

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035936**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.09.03

(51) Int. Cl. **C07C 273/04 (2006.01)**
C07C 275/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201890451

(22) Дата подачи заявки
2016.08.31

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МОЧЕВИНЫ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
МОЧЕВИНЫ**

(31) **2015-176433**

(56) JP-A-5653644

(32) **2015.09.08**

JP-A-920745

(33) **JP**

JP-A-920746

(43) **2018.08.31**

EP-A1-0329215

(86) **PCT/JP2016/075505**

(87) **WO 2017/043391 2017.03.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ТОЙО ИНДЖИНИРИНГ
КОРПОРЕЙШН (JP)**

(72) Изобретатель:
**Сато Кеиси, Йосимото Кендзи,
Морикава Харуюки (JP)**

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

(57) Представлены способ и установка для получения мочевины, которые могут повышать степень конверсии в мочевины и сокращать расход пара. Температура реактора повышается введением всего количества аммиака как сырьевого материала и введением части газообразного продукта разложения из отпарной колонны в реактор. Аммиак как сырьевой материал предпочтительно нагревается с использованием конденсата пара, генерированного в стадии очистки, и/или пара, генерированного теплотой конденсации газообразного продукта разложения и непрореагировавших веществ в стадии конденсации. Температура нагревания предпочтительно составляет между 70 и 140°C.

035936

B1

035936
B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу получения мочевины и производственной установке, более конкретно к способу получения мочевины и производственной установке, которые могут повышать степень конверсии с образованием мочевины и расходовать меньше пара.

Уровень техники

Мочевину получают следующим способом: сначала вводят в реакцию аммиак (NH_3) и диоксид углерода (CO_2) для получения карбамата аммония ($\text{NH}_2\text{COONH}_4$), как представлено формулой (1), и затем карбамат аммония подвергают обработке в реакции дегидратации с образованием мочевины (NH_2CONH_2) и воды (H_2O), как представлено формулой (2).



Обе реакции представляют собой равновесные реакции, но реакция согласно формуле (1) является экзотермической реакцией, тогда как реакция согласно формуле (2) является эндотермической реакцией. По этой причине для повышения степени конверсии аммиака и диоксида углерода как сырьевых материалов в мочевины были исследованы разнообразные схемы.

Патентный документ 1 описывал усовершенствованный способ синтеза мочевины с указанными ниже характеристиками. В этом способе аммиак и диоксид углерода реагируют между собой при температуре и давлении синтеза мочевины в зоне синтеза мочевины. Полученный раствор из синтеза мочевины, содержащий мочевины, непрореагировавший аммиак, непрореагировавший диоксид углерода и воду, приводится в контакт по меньшей мере с частью диоксида углерода как сырьевого материала при нагревании и под давлением, по существу, равными давлению при синтезе мочевины в зоне отпаривания. Этим обуславливается отделение непрореагировавшего аммиака и непрореагировавшего диоксида углерода в виде газовой смеси из аммиака, диоксида углерода и воды. Раствор из синтеза мочевины, содержащий непрореагировавший аммиак и непрореагировавший диоксид углерода, которые не отделены, подвергается дополнительной обработке; тем самым получается мочевины. Между тем, газовая смесь, отделенная в зоне отпаривания, вводится в донную часть вертикальной конденсационной зоны и приводится в контакт с абсорбционной средой, охлаждаясь при этом. Это вызывает конденсацию газовой смеси. Полученный конденсат циркулирует в зону синтеза мочевины.

В третьем примере патентного документа 1 аммиак как сырьевой материал нагревается до температуры 175°C в теплообменнике и затем вводится в эжектор. Назначение эжектора состоит в повышении давления раствора для нагнетания его из конденсатора в реактор. Диоксид углерода (CO_2) подается в реактор и в отпарную колонну. Температура раствора в конденсаторе регулируется на 185°C . Раствор для введения в реактор пропускается через эжектор. В реакторе синтезируется мочевины реакцией дегидратации карбамата аммония. Эта реакция является эндотермической реакцией. Повышением температуры сырьевого материала до 175°C температура реактора поддерживается так, чтобы не опускаться ниже 185°C .

Согласно патентному документу 2 температура в реакционной зоне, где проводится синтез мочевины, повышается введением по меньшей мере части газовой смеси, выведенной из зоны отпаривания в реакционную зону, и конденсацией введенной газовой смеси.

Список цитированной литературы.

Патентная литература.

Патентный документ 1: JP H-10182587 A.

Патентный документ 2: EP 0329215 A, описание.

Патентный документ 3: JP 61109760 A.

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением

Когда реактор имеет более высокую температуру, повышается степень конверсии карбамата аммония в мочевины, и поэтому сокращается количество непрореагировавших веществ. Карбамат аммония разлагается при нагревании паром. Поэтому, когда количество карбамата аммония сокращается, требуется меньше пара для отделения непрореагировавших веществ. В дополнение, когда температура реактора является более высокой, увеличивается количество тепла, поступающего в отпарную колонну. Поэтому повышение температуры реактора является эффективной мерой для снижения количества пара, расходуемого в отпарной колонне.

В третьем примере патентного документа 1 испытывался способ повышения температуры аммиака как сырьевого материала, чтобы повысить температуру реактора. Однако температура аммиака в качестве сырьевого материала повышалась до 175°C . Для дополнительного возрастания температуры рассматривалось нагревание паром высокого давления, но в этом случае расходуется большее количество пара.

В еще одном способе температура реактора повышается введением части диоксида углерода в реактор, но в этом случае сокращается количество диоксида углерода, поступающего в отпарную колонну. Уменьшение количества диоксида углерода затрудняет разложение и отделение непрореагировавших веществ в отпарной колонне. Поэтому в растворе из синтеза мочевины, выходящем из донной части отпарной колонны, остается большее количество непрореагировавших веществ. Непрореагировавшие ве-

щества отделяются в стадии очистки мочевины ниже по потоку. Отделенные непрореагировавшие вещества извлекаются при разложении и поглощаются в стадии очистки. Однако для извлечения веществ требуется вода в качестве абсорбирующего растворителя. Применение здесь воды будет приводить к большему количеству выделенного раствора, и большее количество воды возвращается в реактор в виде выделенного раствора. Присутствие воды снижает степень конверсии в мочевины, которая определяется положением равновесия при синтезе. По этим соображениям количество возвращаемой в реактор воды предпочтительно является настолько малым, насколько возможно. В этом смысле раствор из синтеза мочевины, выведенный из донной части отпарной колонны, предпочтительно содержит как можно меньше карбамата аммония. В отпарную колонну предпочтительно подается как можно большее количество диоксида углерода. Если количество вводимого в отпарную колонну диоксида углерода сокращается, снижается степень конверсии в мочевины, и будет возрастать количество непрореагировавших веществ. Таким образом, при получении мочевины расходуется большее количество пара. Более того, образуется меньшее количество газа при разложении и отделении непрореагировавших веществ в отпарной колонне. Это уменьшает теплоту конденсации в конденсаторе. Соответственно этому теплотой конденсации генерируется меньшее количество пара. Иначе говоря, повышение температуры реактора было невозможным без устранения необходимости в как можно большем сокращении количества диоксида углерода, подаваемого в отпарную колонну, или без продолжения нагревания, пока температуры аммиака не станет высокой.

Цель настоящего изобретения состоит в создании способа и установки для получения мочевины, с помощью которых можно повысить степень конверсии в мочевины и расходовать меньше пара.

Разрешение проблем

Способ получения мочевины согласно настоящему изобретению включает стадию введения аммиака с подачей всего количества аммиака в качестве сырьевого материала в реактор; стадию синтеза реакцией диоксида углерода и аммиака при взаимодействии в условиях избытка аммиака в реакторе с образованием тем самым реакционной смеси, содержащей мочевины, карбамат аммония, воду, непрореагировавший аммиак и непрореагировавший диоксид углерода; стадию разложения с разложением карбамата аммония нагреванием реакционной смеси из синтеза и отпариванием по меньшей мере части диоксида углерода как сырьевого материала в качестве вспомогательного агента с образованием тем самым газообразного продукта разложения, содержащего аммиак и диоксид углерода, и раствора из синтеза мочевины, содержащего аммиак, диоксид углерода, воду и мочевины; стадию очистки с отделением непрореагировавших веществ, включающих аммиак, диоксид углерода и воду, от раствора из синтеза мочевины с образованием тем самым очищенного раствора мочевины и выделением отделенных непрореагировавших веществ; стадию введения газообразного продукта разложения с подачей части газообразного продукта разложения в реактор; стадию конденсации с конденсацией остального газообразного продукта разложения и по меньшей мере части непрореагировавших веществ, выделенных в стадии очистки, в конденсаторе с образованием тем самым конденсата; стадию введения конденсата с подачей полученного конденсата в реактор с использованием эжектора, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

Установка для получения мочевины согласно настоящему изобретению включает реактор, в котором диоксид углерода и аммиак реагируют в условиях избытка аммиака с образованием тем самым реакционной смеси, содержащей мочевины, карбамат аммония, воду, непрореагировавший аммиак и непрореагировавший диоксид углерода; трубопровод для подачи аммиака, который используется для подведения всего количества аммиака как сырьевого материала в реактор; отпарную колонну, в которой происходит разложение карбамата аммония нагреванием реакционной смеси из синтеза и отпариванием по меньшей мере части диоксида углерода как сырьевого материала в качестве вспомогательного агента с образованием тем самым газообразного продукта разложения, содержащего аммиак и диоксид углерода, и раствора из синтеза мочевины, содержащего аммиак, диоксид углерода, воду и мочевины; систему очистки, в которой производится очистка мочевины отделением непрореагировавших веществ, включающих аммиак, диоксид углерода и воду, от раствора из синтеза мочевины и выделение отделенных непрореагировавших веществ; трубопровод для подачи газообразного продукта разложения, который используется для введения части газообразного продукта разложения в реактор; конденсатор, в котором конденсируется остальной газообразный продукт разложения и по меньшей мере часть непрореагировавших веществ, выделенных в системе очистки, с образованием тем самым конденсата; и трубопровод для подачи конденсата, который применяется для введения полученного конденсата в реактор с помощью эжектора, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

Результаты изобретения

Согласно настоящему изобретению, могут быть созданы способ и установка для получения мочевины, которые могут повышать степень конверсии с образованием мочевины и расходовать меньше пара.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет схему, иллюстрирующую пример конструкции установки для получения мочевины согласно настоящему изобретению.

Фиг. 2 представляет схему, иллюстрирующую еще один пример конструкции установки для полу-

чения мочевины согласно настоящему изобретению.

Описание вариантов осуществления изобретения

Фиг. 1 иллюстрирует пример конструкции установки для получения мочевины согласно настоящему изобретению.

Иллюстрированная в фиг. 1 установка включает реактор А, отпарную колонну В, систему С очистки и конденсатор D.

В реакторе А аммиак (NH_3) и диоксид углерода (CO_2) вводятся в реакцию с образованием карбамата аммония, и затем карбамат аммония подвергается обработке в реакции дегидратации с образованием мочевины и воды (стадия синтеза мочевины). В стадии синтеза мочевины аммиак находится в избытке по соображениям получения равновесного давления реакционной смеси. В стадии синтеза мочевины молярное отношение NH_3 -компонента к CO_2 -компоненту (N/C) предпочтительно составляет между 3,0 и 4,0, более предпочтительно между 3,5 и 4,0 (например, 3,7).

NH_3 -компонент, в дополнение к фактически присутствующему аммиаку, содержит аммиак, преобразованный в карбамат аммония, и аммиак, преобразованный в мочевины. Поэтому молярное количество NH_3 -компонента соответствует общей величине, вдвое превышающей молярное количество мочевины, вдвое превышающей молярное количество карбамата аммония, и молярного количества аммиака. CO_2 -компонент, в дополнение к фактически присутствующему диоксиду углерода, содержит диоксид углерода, преобразованный в карбамат аммония, и диоксид углерода, преобразованный в мочевины. Поэтому молярное количество CO_2 -компонента соответствует общей величине молярного количества мочевины, молярного количества карбамата аммония и молярного количества аммиака.

Обе из двух ступеней реакции в стадии синтеза мочевины являются равновесными реакциями. Поэтому в стадии синтеза мочевины получается реакционная смесь, содержащая мочевины (включающую небольшое количество биурета), карбамат аммония, воду, непрореагировавший аммиак и непрореагировавший диоксид углерода. Карбамат аммония, содержащийся в реакционной смеси, разлагается в последующей стадии разложения, и непрореагировавшие сырьевые материалы должны быть отделены. Поэтому является более предпочтительным, чтобы была высокой степень конверсии с образованием мочевины в реакторе А. Соответственно этому реактор А действует при высокой температуре (от 175 до 200°C) и высоком давлении от 130 до 200 бар (13-20 МПа).

Аммиак в качестве сырьевого материала вводится в реактор А через трубопровод 1 для подачи аммиака (стадия введения аммиака). Диоксид углерода в качестве сырьевого материала вводится в реактор А через трубопроводы 2 и 2а для подачи диоксида углерода. Подводимый здесь диоксид углерода обычно составляет приблизительно 10 вес.% от необходимого количества сырьевого материала. Некоторое количество диоксида углерода и аммиака также подается из конденсатора D, который будет описан ниже, через трубопровод 6а для подачи конденсата и трубопровод 1а для подачи сырьевого материала. В дополнение другие порции диоксида углерода и аммиака также подаются через трубопроводы 4b и 4d для газообразного продукта разложения и трубопровод 1а для подачи сырьевого материала как часть газообразного продукта разложения, отделенного в описываемой ниже отпарной колонне В. Трубопровод 6а для подачи конденсата и трубопровод 4d газообразного продукта разложения присоединены к эжектору 12а. В эжекторе 12а в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака, вводимого в качестве сырьевого материала через трубопровод 1 для подачи аммиака.

В настоящем изобретении все количество аммиака как сырьевого материала вводится в реактор А через трубопровод 1 для подачи аммиака. Этим может достигаться более высокое значение N/C, что имеет результатом большую степень конверсии CO_2 в мочевины. Соответственно этому расходуется меньшее количество пара для отделения газообразного продукта разложения в отпарной колонне В.

В настоящем изобретении применение эжектора 12а снижает высоту размещения трубопровода 1 для подачи аммиака и конденсатора D и также делает более стабильной работу. Если все количество аммиака как сырьевого материала вводится в реактор А без эжектора 12а, то необходимо направлять конденсат в реактор А под действием силы тяжести. В этом случае конденсатор D нужно размещать на высоте, превышающей верх реактора А по меньшей мере на 5 м, предпочтительно 10 м. В этом случае колебания эксплуатационного режима влияют на баланс давлений между реактором А и конденсатором В. Это может влиять на условия подачи конденсата в реактор А и приводить к нестабильной работе, но настоящее изобретение будет разрешать такую проблему.

В настоящем изобретении аммиак как сырьевой материал перед введением в реактор А предпочтительно нагревается в подогревателе 11 аммиака. Это может повышать температуру в реакторе А и тем самым увеличивать степень конверсии CO_2 в мочевины. Соответственно этому расходуется меньшее количество пара для отделения газообразного продукта разложения в отпарной колонне В. Для нагревания аммиака как сырьевого материала предпочтительно использовать конденсат пара, генерированного в стадии очистки (конденсат пара, образованный конденсацией пара, используемого при нагревании в стадии очистки и/или в последующей стадии концентрирования с нагреванием и концентрированием очищенного водного раствора мочевины), и/или пара (пара низкого давления, LP), образованного теплотой конденсации в стадии конденсации.

Аммиак как сырьевой материал предпочтительно нагревается до температуры от 70 до 140°C. Более

конкретно аммиак как сырьевой материал нагревается до температуры приблизительно от 70 до 90°C конденсатом пара и, если необходимо, дополнительно нагревается паром низкого давления до температуры приблизительно от 120 до 140°C.

Полученная в реакторе А реакционная смесь подается в отпарную колонну В через трубопровод 3а для подачи реакционной смеси. В отпарной колонне В реакционная смесь нагревается так, что карбамат аммония разлагается на аммиак и диоксид углерода, и дополнительно отпаривается с использованием по меньшей мере части диоксида углерода как сырьевого материала в качестве вспомогательного агента. Тем самым отделяется газообразный продукт разложения, содержащий аммиак и диоксид углерода (стадия разложения). Однако аммиак и диоксид углерода не могут быть полностью отделены в отпарной колонне В от мочевины и воды в реакционной смеси; поэтому получается раствор из синтеза мочевины, содержащий аммиак, диоксид углерода, воду и мочевины. Диоксид углерода содержится в растворе из синтеза мочевины в составе карбамата аммония, образованного реакцией с аммиаком, и раствор из синтеза мочевины из отпарной колонны В обычно содержит аммиак, в том числе аммиак в форме карбамата аммония, в количестве приблизительно от 10 до 15 вес.%.

Диоксид углерода в качестве вспомогательного агента при отпаривании вводится в отпарную колонну В через трубопроводы 2 и 2b для подачи диоксида углерода. Отпарная колонна В нагревается теплоносителем, подводимым через впускной трубопровод 21 для теплоносителя отпарной колонны. Теплоноситель выводится через выпускной трубопровод 22 для теплоносителя отпарной колонны. Теплоноситель обычно представляет собой пар (водяной пар). Давление пара регулируется, например, на 20 бар (2 МПа).

Раствор из синтеза мочевины, полученный в отпарной колонне В, выводится через трубопровод 4а для раствора из синтеза мочевины, соединенный с дном отпарной колонны В. Давление снижается с использованием регулировочного клапана 13, и выведенный раствор из синтеза мочевины становится газожидкостной смесью (стадия снижения давления). Посредством регулировочного клапана 13 давление обычно снижается до уровня между 15 и 20 бар (1,5-2,0 МПа), например 17 бар (1,7 МПа), и тем самым получается газожидкостная смесь с температурой между 130 и 140°C. Концентрация каждого из аммиака и диоксида углерода, содержащихся в газожидкостной смеси, предпочтительно составляет между 10 и 15 вес.%. Может предусматриваться устройство для нагревания полученной газожидкостной смеси.

Газожидкостная смесь вводится в систему С очистки. В системе С очистки от газожидкостной смеси отделяются непрореагировавшие вещества, включающие аммиак, диоксид углерода и воду. Этим получается очищенный раствор мочевины и, кроме того, удаляются отделенные непрореагировавшие вещества (стадия очистки).

В системе С очистки создается давление газожидкостной смеси, пригодное для отделения непрореагировавших веществ, включающих аммиак, диоксид углерода и воду. Кроме того, при нагревании паром получается, по существу, водный раствор мочевины. Как правило, когда общее количество аммиака и диоксида углерода, оставшихся в газожидкостной смеси, составляет, например, приблизительно 15 вес.% или более, применяется двухступенчатая система, как раскрытая в патентном документе 3. Эта система включает декомпозиционную колонну среднего давления от 15 до 20 бар (1,5-2,0 МПа), например 17 бар (1,7 МПа), и декомпозиционную колонну низкого давления от 2 до 5 бар (0,2-0,5 МПа), например 2,5 бар (0,25 МПа). Если общее количество остаточных аммиака и диоксида углерода составляет менее 15 вес.%, применяется система, включающая только декомпозиционную колонну низкого давления.

В системе С очистки удаляются оставшиеся в газожидкостной смеси аммиак и диоксид углерода. Тепло, необходимое для этого удаления, может быть получено от пара низкого давления (LP), генерированного в конденсаторе D, как описывается ниже. Давление LP-пара предопределяется рабочей температурой конденсатора D. Когда рабочее давление в зоне синтеза является более высоким, температура конденсатора D является более высокой и давление получаемого LP-пара также является более высоким. Давление LP-пара обычно составляет между 4 и 6 бар (0,4-0,6 МПа) при температуре между 151 и 164°C. В системе С очистки такой пар низкого давления используется для нагревания, но температура, которая может быть достигнута декомпозиционной колонной среднего давления и декомпозиционной колонной низкого давления (в особенности декомпозиционной колонной среднего давления), является ограниченной. Если температура насыщенного пара и рабочая температура различаются на 10°C, температура нагревателя декомпозиционной колонны среднего давления может быть повышена до 141°C в случае давления LP-пара 5 бар (0,5 МПа) и до 154°C в случае давления LP-пара 6 бар (0,6 МПа). Температура может быть еще более повышена, но в этом случае увеличивается площадь поверхности теплообмена, и с экономической точки зрения дальнейшее повышение температуры неприемлемо. Если температура декомпозиционной колонны среднего давления возрастает, сокращается количество карбамата аммония и аммиака как непрореагировавшего остатка, содержащегося в водном растворе мочевины из декомпозиционной колонны среднего давления, и снижается нагрузка на декомпозиционную колонну низкого давления на стороне ниже по потоку.

Водный раствор мочевины, полученный в системе С очистки, содержит небольшое количество аммиака и диоксида углерода. Водный раствор мочевины может быть направлен на обработку в стадии концентрирования мочевины через трубопровод 5а для водного раствора мочевины. В стадии концен-

трирования мочевины водный раствор мочевины может быть сконцентрирован нагреванием в условиях вакуума. Полученная концентрированием мочевины может быть направлена в производственную стадию, где получается твердая мочевины в виде конечного продукта.

Аммиак и диоксид углерода, отделенные в декомпозиционной колонне среднего давления и декомпозиционной колонне низкого давления, извлекаются водой в качестве абсорбирующего растворителя в абсорберах для каждого уровня давления. Выделенный раствор, полученный в абсорбере низкого давления, имеет такую абсорбционную способность в условиях более высокого давления, что этот выделенный раствор направляется в абсорбер среднего давления для конденсирования газа из декомпозиционной колонны среднего давления и используется в качестве абсорбирующего растворителя. Выделенный раствор, полученный в абсорбере среднего давления, который поглощает отделенные аммиак и диоксид углерода, подвергается сжатию до необходимого давления и затем направляется в конденсатор D. Меньшее количество воды в выделенном растворе, полученном в абсорбере среднего давления, содействует достижению более высокой степени конверсии в мочевины в стадии синтеза. Таким образом, поэтому предпочтительно меньшее количество воды, направляемой в абсорбер низкого давления. Количество направляемой в абсорбер низкого давления воды может быть сокращено уменьшением количества непрореагировавших веществ, отделенных в декомпозиционной колонне низкого давления. Для сокращения количества непрореагировавших веществ в декомпозиционной колонне низкого давления предпочтительно отделять большее количество непрореагировавших веществ в декомпозиционной колонне среднего давления, и это может быть достигнуто повышением температуры в декомпозиционной колонне среднего давления. Для синтеза мочевины предпочтительным является удаление как можно большего количества непрореагировавших веществ повышением температуры декомпозиционной колонны среднего давления. Может быть допустимым способ нагревания декомпозиционной колонны среднего давления без использования пара, генерированного в стадии синтеза мочевины.

Нпрореагировавшие вещества (выделенный раствор), извлеченные в системе С очистки, вводятся в конденсатор D через трубопровод 5b для выделенных непрореагировавших веществ. Некоторое количество газообразного продукта разложения, отделенного в отпарной колонне В (предпочтительно от 80 до 95 вес.%), вводится в конденсатор D через трубопроводы 4b и 4c для газообразного продукта разложения. В конденсаторе D непрореагировавшие вещества и газообразный продукт разложения охлаждаются хладагентом и конденсируются. Тем самым получается конденсат (стадия конденсации). Отношение N/C в конденсате, полученном в конденсаторе D, предпочтительно составляет от 2,5 до 3,5, более предпочтительно от 2,8 до 3,2.

Аммиак и диоксид углерода, введенные в конденсатор D, реагируют между собой с образованием карбамата аммония, и часть карбамата аммония преобразуется в мочевины в результате реакции дегидратации. Таким образом, полученный конденсат предпочтительно задерживается в конденсаторе D в течение определенного периода времени. Поскольку конденсат может удерживаться в конденсаторе D в течение достаточного периода времени (например, 25 мин), предпочтительно применяется вертикальный конденсационный реактор типа барботажной колонны (также называемый конденсатором). Конденсационный реактор вертикального типа предпочтительно является таким, как, например, раскрытый в патентном документе I.

Хладагент конденсатора D может представлять собой, например, воду. При подаче воды в трубопровод 31 для подачи хладагента конденсатора пар низкого давления от 4 до 6 бар (0,4-0,6 МПа) выводится через выпускной трубопровод 32 хладагента конденсатора. Как было описано выше, пар низкого давления обычно используется для нагревания декомпозиционной колонны среднего давления и декомпозиционной колонны низкого давления. Но в настоящем изобретении пар низкого давления предпочтительно используется для нагревания аммиака как сырьевого материала в подогревателе 11 аммиака.

Полученный в конденсаторе D конденсат все еще содержит непрореагировавшие сырьевые материалы. Тем самым конденсат вводится в реактор А через трубопровод 6a для подачи конденсата и трубопровод 1a для подачи сырьевого материала (стадия введения конденсата). Конденсат вводится с использованием эжектора 12a, и в эжекторе 12a используется в качестве рабочей текучей среды по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала. Отходящий газ, образованный из конденсатора D (несконденсированный газ, содержащий главным образом аммиак, диоксид углерода и инертный газ), возвращается в систему С очистки через трубопровод 6b для отходящего газа.

Между тем часть газообразного продукта разложения, отделенного в отпарной колонне В, вводится в реактор А через трубопроводы 4b и 4d для газообразного продукта разложения и трубопровод 1a для подачи сырьевого материала (стадия подачи газообразного продукта разложения). Введением части газообразного продукта разложения непосредственно в реактор А можно нагревать реактор А.

Здесь является предпочтительным, что в реактор А вводятся между 5 и 20 вес.% газообразного продукта разложения. Если в реактор А вводятся 20 вес.% газообразного продукта разложения или менее, возрастает эффект повышения температуры реактора А конденсацией газообразного продукта разложения. Если в реактор А вводятся 5 вес.% газообразного продукта разложения или более, эффективно повышается температура реактора А. Более того, возрастает степень конверсии в мочевины, и может быть эффективно снижен расход пара.

В иллюстрированной в фиг. 1 установке трубопровод 6a для подачи конденсата и трубопровод 4d для газообразного продукта разложения присоединены к одному и тому же эжектору 12a, то есть конденсат и газообразный продукт разложения вводятся в реактор А через один и тот же трубопровод 1a для подачи сырьевого материала. Однако то, как вводятся конденсат и газообразный продукт разложения, не ограничивается вышеупомянутым способом. В альтернативном варианте трубопровод 6a для подачи конденсата и трубопровод 4d для газообразного продукта разложения могут быть присоединены к различным эжекторам 12a и 12b, как иллюстрировано в фиг. 2. Конденсат и газообразный продукт разложения могут вводиться в реактор А через различные трубопроводы 1a и 1b для подачи сырьевых материалов. Здесь в эжекторе 12b в качестве рабочей текучей среды предпочтительно используется часть аммиака как сырьевого материала. Введение газообразного продукта разложения из трубопровода 4d для газообразного продукта разложения в реактор А не обязательно выполняется с помощью эжектора 12b.

Согласно настоящему изобретению, как описано выше, может быть повышена температура реактора А, тогда как может быть, насколько возможно, подавлено сокращение количества диоксида углерода, вводимого в отпарную колонну В, и без слишком сильного нагревания аммиака как сырьевого материала. В результате этого согласно настоящему изобретению можно повысить степень конверсии в мочевины и снизить расход пара.

Примеры

Пример 1.

Мочевина синтезирована с использованием иллюстрированной в фиг. 1 установки. Давление в зоне синтеза (реактор А и отпарная колонна В) отрегулировано на 160 бар (16 МПа). Созданы такие условия, что молярное соотношение (N/C) NH_3 -компонента к CO_2 -компоненту в реакторе А составляет 3,7. Кроме того, созданы такие условия, что молярное соотношение H_2O -компонента к CO_2 -компоненту в реакторе А составляет 0,58. H_2O -компонент рассчитывается вычитанием количества воды, образованной при синтезе мочевины, из количества фактически присутствующей воды. Другими словами, молярное количество H_2O -компонента получается вычитанием молярного количества мочевины из молярного количества воды.

В реактор А вводятся 10 вес.% диоксида углерода, необходимого в качестве сырьевого материала. В дополнение, все количество аммиака как сырьевого материала нагревается до 140°C и вводится в реактор А. Таким образом, рабочая температура реактора А поддерживается при 182°C . При этой температуре проводится реакция. Реакционная смесь, полученная в этом реакторе А, направляется в отпарную колонну В. В отпарной колонне выполняется отпаривание с использованием остального диоксида углерода как сырьевого материала в качестве вспомогательного агента, в то время как проводится нагревание паром под давлением 20 бар (2 МПа) так, что раствор из синтеза мочевины и газообразный продукт разложения разделяются. Расход пара составляет 0,66 т/1 т мочевины в отпарной колонне В.

В объем кожуха вертикального конденсатора D погружного типа направляются 90 вес.% газообразного продукта разложения из отпарной колонны В, а также непрореагировавшие вещества из системы очистки. Подаваемый газообразный продукт разложения конденсируется в присутствии выделенного раствора из системы С очистки, и тем самым получается конденсат. Теплота конденсации отводится в результате генерирования пара для нагревания, которое было необходимо в стадии очистки и последующей стадии концентрирования мочевины. Образованный в конденсаторе D конденсат возвращается в реактор А с использованием эжектора 12a, в котором в качестве рабочей текучей среды используется аммиак как сырьевой материал, нагретый до 140°C .

Остальной газообразный продукт разложения из отпарной колонны В (10 вес.%) направляется в реактор А вместе с конденсатом с помощью эжектора 12a. Здесь температура реактора А возрастает на 4°C . Этим степень конверсии диоксида углерода в мочевины повышается на 1%. Расход пара 20 бар (2 МПа) в отпарной колонне В сокращается на 0,045 т (приблизительно на 7 вес.%) на 1 т мочевины.

Пример 2.

Мочевина синтезирована в таких же условиях, как в примере 1, за исключением того, что 80 вес.% газообразного продукта разложения из отпарной колонны В направляются в конденсатор D и остальные 20 вес.% направляются в реактор А вместе с конденсатом с использованием эжектора 12a. Здесь температура реактора А возрастает на 4°C . Кроме того, когда рабочее давление увеличивается до 165 бар (16,5 МПа), температура реактора А повышается на 8°C , в каком случае степень конверсии диоксида углерода в мочевины повышается на 2% и расход пара 20 бар (2 МПа) в отпарной колонне В сокращается на 0,1 т (приблизительно на 15 вес.%) на 1 т мочевины.

Описание кодовых номеров позиций:

А - реактор;

В - отпарная колонна;

С - система очистки;

D - конденсатор;

1 - трубопровод для подачи аммиака;

1a - трубопровод для подачи сырьевого материала;

1b - трубопровод для подачи сырьевого материала;

- 2 - трубопровод для подачи диоксида углерода;
- 2a - трубопровод для подачи диоксида углерода;
- 2b - трубопровод для подачи диоксида углерода;
- 3a - трубопровод для реакционной смеси;
- 4a - трубопровод для раствора из синтеза мочевины;
- 4b - трубопровод для газообразного продукта разложения;
- 4c - трубопровод для газообразного продукта разложения;
- 4d - трубопровод для газообразного продукта разложения;
- 5a - трубопровод для водного раствора мочевины;
- 5b - трубопровод для выделенных непрореагировавших веществ;
- 6a - трубопровод для подачи конденсата;
- 6b - трубопровод для отходящего газа;
- 11 - подогреватель аммиака;
- 12a - эжектор;
- 12b - эжектор;
- 13 - регулировочный клапан;
- 21 - трубопровод для подачи теплоносителя отпарной колонны;
- 22 - выпускной трубопровод теплоносителя отпарной колонны;
- 31 - трубопровод для подачи хладагента конденсатора;
- 32 - выпускной трубопровод хладагента конденсатора.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения мочевины, включающий

стадию введения аммиака с подачей всего количества аммиака в качестве сырьевого материала в реактор;

стадию синтеза реакцией диоксида углерода и аммиака в условиях избытка аммиака в реакторе с образованием тем самым реакционной смеси, содержащей мочевины, карбамат аммония, воду, непрореагировавший аммиак и непрореагировавший диоксид углерода;

стадию разложения с разложением карбамата аммония нагреванием реакционной смеси из синтеза и отпариванием с использованием по меньшей мере части диоксида углерода как сырьевого материала в качестве вспомогательного агента в отпарной колонне с образованием тем самым газообразного продукта разложения, содержащего аммиак и диоксид углерода, и раствора из синтеза мочевины, содержащего аммиак, диоксид углерода, воду и мочевины;

стадию очистки с отделением непрореагировавших веществ, включающих аммиак, диоксид углерода и воду, от раствора из синтеза мочевины в системе очистки с образованием тем самым очищенного раствора мочевины и выделением отделенных непрореагировавших веществ;

стадию введения газообразного продукта разложения с подачей части газообразного продукта разложения в реактор;

стадию конденсации с конденсацией остального газообразного продукта разложения по меньшей мере с частью непрореагировавших веществ, выделенных в стадии очистки, в кожухотрубном конденсаторе путем ведения упомянутого газообразного продукта разложения и непрореагировавших веществ из системы очистки в объем кожуха указанного конденсатора с образованием тем самым конденсата и неконденсированного газа по отдельности;

стадию возвращения отходящего газа с возвращением неконденсированного газа, полученного в указанном конденсаторе, в указанную систему очистки по трубопроводу для отходящего газа, соединяющему указанный конденсатор и указанную систему очистки;

стадию введения конденсата с подачей конденсата в реактор с использованием эжектора для введения конденсата в реактор, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

2. Способ по п.1, в котором в стадии введения газообразного продукта разложения предусмотрен эжектор для введения упомянутой части газообразного продукта разложения в реактор, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

3. Способ по п.2, в котором упомянутую стадию введения конденсата и упомянутую стадию введения газообразного продукта разложения осуществляют с использованием одного и того же эжектора, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором аммиак как сырьевой материал нагревают в стадии введения аммиака с использованием конденсата пара, генерированного в стадии очистки, и/или пара, генерированного теплотой конденсации в стадии конденсации.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором аммиак как сырьевой материал нагревают до температуры от 70 до 140°C в стадии введения аммиака.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором между 5 и 20 вес.% газообразного продукта разложения вводят в реактор в стадии введения газообразного продукта разложения.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором конденсатор представляет собой вертикальный конденсационный реактор типа барботажной колонны.

8. Способ по любому из пп.1-7, дополнительно включающий в себя стадию введения диоксида углерода, на которой часть диоксида углерода как сырьевого материала вводят непосредственно в реактор, а оставшуюся часть диоксида углерода вводят непосредственно в отпарную колонну, используя трубопровод для подачи диоксида углерода, который непосредственно соединен с реактором и отпарной колонной.

9. Установка для получения мочевины способом по любому из пп.1-8, включающая в себя реактор, в котором диоксид углерода и аммиак реагируют в условиях избытка аммиака с образованием тем самым реакционной смеси, содержащей мочевины, карбамат аммония, воду, непрореагировавший аммиак и непрореагировавший диоксид углерода;

трубопровод для подачи аммиака, который используется для подведения всего количества аммиака как сырьевого материала в реактор;

отпарную колонну, в которой происходит разложение карбамата аммония нагреванием реакционной смеси из синтеза и отпариванием с использованием по меньшей мере части диоксида углерода как сырьевого материала в качестве вспомогательного агента с образованием тем самым газообразного продукта разложения, содержащего аммиак и диоксид углерода, и раствора из синтеза мочевины, содержащего аммиак, диоксид углерода, воду и мочевины;

систему очистки, в которой производится очистка мочевины отделением непрореагировавших веществ, включающих аммиак, диоксид углерода и воду, от раствора из синтеза мочевины и выделение отделенных непрореагировавших веществ;

трубопровод для подачи газообразного продукта разложения, который используется для введения части газообразного продукта разложения в реактор;

кожухотрубный конденсатор, в котором конденсируется остальной газообразный продукт разложения по меньшей мере с частью непрореагировавших веществ, выделенных в системе очистки, путем введения упомянутого газообразного продукта разложения и непрореагировавших веществ из системы очистки в объем кожуха указанного конденсатора с образованием тем самым конденсата и несконденсированного газа по отдельности;

трубопровод для отходящего газа, соединяющий указанный конденсатор и указанную систему очистки, который применяют для возвращения несконденсированного газа, полученного в конденсаторе, в систему очистки и

трубопровод для подачи конденсата, который применяется для введения конденсата в реактор с помощью эжектора для введения конденсата в реактор, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

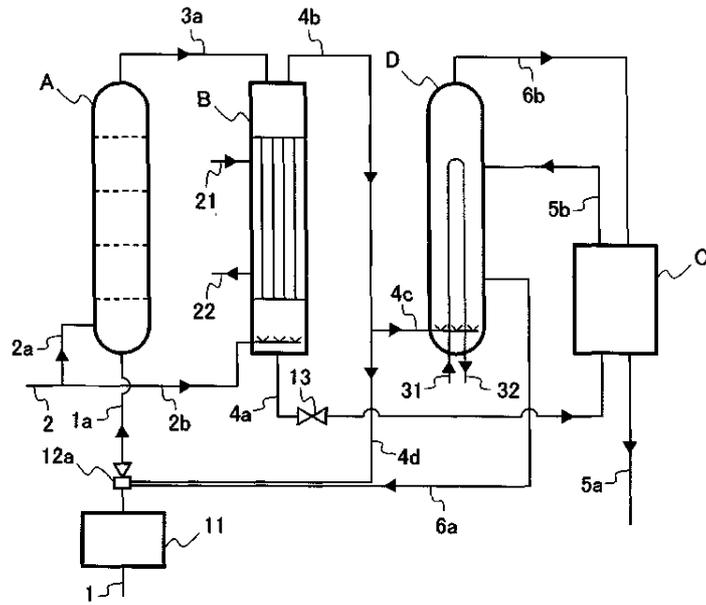
10. Установка по п.9, в которой к трубопроводу для подачи газообразного продукта разложения присоединен эжектор для введения упомянутой части газообразного продукта разложения в реактор, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

11. Установка по п.10, в которой упомянутый трубопровод для подачи конденсата и упомянутый трубопровод для подачи газообразного продукта разложения присоединены к одному и тому же эжектору, в котором в качестве рабочей текучей среды используется по меньшей мере часть аммиака как сырьевого материала.

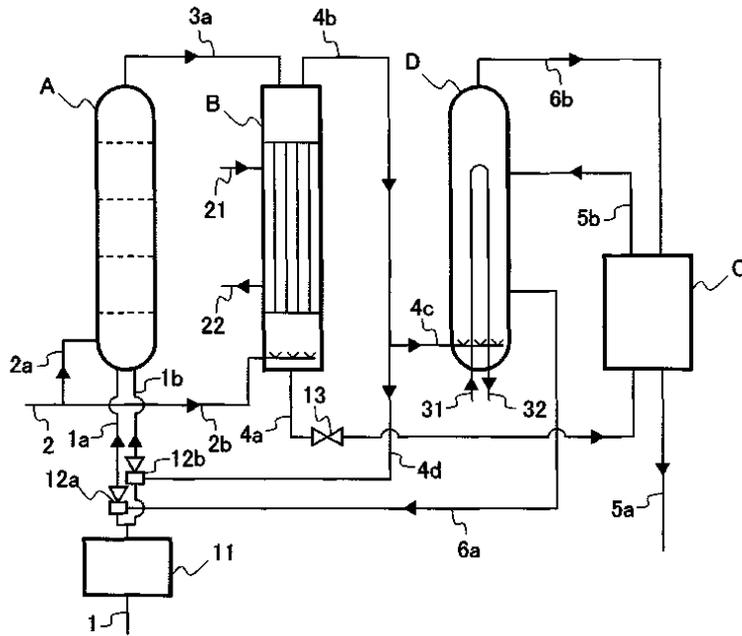
12. Установка по любому из пп.9-11, в которой аммиак как сырьевой материал может быть нагрет в трубопроводе для подачи аммиака с использованием конденсата пара, генерированного в системе очистки, и/или пара, генерированного в конденсаторе.

13. Установка по любому из пп.9-12, в которой конденсатор представляет собой вертикальный конденсационный реактор типа барботажной колонны.

14. Установка по любому из пп.9-13, дополнительно включающая в себя трубопровод для подачи диоксида углерода, который непосредственно присоединен к реактору и отпарной колонне и который используют для введения части диоксида углерода как сырьевого материала непосредственно в реактор и введения оставшейся части диоксида углерода как сырьевого материала непосредственно в отпарную колонну.



Фиг. 1



Фиг. 2

