

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **026029**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.02.28

(21) Номер заявки
201491396

(22) Дата подачи заявки
2013.02.08

(51) Int. Cl. *C07C 51/02* (2006.01)
C07C 59/08 (2006.01)
C07C 59/195 (2006.01)
C07C 59/265 (2006.01)
C07C 61/20 (2006.01)
C07C 53/122 (2006.01)
C07C 55/10 (2006.01)
C07C 55/14 (2006.01)
C07C 57/04 (2006.01)
C07C 57/13 (2006.01)
C07C 57/145 (2006.01)
C07C 57/15 (2006.01)
C07C 59/01 (2006.01)

(54) ПРЕВРАЩЕНИЕ КАРБОКСИЛАТА В КИСЛОТУ

(31) **12154534.7; 61/596,279**

(32) **2012.02.08**

(33) **EP; US**

(43) **2014.12.30**

(86) **PCT/EP2013/052525**

(87) **WO 2013/117687 2013.08.15**

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

(72) Изобретатель:
**Серда Баро Агустин, Ван Брюгель
Ян, Грот Виллем Якоб, Де Хан Андрэ
Баньер, Янсен Петер Паул (NL)**

(74) Представитель:
Поликарпов А.В. (RU)

(56) **CN-A-101748161
WO-A2-0017378**

(57) Изобретение относится к способу приготовления карбоновой кислоты путем превращения в кислоту жидкого сырья, содержащего соль карбоновой кислоты, при этом способ включает стадии предоставления жидкого сырья, содержащего карбоксилат магния; предоставления газообразного сырья, содержащего газообразный хлорид водорода; и превращения карбоксилата в карбоновую кислоту путем приведения жидкого сырья в контакт с газообразным сырьем, посредством чего получают жидкий выходящий поток, содержащий карбоновую кислоту и хлорид магния; причем газообразное сырье, содержащее газообразный хлорид водорода, получают на стадии термического разложения, на которой водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, подвергают воздействию температуры, составляющей по меньшей мере 300°C, в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом, получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород.

B1**026029****026029****B1**

Изобретение направлено на способ приготовления карбоновой кислоты путем превращения в кислоту жидкого сырья, содержащего карбоксилат магния, с помощью кислоты.

Карбоновые кислоты, такие как молочная кислота и янтарная кислота, можно произвести посредством ферментации (сбраживания) источника углерода, такого как углеводы или глицерин, с помощью микроорганизмов. В таком способе ферментации углеводный источник обычно ферментируют с помощью микроорганизмов для образования карбоновой кислоты. Жидкость, в которой ферментируют углеводный источник, называют ферментационным бульоном или ферментационной средой. Образование карбоновой кислоты в течение ферментации приводит к уменьшению pH ферментационного бульона. Так как такое уменьшение pH может навредить метаболизму микроорганизмов, обычной практикой является добавление нейтрализующего агента, т.е. основания, в ферментационные среды, чтобы нейтрализовать pH или чтобы поддерживать оптимальное для микроорганизмов значение pH. В результате карбоновая кислота, полученная в ферментационных средах, обычно присутствует в форме карбоксилата (соли карбоновой кислоты). Хотя существуют микроорганизмы, которые до некоторой степени являются устойчивыми к кислым средам, так что ферментацию можно проводить при низком значении pH (например, при pH, составляющем 3), даже в этих способах по меньшей мере часть карбоновой кислоты получают в виде соли карбоновой кислоты.

Чтобы извлечь карбоновую кислоту из ферментационного бульона после ферментации, требуется обработка ниже по потоку. При такой обработке соль карбоновой кислоты в ферментационном бульоне необходимо превратить в карбоновую кислоту. Этого можно достичь путем проведения реакции соли карбоновой кислоты с кислотой с образованием карбоновой кислоты и соли. Превращение в кислоту солей карбоновой кислоты можно проводить с применением различных кислот, таких как серная кислота и соляная кислота (которую также иногда называют водным раствором хлористого водорода).

В WO 00/17378 описан способ изготовления молочной кислоты, в котором раствор лактата магния получают посредством процесса ферментации. Раствор превращают в кислоту с помощью раствора хлористого водорода с образованием раствора, содержащего молочную кислоту и хлорид магния. Этот раствор подвергают воздействию стадии концентрирования, молочную кислоту удаляют из раствора путем экстракции, а получающийся раствор хлорида магния подвергают воздействию стадии термического разложения, получая твердый оксид магния и газовый поток, содержащий HCl и воду. Газовый поток, содержащий HCl и воду, затем абсорбируют в воде для образования водного раствора HCl с концентрацией примерно 20 мас.%, который направляют обратно на стадию превращения в кислоту. Оксид магния можно предоставить на стадию ферментации.

Хотя способ по WO 00/17378 является теоретически привлекательным, так как он позволяет направлять соединения хлорида магния обратно в способ, он обладает некоторым количеством недостатков для промышленного применения. Очень важным недостатком является то, что концентрация HCl в водном растворе всегда является относительно низкой. Когда газообразный хлористый водород абсорбируют в воде, получающийся раствор HCl будет являться азеотропной смесью (азеотропная смесь вода/HCl). В результате концентрация HCl, полученная в таком водном растворе HCl, не может быть выше, чем концентрация HCl в азеотропной смеси HCl и воды, которая составляет примерно 20 мас.% при комнатной температуре. Как известно специалисту, состав азеотропной смеси HCl и воды зависит от температуры. Азеотропная смесь HCl и воды содержит 21,8 мас.% HCl при 81°C, 20,2 мас.% HCl при 109°C и 19,7 мас.% HCl при 116°C. При этом, если не предпринимают дополнительные меры, такие как азеотропная или экстрактивная перегонка, концентрация раствора HCl ограничена примерно 20 мас.%. Указанные дополнительные меры должны требовать как дорогого оборудования, так и значительного количества энергии и поэтому являются нежелательными.

Верхний предел концентрации HCl, составляющий 20 мас.%, означает, что в реакции превращения в кислоту раствора карбоксилата магния на каждый грамм действующего HCl в систему добавляют 4 г воды. Присутствие такого большого количества воды является недостатком по многим причинам. Во-первых, это приводит к низкой концентрации кислоты, что затрудняет извлечение кислоты, при этом уменьшая выход кислоты. Далее, остающийся раствор хлорида магния также имеет относительно низкую концентрацию, это означает, что, когда этот раствор предоставляют на стадию термического разложения, необходимо испарять большое количество воды либо на самой стадии термического разложения, либо на предшествующей стадии концентрирования. Кроме того, больший объем воды на стадии экстракции по WO 00/17378 приводит к большему количеству органического экстрагирующего вещества, в итоге попадающего в водную фазу, что является нежелательным с точки зрения последующей стадии термического разложения и с точки зрения потерь экстрагирующего вещества.

Поэтому существует потребность в способе, который показывает преимущество повторного использования хлорида магния в способе по WO 00/17378, не обладая его недостатками. Настоящее изобретение обеспечивает такой способ.

Настоящее изобретение направлено на способ приготовления карбоновой кислоты путем превращения в кислоту жидкого сырья, содержащего соль карбоновой кислоты, при этом данный способ включает следующие стадии:

предоставление жидкого сырья, содержащего карбоксилат магния;
предоставление газообразного сырья, содержащего газообразный хлористый водород; и
превращение карбоксилата в карбоновую кислоту путем приведения жидкого сырья в контакт с газообразным сырьем, посредством чего получают жидкий выходящий поток, содержащий карбоновую кислоту и хлорид магния,

причем газообразное сырье, содержащее газообразный хлористый водород, получают на стадии термического разложения, на которой водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, подвергают воздействию температуры, составляющей по меньшей мере 300°C, в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород.

В этом способе сочетание стадии термического разложения и подачи газового потока, содержащего газообразный HCl, в жидкое сырье, содержащее карбоксилат магния, обеспечивает способ, который является эффективным по отношению использования устройства и ресурсов и который позволяет добавление кислоты, при этом ограничивая разбавление жидкости, содержащей карбоксилат магния. Дополнительные преимущества настоящего изобретения и его конкретных воплощений станут ясными из последующего технического описания.

Неожиданно было обнаружено, что при проведении превращения в кислоту с использованием газообразного HCl, полученного на стадии термического разложения, жидкое сырье, содержащее карбоксилат магния, адсорбирует повышенное количество HCl по сравнению с тем, что можно было бы осуществить с помощью эквивалентного количества воды. Не желая связывать себя теорией, полагают, что количество HCl, которое может быть адсорбировано жидким сырьем, увеличивается путем реакции HCl с солью карбоновой кислоты. Таким образом, способ по данному изобретению эффективно разрушает азеотропную смесь вода/HCl без дорогого оборудования или затрат значительного количества энергии. При приведении жидкого сырья в контакт с газообразным сырьем жидкое сырье абсорбирует газообразный хлористый водород, при этом можно предотвратить добавление большого количества воды, что приводит к уменьшению разбавления кислого раствора. В частности, количество воды, добавляемой в течение превращения в кислоту, уменьшается по сравнению с использованием сырья на основе водного HCl. Так как получают менее разбавленный жидкий выходящий поток, меньшее количество воды необходимо испарять для получения подходящей высокой концентрации карбоновой кислоты, что приводит к пониженным затратам на испарение. Кроме того, когда присутствует меньшее количество воды, последующие стадии очистки можно проводить намного более эффективно и в оборудовании существенно меньшего размера. Кроме того, образующийся раствор хлорида магния также имеет более высокую концентрацию, что делает его обработку более эффективной.

То, что способ по данному изобретению фактически работает, само по себе является удивительным, так как газовые потоки, полученные из термического разложения хлорида магния, сами обычно содержат газообразную воду, происходящую, например, из раствора, предоставленного на стадию термического разложения. Поэтому следовало бы ожидать, что, когда газовый поток, содержащий газообразные HCl и воду, подают в жидкое сырье, содержащее карбоксилат магния, как кислота, так и вода, присутствующие в газовом потоке, должны были бы быть абсорбированы жидким сырьем, что приводит к существенному разбавлению. Однако из-за описанной выше селективной адсорбции HCl количество воды, абсорбируемой в системе, является более низким, чем ожидалось. Поэтому по сравнению со способом, описанным в WO 00/17378, когда газовый поток абсорбируется в воде, которую затем подают на стадию превращения в кислоту, способ по данному изобретению показывает неожиданное уменьшение количества воды, подаваемой в реакцию превращения в кислоту. Кроме того, как очевидно специалисту, способ по данному изобретению обеспечивает использование устройства меньшего размера, что уменьшает связанные с ним затраты.

Способ по данному изобретению начинают с подачи жидкого сырья, содержащего карбоксилат магния. Используемый в данном документе термин "карбоксилат" относится к сопряженному основанию карбоновой кислоты, которое в общем случае можно представить формулой RCOO^- . Термин "соответствующая карбоксилату карбоновая кислота" относится к карбоновой кислоте, которую можно получить путем превращения карбоксилата в кислоту. Поэтому ее также можно называть превращенным в кислоту карбоксилатом. Соответствующую карбоксилату карбоновую кислоту в общем случае можно представить формулой RCOOH .

Жидкое сырье может представлять собой водный раствор или водную суспензию (например, взвесь). Как известно специалисту, до некоторой степени возможно присутствие твердого вещества в водосодержащем сырье в зависимости от используемого оборудования и способности к перекачиванию жидкого сырья (т.е. твердое вещество не должно препятствовать закачиванию жидкого сырья в абсорбционную установку). Примерами твердых веществ, которые могут присутствовать в такой суспензии, являются карбоновая кислота в твердой форме и/или карбоксилат магния в твердой форме. Из соображе-

ний обрабатываемости предпочтительно, чтобы жидкое сырье находилось в виде водного раствора.

Концентрация карбоксилата магния в жидком сырье не является критически важной и обычно составляет 50-750 г/л. В случае жидкого сырья, происходящего из процесса ферментации, концентрация менее 50 г/л не является предпочтительной. Значения выше 750 г/л могут быть нежелательными, потому что в этом случае жидкое сырье становится слишком вязким и/или содержит слишком много твердого вещества для перекачивания в достаточной мере.

Помимо карбоксилата магния, жидкое сырье также может содержать некоторое количество карбоновой кислоты, например, потому что она происходит из стадии ферментации, поведенной при низком pH.

Жидкое сырье содержит карбоксилат магния. Карбоксилат предпочтительно представляет собой моно-, ди- или трикарбоксилат, содержащий по меньшей мере от 2 до 8 атомов углерода (C_2 - C_8 -карбоксилаты), однако настоящее изобретение также подходит для карбоксилатов с более длинной цепью, содержащей более 8 атомов углерода. C_2 - C_8 -карбоксилаты можно выбрать из группы, состоящей из лактата, сукцината, пропионата, 3-гидроксипропионата, гидроксипропионата, цитрата, фумарата, итаконата, адипата, акрилата, левулината, малеата, терефталата и 2,5-фурандикарбоксилата. Предпочтительно карбоновую кислоту выбирают из группы, состоящей из лактата, сукцината, 2,5-фурандикарбоксилата, пропионата и 3-гидроксипропионата. В частности, хорошие результаты были получены с использованием лактата и сукцината. Высшие карбоксилаты магния, которые также можно очень хорошо превращать в кислоту с помощью способа по настоящему изобретению, могут представлять собой, например, магниевые соли жирной кислоты (жирный ацилат) и/или магниевые соли моно- и/или дилактилата (лактилат - сложный эфир жирной кислоты и молочной кислоты). Указанные магниевые соли жирных кислот и соли лактилата можно выбрать из магниевой соли жирной кислоты или лактилата капроновой, каприловой, каприновой, лауриновой, миристиновой, пальмитиновой, стеариновой и олеиновой кислоты и/или их смесей.

В зависимости от растворимости хлорида магния и карбоновой кислоты, образованной после превращения в кислоту, хлорид магния может осаждаться в абсорбционном устройстве или блоке до осаждения карбоновой кислоты. Хлорид магния затем предпочтительно можно снова растворить перед подачей в реактор термогидролиза. Из соображений обрабатываемости жидкое сырье предпочтительно является водным раствором.

Если карбоксилат выбирают так, что соответствующая ему карбоновая кислота имеет растворимость ниже растворимости хлорида магния, в частности растворимость менее 60 г/100 г воды при 20°C (более конкретно, менее 30 г/100 г воды, еще более конкретно, менее 15 г/100 г воды), карбоновая кислота может осаждаться перед хлоридом магния. Раствор хлорида магния затем можно отделить от осажденной карбоновой кислоты и, если требуется, подать непосредственно в реактор термогидролиза. Используемый выше термин "растворимость" относится к максимальному массовому количеству соединения, которое можно растворить в определенном количестве воды при 20°C.

Газообразное сырье, содержащее газообразный хлористый водород, получают на стадии термического разложения, на которой водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, подвергают воздействию температуры, составляющей по меньшей мере 300°C, в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород.

Газообразное сырье, подаваемое в реактор превращения в кислоту, обычно содержит по меньшей мере 1 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 2 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 5 мас.% хлористого водорода по отношению к полной массе газа. Концентрация менее 1 мас.% обычно является нежелательной, потому что такая концентрация требует использования очень больших газовых труб для подачи газообразного сырья в жидкое сырье, чтобы поддерживать эффективное превращение в кислоту. Хотя высокие концентрации хлористого водорода в газообразном сырье обычно являются желательными, газообразное сырье на практике содержит 20 мас.% или менее хлористого водорода. Подходящая концентрация HCl в газообразном сырье составляет 7-12 мас.%. Концентрация HCl в газе, полученном при термогидролизе хлорида магния, обычно находится в этом диапазоне, хотя возможны стадии концентрирования или разбавления, в случае, если по некоторой причине это требуется для работы с более высокими или более низкими концентрациями HCl.

В зависимости от дополнительного состава газа, газообразное сырье обычно содержит по меньшей мере 25 мас.% инертного газа, в частности инертного газа, выбранного из группы, состоящей из N_2 , CO_2 и их смесей (таких как воздух). Его можно, например, получать из термогидролиза, который проводят в присутствии инертных газов, например, в присутствии воздуха.

Используемый здесь термин "инертный газ" относится к газу, который не реагирует, не конденсируется или не абсорбируется жидким сырьем в течение превращения в кислоту и выходит из жидкого сырья в виде газа после приведения в контакт с жидким сырьем. Концентрация инертного газа может быть более высокой, например по меньшей мере 50 мас.%. В одном воплощении газообразное сырье может содержать 40-80 мас.% газообразного азота. Газообразное сырье может содержать до 95 мас.% инертного газа. В одном воплощении используют газообразное сырье, полученное при термогидролизе

MgCl_2 , которое содержит 40-50 мас.% N_2 , 0-5 мас.% O_2 и 5-15 мас.% CO_2 .

В одном воплощении содержащий HCl газовый поток, который подают в реакцию превращения в кислоту, содержит газообразную воду. Так как содержащий HCl газовый поток получают в результате термического разложения раствора хлорида магния, поток продукта разложения, помимо газообразного HCl , обычно содержит газообразную воду. Хотя возможно удалить воду из газового потока, особенным признаком данного изобретения является предоставление газового потока из стадии термического разложения на стадию превращения в кислоту без промежуточного удаления воды.

В одном воплощении газовый поток, который подают в реакцию превращения в кислоту, содержит газообразную воду и газообразный HCl , причем массовое отношение хлористого водорода к воде в газообразном сырье составляет от 1:10 до 1:0,1, например от 1:6 до 1:3. В частности, отношение $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$ может составлять от 1:10 до 1:4, предпочтительно от 1:6 до 1:4, более предпочтительно от 1:5 до 1:4.

Газовый поток, подаваемый в реактор превращения в кислоту, может, например, содержать по меньшей мере 5 мас.% воды, более предпочтительно по меньшей мере 10 мас.% воды, еще более предпочтительно по меньшей мере 20 мас.% воды. В качестве максимального количества воды можно упомянуть значение 90 мас.%. В одном воплощении количество воды составляет от 25 до 50 мас.%. Количество воды в газовом потоке в конкретном случае зависит, помимо прочего, от количества воды в растворе хлорида магния и количества инертного газа, присутствующего в течение термического разложения. В случае приготовления газообразного сырья путем термического разложения раствора хлорида магния раствор хлорида магния предпочтительно содержит 15-40 мас.%, более предпочтительно 25-30 мас.% хлорида магния. Слишком низкие концентрации MgCl_2 нежелательны из-за высоких затрат энергии на испарение воды в течение термогидролиза. В одном воплощении газообразное сырье, полученное путем термогидролиза раствора хлорида магния концентрацией 20-40 мас.%, обычно имеет массовое отношение хлористого водорода к воде (отношение $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$), которое составляет по меньшей мере 1:10 и не более 1:4. В случае, когда используют концентрацию хлорида магния 25-30 мас.%, отношение $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$ обычно составляет от 1:6 до 1:4, в частности, от 1:5 до 1:4. В этом случае газообразное сырье обычно содержит 5-15 мас.% HCl и 30-45 мас.% воды.

В общем случае водное сырье имеет температуру в диапазоне 20-150°C.

Однако было обнаружено, что в предпочтительном воплощении изобретения температура жидкого сырья является повышенной. Было обнаружено, что использование повышенной температуры приводит к повышенной селективности адсорбции HCl из газового потока по сравнению с адсорбцией воды из газового потока. Более конкретно, при повышенной температуре жидкого сырья газообразный HCl все еще адсорбируется в большой степени из газового потока, хотя адсорбция или конденсация воды, которая также присутствует в газовом потоке, снижается, даже когда способ проводят при атмосферном давлении. Это означает, что, когда в способе по данному изобретению температура жидкого сырья является повышенной, разбавление жидкого сырья еще дополнительно предотвращается. Поэтому в одном воплощении настоящего изобретения жидкое сырье, которое приводят в контакт с газовым потоком для реакции превращения в кислоту, имеет температуру, составляющую по меньшей мере 60°C, более предпочтительно по меньшей мере 75°C. Наиболее предпочтительно жидкое сырье имеет температуру 80-120°C.

Температура газообразного сырья не является критически важной. Она предпочтительно составляет 20°C или выше, более предпочтительно выше 75°C. Когда температура газообразного сырья является относительно низкой, например ниже 20°C или иногда 75°C или ниже, вода, которая присутствует в газообразном сырье, может конденсироваться в жидком сырье, что также зависит от температуры жидкого сырья. Кроме того, газообразное сырье предпочтительно имеет температуру 150°C или ниже. Более высокие температуры требуют дорогого оборудования для проведения абсорбции, например, изготовленного из высокостойкого к воздействию кислоты/коррозии и термостойкого конструкционного материала. Газообразное сырье может иметь температуру, составляющую, например, 80-120°C.

Как будет обсуждаться более подробно ниже, стадия термического разложения происходит при температуре, составляющей по меньшей мере 300°C. В одном воплощении газовый поток, получающийся на стадии термического разложения, подают на стадию теплового обмена, на которой температуру газового потока понижают до значения, находящегося в диапазоне 80-150°C, в частности 80-120°C. Газовый поток с этой температурой можно подавать непосредственно на стадию превращения в кислоту.

Температура, при которой проводят превращение в кислоту, в основном определяется температурой карбоксилатного сырья. Температура газообразного сырья имеет относительно небольшое влияние на температуру превращения в кислоту по сравнению с температурой карбоксилатного сырья.

В одном воплощении температура карбоксилатного сырья на 1-50°C выше температуры газообразного сырья, более предпочтительно на 3-25°C выше, например на 5-15°C выше. Такая разность температур может усилить предотвращение конденсации газообразной воды в области, в которой газообразное сырье поступает в абсорбционную колонну.

Температура на стадии превращения в кислоту, на которой жидкое сырье приводят в контакт с газообразным сырьем, предпочтительно составляет по меньшей мере 60°C, более предпочтительно по меньшей мере 75°C. Наиболее предпочтительно температура при проведении стадии превращения в ки-

слоту составляет 80-120°C.

Как объяснено выше, выбирая соответствующую температуру для способа по данному изобретению, в частности для жидкого раствора карбоксилата магния, можно увеличить селективность адсорбции HCl из газового потока по сравнению с адсорбцией воды из газового потока.

В зависимости от количества воды в газовом потоке и выбора температуры можно предпочтительно выбрать температуру таким образом, что по меньшей мере 50 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 75 мас.%, еще более предпочтительно по меньшей мере 85 мас.% газообразной воды, присутствующей в газообразном сырье, не конденсируется в жидком сырье, хотя поддерживается адсорбция HCl из газового потока. Часть газообразной воды, которая не конденсируется, выходит из жидкого сырья в виде газообразной воды. Количество HCl, адсорбированного из газового потока, обычно составляет по меньшей мере 90% от HCl, присутствующего в газовом потоке, более предпочтительно по меньшей мере 95%, еще более предпочтительно по меньшей мере 99%.

Количество подаваемого HCl также определяется количеством нейтрализуемого карбоксилата. В одном воплощении превращение в кислоту проводят, используя избыток HCl. Избыток предпочтительно является небольшим, так что получающийся продукт не является сильно кислым, что может быть нежелательным с точки зрения дальнейшей обработки такого раствора.

На селективность процесса адсорбции HCl из газового потока по сравнению с селективностью адсорбции воды из газового потока также может влиять давление в блоке адсорбции, в котором проводят превращение в кислоту. Путем уменьшения давления в блоке адсорбции и/или путем увеличения температуры жидкого сырья, как обсуждали выше, можно уменьшить количество адсорбированной воды; при этом количество адсорбированной кислоты не уменьшается. Обычно подходит атмосферное (или близкое к атмосферному) давление, хотя небольшое уменьшение давления также может быть привлекательным. Адсорбцию можно выполнять, например, при давлении 50-200 кПа (0,5-2 бар), в частности 80-100 кПа (0,8-1 бар), например 90-100 кПа (0,9-1 бар). Было обнаружено, что выполнение реакции превращения в кислоту при температуре 80-120°C при атмосферном (или близком к атмосферному) давлении очень подходит для обеспечения высокой селективности адсорбции HCl из газового потока по сравнению с адсорбцией воды из указанного газового потока.

В одном воплощении способа по данному изобретению температуру и давление выбирают таким образом, что не только увеличивается селективность адсорбции HCl из газового потока по сравнению с адсорбцией воды из газового потока, но также дополнительное количество воды испаряется из системы, что приводит к дополнительному увеличению концентрации.

Не желая ограничиваться какой-либо теорией, полагают, что дополнительное преимущество адсорбции газообразного хлористого водорода в жидком сырье состоит в том, что энергия высвобождается в жидкое сырье и/или газообразное сырье из-за адсорбции HCl водой. Диссоциация HCl на H^+ и Cl^- является экзотермической реакцией. Энергия, высвобождаемая в результате диссоциации, нагревает жидкое сырье и посредством этого уменьшает количество воды, адсорбированной в жидкости, как описано выше.

Следующие параметры играют роль при определении селективности адсорбции HCl по сравнению с адсорбцией воды из газообразного сырья и, таким образом, количества воды, адсорбированной в течение стадии превращения в кислоту. Более высокая температура, более низкое давление и более высокие концентрации HCl приводят к уменьшению количества адсорбированной воды и/или к увеличению количества испаряемой воды, когда это применимо. Более низкие температуры, более высокие давления и более низкие концентрации HCl приводят к увеличению количества адсорбированной воды и/или к уменьшению количества испаряемой воды, когда это применимо.

На основе этой информации специалист понимает, как управлять водным балансом в течение превращения в кислоту, и может настроить количество воды, поступающей в систему или выходящей из нее, для своих потребностей. Хотя вообще желательно получить жидкий выходящий поток, который является сильно концентрированным, в некоторых воплощениях может существовать предел, обусловленный нежелательным осаждением хлорида магния.

Превращение в кислоту можно проводить в любом блоке, подходящем для адсорбции HCl в водосодержащей жидкости. Из-за кислых условий стадии превращения в кислоту данный блок предпочтительно изготавливают из стойкого к кислоте материала, такого как пластик или подходящие марки дуплексной стали. Форма блока не существенна. Газообразное сырье, например, подают в блок у его дна или вблизи его дна, в то время как жидкое сырье подают в колонну у ее верха или вблизи ее верха. Примерами подходящих адсорбционных блоков являются колонны (например, насадочные колонны, барботажные колонны), скрубберы (например, скрубберы Вентури), тарелочные поглотители и смесительные баки. Специалист знает, какой подходящий адсорбционный блок выбрать.

Продуктом стадии превращения в кислоту является водосодержащая жидкость, также обозначаемая в данном документе как жидкий выходящий поток, содержащая растворенный хлорид магния и карбоновую кислоту.

Водосодержащая жидкость может представлять собой раствор, взвесь, суспензию или эмульсию. Карбоновая кислота может, по меньшей мере частично, находиться в твердой форме, что обусловлено

осаждением, однако она также может находиться в жидкой форме.

В одном воплощении водосодержащая жидкость обычно имеет концентрацию хлорида магния в диапазоне 5-50 мас.%, предпочтительно в диапазоне 10-40 мас.%, более предпочтительно в диапазоне 20-35 мас.%.

В одном воплощении водосодержащая жидкость содержит карбоновую кислоту в количестве, находящемся в диапазоне от 5 до 60 мас.%, предпочтительно в диапазоне от 10 до 50 мас.%, более предпочтительно в диапазоне 20-40 мас.%. Карбоновая кислота может присутствовать в водной среде в растворенной форме или в нерастворенной форме, например в форме частиц, образованных путем осаждения или кристаллизации. Форма, в которой присутствует карбоновая кислота, зависит от природы кислоты.

Полученный водосодержащий жидкий выходящий поток можно обрабатывать различными способами, которые более подробно обсуждают ниже.

В способе по данному изобретению газообразное сырье, содержащее газообразный хлористый водород, получают на стадии термического разложения, на которой водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, подвергают воздействию температуры, составляющей по меньшей мере 300°C, в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом, получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород.

Термическое разложение хлоридов вообще известно из сталелитейной промышленности, где хлорид железа(III) (FeCl_3) термически разлагают на оксид железа(II) (Fe_2O_3) и газообразный хлор (Cl_2). В этой области также известно термическое разложение MgCl_2 на HCl и MgO , например, из GB 793700. Подходящие устройства для проведения термического разложения известны в уровне техники. Например, можно использовать распылительную обжиговую печь или обжиговую печь с псевдоожиженным слоем. Такие устройства можно получить, например, от компании SMS Siemag.

Термическое разложение проводят при температуре, составляющей по меньшей мере 300°C, которая является минимальной температурой, при которой разлагается MgCl_2 . Предпочтительно термическое разложение проводят при температуре, составляющей по меньшей мере 350°C, например 350-450°C. В силу энергетических затрат температура предпочтительно составляет менее 1000°C, более предпочтительно менее 800°C. Например, температура, при которой проводят термическое разложение, может составлять 350-600°C.

Предпочтительно раствор хлорида магния, подвергаемый стадии термического разложения, имеет концентрацию MgCl_2 , составляющую 15-40 мас.%, более предпочтительно 25-35 мас.%. Слишком большое количество хлорида магния, присутствующего в растворе, может привести к осаждению хлорида магния при поступлении в блок термогидролиза.

Стадию термического разложения выполняют известными в уровне техники способами, которые не требуют дополнительного разъяснения здесь.

На стадии термического разложения образуется газовый поток, содержащий HCl и оксид магния. В одном воплощении газовый поток, получающийся на стадии термического разложения, который имеет температуру в указанном выше диапазоне, подают на стадию теплового обмена, на которой температуру газового потока уменьшают до значения, находящегося в диапазоне 80-150°C, в частности 80-120°C. Газовый поток с этой температурой можно подавать непосредственно на стадию превращения в кислоту.

Оксид магния (MgO) обычно получают в форме порошка. В одном воплощении оксид магния гидратируют водой, например, путем быстрого охлаждения MgO водой, в результате чего образуется суспензия гидроксида магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Гидроксид магния предпочтительно направляют обратно для использования в процессе ферментации. Например, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ можно использовать в качестве нейтрализующего агента в процессе ферментации. Альтернативно, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ сначала превращают в карбонат магния (MgCO_3), который затем используют как нейтрализующий агент в процессе ферментации.

HCl , полученную на стадии термического разложения, направляют для повторного использования на стадии превращения в кислоту, как подробно описано выше.

Вышеупомянутые стадии способа могут представлять собой часть более широкого способа, в котором жидкий поток, выходящий из блока абсорбции, дополнительно обрабатывают и хлорид магния обрабатывают, чтобы сделать подходящим для повторного использования или направления обратно в способ.

Соответственно, способ по данному изобретению может дополнительно включать стадию разделения, на которой карбоновую кислоту и хлорид магния, присутствующие в жидком выходящем потоке, отделяют друг от друга, например, путем выделения карбоновой кислоты из жидкого выходящего потока, так чтобы оставался раствор хлорида магния. Стадия разделения обычно приводит к потоку карбоновой кислоты и к водосодержащей жидкости, содержащей хлорид магния. Указанная водосодержащая жидкость, содержащая хлорид магния, может представлять собой суспензию, однако предпочтительно является раствором, так как раствор лучше подходит для термического разложения в реакторе термогидролиза. Можно использовать любой способ, подходящий для отделения карбоновой кислоты от хлорида магния. Например, карбоновую кислоту и хлорид магния можно разделить путем осаждения; данная технология описана более подробно ниже. В другом воплощении карбоновую кислоту и хлорид магния можно разделить посредством экстракции карбоновой кислоты из раствора хлорида магния. Этот способ

также описан более подробно ниже. В дополнительном воплощении карбоновую кислоту и хлорид магния разделяют с помощью технологий, отличных от осаждения и/или экстракции.

Преимущество способа по данному изобретению, за которым следует стадия разделения, состоит в том, что это может привести к увеличенному выходу карбоновой кислоты. При использовании стадии превращения в кислоту по данному изобретению жидкий выходящий поток имеет повышенную концентрацию карбоновой кислоты. Такая повышенная концентрация обычно приводит к более эффективному отделению и/или выделению карбоновой кислоты, что приводит к увеличению выхода.

Сочетание стадии превращения в кислоту и стадии термогидролиза особенно желательно с учетом водного баланса в способе по данному изобретению. Когда его проводят как непрерывный способ, не требуется добавление воды в любую из описанных выше стадий, таким образом, раствор карбоксилата сохраняется настолько концентрированным, насколько это возможно. Как описано выше, это не только сберегает энергию из-за отсутствия испарения воды или меньшего испарения воды в течение способа, но также может увеличить выход карбоновой кислоты.

Например, в случае, когда необходимо было бы добавить дополнительную воду в жидкое сырье на стадии превращения в кислоту (например, при использовании раствора HCl), эту дополнительную воду нужно было бы испарить либо в течение стадии термического разложения, либо в течение предшествующей стадии концентрирования, что потребовало бы избыточных затрат энергии.

Кроме того, благодаря предотвращению разбавления жидкого выходящего потока стадия разделения является более эффективной, так что карбоновая кислота отсутствует или присутствует только в очень небольшом количестве в растворе хлорида магния. Это важно, так как любое количество карбоновой кислоты, остающееся в растворе хлорида магния, озоляется, что приводит к уменьшению полного выхода карбоновой кислоты. К тому же, когда используют способ разделения, включающий экстракцию, присутствие большого количества воды приводит к повышенному количеству экстрагирующего агента, растворенного в водной фазе, и вследствие этого подаваемого на стадию термического разложения, на которой он озоляется, что приводит к потере экстрагирующего агента.

Способ по данному изобретению предпочтительно является непрерывным способом. Тем не менее, его можно проводить и как периодический способ.

Способ может включать стадию ферментации, на которой образуется жидкое сырье, содержащее соль карбоновой кислоты. Такая стадия обычно включает подстадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов с образованием ферментационной среды, содержащей карбоновую кислоту, и (частичной) нейтрализации ферментационной среды, чтобы установить требуемый pH путем добавления нейтрализующего агента, предпочтительно на основе магния, с образованием соли карбоновой кислоты. Затем биомассу можно отделить от ферментационной среды, например, путем (ультра)фильтрации, центрифугирования или декантации биомассы или путем осаждения карбоксилата магния из ферментационной среды. Как описано выше, оксид магния, полученный на стадии термического разложения, можно повторно направить на стадию ферментации в качестве нейтрализующего агента или его предшественника.

В одном воплощении изобретения, особенно когда ферментация дает раствор с низкой концентрацией карбоксилата, может быть предпочтительным выполнить стадию концентрирования между стадией ферментации и стадией превращения в кислоту. Стадия концентрирования обычно связана с увеличением температуры жидкого сырья, содержащего карбоксилат магния, и поэтому особенно привлекательна, когда требуется выполнять стадию превращения в кислоту при повышенной температуре, например при температуре, составляющей по меньшей мере 60°C , как обсуждали выше.

Способ по данному изобретению особенно подходит для объединения с другими технологическими операциями. Примеры способов, включающих стадии способа по данному изобретению, представлены на чертежах.

На фиг. 1 показано одно воплощение настоящего изобретения. Процесс ферментации осуществляют в реакторе (1) ферментации, получая карбоновую кислоту. Магниевое основание добавляют в течение ферментации (не показано), что приводит к образованию карбоксилата магния. Поток (2) продукта, содержащий карбоксилат магния, извлекают из реактора ферментации и подают в реактор превращения в кислоту. Если требуется, промежуточные стадии очистки, такие как удаление биомассы, можно выполнять способами, известными в уровне техники. Жидкое сырье, содержащее карбоксилат магния, подают в реактор (3) превращения в кислоту, где его приводят в контакт с газовым потоком (4), полученным на стадии (9) термического разложения. В реакторе (3) превращения в кислоту карбоксилат магния превращают в карбоновую кислоту и хлорид магния посредством реакции с газообразной HCl . Поток, содержащий инертный газ, а также обычно газообразную H_2O , извлекают через трубопровод (12). Поток (5), содержащий карбоновую кислоту и хлорид магния, направляют на стадию (6) разделения. На чертеже указано, что разделение происходит в отдельном реакторе, однако, в зависимости от способа разделения, оно также может происходить в реакторе превращения в кислоту. На стадии (6) разделения образуется поток (7), содержащий карбоновую кислоту, и поток (8), который представляет собой водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния. Поток (8) подают в блок (9) термического разложения, где хлорид магния превращают в HCl и MgO , с добавлением инертного газа через трубопровод (10). Содержа-

щий HCl газовый поток (4) подают в реактор (3) превращения в кислоту. MgO, который извлекают через трубопровод (11), может, если это требуется, вступать в реакцию с водой с образованием раствора, содержащего гидроксид магния, который повторно направляют в реактор (1) ферментации.

На фиг. 2 показан вариант способа, изображенного на фиг. 1, в котором между стадией (1) ферментации и стадией (3) превращения в кислоту введена стадия (13) концентрирования. Поток (21) продукта, содержащий карбоксилат магния, извлекают из реактора (1) ферментации и подают в концентратор (13). Избыток воды удаляют через трубопровод (14), и поток (22) концентрированного продукта подают на стадию (3) превращения в кислоту. Как было обсуждено ранее, привлекательным воплощением способа по данному изобретению является воплощение, в котором выполняют стадию концентрирования, что приводит к концентрированной жидкости с температурой, составляющей по меньшей мере 60°C, предпочтительно по меньшей мере 75°C, более предпочтительно в диапазоне 80-120°C, так как это приводит к высокой селективности адсорбции HCl в жидком сырье по сравнению с адсорбцией воды из газообразного сырья.

На фиг. 3 показан сравнительный способ, в котором по сравнению со способом по данному изобретению, изображенным на фиг. 1, газообразное сырье, извлеченное из стадии (9) термического разложения через трубопровод (4), не подают на стадию (3) превращения в кислоту, но вместо этого подают в отдельный реактор (41) адсорбции, где его приводят в контакт с водой, подаваемой через трубопровод (42), что приводит к образованию водного раствора HCl, который подают в реактор (3) превращения в кислоту. Инертный газ извлекают через трубопровод (43). На этом чертеже показано, что, помимо других недостатков этого сравнительного способа, этот способ также требует использования дополнительного устройства, которое не требуется в способе по данному изобретению.

Как указано выше, в одном воплощении способ по данному изобретению включает осуществление стадии разделения жидкого выходящего потока, содержащего карбоновую кислоту и хлорид магния, с получением водосодержащей жидкости, в частности, водного раствора, содержащего хлорид магния, и карбоновой кислоты.

В одном воплощении стадия разделения представляет собой стадию экстракции, включающую экстракцию карбоновой кислоты из водной смеси в органическую жидкость с получением, таким образом, органического раствора карбоновой кислоты и водосодержащей отработанной жидкости, содержащей хлорид магния. В предпочтительном воплощении карбоновую кислоту затем экстрагируют из органического раствора карбоновой кислоты в водосодержащую жидкость, получая, таким образом, водный раствор карбоновой кислоты и другую органическую жидкость. Таким образом, в предпочтительном воплощении стадия разделения включает прямую экстракцию кислоты из водного выходящего потока в органическую жидкость и последующую обратную экстракцию кислоты из органической жидкости в воду с образованием, таким образом, водного раствора карбоновой кислоты. Однако также можно не выполнять стадию обратной экстракции, а выделить кислоту из органической жидкости другими средствами, например испарением или перегонкой.

В одном воплощении органическая жидкость, используемая на стадии экстракции, содержит органический растворитель, выбранный из группы, состоящей из кетонов и простых эфиров. Предпочтительно органическая жидкость содержит по меньшей мере 90 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 95 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 99 мас.% органического растворителя. В одном воплощении органическая жидкость является органическим растворителем. При необходимости, небольшое количество воды может присутствовать в первой органической жидкости, особенно, когда жидкость (частично) содержит органический растворитель, направленный обратно в способ после экстракции.

Было обнаружено, что кетоны и простые эфиры являются привлекательными для способа экстракции, так как они показывают высокий коэффициент распределения, что приводит к высокому выходу кислоты. В настоящем изобретении предпочтительно использовать кетоны, предпочтительно C_5^+ кетоны, более предпочтительно C_5 - C_8 кетоны. C_5^+ кетоны означает кетоны, содержащие по меньшей мере 5 атомов углерода. Также можно использовать смеси. Использование C_9^+ кетонов менее предпочтительно, так как считают, что эти соединения приводят к большему количеству примесей в конечном продукте. Было обнаружено, что особенно привлекательным является использование метилизобутилкетона (МИБК). Кетоны также являются предпочтительными, потому что они устойчивы в условиях способа, при которых они не вступают в реакции или не разлагаются в существенной степени, не увеличивая, таким образом, количество некоторых примесей, и обеспечивают устойчивое осуществление способа. Также можно использовать простые эфиры, особенно C_3 - C_6 простые эфиры. Однако было обнаружено, что они менее предпочтительны, в частности, из-за того, что использование простых эфиров приводит к большим потерям растворителя и большему количеству примесей в конечном продукте. Из группы простых эфиров может быть предпочтительным использование метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) и диэтилового эфира (ДЭЭ), однако это менее предпочтительно, чем использование кетонов.

В одном воплощении настоящего изобретения карбоновую кислоту и хлорид магния можно отделить друг от друга путем осаждения после превращения в кислоту карбоксилата магния с помощью HCl. В этом случае способ по данному изобретению может дополнительно включать следующие стадии:

возможную стадию концентрирования, на которой концентрируют жидкий выходящий поток, содержащий карбоновую кислоту и $MgCl_2$; и

осаждение карбоновой кислоты из раствора, содержащего карбоновую кислоту и $MgCl_2$, посредством чего получают осадок карбоновой кислоты и раствор $MgCl_2$,

причем соответствующая карбоксилату карбоновая кислота имеет растворимость в воде при 20°C, составляющую 60 г/100 г воды или менее, а карбоксилат предпочтительно является сукцинатом.

Способ по данному изобретению, включающий эти стадии, далее в данном документе называют способом осаждения по данному изобретению. Жидкое сырье далее в данном документе называют раствором или суспензией карбоксилата. Жидкий выходящий поток далее в данном документе называют раствором, содержащим карбоновую кислоту и $MgCl_2$ (или просто раствором). Термины "превращение в кислоту" и "кислотная обработка" используют взаимозаменяемо по всему тексту описания.

Способ осаждения по данному изобретению подробно описан ниже. Он содержит некоторые стадии, которые также были описаны выше.

Авторы настоящего изобретения обнаружили, что добавление HCl к магниевой соли карбоновой кислоты и последующее осаждение карбоновой кислоты из раствора приводит к очень эффективному выделению карбоновой кислоты из раствора карбоксилата магния.

В частности, было обнаружено, что янтарную кислоту можно осадить из раствора карбоксилата, превращенного в кислоту с применением HCl, с очень высокой эффективностью. Не желая связывать себя какой-либо теорией, авторы настоящего изобретения предполагают, что высокая эффективность осаждения обусловлена особенно сильным эффектом высаливания $MgCl_2$ в растворе. Этот эффект можно отнести к уменьшению растворимости карбоновой кислоты из-за образования $MgCl_2$, когда раствор магниевой соли превращают в кислоту с применением HCl. В частности, предполагают, что эффект высаливания вызван специфическим сочетанием HCl, магния и карбоновой кислоты. Так как эффекты высаливания обычно сложно предсказать, конкретный эффект сильного высаливания, наблюдаемый в способе осаждения по данному изобретению, стал неожиданностью для авторов настоящего изобретения.

Таким образом, используя способ осаждения по данному изобретению, можно получить осадок карбоновой кислоты с высоким выходом из раствора карбоксилата магния, который представляет собой, например, ферментационную смесь, полученную в процессе ферментации. Кроме того, полученный осадок карбоновой кислоты имеет относительно высокую чистоту, так как стадия осаждения в способе осаждения по данному изобретению не приводит к осаждению большого количества соединений, отличных от карбоновой кислоты. Кроме того, получают раствор хлорида магния, который обрабатывают с помощью стадии термического разложения.

Кроме того, конкретный выбор HCl и карбоксилата магния обеспечивает уменьшение солевых отходов и вспомогательных материалов, необходимых при превращении в кислоту, особенно, когда согласно данному изобретению его объединяют со стадией термического разложения, после которой получающийся HCl повторно используют на стадии превращения в кислоту.

Используемый в данном документе термин "осаждение" относится к образованию твердого материала, начинающемуся с полностью растворенного состояния. Карбоновую кислоту можно осадить в кристаллической форме или в аморфной форме. Путем осаждения карбоновой кислоты согласно способу осаждения по данному изобретению карбоновую кислоту также можно очистить. В случае, когда раствор карбоксилата магния содержит растворенные примеси, осаждение карбоновой кислоты обычно отделяет карбоновую кислоту от таких примесей.

Используемый в данном документе термин "раствор, подлежащий осаждению" относится к раствору, который необходимо подвергнуть осаждению. Обычно этот термин относится к раствору, содержащему карбоновую кислоту и $MgCl_2$, полученному после превращения в кислоту, возможно после того как этот раствор был подвергнут стадии концентрирования и/или стадии, на которой добавляют избыток $MgCl_2$. Однако, в случае второй или дальнейшей стадии осаждения, термин "раствор, подлежащий осаждению" относится к раствору $MgCl_2$, полученному после самой последней стадии осаждения, возможно после того как этот раствор был подвергнут стадии концентрирования и/или стадии, на которой добавляют избыток $MgCl_2$. Такие растворы $MgCl_2$ могут еще содержать карбоновую кислоту, которую можно получить, подвергая ее второй или дальнейшей стадии осаждения.

В способе осаждения можно использовать любой карбоксилат магния, который в кислой форме (т.е. в форме соответствующей карбоновой кислоты) имеет растворимость в воде, близкую к растворимости $MgCl_2$ или ниже ее. Следовательно, карбоновая кислота, осаждаемая в способе осаждения по данному изобретению, имеет растворимость в воде, составляющую 60 г/100 г воды или менее при 20°C. Карбоновые кислоты, имеющие растворимость в воде значительно выше, чем растворимость $MgCl_2$, не подходят для осаждения с помощью способа осаждения по данному изобретению, так как в этом случае большое количество $MgCl_2$ осаждается при осаждении карбоновой кислоты, так что не получают подходящего разделения.

Предпочтительно соответствующая карбоксилату карбоновая кислота имеет растворимость, которая ниже растворимости в воде $MgCl_2$ (безводного), измеренной при 20°C, т.е. имеет растворимость в воде менее 54,5 г/100 г воды при 20°C. Более предпочтительно карбоновая кислота имеет растворимость, которая значительно ниже растворимости $MgCl_2$, так что $MgCl_2$ не осаждается вместе с карбоновой кислотой из раствора на стадии осаждения.

Поэтому карбоновая кислота предпочтительно имеет растворимость в воде при 20°C, составляющую менее 30 г/100 г воды, более предпочтительно менее 15 г/100 г воды, еще более предпочтительно менее 10 г/100 г воды.

В одном воплощении карбоновую кислоту, осаждаемую с помощью способа осаждения по данному изобретению, можно выбрать из группы, состоящей из янтарной кислоты, итаконовой кислоты, лимонной кислоты и фумаровой кислоты. Осаждаемая карбоновая кислота также может быть адипиновой кислотой. Карбоновая кислота предпочтительно является янтарной кислотой, так как особенно подходящий эффект высаливания наблюдали для этой конкретной кислоты. Янтарная кислота имеет растворимость, составляющую 6,75 г/100 г воды при 20°C.

Соответственно, карбоксилат магния можно выбрать из группы, состоящей из сукцината магния, итаконата магния, фумарата магния, цитрата магния и адипата магния.

Карбоксилат магния, подаваемый в способ осаждения по данному изобретению, можно получить в процессе ферментации.

Карбоксилат магния можно подавать в твердой (например, кристаллической) форме. Альтернативно, карбоксилат магния может находиться в растворенной форме, например в виде части раствора или суспензии. Такой раствор или суспензия, содержащие растворенный карбоксилат магния, могут быть водными и могут, в частности, быть получены в процессе ферментации. Примером суспензии может, например, являться суспензия, содержащая растворенный карбоксилат магния и нерастворимую биомассу, такая как ферментационный бульон.

Из практических соображений верхний предел концентрации карбоксилата магния может составлять 20 мас.%, например, в случае, когда карбоксилат магния является сукцинатом. В случае сукцината концентрации выше 20 мас.% требуют, чтобы раствор имел температуру 75°C, что плохо для оборудования из-за присутствия HCl.

Чтобы после превращения в кислоту и осаждения получить настолько много карбоновой кислоты, насколько это возможно, концентрация карбоксилата, поступающего на превращение в кислоту, предпочтительно является настолько высокой, насколько это возможно. В случае, когда карбоксилат магния подают в виде раствора, верхний предел концентрации карбоксилата магния определяется растворимостью карбоксилата магния. В случае, когда карбоксилат подают в виде суспензии, верхний предел обычно определяется способностью суспензии к перемешиванию. В случае, когда карбоксилат подают в виде твердого осадка, верхний предел обычно определяют разделение твердого вещества и жидкости и количество оставшейся воды. Сочетание вышеупомянутых концентраций на входе должно выгодным образом привести к ситуации, когда $MgCl_2$ остается в растворе, и настолько много, насколько это возможно, карбоновой кислоты осаждается в течение стадии осаждения.

В случае, когда в процессе ферментации получают раствор или суспензию карбоксилата магния, в котором концентрация карбоксилата магния не достаточно высока, раствор можно концентрировать, например, путем испарения.

Способ осаждения по данному изобретению включает стадию превращения в кислоту, на которой карбоксилат магния превращают в кислоту с помощью газообразного HCl, посредством чего получают раствор, содержащий карбоновую кислоту и $MgCl_2$. Эта стадия подробно описана выше.

Превращение в кислоту обычно проводят, используя избыточное количество HCl. Данный избыток предпочтительно является небольшим, так что раствор $MgCl_2$, полученный после осаждения, не является сильно кислым, что может быть нежелательным с точки зрения дальнейшей обработки такого раствора. Например, избыток используемого HCl может быть таким, что получающийся после осаждения раствор $MgCl_2$ имеет pH 1 или выше, например pH, составляющий приблизительно 1,5.

Способ осаждения по данному изобретению может включать стадию концентрирования, на которой концентрируют раствор, полученный после превращения в кислоту с помощью HCl. Более высокая концентрация карбоновой кислоты в растворе увеличивает эффективность осаждения карбоновой кислоты. Стадию концентрирования можно проводить путем испарения.

Способ осаждения по данному изобретению также включает осаждение карбоновой кислоты из раствора, полученного на стадии превращения в кислоту, или из раствора, полученного на стадии концентрирования, если она присутствует. Эту стадию можно назвать (первой) стадией осаждения.

Осаждение можно проводить с помощью любого способа осаждения, известного в уровне техники, такого как реакционное осаждение, или путем охлаждения, концентрирования, испарения раствора, подлежащего осаждению, или путем добавления антирастворителя к раствору, подлежащему осаждению.

Осаждение, основанное на превращении карбоксилата магния в кислоту с помощью HCl, можно назвать реакционным осаждением. При реакционном осаждении осаждение происходит в течение превращения в кислоту. Следовательно, превращение карбоксилата магния в кислоту и осаждение полученной

таким образом карбоновой кислоты проводят как одну стадию. Соответственно, в предпочтительном воплощении способ осаждения по данному изобретению включает только стадии предоставления карбоксилата магния, полученного в процессе ферментации (как описано выше), и превращения карбоксилата магния в кислоту с помощью HCl , как описано выше, с получением при этом осадка карбоновой кислоты и раствора MgCl_2 . Стадия осаждения, таким образом, может привести к получению суспензии с осадком карбоновой кислоты, присутствующим в растворе MgCl_2 .

Реакционное осаждение можно проводить, выбирая условия на стадии превращения в кислоту таким образом, чтобы могло происходить немедленное осаждение карбоновой кислоты. Специалист знает, как установить такие условия. В частности, концентрацию карбоксилата магния можно выбрать так, чтобы превращение в кислоту с помощью HCl приводило к концентрации карбоновой кислоты, которая выше концентрации насыщения карбоновой кислоты.

Стадию осаждения также можно проводить путем охлаждения раствора, подлежащего осаждению, например, раствора, образованного на стадии превращения в кислоту, или раствора, полученного на стадии концентрирования, если она присутствует. Этот тип осаждения можно назвать осаждением путем охлаждения. На стадии охлаждения может потребоваться, чтобы раствор, подлежащий осаждению, сначала нагрели до температуры, при которой, по существу, весь MgCl_2 и вся карбоновая кислота растворяются. Раствор, подлежащий осаждению, можно охладить от температуры выше температуры нуклеации карбоновой кислоты в растворе до температуры ниже температуры нуклеации карбоновой кислоты в растворе. Температура нуклеации представляет собой наивысшую температуру, при которой образуются твердые вещества, в частности осадок. Эта температура, в том числе, зависит от концентрации MgCl_2 , карбоновой кислоты и присутствия других компонентов. Поэтому нельзя дать единственное значение для температуры нуклеации. Однако раствор, подлежащий осаждению, обычно охлаждают от температуры, составляющей по меньшей мере 35°C , до температуры менее 30°C , предпочтительно от температуры, составляющей по меньшей мере 40°C до температуры менее 25°C . В случае осаждения путем охлаждения концентрация карбоновой кислоты до охлаждения предпочтительно настолько близка к ее растворимости, насколько это экономически осуществимо. Концентрация карбоновой кислоты может отличаться от растворимости карбоновой кислоты, например, на 0-100 г/л или менее (или на 0-50 г/л или менее).

Кроме того, осаждение может быть основано на концентрировании раствора, содержащего карбоновую кислоту и MgCl_2 , предпочтительно путем испарения. Испарение части растворителя из раствора, содержащего карбоновую кислоту и MgCl_2 , приводит к более высокой концентрации карбоновой кислоты и более сильному эффекту высаливания, что усиливает осаждение.

Кроме того, осаждение может быть основано на добавлении антирастворителя к раствору, подлежащему осаждению. Антирастворители являются смешиваемыми с раствором, подлежащим осаждению, или растворимыми в растворе, подлежащем осаждению. Примерами антирастворителей являются спирты, в частности C_1 - C_3 -спирты, например метанол, простые эфиры, в частности C_2 простые эфиры, например диметиловый эфир, и кетоны, в частности C_2 - C_4 -кетоны, например ацетон.

Предпочтительно раствор MgCl_2 , полученный после осаждения, можно подвергнуть второй и/или дополнительной стадии осаждения, посредством чего получают дополнительный осадок карбоновой кислоты и второй и/или дополнительный раствор MgCl_2 . Вторую или дополнительную стадию осаждения можно проводить для извлечения по меньшей мере части карбоновой кислоты, остающейся в растворе MgCl_2 , полученном на предшествующей стадии осаждения. В этом случае стадию осаждения по данному изобретению можно назвать первой стадией осаждения. Раствор MgCl_2 , полученный в первом осаждении способа осаждения, все еще может содержать небольшое количество карбоновой кислоты. Чтобы извлечь по меньшей мере часть этой карбоновой кислоты, можно провести вторую стадию осаждения. Указанную вторую стадию осаждения можно проводить при условиях, аналогичных первой стадии осаждения, включая стадию концентрирования и/или добавление MgCl_2 , которое проводят перед стадией осаждения.

В предпочтительном воплощении способ осаждения по данному изобретению включает первую реакцию осаждения, которая представляет собой стадию реакционного осаждения, после которой раствор MgCl_2 , полученный на этой стадии, подвергают стадии охлаждения и/или испарения. Стадии охлаждения и/или испарения являются дополнительными стадиями осаждения, на которых осаждают дополнительное количество карбоновой кислоты.

Перед любой стадией осаждения можно добавить хлорид магния в раствор, подлежащий осаждению. Этот раствор может представлять собой раствор, содержащий карбоксилат магния (в случае реакционного осаждения), или раствор, содержащий карбоновую кислоту и хлорид магния (полученный на стадии превращения в кислоту). Такой добавленный хлорид магния может усилить эффект высаливания, тем самым увеличивая осаждение карбоновой кислоты.

В одном воплощении карбоксилат магния, подаваемый в способ осаждения по данному изобретению, получают в процессе ферментации. В таком процессе ферментации углеводный источник обычно ферментируют с помощью микроорганизмов с образованием карбоновой кислоты. Затем в течение ферментации добавляют магниевое основание в качестве нейтрализующего агента, чтобы получить магни-

вую соль карбоновой кислоты. Примерами подходящих магниевых оснований являются гидроксид магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), карбонат магния (MgCO_3) и бикарбонат магния ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$). Преимущество использования $\text{Mg}(\text{OH})_2$ в качестве основания состоит в том, что это соединение можно получить посредством способа осаждения по данному изобретению. Также может потребоваться использование MgCO_3 , и его можно легко получить превращением $\text{Mg}(\text{OH})_2$, полученного в способе осаждения по данному изобретению. Кроме того, использование MgCO_3 или $\text{Mg}(\text{OH})_2$ является желательным, потому что не ожидают, что гидроксид и карбонат оказывают негативное влияние на эффект высаливания в способе осаждения по данному изобретению (любой карбонат, оставшийся после нейтрализации, может выйти из раствора в виде газообразного CO_2).

Процесс ферментации может включать стадию очистки, на которой карбоксилат магния кристаллизуется из ферментационного бульона, его можно затем растворить в воде с образованием водного раствора, который обычно имеет более высокую концентрацию карбоксилата по сравнению с ферментационным бульоном. Такая стадия очистки может иметь преимущество, состоящее в том, что можно получить более высокий выход на первой стадии осаждения, обусловленный более высокой концентрацией карбоксилата магния, особенно когда карбоксилат является сукцинатом.

Кристаллизация может включать по меньшей мере одну из таких стадий, как стадия концентрирования, например стадия испарения воды, стадия охлаждения, стадия введения затравки кристаллов, стадия разделения, стадия промывки и стадия перекристаллизации. Концентрирование можно выполнять как отдельную стадию или совместно с кристаллизацией (например, испарительная кристаллизация).

В одном воплощении настоящее изобретение относится к объединенному способу, включающему следующие стадии:

ферментация источника углерода с образованием карбоновой кислоты, при этом стадия ферментации включает стадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализации по меньшей мере части карбоновой кислоты путем добавления магниевое основание, выбранного из оксида магния и гидроксида магния, посредством чего получают карбоксилат магния;

превращение карбоксилата магния в кислоту, на которой карбоксилат магния приводят в контакт с газовым потоком, содержащим газообразный HCl , с образованием жидкого выходящего потока, содержащего карбоновую кислоту и хлорид магния;

разделение жидкого выходящего потока, содержащего карбоновую кислоту и хлорид магния, с получением карбоновой кислоты и жидкости, содержащей хлорид магния;

воздействие на водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, температуры, составляющей по меньшей мере 300°C , в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом, получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород, при этом данный газ подают на стадию превращения в кислоту;

подача оксида магния в качестве нейтрализующего агента на стадию ферментации либо как таковую, либо после превращения в гидроксид магния.

В одном воплощении после стадии ферментации и перед стадией превращения в кислоту выполняют стадию концентрирования, что приводит к жидкому сырью с температурой, составляющей по меньшей мере 60°C .

Различные стадии способа согласно этому воплощению изобретения можно выполнять так, как подробно описано выше.

Специалисту очевидно, что различные аспекты настоящего изобретения, которые описаны выше в различных абзацах, можно объединять.

Настоящее изобретение и некоторые воплощения настоящего изобретения проиллюстрированы с помощью следующих примеров и/или воплощений, которые не являются ограничивающими.

Пример 1. Приготовление потока газообразного HCl .

Содержащий газообразный HCl поток (газообразное сырье) приготавливали путем испарения 18 мас.% раствора HCl в воде с расходом 765 г/ч в предварительно нагретый поток газообразного азота с расходом 930 г/ч при температуре 95°C . Предполагают, что этот поток газообразного HCl похож на поток газообразного HCl , полученный путем термогидролиза 25-30 мас.% раствора хлорида магния в воде. Приготовленный таким образом поток газообразного HCl содержит 8 мас.% HCl , 37 мас.% воды и 55 мас.% азота.

Хотя потоки газообразного HCl , полученные в процессе термогидролиза, обычно содержат дополнительные соединения, в частности другие газы, такие как кислород и диоксид углерода, и примеси, такие как летучие карбоновые кислоты, поток газообразного HCl , приготовленный в этом примере, считают достаточно похожим на такие потоки газообразного HCl , так что доказательство принципа, показанное в примерах 2-6 с использованием этого газа, в равной степени применимо к потокам газообразного HCl , полученным в процессе термогидролиза.

Пример 2. Абсорбция водой и отдельное превращение в кислоту - сравнительный пример.

В этом эксперименте поток газообразного HCl из примера 1 абсорбировали в воде для получения содержащего HCl раствора и этот раствор использовали для превращения в кислоту раствора сукцината

магния.

Абсорбцию потока газообразного HCl в воде проводили в изолированной стеклянной колонне длиной 1,1 м и внутренним диаметром 45 мм. Секция активной абсорбции колонны (95 мм) была оборудована стеклянными насадочными кольцами Рашига диаметром 4 мм и высотой 4 мм. Внутреннюю температуру колонны измеряли и регулировали для поддержания температуры, составляющей 95°C. Деминерализованную воду вводили в верхнюю часть колонны, а поток газообразного HCl вводили в нижнюю часть колонны. При эксплуатации колонны поток газообразного HCl представлял собой непрерывную фазу, а деминерализованная вода текла по кольцам Рашига. Уровень поверхности раздела в нижней части колонны наблюдали визуально и регулировали с помощью ручного вентиля; превращенный в кислоту водный поток выпускали из нижней части колонны. Обедненный поток газообразного HCl выпускали из верхней части колонны.

Используемый поток газообразного HCl (1695 г/ч, 95°C) приготавливали согласно примеру 1. Его приводили в контакт в противотоке с деминерализованной водой (825 г/ч) при температуре 95°C в описанной выше абсорбционной установке. Образцы отбирали из водной придонной фазы. Концентрация HCl в этом образце составляла 18 мас. %.

Получающийся содержащий HCl раствор затем использовали для превращения в кислоту 20 мас. % раствора сукцината магния. Этот раствор сукцината магния (водную смесь) приготавливали путем добавления гидроксида магния (58 г) в раствор 118 г янтарной кислоты в 664 г воды и перемешивания до полного растворения. Полагали, что этот раствор похож на раствор сукцината магния, полученный в процессе ферментации. Хотя раствор сукцината магния, полученный в процессе ферментации, обычно содержит соединения, отличные от сукцината магния, такие как относительно большое количество примесей, раствор сукцината магния, приготовленный для этого примера, считали достаточно похожим на такой раствор сукцината, полученный в процессе ферментации, чтобы продемонстрировать доказательство принципа, на котором основано данное изобретение.

Затем 100 г приготовленного раствора сукцината магния подвергли кислотной обработке путем добавления 60 г содержащего HCl раствора (18 мас. %) при температуре 95°C. Определили состав смеси, подвергнутой кислотной обработке, и обнаружили, что она содержит 11 мас. % янтарной кислоты, 8 мас. % хлорида магния и менее 0,5 мас. % HCl.

Этот пример показывает, что посредством отдельной абсорбции водой, за которой следует превращение в кислоту, получают смесь превращенного в кислоту продукта, которая содержит 11 мас. % янтарной кислоты и 8 мас. % хлорида магния, растворенных в воде. Полное удаление полученной янтарной кислоты дало бы 9 мас. % раствор хлорида магния в воде. Таким образом, если бы этот раствор подавали в процесс термогидролиза, потребовалось бы испарить 10 кг воды на каждый кг хлорида магния.

Пример 3. Объединенные абсорбция/превращение в кислоту жидкого сырья - карбоксилата магния.

В этом примере поток газообразного HCl, приготовленный согласно примеру 1, абсорбировали непосредственно в растворе сукцината магния, таким образом превращая сукцинат в янтарную кислоту с дополнительным получением хлорида магния.

Поток газообразного HCl (1695 г/ч, 95°C), приготовленный согласно примеру 1, приводили в контакт в противотоке с 20 мас. % раствором сукцината магния, приготовленным согласно описанию в примере 2 (1320 г/ч), при температуре 95°C в абсорбционной установке, описанной в примере 2. Таким образом, фактически повторяли описанную в примере 2 стадию абсорбции, используя раствор сукцината магния вместо деминерализованной воды. Образцы отбирали из водной придонной фазы и анализировали. Состав смеси, подвергнутой кислотной обработке, определили как 15 мас. % янтарной кислоты, 12 мас. % хлорида магния и менее 0,5 мас. % HCl.

Этот пример показывает, что с помощью объединенных абсорбции и превращения в кислоту получают смесь превращенного в кислоту продукта, которая содержит 15 мас. % янтарной кислоты и 12 мас. % хлорида магния, растворенных в воде. Полное удаление полученной янтарной кислоты дало бы 14 мас. % раствор хлорида магния в воде. Таким образом, если бы этот раствор подавали в процесс термогидролиза, потребовалось бы испарить 6 кг воды на каждый кг хлорида магния, что составляет только 60% от количества воды, которое потребовалось бы в примере 2.

Пример 4. Объединенные абсорбция/превращение в кислоту жидкого сырья - карбоксилата магния при повышенной температуре.

Повторяли пример 3, однако вместо раствора сукцината магния, имеющего температуру 95°C, использовали сукцинат магния, имеющий температуру 120°C. Образцы отбирали из водной придонной фазы и анализировали. Состав смеси, подвергнутой кислотной обработке, определили как 16 мас. % янтарной кислоты, 13 мас. % хлорида магния и менее 0,5 мас. % HCl. Этот пример показывает, что при увеличении температуры жидкого сырья - карбоксилата магния концентрации в смеси превращенного в кислоту продукта увеличиваются до 16 мас. % янтарной кислоты и 13 мас. % хлорида магния, растворенных в воде, по сравнению с примером 3. Полное удаление полученной янтарной кислоты дало бы 16 мас. % раствор хлорида магния в воде. Таким образом, если бы этот раствор подавали в процесс термогидролиза, потребовалось бы испарить 5 кг воды на каждый кг хлорида магния, что представляет собой меньшее количество воды по сравнению с примером 3.

Пример 5. Объединенные абсорбция/превращение в кислоту суспензионного сырья - карбоксилата магния.

Повторяли пример 3, однако вместо использования 20 мас.% раствора карбоксилата магния (1320 г/ч) использовали 29 мас.% суспензию лактата магния (1310 г/ч). 29 мас.% лактата магния эквивалентны 20 мас.% сукцината магния в показателях карбоксилатных групп на единицу массы. Суспензию лактата магния приготавливали путем добавления гидроксида магния (116 г) в раствор 360 г молочной кислоты в 1948 г воды. Полагали, что этот раствор похож на суспензию лактата магния, полученную в процессе ферментации. Хотя растворы, полученные в процессе ферментации, обычно содержат дополнительные соединения, в частности примеси, такие как сахара, белок и/или биомассу, раствор сырья, приготовленный в этом примере, считают достаточно похожим на такие растворы, так что доказательство принципа, показанное в этом примере, в равной степени применимо к растворам сырья, полученным в процессе ферментации.

Образцы отбирали из водной придонной фазы и анализировали. Состав смеси, подвергнутой кислотной обработке, определили как 23 мас.% молочной кислоты, 12 мас.% хлорида магния и менее 0,5 мас.% HCl.

Этот пример показывает, что объединенную абсорбцию и превращение в кислоту также можно выполнять с суспензией карбоксилата и что получают смесь превращенного в кислоту продукта, которая содержит 23 мас.% молочной кислоты и 12 мас.% хлорида магния, растворенных в воде. Полное удаление полученной молочной кислоты дало бы 16 мас.% раствор хлорида магния в воде. Таким образом, если бы этот раствор подавали в процесс термогидролиза, потребовалось бы испарить 5 кг воды на каждый кг хлорида магния.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства карбоновой кислоты путем превращения в кислоту жидкого сырья, содержащего соль карбоновой кислоты, при этом данный способ включает следующие стадии:

предоставление жидкого сырья, содержащего карбоксилат магния;

подготовка газообразного сырья, содержащего газообразный хлористый водород; и

превращение карбоксилата в карбоновую кислоту путем приведения жидкого сырья в контакт с газообразным сырьем, посредством чего получают жидкий выходящий поток, содержащий карбоновую кислоту и хлорид магния,

причем газообразное сырье, содержащее газообразный хлористый водород, получают на стадии термического разложения, на которой водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, подвергают воздействию температуры, составляющей по меньшей мере 300°C, в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом, получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород.

2. Способ по п.1, в котором газообразное сырье содержит газообразный хлористый водород и газообразную воду.

3. Способ по п.2, в котором массовое отношение хлористого водорода к воде в газообразном сырье составляет от 1:10 до 1:4, предпочтительно от 1:5 до 1:4.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий стадию разделения, на которой карбоновую кислоту и хлоридную соль, присутствующие в жидком выходящем потоке, отделяют друг от друга, получая, таким образом, поток карбоновой кислоты и раствор или суспензию хлорида магния, при этом раствор или суспензию хлорида магния подают в виде жидкости, содержащей хлорид магния, на стадию термического разложения.

5. Способ по п.4, в котором стадия разделения включает стадию экстракции или стадию осаждения.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором жидкое сырье имеет температуру 20-150°C, предпочтительно 60-120°C.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором жидкое сырье имеет температуру 80-120°C при атмосферном давлении.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором температура жидкого сырья на 1-50°C, предпочтительно на 3-25°C выше температуры газообразного сырья.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором газообразное сырье дополнительно содержит по меньшей мере 25 мас.% инертного газа, предпочтительно инертного газа, выбранного из группы, состоящей из N₂, O₂, CO₂ и их смесей.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором газообразное сырье содержит по меньшей мере 2 мас.% хлористого водорода.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором карбоксилат выбирают из группы, состоящей из лактата, сукцината, пропионата, 3-гидроксипропионата, гидроксипропионата, цитрата, фумарата, итаконата, адипата, акрилата, левулината, малеата, 2,5-фурандикарбоксилата, ацилата жирной кислоты и лактилата и/или их смесей, предпочтительно из группы, состоящей из лактата, сукцината, пропионата, 2,5-фурандикарбоксилата и 3-гидроксипропионата, наиболее предпочтительно из группы, со-

стоящей из лактата и сукцината.

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором способ дополнительно включает стадию производства жидкого сырья с помощью стадии ферментации.

13. Способ по п.12, в котором после стадии ферментации и перед стадией превращения в кислоту выполняют стадию концентрирования с получением жидкого сырья с температурой, составляющей по меньшей мере 60°C.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, который представляет собой объединенный способ, включающий следующие стадии:

ферментация источника углерода с образованием карбоновой кислоты, при этом стадия ферментации включает стадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализации по меньшей мере части карбоновой кислоты путем добавления магниевого основания, выбранного из оксида магния и гидроксида магния, посредством чего получают карбоксилат магния;

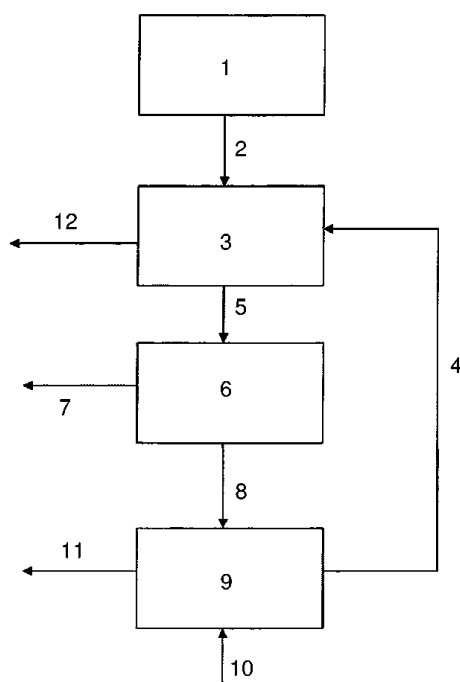
превращение карбоксилата магния в кислоту, на которой карбоксилат магния приводят в контакт с газовым потоком, содержащим газообразный HCl, с образованием жидкого выходящего потока, содержащего карбоновую кислоту и хлорид магния;

разделение жидкого выходящего потока, содержащего карбоновую кислоту и хлорид магния, с получением карбоновой кислоты и жидкости, содержащей хлорид магния;

воздействие на водосодержащую жидкость, содержащую хлорид магния, температуры, составляющей по меньшей мере 300°C, в результате чего хлорид магния разлагается на оксид магния и хлористый водород, таким образом получают твердое вещество, содержащее оксид магния, и газ, содержащий газообразный хлористый водород, при этом данный газ подают на стадию превращения в кислоту;

подача оксида магния в качестве нейтрализующего агента на стадию ферментации либо как таковую, либо после превращения в гидроксид магния.

15. Способ по п.14, в котором после стадии ферментации и перед стадией превращения в кислоту выполняют стадию концентрирования с получением жидкого сырья с температурой, составляющей по меньшей мере 60°C.



Фиг. 1

