола в олефины демонстрируют относительно высокую конечную селективность по этилену и пропилену и более низкую селективность по парафинам и C<sub>4</sub>- или более олефинам.

Документ CN1404462A раскрывает способ функционирования реакции превращения кислородсодержащих соединений в олефины с получением большого количества важнейших олефинов. Продукт получают за счет работы в пределах параметров требуемой среднечасовой объемной скорости и парциального давления кислородсодержащего соединения. Управление реакцией с целью подачи кислородсодержащего соединения при показателе количественного соотношения кислородсодержащего соединения, по меньшей мере, 0,5 и регулирование среднечасовой объемной скорости и молярного потока кислородсодержащего соединения в реакторе для поддержания коэффициента компенсации (парциальное давление)-скорость, по меньшей мере, 0,1 фунт<sup>-1</sup>.час<sup>-1</sup> поддерживает селективность по важнейшим олефинам, по меньшей мере, 45 мас. %.

Документ CN1723262A раскрывает многоступенчатый лифт-реактор, оборудованный центральным контуром катализатора для способа превращения оксидов в низшие олефины, который включает множество лифт-реакторов, зону разделения газа и твердого вещества, множество элементов сдвига и т.п., причем каждый лифт-реактор имеет отверстие для введения катализаторов, а зона разделения отделяет катализатор от газообразного продукта. Выход низших олефинов в пересчете на углерод в этом способе составляет обычно 75-80%.

Документ CN101270020B раскрывает способ производства низших олефинов из метанола, и этот способ включает нагревание кислородсодержащего сырьевого материала, содержащего метанол, и введение в контакт сырьевого материала с катализатором на основе силикоалюмофосфатного молекулярного сита в реакторе при условиях температуры реакции 300-600°C, среднечасовой скорости кислородсодержащего сырьевого материала 1-50 час<sup>-1</sup> и реакционного давления (манометрическое давление) 0,05-10 МПа.

Однако с ростом на рынке потребности в этилене и пропилене вопрос, как улучшить выход этилена и пропилена путем оптимизации условий реакции, всегда является целью, преследуемой в данной области техники.

### Сущность изобретения

Авторы настоящего изобретения обнаружили, что в случае способа превращения метанола в реакторе с псевдоожиженным слоем путем регулирования разности температур на уровне 20°C или меньше в области, где присутствует метанол, особенно в области, где метанол преобразован не полностью, может быть обеспечена как высокая конверсия метанола, так и высокая селективность по низшим олефинам.

Авторы настоящего изобретения обнаружили, что регулирование разности температур в зоне, где присутствует метанол, особенно в зоне, где концентрация метанола относительно высокая, такой как зона плотной фазы или зона быстрого слоя, является более предпочтительным для достижения высокой селективности по низшим олефинам для способа превращения метанола в реакторе с псевдоожиженным слоем.

Авторы настоящего изобретения также обнаружили, что для способа превращения метанола в реакторе с псевдоожиженным слоем дополнительное регулирование разности температур в зоне фазы-разбавителя, где присутствует метанол, в дополнение к зоне плотной фазы, описанной выше, является также выгодным для достижения высокой селективности по низшим олефинам.

Авторы настоящего изобретения также обнаружили, что пропорция смешения катализаторов, имеющих низкое количество отложений кокса, с катализаторами, имеющими высокое количество отложений кокса, является решающим для повышения селективности по олефинам.

Авторы настоящего изобретения также обнаружили, что характеристики реакции метанольного сырьевого материала на катализаторах с разными количествами коксовых отложений имеют большие различия, и, в частности, когда метанол вводят в реакцию на катализаторе с количеством коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, селективность по низшим олефинам сильно снижается, тогда как необходимо, чтобы катализатор имел количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.% для обеспечения высокой конверсии сырьевого материала.

Авторы настоящего изобретения также обнаружили, что после возвращения регенерированных катализаторов из регенератора в реактор с псевдоожиженным слоем критическим является хорошее рас-

пределение регенерированных катализаторов внутри реактора. Эта часть катализаторов оказывает влияние не только на среднее количество коксовых отложений в реакторе, но также на температурный профиль реактора. Когда метанольный сырьевой материал контактирует с высокотемпературным и высокоактивным регенерированным катализатором, селективность по олефинам может быть сильно уменьшена. Когда регенерированные катализаторы распределены неравномерно, соответственно температура внутри реактора не будет равномерной, что также влияет на селективность по олефину.

Настоящее изобретение реализовано на основе этих открытий.

Если говорить конкретно, то настоящее изобретение предлагает, например, следующие варианты осуществления.

1. Способ превращения метанола в реакторе с псевдооживленным слоем, включающий: подачу метанолсодержащего сырья в реактор с псевдооживленным слоем и контактирование сырья с катализатором с получением продукта, содержащего этилен и пропилен, в эффективных условиях; реактор с псевдооживленным слоем включает зону фазы-разбавителя и зону плотной фазы, отличающийся тем, что разность температур фазы-разбавителя между любыми областями зоны фазы-разбавителя, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% (предпочтительно больше чем 0,01 мас.%), в реакторе с псевдооживленным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 20°C, и разность температур плотной фазы между любыми областями в зоне плотной фазы, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% (предпочтительно больше чем 0,01 мас.%), в реакторе с псевдооживленным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 10°C.

2. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что разность температур фазы-разбавителя в реакторе с псевдооживленным слоем составляет меньше чем 10°C и/или разность температур плотной фазы в реакторе с псевдооживленным слоем составляет меньше чем 10°C.

3. Способ по любому варианту осуществления 1 и 2, отличающийся тем, что эффективные условия включают: катализаторы в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют количество коксовых отложений 1,5-10 мас.%, предпочтительно 2-8 мас.%, более предпочтительно 4-7 мас.%, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе.

4. Способ по варианту осуществления 3, отличающийся тем, что в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.% в реакторе с псевдооживленным слоем, катализаторы, имеющие количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, составляют в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе от 1 до 20 мас.%, предпочтительно от 1,5 до 10 мас.%, более предпочтительно от 2 до 5 мас.%, из расчета на общую массу катализаторов в реакторе с псевдооживленным слоем.

5. Способ по варианту осуществления 4, отличающийся тем, что в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.% в реакторе с псевдооживленным слоем, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе катализаторы, имеющие коксовые отложения от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляют от 10 до 70 мас.%, предпочтительно от 15 до 60 мас.%, от 20 до 50 мас.% или от 30 до 45 мас.%; и катализаторы, имеющие количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляют от 10 до 88 мас.%, предпочтительно от 15 до 80 мас.%, от 20 до 70 мас.% или от 30 до 60 мас.%

6. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что эффективные условия включают температуру реакции 400-550°C и реакционное давление 0-1 МПа.

7. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, в котором отработанный катализатор образуется в результате дезактивации катализатора в реакционной зоне, отработанный катализатор вводят в регенератор через наклонную линию отработки для регенерации с получением регенерированного катализатора, и регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем через наклонную линию регенерации; отличающийся тем, что разность количества коксовых отложений между отработанным катализатором и регенерированным катализатором составляет меньше чем 7 мас.%, предпочтительно меньше чем 6 мас.%, более предпочтительно меньше чем 4 мас.%.

8. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что активным компонентом катализатора является силикоалюмофосфатное молекулярное сито; причем силикоалюмофосфатное молекулярное сито представляет собой SAPO-18, SAPO-34, SAPO-5 или их комбинацию, предпочтительно SAPO-34; и/или реактор с псевдооживленным слоем выполнен в форме слоя плотной фазы, турбулентного слоя или быстрого псевдооживленного слоя.

9. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что устройство регулирования температуры оборудовано внутри и/или снаружи реактора с псевдооживленным слоем.

10. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что нижняя часть реакционной зоны оборудована выпускным отверстием наклонной линии регенерации, выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, а распределитель катализатора расположен по существу горизонтально вдоль радиального направления реакционной зоны.

11. Способ по варианту осуществления 10, отличающийся тем, что подающая среда в распределителе катализатора представляет собой, по меньшей мере, одну среду, выбираемую из пара, кислородсодержащих побочных продуктов и C<sub>4</sub>-углеводородов; где кислородсодержащие побочные продукты содержат ацетон и ацетальдегид.

### Технические эффекты

В соответствии со способом по настоящему изобретению может быть обеспечена не только высокая конверсия сырьевых материалов, но также может быть гарантирована высокая селективность по низшим олефинам.

### Варианты осуществления изобретения

Ниже настоящее изобретение дополнительно проиллюстрировано более подробно, при этом следует понимать, что объем изобретения не ограничен этими вариантами осуществления, а определяется прилагаемой формулой изобретения.

Все публикации, патентные заявки, патенты и другие ссылки, упомянутые в данном описании, включены в настоящий документ посредством ссылки во всей их полноте. Если не определено конкретно, все технические и научные термины, используемые здесь, имеют то же значение, которое обычно понимают специалисты в области техники, к которой относится данное изобретение. В случае конфликта настоящее описание, включая определения, будет иметь преимущественную силу.

Когда в настоящем описании упоминается материал, вещество, метод, стадия, устройство или компонент и т.д. с производными словами "известный специалистам в данной области техники", "известный уровень техники" и т.п., производный термин предназначен для охвата терминов, которые обычно используют в области настоящей заявки, но также охватывает термины, которые в настоящее время не известны, и в то же время станут известны в данной области техники как пригодные для аналогичных целей.

В контексте данного описания способы получения молекулярных сит SAPO или катализаторов на основе молекулярного сита SAPO хорошо известны в данной области.

В контексте настоящего описания количество коксовых отложений катализаторов в реакционной зоне является фактически средним значением. Это связано с тем, что в реакторе с псевдооживленным слоем существует циркуляция катализатора между взаимодействием и регенерацией, приводящая к катализаторам, имеющим низкое количество отложений кокса, и катализаторам, имеющим высокое количество отложений кокса, так что неизбежно имеет место смешение множества струй катализаторов.

В контексте данного описания количество коксовых отложений (или среднее количество коксовых отложений) катализатора рассчитывают как массу отложения кокса на катализаторе, поделенную на массу катализатора. Способ измерения массы отложений кокса на катализаторе включает следующие стадии: взвешивание 0,1-1 г углеродсодержащего катализатора, размещение катализатора в высокотемпературном анализаторе углерода для сжигания и измерения массы диоксида углерода, образовавшегося при сжигании с помощью инфракрасных лучей, с получением массы отложений кокса на катализаторе. Чтобы определить количество коксовых отложений катализатора в реакционной зоне, аликвоты катализатора в небольших равных количествах можно отбирать непрерывно или периодически из различных мест реакционной зоны.

Все проценты, части, соотношения и т.п., приведенные в данном описании, указаны по массе, а давление является манометрическими, если явно не указано иное.

В контексте этого описания любые два или более варианта осуществления изобретения могут быть объединены с формированием варианта осуществления, и полученный вариант осуществления представляет собой часть первоначального раскрытия данного описания и находится в пределах объема охраны изобретения.

#### Пример 1

Метанольный сырьевой материал (с чистотой метанола 95 мас.%) подают в реакционную зону быстро псевдооживленного слоя (далее называемую реакционной зоной с псевдооживленным слоем) и вводят в контакт с катализатором на основе молекулярного сита SAPO-34 с образованием продукта, содержащего этилен и пропилен, при эффективных условиях. Катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем инактивируют с образованием отработанного катализатора, и этот отработанный катализатор подают в регенератор для регенерации с получением регенерированного катализатора, при этом регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем. Разность между количествами коксовых отложений отработанного катализатора и регенерированного катализатора составляет 5 мас.%. Газовую фазу и катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем быстро разделяют с помощью устройства разделения по окончании реакции или после выхода из реакционной зоны с псевдооживленным слоем. Эффективные условия включают: температуру реакции 450°C, манометрическое давление реакции 0,15 МПа, и, в пересчете на массу молекулярного сита на катализаторе в реакторе с псевдооживленным слоем, любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 4°C и коксовые отложения катализатора 1,5 мас.%, причем катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, составляет 2 мас.%, катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет 68 мас.%, и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет 23 мас.%, из расчета на весь катализатор в реакторе с псевдооживленным слоем. Выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, и этот

распределитель катализатора расположен горизонтально вдоль радиального направления реактора с псевдооживленным слоем, чтобы равномерно распределять регенерированный катализатор по радиальной плоскости реакционной зоны реактора с псевдооживленным слоем. Подающей средой в распределителе катализатора является пар. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола составляет 99,98%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод равна 83,07%.

#### Пример 2

Метанольный сырьевой материал (с чистотой метанола 95 мас.%) подают в реакционную зону с быстрым псевдооживленным слоем, вводят в контакт с катализатором на основе молекулярного сита SAPO-34 с образованием продукта, содержащего этилен и пропилен, при эффективных условиях. Катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем инактивируют с образованием отработанного катализатора, и этот отработанный катализатор подают в регенератор для регенерации с получением регенерированного катализатора, при этом регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем. Разность между количествами коксовых отложений отработанного катализатора и регенерированного катализатора составляет 5 мас.%. Газовую фазу и катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем быстро разделяют с помощью устройства разделения по окончании реакции или после выхода из реакционной зоны с псевдооживленным слоем. Эффективные условия включают: температуру реакции 450°C, манометрическое давление реакции 0,15 МПа, и, в пересчете на массу молекулярного сита на катализаторе в реакторе с псевдооживленным слоем, любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 4°C и коксовые отложения катализатора 5,5 мас.%, причем катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, составляет 10 мас.%, катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет 50 мас.%, и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет 35 мас.%, из расчета на весь катализатор в реакторе с псевдооживленным слоем. Выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, и этот распределитель катализатора расположен горизонтально вдоль радиального направления реактора с псевдооживленным слоем, чтобы равномерно распределять регенерированный катализатор по радиальной плоскости реакционной зоны реактора с псевдооживленным слоем. Подающей средой в распределителе катализатора является пар. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола составляет 99,95%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод равна 84,13%.

#### Пример 3

Метанольный сырьевой материал (с чистотой метанола 95 мас.%) подают в реакционную зону с быстрым псевдооживленным слоем, вводят в контакт с катализатором на основе молекулярного сита SAPO-34 с образованием продукта, содержащего этилен и пропилен, при эффективных условиях. Катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем инактивируют с образованием отработанного катализатора, и этот отработанный катализатор подают в регенератор для регенерации с получением регенерированного катализатора, при этом регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем. Разность между количествами коксовых отложений отработанного катализатора и регенерированного катализатора составляет 5 мас.%. Газовую фазу и катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем быстро разделяют с помощью устройства разделения по окончании реакции или после выхода из реакционной зоны с псевдооживленным слоем. Эффективные условия включают: температуру реакции 400°C, манометрическое давление реакции 0,05 МПа, и, в пересчете на массу молекулярного сита на катализаторе в реакторе с псевдооживленным, слоем любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 9°C и коксовые отложения катализатора 1,5 мас.%, причем катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, составляет 1,5 мас.%, катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет 43 мас.%, и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет 53 мас.%, из расчета на весь катализатор в реакторе с псевдооживленным слоем. Выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, и этот распределитель катализатора расположен горизонтально вдоль радиального направления реактора с псевдооживленным слоем, чтобы равномерно распределять регенерированный катализатор по радиальной плоскости реакционной зоны реактора с псевдооживленным слоем. Подающей средой в распределителе катализатора является пар. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола составляет 99,06%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод равна 82,56%.

#### Пример 4

Метанольный сырьевой материал (с чистотой метанола 95 мас.%) подают в реакционную зону с быстрым псевдооживленным слоем, вводят в контакт с катализатором на основе молекулярного сита SAPO-34 с образованием продукта, содержащего этилен и пропилен, при эффективных условиях. Катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем инактивируют с образованием отработанного катализатора, и этот отработанный катализатор подают в регенератор для регенерации с получением ре-

генерированного катализатора, при этом регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем. Разность между количествами коксовых отложений отработанного катализатора и регенерированного катализатора составляет 6 мас.%. Газовую фазу и катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем быстро разделяют с помощью устройства разделения по окончании реакции или после выхода из реакционной зоны с псевдооживленным слоем. Эффективные условия включают: температуру реакции 550°C, манометрическое давление реакции 1,0 МПа, и, в пересчете на массу молекулярного сита на катализаторе в реакторе с псевдооживленным слоем, любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 9°C и коксовые отложения катализатора 8 мас.%, причем катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, составляет 18 мас.%, катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет 30 мас.%, и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет 48 мас.%, из расчета на весь катализатор в реакторе с псевдооживленным слоем. Выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, и этот распределитель катализатора расположен горизонтально вдоль радиального направления реактора с псевдооживленным слоем, чтобы равномерно распределять регенерированный катализатор по радиальной плоскости реакционной зоны реактора с псевдооживленным слоем. Подающей средой в распределителе катализатора является С<sub>4</sub>. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола составляет 99,99%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод равна 85,44%.

#### Пример 5

Метанольный сырьевой материал (с чистотой метанола 95 мас.%) подают в реакционную зону турбулентного псевдооживленного слоя и вводят в контакт с катализатором на основе молекулярного сита SAPO-34 с образованием продукта, содержащего этилен и пропилен, при эффективных условиях. Катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем инактивируют с образованием отработанного катализатора, и этот отработанный катализатор подают в регенератор для регенерации с получением регенерированного катализатора, при этом регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем. Разность между количествами коксовых отложений отработанного катализатора и регенерированного катализатора составляет 5 мас.%. Газовую фазу и катализатор в реакционной зоне с псевдооживленным слоем быстро разделяют с помощью устройства разделения по окончании реакции или после выхода из реакционной зоны с псевдооживленным слоем. Эффективные условия включают: температуру реакции 480°C, манометрическое давление реакции 0,15 МПа, и, в пересчете на массу молекулярного сита на катализаторе в реакторе с псевдооживленным слоем, любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1% масс, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 2°C и коксовые отложения катализатора 4,5 мас.%, причем катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, составляет 5 мас.%, катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет 65 мас.%, и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет 25 мас.%, из расчета на весь катализатор в реакторе с псевдооживленным слоем. Выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, и этот распределитель катализатора расположен горизонтально вдоль радиального направления реактора с псевдооживленным слоем, чтобы равномерно распределять регенерированный катализатор по радиальной плоскости реакционной зоны реактора с псевдооживленным слоем.

Подающей средой в распределителе катализатора является кислородсодержащий побочный продукт. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола составляет 99,93%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод составляет 84,09%.

#### Сравнительный пример 1

Следуют условиям и методикам, описанным в примере 5, за исключением того, что любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 22°C. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола равна 99,74%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод равна 81,17%.

#### Сравнительный пример 2

Следуют условиям и методикам, описанным в примере 5, за исключением того, что любые области, имеющие концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеют разность температур 27°C. Результаты анализа проб показывают, что конверсия метанола равна 99,33%, а селективность по этилену+пропилен в пересчете на углерод равна 80,55%.

Очевидно, что способ по настоящему изобретению может достичь цели повышения выхода низших олефинов и, следовательно, его можно использовать для промышленного производства низших олефинов.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ превращения метанола в реакторе с псевдооживленным слоем, включающий подачу метанола содержащего сырья в реактор с псевдооживленным слоем и контактирование сырья с катализатором с получением продукта, содержащего этилен и пропилен, в эффективных условиях; причем реактор с псевдооживленным слоем включает зону фазы-разбавителя и зону плотной фазы, отличающийся тем, что разность температур фазы-разбавителя между любыми областями зоны фазы-разбавителя, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 20°C, и разность температур плотной фазы между любыми областями в зоне плотной фазы, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 10°C.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что разность температур фазы-разбавителя между любыми областями зоны фазы-разбавителя, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 20°C, и разность температур плотной фазы между любыми областями в зоне плотной фазы, имеющими концентрацию метанола больше чем 0,01 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем контролируют так, чтобы она была меньше чем 10°C.

3. Способ по любому из пп. 1, 2, отличающийся тем, что разность температур фазы-разбавителя в реакторе с псевдооживленным слоем составляет меньше чем 10°C и/или разность температур плотной фазы в реакторе с псевдооживленным слоем составляет меньше чем 10°C.

4. Способ по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что эффективные условия включают: катализатор в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеет количество коксовых отложений 1,5-10 мас.%, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что эффективные условия включают: катализатор в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.%, в реакторе с псевдооживленным слоем имеет количество коксовых отложений 4-7 мас.%, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе.

6. Способ по п.4, отличающийся тем, что в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% в реакторе с псевдооживленным слоем, катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе составляет от 1 до 20 мас.%, из расчета на общую массу катализаторов в реакторе с псевдооживленным слоем.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% в реакторе с псевдооживленным слоем, катализатор, имеющий количество коксовых отложений меньше чем 3 мас.%, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе составляет от 2 до 5 мас.%, из расчета на общую массу катализаторов в реакторе с псевдооживленным слоем.

8. Способ по п.6, отличающийся тем, что в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% в реакторе с псевдооживленным слоем, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе, катализатор, имеющий коксовые отложения от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет от 10 до 70 мас.%; и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет от 10 до 88 мас.%.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что в областях, имеющих концентрацию метанола больше чем 0,1 мас.% в реакторе с псевдооживленным слоем, в пересчете на массу молекулярного сита в катализаторе, катализатор, имеющий коксовые отложения от 3 мас.% до меньше чем 5 мас.%, составляет от 30 до 45 мас.%; и катализатор, имеющий количество коксовых отложений от 5 до 10 мас.%, составляет от 30 до 60 мас.%.

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что эффективные условия включают температуру реакции 400-550°C и реакционное давление 0-1 МПа.

11. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором отработанный катализатор получают в результате дезактивации катализатора в реакционной зоне, отработанный катализатор вводят в регенератор через наклонную линию отработки для регенерации с получением регенерированного катализатора, и регенерированный катализатор возвращают в реакционную зону с псевдооживленным слоем через наклонную линию регенерации, отличающийся тем, что разность количеств коксовых отложений между отработанным катализатором и регенерированным катализатором составляет меньше чем 7 мас.%.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что разность количеств коксовых отложений между отработанным катализатором и регенерированным катализатором составляет меньше чем 4 мас.%.

13. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что активным компонентом катализатора является силикоалюмофосфатное молекулярное сито; причем силикоалюмофосфатное молекулярное сито представляет собой SAPO-18, SAPO-34, SAPO-5 или их комбинацию; и/или реактор с псевдооживленным слоем выполнен в форме турбулентного слоя или быстрого псевдооживленного слоя.

14. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что устройство регулирования температуры оборудовано внутри и/или снаружи реактора с псевдооживленным слоем.

15. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что нижняя часть реакционной зоны оборудована выпускным отверстием наклонной линии регенерации, выпускное отверстие наклонной линии регенерации оснащено распределителем катализатора, и распределитель катализатора расположен, по существу, горизонтально вдоль радиального направления реакционной зоны.

16. Способ по п.15, отличающийся тем, что в распределитель катализатора вводят среду, которая представляет собой по меньшей мере одну среду, выбираемую из пара, кислородсодержащих побочных продуктов и  $C_4$ -углеводородов; где кислородсодержащие побочные продукты содержат ацетон и ацетальдегид.

