

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392181** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.11.30

(51) Int. Cl. **B01D 53/62** (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.04.14

(54) **УСТРОЙСТВО ОХЛАЖДЕНИЯ И СПОСОБ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ
АММИАКА**

(31) **202210531132.1**

(32) **2022.05.16**

(33) **CN**

(86) **PCT/CN2023/088402**

(71) Заявитель:
**ЦЗЯННАНЬ ЭНВАЙРОНМЕНТАЛ
ТЕКНОЛОДЖИ ИНК (US)**

(72) Изобретатель:
**Луо Цзин, Чжан Цзюнь, Ван Цинъюн,
Ци Лифан (CN)**

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Предложены устройство и способ охлаждения для способа декарбонизации на основе аммиака. Устройство охлаждения может включать в себя функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой может использоваться первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$, функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой может использоваться вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$, и функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой может использоваться третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$, где $T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0}$, где $T_{\text{газ } 0}$ - начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; первый источник холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости, второй источник холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости и третий источник холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости, при этом три источника холода могут быть разными. В устройстве и способе настоящего изобретения используется циркулирующая вода, или закрытая градирня или воздухоохладитель, холодный технологический газ, охлажденная жидкость или холодильная установка для постадийного охлаждения, соответственно, для обеспечения полного использования низкоэнергетического холода и рециркуляции охлажденного технологического газ, что позволяет сэкономить инвестиционные затраты и снизить потребление энергии.

A1

202392181

202392181

A1

УСТРОЙСТВО ОХЛАЖДЕНИЯ И СПОСОБ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ АММИАКА

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится, в общем, к области техники защиты окружающей среды и, в частности, к устройству для предварительного охлаждения для постадийного охлаждения технологического газа перед декарбонизацией на основе аммиака и к способу декарбонизации на основе аммиака.

Уровень техники

В последние годы парниковый эффект постепенно стал одной из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкивается человечество. Углекислый газ (CO_2) является наиболее важным парниковым газом, и использование ископаемого топлива является основным источником его выбросов. По общему объему выбросов CO_2 Китай занимает первое место в мире, и ситуация, когда в энергетической структуре Китая доминирует уголь, сохранится в течение определенного периода времени, поэтому угольная энергетика по-прежнему будет основой нового регулирования энергетических пиков и энергетической безопасности. Китай пообещал миру, что пик выбросов углерода будет достигнут к 2030 году, а углеродная нейтральность к 2060 году. Улавливание, хранение и восстановление ресурсов CO_2 в выхлопных газах имеет большое значение для контроля и сокращения выбросов парниковых газов, а также для борьбы с парниковым эффектом и глобальным потеплением.

В настоящее время способ декарбонизации на основе органических аминов является наиболее широко используемой технологией улавливания углерода в мире. Однако у него есть такие недостатки, как высокие эксплуатационные расходы, большие выбросы трех отходов из системы и сложность очистки. Новые технологии декарбонизации также активно исследуются как внутри страны, так и за рубежом. По сравнению с способом декарбонизации на основе органических аминов, способ декарбонизации на основе аммиака имеет преимущества, заключающиеся в простоте регенерации, низких эксплуатационных расходах, и побочным продуктом декарбонизации является важное удобрение – бикарбонат аммония. Бикарбонат аммония является типичным комплексным удобрением, которое позволяет обеспечивать растения одновременно азотным удобрением и CO_2 . Он особенно подходит для современного сельского хозяйства с беспочвенной культурой и выращиванием тепличных растений. Он действительно реализует использование ресурсов CO_2 , обеспечивает углеродный цикл, а также позволяет избежать вторичного загрязнения и экологических катастроф с CO_2 ,

которые могут быть вызваны подземным хранением углерода. По сравнению с декарбонизацией с помощью органического амина, аммиак эффективно поглощает CO_2 , и полученный бикарбонат аммония легче регенерируется, что позволяет значительно снизить стоимость декарбонизации.

Технология декарбонизации на основе аммиака была в центре внимания исследований и представляет собой способ регулирования парниковых газов. Однако аммиак летуч, что приводит к увеличению выхода аммиака. Если не решить эту задачу, большое количество выделения аммиака не только увеличит стоимость декарбонизации, но и вызовет вторичное загрязнение. Для решения этой задачи можно использовать понижение температуры декарбонизации для уменьшения выхода аммиака.

В патенте CN 201210410873.0 раскрыта система многоярусной градирной системы, содержащей множество градирен, в которой вода на выходе предыдущей градирни используется в качестве воды на входе последующей градирни для выполнения многостадийного охлаждения. Это устройство выполняет охлаждение с использованием нескольких градирен с одним и тем же градиентом охлаждения для повышения эффективности охлаждения и использует один и тот же источник холода.

В патенте CN 200880122376.2 раскрыта многостадийная система удаления CO_2 и способ очистки потока дымовых газов, где используется абсорбционная камера для обеспечения контакта потока дымовых газов с ионным раствором, содержащим аммиак, при низкой температуре $0-20^\circ\text{C}$, при этом раствор на первой стадии абсорбции имеет более высокую температуру и меньшее отношение аммиака и углерода, чем раствор на третьей стадии абсорбции. Контролируя ионный раствор при низкой температуре и контролируя ионный раствор на третьей стадии при еще более низкой температуре, можно уменьшить выделение аммиака; однако в этом патенте не упоминается о том, как снизить температуру эффективным и энергосберегающим способом.

Было бы желательно разработать способ и устройство для многостадийного охлаждения для влажной декарбонизации на основе аммиака. Устройство должно поэтапно охлаждать десульфурованный газ в градирне с использованием различных источников холода, что позволит сэкономить инвестиционные затраты и снизить потребление энергии.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение позволяет решить вышеуказанные задачи посредством следующих технических решений.

В первом аспекте настоящее изобретение предусматривает устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака, содержащее:

функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$; функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$; функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$; первый источник холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости; второй источник холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости; и третий источник холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости; где $T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0}$, причем $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; и три источника холода являются разными.

Во втором аспекте настоящее изобретение предусматривает способ охлаждения технологического газа, причем способ содержит последовательное пропускание технологического газа через: функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$; функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$; и функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$; использование первого источника холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости, использование второго источника холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости и использование третьего источника холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости, где: $T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0}$, причем $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; и три источника холода являются разными.

Предпочтительно первым источником холода является охлаждающая вода из циркулирующей охлаждающей воды или закрытой градирни, и первая циркулирующая жидкость охлаждается первым теплообменником; или первым источником холода является воздух, и первая циркулирующая жидкость непосредственно охлаждается воздухоохладителем. Предпочтительно вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ, и вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости. Предпочтительно третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем предпочтительно

охлажденная жидкость получается с помощью холодильной установки; и третья циркулирующая жидкость охлаждается третьим теплообменником, или третья циркулирующая жидкость охлаждается непосредственно источником холода холодильной установки.

Устройство и способ настоящего изобретения используют циркулирующую охлаждающую воду, или закрытую градирню, или воздухоохладитель, холодный технологический газ, охлажденную жидкость в качестве источника холода, соответственно, охлаждают технологический газ путем распыления циркулирующей жидкости, чтобы в полной мере использовать низкоэнергетический холод и рециркулировать холод технологического газа, что позволяет сэкономить инвестиционные затраты и снизить потребление энергии. В дополнение к этому, устройство и способ, согласно настоящему изобретению, позволяют снизить температуру технологического газа до более низкого уровня, например, до 10-30°C, тем самым позволяя значительно снизить выбросы аммиака в последующем процессе декарбонизации.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показано устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака согласно примеру 1.

На фиг. 2 показано устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака согласно примеру 2.

На фиг. 3 показано устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака согласно сравнительному примеру.

На чертежах различные ссылочные позиции имеют следующие обозначения:

1 – технологический газ; 2 – градирня для декарбонизации; 2-1 – зона охлаждения на первой стадии (градирни); 2-2 – зона охлаждения на второй стадии (градирни); 2-3 – зона охлаждения на третьей стадии (градирни); 3-1 – циркуляционный насос (зоны охлаждения на первой стадии градирни); 3-2 – циркуляционный насос (зоны охлаждения на второй стадии градирни); 3-3 – циркуляционный насос (зоны охлаждения на третьей стадии градирни); 4-1 – теплообменник (зоны охлаждения на первой стадии градирни); 4-2 – теплообменник (зоны охлаждения на второй стадии градирни); 4-3 – теплообменник (зоны охлаждения на третьей стадии градирни); 4-4 – воздухоохладитель; 5-1 – циркулирующая охлаждающая вода; 5-2 – охлаждающая вода; 6 – трубопровод для вывода технологического газа (градирни); 7 – абсорбционная колонна для декарбонизации; 8 – циркуляционный насос (абсорбционной колонны для декарбонизации); 9 – трубопровод для вывода технологического газа (абсорбционной

колонны для декарбонизации); 10 – циркуляционный насос (зоны промывки водой системы регулирования выделения аммиака); 11 – выпуск технологического газа; и 12 – система регулирования выделения аммиака.

Подробное описание изобретения

В первом аспекте настоящее изобретение предусматривает устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака, содержащее: функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$; функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$; функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$; первый источник холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости; второй источник холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости; и третий источник холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости; где: $T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0}$, где $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; и три источника холода являются разными.

В одном варианте осуществления первым источником холода является охлаждающая вода из циркуляционной охлаждающей воды или закрытой градирни; и первая циркулирующая жидкость охлаждается первым теплообменником.

В одном варианте осуществления первым источником холода является воздух; и первая циркулирующая жидкость непосредственно охлаждается воздухоохладителем.

В одном варианте осуществления вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ; и вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости.

В одном варианте осуществления третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем предпочтительно охлажденная жидкость получается с помощью холодильной установки; и третья циркулирующая жидкость охлаждается третьим теплообменником, или третья циркулирующая жидкость охлаждается непосредственно источником холода холодильной установки.

Первый теплообменник и третий теплообменник представляют собой теплообменники жидкость-жидкость, предпочтительно пластинчатые теплообменники. Второй теплообменник представляет собой газожидкостный теплообменник,

предпочтительно кожухотрубный теплообменник.

В одном варианте осуществления между функциональными зонами охлаждения предусмотрены устройства или компоненты, которые пропускают только газ.

В одном варианте осуществления в каждой функциональной зоне охлаждения предусмотрен по меньшей мере один слой распределителя жидкости.

Распределитель жидкости может быть лотковым распределителем или распылительным распределителем.

В одном варианте осуществления три функциональные зоны могут быть объединены в одну колонну или могут присутствовать в виде множества колонн.

Когда три функциональные зоны объединены в одну колонну, то есть градирню, охлаждающее устройство, согласно настоящему изобретению, включает в себя градирню и источники холода. Градирня включает в себя, снизу вверх, функциональную зону охлаждения на первой стадии, функциональную зону охлаждения на второй стадии и функциональную зону охлаждения на третьей стадии, при этом каждая из функциональных зон охлаждения и каждый из источников холода могут размещаться таким образом, как это описано в данном документе.

В одном варианте осуществления $T_{\text{газ } 0}$ находится в диапазоне 40-80°C; и/или $T_{\text{газ } 1}$ находится в диапазоне 35-48°C; и/или $T_{\text{газ } 2}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или $T_{\text{газ } 3}$ находится в диапазоне 10-30°C.

В одном варианте осуществления температура, при которой первая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 1}$; и температура, при которой первая циркулирующая жидкость выходит из колонны, равна $T_{\text{жидкость } 1'}$, где $T_{\text{жидкость } 1} < T_{\text{жидкость } 1'}$ и $T_{\text{газ } 0} - T_{\text{жидкость } 1'} = \Delta T_1$; температура, при которой вторая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 2}$; и температура, при которой вторая циркулирующая жидкость выходит из колонны, равна $T_{\text{жидкость } 2'}$, где $T_{\text{жидкость } 2} < T_{\text{жидкость } 2'}$ и $T_{\text{газ } 1} - T_{\text{жидкость } 2'} = \Delta T_2$; и температура, при которой третья циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 3}$; и температура, при которой третья циркулирующая жидкость выходит из колонны, равна $T_{\text{жидкость } 3'}$, где $T_{\text{жидкость } 3} < T_{\text{жидкость } 3'}$ и $T_{\text{газ } 2} - T_{\text{жидкость } 3'} = \Delta T_3$; где каждая разность температур ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 независимо от других составляет $\geq 1^\circ\text{C}$, предпочтительно 2-15°C и более предпочтительно 2-5°C.

В одном варианте осуществления $T_{\text{жидкость } 1}$ находится в диапазоне 10-40°C, и $T_{\text{жидкость } 1'}$ находится в диапазоне 15-50°C; и/или $T_{\text{жидкость } 2}$ находится в диапазоне 15-36°C, и $T_{\text{жидкость } 2'}$ находится в диапазоне 20-45°C; и/или $T_{\text{жидкость } 3}$ находится в диапазоне 0-25°C, и $T_{\text{жидкость } 3'}$ находится в диапазоне 10-40°C.

В одном варианте осуществления температура первого источника холода равна $T_{\text{источник 1}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 1}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 1}} < T_{\text{источник 1}'}$; температура второго источника холода равна $T_{\text{источник 2}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 2}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 2}} < T_{\text{источник 2}'}$; и температура третьего источника холода равна $T_{\text{источник 3}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 3}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 3}} < T_{\text{источник 3}'}$.

В одном варианте осуществления $T_{\text{источник 1}}$ находится в диапазоне 5-35°C, и $T_{\text{источник 1}'}$ находится в диапазоне 10-45°C; и/или $T_{\text{источник 2}}$ находится в диапазоне 10-30°C, и $T_{\text{источник 2}'}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или $T_{\text{источник 3}}$ находится в диапазоне от -17 до 10°C, и $T_{\text{источник 3}'}$ находится в диапазоне 0-30°C.

В одном варианте осуществления устройство охлаждения является частью системы десульфурации и декарбонизации на основе аммиака; устройство охлаждения соединено с устройством для десульфурации, расположенном перед устройством охлаждения; устройство охлаждения соединено с устройством для декарбонизации, расположенным после устройства охлаждения; и технологический газ поступает из устройства для десульфурации поступает в устройство для декарбонизации после охлаждения устройством охлаждения.

Предпочтительно технологический газ представляет собой десульфурованный технологический газ из устройства для десульфурации. Технологический газ имеет температуру 40-80°C, предпочтительно температуру 40-60°C. В процессе десульфурации из технологического газа была удалена большая часть SO_2 , так что десульфурованный технологический газ в основном содержит CO_2 и небольшое количество H_2O .

Во втором аспекте настоящее изобретение предусматривает способ охлаждения технологического газа, причем способ содержит последовательное пропускание технологического газа через функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ 1}}$; функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ 2}}$; и функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ 3}}$; использование первого источника холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости, использование второго источника холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости и использование третьего источника холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости, где: $T_{\text{газ 3}} < T_{\text{газ 2}} < T_{\text{газ 1}} < T_{\text{газ 0}}$, и $T_{\text{газ 0}}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; и три источника холода являются разными.

В одном варианте осуществления первым источником холода является охлаждающая вода из циркулирующей охлаждающей воды или закрытой градирни; и первая циркулирующая жидкость охлаждается первым теплообменником.

В одном варианте осуществления первым источником холода является воздух; и первая циркулирующая жидкость непосредственно охлаждается воздухоохладителем.

В одном варианте осуществления вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ; и вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости.

В одном варианте осуществления третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем предпочтительно охлажденная жидкость получается с помощью холодильной установки; и третья циркулирующая жидкость охлаждается третьим теплообменником, или третья циркулирующая жидкость охлаждается непосредственно источником холода холодильной установки.

В одном варианте осуществления $T_{\text{газ } 0}$ находится в диапазоне 40-80°C; и/или $T_{\text{газ } 1}$ находится в диапазоне 35-48°C; и/или $T_{\text{газ } 2}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или $T_{\text{газ } 3}$ находится в диапазоне 10-30°C.

В одном варианте осуществления температура, при которой первая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 1}$; и температура, при которой первая циркулирующая жидкость выходит из колонны, равна $T_{\text{жидкость } 1'}$, где $T_{\text{жидкость } 1} < T_{\text{жидкость } 1'}$ и $T_{\text{газ } 0} - T_{\text{жидкость } 1'} = \Delta T_1$; температура, при которой вторая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 2}$; и температура, при которой вторая циркулирующая жидкость выходит из колонны, равна $T_{\text{жидкость } 2'}$, где $T_{\text{жидкость } 2} < T_{\text{жидкость } 2'}$ и $T_{\text{газ } 1} - T_{\text{жидкость } 2'} = \Delta T_2$; и температура, при которой третья циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 3}$; и температура, при которой третья циркулирующая жидкость выходит из колонны, равна $T_{\text{жидкость } 3'}$, где $T_{\text{жидкость } 3} < T_{\text{жидкость } 3'}$ и $T_{\text{газ } 2} - T_{\text{жидкость } 3'} = \Delta T_3$; где каждая разность температур ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 независимо от других составляет $\geq 1^\circ\text{C}$, предпочтительно 2-15°C и более предпочтительно 2-5°C.

В одном варианте осуществления $T_{\text{жидкость } 1}$ находится в диапазоне 10-40°C, и $T_{\text{жидкость } 1'}$ находится в диапазоне 15-50°C; и/или $T_{\text{жидкость } 2}$ находится в диапазоне 15-36°C, и $T_{\text{жидкость } 2'}$ находится в диапазоне 20-45°C; и/или $T_{\text{жидкость } 3}$ находится в диапазоне 0-25°C, и $T_{\text{жидкость } 3'}$ находится в диапазоне 10-40°C.

В одном варианте осуществления температура первого источника холода равна

$T_{\text{источник 1}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 1}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 1}} < T_{\text{источник 1}'}$; температура второго источника холода равна $T_{\text{источник 2}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 2}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 2}} < T_{\text{источник 2}'}$; и температура третьего источника холода равна $T_{\text{источник 3}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 3}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 3}} < T_{\text{источник 3}'}$.

В одном варианте осуществления $T_{\text{источник 1}}$ находится в диапазоне 5-35°C, и $T_{\text{источник 1}'}$ находится в диапазоне 10-45°C; и/или $T_{\text{источник 2}}$ находится в диапазоне 10-30°C, и $T_{\text{источник 2}'}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или $T_{\text{источник 3}}$ находится в диапазоне от -17 до 10°C, и $T_{\text{источник 3}'}$ находится в диапазоне 0-30°C.

В одном варианте осуществления способ является частью способа десульфурации и декарбонизации на основе аммиака. Перед способом охлаждения осуществляют процесс десульфурации. После способа охлаждения осуществляют процесс декарбонизации. Технологический газ, после процесса десульфурации поступает в процесс охлаждения и затем поступает в процесс декарбонизации.

В устройстве и способе настоящего изобретения циркулирующей жидкостью может быть вода. Во время циркуляции компоненты, увлекаемые технологическим газом, могут попадать в циркулирующую жидкость, так что циркулирующая жидкость может включать в себя компоненты, такие как сульфат аммония.

В одном варианте содержание сульфата аммония в охлаждающей циркулирующей жидкости находится в диапазоне 0-5 мас.%, и это содержание на первой стадии больше, чем на второй стадии, и на второй стадии больше, чем на третьей стадии.

Предпочтительно способ охлаждения технологического газа, согласно настоящему изобретению, осуществляют в устройстве охлаждения, которое описано в данном документе. Предпочтительно устройство охлаждения, согласно настоящему изобретению, является устройством, используемым для выполнения способа охлаждения технологического газа, описанного в данном документе. Различные признаки, описанные в данном документе для устройства охлаждения, также применимы к способу охлаждения и наоборот.

Конкретный вариант осуществления изобретения

Следующие примеры представлены для иллюстрации настоящего изобретения без ограничения его объема.

В примере 1 представлено устройство охлаждения согласно настоящему изобретению, показанное на фиг. 1. В примере 2 представлено устройство охлаждения согласно настоящему изобретению, показанное на фиг. 2. Сравнительный пример показан на фиг. 3. Разница между фиг. 1 и фиг. 2 состоит главным образом в источнике холода и режиме охлаждения. На фиг. 1 показано охлаждение на первой стадии и охлаждение на

второй стадии, соответственно: циркулирующая охлаждающая вода 5-1 охлаждает циркулирующую жидкость с использованием теплообменника 4-1, и холодный технологический газ 9 охлаждает циркулирующую жидкость с использованием теплообменника 4-2. На фиг. 2 показано охлаждение на первой стадии и охлаждение на второй стадии, соответственно: циркулирующая жидкость охлаждается воздухоохладителем 4-4, и циркулирующая жидкость охлаждается за счет распылительного контакта с холодным технологическим газом 9. Как показано на фиг. 3, градирня охлаждает циркулирующую жидкость только охлажденной водой 5-2 с использованием теплообменника 4-3.

Пример 1

Как показано на фиг. 1, технологический газ 1 ($893837 \text{ Нм}^3/\text{ч}$, 50°C) десульфурованный с помощью способа, в основе которого лежит использование аммиака, поступал в зону 2-1 охлаждения на первой стадии градирни 2 для декарбонизации. Циркулирующая жидкость перекачивалась циркуляционным насосом 3-1 зоны охлаждения на первой стадии в градирню для распыления и контактирования с технологическим газом для охлаждения технологического газа до 42°C . Трубопровод циркулирующей жидкости был снабжен теплообменником 4-1, и циркулирующая жидкость охлаждалась циркулирующей охлаждающей водой 5-1. Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 38°C , и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 48°C . Температура, при которой циркулирующая охлаждающая вода поступала в теплообменник, составляла 30°C , и температура, при которой циркулирующая охлаждающая вода выходила из теплообменника, составляла 40°C .

Технологический газ после охлаждения на первой стадии поступал в зону 2-2 охлаждения второй стадии с использованием жидкостного коллектора. Технологический газ охлаждали до 39°C путем распыления. Циркулирующая жидкость доходила до газового теплообменника 4-2 для теплообмена с декарбонизированным технологическим газом для снижения температуры, и затем возвращалась в зону 2-2 охлаждения на второй стадии для охлаждения технологического газа.

Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 30°C , и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 40°C . Температура декарбонизированного технологического газа увеличилась с 20°C до 31°C .

Затем технологический газ после охлаждения на второй стадии поступал в зону 2-3 охлаждения на третьей стадии с использованием жидкостного коллектора.

Циркулирующая жидкость охлаждалась охлажденной водой 5-2 с использованием теплообменника 4-3 и поступала в градирню для распыления с целью охлаждения технологического газа до 25°C. Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 20°C, и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 37°C. Температура, при которой охлажденная вода поступала в теплообменник 4-3, составляла 7°C, и температура, при которой охлажденная вода выходила из теплообменника 4-3, составляла 17°C.

После охлаждения в градирне технологический газ выводился через дымоход 6 в колонну 7 для декарбонизации, и циркулирующая жидкость контактировала с технологическим газом с использованием циркуляционного насоса 8 для поглощения диоксида углерода. Декарбонизированный технологический газ поступал в систему 12 регулирования выделения аммиака через дымоход 9, и дымоход 9 был снабжен газовым теплообменником 4-2. Циркулирующая жидкость в системе регулирования выделения аммиака перекачивалась циркуляционным насосом 10 и контактировала с технологическим газом для поглощения свободного аммиака, и технологический газ 11 после удаления аммиака выпускался через выпускное отверстие для выпуска технологического газа.

Расход циркулирующей охлаждающей воды составил 1890 т/час, и расход охлажденной воды составил 1894 т/час.

Основные технологические параметры процесса охлаждения, используемые в примере 1, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технологические параметры процесса охлаждения в примере 1

Пример 1	Начальная температура технологического газа (°C)	Достигнутая температура технологического газа (°C)	Температура, при которой циркулирующая жидкость поступает в градирню (°C)	Температура, при которой циркулирующая жидкость выходит из градирни (°C)	Температура источника холода перед теплообменником (°C)	Температура источника холода после теплообмена (°C)
Первая стадия	50	42	38	48	30	40
Вторая стадия	42	39	30	40	20	31
Третья стадия	39	25	20	37	7	17

Пример 2

Как показано на фиг. 2, технологический газ 1 (893837 Нм³/ч, 50°C) десульфурованный с помощью способа, в основе которого лежит использование аммиака, поступал в зону 2-1 охлаждения на первой стадии градирни 2 для декарбонизации. Циркулирующая жидкость перекачивалась циркуляционным насосом 3-1 зоны

охлаждения на первой стадии в градирню для распыления и контактирования с технологическим газом для охлаждения технологического газа до 42°C. Трубопровод циркулирующей жидкости был снабжен воздухоохладителем 4-4, причем циркулирующая жидкость непосредственно охлаждалась воздухоохладителем 4-4. Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 38°C, и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 48°C.

Технологический газ после охлаждения на первой стадии достигал зоны 2-2 охлаждения на второй стадии с использованием жидкостного коллектора. Технологический газ охлаждался до 32°C путем распыления, и циркулирующая жидкость попадала в систему регулирования выделения аммиака 12 для теплообмена путем распыления декарбонизированного технологического газа для снижения температуры и затем возвращалась в зону 2-2 охлаждения на второй стадии для охлаждения технологического газа. Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 25°C, и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 40°C. Температура технологического газа для декарбонизации увеличилась с 20°C до 35°C.

Затем технологический газ после охлаждения на второй стадии поступал в зону 2-3 охлаждения на третьей стадии с использованием жидкостного коллектора, циркулирующая жидкость охлаждалась охлажденной водой 5-2 с использованием теплообменника 4-3, и поступил в градирню для распыления с целью охлаждения технологического газа до 25°C. Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 20°C, и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 30°C. Температура, при которой охлажденная вода поступала в теплообменник 4-3, составляла 7°C, и температура, при которой охлажденная вода выходила из теплообменника 4-3 составляла 17°C.

После охлаждения в градирне технологический газ выводился через дымоход 6 в колонну 7 для декарбонизации, и циркулирующая жидкость контактировала с технологическим газом с использованием циркуляционного насоса 8 для поглощения диоксида углерода. Декарбонизированный технологический газ поступал в систему регулирования выделения аммиака 12 через дымоход 9.

Циркулирующая жидкость в системе регулирования выделения аммиака перекачивалась циркуляционным насосом 10 и контактировала с технологическим газом для поглощения свободного аммиака, и технологический газ 11 после удаления аммиака выпускался через выпускное отверстие для выпуска технологического газа.

Расход охлажденной воды составил 818 т/час.

Основные технологические параметры процесса охлаждения, используемые в примере 2, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Основные технологические параметры процесса охлаждения в примере 2

Пример 2	Начальная температура технологического газа (°C)	Достигнутая температура технологического газа (°C)	Температура, при которой циркулирующая жидкость поступает в градирню (°C)	Температура, при которой циркулирующая жидкость выходит из градирни (°C)	Температура источника холода перед теплообменом (°C)	Температура источника холода после теплообмена (°C)
Начальная стадия	50	42	38	48		
Вторая стадия	42	32	25	40	20	35
Третья стадия	32	25	20	30	7	17

Сравнительный пример

Как показано на фиг. 3, технологический газ 1 (893837 Нм³/ч, 50°C) десульфурованный с помощью способа, в основе которого лежит использование аммиака, поступал в градирню 2 для декарбонизации. Циркулирующая жидкость охлаждалась охлажденной водой 5-2 с использованием теплообменника 4-3 и поступала в градирню для распыления с целью охлаждения технологического газа до 25°C. Температура, при которой циркулирующая жидкость поступала в градирню, составляла 20°C, и температура, при которой циркулирующая жидкость выходила из градирни, составляла 48°C. Температура, при которой охлажденная вода поступает в теплообменник 4-3, составляла 7°C, и температура, при которой охлажденная вода выходила из теплообменника, составляла 4-3 - 17°C.

Расход охлажденной воды составил 4267 т/час.

Основные технологические параметры процесса охлаждения в сравнительном примере представлены в таблице 3.

Таблица 3. Основные технологические параметры процесса охлаждения в сравнительном примере

Сравнительный пример	Начальная температура технологического газа (°C)	Достигнутая температура технологического газа (°C)	Температура, при которой циркулирующая жидкость поступает в градирню (°C)	Температура, при которой циркулирующая жидкость выходит из градирни (°C)	Температура источника холода до теплообмена (°C)	Температура источника холода после теплообмена (°C)
Начальная стадия	50	25	20	48	7	17

Настоящее изобретение дополнительно относится к следующим вариантам

осуществления:

1. Устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака, содержащее:

функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$;

функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$;

функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$;

первый источник холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости;

второй источник холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости; и

третий источник холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости;

причем

$$T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0};$$

где $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; предпочтительно $T_{\text{газ } 0}$ находится в диапазоне 40-80°C; и/или $T_{\text{газ } 1}$ находится в диапазоне 35-48°C; и/или $T_{\text{газ } 2}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или $T_{\text{газ } 3}$ находится в диапазоне 10-30°C; и

три источника холода являются разными.

2. Устройство для предварительного охлаждения согласно варианту 1 осуществления, в котором:

первым источником холода является охлаждающая вода из циркулирующей охлаждающей воды или закрытой градирни, и первая циркулирующая жидкость охлаждается первым теплообменником, или первым источником холода является воздух, и первая циркулирующая жидкость охлаждается непосредственно воздухоохладителем; и/или

вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ, и вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости; и/или

третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем

предпочтительно охлажденная жидкость получается с помощью холодильной установки, и третья циркулирующая жидкость охлаждается третьим теплообменником, или третья циркулирующая жидкость непосредственно охлаждается источником холода холодильной установки.

3. Устройство для предварительного охлаждения согласно варианту 1 или 2 осуществления, в котором:

между функциональными зонами охлаждения предусмотрены устройства или компоненты, которые пропускают только газ; и/или

в каждой функциональной зоне охлаждения предусмотрен по меньшей мере один слой распределителя жидкости, который может быть лотковым распределителем или распылительным распределителем; и/или

три функциональные зоны могут быть объединены в одну градирню или могут присутствовать в виде множества градирен; и/или

устройство охлаждения является частью системы десульфурации и декарбонизации на основе аммиака, причем устройство охлаждения соединено с устройством десульфурации, расположенным перед устройством охлаждения, и устройство охлаждения соединено с устройством для декарбонизации, расположенным после устройства охлаждения, и технологический газ поступает из устройства для десульфурации в устройство для декарбонизации после охлаждения устройством охлаждения.

4. Устройство для предварительного охлаждения согласно любому из вариантов 1-3 осуществления, в котором:

температура, при которой первая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 1}$, и температура, при которой первая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 1'}$, где $T_{\text{жидкость } 1} < T_{\text{жидкость } 1'}$ и $T_{\text{газ } 0} - T_{\text{жидкость } 1'} = \Delta T_1$; предпочтительно $T_{\text{жидкость } 1}$ находится в диапазоне 10-40°C, и $T_{\text{жидкость } 1'}$ находится в диапазоне 15-50°C;

температура, при которой вторая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 2}$, и температура, при которой вторая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 2'}$, где $T_{\text{жидкость } 2} < T_{\text{жидкость } 2'}$, и $T_{\text{газ } 1} - T_{\text{жидкость } 2'} = \Delta T_2$; предпочтительно $T_{\text{жидкость } 2}$ находится в диапазоне 15-36°C, и $T_{\text{жидкость } 2'}$ находится в диапазоне 20-45°C; и

температура, при которой третья циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 3}$, и температура, при которой третья циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 3'}$, где $T_{\text{жидкость } 3} < T_{\text{жидкость } 3'}$, и $T_{\text{газ } 2} - T_{\text{жидкость } 3'} = \Delta T_3$;

предпочтительно $T_{\text{жидкость } 3}$ находится в диапазоне 0-25°C, и $T_{\text{жидкость } 3'}$ находится в диапазоне 10-40°C;

где каждая разность температур ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 независимо от других составляет $\geq 1^\circ\text{C}$, предпочтительно 2-15°C и более предпочтительно 2-5°C.

5. Устройство для предварительного охлаждения согласно любому из вариантов 1-4 осуществления, в котором:

температура первого источника холода равна $T_{\text{источник } 1}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 1'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 1} < T_{\text{источник } 1'}$; предпочтительно $T_{\text{источник } 1}$ находится в диапазоне 5-35°C, и $T_{\text{источник } 1'}$ находится в диапазоне 10-45°C;

температура второго источника холода равна $T_{\text{источник } 2}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 2'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 2} < T_{\text{источник } 2'}$; предпочтительно $T_{\text{источник } 2}$ находится в диапазоне 10-30°C, и $T_{\text{источник } 2'}$ находится в диапазоне 15-40°C; и

температура третьего источника холода равна $T_{\text{источник } 3}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 3'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 3} < T_{\text{источник } 3'}$; предпочтительно $T_{\text{источник } 3}$ находится в диапазоне от -17 до 10°C, и $T_{\text{источник } 3'}$ находится в диапазоне 0-30°C.

6. Способ охлаждения технологического газа, содержащий последовательное пропускание технологического газа через:

функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$;

функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$; и

функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$;

использование первого источника холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости,

использование второго источника холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости, и

использование третьего источника холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости,

причем

$$T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0};$$

где $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в

функциональную зону охлаждения на первой стадии; предпочтительно $T_{\text{газ } 0}$ находится в диапазоне 40-80°C; и/или $T_{\text{газ } 1}$ находится в диапазоне 35-48°C; и/или $T_{\text{газ } 2}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или $T_{\text{газ } 3}$ находится в диапазоне 10-30°C; и

три источника холода являются разными.

7. Способ согласно варианту 6 осуществления, в котором:

первым источником холода является охлаждающая вода из циркулирующей охлаждающей воды или закрытой градирни, и первая циркулирующая жидкость охлаждается первым теплообменником, или первым источником холода является воздух, и первая циркулирующая жидкость охлаждается непосредственно воздухоохладителем; и/или

вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ, и вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости; и/или

третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем предпочтительно охлажденная жидкость получается с помощью холодильной установки, и третья циркулирующая жидкость охлаждается третьим теплообменником, или третья циркулирующая жидкость непосредственно охлаждается источником холода холодильной установки.

8. Способ согласно варианту 6 или 7 осуществления, в котором:

температура, при которой первая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 1}$, и температура, при которой первая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 1'}$, где $T_{\text{жидкость } 1} < T_{\text{жидкость } 1'}$, и $T_{\text{газ } 0} - T_{\text{жидкость } 1'} = \Delta T_1$; предпочтительно $T_{\text{жидкость } 1}$ находится в диапазоне 10-40°C, и $T_{\text{жидкость } 1'}$ находится в диапазоне 15-50°C;

температура, при которой вторая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 2}$, и температура, при которой вторая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 2'}$, где $T_{\text{жидкость } 2} < T_{\text{жидкость } 2'}$, и $T_{\text{газ } 1} - T_{\text{жидкость } 2'} = \Delta T_2$; предпочтительно $T_{\text{жидкость } 2}$ находится в диапазоне 15-36°C, и $T_{\text{жидкость } 2'}$ находится в диапазоне 20-45°C; и

температура, при которой третья циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 3}$, и температура, при которой третья циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 3'}$, где $T_{\text{жидкость } 3} < T_{\text{жидкость } 3'}$, и $T_{\text{газ } 2} - T_{\text{жидкость } 3'} = \Delta T_3$; предпочтительно $T_{\text{жидкость } 3}$ находится в диапазоне 0-25°C, и $T_{\text{жидкость } 3'}$ находится в

диапазоне 10-40°C;

где каждая разность температур из ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 независимо от других составляет $\geq 1^\circ\text{C}$, предпочтительно 2-15°C и более предпочтительно 2-5°C.

9. Способ согласно любому из вариантов 6-8 осуществления, в котором:

температура первого источника холода равна $T_{\text{источник 1}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 1}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 1}} < T_{\text{источник 1}'}$; предпочтительно $T_{\text{источник 1}}$ находится в диапазоне 5-35°C, и $T_{\text{источник 1}'}$ находится в диапазоне 10-45°C;

температура второго источника холода равна $T_{\text{источник 2}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 2}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 2}} < T_{\text{источник 2}'}$; предпочтительно $T_{\text{источник 2}}$ находится в диапазоне 10-30°C, и $T_{\text{источник 2}'}$ находится в диапазоне 15-40°C; и

температура третьего источника холода равна $T_{\text{источник 3}}$ до теплообмена и $T_{\text{источник 3}'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник 3}} < T_{\text{источник 3}'}$; предпочтительно $T_{\text{источник 3}}$ находится в диапазоне от -17 до 10°C, и $T_{\text{источник 3}'}$ находится в диапазоне 0-30°C.

10. Способ согласно любому из вариантов 6-9 осуществления, в котором:

способ охлаждения является частью способа десульфурации и декарбонизации на основе аммиака, причем процесс десульфурации осуществляют перед способом охлаждения, и процесс декарбонизации осуществляют после способа охлаждения, и технологический газ поступает из процесса десульфурации в процесс декарбонизации после охлаждения способом охлаждения; и/или

где содержание сульфата аммония в охлаждающей циркулирующей жидкости находится в диапазоне 0-5 мас.%; и на первой стадии оно больше, чем на второй стадии, и на второй стадии больше, чем на третьей стадии.

Хотя выше были описаны конкретные варианты осуществления настоящего изобретения, специалистам в данной области техники должно быть понятно, что это всего лишь иллюстрации, и что объем настоящего изобретения ограничивается прилагаемой формулой изобретения. Специалисты в данной области техники могут внести в эти варианты осуществления различные изменения и модификации, не отступая от принципа и сущности настоящего изобретения, и все эти изменения и модификации попадают в объем настоящего изобретения. Более того, специалистам в данной области техники должно быть понятно, что признаки, описанные в данном документе в отношении одного или нескольких вариантов осуществления, могут быть объединены с другими вариантами осуществления при условии, что такие комбинации не противоречат задачам настоящего изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для предварительного охлаждения перед декарбонизацией на основе аммиака, содержащее:

функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$;

функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$;

функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$;

первый источник холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости;

второй источник холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости; и

третий источник холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости;

причем

$$T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0};$$

где $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; и

три источника холода являются разными.

2. Устройство для предварительного охлаждения по п. 1, в котором

первым источником холода является охлаждающая вода из циркулирующей охлаждающей воды или закрытой градирни; и

первая циркулирующая жидкость охлаждается первым теплообменником.

3. Устройство для предварительного охлаждения по п. 1, в котором

первым источником холода является воздух; и

первая циркулирующая жидкость непосредственно охлаждается воздухоохладителем.

4. Устройство для предварительного охлаждения по п. 1, в котором

вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ; и

вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторая циркулирующая жидкость охлаждается путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости.

5. Устройство для предварительного охлаждения по п. 1, в котором третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем предпочтительно охлажденная жидкость получена с помощью холодильной установки; и третья циркулирующая жидкость охлаждается третьим теплообменником, или третья циркулирующая жидкость охлаждается непосредственно источником холода холодильной установки.

6. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-5, в котором между функциональными зонами охлаждения предусмотрены устройства или компоненты, которые пропускают только газ.

7. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-6, в котором в каждой функциональной зоне охлаждения предусмотрен по меньшей мере один слой распределителя жидкости;

распределитель жидкости может быть лотковым распределителем или распылительным распределителем.

8. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-7, в котором три функциональные зоны могут быть объединены в одну градирню или могут присутствовать в виде множества градирен.

9. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-8, в котором

$T_{\text{газ } 0}$ находится в диапазоне 40-80°C; и/или

$T_{\text{газ } 1}$ находится в диапазоне 35-48°C; и/или

$T_{\text{газ } 2}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или

$T_{\text{газ } 3}$ находится в диапазоне 10-30°C.

10. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-9, в котором температура, при которой первая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 1}$; и

температура, при которой первая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 1'}$, где $T_{\text{жидкость } 1} < T_{\text{жидкость } 1'}$ и $T_{\text{газ } 0} - T_{\text{жидкость } 1'} = \Delta T_1$;

температура, при которой вторая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 2}$; и

температура, при которой вторая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 2'}$, где $T_{\text{жидкость } 2} < T_{\text{жидкость } 2'}$ и $T_{\text{газ } 1} - T_{\text{жидкость } 2'} = \Delta T_2$; и

температура, при которой третья циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 3}$; и

температура, при которой третья циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 3'}$, где $T_{\text{жидкость } 3} < T_{\text{жидкость } 3'}$ и $T_{\text{газ } 2} - T_{\text{жидкость } 3'} = \Delta T_3$;

где каждая разность температур ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 независимо от других составляет $\geq 1^\circ\text{C}$, предпочтительно $2-15^\circ\text{C}$ и более предпочтительно $2-5^\circ\text{C}$.

11. Устройство для предварительного охлаждения по п. 10, в котором:

$T_{\text{жидкость } 1}$ находится в диапазоне $10-40^\circ\text{C}$, и $T_{\text{жидкость } 1'}$ находится в диапазоне $15-50^\circ\text{C}$; и/или

$T_{\text{жидкость } 2}$ находится в диапазоне $15-36^\circ\text{C}$, и $T_{\text{жидкость } 2'}$ находится в диапазоне $20-45^\circ\text{C}$; и/или

$T_{\text{жидкость } 3}$ находится в диапазоне $0-25^\circ\text{C}$, и $T_{\text{жидкость } 3'}$ находится в диапазоне $10-40^\circ\text{C}$.

12. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-11, в котором:

температура первого источника холода равна $T_{\text{источник } 1}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 1'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 1} < T_{\text{источник } 1'}$;

температура второго источника холода равна $T_{\text{источник } 2}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 2'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 2} < T_{\text{источник } 2'}$; и

температура третьего источника холода равна $T_{\text{источник } 3}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 3'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 3} < T_{\text{источник } 3'}$.

13. Устройство для предварительного охлаждения по п. 12, в котором

$T_{\text{источник } 1}$ находится в диапазоне $5-35^\circ\text{C}$, и $T_{\text{источник } 1'}$ находится в диапазоне $10-45^\circ\text{C}$; и/или

$T_{\text{источник } 2}$ находится в диапазоне $10-30^\circ\text{C}$, и $T_{\text{источник } 2'}$ находится в диапазоне $15-40^\circ\text{C}$; и/или

$T_{\text{источник } 3}$ находится в диапазоне от -17 до 10°C , и $T_{\text{источник } 3'}$ находится в диапазоне $0-30^\circ\text{C}$.

14. Устройство для предварительного охлаждения по любому из пп. 1-13, в котором:

устройство охлаждения является частью системы десульфурации и декарбонизации на основе аммиака;

причем устройство охлаждения соединено с устройством для десульфурации, расположенном перед устройством охлаждения;

устройство охлаждения соединено с устройством для декарбонизации, расположенным после устройства охлаждения, и

технологический газ поступает из устройства для десульфурации в устройство для декарбонизации после охлаждения устройством охлаждения.

15. Способ охлаждения технологического газа, содержащий последовательное пропускание технологического газа через

функциональную зону охлаждения на первой стадии, в которой используется первая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 1}$;

функциональную зону охлаждения на второй стадии, в которой используется вторая циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 2}$; и

функциональную зону охлаждения на третьей стадии, в которой используется третья циркулирующая жидкость для охлаждения технологического газа до температуры $T_{\text{газ } 3}$;

использование первого источника холода для охлаждения первой циркулирующей жидкости,

использование второго источника холода для охлаждения второй циркулирующей жидкости, и

использование третьего источника холода для охлаждения третьей циркулирующей жидкости,

причем

$$T_{\text{газ } 3} < T_{\text{газ } 2} < T_{\text{газ } 1} < T_{\text{газ } 0};$$

где $T_{\text{газ } 0}$ – начальная температура технологического газа на входе в функциональную зону охлаждения на первой стадии; и

три источника холода являются разными.

16. Способ по п. 15, в котором:

первым источником холода является охлаждающая вода из циркулирующей охлаждающей воды или закрытой градирни; и

первую циркулирующую жидкость охлаждают первым теплообменником.

17. Способ по п. 15, в котором:

первым источником холода является воздух; и

первую циркулирующую жидкость охлаждают непосредственно воздухоохладителем.

18. Способ по п. 15, в котором:

вторым источником холода является декарбонизированный холодный технологический газ, и

вторую циркулирующую жидкость охлаждают путем косвенного теплообмена с использованием второго теплообменника, или вторую циркулирующую жидкость охлаждают путем прямого теплообмена с использованием перекрестного распыления распыляемой жидкости.

19. Способ по п. 15, в котором:

третьим источником холода является охлажденная жидкость, причем предпочтительно охлажденная жидкость получена с помощью холодильной установки; и третью циркулирующую жидкость охлаждают третьим теплообменником, или третью циркулирующую жидкость охлаждают непосредственно источником холода холодильной установки.

20. Способ по любому из пп. 15-19, в котором

$T_{\text{газ } 0}$ находится в диапазоне 40-80°C; и/или

$T_{\text{газ } 1}$ находится в диапазоне 35-48°C; и/или

$T_{\text{газ } 2}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или

$T_{\text{газ } 3}$ находится в диапазоне 10-30°C.

21. Способ по любому из пп. 15-20, в котором

температура, при которой первая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 1}$, и температура, при которой первая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 1'}$, где $T_{\text{жидкость } 1} < T_{\text{жидкость } 1'}$, и $T_{\text{газ } 0} - T_{\text{жидкость } 1'} = \Delta T_1$;

температура, при которой вторая циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 2}$, и температура, при которой вторая циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 2'}$, где $T_{\text{жидкость } 2} < T_{\text{жидкость } 2'}$, и $T_{\text{газ } 1} - T_{\text{жидкость } 2'} = \Delta T_2$; и

температура, при которой третья циркулирующая жидкость поступает в градирню, равна $T_{\text{жидкость } 3}$, и температура, при которой третья циркулирующая жидкость выходит из градирни, равна $T_{\text{жидкость } 3'}$, где $T_{\text{жидкость } 3} < T_{\text{жидкость } 3'}$, и $T_{\text{газ } 2} - T_{\text{жидкость } 3'} = \Delta T_3$;

где каждая разность температур ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 независимо от других составляет $\geq 1^\circ\text{C}$, предпочтительно 2-15°C и более предпочтительно 2-5°C.

22. Способ по п. 21, в котором

$T_{\text{жидкость } 1}$ находится в диапазоне 10-40°C, и $T_{\text{жидкость } 1'}$ находится в диапазоне 15-50°C; и/или

$T_{\text{жидкость } 2}$ находится в диапазоне 15-36°C, и $T_{\text{жидкость } 2'}$ находится в диапазоне 20-45°C; и/или

$T_{\text{жидкость } 3}$ находится в диапазоне 0-25°C, и $T_{\text{жидкость } 3'}$ находится в диапазоне 10-40°C.

23. Способ по любому из пп. 15-22, в котором

температура первого источника холода равна $T_{\text{источник } 1}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 1'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 1} < T_{\text{источник } 1'}$;

температура второго источника холода равна $T_{\text{источник } 2}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 2'}$ после теплообмена, где $T_{\text{источник } 2} < T_{\text{источник } 2'}$; и

температура третьего источника холода равна $T_{\text{источник } 3}$ до теплообмена и $T_{\text{источник } 3'}$

после теплообмена, где $T_{\text{источник 3}} < T_{\text{источник 3'}}$.

24. Способ по п. 23, в котором

$T_{\text{источник 1}}$ находится в диапазоне 5-35°C, и $T_{\text{источник 1'}}$ находится в диапазоне 10-45°C;
и/или

$T_{\text{источник 2}}$ находится в диапазоне 10-30°C, и $T_{\text{источник 2'}}$ находится в диапазоне 15-40°C; и/или

$T_{\text{источник 3}}$ находится в диапазоне от -17 до 10°C, и $T_{\text{источник 3'}}$ находится в диапазоне 0-30°C.

25. Способ по любому из пп. 15-24, в котором

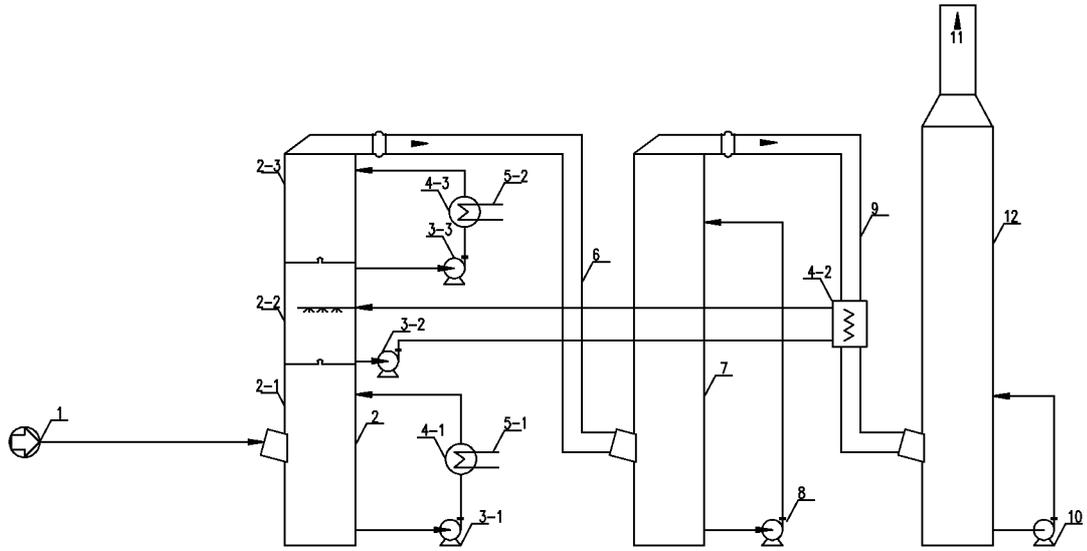
способ охлаждения является частью способов десульфурации и декарбонизации на основе аммиака;

причем процесс десульфурации осуществляют перед способом охлаждения и

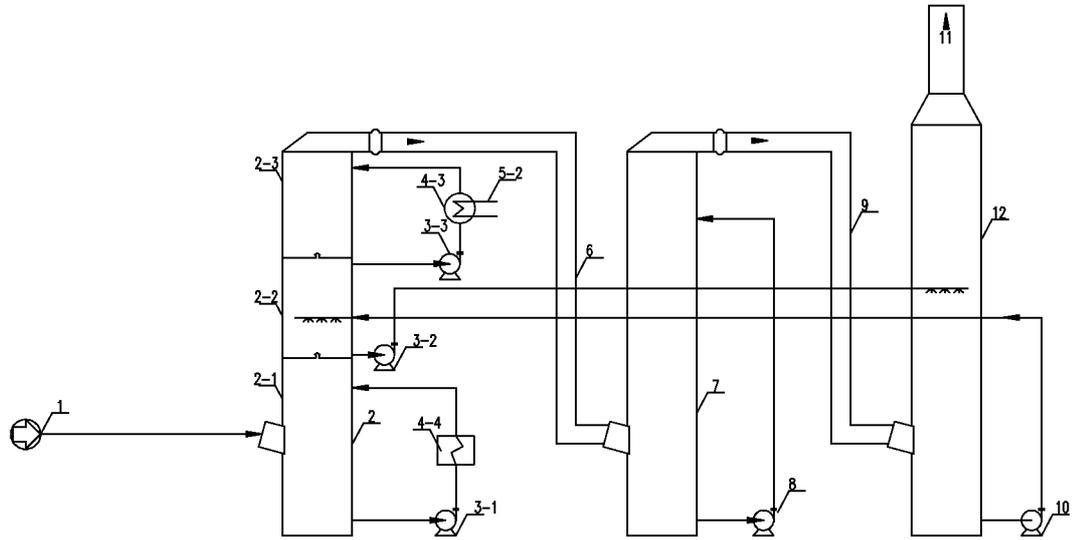
процесс декарбонизации осуществляют после способа охлаждения;

и технологический газ поступает в процесс десульфурации и поступает в процесс декарбонизации после охлаждения способом охлаждения.

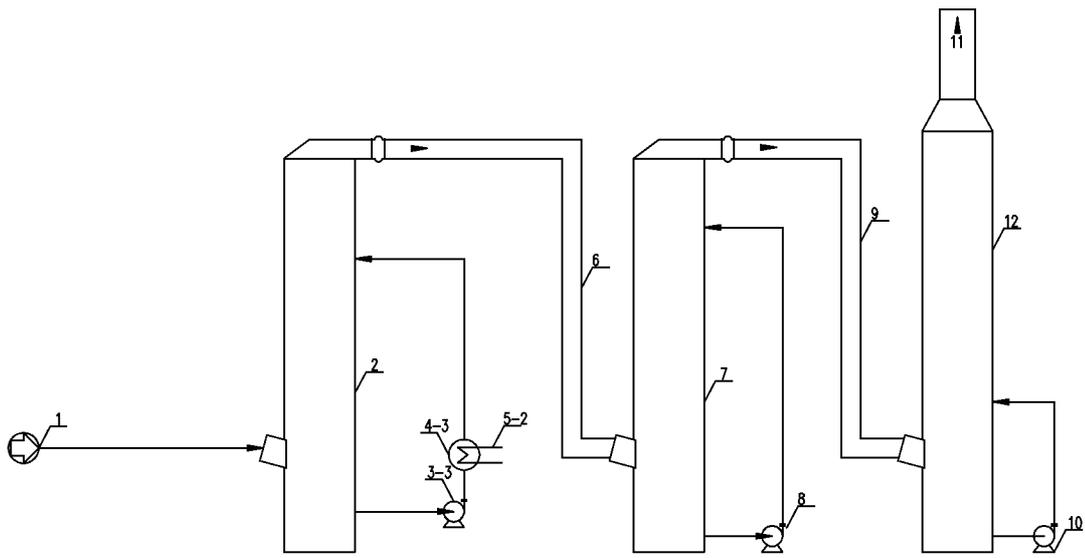
26. Способ по любому из пп. 15-24, в котором содержание сульфата аммония в охлаждающей циркулирующей жидкости находится в диапазоне 0-5 мас.%; и на первой стадии оно больше, чем на второй стадии, и на второй стадии больше, чем на третьей стадии.



Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/088402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B01D53/62(2006.01)i; B01D53/78(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: B01D53/-		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CJFD, CNTXT, ENTXTC, DWPI, ENTXT: 江苏新世纪江南环保股份有限公司, 江南环保集团股份有限公司, 捕集, 多级, 二氧化碳, 冷却, 喷淋, 脱碳, 脱羰, 吸收, 洗涤, 塔, multi-stage, cool+, carbon dioxide, CO2, spray+, decarburization, absorb +, washing, tower		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114870588 A (JIANGSU NEW CENTURY JIANGNAN ENVIRONMENTAL PROTECTION CO., LTD. et al.) 09 August 2022 (2022-08-09) claims 1-26	1-26
X	CN 113566226 A (JIANGXI CARBON NITROGEN NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 October 2021 (2021-10-29) description, paragraphs 21-27, and figure 1	1-2, 5-13, 15, 16, 19, 20-24, 26
Y	CN 113566226 A (JIANGXI CARBON NITROGEN NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 October 2021 (2021-10-29) description, paragraphs 21-27, and figure 1	3, 4, 14, 17, 18, 25
X	CN 112923748 A (CLEAN ENERGY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD., CHINA HUANENG GROUP et al.) 08 June 2021 (2021-06-08) description, paragraphs 21-37, and figure 1	1-2, 5-13, 15, 16, 19, 20-24
Y	CN 112923748 A (CLEAN ENERGY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD., CHINA HUANENG GROUP et al.) 08 June 2021 (2021-06-08) description, paragraphs 21-37, and figure 1	3, 4, 14, 17, 18, 25
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27 June 2023		Date of mailing of the international search report 30 June 2023
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/088402

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 2737771 Y (MACHINERY FACTORY, CHANGDA CO., LTD., JILIN CHANGSHAN CHEMICAL FERTILIZER GROUP et al.) 02 November 2005 (2005-11-02) specific embodiments, and figure 1	3, 4, 14, 17, 18, 25
A	CN 109569209 A (HAOMU (SHANGHAI) ENERGY SAVING TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 April 2019 (2019-04-05) entire document	1-26
A	CN 111380377 A (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORPORATION et al.) 07 July 2020 (2020-07-07) entire document	1-26
A	CN 113521966 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 22 October 2021 (2021-10-22) 81, 81, 83, 85	
A	RU 2544993 C1 (MNUSHKIN IGOR ANATOL EVICH) 20 March 2015 (2015-03-20) entire document	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/088402

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114870588	A	09 August 2022	None			
CN	113566226	A	29 October 2021	CN	215570568	U	18 January 2022
CN	112923748	A	08 June 2021	CN	214747348	U	16 November 2021
CN	2737771	Y	02 November 2005	None			
CN	109569209	A	05 April 2019	None			
CN	111380377	A	07 July 2020	None			
CN	113521966	A	22 October 2021	CN	215463249	U	11 January 2022
				US	2023033705	A1	02 February 2023
RU	2544993	C1	20 March 2015	None			