



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123105** (13) **C2**
(51) МПК

C01F 5/10 (2006.01)
C01F 5/30 (2006.01)
C07C 51/02 (2006.01)
C01B 7/03 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

| | |
|--|---|
| <p>(21) Номер заявки: a 2018 07964</p> <p>(22) Дата подання заявки: 19.01.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 18.02.2021</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 16151922.8</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 19.01.2016</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву: EP</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.10.2018, Бюл.№ 19</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 17.02.2021, Бюл.№ 7</p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/EP2017/051087, 19.01.2017</p> | <p>(72) Винахідник(и): де Вріс Йоханнес Ейхінус (NL), Фредіансях Раймон (NL)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ПУРАК БІОКЕМ БВ, Arkelsedijk 46, 4206 AC Gorinchem, The Netherlands (NL)</p> <p>(74) Представник: Крилова Надія Іванівна, реєстр. №30</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: GB 1311757 A, 28.03.1973 US 3980753 A, 14.09.1976</p> |
|--|---|

(54) ВДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ ОБРОБКИ РОЗЧИНІВ ХЛОРИДУ МАГНІЮ ТА СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

(57) Реферат:

Винахід стосується способу обробки розчинів хлориду магнію, що полягає в; подаванні водного розчину хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 10-30 мас. % на операцію концентрування, де воду випаровують, в результаті чого отримують концентрований розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 30-50 мас.%, та операцію концентрування виконують за одну або більше стадій, причому щонайменше одну з стадій виконують при підвищеному тиску, виведенні концентрованого розчину хлориду магнію з операції концентрування і подачі його в реактор термогідролізу при температурі щонайменше 300 °С в реакторі, виведенні MgO з реактора термогідролізу у твердій формі і виведенні газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °С з реактора термогідролізу, подаванні газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °С, на операцію охолодження, де газовий потік, що містить HCl, вводять в контакт з охолоджувальною рідиною,

UA 123105 C2

виведенні газового потоку, що містить HCl, при температурі нижче 150 °C з операції охолодження, циркулюванні охолоджувальної рідини по теплообміннику, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника до операції концентрування. Винахід також стосується способу виготовлення карбонових кислот, який серед інших операцій полягає в обробці розчинів хлориду магнію, як описано попередньо.

Винахід стосується способу обробки розчинів хлориду магнію, зокрема розчинів хлориду магнію, одержаних шляхом виготовлення органічних сполук з допомогою процесів ферментації. Винахід також стосується способу виготовлення карбонових кислот з допомогою процесу ферментації, зокрема способу, в якому утворюються та обробляються розчини хлориду магнію.

5 Коли карбонові кислоти виробляють в процесі ферментації, часто додають нейтралізуючу речовину для підтримання рН у діапазоні, оптимальному для мікроорганізму. Нейтралізуюча речовина часто є основою, наприклад, лужна сіль натрію, калію, кальцію або магнію. Після цього карбонова кислота буде присутня в ферментаційному середовищі у формі її солі, наприклад, солі карбоксилату магнію.

10 Сіль карбоксилату магнію може бути перетворена в карбонову кислоту у реакції з неорганічною кислотою, наприклад HCl. У цьому випадку карбоксилат магнію буде перетворений в карбонову кислоту та хлорид магнію, останній, як правило, у вигляді водного розчину. Після відокремлення карбонової кислоти від розчину хлориду магнію цей розчин повинен бути далі оброблений. Одним з способів обробки розчинів хлориду магнію є проведення реакції термогідролізу при підвищених температурах, наприклад, вище 500 °C, де хлорид магнію реагує з водою і отримують оксид магнію і соляну кислоту.

15 Способи такого типу були описані в літературі. Наприклад, в документі WO 00/17378 описується спосіб виготовлення молочної кислоти, в якому в процесі ферментації готують розчин лактату магнію. Розчин лактату магнію підкислюють HCl, одержуючи розчин, що містить молочну кислоту в розчині хлориду магнію. Молочну кислоту виділяють з розчину. Одержаний розчин хлориду магнію може бути оброблений на операції термогідролізу при температурі щонайменше 500 °C для реагування хлориду магнію з водою для одержання порошку оксиду магнію та соляної кислоти. Тепло, необхідне для термогідролітичної реакції, забезпечується у місці горіння палива. Залишки органічної речовини спалюються.

20 В документі WO 02/03/025106 описується спосіб виготовлення карбонових кислот способом, що включає операції підкислення магнієвої солі карбонової кислоти кислотою HCl для утворення кислоти та розчину хлориду магнію та виділення кислоти з розчину шляхом осадження. Вказано, що розчин хлориду магнію може бути оброблений шляхом термічного розкладання.

25 В документі WO2015 / 000956 описаний спосіб термічного розкладання розчинів хлориду магнію, зокрема розчинів, отриманих при виготовленні карбонової кислоти шляхом ферментації. Спосіб включає, між іншим, наступні операції:

30 - подачу водного розчину з концентрацією MgCl₂ 25-35 мас. % у попередній концентратор, де він вводять в контакт з газовим потоком, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C,

35 - подачу водного розчину з концентрацією MgCl₂ 35-45 мас. % з попереднього концентратора в реактор термогідролізу, причому, цей реактор має температуру щонайменше 300 °C,

40 - виведення MgO з реактора термогідролізу у твердій формі та виведення газового потоку, який містить HCl, з реактора термогідролізу, причому, вказаний газовий потік, який містить HCl, має температуру щонайменше 300 °C,

- подачу газового потоку, який містить HCl, з температурою щонайменше 300 °C до попереднього концентратора,

45 - виведення газового потоку газу, який містить HCl, з температурою не вище 150 °C з попереднього концентратора.

Незважаючи на те, що цей спосіб є привабливим з точки зору повторної циркуляції, і тому, що дозволяє відокремлювати органічні забруднювачі, він вимагає значної кількості енергії для роботи.

50 Існує потреба в даній галузі техніки у способі обробки розчинів хлориду магнію, який є більш енергоефективним, ніж спосіб, описаний в документі WO2015 / 000956. Даний винахід забезпечує такий спосіб. Даний винахід також забезпечує спосіб виготовлення карбонових кислот шляхом ферментації, що включає обробку розчинів хлориду магнію.

Винахід стосується способу обробки розчинів хлориду магнію, який полягає в:

55 - подаванні водного розчину хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 10-30 мас. % на операцію концентрування, де воду випаровують, в результаті чого отримують концентрований розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 30-50 мас. %, причому операція концентрування виконують за одну або більше стадій, причому, щонайменше одна з стадій виконується при підвищеному тиску,

60 - виведенні концентрованого розчину хлориду магнію з операції концентрування і подачу його в реактор термогідролізу, причому, реактор має температуру щонайменше 300 °C,

- виведенні MgO з реактора термогідролізу у твердій формі і виведення газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C, з реактора термогідролізу,

- подаванні газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C, на операцію охолодження, де газовий потік, що містить HCl, вводять в контакт з охолоджувальною рідиною,

- виведенні газового потоку, що містить HCl, при температурі нижче 150 °C з операції охолодження,

- циркулюванні охолоджувальної рідини ферментації по теплообміннику, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника до операції концентрування.

Винахід також стосується способу виготовлення карбонової кислоти, який має полягає в:

- обробленні джерела вуглецю на операції ферментації для утворення карбонової кислоти, яка включає операції ферментації джерела вуглецю з допомогою мікроорганізму в ферментаційному бульйоні для утворення карбонової кислоти та нейтралізації щонайменше частини карбонової кислоти шляхом додавання магнієвої основи, вибраної з оксиду магнію та гідроксиду магнію, одержуючи таким чином карбоксилат магнію,

- обробленні карбоксилату магнію на операції підкислення, при якій карбоксилат магнію вводять в контакт з HCl у водному середовищі для утворення водної суміші, яка включає карбонову кислоту та хлорид магнію,

- обробленні водної суміші, яка включає карбонову кислоту та хлорид магнію, на операції сепарації для утворення вихідного потоку, який містить карбонову кислоту та водний розчин хлориду магнію,

- подаванні водного розчину хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 10-30 мас. % на операцію концентрування, де воду випаровують, в результаті чого отримують концентрований розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 30-50 мас. %, причому, операцію концентрування виконують за одну або більше стадій, де щонайменше одну з стадій виконують при підвищеному тиску,

- видаленні концентрованого розчину хлориду магнію з операції концентрування і подавання його в реактор термогідролізу, причому, реактор має температуру щонайменше 300 °C,

- видаленні MgO з реактора термогідролізу у твердій формі і виведення газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C, з реактора термогідролізу,

- подаванні газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C, на операцію охолодження, де газовий потік, що містить HCl, вводять в контакт з охолоджувальною рідиною,

- видаленні газового потоку, що містить HCl, при температурі нижче 150 °C з операції охолодження,

- циркулюванні охолоджувальної рідини по теплообміннику, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника до операції концентрування.

Було встановлено, що спосіб згідно з винаходом може бути більш енергоефективним, ніж спосіб, описаний в документі WO2015/000956. Це буде пояснено далі.

В способі, описаному в документі WO2015/000956, випаровування води під час операції в попередньому концентраторі відбувається у присутності газового потоку, що містить HCl, отриманого з реактора термічного гідролізу, який має температуру щонайменше 300 °C. Це є вигідним, оскільки тепло, яке має газовий потік, що містить HCl, безпосередньо сприяє випаровуванню води в попередньому концентраторі. Проте наявність HCl обмежує роботу попереднього концентратора. Більш конкретно, щоб запобігти витік HCl у навколишнє середовище попередній концентратор повинен працювати під тиском, який трохи нижче атмосферного тиску. Максимальна температура розчину хлориду магнію - це температура кипіння при цьому тиску. Максимальна концентрація розчину хлориду магнію внаслідок цього є концентрацією насичення при цій температурі.

В способі за даним винаходом операції концентрування розчину хлориду магнію та охолодження газового потоку, що містять HCl, відокремлюються тим, що вони більше не відбуваються в одному і тому ж пристрої. Це дає змогу вільно вибирати тиск і температуру при операції концентрування.

Більш конкретно, в способі згідно з винаходом, операція концентрування виконується за однію або більше стадіях, причому, щонайменше одна з цих стадій виконується під підвищеним тиском, збільшуючи тим самим температуру кипіння розчину хлориду магнію. Це, в свою чергу, збільшує концентрацію насичення розчину хлориду магнію. Це дає змогу отримати більш концентрований розчин хлориду магнію для подачі в блок термогідролізу без ризиків, пов'язаних

із наявністю твердих частинок хлориду магнію, наприклад, закупорювання розпилювачів для подачі розчинів обприскування. Це призводить до випаровування меншої кількості води в блоці термогідролізу, що забезпечує більш енергоефективний процес та можливість зменшення кількості пристроїв нижче за потоком.

5 Подальші переваги даного винаходу та їх конкретні втілення стануть більш якими з подальшого опису.

Спосіб та пов'язані з ним переваги будуть докладно описані далі. В описі буде наведено посилання на креслення, які не будуть обмежені цими посиланнями або обмежувати опис.

10 На фіг.1 показана схема обробки розчину хлориду магнію відповідно до одного варіанта здійснення способу згідно з винаходом. На фіг. 2 показаний спосіб виготовлення карбонових кислот згідно з одним варіантом здійснення даного винаходу.

15 Розчин хлориду магнію (фіг.1) подають по лінії 1 до концентратора (2). У концентраторі (2) вода випаровується та видаляється по лінії (3). Більш концентрований розчин хлориду магнію видаляють з концентратора (2) по лінії (4) і подають у блок (5) термогідролізу. Операція концентрації може бути здійснений в одному або декількох концентраторах (додаткові концентратори не показані). У блоці (5) термогідролізу розчин хлориду магнію вводять в контакт з гарячим газом, як правило, газом горіння, що подається по лінії (6). Хлорид магнію розкладається з утворенням оксиду магнію, який виводиться по лінії (7), та газовий потік, що містить HCl, при температурі щонайменше 300 °С, який виводиться по лінії (8). Газовий потік, що містить HCl, подають у блок (9) охолодження, який містить охолоджувальну рідину. Охолоджений газовий потік, який містить HCl, з температурою не більше 150 °С, видаляють з блока (9) охолодження по лінії (10). Охолоджувальну рідину виводять з блоку (9) охолодження і повторно подають по лінії (11) ферментації по теплообміннику (12). Як правило, невелика кількість очищеної охолоджувальної рідини буде відведена від лінії (11) після теплообмінника по лінії, яка не показана. У теплообміннику (12) тепло передається від охолоджувальної рідини у лінії (11) до нагрівальної рідини у лінії (14). Лінія (14) - це петля, яка проходить ферментації по теплообміннику (12) та концентратору (2). Таким чином, як можна бачити на фіг.1, процес згідно з винаходом дозволяє використовувати енергію, утворену при охолодженні газового потоку, що містить HCl, при концентруванні розчину хлориду магнію без газового потоку, що містить HCl, та розчину хлориду магнію, який присутній в тому ж блоці. Це дає можливість незалежно оптимізувати операцію випаровування.

20 Першою операцією у способі згідно з винаходом є подавання водного розчину хлориду магнію на операцію концентрування. На операції концентрування збільшують концентрацію хлориду магнію шляхом випаровування води. Водний розчин хлориду магнію, що подається на операцію концентрування, зазвичай має концентрацію хлориду магнію 10-30 мас. %, конкретно 15-25 мас. %

25 Особливістю даного винаходу є те, що операцію концентрування виконують за одну або декілька стадій, причому, щонайменше одну з стадій виконують при підвищеному тиску. Це підвищує точку кипіння розчину хлориду магнію, а отже і концентрацію насичення. Переважно щонайменше на одну стадію операції концентрування здійснюють при тиску, що становить щонайменше 0,11 Мпа (1,1 бар). Як максимум, ця величина може становити 1Мпа (10 бар). Вважається більш переважним проводити операцію концентрування при тиску в діапазоні від 0,11 до 0,3 Мпа (від 1,1 до 3 бар), конкретно 0,15-0,25 Мпа (1,5-2,5 бар), більш конкретно 0,15-0,2 Мпа (1,5-2 бар).

30 45 Температура розчину хлориду магнію, отриманого на операції концентрування, зазвичай знаходиться в діапазоні 100-170 °С. Краще, щоб температура була щонайменше 120 °С, конкретно щонайменше 130 °С, конкретніше щонайменше 140 °С, конкретно щонайменше 145 °С. Як зазначено вище, більш високі температури є привабливими, оскільки вони дозволяють збільшити концентрацію хлориду магнію. З іншого боку, якщо для підвищення температури повинна бути забезпечена додаткова енергія, то це є, звичайно, менш бажаним. Тому може бути переважним, якщо температура становить не більше 160 °С, конкретно не більше 155 °С.

Як було пояснено попередньо, у способі, описаному в документі WO 015/000956, неможливо виконати операцію випаровування при підвищеному тиску через наявність HCl.

55 Операція концентрування в способі згідно з винаходом може бути здійснений в одну стадію або в декілька стадій. Якщо операція концентрування виконується в декілька стадій, то може бути переважним, якщо кількість стадій складає 2-10 стадій концентрування, конкретно 2-6 стадій концентрування.

60 В одному варіанті здійснення, операція концентрування є багатостадійною, причому, пар виводять з першої стадії концентрування та застосовують його як нагрівальну рідину для

подальшої стадії концентрування. У цьому варіанті здійснення переважно на кожній стадії концентрування, крім першої, використовувати як нагрівальну рідину пар від попередньої стадії концентрування.

5 В одному варіанті здійснення багатостадійне концентрування виконується в мульти-ефективному випарнику. Мульти-ефективний випарник має набір судин для випаровування, в яких кожна судина працює при тиску, що нижче тиску в попередній судині. Через те, що температура кипіння води зменшується, коли зменшується тиск, пар, який випарений в одній судині, може використовуватися для нагрівання наступної, і тільки перша судина (при найвищому тиску) потребує зовнішнього джерела тепла. Мульти-ефективні випарники відомі в 10 даний галузі та не вимагають подальшого пояснення.

В одному варіанті здійснення даного винаходу, парокомпресійне випаровування використовують на операції концентрування в способі згідно з винаходом або на одній, або на декількох її стадіях. При парокомпресійному випаровуванні пар, що утворюється під час випаровування, стискають, наприклад, з допомогою вентилятора, компресора або струменевого ежектора, для збільшення тиску. Оскільки збільшення тиску призводить до підвищення 15 температури конденсації, пар може повторно використовуватися як нагрівальне середовище для концентрування розчину, з якого пар було утворено. Цей процес іноді називають парокомпресійною дистиляцією (VCD). Там, де стиснення здійснюється механічними засобами, процес іноді також називають механічною рекомпресією пару (MVR). Парокомпресійне 20 випаровування відоме в даній галузі і не вимагає подальшого пояснення.

Окрім попередньо наведених причин, використання багатостадійного концентрування також може бути переважним у випадку, коли розчин хлориду магнію містить значну кількість летючих органічних сполук. Це може бути, наприклад, у випадку, якщо розчин хлориду магнію одержують при процесі, в якому присутні органічні сполуки, наприклад, у вигляді екстрагентів. У цьому 25 випадку застосування багатостадійного концентрування дозволяє виконувати першу стадію випаровування, призначену для видалення летючих органічних компонентів і порівняно обмеженої кількості води, а також додаткові стадії випаровування для видалення основної кількості води. В одному варіанті здійснення, операція концентрування в способі згідно з 30 винаходом являє собою багатостадійне концентрування, при якому концентрований продукт, отриманий на першій стадії випаровування, має загальний вміст летючих органічних сполук (VTOC), який становить не більше 50 % загального вмісту летючих органічних сполук (VTOC) водного розчину, що поданий на першу стадію випаровування, конкретно максимум 30 %, конкретніше не більше 15 %. Переважно для концентрованого продукту з першої стадії випаровування мати загальний вміст летючих органічних сполук (VTOC) не більше ніж 1000 35 млн⁻¹ (0,1 мас. %), конкретно не більше ніж 500 млн⁻¹, конкретніше не більше 200 млн⁻¹. Летючі органічні сполуки, в контекст цього опису, визначені як сполуки, які є більш летючі, ніж вода в умовах першої операції випаровування. Формулювання "більш летюча" означає, що відсоток летючого компонента, який випаровується на першій стадії випаровування, є більшим, ніж відсоток води, що випаровується на першій стадії випаровування.

40 На операції концентрування вода випаровується, внаслідок чого утворюється водний розчин хлориду магнію, який має концентрацію хлориду магнію, більшу, ніж вихідний розчин. Концентрований розчин хлориду магнію, який отримують після операції концентрування (одностадійної або багатостадійної), як правило, має концентрацію хлориду магнію від 30 до 50 мас. %, конкретно від 35 до 48 мас. %.

45 Перевага способу згідно з винаходом полягає в тому, що на цій операції можна отримати відносно високу концентрацію хлориду магнію, що призводить до меншої кількості води, яка надходить до блоку термогідролізу. Тому, переважно, щоб розчин хлориду магнію, який надходить на термогідроліз, мав концентрацію щонайменше 40 мас. %. Найбільш бажаним може бути діапазон 44-47 мас. %.

50 Як зазначено вище, температура цього розчину може бути досить високою, наприклад, щонайменше 120 °C, конкретно щонайменше 130 °C, конкретніше щонайменше 140 °C, конкретно щонайменше 145 °C. Як було зазначено попередньо, при цих високих температурах розчин буде все ще залишається в стані нижче концентрації насичення, тим самим зменшуючи ризик виникнення твердих частинок хлориду магнію, що перешкоджає обробці розчину.

55 Для наступних дій береться розчин, що має стан, отриманий на операції концентрування (який є розчином, поданим до блоку термогідролізу).

Фахівцю у цій галузі зрозуміло, що температуру, тиск та концентрацію хлориду магнію в розчині, що отриманий на операції концентрування та поданий в реактор термогідролізу, слід вибрати таким чином, щоб розчин був у рідкій фазі і не містив твердого осаду хлориду магнію, 60 який буде перешкоджати подальшій обробці. Фахівець у цій галузі повинен враховувати

параметри на основі вказівок, наведених у цьому описі. Зокрема, в одному варіанті здійснення, розчин, який подається в блок термогідролізу, повинен містити не більше 1 мас. % твердих частинок, зокрема, не більше 0,5 мас. %, конкретно не більше 0,2 мас. %, конкретніше не більше 0,1 мас. %, ще більш конкретно не більше 0,05 мас. % або не більше 0,01 мас. %. В
5 одному варіанті здійснення, розчин, який подається у блок термогідролізу, практично не містить твердих частинок.

Газовий потік, що містить воду, видаляється з операції концентрування і може бути оброблений за бажанням, наприклад, шляхом конденсації води для отримання тепла.

Водний розчин хлориду магнію, одержаний на операції концентрування, подається в
10 реактор термогідролізу. У реакторі термогідролізу хлорид магнію входить в реакцію з водою для утворення оксиду магнію та HCl.

Відповідні апарати для проведення операції термогідролізу, також зазначеної тут як операція термічного розкладання, відомі в даній галузі техніки. Наприклад, можна застосовувати струменевий обжарювач або обжарювач з псевдозрідженим шаром. Такі апарати
15 можна отримати, наприклад, у фірмах SMS Siemag, Andritz, Tenova and CMI Chemline. Застосування струменевого обжарювача є переважним. Струменевий обжарювач забезпечує низькі енерговитрати (в порівнянні з обжарювачем з псевдозрідженим шаром), оскільки він потребує відносно низьких температур (як буде описано далі). Крім того, було виявлено, що струменевий обжарювач забезпечує реактивні частинки MgO, які є дуже корисними в якості
20 нейтралізуючої речовини при ферментації. Термічне розкладання проводиться при температурі щонайменше 300 °C, яка є мінімальною температурою, при якій розкладається MgCl₂. Переважно, термічне розкладання проводять при температурі щонайменше 350 °C. З точки зору витрат на енергію, температуру приймають переважно нижче 1000 °C, більш переважно нижче 800 °C, ще більш переважно нижче 600 °C. Крім того, використання занадто високої
25 температури на операції термічного розкладання є небажаним, оскільки це буде зменшувати реактивність утвореної сполуки MgO, яка буде менш прийнятною для використання як нейтралізуючої речовини при ферментації. Наприклад, температура, при якій проводиться термічне розкладання, може становити 350-600 °C або 400-500 °C. Зазначена температура є температурою газів, коли вони видаляються з блоку.

Термічне розкладання, яке застосовується в даному винаході, переважно проводять при тиску 0,01-1 МПа (0,1-10 бар). Проте, використання підвищеного тиску може бути небажаним через підвищений ризик корозії обладнання, яке знаходиться нижче по потоку, через
30 неможливість конденсації HCl. Переважно, термічне розкладання проводять при атмосферному тиску, зокрема при застосуванні обжарювача, щоб уникнути непотрібних енергетичних витрат та необхідності застосування дорогого обладнання високого тиску. Тиск 0,09-0,1 Мпа (0,9-1 бар) може бути бажаним для запобігання викиду HCl.

З операції термічного розкладання сполуки MgO видаляють у твердій формі. За бажанням її можна обробляти. Один з варіантів обробки цього матеріалу буде розглянуто далі.

Газовий потік, що містить HCl, температурою щонайменше 300 °C, видаляють з операції
40 термічного розкладання та подають на операція охолодження. На операції охолодження газовий потік, що містить HCl, вводять в контакт з холодною рідиною. Температура газового потоку, що містить HCl, який поданий на операція охолодження, знаходиться в межах, вказаних раніше для температури на операції термогідролізу. Концентрація HCl у газовому потоці, взагалі, становить в діапазоні 5-15 мас. %, конкретно 7-12 мас. %. Газовий потік, що містить HCl,
45 звичайно містить 20-50 мас. % води, конкретно 30-45 мас. %. Залежно від подальшого складу, газовий потік, що містить HCl, як правило, містить щонайменше 25 мас. % інертного газу, зокрема, інертний газ вибирають з групи, яка включає N₂, CO₂ та їх суміші (наприклад, повітря). Це, наприклад, може бути результатом проведення термогідролізу в присутності інертних газів, наприклад, в присутності повітря. Концентрація інертного газу може бути більшою, наприклад,
50 щонайменше 50 мас%. В одному варіанті здійснення газовий потік, що подається, може містити 40-80 мас. % газоподібного азоту. Газовий потік, що подається, може містити до 95 мас. % інертного газу. В одному варіанті здійснення використовують газовий потік, отриманий при термогідролізі MgCl₂, який містить 40-50 мас. % N₂, 0-5 мас. % O₂ та 5-15 мас. % CO₂.

Газовий потік, що містить HCl, який має температуру не більше 150 °C, видаляють з операції
55 охолодження. За бажанням, його можна обробляти або як газовий потік, або після перетворення у водний розчин HCl. Один з варіантів обробки газового потоку, що містить HCl, буде розглянуто далі. Газовий потік, що містить HCl, взагалі, має температуру в межах 90-150 °C, конкретно 100-120 °C.

Склад, газового потоку, що містить HCl, виведеного з операції охолодження, відповідає зазначеному вище складу газового потоку, що містить HCl, який надходить до операції охолодження.

5 Охолоджувальна рідина, що використовується на операції охолодження, звичайно є водною рідиною. Слід зауважити, що деяка кількість HCl від газового потоку, що містить HCl, може розчинитися у охолоджувальній рідині, внаслідок чого утворюється розчин HCl. Крім того, газовий потік, що містить HCl, може включати деяку кількість пилу оксиду магнію, отриманого на операції термічного розкладання. Він також буде розчинитися у водній рідині. При цьому, навіть коли процес починається з водою в якості охолоджувальної рідини, протягом процесу охолоджувальною рідиною, як правило, буде підкислений розчин хлориду магнію. Щоб запобігти накопиченню хлориду магнію та HCl у охолоджувальній рідині, невелику частину охолоджувальної рідини з системи можна очистити. Вода може бути додана для компенсації протягом очищення. Це питання вирішується фіхівцем у цій галузі.

10 Охолоджувальну рідину багаторазово пропускають ферментаціїпо теплообміннику типу рідина-рідина, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника на операцію концентрування. Таким чином, енергія від гарячого газового потоку, що містить HCl, переноситься на охолоджувальну рідину при операції охолодження, далі переноситься на нагрівальну рідину в теплообміннику і, нарешті, передається на операцію концентрування, де ця енергія допомагає випаровувати воду для збільшення концентрації розчину хлориду магнію.

20 Теплообмінники та їх експлуатація відомі в даній галузі та не потребують подальших пояснень тут. Бажано, щоб охолоджувальна рідина та нагрівальна рідина могли подаватися в теплообмінник протитечийним способом, оскільки це призводить до ефективної передачі тепла, завдяки великій різниці температур. Фахівцю в цій галузі відомо, що в теплообмінниках типу рідина-рідина нагрівальна рідина не знаходиться в безпосередньому контакті з охолоджувальною рідиною. Ці рідини знаходяться тільки в непрямому контакті, внаслідок чого енергія може бути перенесена з однієї рідини до іншої.

Вид нагрівальної рідини не є критичним для даного винаходу. Вода є прийнятним середовищем, але можливі й інші рідини. Вибір відповідної рідини виконує фахівець в цій галузі.

30 Температура охолоджувальної рідини, яка виходить з операції охолодження і перед тим, як вона потрапляє до теплообмінника, зазвичай знаходиться в діапазоні 90-150 °C, конкретно 100-120 °C. Точна температура буде залежати, серед іншого, від температур, при яких газовий потік, що містить HCl, надходить у охолоджувальну установку і залишає її, та від точки кипіння охолоджувальної рідини. У цьому контексті зазначається, що температура кипіння охолоджувальної рідини може бути значно вище 100 °C внаслідок присутності розчиненого хлориду магнію та HCl.

40 У теплообміннику температура охолоджувальної рідини зменшується. Температура охолоджувальної рідини при її виході з теплообмінника при цьому складає щонайменше на 2 °C, конкретно щонайменше на 5 °C, в деяких варіантах здійснення щонайменше на 10 °C нижче температури охолоджувальної рідини на вході в теплообмінник. Взагалі, температура охолоджувальної рідини на виході з теплообмінника знаходиться в діапазоні 80-120 °C в залежності, серед іншого, від температури охолоджувальної рідини перед теплообмінником.

45 Фахівцю в цій галузі зрозуміло, що оскільки метою теплообмінника є передача тепла від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, температура охолоджувальної рідини буде вище, ніж температура нагрівальної рідини, щонайменше в одному місці, де дві рідини знаходяться у непрямому контакті.

Нагрівальна рідина циркулює з теплообмінника на операцію концентрування. Температура нагрівальної рідини при її надходженні в теплообмінник максимально дорівнює температурі охолоджувальної рідини на виході з теплообмінника. Взагалі, температура нагрівальної рідини на вході в теплообмінник знаходиться в діапазоні 70-95 °C. Температура нагрівальної рідини при її виході з теплообмінника складає щонайменше на 2 °C, зокрема щонайменше на 5 °C, в деяких варіантах здійснення щонайменше на 10 °C вище температури нагрівальної рідини при вході в теплообмінник. Взагалі, температура нагрівальної рідини на виході з теплообмінника знаходиться в діапазоні 85-115 °C.

55 Нагрівальна рідина циркулює до концентратора, де енергія переноситься на розчин хлориду магнію, який необхідно концентрувати. Нагрівальна рідина, взагалі, не знаходиться в безпосередньому контакті з розчином хлориду магнію на операції концентрування. Контакт є лише опосередкованим, так що енергія може бути перенесена від нагрівальної рідини на розчин хлориду магнію для випаровування. Це можна зробити різними способами, які відомі фахівцеві в цій галузі. Це, наприклад, може бути здійснено безпосередньо циркулюванням нагрівальної

рідини ферментації нагрівальний бік концентратора. Це також можна здійснювати опосередковано шляхом циркуляції нагрівальної рідини ферментації нагрівальний бік концентратора або опосередковано, наприклад, циркуляцією нагрівальної рідини ферментації (вакуумній) випарювальній посудині для утворення пару, який постачає тепло до концентратора. Вибраний варіант здійснення залежить від того, що є кращим як нагрівальний елемент концентратора чи гаряча рідина, чи пар. Вибір відповідної конфігурації здійснюється фахівцем у цій галузі.

Спосіб згідно з винаходом особливо підходить для процесу виготовлення органічних компонентів, зокрема карбонових кислот, застосовуючи операцію ферментації.

Один варіант здійснення винаходу стосується способу виготовлення карбонової кислоти, що включає операції:

- оброблення джерела вуглецю на операції ферментації для утворення карбонової кислоти, яка включає операції ферментації джерела вуглецю з допомогою мікроорганізму в ферментаційному бульйоні для утворення карбонової кислоти та нейтралізації щонайменше частини карбонової кислоти шляхом додавання магнієвої основи, вибраної з оксиду магнію та гідроксиду магнію, одержуючи таким чином карбоксилат магнію,

- оброблення карбоксилату магнію на операції підкислення, при якій карбоксилат магнію вводять в контакт з HCl у водному середовищі для утворення водної суміші, яка включає карбонову кислоту та хлорид магнію,

- оброблення водної суміші, яка включає карбонову кислоту та хлорид магнію, на операції сепарації для утворення вихідного потоку, який містить карбонову кислоту та водний розчин хлориду магнію,

- подавання водного розчину хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 10-30 мас. % на операцію концентрування, де воду випаровують, в результаті чого отримують концентрований розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 30-50 мас. %, причому, операцію концентрування виконують за одну або більше стадій, де щонайменше одну з стадій виконують при підвищеному тиску,

- видалення концентрованого розчину хлориду магнію від операції концентрування і подавання його в реактор термогідролізу, причому, реактор має температуру щонайменше 300 °C,

- видалення MgO з реактора термогідролізу у твердій формі і виведення газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C, з реактора термогідролізу,

- подавання газового потоку, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °C, на операцію охолодження, де газовий потік, що містить HCl, вводять в контакт з охолоджувальною рідиною,

- видалення газового потоку, що містить HCl, при температурі нижче 150 °C з операції охолодження,

- забезпечення циркуляції охолоджувальної рідини по теплообміннику, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника на операцію концентрування.

У переважному варіанті здійснення оксид магнію, вилучений з реактора термогідролізу, повторно подають, щонайменше частково, на операцію ферментації. Це можна зробити у формі MgO або після перетворення в гідроксид магнію, наприклад, шляхом введення в контакт оксиду магнію з водою для отримання суспензії гідроксиду магнію.

У переважному варіанті здійснення газовий потік, що містить HCl, отриманий при операції охолодження, повторно подають, щонайменше частково, на операцію підкислення. В одному варіанті здійснення газовий потік, що містить HCl, перетворюють в розчин кислоти HCl, поглинаючи її у воді, і цей розчин повторно подають на операцію підкислення. В іншому варіанті здійснення газовий потік, що містить HCl, передають на операцію підкислення у газовій формі.

Особливо бажаним є застосування комбінації повторної подачі MgO та повторної подачі HCl, описаних попередньо.

Далі розглянемо різні операції в інтегрованому процесі, які є додатковими до процесу обробки розчину хлориду магнію.

На першій операції джерело вуглецю обробляють на операції ферментації для утворення карбонової кислоти, що включає операцію ферментації джерела вуглецю з допомогою мікроорганізму в ферментаційному бульйоні для утворення карбонової кислоти та нейтралізації щонайменше частини карбонової кислоти шляхом додавання магнієвої основи, вибраної з оксиду магнію та гідроксиду магнію, одержуючи таким чином карбоксилат магнію.

Процеси ферментації для одержання карбонових кислот відомі в даній галузі та не вимагають подальшого пояснення. Фахівець в даній галузі у відповідності із загальними

знаннями вибирає придатний процес ферментації в залежності від бажаної кислоти, яка виробляється, джерела вуглецю та наявного мікроорганізму.

5 Продуктом процесу ферментації є ферментаційний бульйон, який є водною рідиною, що включає карбоксилат магнію, біомасу та, необов'язково, додаткові компоненти, такі як домішки, наприклад, цукри, білки та солі.

10 При бажанні ферментаційний бульйон може бути підданий обробці на операції видалення біомаси, наприклад, на операції фільтрації, перед подальшою обробкою. Це, як правило, є переважним для покращення якості продукції. В залежності від виробленої карбонової кислоти іншою проміжною операцією може бути сепарація твердого продукту реакції, наприклад, карбоксилату магнію, з ферментаційного бульйону, перед, після або одночасно з видаленням біомаси та, необов'язково, передача карбоксилату магнію на операцію промивання.

15 Залежно від виготовленої карбонової кислоти, іншою проміжною операцією може бути оброблення ферментаційного бульйону на операції концентрування для підвищення концентрації карбоксилату магнію в композиції перед підкисленням. Ця операція може бути здійснений перед, після або одночасно з видаленням біомаси.

Інші проміжні операції, наприклад, операції очищення, можуть виконуватися за потреби, як це вирішить фахівець в цій галузі.

20 Наступною операцією інтегрованого способу згідно з винаходом є обробка карбоксилату магнію на операції підкислення, яку також іноді називають операцією підкислення, при якій карбоксилат магнію вводять в контакт з HCl у водному середовищі для одержання водної суміші, що включає карбонову кислоту та хлорид магнію.

Існують різні способи здійснення цієї операції.

25 Операцію підкислення, як правило, проводять шляхом введення солі карбоксилату в контакт з підкисленим розчином HCl. Однак у деяких варіантах здійснення також є можливим контактування солі карбоксилату з газованою HCl.

30 Сіль карбоксилату може бути у твердій та/або розчинній формі. В одному варіанті здійснення сіль карбоксилату забезпечується у твердій формі. У цьому випадку операцію підкислення здійснюють шляхом введення в контакт солі карбоксилату і кислого розчину. Перевага приготування водної суміші з солі карбоксилату у твердій формі полягає в тому, що таким чином може бути отримана дуже висока концентрація карбонової кислоти, наприклад, концентрація щонайменше 15 мас. %, конкретно щонайменше 25 %, аж до, наприклад, 50 мас. % або, наприклад, 40 мас. %.

35 Сіль карбоксилату може також бути у розчинній формі, як правило, як частина водного розчину. У цьому випадку операція підкислення може бути здійснений шляхом приведення солі карбоксилату в контакт з кислим розчином або кислим газом.

Операція підкислення може також проводитися на суміші карбонової кислоти та солі карбоксилату. Така суміш може, наприклад, бути отримана при ферментації при низькому рН. Суміш, наприклад, може бути водною суспензією.

40 Коли підкислення солі карбоксилату здійснюють введенням в контакт з підкисленим розчином HCl, він переважно має концентрацію кислоти як найбільш можливу. Така висока концентрація кислоти призведе до одержання водної суміші з високою концентрацією карбонової кислоти, що є бажаним. Таким чином, кислий розчин містить щонайменше 5 мас. %, більш переважно щонайменше 10 мас. % і навіть більш переважно щонайменше 20 мас. % кислоти, виходячи із загальної маси кислого розчину.

45 Підкислення зазвичай проводять з використанням надлишку кислоти. Цей надлишок є переважно невеликим, таким, що отримана водна суміш є не дуже кислою, що може бути небажаним з точки зору подальшої обробки такої суміші. Наприклад, надлишок використуваної кислоти може бути таким, що отримана водна суміш має рН 2 або нижче, переважно рН 0-1.

50 У випадку використання газованої HCl її можна вводити в контакт з розчином або суспензією карбоксилату. Зокрема, газовану HCl можна продувати ферментації розчин або суспензію.

Переважно, підкислення проводять при температурі 75 °C або менше. При більш високих температурах стає неекономічним пристосування обладнання до жорстких умов кислих середовищ при високих температурах.

55 Операція підкислення призводить до утворення водного розчину, що містить карбонову кислоту та хлорид магнію. Цей водний розчин передають на операція сепарації, необов'язково, після того, як були виконані проміжні операції обробки, наприклад, операція концентрування.

Відповідні операції сепарації відомі в даній галузі техніки. Особливості застосованої операції залежить від природи та властивостей кислот.

Якщо карбонова кислота повністю або частково присутня у вигляді твердої речовини у водному розчині, сепарацію можна здійснювати з допомогою звичайних методів сепарації типу тверда речовина - рідина, наприклад, фільтрація, центрифугування та ін.

5 Якщо карбонова кислота повністю або частково присутня як окрема органічна фаза у водному розчині, сепарацію можна здійснювати з допомогою звичайних методів сепарації типу рідина - рідина, наприклад, злив осаду, осадження, центрифугування, використання пластинчастих сепараторів, використання коагуляторів і гідроциклонів. Для підвищення ефективності сепарації може бути доданий екстрагент. Можна також використовувати комбінацію різних методів та апаратів.

10 Там, де карбонова кислота присутня розчиненою у водному розчині, сепарацію можна виконувати, використовуючи, наприклад, екстракцію відповідним екстрагентом.

Коли в способі згідно з винаходом присутній екстрагент, то він є екстрагуючою речовиною, яка по суті не змішується з водою. Використання екстрагенту призводить до утворення двофазної системи на операції сепарації, яка містить рідкий органічний шар, що містить екстрагуючу речовину та карбонову кислоту, і водний шар, що містить розчинений хлорид магнію.

Прикладами придатних екстрагентів є аліфатичні та ароматичні вуглеводні, такі як алкани та ароматичні сполуки, кетони та ефіри. Також можуть бути використані суміші різних сполук.

20 Прикладами придатних аліфатичних алканів є прямі або розгалужені ланцюги C₅-C₁₀ або циклічні алкани, наприклад, октан, гексан, циклогексан, 2-етилгексан та гептан.

Прикладами придатних ароматичних сполук є C₆-C₁₀ ароматичні сполуки, наприклад, толуол, ксилоли та етилбензол.

25 Прикладами придатних кетонів в даному винаході є C₅ + кетони, переважно C₅-C₈ кетони. C₅ + означає кетони з щонайменше 5 атомами вуглецю. Використання кетонів C₉ + є менш переважним. Вважається, що використання метил-ізобутил-кетону (МІВК) є особливо привабливим.

Прикладами придатних ефірів є C₃-C₆ ефіри, наприклад, метилтрет-бутиловий ефір (MTBE) та діетиловий ефір (DEE).

30 Природа виготовленої карбонової кислоти не є критичною для інтегрованого способу згідно з винаходом.

В одному варіанті здійснення карбоновою кислотою є моно-, ди- або трикарбонова кислота, яка містить щонайменше 2, але не більше 6 атомів вуглецю (C₂₋₆ карбонова кислота). В одному варіанті здійснення карбонова кислота вибрана з групи, що складається з молочної кислоти, янтарної кислоти, пропіонової кислоти, 3-гідроксипропіонової кислоти, 2-, 3- та 4-гідроксимасляної кислоти, лимонної кислоти, фумарової кислоти, ітаконової кислоти, адипінової кислоти, акрилової кислоти, левулінової кислоти, малеїнової кислоти, 2,5-фуранікарбонової кислоти, мигдалевої кислоти, яблучної кислоти та винної кислоти. Переважно, карбонову кислоту вибирають з групи, що складається з молочної кислоти, янтарної кислоти, пропіонової кислоти, 3-гідроксипропіонової кислоти, 2-, 3- та 4-гідроксимасляної кислоти та лимонної кислоти.

В одному варіанті здійснення карбонову кислоту вибирають з монокарбонових кислот з 2-6 атомами вуглецю. В одному варіанті здійснення монокарбонова кислота з 2-6 атомами вуглецю не містить гідроксильних груп. У цій групі прикладами придатних кислот є пропіонова кислота, акрилова кислота, масляна кислота та валеріанова кислота.

45 В іншому варіанті здійснення монокарбонова кислота містить щонайменше одну гідроксильну групу. У межах цієї групи в одному варіанті здійснення може бути переважним вибір кислоти з групи, яка включає молочну кислоту, гліколевую кислоту, 3-гідроксипропіоновокислоту, 2-, 3- та 4-гідроксимасляну кислоту. В іншому втіленні у цій групі може бути переважним вибір кислоти з групи, яка включає гліколевую кислоту, 3-гідроксипропіонову кислоту та 2-, 3- та 4-гідроксимасляну кислоту. У додатковому втіленні може бути переважним, якщо кислота є молочною кислотою.

55 В іншому варіанті здійснення карбоновою кислотою є полікарбонова кислота, переважно ди- або трикарбонова кислота, яка містить щонайменше 2, але не більше 6, атомів вуглецю (C₂₋₆ карбонова кислота). В одному варіанті здійснення полікарбонова кислота вибрана з групи, що складається з янтарної кислоти, лимонної кислоти, фумарової кислоти, ітаконової кислоти, адипінової кислоти, малеїнової кислоти, 2,5-фуранікарбонової кислоти, мигдальної кислоти, яблучної кислоти та винної кислоти. Переважно, полікарбонову кислоту вибирають з групи, що складається з янтарної кислоти, лимонної кислоти, фумарової кислоти, ітаконової кислоти, адипінової кислоти та 2,5-фуранікарбонової кислоти. Полікарбонова кислота, зокрема, може

бути вибрати з янтарної кислоти, фумарової кислоти, ітаконової кислоти та 2,5-фуранікарбонової кислоти.

На фіг.2 показаний варіант здійснення способу згідно з винаходом, що включає операцію ферментації, операцію підкислення та повторні цикли MgO та HCl . На фіг.2, операцію ферментації здійснюють в ферментаційному реакторі (101), який забезпечується джерелом вуглецю і, необов'язково, додатковими компонентами, такими як поживні речовини, по лініям, які не показані. На операції ферментації джерело вуглецю піддають ферментації з допомогою мікроорганізму в ферментаційному бульйоні для утворення карбонової кислоти та нейтралізації, щонайменше, частини карбонової кислоти, шляхом додавання магнієвої основи, таким чином одержуючи карбоксилат магнію. Магнієву основу додають по лінії (7). Магнієву основу отримують з MgO , що утворюється на операції термічного розкладання. MgO може бути забезпечений як такий, або після того, як він буде суспендований у водному розчині або перетворений у гідроксид магнію на операціях, що не показані.

Ферментаційний бульйон, який містить сіль карбоксилату магнію, передають на операцію (103) підкислення по лінії (102). Можуть виконуватися проміжні операції, такі як видалення або концентрування біомаси (не показані). На операції (103) підкислення карбоксилат магнію вводиться в контакт з HCl у водному середовищі для утворення водної суміші, що включає карбонову кислоту та хлорид магнію. HCl подають по лінії (10) і виводять з концентратора (2). HCl може подаватися у формі газового потоку, що містить HCl , який безпосередньо відведений від попереднього концентратора (2). HCl також може подаватися у формі водного розчину, отриманого шляхом поглинання газового потоку, що містить HCl , у водному середовищі (наприклад, воді). Це відбудеться на операції абсорбування (не показана).

Водна суміш, що включає карбонову кислоту та хлорид магнію, подається на операцію (105) сепарації по лінії (104). Операція сепарації може виконуватися, як описано вище. Операція (105) сепарації призводить до витoku, який містить карбонову кислоту та розчин хлориду магнію. Продукт карбонової кислоти виводять по лінії (106). Розчин хлориду магнію виводять по лінії (1) і обробляють далі, як було описано попередньо з посиланням на фіг.(1).

Фахівцю в цій галузі зрозуміло, що в способі згідно з винаходом переважні втілення різних операції можуть бути комбіновані, якщо вони не є взаємовиключними.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб обробки розчинів хлориду магнію, який полягає в:
подаванні водного розчину хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 10-30 мас. % на операцію концентрування, де воду випаровують, в результаті чого отримують концентрований розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 30-50 мас.%, та операцію концентрування виконують за одну або більше стадій, причому щонайменше одну з стадій виконують при підвищеному тиску,
виведенні концентрованого розчину хлориду магнію з операції концентрування і подачі його в реактор термогідролізу з утворенням MgO при температурі щонайменше 300 °C в реакторі,
виведенні MgO з реактора термогідролізу у твердій формі і виведенні газового потоку, що містить HCl , який має температуру щонайменше 300 °C, з реактора термогідролізу,
подаванні газового потоку, що містить HCl , який має температуру щонайменше 300 °C, на операцію охолодження, де газовий потік, що містить HCl , вводять в контакт з охолоджувальною рідиною,
виведенні газового потоку, що містить HCl , з температурою нижче 150 °C з операції охолодження,
циркулюванні охолоджувальної рідини по теплообміннику, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника до операції концентрування.

2. Спосіб за п. 1, в якому операцію концентрування виконують за одну або більше стадій, причому щонайменше одну з стадій виконують при тиску щонайменше 0,11 МПа (1,1 бара) та/або не більше 1 МПа (10 бар), переважно від 0,11 до 0,3 МПа (від 1,1 до 3 бар), зокрема 0,15-0,25 МПа (1,5-2,5 бара), конкретно 0,15-0,2 МПа (1,5-2 бари).

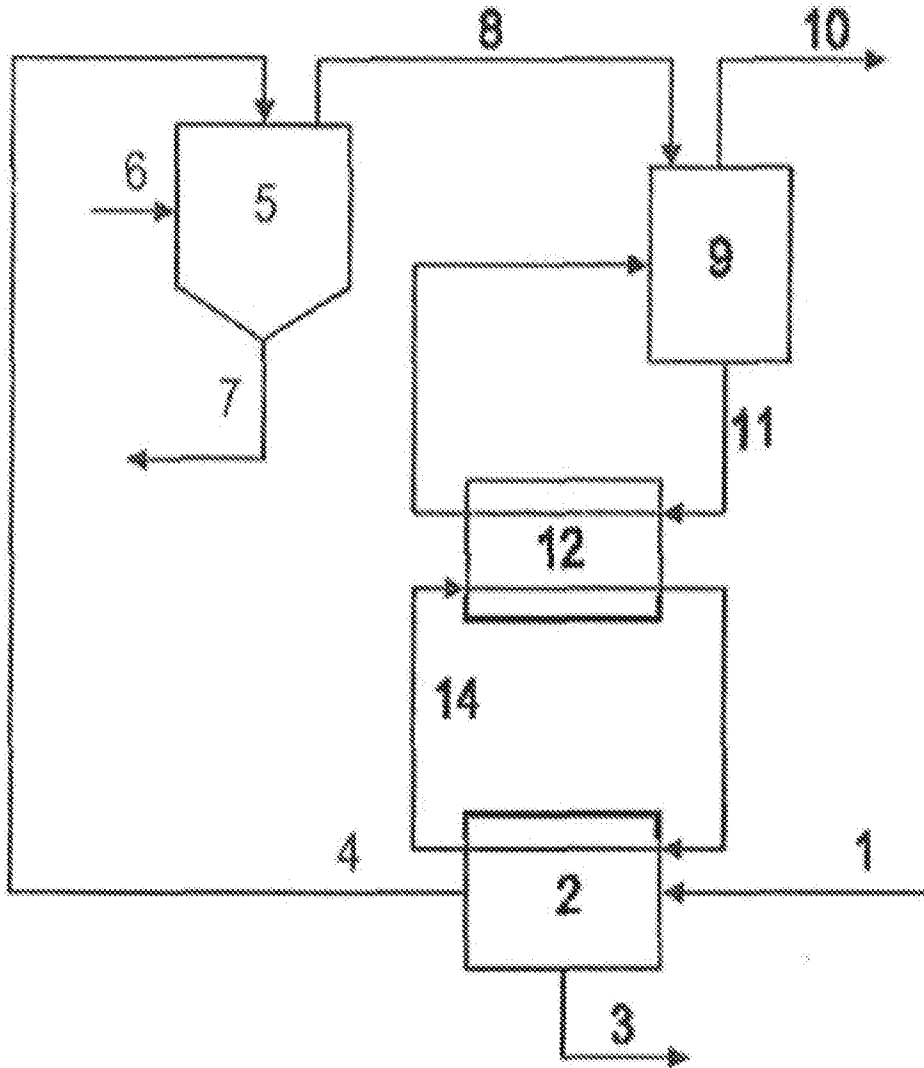
3. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому операцію концентрування виконують у декілька стадій.

4. Спосіб за п. 3, в якому пар виводять з першої стадії концентрування та подають як нагрівальну рідину до наступної стадії концентрування.

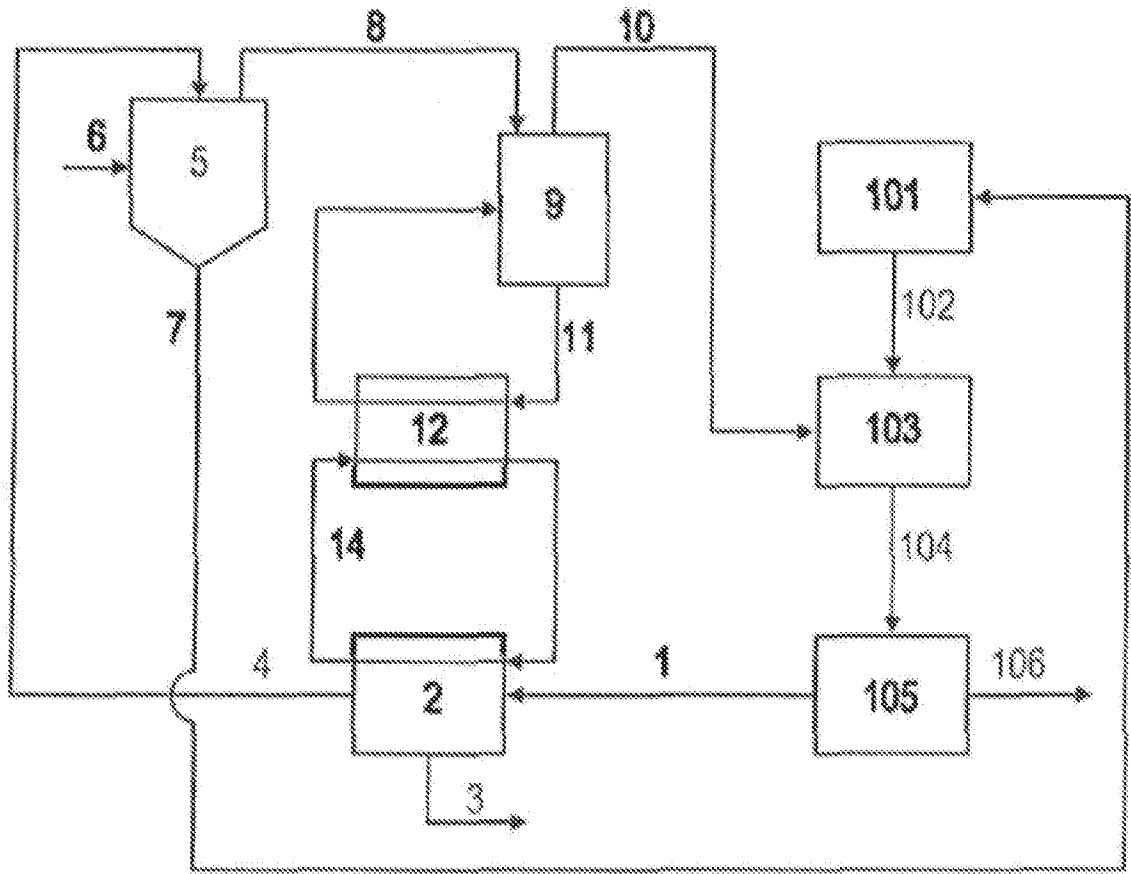
5. Спосіб за п. 3 або 4, в якому декілька стадій концентрування виконують в мультиефективному випарнику.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому парокompресійне випаровування використовують на операції концентрування або на одній або більше її стадіях.
7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому розчин хлориду магнію, що подають на операцію термічного розкладання, має концентрацію 30-48 мас. %, конкретно 35-48 мас. %, конкретніше щонайменше 40 мас. %, більш конкретно щонайменше 45 мас. %, і температуру 100-170 °С, конкретно щонайменше 120 °С, конкретно щонайменше 130 °С, конкретніше щонайменше 140 °С, конкретно щонайменше 145 °С.
8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому температура охолоджувальної рідини, яка виходить з операції охолодження і перед надходженням її в теплообмінник, складає 90-150 °С.
9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому температура охолоджувальної рідини при її виході з теплообмінника складає щонайменше на 2 °С, конкретно щонайменше на 5 °С, більш переважно щонайменше на 10 °С нижче температури охолоджувальної рідини, що входить в теплообмінник.
10. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому температура нагрівальної рідини при вході в теплообмінник складає 70-95 °С.
11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому температура нагрівальної рідини при її виході з теплообмінника становить щонайменше на 2 °С, конкретно щонайменше на 5 °С, більш переважно здійснення щонайменше на 10 °С вище температури нагрівальної рідини, що входить в теплообмінник.
12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому нагрівальна рідина проходить по випарювальній посудині, яка подає пар в концентратор.
13. Спосіб виробництва карбонової кислоти, який полягає в тому, що: джерело вуглецю піддають дії операції ферментації з утворенням карбонової кислоти, яка включає операції ферментації джерела вуглецю з допомогою мікроорганізму в ферментаційному бульйоні для утворення карбонової кислоти та нейтралізації щонайменше частини карбонової кислоти шляхом додавання магнієвої основи, вибраної з оксиду магнію та гідроксиду магнію, одержуючи таким чином карбоксилат магнію, карбоксилат магнію піддають дії операції підкислення, на якій карбоксилат магнію вводять в контакт з HCl у водному середовищі для утворення водної суміші, яка включає карбонову кислоту та хлорид магнію, піддають дії водну суміш, яка включає карбонову кислоту та хлорид магнію, операції сепарації для утворення вихідного потоку, який містить карбонову кислоту та водний розчин хлориду магнію, та піддають водний розчин хлориду магнію способу за п. 1, який включає такі етапи: постачають водний розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 10-30 мас. % на операцію концентрування, де воду випаровують, в результаті чого отримують концентрований розчин хлориду магнію з концентрацією хлориду магнію 30-50 мас. %, та операцію концентрування виконують за одну або більше стадій та щонайменше одну з стадій виконують при підвищеному тиску, видаляють концентрований розчин хлориду магнію з операції концентрування і подають його в реактор термогідролізу з утворенням MgO при температурі щонайменше 300 °С в реакторі, виводять MgO з реактора термогідролізу у твердій формі і виводять газовий потік, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °С, з реактора термогідролізу, подають газовий потік, що містить HCl, який має температуру щонайменше 300 °С, на операцію охолодження, де газовий потік, що містить HCl, вводять в контакт з охолоджувальною рідиною, виводять газовий потік, що містить HCl, з температурою нижче 150 °С з операції охолодження, забезпечують циркулювання охолоджувальної рідини по теплообміннику, де відбувається перенесення енергії від охолоджувальної рідини до нагрівальної рідини, яка циркулює від теплообмінника на операцію концентрування.
14. Спосіб за п. 13, який додатково полягає в: рециркуляції оксиду магнію, який виведений з реактора термогідролізу, щонайменше частково на операцію ферментації, та/або рециркуляції газового потоку, що містить HCl, отриманого з операції охолодження, щонайменше частково на операцію підкислення, причому переважно виконують обидві операції рециркуляції.
15. Спосіб за п. 14, в якому рециркуляція оксиду магнію, який виведений з реактора термогідролізу, включає перетворення оксиду магнію в гідроксид магнію.
16. Спосіб за будь-яким з пп. 13-15, в якому водну суміш, що включає карбонову кислоту та хлорид магнію, відокремлюють за допомогою фільтрування та/або центрифугування; з використанням декантації, відстоювання, центрифугування, пластинчастого сепаратора, коагулятора та/або гідроциклону; або за допомогою екстракції екстрагентом.

17. Спосіб за будь-яким з пп. 13-16, де карбонова кислота вибрана із групи, що складається з молочної кислоти, бурштинової кислоти, пропіонової кислоти, 3-гідроксипропіонової кислоти, 2-гідроксимасляної кислоти, 3-гідроксимасляної кислоти, 4-гідроксимасляної кислоти, лимонної кислоти, фумарової кислоти, ітаконової кислоти, адипінової кислоти, акрилової кислоти, левулінової кислоти, малеїнової кислоти, 2,5-дифурандикарбонової кислоти, яблучної кислоти та винної кислоти.
18. Спосіб за п. 17, в якому карбонова кислота є молочною кислотою.



Фіг. 1



Фіг. 2