

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042231**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.25

(21) Номер заявки
202190604

(22) Дата подачи заявки
2019.09.06

(51) Int. Cl. **B01J 37/18** (2006.01)
C07C 29/141 (2006.01)
B01J 23/72 (2006.01)
B01J 23/86 (2006.01)

(54) **СПОСОБ АКТИВАЦИИ ОКИСЛЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

(31) **1814682.9**

(32) **2018.09.10**

(33) **GB**

(43) **2021.06.03**

(86) **PCT/GB2019/052485**

(87) **WO 2020/053555 2020.03.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ДЖОНСОН МЭТТЕЙ ДЭЙВИ
ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛИМИТЕД (GB)**

(72) Изобретатель:
Бейнбридж Майкл (GB)

(74) Представитель:
Нагорных И.М. (RU)

(56) EP-A1-2324922
EP-A1-0657214
US-B1-6303535
US-A1-2018126361

(57) Изобретение относится к способу активации катализаторов в жидкой фазе. Такие активированные катализаторы особенно применимы при гидрировании альдегидов до спиртов. Таким образом, изобретение относится к способу гидрирования альдегидов до спиртов в присутствии катализатора, который был активирован в соответствии с первым аспектом изобретения.

042231

B1

042231

B1

Настоящее изобретение относится к способу активации катализаторов. Более конкретно, настоящее изобретение относится к способу активации катализаторов, которые предназначены для применения в гидрировании альдегидов до спиртов. В дополнительном аспекте настоящее изобретение относится к способу гидрирования альдегидов до спиртов в присутствии катализатора, который был активирован в соответствии с первым аспектом настоящего изобретения.

Гидрирование альдегидов до спиртов осуществляется в промышленном масштабе, и оно является важной частью промышленного производства спиртов. Типичные исходные материалы для таких способов включают *n*-бутиральдегид, изобутиральдегид, этилпропилакролеин или изонониловый альдегид, а типичные продукты включают *n*-бутанол, изобутанол, 2-этилгексанол, 2-пропилгептанол и изонониловый спирт.

Реакция получения спиртов путем гидрирования альдегида является очень экзотермической. Тепло реакции по существу удаляют путем циркуляции альдегида в избытке газа-носителя. Один пример способа такого типа описан в публикации *Hydrocarbon Processing*, March 1993, с. 67-74, содержание которой включено в настоящий документ путем ссылки, или в избытке жидкости. Тепло реакции по существу отводится от циркулирующего газа или жидкости путем теплообмена. Особое внимание уделяется совершенствованию способа, осуществляемого в жидкой фазе, поскольку с коммерческой точки зрения циркуляция и отвод тепла от потока жидкости более эффективны по сравнению с газообразным потоком, для которого требуется специальное оборудование, такое как компрессоры.

Катализаторы используются для гидрирования альдегидов до спиртов и обычно являются гетерогенными катализаторами. Гетерогенные катализаторы являются твердыми и могут быть выбраны из катализаторов, содержащих медь, никель и кобальт. Подходящие медные катализаторы могут включать промоторы, такие как (без ограничений) никель, хром или цинк. Катализаторы могут дополнительно содержать марганец или барий. Они также могут присутствовать на подложке, такой как оксид алюминия, кремнезем, оксид хрома, оксид циркония или углерод.

На практике катализаторы поставляют в частично или полностью окисленной форме, вследствие чего их можно безопасно транспортировать и устанавливать в реакторе. Частичное окисление, как правило, представляет собой поверхностное окисление. После установки катализатора в реактор необходимо восстановить катализатор, прежде чем его можно использовать для катализа требуемой реакции. Этот способ восстановления катализатора по существу известен как способ активации или в более общем смысле как "активация". Активация представляет собой экзотермический процесс, осуществляемый путем обработки катализатора восстанавливающим агентом, таким как водород. Желательно активировать катализатор как можно быстрее, чтобы свести к минимуму время простоя реактора.

Известны способы активации в газовой фазе и жидкой фазе. С этими способами активации связаны различные недостатки.

Одна проблема связана со значительным количеством тепла, которое образуется в способе активации. Выделение тепла может приводить к перегреву, либо в целом, либо локально. Такой перегрев может привести к ухудшению характеристик катализатора, поскольку может произойти спекание или рост кристаллической фазы. Такое нарушение приведет к снижению активности катализатора и его конечного срока службы.

Дополнительная проблема способов, осуществляемых в жидкой фазе, связана со значительным количеством воды, высвобождаемой в ходе способа активации.

Присутствие воды и/или ухудшение характеристик катализатора за счет перегрева может привести к снижению эффективности способа из-за неполного превращения альдегидного сырья, что будет наблюдаться по присутствию альдегида в спиртовом продукте. Это называется "проскоком альдегида".

Во избежание недостатков, связанных с активацией в жидкой фазе, можно применять способ активации в газовой фазе. Способ активации в газовой фазе, который по своей природе содержит более низкую концентрацию воды в газе, обычно приводит к тому, что катализатор обладает повышенной активностью по сравнению с той, которая достигается с помощью способов активации в жидкой фазе.

Хотя в результате способа активации в газовой фазе по существу получают высокоактивный катализатор, с такими способами связаны недостатки. Одна из проблем относится к требованиям к обеспечению потока газа большого объема. Этот поток газа может быть получен из внешнего источника или можно использовать газ, циркулирующий в реакторной системе. При использовании циркулирующего газа в систему необходимо включить оборудование, включающее компрессор и теплообменник, связанный с циркулирующим газом, которое не требуется для способов активации в жидкой фазе. Таким образом, способы активации в газовой фазе имеют более высокие капитальные и эксплуатационные затраты, чем требуются для способов активации в жидкой фазе.

Дополнительная проблема, связанная со способами активации в газовой фазе, заключается в том, что для охлаждения и смачивания катализатора, а также обеспечения циркуляции жидкости перед началом гидрирования свежего реакционного сырья при нормальных рабочих температурах требуется дополнительное время простоя реактора гидрирования альдегида.

С учетом проблем, связанных со способами, осуществляемыми в газовой фазе, способы активации в жидкой фазе оказались более предпочтительными для промышленных способов.

Таким образом, сохраняется потребность в способе активации в жидкой фазе, который обеспечивает активность катализатора, сравнимую с активностью катализатора, достигаемой с применением способов, осуществляемый в газовой фазе, таким образом, чтобы избежать недостатков, связанных с способами активации в газовой фазе. Авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что, если пиковая концентрация воды, присутствующая во время активации в жидкой фазе, ограничена значением менее 1,5 мас. % (массовый процент жидкой фазы), может быть достигнута активность катализатора, которая выше, чем достигаемая при традиционной активации в жидкой фазе, и предпочтительно эквивалентна активности, достигаемой при активации в газовой фазе.

Таким образом, в первом аспекте настоящего изобретения предложен способ активации катализатора, включающий:

(а) обеспечение реактора, содержащего твердый катализатор, который подлежит активации путем восстановления;

(b) подачу потока жидкого сырья и восстанавливающего агента в реактор;

(с) эксплуатацию реактора таким образом, чтобы восстанавливающий агент вызывал активацию катализатора;

(d) отведение потока жидкости и потока газа из реактора;

и при этом пиковую концентрацию воды в потоке жидкости, отводимом на этапе (d), по существу поддерживают на уровне менее 1,5 мас. % с помощью одного или более из следующего:

регулирования концентрации воды в потоке жидкого сырья, подаваемом на этапе (b);

регулирования скорости отведения потока жидкости, отводимого на этапе (d); и

удаления воды, образовавшейся в реакторе.

Следует понимать, что пиковая концентрация воды в потоке жидкости, отводимом на этапе (d), является мерой пиковой концентрации воды в реакторе. Таким образом, способ будет включать измерение пиковой концентрации воды в потоке, отводимом на этапе (d), и, при ее приближении к концентрации 1,5 мас. %, регулирование содержания воды в сырье и/или расхода потока жидкости, отводимого на этапе (d), до тех пор, пока пиковая концентрация воды не будет поддерживаться на уровне менее 1,5 мас. %.

Путем ограничения пиковой концентрации воды уровнем менее 1,5 мас. % обеспечивается способ активации в жидкой фазе, который приводит к тому, что катализатор имеет повышенную активность по сравнению с достигаемой в способах активации в жидкой фазе, применяемых ранее. Предпочтительно активность катализатора может быть увеличена, по меньшей мере, до уровня, достижимого для способов активации в газовой фазе.

Например, активность имеющегося в продаже катализатора на основе меди/хрома для гидрирования смешанного бутиральдегида до бутанола при активации в газовой фазе действует таким образом, что проскок альдегида в начале нормальной работы составляет приблизительно 300 ч/млн масс./масс. в стандартных условиях испытаний. Напротив, при традиционных активациях в жидкой фазе, которые приводят к образованию значительного количества воды, присутствующей в жидкой фазе (как правило, в диапазоне приблизительно от 2,5 до 8 мас. % в зависимости от конфигурации и объема реакционной системы), проскок альдегида в начале нормальной работы будет составлять приблизительно 2300 ч/млн масс./масс. Однако при использовании способа активации согласно настоящему изобретению проскок альдегида составляет только приблизительно 360 ч/млн масс./масс. и, следовательно, сопоставим с тем, что достигается при активации в газовой фазе.

В способе согласно настоящему изобретению поток, отводимый на этапе (d), имеет пиковую концентрацию воды менее 1,5, менее 1,4, менее 1,3, менее 1,2, менее 1,1 или менее 1,0 мас. %. Поток жидкости, отводимый на этапе (d), предпочтительно имеет пиковую концентрацию воды менее 1,2 и наиболее предпочтительно менее 1,0 мас. %.

Необязательно по меньшей мере часть потока жидкости, отводимого на этапе (d), можно рециркулировать и подавать в реактор на этапе (b). Как правило, такая рециркуляция не требуется, если экзотермическая реакция в реакторе мала, например ниже 10°C, однако рециркуляция потока жидкости, отводимого на этапе (d), является предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения.

Дополнительно или альтернативно поток жидкости, отводимый из реактора на этапе (d), может быть подвергнут обработке, а затем повторно использован (рециркулирован) совместно с потоком жидкого сырья, который должен быть подан в реактор на этапе (b). По существу поток жидкости, удаляемый на этапе (d), можно удалять, обрабатывать и затем повторно вводить в поток жидкого сырья на этапе (b). Указанная обработка может включать процесс сушки, который можно осуществлять, например, путем дистилляции, мембранного разделения или с применением молекулярных сит. Такой процесс сушки позволит удалить воду из потока рециркулированной жидкости и, таким образом, поможет регулировать содержание воды в потоке жидкости. Предполагается, что обработка (предпочтительно процесс сушки) будет проводиться снаружи реактора согласно настоящему изобретению, например в системе обработки в контуре, параллельном реактору, в котором выполняют способ активации. Альтернативно, хотя и менее предпочтительно, удаленный поток жидкости может быть удален, обработан и затем сохранен, например, для использования в последующем способе активации, в последующей реакции с получением продукта или иным способом рециркулирован.

Как правило, реактор, обеспеченный на этапе (а), будет таким, в котором катализируемая реакция должна проводиться после активации катализатора. Иными словами, катализатор по существу будет активирован *in situ*. Реактор может иметь любую конфигурацию, в которой может использоваться гетерогенный катализатор. Реактор может представлять собой реактор с восходящим потоком или реактор с нисходящим потоком. Возможно, хотя менее предпочтительно, чтобы катализатор можно было активировать в первом реакторе, а затем подавать в следующий реактор, в котором проводят требуемую катализируемую реакцию.

Катализатор может быть помещен в реакционную зону реактора, размещен на тарелках внутри реактора или размещен в носителях катализатора, таких как описанные в WO2011/048361 и WO2016/050520, содержание которых включено в настоящий документ путем ссылки.

Катализатор может представлять собой любой подходящий катализатор, который может быть активирован в жидкой фазе путем реакции с восстанавливающим агентом. Катализатор, содержащийся в реакторе, может представлять собой смесь катализаторов. В частности, катализатором является медьсодержащий катализатор. Например, катализатор может представлять собой катализатор на основе меди/хрома, который может содержать никель или барий, катализатор на основе меди/никеля, катализатор на основе меди/цинка или катализатор на основе меди/циркония. В катализаторах также могут присутствовать другие металлы. Дополнительно или альтернативно могут присутствовать промоторы. Такие катализаторы известны специалистам в данной области. Медьсодержащие катализаторы являются особенно предпочтительными для применения в настоящем изобретении, поскольку они широко применяются для гидрирования альдегидов до спиртов, в которой активация *in situ* предпочтительна, а время простоя производства будет преимущественно сведено к минимуму за счет применения способа активации в жидкой фазе в соответствии с настоящим изобретением.

Катализатор может быть в любой подходящей форме, если он является твердым, так что он образует гетерогенную смесь с потоком жидкого сырья, подаваемым в реактор. Например, катализатор может быть в форме порошка, таблетки, цилиндра, экструдата, трилистника, шара или их смесей.

Катализатор может быть обеспечен на подложке. Можно использовать любую подходящую подложку. Например, катализатор может быть размещен на оксиде алюминия, диоксиде кремния, оксиде хрома, оксиде циркония, углеводе или их смеси.

Поток жидкого сырья, подаваемый в реактор на этапе (b), может представлять собой любую подходящую жидкость, в которой будет протекать реакция активации. Жидкость предпочтительно представляет собой продукт, получаемый в ходе реакции, в которой будет использоваться катализатор. Если катализатор должен быть использован при получении спирта из альдегида, жидкость будет соответственно представлять собой спирт. Таким образом, например, когда в результате реакции гидрирования, в которой будет использоваться катализатор, получают бутанол, бутанол будет использоваться в качестве потока жидкого сырья для способа активации согласно настоящему изобретению.

Поток жидкого сырья будет по существу содержать некоторое количество воды. Однако признаком настоящего изобретения (среди прочего) является то, что концентрацию воды в потоке сырья можно регулировать таким образом, чтобы поток жидкости, отводимый на этапе (d), имел пиковую концентрацию воды менее 1,5 мас.%. Такое регулирование может быть достигнуто путем использования "сухого" жидкого сырья, такого как спирт или алкан, имеющего концентрацию воды в потоке жидкого сырья 0,1 мас.% или менее. Концентрация воды в потоке жидкого сырья может составлять 0,05 мас.% или менее.

В настоящем способе активации можно применять любой подходящий восстанавливающий агент. Как правило, восстанавливающим агентом будет газообразный восстанавливающий агент. Восстанавливающий агент может предпочтительно представлять собой водород. Восстанавливающий агент можно добавлять в реактор непрерывно или посредством импульсной подачи.

Можно использовать любую подходящую концентрацию восстанавливающего агента. В одной конструкции начальная концентрация восстанавливающего агента может составлять от приблизительно 2 до приблизительно 100 мол.%, от приблизительно 5 до приблизительно 50 мол.%. Специалисту в данной области будет понятно, что концентрация восстанавливающего агента может изменяться в качестве механизма регулирования скорости активации.

Концентрация восстанавливающего агента может изменяться в ходе способа активации. Например, концентрация может увеличиваться в ходе способа активации. Можно использовать любую подходящую скорость увеличения концентрации восстанавливающего агента, предпочтительно использовать пошаговые увеличения приблизительно на 10 мол.% до тех пор, пока не будет достигнута конечная желаемая концентрация. Таким образом, следует понимать, что по мере протекания реакции активации концентрация восстанавливающего агента в способе активации может увеличиваться от исходного уровня приблизительно 5 до конечной концентрации приблизительно 100 мол.%, или концентрация восстанавливающего агента может увеличиваться от исходного уровня приблизительно 5 до конечной концентрации от приблизительно 50 до приблизительно 100 мол.%.

Соответственно, поток жидкого сырья и восстанавливающий агент можно подавать по отдельности или их можно объединять перед подачей в реактор. При подаче рециркуляционного потока на этапе (b),

он может подаваться непосредственно в реактор или может быть объединен с потоком жидкого сырья, восстанавливающим агентом или с ними обоими.

Способ активации может осуществляться в присутствии инертного газа. Можно использовать любой подходящий инертный газ. Подходящим инертным газом может быть аргон или азот. Когда инертным газом является азот, можно отметить некоторые преимущества, такие как стоимость или доступность. Инертный газ, как правило, подают в реактор в сочетании с восстанавливающим агентом.

Способ активации будет проводиться в любых подходящих условиях реакции. Способ активации выполняют при любой подходящей температуре и любом подходящем давлении. Температура и давление, обеспечиваемые в реакторе, будут зависеть от используемого жидкого сырья и/или восстанавливающего агента, а также от активируемого катализатора. Начальная температура и максимальная температура могут быть известны из предшествующего опыта с выбранным жидким сырьем, восстанавливающим агентом и катализатором, конструкцией и насадкой реактора, а также наличием рециркуляции. В альтернативном варианте осуществления начальная температура и максимальная температура могут быть определены экспериментально, например, с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Предпочтительно при активации катализаторов, подходящих для применения в способе гидрирования альдегида до спирта, температура активации не будет превышать 200°C.

Более конкретно, способ можно проводить в диапазоне от исходной температуры окружающей среды до приблизительно 200°C. Однако можно использовать и другие температурные диапазоны, чтобы способ можно было осуществлять при температуре от приблизительно 130 до приблизительно 180°C.

Температура может быть увеличена в ходе способа от начальной температуры окружающей среды до рабочей температуры (в некоторых случаях активация катализатора начнется только после достижения пороговой температуры активации, хотя это будет зависеть от активируемого катализатора, и это будет известно специалисту в данной области). Температуру можно повышать путем нагрева потока жидкого сырья. Дополнительно или альтернативно температуру можно повышать, нагревая рециркуляционный поток (при его наличии), и это является предпочтительным признаком настоящего изобретения. Можно использовать любую подходящую скорость повышения температуры.

Каждое пошаговое повышение температуры может поддерживаться в течение подходящего периода времени. Подходящий период времени может предусматривать одно или более из следующего:

- период, необходимый для того, чтобы концентрация восстанавливающего агента, выходящего из реактора, совпадала с концентрацией восстанавливающего агента, вводимого в реактор;
- отсутствие дополнительного экзотермического эффекта и
- прекращение образования воды.

Каждое пошаговое повышение температуры может поддерживаться в течение периода, составляющего по меньшей мере приблизительно 90, по меньшей мере приблизительно 120 или по меньшей мере приблизительно 150 мин.

Соответственно, в способе активации должно быть обеспечено положительное общее давление газа. Предпочтительно общее давление газа во время активации может быть по меньшей мере приблизительно на 0,1 бар больше давления пара потока жидкого сырья при рабочей температуре, и предпочтительно по меньшей мере приблизительно на 0,3, по меньшей мере приблизительно на 1, по меньшей мере приблизительно на 2 или по меньшей мере приблизительно на 4 бар. Верхний предел давления ближе к концу способа активации предпочтительно должен приближаться к реакционному давлению последующего катализируемого процесса (как правило, по меньшей мере 20 бар изб.), чтобы реактор находился в состоянии готовности для проведения процесса катализируемой реакции с минимальной потерей времени.

В ходе способа активации можно предпочтительно отслеживать температуру катализатора в реакторе. Во время способа активации можно наблюдать экзотермический эффект. Предпочтительно контролировать наблюдаемый экзотермический эффект для предотвращения перегрева катализатора. Таким образом, если экзотермический эффект превышает определенный уровень, например приблизительно 20°C (в зависимости от активируемого катализатора), предпочтительно охлаждать слой катализатора. Таким образом, способ активации может включать этап охлаждения потока жидкого сырья перед его подачей в реактор. Дополнительно или альтернативно, при наличии рециркуляции, в случае если экзотермический эффект превышает определенный уровень, такой как приблизительно 20°C, предпочтительно охлаждать рециркуляционный поток до его возврата в реактор для снижения температуры внутри реактора.

Однако при необходимости одно или более из потока жидкого сырья, восстанавливающего агента и рециркуляционного потока (при наличии) можно нагревать перед добавлением в реактор. Нагревание может потребоваться в любое подходящее время, например до начала способа активации или если кажется, что способ активации завершается (о чем свидетельствует наблюдаемое снижение экзотермического эффекта или скорость образования воды). При необходимости разные потоки можно нагревать в разное время. Это также может быть уместно на других этапах способа активации. Во время осуществления способа рециркуляционный поток (при его наличии) будет предпочтительным потоком для нагрева. Рециркуляционный поток можно нагревать с любой подходящей скоростью. Например, его можно

нагревать со скоростью приблизительно $5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, приблизительно $10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ или приблизительно $15^{\circ}\text{C}/\text{ч}$.

Расход потока жидкости через катализатор может составлять от приблизительно 5 до приблизительно $150\text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$.

Как упоминалось выше, поддержание пиковой концентрации воды менее 1,5 мас.% может достигаться путем выбора скорости, с которой удаляется поток жидкости. Таким образом, скорость удаления может быть изменена в ходе реакции. Концентрацию воды в отводимом потоке жидкости контролируют по скорости активации (т.е. скорости подачи восстанавливающего агента на этапе (b)) и удалению потока жидкости (на этапе (d)). Способ активации соответствующим образом проводят с общим фиксированным запасом жидкости, поэтому скорость удаления потока жидкости на этапе (d) зависит от подачи свежего потока подаваемого потока жидкого сырья в реактор или скорость подачи потока жидкого сырья зависит от скорости отведения потока жидкости из реактора.

Пиковая концентрация воды может дополнительно или альтернативно регулироваться за счет удаления воды, образующейся в реакторе. Этого можно достичь с помощью продувки жидкостью и/или газом. Однако в некоторых обстоятельствах это средство для регулирования пиковой концентрации воды будет более подходящим в некоторых обстоятельствах. Например, оно может быть целесообразным, когда катализатор должен использоваться для получения высших спиртов, таких как изонониловый спирт, 2-пропилгептанол или детергентные спирты. Специалисту в данной области будет понятно, что в высших спиртах более низкая растворимость воды, поэтому удаление воды в паровой фазе возможно для высших спиртов из-за увеличенной разницы в температуре кипения. Таким образом, при использовании в качестве потока жидкого сырья высших спиртов способ активации может осуществляться при давлении, которое позволяет удалять воду в виде пара, в то время как высший спирт остается в виде жидкости.

Перед способом активации согласно настоящему изобретению катализатор может быть подвергнут смачиванию. Процесс смачивания по существу осуществляют путем повторного заполнения реактора таким образом, что катализатор погружается в подходящую смачивающую жидкость. Предпочтительно смачивающая жидкость может представлять собой жидкость, которая будет подаваться на этапе (b) способа активации согласно настоящему изобретению, или альтернативно может использоваться другая жидкость.

В рамках процесса смачивания катализатор обычно пропитывается в течение периода времени, достаточного для насыщения, по меньшей мере, значительной части пор катализатора, а предпочтительно по существу всех пор катализатора. Чтобы способствовать насыщению пор катализатора, реактор предпочтительно подвергается воздействию давления во время смачивания. Это обычно достигается путем поддержания в реакторе давлением инертного газа, такого как азот, под давлением. Можно использовать любое подходящее давление. Можно использовать величины давления от приблизительно 0,2 до приблизительно 0,4 МПа (изб.), такие как приблизительно 0,3 МПа (изб.). В процессе смачивания может быть отмечен экзотермический эффект.

После смачивания любая присутствующая вода, которая может образоваться в рамках процесса смачивания или может быть остаточной в реакторе, может быть удалена путем продувки реактора свежей жидкостью, причем эта свежая жидкость может соответствующим образом использовать дополнительную смачивающую жидкость или использовать поток жидкого сырья для способа активации. Содержание воды после продувки может предпочтительно составлять менее приблизительно 1,5 и более предпочтительно приблизительно 1,0 мас.%.

Кроме того, можно наблюдать высвобождение воды из катализатора во время первоначального нагрева в начале способа активации, и, таким образом, может потребоваться удаление этой воды путем продувки реактора во время этого повышения начальной температуры для поддержания как можно более низкой концентрации воды, предпочтительно менее чем приблизительно 1,5 и более предпочтительно приблизительно 1,0 мас.%.

После активации по способу согласно настоящему изобретению катализатор можно использовать для катализа реакции. Как правило, катализированную реакцию предпочтительно проводят в том же реакторе, но после активации катализатора. В частности, катализатор, активированный в соответствии с настоящим изобретением, будет использоваться для гидрирования альдегидов до соответствующего спирта. Таким образом, в соответствии с дополнительным аспектом настоящего изобретения предложен способ гидрирования альдегида, включающий приведение альдегида в контакт с водородом в присутствии катализатора, активированного в соответствии со способом, описанным выше. Более конкретно, гидрирование альдегида до соответствующего спирта проводят в реакторе с активированным катализатором *in situ*, то есть предпочтительно катализированную реакцию проводят в том же сосуде реактора, что и способ активации. Таким образом, предпочтительным признаком способа активации является доведение реактора и/или слоя катализатора до температуры, подходящей для проведения желаемой каталитической реакции. Более того, поток жидкого сырья на стадии (b) превращается в желаемый поток сырья для желаемой реакции.

Если желаемая реакция является предпочтительной реакцией гидрирования альдегида до спирта, поток реакционного сырья превращается в альдегид, и это может быть любой подходящий альдегид. Более конкретно, альдегид может быть разветвленным или неразветвленным, насыщенным или ненасы-

шенным. Альдегид может иметь от 4 до 16 атомов углерода. Подходящие альдегиды включают бутиральдегид, валеральдегид, 2-этилгексеналь, 2-пропилгептеналь, изононилальдегид или детергентные альдегиды.

Далее настоящее изобретение будет описано в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

на фиг. 1 представлено схематическое изображение способа в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 2 представлено схематическое изображение альтернативной схемы осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением.

Специалистам в данной области будет понятно, что графические материалы являются схематическими и что в промышленной установке могут потребоваться дополнительные элементы оборудования, такие как емкости для сырья, насосы, вакуумные насосы, компрессоры, компрессоры для рециркуляции газа, датчики температуры, датчики давления, предохранительные клапаны, управляющие клапаны, контроллеры расхода, контроллеры уровня, резервуары для временного хранения, резервуары для хранения и т.п. Обеспечение таких вспомогательных элементов оборудования не является частью настоящего изобретения и осуществляется в соответствии с обычной практикой проектирования объектов химической промышленности.

Как показано на фиг. 1, поток жидкого сырья подают по трубопроводу 1 в реактор 2, содержащий катализатор. Газообразный восстанавливающий агент подают по трубопроводу 3 в реактор 2. Как изображено, поток жидкости и газообразный восстанавливающий агент подают по отдельности. Однако в альтернативном варианте осуществления их можно объединять перед подачей в реактор 2.

Поток газа удаляется по трубопроводу 4, а поток жидкости удаляется по трубопроводу 5. В способе активации пиковая концентрация воды в потоке, отводимом по трубопроводу 5, будет по существу поддерживаться на уровне менее 1,5 мас.%. Если обнаруживается, что поток имеет пиковое содержание воды, равное или превышающее 1,5 мас.%, содержание воды в потоке, добавляемом в реактор по трубопроводу 1, или скорость удаления потока 5 жидкости можно регулировать для достижения требуемого пикового содержания воды. Дополнительно или альтернативно вода может быть удалена из реактора путем продувки жидкостью и/или газом.

Альтернативная конструкция представлена на фиг. 2. Как и на фиг. 1, поток жидкого сырья подают по трубопроводу 1 в реактор 2, содержащий катализатор. Газообразный восстанавливающий агент подают по трубопроводу 3 в реактор 2. Как изображено, поток жидкого сырья и газообразный восстанавливающий агент подают по отдельности. Однако в альтернативном варианте осуществления их можно объединять перед подачей в реактор 2. Поток газа удаляется по трубопроводу 4, а поток жидкости удаляется по трубопроводу 5.

В такой альтернативной компоновке поток жидкости, отводимый по трубопроводу 5, разделяется, причем отводимый поток удаляют по трубопроводу 6. Оставшуюся часть потока жидкости закачивают для очистки с помощью насоса 7 по трубопроводу 8 в теплообменник 9 до возврата в реактор 2 по трубопроводу 10. В показанной компоновке поток, возвращаемый по трубопроводу 10, смешивают с потоком 1 жидкого сырья перед их добавлением в реактор 2. Однако следует понимать, что рециркуляционный поток 10 может подаваться непосредственно в реактор или может объединяться с газообразным восстанавливающим агентом, или как с газообразным восстанавливающим агентом, так и с потоком жидкого сырья.

Как правило, рециркуляционный поток охлаждают в теплообменнике 9 перед возвратом в реактор 2 по трубопроводу 10. Однако при необходимости для нагрева рециркуляционного потока можно использовать теплообменник. Например, может потребоваться нагрев во время запуска способа активации.

Как описано выше, в способе согласно настоящему изобретению можно использовать различные варианты. Ниже приведен один пример способа активации согласно настоящему изобретению. Однако следует понимать, что этот пример служит только для лучшего понимания и не имеет ограничительного характера.

Способ активации для катализатора гидрирования альдегида до спирта.

Доступный в продаже окисленный медьсодержащий катализатор с хромовым промотором, который, как известно, подходит для гидрирования альдегида-этилпропиларолеина (ЕРА, 2-этилгексеналь) загружают в реактор (реактор также подходит для проведения гидрирования альдегида до его соответствующего спирта). Катализатор представляет собой твердый гетерогенный катализатор, подаваемый в качестве слоя катализатора в реактор.

Перед переходом катализатора в форму, подходящую для функционирования в качестве катализатора реакции превращения альдегида, необходимо активировать окисленный катализатор посредством восстановления. В соответствии с настоящим изобретением активация может быть преимущественно выполнена с использованием газообразного водорода в качестве восстанавливающего агента с обеспечением подачи потока инертного жидкого сырья; в этом случае поток жидкого сырья представляет собой "сухой" бутанол (99+%) с содержанием воды менее 0,1 мас.%. Поток жидкого сырья выступает в качестве теплоотвода для экзотермического восстановления медьсодержащего катализатора для предотвраще-

ния проблем, связанных с перегревом. Однако было обнаружено, что уровни накопленной воды до 2,5 мас.% отрицательно влияют на конечную активность катализатора для его предполагаемого применения, и в соответствии с настоящим изобретением преимущественным является регулирование уровней воды в способе активации, наблюдаемых в отводимом потоке жидкости.

После загрузки слоя катализатора в требуемый реактор применяют процедуру смачивания катализатора на начальном этапе перед началом способа активации катализатора. "Сухой" бутанол подают в реактор в качестве смачивающей жидкости для катализатора. Таким образом, в данном примере бутанол используется как в качестве смачивающей жидкости, так и после этого в качестве потока жидкого сырья для активации. В альтернативных компоновках поток смачивающей жидкости и поток жидкого сырья для активации могут отличаться. В реакторе поддерживают положительное давление для обеспечения того, чтобы жидкость оставалась в своем жидком состоянии. Предпочтительно давление от 0,1 до 0,4 МПа достигается путем подачи азота в виде потока инертного газа. Образуется петля для рециркуляции смачивающей жидкости, и в реактор подается достаточное количество бутанола для обеспечения смачивания катализатора и заполнения труб, сосудов и насоса петли для рециркуляции смачивающей жидкости; после подачи достаточного количества смачивающей жидкости введение дополнительной смачивающей жидкости прекращается. Нет необходимости возвращать смачивающую жидкость через реактор в процессе смачивания, однако в данном примере это было осуществлено для обеспечения протекания смачивающей жидкости через слой катализатора и достижения достаточного смачивания за надлежащее время.

В ходе процедуры смачивания отбирают образец рециркулирующей смачивающей жидкости и анализируют концентрацию любой воды, присутствующей в жидкости. В случае если концентрация воды является неприемлемо высокой, удаление воды является необходимым. Снижение концентрации воды до менее чем 1,5 мас.% (при необходимости) перед началом способа активации является подходящим, и в данном случае снижение до 1,5 мас.% было достигнуто путем введения свежего сырья на основе бутанола в реактор, в то время как рециркуляция бутанола, используемого для процедуры смачивания, продолжается по петле для рециркуляции.

После полного смачивания катализатора и снижения уровня воды в рециркулирующей смачивающей жидкости до менее чем 1,5 мас.% можно начинать способ активации.

В течение всего процесса смачивания инертный газообразный азот подавали в реактор для создания положительного давления, и это положительное давление поддерживали в течение последующего способа активации. Водород, который будет выступать в качестве восстанавливающего агента, теперь вводят в поток газообразного азота до достижения уровня 30 мол.% от общего потока газообразного азота. После введения восстанавливающего агента в реактор следует отслеживать температуру слоя катализатора в реакторе. Изначально температура слоя катализатора повышается за счет нагревания бутанола, проходящего по петле для рециркуляции, который повторно вводят в реактор, вместе с любым дополнительным потоком жидкого сырья на основе бутанола, который может быть введен в реактор. Регулирование нагревания слоя катализатора осуществляют для обеспечения максимального повышения температуры на 5°C в 1 ч. Таким образом можно избежать локального перегрева катализатора в слое катализатора. Нагревание продолжается до достижения температуры приблизительно 130°C, которая представляет собой начальную температуру, при которой происходит активация для медьсодержащего катализатора. После начала активации температура слоя катализатора должна поддерживаться на уровне приблизительно 130°C за счет экзотермической природы реакции восстановления и нагревания и/или охлаждения рециркуляционного потока бутанола по мере необходимости. Более конкретно, при наблюдении повышения температуры более чем на 20°C рециркуляционный поток бутанола должен охлаждаться. На протяжении всей этой процедуры активации из потока бутанола, удаленного из реактора для рециркуляции, отбирают образцы и отслеживают концентрацию воды. При приближении концентрации воды в потоке, удаляемом из реактора, к 1,5 мас.% скорость введения свежего бутанола в поток жидкого сырья и скорость удаления бутанола из реактора регулируют до тех пор, пока концентрация воды не будет поддерживаться на уровне ниже 1,5 мас.%. Введение водорода также может быть уменьшено или прекращено для предотвращения образования большего количества воды в реакторе, что позволит снизить концентрацию воды при подаче в свежее жидкое сырье при удалении бутанола из реактора.

После перехода способа активации к точке, в которой уровень водорода в потоке инертного газообразного азота, выходящем из реактора, равен 30 мол.%, а температура слоя катализатора стабилизируется таким образом, что повышение температуры не наблюдается, и образование воды прекращается, концентрация водорода может быть увеличена с шагом 10 до 100 мол.%.

Кроме того, на этой стадии давление в реакторе может быть увеличено до не более чем 1,5 МПа, и температуру, наблюдаемую в слое катализатора, теперь тщательно отслеживают, чтобы гарантировать, что она не превышает 150°C и по существу поддерживается на уровне 130°C. Регулирование температуры слоя катализатора достигается так, как описано выше. Если повышение температуры в слое катализатора считается слишком высоким, то повышение давления следует останавливать до стабилизации температуры слоя катализатора. На протяжении всей процедуры определяют концентрацию воды в удаленном потоке жидкости на основе бутанола и регулируют концентрацию воды с поддержанием на уровне

менее 1,5 мас.%, как описано выше.

При отсутствии повышения температуры и отсутствии дополнительного образования воды температуру слоя катализатора повышают до 150°C с шагом 5°C в 1 ч. Каждый шаг повышения температуры поддерживают в течение 2 ч чтобы стабилизировать температуру по слою катализатора и предотвратить локальный перегрев. Во время этого повышения температуры рециркуляционный поток бутанола и поток сырья поддерживают и отбирают из них образцы, чтобы убедиться в отсутствии дополнительного восстановления.

После повышения давления в реакторе и стабилизации повышения температуры на уровне 150°C прекратилось повышение концентрации воды в бутаноле, удаленном для рециркуляции, и водород не потреблялся, после чего активация катализатора считается завершенной.

После того как активация катализатора считается завершенной, реактор с активированным катализатором *in situ* может быть подготовлен для использования в последующем способе гидрирования альдегидного сырья. Более конкретно, температура слоя катализатора может быть снижена посредством охлаждения рециркуляционного потока бутанола, который продолжают повторно вводить в реактор. Кроме того, поток газообразного водорода можно заменять или разбавлять потоком альтернативного газа. Специалистам в данной области известны подходящие условия реакции гидрирования.

Хотя приведенный выше пример относится к медьсодержащему катализатору для применения при гидрировании альдегида, аналогичные способы активации можно использовать для активации других окисленных катализаторов.

Примеры

Далее настоящее изобретение будет описано в качестве примера со ссылкой на последующие примеры и сравнительные примеры.

В примерах с 1 по 4 в реактор загружали 250 мл катализатора (таблетки 1/8 дюйма, 50% CuO и 50% Cr₂O₃) во всех примерах.

Сравнительный пример 1.

Активацию в газовой фазе проводили с использованием потока 1,7 мол.% водорода в азоте, который пропускали через катализатор при 100 нл/ч, и повышали температуру слоя до приблизительно 175°C. За экзотермическим эффектом следили по мере его перемещения вниз по слою катализатора, и температуры стабилизировались через 30 ч. Затем концентрацию водорода постепенно повышали до 100 мол.%, перед повышением давления от приблизительно 0,1 до 2 МПа. Температуры слоя снижали до 100°C перед смачиванием катализатора бутанолом и установлением рециркуляционного потока перед введением альдегидного сырья и оценкой активности катализатора.

В каждом из следующих примеров применяемая процедура активации в жидкой фазе выполняется так, как описано выше с любыми изменениями, описанными в приведенных ниже примерах.

Сравнительный пример 2.

В данном примере жидкое сырье для активации представляло собой неочищенный бутанол, содержащий 0,4 мас.% воды. Отведение бутанола не применяли, и во время способа активации в жидкой фазе воду не удаляли из реактора. Достигнутая пиковая концентрация воды составляла 2,55 мас.%. Таким образом, этот сравнительный пример представляет собой типичный известный способ активации в жидкой фазе, в котором концентрация воды не регулируется.

Пример 3.

В этом примере жидкое сырье для активации представляло собой чистый *n*-бутанол (содержащий менее 0,1 мас.% воды), а для регулирования концентрации воды в потоке жидкости применяли непрерывную скорость отведения бутанола. Достигнутый пиковый уровень воды составлял 1,27 мас.%.

Сравнительный пример 4.

Для подтверждения эффекта повышения концентрации воды использовали сравнительный пример 4. В данном примере жидкое сырье для активации представляло собой неочищенный бутанол. Перед активацией дополнительное количество воды вводили в циркулирующий бутанол с получением исходной концентрации воды 3,4 мас.%. Для ограничения концентрации воды не проводили отведения бутанола. Пиковая концентрация воды составляла 6,29 мас.%. Специалисту в данной области будет понятно, что относительный объем запаса катализатора/жидкости значительно уменьшен на экспериментальной установке, такой как используется в настоящих примерах, по сравнению с коммерческой установкой, и поэтому была необходима дозированная подача дополнительной воды в этом примере для достижения экспериментальной пиковой концентрации воды, близкой к пиковым уровням воды, наблюдаемым в коммерческих установках.

После завершения каждой из описанных выше процедур активации активность восстановленного катализатора измеряли в испытании для проверки способа гидрирования с использованием смешанного сырья на основе бутиральдегида, содержащего >95 мас.% альдегидов (соотношение *n*:*i* в диапазоне 6-12:1). Условия испытаний активности приведены ниже в табл. 1.

Таблица 1

Скорость подачи альдегида	ЧОСЖ* = 1
Температура на входе, °С	150
Пиковая температура, °С	168
Отношение рециркуляции к подаче	20:1
Расход вентиляционного потока, нл/ч	10

* = Часовая объемная скорость жидкости.

Краткое описание экспериментов, выполненных в этих стандартных условиях, демонстрирующих влияние наблюдаемой пиковой концентрации воды в способе активации на последующую активность катализатора в отношении гидрирования смешанного бутиральдегида с использованием коммерческого катализатора на основе меди и хрома, приведено в табл. 2. Активность катализатора измеряют как проскок альдегида в ходе начального периода работы в приведенных выше стандартных условиях.

Таблица 2

	Комментарии по активации	Пиковая концентрация воды во время активации (масс. %)	Проскок альдегида (ч/млн)
Сравнительный пример 1	Газовая фаза	Н/Д	301
Сравнительный пример 2	Использованный неочищенный бутанол (0,4 масс. % воды)	2,55	985
Пример 3	Сухой бутанол — непрерывное удаление	1,27	361
Сравнительный пример 4	Высокая начальная концентрация воды	6,29	1381

Таким образом, можно видеть, что катализатор, активированный в соответствии со способами согласно настоящему изобретению, приводил к активации, которая была аналогична по характеристикам активации в газовой фазе.

Исследования реакций с программированием температуры подтверждают наблюдения за влиянием воды, присутствующей в способе активации, на уменьшение площади поверхности, что, как полагают, приводит к снижению активности в последующем способе гидрирования альдегида. В настоящем эксперименте исследовали влияние присутствия воды в восстановительной атмосфере (называемой "влажной" атмосферой) на площадь меди двух катализаторов.

1. Образец катализатора на основе хромита меди восстанавливали в потоке воды/водорода/гелия, содержащем 2,5 мол.% воды и 5 мол.% водорода, при температуре от температуры окружающей среды до 220°C. Аналогичным образом, образец восстанавливали в потоке водорода/гелия, содержащем 5 мол.% водорода, при температуре от температуры окружающей среды до 220°C. Площади меди в образце измеряли путем разложения N₂O при 60°C. Полученные относительные площади поверхности меди из реакционных фронтальных хроматограмм разложения N₂O на образцах после восстановления в сухой атмосфере или во влажной атмосфере показаны в табл. 3 ниже. Восстановление во "влажной" атмосфере приводит к уменьшению измеренной площади поверхности меди.

В табл. 3 показана измеренная относительная площадь поверхности меди из реакционных фронтальных хроматограмм разложения N₂O поверх катализатора на основе хромита меди после температурно-запрограммированного восстановления (TPR) образца либо в потоке H₂/He, либо в потоке H₂/H₂O/He.

Таблица 3

Поток для активации	Относительная активная площадь поверхности меди
2,5 моль% N ₂ O/5 моль% H ₂ /He	0,7
5 моль% H ₂ /He	1,0

2. Образец катализатора на основе меди и оксида алюминия восстанавливали в потоке воды/водорода/гелия, содержащем 2,8 мол.% воды и 5 мол.% водорода, при температуре от температуры окружающей среды до 220°C. Аналогичным образом, образец восстанавливали в потоке водорода/гелия, содержащем 5 мол.% водорода, при температуре от температуры окружающей среды до 220°C. Площади меди в образце измеряли путем разложения N₂O при 60°C. Полученные относительные площади поверхности меди из реакционных фронтальных хроматограмм разложения N₂O на образцах после восстановления в сухой атмосфере или во влажной атмосфере показаны в табл. 4 ниже. Восстановление во "влажной" атмосфере приводит к уменьшению измеренной площади поверхности меди.

В табл. 4 показаны измеренные относительные площади поверхности меди из реакционных фронтальных хроматограмм разложения N₂O поверх катализатора на основе меди и оксида алюминия после температурно-запрограммированного восстановления (TPR) образца либо в потоке H₂/He, либо в потоке H₂/H₂O/He.

Таблица 4

Поток для активации	Относительная активная площадь поверхности меди
2,8 моль% H ₂ O/5 моль% H ₂ /He	0,8
5 моль% H ₂ /He	1,0

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ активации окисленного медьсодержащего катализатора для гидрирования альдегидов до спиртов, включающий:

(a) подачу потока жидкого сырья и восстанавливающего агента в реактор, который подлежит активации путем восстановления;

(b) эксплуатацию реактора таким образом, чтобы восстанавливающий агент вызывал активацию катализатора;

(c) отведение потока жидкости и потока газа из реактора;

и при этом пиковую концентрацию воды в потоке жидкости, отводимом на этапе (c), поддерживают на уровне менее 1,5 мас.% с помощью одного или более из следующего:

регулирования концентрации воды в потоке жидкого сырья, подаваемом на этапе (a);

регулирования скорости отведения потока жидкости, отводимого на этапе (c);

удаления воды, образовавшейся в реакторе.

2. Способ по п.1, в котором по меньшей мере часть потока жидкости, отводимого на этапе (c), можно рециркулировать и подавать в реактор на этапе (a).

3. Способ по п.1 или 2, в котором поток жидкости, отводимый из реактора на этапе (c), может быть подвергнут обработке, а затем повторно использован (рециркулирован) совместно с потоком жидкого сырья, который подлежит подаче в реактор на этапе (a).

4. Способ по п.3, в котором указанная обработка включает процесс сушки.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором реактор, предусмотренный на этапе (a), представляет собой реактор, в котором должна проводиться последующая катализируемая реакция таким образом, чтобы процесс активации катализатора проходил *in situ*.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором активируемый катализатор представляет собой медьсодержащий катализатор.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поток жидкого сырья, подаваемый в реактор на этапе (a), является продуктом, получаемым в последующей реакции, в которой будут использовать катализатор.

8. Способ по п.7, в котором поток жидкого сырья представляет собой спирт или алкан.

9. Способ по п.8, в котором жидкое сырье представляет собой спирт.

10. Способ по п.9, в котором жидкое сырье представляет собой бутанол.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поток жидкого сырья имеет концентрацию воды 0,1 мас.% или менее.

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором восстанавливающий агент представляет собой газообразный восстанавливающий агент.

13. Способ по п.12, в котором восстанавливающий агент представляет собой водород; восстанавливающий агент можно добавлять в реактор непрерывно или посредством импульсной подачи.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором начальная концентрация восстанавливающего агента может составлять от около 2 до около 100 мол.%.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором концентрация восстанавливающего агента увеличивается до конечной концентрации около 100 мол.% в ходе процесса активации.

16. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поток жидкого сырья и восстанавливающий агент можно подавать по отдельности или их можно объединять перед подачей в реактор.

17. Способ по любому из пп.2-16, в котором рециркуляционный поток подают непосредственно в реактор или объединяют с одним или обоими из потока жидкого сырья и восстанавливающего агента перед подачей в реактор.

18. Способ по любому из предшествующих пунктов, осуществляемый в присутствии инертного газа.

19. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором способ осуществляют при температуре от исходной температуры окружающей среды до около 200°C.

20. Способ по п.19, в котором способ осуществляют при температуре от около 130 до около 180°C.

21. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором температуру способа можно повысить путем нагревания потока жидкого сырья.

22. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором температуру способа можно повысить путем нагревания рециркуляционного потока при его наличии.

23. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором в ходе процесса активации обеспечивают положительное общее давление газа.

24. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором расход потока жидкости через катализатор составляет от около 5 до около 150 м³/м²ч.

25. Способ по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий процесс первоначального смачивания катализатора.

26. Способ по п.25, в котором в процессе смачивания используют смачивающую жидкость, которая аналогична потоку жидкого сырья, который будут подавать на этапе (b) последующего процесса активации.

27. Способ по п.24 или 25, в котором после процесса смачивания любую присутствующую воду удаляют путем продувки реактора таким образом, чтобы содержание воды составляло менее чем около 1,5 мас. %.

28. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором в начале процесса активации происходит первоначальное нагревание, и любую присутствующую воду удаляют путем продувки реактора для поддержания концентрации воды менее чем около 1,5 мас. %.

29. Способ гидрирования альдегида, включающий приведение альдегида в контакт с водородом в присутствии медьсодержащего катализатора, активированного в способе по любому из пп.1-28.

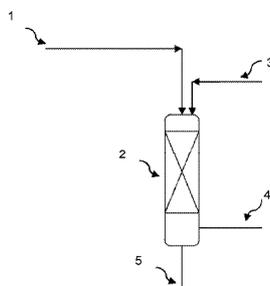
30. Способ гидрирования альдегида до соответствующего спирта по п.29, в котором катализированную реакцию проводят *in situ* в том же сосуде реактора, что и процесс активации.

31. Способ гидрирования альдегида до соответствующего спирта по п.29 или 30, в котором проводят процесс активации по любому из пп.1-28, а затем после активации катализатора температуру реактора и/или слоя катализатора доводят до температуры, подходящей для проведения гидрирования альдегида до соответствующего спирта, включая превращение потока жидкого сырья на этапе (b) процесса активации в желаемый поток альдегидного сырья для реакции гидрирования.

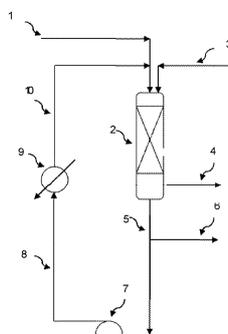
32. Способ гидрирования альдегида до соответствующего спирта по любому из пп.29-31, в котором альдегид выбран из бутиральдегида, валеральдегида, 2-этилгексенала, 2-пропилгептеналя, изононилового альдегида и детергентных альдегидов.

33. Применение медьсодержащего катализатора, активированного по любому из пп.1-28, в качестве катализатора в реакции гидрирования.

34. Применение по п.33 при гидрировании альдегидов до соответствующего спирта.



Фиг. 1



Фиг. 2

