

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202390930 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.07.31(51) Int. Cl. *B01F 13/10* (2006.01)
C10L 3/10 (2006.01)
B01D 53/22 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2021.10.19

(54) СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВ, СОЧЕТАЮЩАЯ ПРОЦЕСС НА ОСНОВЕ ГИДРАТОВ И ПРОЦЕСС ОБРАТНОГО ОСМОСА, И ВОЗМУЩАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

(31) 202011121986.X

(32) 2020.10.20

(33) CN

(86) PCT/CN2021/124722

(87) WO 2022/083588 2022.04.28

(71) Заявитель:

ЧАЙНА ПЕТРОЛИУМ ЭНД
КЕМИКАЛ КОРПОРЕЙШН;
СИНОПЕК ДАЛЯНЬ РИСЕРЧ
ИНСТИТЮТ ОФ ПЕТРОЛЕУМ
ЭНД ПЕТРОКЕМИКАЛС КО., ЛТД.
(CN)

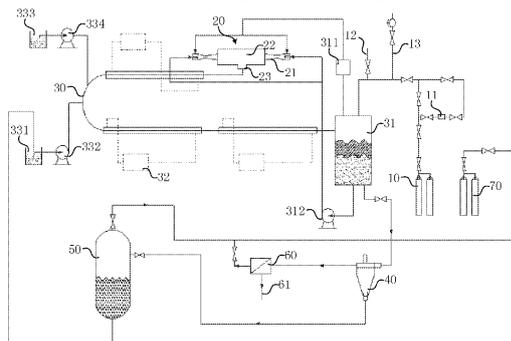
(72) Изобретатель:

Сюэ Цянь, Ли Цзуньчжао, Ван
Сяолин, Лю Минжуй, Чжао Вэй, Ли
Шихань, Сунь Сяочжэ, Ван Вэй (CN)

(74) Представитель:

Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бучака С.М., Бельтюкова М.В.
(RU)

(57) В изобретении раскрыто возмущающее устройство, содержащее два струйных смесителя, расположенных напротив друг друга в горизонтальном направлении; смесительную камеру, присоединенную между двумя струйными смесителями; и смесительный трубопровод, присоединенный под смесительной камерой. Смесительный трубопровод содержит: центральную трубу, которая представляет собой вертикальную прямую трубу; множество спиральных труб, которые намотаны в множество слоев и расположены с наружной стороны центральной трубы, причем диаметры труб множества спиральных труб постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, и в каждой спиральной трубе расположены с интервалом множество групп узлов блокировки потока; и внешний кожух, который представляет собой прямую трубу и проходит с наружной стороны спиральной трубы в самом внешнем слое. В изобретении также раскрыта система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, и возмущающее устройство согласно настоящему изобретению могут улучшить эффективность образования гидратов за счет многоступенчатого координированного и возмущающего перемешивания, а сочетание разделения обедненного газа с помощью гидратов и мембранного разделения насыщенного газа обеспечивает непрерывное разделение газа, тем самым облегчая масштабирование и промышленное применение.



A1

202390930

202390930

A1

Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, и возмущающее устройство

Перекрестные ссылки на родственные заявки

Данная заявка испрашивает приоритет по китайской патентной заявке № 202011121986.X, поданной 20 октября 2020 года, содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Область техники

Изобретение относится к технической области разделения газов на основе гидратного процесса, в частности к системе непрерывного разделения газов, сочетающей процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, и к возмущающему устройству.

Уровень техники

Гидраты природного газа в изобилии встречаются в земле и являются важным потенциальным источником энергии в мире. На фоне энергетического кризиса изыскания и исследования гидратов природного газа стали перспективной темой на глобальном уровне. Гидраты природного газа представляют собой подобные льду кристаллические соединения, образованные водой и природным газом при высоких давлениях и низких температурах. По мере непрерывного углубления исследований основных физических свойств, микроструктуры, тепловых и динамических характеристик гидратов, в тундрах и глубоководных районах океана обнаруживают богатые запасы гидратов природного газа, которым уделяется большое внимание во всем мире. Установлено, что гидраты природного газа могут быть использованы не только в качестве потенциального чистого энергетического ресурса, но и в качестве новой прикладной технологии на благо человечества.

Основной принцип разделения газов с помощью гидратного процесса заключается в следующем: гидраты образуются из разных газов в разных условиях; когда гидраты образуются из газовой смеси, компонент, который может образовывать гидрат, имеет высокую склонность концентрироваться в гидратной фазе, тем самым реализуется разделение газов. Метод разделения газов на основе гидратов в основном применяют для разделения содержащих CO_2 газовых смесей (дымовые газы N_2/CO_2 , природный газ CH_4/CO_2 , газ из угольных пластов CH_4/CO_2 и синтез-газ H_2/CO_2), газовых смесей углеводородов (CH_4 , C_2H_6 и C_2H_4 и др.), водородсодержащих газовых смесей

(водородсодержащий газ нефтепереработки, газ крекинга этилена, сухой газ каталитического крекинга, и т.д.) и других газовых смесей. Однако у методов разделения газов на основе гидратов есть свои проблемы. Во-первых, в настоящее время большинство исследований базируется на лабораторном малогабаритном оборудовании и проводится методами периодического или полупериодического разделения. В периодическом режиме для непрерывного производства очищенного газа требуется два или более комплекта реакторов, газовая фаза не может быть извлечена из реактора, пока гидрат образуется в гидрате, разделение газа не может осуществляться непрерывно, а водный раствор для образования гидратов не рециркулируют. Во-вторых, во время образования гидратов, по мере снижения концентрации целевого газа для разделения, условия разделения становятся более жесткими. Кроме того, в связи с тем, что процесс образования газовых гидратов представляет собой процесс установления равновесия в системе газ-жидкость-твердое вещество, некоторый процент целевого газа для разделения все еще остается в газовой фазе после завершения процесса образования гидратов. Короче говоря, невозможно полностью улавливать целевой газ из газовой смеси при использовании только метода разделения газов на основе гидратов. Следовательно, чтобы применять в промышленности методы разделения газов на основе гидратов, необходимо разработать непрерывный процесс разделения газа, крупногабаритное реакционное оборудование и новый метод разделения, который сочетает гидратный процесс с другими процессами разделения.

Кроме того, для газоразделительного устройства, основанного на гидратном процессе, эффект газожидкостного перемешивания оказывает непосредственное влияние на эффективность образования гидратов и результат разделения. Поэтому существует острая необходимость в конструкции, способной усилить газожидкостный массоперенос и способствовать эффективному образованию гидратов.

Информация, раскрытая в этом разделе, предназначена только для того, чтобы лучше понять предысторию данного изобретения, и не должна рассматриваться как признание или намек в какой-либо форме, что эта информация представляет собой предшествующий уровень техники, хорошо известный специалистам, обладающим обычными компетенциями в данной области техники.

Сущность изобретения

Целью изобретения является создание системы непрерывного разделения газов, сочетающей процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, а также возмущающее устройство, чтобы улучшить эффективность образования гидратов и разделения газов.

Другой целью изобретения является создание системы непрерывного разделения газов, сочетающей процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, а также возмущающее устройство, чтобы реализовать непрерывное и крупномасштабное разделение газов для промышленного применения.

Для достижения вышеуказанных целей, в первом аспекте изобретения предложено возмущающее устройство, которое содержит: два струйных смесителя, расположенных напротив друг друга в горизонтальном направлении; смесительную камеру, присоединенную между двумя струйными смесителями; и смесительный трубопровод, присоединенный под смесительной камерой, содержащий: множество спиральных труб, расположенных в множестве слоев и намотанных вокруг центральной оси смесительного трубопровода, при этом диаметры труб при этом диаметры труб множества спиральных труб постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, и в каждой спиральной трубе расположены с интервалом множество групп узлов блокировки потока; и внешний кожух, проходящий с наружной стороны спиральных труб в самом внешнем слое.

Необязательно смесительный трубопровод содержит центральную трубу, расположенную вертикально вдоль центральной оси смесительного трубопровода, а спиральные трубы намотаны вокруг центральной трубы.

Необязательно внешний кожух представляет собой прямую трубу, и центральная труба представляет собой прямую трубу.

Необязательно смесительный трубопровод расположен в горизонтальном центре смесительной камеры.

Необязательно каждые две соседние группы узлов блокировки отстоят друг от друга на $1/4$ спирали.

Необязательно каждая группа узлов блокировки содержит четное число блокирующих стержней, при этом осевое направление каждого блокирующего стержня расположено в радиальном направлении поперечного сечения спиральной трубы, и четное число блокирующих стержней симметрично распределено по поперечному сечению спиральной трубы.

Необязательно поперечное сечение блокирующего стержня является круглым, треугольным, Т-образным или трапециевидным.

Необязательно длина блокирующего стержня составляет от $1/4$ до $1/3$ диаметра соответствующей спиральной трубы.

Необязательно ширина блокирующего стержня кратна от 0,1 до 0,3 диаметра соответствующей спиральной трубы.

Необязательно диаметр спиральных труб в самом внешнем слое является таким же, как у центральной трубы.

Согласно второму аспекту изобретения в изобретении предложена система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, которая содержит: контур образования гидратов с возмущающим устройством по любому из пп. 1-10, расположенным на входе контура образования гидратов, и сепаратором, расположенным в контуре образования гидратов, где первый вход сепаратора соединен с блоком подачи газа, второй вход сепаратора соединен с выходом контура образования гидратов, а первый выход и второй выход сепаратора соединены со струйными смесителями; трехфазный сепаратор, вход которого соединен с третьим выходом сепаратора; и модуль разложения гидратов, соединенный с выходом для гидратов трехфазного сепаратора.

Необязательно система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, дополнительно содержит блок мембранного разделения, который соединен с выходом для газовой смеси трехфазного сепаратора и снабжен выходом для газообразного продукта.

Необязательно система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, дополнительно содержит блок рециркуляции для рециркуляции не относящихся к продукту газов из блока мембранного разделения и модуля разложения гидратов.

Необязательно контур образования гидратов представляет собой трубчатую реакционную петлю.

Необязательно контур образования гидратов снабжен внешним теплоизолирующим устройством.

Необязательно контур образования гидратов снабжен смотровым окном, номинальное выдерживаемое давление которого выше или равно 20 МПа.

Необязательно между первым выходом сепаратора и струйными смесителями расположен насос для циркуляции газа; и между вторым выходом сепаратора и струйными смесителями расположен магнитный циркуляционный насос.

Необязательно контур образования гидратов снабжен модулем постоянного дозирования, который впрыскивает воду и промотор в контур образования гидратов и соединен с выходом для жидкости модуля разложения гидратов.

Необязательно модуль постоянного дозирования содержит высокопроизводительный насос постоянного потока и плунжерный насос.

Необязательно промотором является тетрагидрофуран и/или тетрабутиламмония бромид.

Необязательно между блоком подачи газа и первым входом сепаратора расположены блок аварийной выгрузки и блок противодавления.

Необязательно блок подачи газа представляет собой газовый баллон, который соединен с первым входом сепаратора через насос для подкачки газа, когда давление в газовом баллоне является недостаточным.

По сравнению с уровнем техники изобретение обеспечивает получение следующих преимуществ.

1. В возмущающем устройстве данного изобретения используют струйные смесители, смесительную камеру и смесительный трубопровод для многоступенчатого координированного смешивания; два смешанных потока, смешанных с помощью струйных смесителей, текут навстречу и сталкиваются друг с другом с высокой скоростью, в момент столкновения в смесительной камере достигается чрезвычайно высокая относительная скорость между фазами, тем самым усиливается межфазный перенос; спиральные трубы с разным диаметром труб в смесительном трубопроводе не только усиливают радиальное перемешивание, но и генерируют вихри Дина, тем самым усиливается турбулентность в трубах; узлы блокировки, расположенные в спиральных трубах, разделяют вихри Дина и образуют чередующиеся разделенные вихри в обратном направлении, способствуя газожидкостному контакту и перемешиванию, тем самым увеличивается газожидкостный массоперенос и повышается эффективность образования гидратов.

2. Интенсивность вихрей Дина в спиральных трубах связана с внутренними диаметрами спиральных труб и диаметрами спиралей; в данном изобретении диаметры спиральных труб постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, и диаметры спиралей также постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, поэтому вихревые интенсивности вихрей Дина, генерируемых спиральными трубами с различными диаметрами труб, эквивалентны друг другу, а эффективное смешивание текучих сред усиливается; поскольку времена протекания среды по спиральным трубам разного диаметра отличаются друг от друга, осевое перемешивание в некоторой степени увеличивается.

3. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса в данном изобретении, реализует связь между гидратным разделением для обедненного газа и мембранным разделением для насыщенного газа и может преодолеть недостатки чистого гидратного процесса, такие как неэффективное

разделение газа при низкой концентрации и дополнительное сжатие и т.д. Система, предложенная в изобретении, включает весь процесс, охватывающий образование, разделение и разложение, реализует непрерывное разделение газов и пригодна для крупномасштабного промышленного применения.

4. Ввиду использования контура образования гидратов увеличивается время удерживания для газожидкостного контакта, а скорость обновления границы раздела газ-жидкость выше, что благоприятно для непрерывного, эффективного и быстрого образования гидратов.

Приведенное выше описание является лишь кратким изложением технической схемы изобретения. Ниже одно или более предпочтительных воплощений будут представлены и подробно описаны со ссылкой на прилагаемые чертежи, чтобы сделать технические средства настоящего изобретения более понятными и реализованными на основе описания, а также облегчить понимание вышеупомянутых и других объектов, технических признаков и преимуществ данного изобретения.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 представлена принципиальная схема системы непрерывного разделения газов, сочетающей процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса согласно воплощению изобретения;

на фиг.2 представлен вид сверху конструкции смесительного трубопровода согласно воплощению изобретения;

на фиг.3 представлена принципиальная структурная схема спиральной трубы согласно воплощению изобретения;

на фиг.4 представлена принципиальная схема поперечного сечения спиральной трубы согласно воплощению изобретения, показывающая группу узлов блокировки на поперечном сечении.

Ссылочные номера:

10 - газовый баллон, 11 - насос для подкачки газа, 12 - блок аварийной выгрузки, 13 - блок противодавления, 20 - возмущающее устройство, 21 - струйный смеситель, 22 - смесительная камера, 23 - смесительный трубопровод, 231 - центральная труба, 232 - спиральная труба, 2321 - блокирующий стержень, 233 - внешний кожух, 30 - контур образования гидратов, 31 - сепаратор, 311 - газовый циркуляционный насос, 312 - магнитный циркуляционный насос, 32 - теплоизолирующее устройство, 331 - вода, 332 -

высокопроизводительный насос постоянного потока, 333 - промотор, 334 - плунжерный насос, 40 - трехфазный сепаратор, 50 - модуль разложения гидратов, 60 - блок мембранного разложения, 61 - выход для газообразного продукта, 70 - блок рециркуляции.

Воплощения

Ниже будут подробно описаны некоторые конкретные воплощения изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи. Однако следует понимать, что объем охраны изобретения не ограничивается этими воплощениями.

Если прямо не указано иное, в описании и формуле изобретения термин «содержать» или «включать» или их варианты, такие как «содержащий» или «включающий», следует понимать как включающий перечисленные элементы или компоненты, не исключая других элементов или компонентов.

В данном документе, для удобства описания, относящиеся к пространству термины, такие как «нижняя сторона», «ниже», «низ», «верхняя сторона», «выше», «верх» и т.д., могут быть использованы для описания взаимосвязи между одним элементом или признаком и другим элементом или признаком на чертежах. Следует понимать, что относящиеся к пространству термины предусматривают включение различных направлений используемых или эксплуатируемых объектов, отличных от направлений, изображенных на чертежах. Например, если объект на чертеже перевернут вверх ногами, элемент, описанный как «ниже» или «внизу» от других элементов или признаков, будет ориентирован «над» данными элементами или признаками. Таким образом, приведенный в качестве примера термин «ниже» может включать направления «ниже» и «выше». Объекты могут также иметь другие ориентации (повернутые на 90 градусов или иные ориентации), и относящиеся к пространству термины, используемые в данном документе, следует интерпретировать соответственно.

В данном документе термины «первый», «второй» и т.д. использованы для различения двух разных элементов или частей, а не для определения конкретного положения или относительной связи. Другими словами, в некоторых воплощениях термины «первый», «второй» и т.д. также могут быть взаимозаменяемы друг другом.

Как показано на фиг. 1, система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса в соответствии с воплощением изобретения, содержит контур 30 образования гидратов с возмущающим устройством 20, расположенным на входе контура 30 образования гидратов, и сепаратором 31, расположенным в контуре 30 образования гидратов. Первый вход сепаратора 31 соединен с

блоком подачи газа, который, например, содержит газовый баллон 10. Второй вход сепаратора 31 соединен с выходом контура 30 образования гидратов, а первый выход и второй выход из сепаратора 31 соединены с возмущающим устройством 20. Третий выход сепаратора 31 соединен со входом трехфазного сепаратора 40, выход для гидратов трехфазного сепаратора 40 соединен с модулем 50 разложения гидратов, выход для газовой смеси на выходе газовой смеси соединен с блоком 60 мембранного разделения, и блок 60 мембранного разделения снабжен выходом 61 для газообразного продукта. Модуль 50 разложения гидратов используют для разложения образующейся гидратной суспензии, и блок 60 мембранного разделения используют для дальнейшего разделения образующегося обедненного газа. Используя гидратный процесс в сочетании с мембранным процессом, можно реализовать связь между гидратным разделением насыщенного газа и мембранным разделением обедненного газа, тем самым преодолевая недостаток, связанный с низкой эффективностью разделения при разделении с помощью одного процесса.

Как показано на фиг.2-4, возмущающее устройство 20 согласно одному воплощению изобретения содержит два струйных смесителя 21, смесительную камеру 22 и смесительный трубопровод 23, причем смесительная камера 22 присоединена между двумя струйными смесителями 21, а смесительный трубопровод 23 присоединен под смесительной камерой 22. Струйные смесители 21 представляют собой устройства для смешивания двух или более жидкостей или газов; два смешанных потока в виде струй направляют с помощью двух струйных смесителей 21 навстречу друг другу с высокой скоростью в горизонтальном направлении, и они сталкиваются друг с другом в смесительной камере 22, в момент столкновения достигается чрезвычайно высокая относительная скорость между фазами, тем самым усиливается межфазный перенос. Текущая среда в смесительной камере 22 поступает в смесительный трубопровод 23. Например, смесительный трубопровод 23 расположен в горизонтальном центре смесительной камеры 22. В одном или более воплощениях изобретения смесительный трубопровод 23 содержит центральную трубу 231, множество спиральных труб 232 и внешний кожух 233, которые последовательно расположены изнутри наружу. Центральная труба 231 представляет собой прямую трубу, расположенную вертикально, множество спиральных труб 232 расположены в множестве слоев и намотаны с наружной стороны от центральной трубы 231, диаметры спиральных труб 232 в множестве слоев постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, а внешний кожух 233 представляет собой прямую трубу, проходящую с наружной стороны спиральных труб 232 в самом

внешнем слое. В каждой спиральной трубе 232 с интервалом расположены множество групп узлов блокировки.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения каждые две соседние группы узлов блокировки отстоят друг от друга на расстоянии $1/4$ спирали, то есть группа узлов блокировки расположена в каждом положении поворота спиральной трубы 232 на 90° . Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения каждая группа узлов блокировки может состоять из четного числа блокирующих стержней 2321, осевое направление каждого блокирующего стержня 2321 расположено в радиальном направлении поперечного сечения спиральной трубы 232, и четное число блокирующих стержней 2321 в каждой группе узлов блокировки симметрично распределено на поперечном сечении спиральной трубы 232. В воплощении, показанном на фиг. 4, каждая группа узлов блокировки содержит четыре блокирующих стержня 2321, равномерно распределенных по поперечному сечению спиральной трубы 232, и каждые два соседних блокирующих стержня 2321 отстоят друг от друга на 90° . Однако следует понимать, что данное изобретение не ограничивается этим устройством. Направление расположения блокирующих стержней 2321 перпендикулярно направлению потока основной текучей среды в спиральных трубах 232. Когда текучая среда течет по спиральным трубам, образуются два вихря, вращающихся в противоположных направлениях, за счет несбалансированного градиента давления текучей среды, перпендикулярного направлению потока, и действия центробежной силы, то есть формируются вторичные потоки и вихри Дина, и в спиральных трубах изменяются поле скоростей и поле давления; по своей природе вторичные потоки представляют собой боковые потоки, перпендикулярные направлению основного потока. Генерируемые вихри Дина улучшают массоперенос и теплопередачу текучей среды и усиливают газожидкостный контакт и перемешивание. Число Дина описывает взаимосвязь между центробежной силой и силой внутреннего трения в процессе протекания текучей среды и может быть использовано для характеристики интенсивности вихря Дина. Число Дина связано с диаметром спиральной трубы и диаметром спирали. Диаметры спиральных труб постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, и диаметры спиралей также постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, тем самым интенсивности вихрей, генерируемых во множестве слоев спиральных труб, эквивалентны друг другу, что способствует эффективному перемешиванию текучей среды. Симметрично распределенные блокирующие стержни, расположенные в спиральных трубах, разделяют два вихря Дина, генерируемых в спиральных трубах, и разрушают возмущающее воздействие вихрей Дина на текучую среду.

Чередующиеся вихри в обратном направлении (то есть разделенные вихри) формируются позади блокирующих стержней, и под действием эффекта разделения, обеспечиваемого блокирующими стержнями, достигается интенсивный контакт текучей среды, и перемешивание дополнительно усиливается путем перераспределения. Затем вихри Дина снова генерируются в текучей среде под действием вторичных потоков в спиральных трубах, а затем под действием блокирующих стержней образуются разделенные вихри, и так далее. Таким образом текучая среда течет по спиральным трубам. Газожидкостные смешанные среды с разными интенсивностями турбулентности протекают через смесительный трубопровод за разное время, тем самым усиливается подмешивание в осевом направлении.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения форма поперечного сечения блокирующих стержней 2321 является круглой, треугольной, Т-образной или трапециевидной. Следует понимать, что изобретение не ограничивается этими формами, и конкретная форма блокирующих стержней 2321 может быть выбрана в соответствии с фактическими требованиями.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения длина блокирующих стержней 2321 составляет от $1/4$ до $1/3$ диаметра соответствующей спиральной трубы 232. Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения ширина блокирующих стержней 2321 кратна от 0,1 до 0,3 диаметра соответствующей спиральной трубы 232. Ширина блокирующего стержня 2321 относится к ширине обращенной к потоку поверхности блокирующего стержня. Например, в случае, если блокирующий стержень является круглым стержнем, ширина блокирующего стержня равна диаметру круглого стержня; в случае, если блокирующий стержень представляет собой треугольный стержень, ширина блокирующего стержня равна длине нижнего края обращенной к потоку поверхности блокирующего стержня.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения диаметр спиральных труб 232 в самом внешнем слое является таким же, как у центральной трубы 231.

Как показано на фиг.1, в одном или более воплощениях изобретения система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, дополнительно содержит блок 70 рециркуляции, который используют для рециркуляции не относящихся к продукту газов из блока 60 мембранного разделения и модуля 50 разложения гидратов, чтобы избежать загрязнения окружающей среды.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения контур 30 образования гидратов может представлять собой трубчатую реакционную петлю. Предпочтительно, но не ограничиваясь этим, трубчатая реакционная петля сконструирована таким образом, что ее можно разобрать и заменить, так что трубы могут быть заменены другими трубами, различающимися, при необходимости, по диаметру. Номинальное давление трубопровода составляет 15 МПа, а рабочая температура трубопровода составляет от -20 до 90°C. Трубчатая реакционная петля может быть изготовлена из нержавеющей стали 316, но изобретение этим не ограничено. Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения контур 30 образования гидратов снабжен внешним теплоизолирующим устройством для поддержания постоянной температуры. Например, теплоизолирующее устройство 32 может представлять собой интегрированную ванну с высокой и низкой температурой, которая работает при рабочей температуре от -20 до 90°C и имеет защиту от перегрева, защиту от перегрузки и другие функции. Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения контур 30 образования гидратов снабжен смотровым окном (не показано), номинальное выдерживаемое давление которого выше или равно 20 МПа. Смотровое окно в основном используют для наблюдения за состоянием потока и состоянием образования гидратов в контуре 30 образования гидратов.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения между первым выпуском сепаратора 31 и струйными смесителями 21 предусмотрен газовый циркуляционный насос 311; и между вторым выпуском сепаратора 31 и струйными смесителями 21 расположен магнитный циркуляционный насос 312.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения настоящего изобретения контур 30 образования гидратов снабжен модулем постоянного дозирования, который впрыскивает промотор 333 в контур 30 образования гидратов через плунжерный насос 334 и впрыскивает воду 331 в контур 30 образования гидратов через высокопроизводительный насос 332 постоянного потока. Модуль постоянного дозирования может быть присоединен к выходу жидкости модуля 50 разложения гидратов, чтобы реализовать рециркуляцию воды и повторное использование в системе. Следует понимать, что изобретение не ограничивается этой компоновкой, и конкретный тип насоса может быть выбран в соответствии с фактическими требованиями. Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения промотором 333 может быть тетрагидрофуран и/или тетрабутиламмония бромид, но изобретение ими не ограничено.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения между газовым баллоном 10 блока подачи газа и первым входом сепаратора 31 предусмотрены блок 12 аварийной выгрузки и блок 13 противодействия.

Кроме того, в одном или более примерах воплощения изобретения, когда давление в газовом баллоне 10 является недостаточным, газовый баллон 10 соединен с первым входом сепаратора 31 через насос 11 подкачки газа.

Воплощение 1

Как показано на фиг.1-4, рабочий процесс системы непрерывного разделения газов, сочетающей процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, в данном воплощении является следующим.

Газовая смесь А/В, находящаяся в газовом баллоне 10, поступает в сепаратор 31 через первый вход; газовую смесь А/В в сепараторе 31 нагнетают с помощью газового циркуляционного насоса 311 в два струйных смесителя 21 через первый выход, и циркулирующую в сепараторе 31 жидкость перекачивают магнитным циркуляционным насосом 312 в два струйных смесителя 21 через второй выход. Потоки текучей среды, смешанные с помощью струйных смесителей 21, выбрасываются струями наружу, сталкиваются и смешиваются друг с другом в противоположных направлениях в смесительной камере 22. После столкновения потоки поступают в смесительный трубопровод 23 и перемешиваются. Текучая среда, смешанная с помощью возмущающего устройства 20, поступает в контур 30 образования гидратов для образования гидратов, и модуль постоянного дозирования доликает воду 331 и промотор 333 с постоянной скоростью в контур образования гидратов для обеспечения непрерывной циркуляции в системе. Гидрат А, образующийся в контуре 30 образования гидратов, поступает в трехфазный сепаратор 40 вместе с частью непрореагировавшей газовой смеси А/В через третий выход сепаратора 31. После отделения гидрата А от газовой смеси А/В в трехфазном сепараторе 31 газовая смесь А/В поступает в блок 60 мембранного разделения через выход для газовой смеси трехфазного сепаратора 31, а гидрат А и его суспензия поступают в модуль 50 разложения гидратов через выход для гидратов трехфазного сепаратора 31. После того, как газовая смесь А/В, содержащая газ А в низкой концентрации, поступает в блок 60 мембранного разделения и его отделяют, газ А поступает в блок 70 рециркуляции и его рециркулируют, а газ В выгружают через выход 61 для газообразного продукта блока 60 мембранного разделения и собирают. Гидрат А и его суспензия разлагаются на газ А и воду или раствор промотора в модуле 50 разложения гидратов, затем газ А поступает в блок 70

рециркуляции и его рециркулируют, в то время как вода или раствор промотора поступает в модуль постоянного дозирования и используется повторно.

Приведенное выше описание конкретных воплощений изобретения предназначено для объяснения и иллюстрации. Описание не предполагает ограничения изобретения до раскрытых конкретных форм; более того, очевидно, что в свете вышеизложенных сведений могут быть сделаны различные модификации и изменения. Примеры воплощений выбраны и описаны для того, чтобы объяснить конкретный принцип изобретения и его практическое применение, что позволит специалистам в данной области техники реализовать и использовать примеры воплощений изобретения и выбрать различные варианты и изменения. Любую простую модификацию, эквивалентное изменение или уточнение, внесенные в вышеприведенные примеры воплощения, следует считать входящими в объем охраны данного изобретения.

Формула изобретения

1. Возмущающее устройство, содержащее:

два струйных смесителя, расположенных напротив друг друга в горизонтальном направлении;

смесительную камеру, присоединенную между двумя струйными смесителями; и смесительный трубопровод, присоединенный под смесительной камерой, содержащий:

множество спиральных труб, расположенных в множестве слоев и намотанных вокруг центральной оси смесительного трубопровода, при этом диаметры труб множества спиральных труб постепенно увеличиваются от внутренних слоев к внешним слоям, и в каждой спиральной трубе расположены с интервалом множество групп узлов блокировки потока; и

внешний кожух, проходящий с наружной стороны спиральных труб в самом внешнем слое.

2. Возмущающее устройство по п.1, в котором смесительный трубопровод содержит центральную трубу, расположенную вертикально вдоль центральной оси смесительного трубопровода, а спиральные трубы намотаны вокруг центральной трубы.

3. Возмущающее устройство по п.2, в котором внешний кожух представляет собой прямую трубу, и центральная труба представляет собой прямую трубу.

4. Возмущающее устройство по п.1, в котором смесительный трубопровод расположен в горизонтальном центре смесительной камеры.

5. Возмущающее устройство по п.1, в котором каждые две соседние группы узлов блокировки отстоят друг от друга на $1/4$ спирали.

6. Возмущающее устройство по п.1, в котором каждая группа узлов блокировки содержит четное число блокирующих стержней, при этом осевое направление каждого блокирующего стержня расположено в радиальном направлении поперечного сечения спиральной трубы, и четное число блокирующих стержней симметрично распределено по поперечному сечению спиральной трубы.

7. Возмущающее устройство по п.1, в котором поперечное сечение блокирующего стержня является круглым, треугольным, Т-образным или трапециевидным.

8. Возмущающее устройство по п.1, в котором длина блокирующего стержня составляет от $1/4$ до $1/3$ диаметра соответствующей спиральной трубы.

9. Возмущающее устройство по п.1, в котором ширина блокирующего стержня кратна от 0,1 до 0,3 диаметра соответствующей спиральной трубы.

10. Возмущающее устройство по п.1, в котором диаметр спиральных труб в самом внешнем слое является таким же, как у центральной трубы.

11. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, содержащая:

контур образования гидратов с возмущающим устройством по любому из пп.1-10, расположенным на входе контура образования гидратов, и сепаратором, расположенным в контуре образования гидратов, где первый вход сепаратора соединен с блоком подачи газа, второй вход сепаратора соединен с выходом контура образования гидратов, а первый выход и второй выход сепаратора соединены со струйными смесителями;

трехфазный сепаратор, вход которого соединен с третьим выходом сепаратора; и модуль разложения гидратов, соединенный с выходом для гидратов трехфазного сепаратора.

12. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, дополнительно содержащая блок мембранного разделения, который соединен с выходом для газовой смеси трехфазного сепаратора и снабжен выходом для газообразного продукта.

13. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.12, дополнительно содержащая:

блок рециркуляции для рециркуляции не относящихся к продукту газов из блока мембранного разделения и модуля разложения гидратов.

14. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой контур образования гидратов представляет собой трубчатую реакционную петлю.

15. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой контур образования гидратов снабжен внешним теплоизолирующим устройством.

16. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой контур образования гидратов снабжен смотровым окном, номинальное выдерживаемое давление которого выше или равно 20 МПа.

17. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой между первым выходом сепаратора и струйными смесителями расположен насос для циркуляции газа; и между вторым выходом сепаратора и струйными смесителями расположен магнитный циркуляционный насос.

18. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой контур образования гидратов снабжен модулем постоянного дозирования, который впрыскивает воду и промотор в контур образования гидратов и соединен с выходом для жидкости модуля разложения гидратов.

19. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.17, в которой модуль постоянного дозирования содержит высокопроизводительный насос постоянного потока и плунжерный насос.

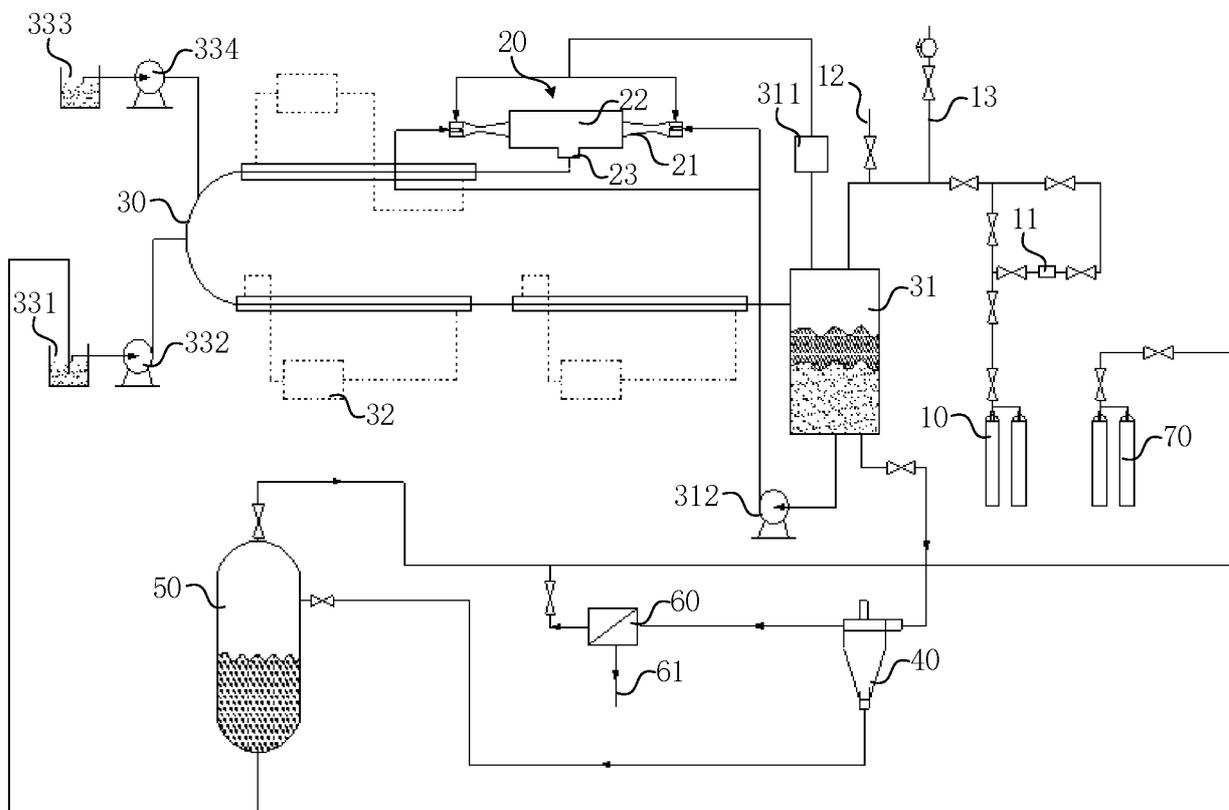
20. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.17, в которой промотором является тетрагидрофуран и/или тетрабутиламмония бромид.

21. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой между блоком подачи газа и первым входом сепаратора расположены блок аварийной выгрузки и блок противодействия.

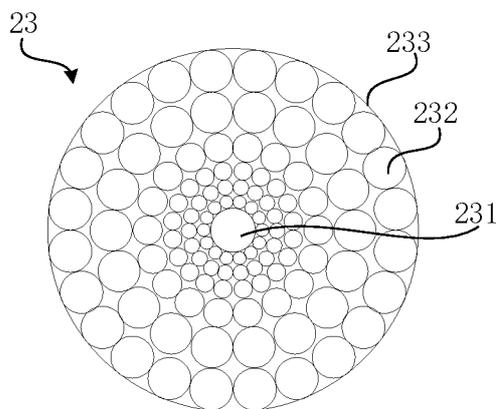
22. Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, по п.11, в которой блок подачи газа представляет собой газовый баллон, который соединен с первым входом сепаратора через насос для подкачки газа, когда давление в газовом баллоне является недостаточным.

Система непрерывного разделения газов, сочетающая процесс на основе гидратов и процесс обратного осмоса, и возмущающее устройство

1/2



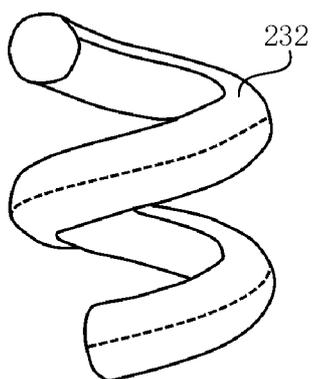
Фиг. 1



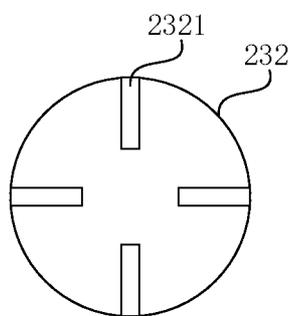
Фиг. 2

Система непрерывного разделения газов,
сочетающая процесс на основе гидратов и
процесс обратного осмоса, и
возмущающее устройство

2/2



Фиг. 3



Фиг. 4