

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038039**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.06.28

(51) Int. Cl. *C07C 273/16* (2006.01)
C07C 275/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201992037

(22) Дата подачи заявки
2018.03.06

(54) СПОСОБ ГРАНУЛИРОВАНИЯ МОЧЕВИНЫ(31) **2017-052199**(32) **2017.03.17**(33) **JP**(43) **2020.02.29**(86) **PCT/JP2018/008574**(87) **WO 2018/168573 2018.09.20**

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

(72) Изобретатель:
**Накамура Сухей, Усифуса Акико,
Сасаки Кейго (JP)**

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

(56) JP-A-20001466
JP-A-9227493
JP-A-2012509833
WO-A1-2016159336
JP-A-2015520741

(57) Осаждение соли аммония предотвращается вместе с подавлением увеличения содержания воды в водном растворе мочевины, подаваемом на этап гранулирования мочевины, в процессе извлечения и использования мочевины и NH_3 в газе, содержащем мочевиновую пыль и NH_3 , выходящем с этапа гранулирования мочевины. Предложен способ гранулирования мочевины, включающий этап гранулирования с получением гранулированной твердой мочевины из исходного водного раствора мочевины с помощью воздуха; этап извлечения, на котором извлекают мочевиновую пыль и NH_3 из воздуха, выходящего с этапа гранулирования, путем использования водного раствора, содержащего кислоту, с получением извлеченного раствора, содержащего мочевины и соль аммония; этап регулирования концентрации соли, на котором извлеченный раствор смешивают с водным раствором мочевины, имеющим более низкую концентрацию соли аммония, чем извлеченный раствор, регулируя таким образом концентрацию соли аммония в извлеченном растворе; этап концентрирования, на котором концентрируют раствор, полученный на этапе регулирования концентрации соли, путем испарения воды, содержащейся в растворе, полученном на этапе регулирования концентрации соли, с получением концентрированного извлеченного раствора; и этап смешивания, на котором концентрированный извлеченный раствор смешивают с исходным водным раствором мочевины, причем концентрация соли аммония в концентрированном извлеченном растворе составляет 7 мас.% или менее.

B1**038039****038039****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу гранулирования мочевины, в котором гранулированную твердую мочевины получают из водного раствора мочевины.

Уровень техники

На заводе по производству мочевины сначала синтезируют мочевины, а затем в качестве основного продукта получают гранулированную твердую мочевины. Схема обычного процесса гранулирования мочевины описана со ссылкой на фиг. 2.

Исходный водный раствор мочевины, содержащий следовое количество аммиака, подают по линии 1 в процесс гранулирования мочевины. Концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9), который описан ниже, смешивают с исходным водным раствором мочевины. Жидкую смесь (линия 11) подают на этап А грануляции. На этапе грануляции гранулированную твердую мочевины (линия 2) получают из водного раствора мочевины, используя воздух, который подают по линии 3. На этапе гранулирования воздух, содержащий мочевиновую пыль и аммиак (в дальнейшем этот воздух может упоминаться как "выходящий после гранулирования газ"), извлекают (линия 4) и подают на этап В извлечения.

На этап В извлечения подают подпиточную воду (линия 5), содержащую кислоту. На этапе извлечения мочевиновую пыль, содержащуюся в выходящем после грануляции газе, извлекают в водном растворе извлеченной мочевины (линия 7); при этом также извлекают аммиак, содержащийся в выходящем после грануляции газе, в виде соли аммония (соли вышеуказанной кислоты). С другой стороны, отходящий газ, из которого была удалена мочевиновая пыль и аммиак, выводят в атмосферу (линия 6).

Поскольку водный раствор извлеченной мочевины (линия 7) содержит большое количество воды, этот раствор не может быть сразу обработан на этапе А грануляции. По этой причине выполняют этап С концентрирования для удаления воды из водного раствора извлеченной мочевины (линия 7) с целью получения концентрированного водного раствора извлеченной мочевины (линия 9).

Концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9), который содержит соль аммония и который получен на этапе С концентрирования, смешивают (линия 11) с исходным водным раствором мочевины, который подают по линии 1, а затем подают на этап А гранулирования. Воду, которая была удалена из водного раствора извлеченной мочевины на этапе С концентрирования, выводят по линии 8.

В таком процессе гранулирования мочевины, поскольку концентрация соли аммония на этапе С концентрирования становится высокой, соль аммония может выпадать в осадок. При образовании осадка соли аммония, например, сетчатый фильтр насоса для транспортировки концентрированного водного раствора мочевины и распылительная насадка, которая используется на этапе гранулирования, могут забиваться этими осадками, что может привести к невозможности длительной непрерывной работы.

В патентной литературе 1 раскрыт способ извлечения и использования мочевиновой пыли и аммиака, которые содержатся в отходящем газе. В этом способе на этапе извлечения мочевины используются первый башенный скруббер (для извлечения мочевиновой пыли с помощью не содержащего кислоту раствора мочевины) и второй башенный скруббер (для извлечения аммиака, а также мочевиновой пыли, которая не была абсорбирована в первом башенном скруббере, с помощью водного раствора, содержащего кислоту). Кроме того, общая концентрация соли аммония и мочевины в водном растворе извлеченной мочевины, который получают из второго башенного скруббера, устанавливается на уровне 20% или более. Водный раствор извлеченной мочевины смешивают с водным раствором мочевины для подачи на этап гранулирования без этапа концентрирования. В способе, который предложен в патентной литературе 2, часть расплава мочевины, который подают в систему, добавляют к водному раствору извлеченной мочевины перед этапом концентрирования; концентрацию соли аммония, содержащейся в растворе мочевины на выходе из этапа концентрирования (испарителя), доводят до уровня менее 12 мас.%, в частности от 9 до 11 мас.%, и затем раствор мочевины подают на этап гранулирования; тогда как остальную часть расплава мочевины, подаваемого в систему, подают на этап гранулирования. В этом методе рекомендуется, чтобы количество расплава мочевины, добавляемого к водному раствору извлеченной мочевины до этапа концентрирования, было минимальным.

Литература уровня техники

Патентная литература

Патентная литература 1: JP 2000-1466 A.

Патентная литература 2: США 2011/0229394 A1.

Сущность изобретения

Проблемы, решаемые изобретением

В способе, раскрытом в патентной литературе 1, может быть подавлено осаждение соли аммония; однако извлеченный раствор, полученный из второго башенного скруббера, не может быть подвергнут процессу концентрирования. Из-за этого содержание воды в водном растворе мочевины, подаваемом на этап гранулирования, может быть высоким, в результате чего концентрация воды в полученном твердом продукте мочевины может быть высокой.

В способе, описанном в патентной литературе 2, соль аммония может выпадать в осадок из-за высокой концентрации соли аммония, содержащейся в водном растворе мочевины после этапа концентрирования. Особенно в случае, когда в качестве кислоты используется серная кислота, происходит осажде-

ние сульфата аммония. Таким образом, этот способ сложно использовать на практике.

Задачей настоящего изобретения является предотвращение осаждения соли аммония без увеличения содержания воды в водном растворе мочевины, подаваемом на этап грануляции мочевины, во время извлечения и использования мочевины и аммиака из газа, содержащего мочевиновую пыль и аммиак, которые образуются на этапе грануляции мочевины.

Средства для решения проблем

Настоящее изобретение относится к способу гранулирования мочевины, включающему стадию гранулирования, на которой из исходного водного раствора мочевины получают гранулированную твердую мочевины, используя воздух;

стадию извлечения, на которой извлекают мочевиновую пыль и аммиак из выходящего после гранулирования воздуха, содержащего мочевиновую пыль и аммиак, с использованием водного раствора, содержащего кислоту, с получением водного раствора извлеченной мочевины, который представляет собой водный раствор, содержащий мочевины и соль аммония;

стадию регулирования концентрации соли аммония, на которой водный раствор извлеченной мочевины, полученный на стадии извлечения, смешивают с водным раствором мочевины, имеющим относительно низкую концентрацию соли аммония по сравнению с водным раствором извлеченной мочевины, таким образом, регулируя концентрацию соли аммония в водном растворе извлеченной мочевины;

стадию концентрирования, на которой концентрируют водный раствор извлеченной мочевины, полученный на стадии регулирования концентрации соли аммония, путем испарения воды, содержащейся в водном растворе извлеченной мочевины, полученном на стадии регулирования концентрации соли аммония, с получением концентрированного водного раствора извлеченной мочевины; и

стадию смешивания, на которой концентрированный водный раствор извлеченной мочевины смешивают с исходным водным раствором мочевины, где

концентрация соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины составляет 7 мас.% или менее.

На стадии регулирования концентрации соли аммония часть исходного водного раствора мочевины, до или после смешивания концентрированного водного раствора извлеченной мочевины, можно использовать в качестве вышеупомянутого водного раствора мочевины, имеющего относительно низкую концентрацию соли аммония.

Вышеупомянутый способ гранулирования может дополнительно включать, перед стадией концентрирования, стадию нейтрализации, на которой к водному раствору извлеченной мочевины, полученному на стадии извлечения, добавляют щелочь для нейтрализации водного раствора извлеченной мочевины.

Вышеупомянутый способ гранулирования может дополнительно включать стадию контроля, на которой, исходя из текущего значения концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины, контролируют концентрацию соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины путем манипулирования, скоростью потока вышеупомянутого "водного раствора мочевины, имеющего относительно низкую концентрацию соли аммония", который предназначен для смешивания с водным раствором извлеченной мочевины на стадии регулирования концентрации соли аммония.

На стадии контроля текущее значение концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины может быть получено на основе температуры и давления при испарении воды на стадии концентрирования, а также температуры и плотности концентрированного водного раствора извлеченной мочевины.

Кислота может представлять собой по меньшей мере одну кислоту, выбранную из группы, состоящей из серной кислоты, азотной кислоты и фосфорной кислоты.

Вышеупомянутый способ гранулирования дополнительно может включать стадию подачи воды, испаряемой на стадии концентрирования, на стадию извлечения.

Преимущества изобретения

Настоящее изобретение позволяет предотвратить осаждение соли аммония при одновременном подавлении увеличения содержания воды в водном растворе мочевины, подаваемом на этапе грануляции мочевины, во время извлечения и использования мочевины и аммиака из газа, содержащего мочевиновую пыль и аммиак, которые образуются на стадии гранулирования мочевины.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показана схема технологического процесса, демонстрирующая вариант осуществления способа гранулирования мочевины в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 показана схема технологического процесса, демонстрирующая традиционный способ гранулирования мочевины.

На фиг. 3 показана схема технологического процесса, демонстрирующая другой вариант осуществления способа грануляции мочевины в соответствии с настоящим изобретением.

Варианты осуществления изобретения

В настоящем изобретении выполняют стадию гранулирования, стадию извлечения, стадию регулирования концентрации соли аммония, стадию концентрирования и стадию смешивания. Варианты осу-

ществления настоящего изобретения описаны ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи, однако настоящее изобретение ими не ограничивается.

Обычно исходный водный раствор мочевины (линия 1), подаваемый в процесс гранулирования мочевины в соответствии с настоящим изобретением, получают путем отделения воды от водного раствора мочевины, который получают в процессе синтеза мочевины, для концентрирования водного раствора мочевины и достижения более высокой концентрации мочевины. Обычно концентрация мочевины в исходном водном растворе мочевины составляет 95 мас.% или более и 98 мас.% или менее. Исходный водный раствор мочевины содержит следовое количество свободного аммиака, образуемого в процессе синтеза мочевины. Концентрация аммиака в исходном водном растворе мочевины обычно составляет от 1000 до 1500 мас.ч./млн. Обычно на стадии гранулирования в результате гидролиза и реакции образования биурета в водном растворе мочевины образуется следовое количество аммиака.

Стадия А гранулирования

Как показано на фиг. 1, исходный водный раствор мочевины, подаваемый по линии 1, поступает на стадию А гранулирования. На стадии А гранулирования гранулированную твердую мочевиновую гранулу получают из исходного водного раствора мочевины с использованием воздуха. Следует отметить, что, поскольку концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9) смешивают с исходным водным раствором мочевины (линия 1), то образование гранулированной твердой мочевины на стадии А гранулирования происходит одновременно из исходного водного раствора мочевины и концентрированного водного раствора извлеченной мочевины. В процессе, показанном на фиг. 1, линия для жидкой смеси (линия 11) исходного водного раствора мочевины и концентрированного водного раствора извлеченной мочевины разветвляется, и часть (линия 12) раствора подается на стадию А грануляции; тогда как оставшая часть (линия 10) смешивается с водным раствором извлеченной мочевины (линия 13) на стадии регулирования концентрации соли аммония. Соответственно мочевина в водном растворе мочевины, подаваемом на стадию А гранулирования по линии 12, охлаждается и затвердевает на воздухе, подаваемом по линии 3, с образованием твердой мочевины, которую выводят в виде продукта по линии 2. На этапе А гранулирования твердую мочевиновую гранулу можно получить, используя подходящий гранулятор. В качестве гранулятора используется, например, гранулятор мочевины с псевдооживленным слоем или взвешенно-фонтанирующим слоем. В качестве гранулятора можно использовать устройство для производства крупнозернистой мочевины (например, грануляционную башню). Форма и размер твердых частиц мочевины не имеют специальных ограничений и могут быть определены соответствующим образом.

Воздух (выходящий после гранулирования газ) (линия 4), содержащий мочевиновую пыль и аммиак, выводится со стадии А гранулирования. Обычно в газе на линии 4 концентрация мочевиновой пыли составляет от 3000 до 10000 мас.ч./млн, а концентрация аммиака составляет 100-300 мас.ч./млн.

Помимо гранулятора на линии 2 может находиться холодильник для охлаждения твердой мочевины, которая выходит со стадии А гранулирования. В этом холодильнике для охлаждения может использоваться воздух. Воздух, выходящий из холодильника, может содержать мочевиновую пыль, а также аммиак. Соответственно воздух, который выходит из холодильника, может быть обработан на этапе извлечения таким же образом, как воздух, который выходит со стадии гранулирования.

Состав твердой мочевины варьирует в зависимости от индивидуальных требований. Как правило, твердая мочевина содержит, например, от 98,5 до 99,5 мас.% мочевины, от 0,1 до 0,5 мас.% воды и от 0,2 до 1,0 мас.% соли аммония.

Стадия В извлечения

На стадии В извлечения мочевиновую пыль и аммиак извлекают из выходящего после гранулирования газа (линия 4) с помощью водного раствора, содержащего кислоту, с получением водного раствора извлеченной мочевины (линия 13).

В качестве устройства для извлечения можно использовать известный башенный скруббер, такой как скруббер с насадкой (заполненной насадкой) или скруббер Вентури. Обычно внутри башенного скруббера циркулирует очищающая жидкость таким образом, чтобы она вступала в газ/жидкость контакт с выходящим после гранулирования газом. Таким образом, происходит извлечение мочевиновой пыли и аммиака с помощью очищающей жидкости. Для выгрузки мочевины и соли аммония из устройства для извлечения часть очищающей жидкости (смесь водного раствора, содержащая мочевину, соль аммония и кислоту) извлекают из устройства для извлечения в виде водного раствора извлеченной мочевины (линия 13). Остальная очищающая жидкость циркулирует в устройстве для извлечения и вступает в контакт с выходящим после гранулирования газом. В устройство для извлечения подают воду (подпиточную воду), содержащую кислоту. Кратко, на стадии В извлечения мочевиновая пыль и аммиак в выходящем после гранулирования газе абсорбируются водным раствором, содержащим кислоту. В это время аммиак абсорбируется в виде соли аммония.

Как правило, значение pH очищающей жидкости (жидкости, приводимой в контакт с газом, содержащим мочевиновую пыль и аммиак) может быть доведено до примерно 2-7 с помощью кислоты. В качестве кислоты можно использовать по меньшей мере одну, выбранную из группы, состоящей из серной кислоты, азотной кислоты и фосфорной кислоты. В частности, может быть использована серная кислота.

Воздух с уменьшенной концентрацией мочевины и аммиака выводится со стадии В извлечения в

виде отходящего газа (линия 6).

В процессе, показанном на фиг. 1, в качестве подпиточной воды, подаваемой на стадию извлечения, используются подпиточная вода (линия 5), содержащая кислоту, а также вода (линия 8; эта вода может содержать мочевины, соль аммония и аммиак в низких концентрациях), полученная на стадии С концентрирования.

Очищающая жидкость, приводимая в контакт с выходящим после гранулирования газом, может содержать мочевины в концентрации, например, от 40 до 60 мас.%, соль аммония в концентрации, например, от 1 до 10 мас.% и иметь рН, например, от 2 до 7. То же самое относится и к водному раствору извлеченной мочевины (линия 13).

Подпиточная вода, подаваемая по линии 5, и подпиточная вода, подаваемая по линии 8, используются для разбавления очищающей жидкости, приводимой в контакт с выходящим после гранулирования газом. Соответственно концентрация мочевины и концентрация аммиака в подпиточной воде могут быть ниже, чем в очищающей жидкости. Например, как концентрация мочевины, так и концентрация аммиака в подпиточной воде могут составлять 1 мас.% или менее. Более конкретно, вода в линии 8 содержит, например, от 0 до 0,5 мас.% мочевины, от 0 до 0,5 мас.% аммиака и от 0 до 0,01 мас.% соли аммония. Подпиточная вода в линии 5 содержит, например, от 0 до 5 мас.ч./млн мочевины и от 0 до 5 мас.ч./млн аммиака.

Что касается концентраций мочевины и аммиака в отходящем газе, обычно концентрация мочевины составляет, например, от 30 до 50 мас.ч./млн, а концентрация аммиака составляет от 30 до 50 мас.ч./млн.

Стадия регулирования концентрации соли аммония

Водный раствор извлеченной мочевины (линия 13), полученный на стадии извлечения, смешивают с водным раствором мочевины (далее иногда упоминаем как "водный раствор мочевины с низкой концентрацией соли аммония"), имеющим относительно низкую концентрацию соли аммония по сравнению с водным раствором извлеченной мочевины. Таким образом, регулируют концентрацию соли аммония в водном растворе извлеченной мочевины. Другими словами, водный раствор мочевины (линия 10), имеющий более низкую концентрацию соли аммония, чем водный раствор извлеченной мочевины (линия 13), добавляют к водному раствору извлеченной мочевины (линия 13) с получением водного раствора извлеченной мочевины (линия 7), в котором концентрация соли аммония снижена. Количество смешиваемого "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" определяют таким образом, чтобы концентрация соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9) составляла 7 мас.% или менее.

В процессе, показанном на фиг. 1, в качестве "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" используется часть (линия 10) жидкой смеси (линия 11) исходного водного раствора мочевины (линия 1) и концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9). Другими словами, на стадии регулирования концентрации соли аммония в качестве "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" используется часть (линия 10) исходного водного раствора мочевины, с которой смешан концентрированный водный раствор извлеченной мочевины.

В качестве альтернативы, как показано на фиг. 3, исходный водный раствор мочевины (линия 1) разделяется, и отделенная часть (линия 16) может использоваться в качестве "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" и смешиваться с водным раствором извлеченной мочевины (линия 13). Другими словами, в качестве "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" на стадии регулирования концентрации соли аммония может быть использована часть (линия 16) исходного водного раствора мочевины перед смешиванием с концентрированным водным раствором извлеченной мочевины. В этом случае остаток (линия 15) исходного водного раствора мочевины смешивают с концентрированным водным раствором извлеченной мочевины (линия 9), и полученную жидкую смесь (линия 11) можно подавать на стадию А гранулирования.

Стадия С концентрирования

На стадии концентрирования воду, которая содержится в водном растворе извлеченной мочевины (линия 7), полученном на стадии регулирования концентрации соли аммония, испаряют, тем самым концентрируя водный раствор извлеченной мочевины с получением концентрированного водного раствора извлеченной мочевины (линия 9).

Для предотвращения осаждения соли аммония концентрация соли аммония (в частности, сульфата аммония), которая содержится в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9), предпочтительно составляет 7 мас.% или менее. Для получения низкой концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины, как указано выше, концентрацию соли аммония в растворе регулируют (в частности, уменьшают) на стадии регулирования концентрации соли аммония. Концентрация соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины может составлять, например, 0,01 мас.% или более.

Для получения раствора (линия 12 на фиг. 1), который может быть обработан на стадии гранулирования соответствующим образом, концентрация воды в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9) предпочтительно составляет 5 мас.% или менее. При использовании подходящего способа концентрирования, такого как способ концентрирования под вакуумом, концентрация воды в

концентрированном водном растворе извлеченной мочевины может быть уменьшена, например, до концентрации 0,2 мас.% или более.

Вода, которая испаряется из водного раствора извлеченной мочевины на стадии С концентрирования, содержит мочевины, соль аммония и аммиак, образующийся на стадии С концентрирования; однако, поскольку их концентрации являются низкими, эту воду можно использовать в качестве подпиточной воды на стадии В извлечения, подавая ее по линии 8. Таким образом, в системе может сохраняться вода, содержащая соль аммония. Воду из линии 8 можно конденсировать и затем подавать на стадию В извлечения в виде жидкости, или можно подавать на стадию В извлечения (в этом случае пар конденсируется в устройстве, используемом на этапе извлечения).

На стадии концентрирования может быть использован известный испаритель, который может испарять воду. Например, вода может испаряться при нагревании, например, с использованием испарителя, содержащего теплообменную трубку.

Стадия смешивания

Концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9), сконцентрированный на стадии С концентрирования, смешивают с исходным водным раствором мочевины, подаваемым по линии 1. В процессе, показанном на фиг. 1, исходный водный раствор мочевины (линия 1) полностью смешивают с концентрированным водным раствором извлеченной мочевины (линия 9), и часть (линия 12) полученной жидкой смеси (линия 11) подают на стадию А гранулирования. В процессе, показанном на фиг. 3, часть (линия 15) исходного водного раствора мочевины и концентрированного водного раствора извлеченной мочевины (линия 9) смешивают, и полученную жидкую смесь (11) полностью подают на стадию А гранулирования.

На стадии смешивания может быть использован любой подходящий известный способ смешивания жидкостей друг с другом.

Стадия нейтрализации

При необходимости к водному раствору извлеченной мочевины (линия 13), полученному на стадии В извлечения, можно добавить щелочь для нейтрализации водного раствора извлеченной мочевины.

На стадии В извлечения эффективность абсорбции может быть увеличена в случае использования для абсорбции аммиака избыточного количества кислоты относительно количества аммиака. Однако в конкретном случае, когда используется серная кислота, нержавеющая сталь может подвергаться коррозии под воздействием остаточной серной кислоты и тепла, применяемого на стадии концентрирования. Следовательно, нержавеющую сталь нельзя использовать в устройстве для концентрирования, используемом на стадии концентрирования, и может потребоваться использование чрезвычайно дорогого циркония. В таком случае перед стадией концентрирования может быть выполнена стадия нейтрализации для нейтрализации кислоты с тем, чтобы можно было использовать нержавеющую сталь.

В качестве метода нейтрализации можно использовать известный способ нейтрализации для нейтрализации кислоты щелочью. В частности, водный раствор извлеченной мочевины (линия 13) можно нейтрализовать путем добавления аммиака к водному раствору извлеченной мочевины (линия 13) перед смешиванием "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10) с водным раствором извлеченной мочевины.

Стадия контроля

Концентрацию соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9) можно регулировать таким образом, чтобы она находилась на уровне целевого значения (SV), манипулируя скоростью потока "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10 на фиг. 1, линия 16 на фиг. 3), предназначенного для смешивания с водным раствором извлеченной мочевины (линия 13) на стадии регулирования концентрации соли аммония, исходя из текущего значения (PV) концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9).

С этой целью текущее значение (PV) концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины может быть получено на основе температуры и давления при испарении воды на стадии концентрирования, а также температуры и плотности концентрированного водного раствора извлеченной мочевины (линия 9).

Можно узнать соответствующие температуру и давление при испарении воды на стадии концентрирования. Эту температуру и давление можно измерить, например, с помощью соответствующего термометра и манометра, установленных в испарителе, используемом для концентрирования. Также можно узнать соответствующие температуру и плотность концентрированного водного раствора извлеченной мочевины. Эта температура и плотность могут быть измерены, например, при помощи термометра и денсиметра в линии 9. Если разницей между температурой при испарении воды и температурой концентрированного водного раствора извлеченной мочевины можно пренебречь, измеряют либо температуру при испарении воды, либо температуру концентрированного водного раствора извлеченной мочевины, и измеренное значение можно использовать в качестве значений обоих температур.

На основании этих температур, давления и плотности может быть получена текущая величина концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины. Эти температуры, давление и плотность легко измерить онлайн в режиме реального времени. Соответственно текущее

значение (PV) концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины может быть получено на основе этих значений, таким образом осуществляя контроль концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины на уровне целевого значения (SV) в реальном времени.

С целью манипулирования скоростью потока "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10 на фиг. 1, линия 16 на фиг. 3) можно использовать соответствующий известный блок управления потоком, такой как клапан управления потоком.

Конкретная процедура получения текущего значения (PV) концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины обсуждается ниже. Следует отметить, что водный раствор извлеченной мочевины считается трехкомпонентной системой, по существу состоящей из мочевины, соли аммония (например, сульфата аммония) и воды.

Определение концентрации воды в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины

Давление паров воды в трехкомпонентном водном растворе мочевины, по существу состоящем из мочевины, соли аммония и воды, таком как водный раствор извлеченной мочевины (линия 7) и концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9), определяют по температуре и концентрации воды в трехкомпонентном водном растворе мочевины. Если температура и давление остаются постоянными, вода трехкомпонентного водного раствора мочевины испаряется до тех пор, пока парциальное давление воды не достигнет давления паров, что означает, что происходит процесс концентрирования трехкомпонентного водного раствора мочевины. В этом случае, поскольку практически все вещества, которые испаряются из трехкомпонентного водного раствора мочевины, представляют собой воду (хотя испаряются незначительные количества аммиака и диоксида углерода), парциальное давление воды можно рассматривать как равное рабочему давлению. Соответственно, если температура и давление при испарении воды на этапе концентрирования определены, можно оценить концентрацию воды в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины. В этом случае можно использовать корреляцию между температурой, давлением паров воды и концентрацией воды в трехкомпонентном водном растворе мочевины. Эта корреляция может быть получена в предварительно проведенном эксперименте.

Определение концентрации мочевины и концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины

Поскольку концентрацию воды в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины определяют, как описано выше, можно определить концентрацию оставшихся компонентов (общую концентрацию мочевины и соли аммония) в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины. Плотности соли аммония и мочевины отличаются друг от друга. Следовательно, если плотность концентрированного водного раствора извлеченной мочевины определена, то можно оценить соотношение мочевины и соли аммония. Чтобы скорректировать влияние температуры на плотность, температуру можно измерять вместе с плотностью. Для оценки соотношения мочевины к соли аммония можно использовать корреляцию между концентрацией воды, плотностью и температурой двухкомпонентной жидкой смеси, состоящей из мочевины и воды, и может быть использована корреляция между плотностью и температурой сульфата аммония. Эти корреляции могут быть получены в предварительно проведенных экспериментах.

Этап контроля может быть выполнен автоматически с использованием соответствующей системы управления измерительными приборами.

Согласно настоящему изобретению осаждение соли аммония может быть предотвращено. Соответственно можно предотвратить засорение, например, фильтра насоса, используемого для транспортировки концентрированного водного раствора мочевины, и распылительного сопла, используемого на этапе гранулирования, что обеспечивает длительную непрерывную работу. Кроме того, путем концентрирования водного раствора мочевины, содержащего соль аммония, можно предотвратить увеличение содержания воды в водном растворе мочевины, подаваемом на этап гранулирования.

Примеры

Настоящее изобретение описано ниже более конкретно на основе примеров. Однако настоящее изобретение этим не ограничено.

Пример 1.

Выполняли моделирование технологического процесса, показанного на фиг. 1. Результаты приведены в табл. 1.

Исходный водный раствор мочевины (мочевина 95,9 мас.%, аммиак 0,1 мас.%, вода 4,0 мас.%) подавали по линии 1 при температуре 132°C, давлении 10,0 кг/см²G (0,981 МПаG) и скорости потока 128,9 т/ч. Буква "G" в единице давления означает, что давление является манометрическим давлением.

Предполагалось, что исходный водный раствор мочевины (линия 1) содержит 1000 мас.ч./млн (0,128 т/ч) свободного аммиака; что свободный аммиак образуется со скоростью 0,03 т/ч в результате реакции образования биурета на стадии А гранулирования; и что этот аммиак (0,158 т/ч) полностью переходит в воздух на стадии А гранулирования и содержится в газе, подаваемом по линии 4.

Концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (линия 9), имеющий температуру

132°C, давление 10,0 кг/см²G (0,981 МПаG) и скорость потока 18,3 т/ч, смешивали с исходным водным раствором мочевины (линия 1). Полученную жидкую смесь (линия 11) делили (разветвляли) на поток (линия 10), имеющий скорость потока 12,5 т/ч, и поток (линия 12), имеющий скорость потока 134,8 т/ч. Первый поток использовали в качестве "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония", а второй поток подавали на стадию А гранулирования. Выходящий со стадии А гранулирования воздух (линия 4), содержащий 0,5 мас.% мочевиной пыли и 0,01 мас.% аммиака и дополнительно содержащий 1,5 мас.% воды, подавали на стадию В извлечения. Кроме того, на стадии А гранулирования в качестве продукта получали твердую мочевины (линия 2), содержащую 0,2 мас.% воды и 0,5 мас.% сульфата аммония.

На стадию В извлечения подавали воду, идущую по линии 8, в качестве подпиточной воды дополнительно к подпиточной воде (линия 5), содержащей серную кислоту. Концентрации мочевины и аммиака в отходящем газе, выходящем со стадии В извлечения по линии 6, устанавливали равными 30-50 мас.ч./млн. На стадии извлечения мочевины и аммиак, содержащиеся в газе по линии 4, извлекали в водный раствор извлеченной мочевины (линия 13). В этом случае присутствующий в этом газе аммиак, вступивший в реакцию с серной кислотой, подаваемой по линии 5, извлекали в виде сульфата аммония в водном растворе извлеченной мочевины.

Водный раствор извлеченной мочевины (линия 13) и "водный раствор мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10) смешивали (этап регулирования концентрации соли аммония). Полученную жидкую смесь (водный раствор мочевины с отрегулированной концентрацией соли аммония) подавали по линии 7 на стадию концентрирования. Концентрация сульфата аммония в "водном растворе мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10) составляла 0,5 мас.%, а концентрация сульфата аммония в водном растворе извлеченной мочевины (линия 13) составляла 4,9 мас.%. Первая концентрация была ниже второй (примерно 1/10).

Температура водного раствора извлеченной мочевины (линия 13) была равна 40°C. Температура жидкой смеси (линия 7), предназначенной для подачи на стадию С концентрирования, составляла 115°C. Поскольку коррозия происходит при высокой температуре, если выполняется этап нейтрализации кислоты в водном растворе мочевины, предназначенном для подачи на стадию концентрирования, нейтрализацию предпочтительно проводить при более низкой температуре. В частности, щелочь (например, аммиак) предпочтительно добавляют к водному раствору извлеченной мочевины (линия 13), имеющему температуру 40°C.

На стадии концентрирования водный раствор мочевины (линия 7) с отрегулированной концентрацией соли аммония нагревали для испарения воды с целью получения концентрированного водного раствора извлеченной мочевины (линия 9), в котором мочевины является концентрированной. Скорость потока "водного раствора мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10) определяли таким образом, чтобы концентрация сульфата аммония в линии 9 достигала 3,7 мас.%.

Пар (не содержащий мочевины, соли аммония и кислоты), полученный путем испарения воды, подавали по линии 8 на стадию В извлечения.

Нагревание, охлаждение, а также повышение и снижение давления текучей среды выполняли по мере необходимости с помощью соответствующих средств (например, теплообменника, насоса, нагнетателя, редукционного клапана), хотя они не показаны на фиг. 1 и 3. Более конкретно водный раствор извлеченной мочевины (линия 13) нагревали (таким образом, чтобы температура жидкости по линии 7 стала равной 115°C) с помощью теплообменника до смешивания водного раствора извлеченной мочевины с "водным раствором мочевины с низкой концентрацией соли аммония" (линия 10). На стадии С концентрирования воду испаряли с помощью испарителя, который находился под отрицательным давлением, обогреваемым эжектором. Давление полученного концентрированного водного раствора извлеченной мочевины повышали до 10,0 кг/см²G (0,981 МПаG) с помощью насоса и переводили в линию 9. Гранулятор, который использовали на стадии А гранулирования, и линия 4 находились в условиях отрицательного давления, а газ, который отводили со стадии В извлечения, сжимали с помощью нагнетателя и выводили по линии 6.

Ниже описана процедура оценки концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9) на основе температуры, давления и плотности.

Концентрированный водный раствор извлеченной мочевины состоит из трех компонентов: мочевины, сульфата аммония и воды. В предварительно проведенном эксперименте получили корреляцию между температурой, давлением паров воды и концентрацией воды в трехкомпонентном водном растворе мочевины, состоящем из мочевины, соли аммония и воды. Используя эту корреляцию, получили концентрацию воды, при которой давление водяного пара трехкомпонентного водного раствора мочевины при 132°C было равно давлению на стадии С концентрирования, составляющему -0,7 кг/см²G (-0,068 МПаG). Концентрация полученной воды была равна 4 мас.%.

Другими словами, концентрация воды в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины составляла 4 мас.%.

Плотность двухкомпонентной жидкой смеси, состоящей из воды (4 мас.%) и мочевины (96 мас.%),

и плотности сульфата аммония (чистое вещество) можно оценить через определение температуры. Исходя из оцененных плотностей, как указано выше, и плотности (измеренное значение) концентрированного водного раствора извлеченной мочевины, в смеси можно оценить соотношение двухкомпонентной жидкой смеси к сульфату аммония с тем, чтобы смешать двухкомпонентную жидкую смесь с сульфатом аммония с получением жидкости того же состава, что и состав концентрированного водного раствора извлеченной мочевины. В качестве примера описан случай, в котором концентрированный водный раствор извлеченной мочевины имеет плотность (измеренное значение) $1204,8 \text{ кг/м}^3$ и температуру 132°C . При температуре 132°C плотность двухкомпонентной жидкой смеси составляет $1193,6 \text{ кг/м}^3$, а плотность сульфата аммония - $1499,6 \text{ кг/м}^3$. Корреляцию между концентрацией воды, плотностью и температурой двухкомпонентной жидкой смеси и корреляцию между плотностью и температурой сульфата аммония получали в предварительно проведенных экспериментах.

Если двухкомпонентную жидкую смесь и сульфат аммония смешивают с получением раствора такого же состава, что и состав концентрированного водного раствора извлеченной мочевины, получаем следующее уравнение

$$1193,6 \times (1-c) + 1499,6 \times c = 1204,8$$

где c - соотношение массы сульфата аммония к суммарной массе двухкомпонентной жидкой смеси и сульфата аммония (другими словами, масса концентрированного водного раствора извлеченной мочевины).

Найдено, что значение вышеуказанного c равно $0,037$ ($3,7 \text{ мас.}\%$). Другими словами, в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины концентрация воды составляет $4 \text{ мас.}\%$, а концентрация сульфата аммония - $3,7 \text{ мас.}\%$. Следовательно, концентрация мочевины составляет $92,3 \text{ мас.}\%$.

Сравнительный пример 1.

Моделирование процесса выполняли так же, как в примере 1, за исключением того, что скорость потока по линии 10 устанавливали равной нулю. Другими словами, водный раствор извлеченной мочевины, полученный на стадии извлечения, подавали непосредственно на стадию концентрирования без регулирования концентрации соли аммония. В сравнительном примере 1 концентрация сульфата аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9) составляла $10,5 \text{ мас.}\%$. В этом случае сульфат аммония может выпадать в осадок на стадии концентрирования, в линии 9 и последующих линиях или на стадии гранулирования.

В примере 1 концентрация сульфата аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины (линия 9) составляла $3,7 \text{ мас.}\%$. В примере 1 осаждение сульфата аммония может быть предотвращено.

Как видно из сравнения примера 1 и сравнительного примера 1, согласно настоящему изобретению "водный раствор мочевины с низкой концентрацией соли аммония" смешивают с водным раствором извлеченной мочевины перед этапом концентрирования, тем самым уменьшая концентрацию соли аммония в водном растворе мочевины; и затем на стадии концентрирования удаляют воду. Это позволяет предотвратить осаждение соли аммония.

Плотность концентрированного водного раствора извлеченной мочевины (линия 9) в примере 1 была равна 1205 кг/м^3 , а в сравнительном примере - 1226 кг/м^3 .

Таблица 1. Результаты моделирования 1, пример 1

| № линии | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 13 | |
|------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|-------|-------------------------|--------|-------------------------|-------|-------------------------|
| | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % |
| мочевина | 123,6 | 95,9 | 123,6 | 99,3 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 40,1 |
| NH ₃ | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| вода | 5,2 | 4,0 | 0,3 | 0,2 | 11,7 | 1,1 | 16,8 | 1,5 | 0,0 | 2,0 | 45,0 | 4,1 | 6,9 | 55,0 |
| сульфат аммония | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 4,9 |
| серная кислота | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 98,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| воздух | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1060,5 | 98,9 | 1060,5 | 98,0 | 0,0 | 0,0 | 1060,5 | 95,9 | 0,0 | 0,0 |
| общее количество | 128,9 | 100,0 | 124,5 | 100,0 | 1072,2 | 100,0 | 1082,4 | 100,0 | 0,5 | 100,0 | 1105,5 | 100,0 | 12,5 | 100,0 |
| Давление | 10,0 | кг/см ² G | 0,0 | кг/см ² G | 0,04 | кг/см ² G | - | кг/см ² G | 3,0 | кг/см ² G | 0,0 | кг/см ² G | 3,0 | кг/см ² G |
| | 0,981 | МПаG | 0,000 | МПаG | 0,004 | МПаG | - | МПаG | 0,294 | МПаG | 0,000 | МПаG | 0,294 | МПаG |
| Температура | 132 | °C | 50 | °C | 35 | °C | 100 | °C | 30 | °C | 40 | °C | 40 | °C |
| Плотность | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| № линии | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | |
|------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|
| | т/ч | мас. % |
| мочевина | 16,9 | 67,8 | 0,0 | 0,0 | 16,9 | 92,3 | 11,9 | 95,5 | 140,5 | 95,5 | 128,6 | 95,5 |
| NH ₃ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| вода | 7,4 | 29,5 | 6,6 | 99,8 | 0,7 | 4,0 | 0,5 | 4,0 | 5,9 | 4,0 | 5,4 | 4,0 |
| сульфат аммония | 0,7 | 2,7 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 3,7 | 0,1 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| серная кислота | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| воздух | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| общее количество | 24,9 | 100,0 | 6,6 | 100,0 | 18,3 | 100,0 | 12,5 | 100,0 | 147,2 | 100,0 | 134,8 | 100,0 |
| Давление | 3,0 | кг/см ² G | -0,7 | кг/см ² G | 10,0 | кг/см ² G |
| | 0,294 | МПаG | 0,068 | МПаG | 0,981 | МПаG | 0,981 | МПаG | 0,981 | МПаG | 0,981 | МПаG |
| Температура | 115 | °C | 132 | °C |
| Плотность | - | - | - | - | 1205 | кг/м ³ | - | - | - | - | - | - |

Таблица 2. Результаты моделирования 1, сравнительный пример 1

| № линии | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 13 | |
|------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|-------|----------------------|--------|----------------------|-------|----------------------|
| | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % |
| мочевина | 123,6 | 95,9 | 123,6 | 99,3 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 40,1 |
| NH ₃ | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| вода | 5,2 | 4,0 | 0,3 | 0,2 | 11,7 | 1,1 | 16,8 | 1,5 | 0,0 | 2,0 | 45,0 | 4,1 | 6,9 | 55,0 |
| сульфат аммония | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 4,9 |
| серная кислота | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 98,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| воздух | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1060,5 | 98,9 | 1060,5 | 98,0 | 0,0 | 0,0 | 1060,5 | 95,9 | 0,0 | 0,0 |
| общее количество | 128,9 | 100,0 | 124,5 | 100,0 | 1072,2 | 100,0 | 1082,4 | 100,0 | 0,5 | 100,0 | 1105,5 | 100,0 | 12,5 | 100,0 |
| Давление | 10,0 | кг/см ² G | 0,0 | кг/см ² G | 0,04 | кг/см ² G | 0,002 | кг/см ² G | 3,0 | кг/см ² G | 0,0 | кг/см ² G | 3,0 | кг/см ² G |
| | 0,981 | МПаG | 0,000 | МПаG | 0,004 | МПаG | 0,000 | МПаG | 0,294 | МПаG | 0,000 | МПаG | 0,294 | МПаG |
| Температура | 132 | °C | 50 | °C | 35 | °C | 100 | °C | 30 | °C | 40 | °C | 40 | °C |
| Плотность | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| № линии | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | |
|------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-----|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|
| | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % | т/ч | мас. % |
| мочевина | 5,0 | 40,1 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 85,5 | 0,0 | - | 128,6 | 95,5 | 128,6 | 95,5 |
| NH ₃ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| вода | 6,9 | 55,0 | 6,6 | 100,0 | 0,2 | 4,0 | 0,0 | - | 5,4 | 4,0 | 5,4 | 4,0 |
| сульфат аммония | 0,6 | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 10,5 | 0,0 | - | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| серная кислота | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| воздух | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| общее количество | 12,5 | 100,0 | 6,6 | 100,0 | 5,8 | 100,0 | 0,0 | - | 134,8 | 100,0 | 134,8 | 100,0 |
| Давление | 3,0 | кг/см ² G | 0,7 | кг/см ² G | 10,0 | кг/см ² G | - | кг/см ² G | 10,0 | кг/см ² G | 10,0 | кг/см ² G |
| | 0,294 | МПаG | 0,068 | МПаG | 0,981 | МПаG | - | МПаG | 0,981 | МПаG | 0,981 | МПаG |
| Температура | 115 | °C | 132 | °C | 132 | °C | - | °C | 132 | °C | 132 | °C |
| Плотность | - | - | - | - | 1226 | кг/м ³ | - | - | - | - | - | - |

Расшифровка ссылочных позиций:

А - стадия гранулирования;

В - стадия извлечения;

С - стадия концентрирования;

1 - исходный водный раствор мочевины;

2 - гранулированная твердая мочевины;

3 - воздух;

4 выходящий после гранулирования газ (воздух, содержащий мочевиновую пыль и аммиак);

5 - подпиточная вода (содержащая кислоту);

6 - отходящий газ;

7 - водный раствор извлеченной мочевины (для подачи на стадию концентрирования);

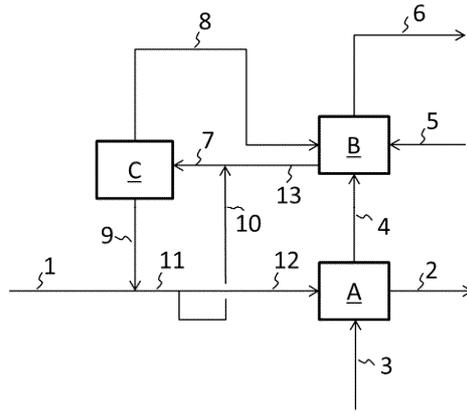
8 - вода, полученная на стадии концентрирования;

9 - концентрированный водный раствор извлеченной мочевины (содержащий соль аммония);

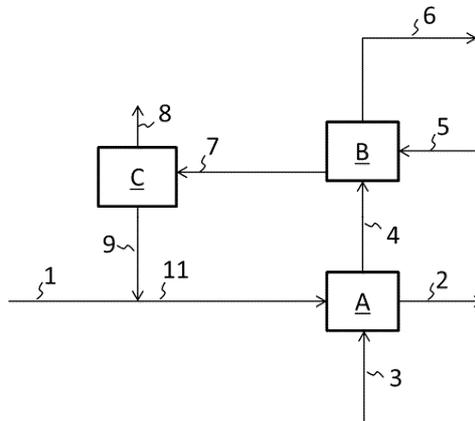
- 10 - водный раствор мочевины с низкой концентрацией соли аммония;
- 11 - исходный водный раствор мочевины, смешанный с концентрированным водным раствором извлеченной мочевины;
- 12 - оставшаяся часть раствора линии 11 после отделения части этого раствора в линию 10;
- 13 - водный раствор извлеченной мочевины (полученный на этапе извлечения);
- 15 - часть исходного водного раствора мочевины (для подачи на этап гранулирования);
- 16 - оставшаяся часть исходного водного раствора мочевины (водный раствор мочевины с низкой концентрацией соли аммония).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

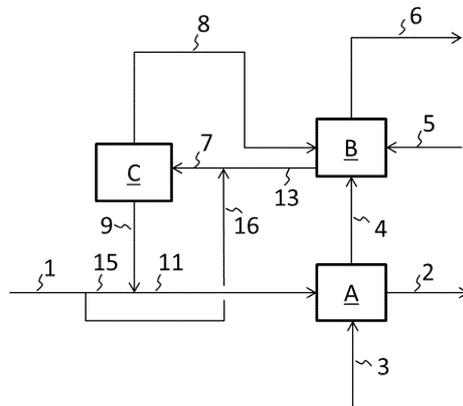
1. Способ гранулирования мочевины, включающий стадию гранулирования, на которой получают гранулированную твердую мочевины из исходного водного раствора мочевины, используя воздух; стадию извлечения, на которой извлекают мочевиновую пыль и аммиак из воздуха, содержащего мочевиновую пыль и аммиак, выходящего со стадии гранулирования, с использованием водного раствора, содержащего кислоту, с получением водного раствора извлеченной мочевины, который представляет собой водный раствор, содержащий мочевины и соль аммония; стадию регулирования концентрации соли аммония, на которой водный раствор извлеченной мочевины, полученный на стадии извлечения, смешивают с водным раствором мочевины, имеющим относительно низкую концентрацию соли аммония по сравнению с водным раствором извлеченной мочевины, таким образом регулируя концентрацию соли аммония в водном растворе извлеченной мочевины; стадию концентрирования, на которой концентрируют водный раствор извлеченной мочевины, полученный на стадии регулирования концентрации соли аммония, путем испарения воды, содержащейся в водном растворе извлеченной мочевины, полученном на стадии регулирования концентрации соли аммония, с получением концентрированного водного раствора извлеченной мочевины; и стадию смешивания, на которой концентрированный водный раствор извлеченной мочевины смешивают с исходным водным раствором мочевины, где концентрация соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины составляет 7 мас.% или менее.
2. Способ по п.1, в котором на стадии регулирования концентрации соли аммония часть исходного водного раствора мочевины до или после смешивания с концентрированным водным раствором извлеченной мочевины используют в качестве указанного водного раствора мочевины, имеющего относительно низкую концентрацию соли аммония.
3. Способ по п.1 или 2, дополнительно содержащий перед стадией концентрирования стадию нейтрализации, на которой к водному раствору извлеченной мочевины, полученному на стадии извлечения, добавляют щелочь для нейтрализации водного раствора извлеченной мочевины.
4. Способ по любому из пп.1-3, дополнительно включающий стадию контроля, на котором, исходя из текущего значения концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины, регулируют концентрацию соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины путем манипулирования скоростью потока вышеупомянутого "водного раствора мочевины, имеющего относительно низкую концентрацию соли аммония", который предназначен для смешивания с водным раствором извлеченной мочевины на стадии регулирования концентрации соли аммония.
5. Способ по п.4, в котором на стадии контроля текущее значение концентрации соли аммония в концентрированном водном растворе извлеченной мочевины получают на основе температуры и давления при испарении воды на этапе концентрирования и температуры и плотности концентрированного водного раствора извлеченной мочевины.
6. Способ по любому из пп.1-5, в котором кислота представляет собой по меньшей мере одну кислоту, выбранную из группы, состоящей из серной кислоты, азотной кислоты и фосфорной кислоты.
7. Способ по любому из пп.1-6, дополнительно включающий стадию подачи воды, которая испаряется на этапе концентрирования, на стадию извлечения.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

