

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034717**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.03.12

(51) Int. Cl. **C07C 273/04** (2006.01)

(21) Номер заявки
201890472

(22) Дата подачи заявки
2013.05.02

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА МОЧЕВИНЫ ИЗ АММИАКА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

(31) **12166579.8**

(56) WO-A1-2002090323
WO-A1-2003064379
WO-A1-2009141344
EP-A1-0417830
RU-C2-2491274

(32) **2012.05.03**

(33) **EP**

(43) **2018.07.31**

(62) **201401207; 2013.05.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СТАМИКАРБОН Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:
**Ван Ден Тилларт Йохан Альберт
Арно, Мессен Йозеф Хюберт (NL)**

(74) Представитель:
Чекалкин А.Ю., Фелицына С.Б. (RU)

(57) В изобретении представлен способ производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины, содержащей секцию синтеза высокого давления с горизонтальным бассейновым конденсатором, содержащим межтрубную секцию, первую секцию теплообмена и вторую секцию теплообмена, при этом в способе осуществляют передачу тепла от технологической среды высокого давления, в которой карбамат образовался из NH_3 и CO_2 в экзотермической реакции, поступившей в межтрубную секцию горизонтального бассейнового конденсатора, к содержащему мочевины раствору среднего давления, который содержит карбамат аммония, поступившему в указанную первую секцию теплообмена, по меньшей мере, для разложения карбамата аммония на NH_3 и CO_2 в указанной первой секции теплообмена, и осуществляют передачу тепла от технологической среды высокого давления, содержащейся в указанной межтрубной секции, к конденсату водяного пара низкого давления, поступившему в указанную вторую секцию теплообмена, для образования водяного пара низкого давления.

B1**034717****034717****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины, содержащей секцию синтеза высокого давления.

Уровень техники

Известны способы производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины. Например, такой способ известен из WO 2009/141344. Установка производства мочевины может содержать стриппер высокого давления, конденсатор карбамата высокого давления и бассейновый конденсатор или бассейновый реактор. Способ может быть основан на так называемой концепции "двойной интеграции тепла" ($n=2$ heat integration), при которой тепло, подаваемое в установку производства мочевины, используется дважды. Водяной пар используют для нагревания стриппера. После регенерации тепла в конденсаторе карбамата высокого давления, бассейновом конденсаторе или бассейновом реакторе, тепло повторно используют в виде водяного пара низкого давления в других технологических секциях установки производства мочевины или (частично) направляют к потребителям за пределами установки производства мочевины.

В связи с ростом стоимости энергии, а значит также и увеличения расходов на производство мочевины из аммиака и диоксида углерода, желательно повышение энергоэффективности установок производства мочевины.

Таким образом, задачей настоящего изобретения является создание усовершенствованного способа производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины. Более конкретно, задачей изобретения является создание способа производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины, которая работает при пониженном энергопотреблении.

Раскрытие изобретения

В соответствии с одним аспектом изобретения предложен способ производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины, содержащей секцию синтеза высокого давления с горизонтальным бассейновым конденсатором, содержащим межтрубную секцию, первую секцию теплообмена и вторую секцию теплообмена. Способ включает передачу тепла от технологической среды высокого давления, в которой карбамат образовался из NH_3 и CO_2 в экзотермической реакции, поступившей в межтрубную секцию горизонтального бассейнового конденсатора, к содержащему мочевины раствору среднего давления, который содержит карбамат аммония, поступившему в указанную первую секцию теплообмена, по меньшей мере, для разложения карбамата аммония на NH_3 и CO_2 в указанной первой секции теплообмена. Способ также включает передачу тепла от указанной технологической среды высокого давления, содержащейся в указанной межтрубной секции, к конденсату водяного пара низкого давления, поступившему в указанную вторую секцию теплообмена, для образования водяного пара низкого давления.

При таком способе, наряду с образованием водяного пара низкого давления, карбамат конденсируется с высвобождением тепла, которое используется для разложения карбамата на CO_2 и NH_3 . С помощью объединения этих двух функций потребление водяного пара в установке производства мочевины, используемой для получения мочевины, уменьшается. Следовательно, энергопотребление оказывается более низким, чем, например, в описанном выше известном способе производства мочевины из аммиака и диоксида углерода. В результате, достигается энергоэффективность и снижаются затраты на производство мочевины. Следует отметить, что в данном описании бассейновый конденсатор следует понимать как конденсатор, в котором жидкая фаза является непрерывной фазой. Такой бассейновый конденсатор также может называться погружным конденсатором.

Следует также отметить, что в данном описании высокое давление, как правило, может быть определено как давление свыше 100 бар (10 МПа), например 120 бар (12 МПа). Среднее давление обычно может быть определено как давление в диапазоне 10-35 бар (1-3,5 МПа), например в диапазоне 10-25 бар (1-2,5 МПа), промежуточное давление обычно может быть определено как давление в диапазоне 20-100 бар (2,0-10 МПа), например в диапазоне 25-100 бар (2,5-10 МПа), и низкое давление обычно может быть определено как давление в диапазоне 2-10 бар (0,2-1 МПа).

Для интеграции указанной выше функции бассейновый конденсатор согласно другому аспекту изобретения представляет собой кожухотрубный теплообменник, в котором каждая из первой и второй секции теплообмена содержит, по существу, U-образный трубный пучок. Кожухотрубный теплообменник может быть погружным конденсатором, который расположен горизонтально. Иными словами, кожухотрубный теплообменник может содержать сосуд, который расположен, по существу, горизонтально, по меньшей мере, центральная ось сосуда проходит, по существу, горизонтально, чтобы позволять осуществлять способ в соответствии с изобретением.

Указанные первый и второй U-образные трубные пучки проходят от трубной решетки бассейнового конденсатора, по меньшей мере, частично через внутреннее пространство бассейнового конденсатора. Второй U-образный трубный пучок выполнен с возможностью образования водяного пара низкого давления. Первый U-образный трубный пучок используется для тепловой интеграции с секцией рециркуляции среднего давления. Первый пучок, при использовании, заполнен технологической средой из указан-

ной секции рециркуляции среднего давления. Таким образом, первый пучок находится в контакте с технологической средой в трубном пространстве, а также в его межтрубном пространстве. Предпочтительно в способ производства мочевины добавляют окислитель для защиты материалов различных частей установки от коррозии. За счет этого на металлических поверхностях формируется оксидная пленка. Окислитель может быть кислородом, добавляемым в виде воздуха или в виде пероксида, или соединением, выделяющим кислород. Кроме того, части, которые находятся в контакте с технологической средой, могут быть выполнены из двухфазной аустенитно-ферритной нержавеющей стали, которая обладает антикоррозийными свойствами. В этом случае, использование окислителя в способе производства мочевины по изобретению может быть снижено или даже исключено.

Благодаря интеграции описанных выше функций, т.е. конденсации карбамата и высвобождения тепла, которое впоследствии используется для разложения карбамата на NH_3 и CO_2 без какой-либо промежуточной теплопередающей среды, существующая разность температур между двумя технологическими пространствами позволяет, чтобы соответствующие U-образные трубные пучки были сравнительно небольшими. Это является выигрышным по отношению к стоимости изготовления установки производства мочевины в соответствии со способом по изобретению.

В дальнейшей разработке изобретения технологическую среду высокого давления, поступившую в межтрубную секцию бассейнового конденсатора, подают в последующий реактор, предусмотренный ниже по потоку от бассейнового конденсатора. Предпочтительно свежий CO_2 подают в последующий реактор для обеспечения тепла для эндотермической реакции мочевины внутри последующего реактора для образования раствора синтеза мочевины.

В соответствии с другим аспектом изобретения способ дополнительно включает подачу газа, который, по меньшей мере, образуется в первой секции теплообмена, к конденсатору-испарителю среднего давления, в котором указанный газ, по меньшей мере, частично и в некоторых случаях полностью конденсируется. Перед поступлением в первый U-образный трубный пучок бассейнового конденсатора раствор мочевины/карбамата подвергают однократному испарению до промежуточного давления. Давление полученной жидкости дополнительно снижают до среднего давления, и жидкость нагревают в первом U-образном трубном пучке бассейнового конденсатора, тем самым первый раз эффективно повторно используя тепло для разложения жидкости до CO_2 и NH_3 . В конденсаторе-испарителе среднего давления, по меньшей мере, газ из сепаратора, предусмотренного ниже по потоку от первого U-образного трубного пучка, конденсируется в межтрубном пространстве испарителя. Высвобожденная здесь теплота конденсации главным образом используется для испарения воды из водного раствора мочевины, который подается в трубное пространство конденсатора-испарителя среднего давления. Таким образом, тепло повторно используется во второй раз для испарения воды из смеси мочевины с водой в трубном пространстве.

В соответствии с дополнительным аспектом изобретения вода из смеси мочевины-вода может испаряться в условиях вакуума в конденсаторе-испарителе среднего давления.

Предпочтительно в соответствии с другим аспектом изобретения конденсатор-испаритель среднего давления представляет собой испаритель с падающей пленкой. С помощью конструктивного исполнения конденсатора-испарителя среднего давления в виде испарителя с падающей пленкой можно добиться эффективного противоточного процесса. Где-либо вдоль траектории конденсации, например на полпути траектории конденсации, карбамат, поступающий из секции рециркуляции низкого давления, может добавляться через скруббер среднего давления. За счет этого можно сохранять достаточную разность температур между межтрубным пространством и трубным пространством для получения эффективной конструкции конденсатора-испарителя среднего давления.

Способ в соответствии с изобретением может быть осуществлен в установке для производства мочевины из аммиака и диоксида углерода, которая содержит секцию синтеза высокого давления с горизонтальным бассейновым конденсатором, выполненным с возможностью получения технологической среды высокого давления в межтрубном пространстве, при этом установка содержит первую секцию теплообмена для передачи тепла от технологической среды высокого давления к раствору мочевины среднего давления, поступившему в указанную первую секцию теплообмена, для разложения карбамата аммония на NH_3 и CO_2 , при этом бассейновый конденсатор содержит вторую секцию теплообмена для передачи тепла от технологической среды высокого давления к конденсату водяного пара низкого давления, поступившему в указанную вторую секцию теплообмена, для превращения указанного конденсата в водяной пар низкого давления.

Такая установка обеспечивает эффекты и преимущества, аналогичные описанным в соответствии со способом по изобретению.

Указанные выше и другие признаки и преимущества изобретения будут более понятны из нижеследующего подробного описания некоторых вариантов осуществления изобретения, рассматриваемых вместе с прилагаемыми чертежами, которые предназначены для иллюстрации и не ограничивают изобретение.

Краткое описание чертежей

На чертеже показана принципиальная схема способа производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в соответствии с вариантом осуществления изобретения.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 показан пример способа производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины в соответствии с изобретением со ссылкой на различные элементы установки 1 для производства мочевины. Установка производства мочевины включает в себя установку 1, содержащую секцию 2 высокого давления с горизонтальным бассейновым конденсатором 4, т.е. так называемым кожухотрубным теплообменником. Бассейновый конденсатор 4 содержит сосуд, который при использовании расположен, по существу, горизонтально, с первой секцией 6 теплообмена и второй секцией 8 теплообмена. В показанном варианте осуществления обе секции 6, 8 теплообмена содержат, по существу, U-образные трубные пучки 10, 12. Первый U-образный трубный пучок 10 выполнен с возможностью конденсации карбамата и последующего разложения карбамата аммония на NH_3 и CO_2 за счет тепла, высвободившегося в ходе указанной конденсации.

Второй U-образный трубный пучок 12 выполнен с возможностью образования водяного пара низкого давления. Оба U-образных трубных пучка 10, 12 проходят от трубной решетки 16 бассейнового конденсатора 4, по меньшей мере, частично через внутреннее пространство, ограниченное корпусом 14 бассейнового конденсатора 4.

Установка 1 может дополнительно содержать последующий реактор, в показанном варианте осуществления представленный вертикальным реактором 18 для проведения финальной реакции конверсии мочевины. В другом варианте осуществления (не показан) последующий реактор может быть объединен с бассейновым конденсатором. Предпочтительно вертикальный реактор 18 расположен на уровне земли. В донной части вертикального реактора 18 предусмотрен ввод 19 для подачи свежего CO_2 в реактор, чтобы позволить осуществить эндотермическую реакцию мочевины. Установка 1 также может содержать стриппер 20 CO_2 и систему 22 рециркуляции среднего давления. Данная система 22 может содержать сепаратор 24, расположенный ниже по потоку от первого U-образного трубного пучка 10, ректификационную колонну 26 среднего давления и конденсатор-испаритель 28 среднего давления.

Конденсатор-испаритель 28 среднего давления может быть испарителем с падающей пленкой, позволяющим осуществлять эффективный противоточный процесс. Было установлено, что оптимальное рабочее давление в секции 22 среднего давления в показанном варианте осуществления может быть в диапазоне 15-35 бар (1,5-3,5 МПа), более предпочтительно в диапазоне 20-30 бар (2-3 МПа). Например, приблизительно 22,5 бар (2,25 МПа). В секции 32 низкого давления установки 1 в соответствии с показанным вариантом осуществления изобретения данное оптимальное рабочее давление может быть в диапазоне 2-7 бар (0,2-0,7 МПа), предпочтительно в диапазоне 4-6 бар (0,4-0,6 МПа). Например, приблизительно 5,8 бар (0,58 МПа). Кроме того, требуемое давление пара в корпусе стриппера 20 может быть существенно ниже по сравнению с давлением способа известного уровня техники, который описан ранее. Это может позволить дальнейшее снижение общего энергопотребления, поскольку давление отбора водяного пара из турбины может быть значительно ниже.

Способ согласно изобретению включает в себя подачу некоторого количества диоксида углерода в вертикальный реактор 18. В вертикальном реакторе 18 образуется раствор синтеза мочевины, который подают (стрелка В) в стриппер 20. В стриппере 20 данный раствор отпаривают при добавлении тепла и с помощью подаваемого диоксида углерода в качестве отпарного газа (стрелка Е). Во время отпаривания получают смешанный газовый поток, который подают в бассейновый конденсатор 4 (стрелка J). Кроме того, в бассейновый конденсатор 4 подают свежий аммиак (стрелка К). Раствор мочевины, который образуется в сосуде бассейнового конденсатора 4, подают в вертикальный реактор 18 (стрелка L). Предпочтительно давление синтеза поддерживается на рабочем уровне в диапазоне 125-175 бар (12,5-17,5 МПа), более предпочтительно в диапазоне 140-150 бар (14-15 МПа). Например, приблизительно 144 бар (1,44 МПа).

Сепаратор 24 расположен ниже по потоку от первого U-образного трубного пучка 10 и отделяет газовую фазу от жидкой фазы из указанного трубного пучка 10. В системе 22 рециркуляции среднего давления предусмотрен также промежуточный бак 30 однократного испарения, который может снабжать ректификационную колонну 26 среднего давления обогащенным CO_2 газом (стрелка С) для корректировки соотношения NH_3/CO_2 жидкости из первого U-образного трубного пучка 10. Рабочее давление, используемое в промежуточном баке однократного испарения, может, например, быть в диапазоне 20-80 бар (2-8 МПа), более предпочтительно в диапазоне 30-70 бар (3-7 МПа), еще более предпочтительно в диапазоне 50-60 бар (5-6 МПа), например 55 бар (5,5 МПа). Впоследствии жидкость отводят в секцию 32 рециркуляции низкого давления (стрелка D).

Газ из ректификационной колонны 26 среднего давления, газ из сепаратора 24 и газ, образованный в результате синтеза (стрелка F), объединяются и конденсируются в межтрубном пространстве конденсатора-испарителя 28 среднего давления. Следовательно, тепло эффективно повторно используется второй раз для испарения воды из раствора плава мочевины в трубном пространстве. Система 22 рециркуляции среднего давления может дополнительно содержать скруббер 34 среднего давления. Где-либо вдоль траектории конденсации, например на полпути указанной траектории, карбамат, поступающий из секции 32 рециркуляции низкого давления, добавляется в конденсатор-испаритель 28 среднего давления (межтрубное пространство) через скруббер 34 среднего давления. За счет этого можно сохранять достаточную

разность температур между межтрубным пространством и трубным пространством конденсатора-испарителя 28 среднего давления, что приводит к эффективной конструкции теплообменника.

Концентрированный раствор карбамата, выходящий из межтрубного пространства конденсатора-испарителя 28 среднего давления, подается в бассейновый конденсатор 4 (стрелка G) с помощью насоса 36 высокого давления для карбамата. Неконденсированные газы вместе с инертными газами очищаются в скруббере 34 среднего давления с использованием карбамата, поступающего из секции 32 рециркуляции низкого давления (стрелка H). Образующийся в результате газ подают в абсорбер 38 низкого давления (стрелка I).

Хотя выше был описан иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения, в частности, со ссылкой на прилагаемый чертеж, следует понимать, что изобретение не ограничивается данным вариантом осуществления. Другие видоизменения описанного варианта осуществления могут быть поняты и выполнены специалистами при осуществлении заявленного изобретения исходя из изучения чертежей, описания и прилагаемой формулы изобретения.

Ссылка во всем данном описании на "один вариант осуществления" или "вариант осуществления" означает, что конкретный признак, структура или характеристика, описанные в связи с вариантом осуществления, включены по меньшей мере в один из вариантов осуществления в настоящем изобретении. Таким образом, фразы "в одном варианте осуществления" или "в варианте осуществления", присутствующие в различных местах данного описания, не обязательно относятся к одному и тому же варианту осуществления. Кроме того, следует отметить, что конкретные признаки, структуры или характеристики одного или более вариантов осуществления могут быть объединены любым подходящим способом с образованием новых, не описанных прямо вариантов осуществления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства мочевины из аммиака и диоксида углерода в установке производства мочевины, содержащей секцию синтеза высокого давления с горизонтальным бассейновым конденсатором, содержащим межтрубную секцию, первую секцию теплообмена и вторую секцию теплообмена, причем в указанном способе осуществляют передачу тепла от технологической среды высокого давления, в которой карбамат образовался из NH_3 и CO_2 в экзотермической реакции, поступившей в межтрубную секцию горизонтального бассейнового конденсатора, к содержащему мочевины раствору среднего давления, который содержит карбамат аммония, поступившему в указанную первую секцию теплообмена, по меньшей мере, для разложения карбамата аммония на NH_3 и CO_2 в указанной первой секции теплообмена, и осуществляют передачу тепла от указанной технологической среды высокого давления, содержащейся в указанной межтрубной секции, к конденсату водяного пара низкого давления, поступившему в указанную вторую секцию теплообмена, для образования водяного пара низкого давления, при этом высокое давление представляет собой давление выше 100 бар (10 МПа), среднее давление представляет собой давление от 10 до 35 бар (1-3,5 МПа), а низкое давление представляет собой давление от 2 до 10 бар (0,2-1 МПа).

2. Способ по п.1, в котором бассейновый конденсатор представляет собой кожухотрубный теплообменник, в котором каждая из первой и второй секции теплообмена содержит, по существу, U-образный трубный пучок.

3. Способ по п.1 или 2, в котором технологическую среду высокого давления, поступившую в межтрубную секцию бассейнового конденсатора, подают в последующий реактор, расположенный ниже по потоку от бассейнового конденсатора.

4. Способ по п.3, в котором в последующий реактор подают свежий CO_2 для обеспечения тепла для эндотермической реакции мочевины внутри последующего реактора.

5. Способ по п.1, в котором дополнительно осуществляют подачу газа, который, по меньшей мере, образуется в первой секции теплообмена, к конденсатору-испарителю среднего давления, в котором указанный газ, по меньшей мере, частично конденсируется.

6. Способ по п.5, в котором в конденсаторе-испарителе среднего давления вода из смеси мочевины с водой испаряется в трубном пространстве конденсатора-испарителя среднего давления таким образом, чтобы оказаться в условиях вакуума.

7. Способ по п.5, в котором конденсатор-испаритель среднего давления содержит испаритель с падающей пленкой.

8. Установка для производства мочевины из аммиака и диоксида углерода с использованием способа по любому из пп.1-7, которая содержит секцию синтеза высокого давления с горизонтальным бассейновым конденсатором, содержащим межтрубную секцию, первую секцию теплообмена и вторую секцию теплообмена, причем указанный горизонтальный бассейновый конденсатор выполнен с возможностью принимать технологическую среду высокого давления в свое межтрубное пространство, первая секция теплообмена выполнена с возможностью передачи тепла от указанной технологической среды высокого давления к раствору мочевины среднего давления, поступившему в указанную первую секцию теплообмена, для разложения карбамата аммония на NH_3 и CO_2 , а указанная вторая секция теплообмена выпол-

нена с возможностью передачи тепла от указанной технологической среды высокого давления в межтрубном пространстве к конденсату водяного пара низкого давления, поступившему в указанную вторую секцию теплообмена, для получения водяного пара низкого давления, при этом части бассейнового конденсатора, которые находятся в контакте с технологической средой, выполнены из двухфазной аустенитно-ферритной нержавеющей стали, при этом высокое давление представляет собой давление выше 100 бар (10 МПа), среднее давление представляет собой давление от 10 до 35 бар (1-3,5 МПа), а низкое давление представляет собой давление от 2 до 10 бар (0,2-1 МПа).

9. Установка по п.8, в которой первая и/или вторая секция теплообмена содержит U-образный трубный пучок, выполненный с возможностью приема содержащего мочевины раствора среднего давления и/или конденсата водяного пара низкого давления соответственно.

10. Установка по п.8 или 9, в которой бассейновый конденсатор представляет собой кожухотрубный теплообменник.

11. Установка по п.8 или 9, которая дополнительно содержит последующий реактор, предусмотренный ниже по потоку от бассейнового конденсатора.

12. Установка по п.11, в которой последующий реактор дополнительно содержит ввод CO_2 для подачи CO_2 в последующий реактор.

13. Установка по п.11, в которой последующий реактор является вертикальным реактором.

14. Установка по п.8 или 9, которая дополнительно содержит конденсатор-испаритель среднего давления, который предусмотрен ниже по потоку от первой секции теплообмена и сообщается с ней по текучей среде, для конденсации газа, образованного в первой секции теплообмена, и для испарения воды из смеси мочевины с водой в условиях вакуума.

15. Установка по п.14, в которой конденсатор-испаритель среднего давления представляет собой испаритель с падающей пленкой.

