

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015139149, 15.02.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.02.2014Дата регистрации:  
21.09.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
15.02.2013 US 61/765,217

(43) Дата публикации заявки: 21.03.2017 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 21.09.2017 Бюл. № 27

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 15.09.2015(86) Заявка РСТ:  
IB 2014/059011 (15.02.2014)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/125446 (21.08.2014)Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

КОЭРБЕР Ахим Герхард Рольф (NL),  
ХИЛЬБИГ Райннер (NL),  
ВАН ДЕР СЛЕЙС Пауль (DE)(73) Патентообладатель(и):  
КОНИКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 5490871 A, 13.02.1996. US  
2009211448 A1, 27.08.2009. RU 2003110434 A,  
27.08.2004.

R U 2 6 3 1 3 4 8 C 2

## (54) КИСЛОРОДНЫЙ СЕПАРАТОР И СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОРОДА

(57) Реферат:

Изобретение относится к кислородному сепаратору, включающему в себя по меньшей мере одно отделяющее кислород устройство, содержащее кислородоотделяющий сорбент для отделения кислорода от кислородсодержащего газа, причем отделяющее кислород устройство имеет газовый впуск на первичной стороне, присоединенный к впускному трубопроводу для направления потока кислородсодержащего газа в отделяющее кислород устройство, и имеет газовый выпуск на вторичной стороне, присоединенный к выпускному трубопроводу для направления потока обогащенного кислородом газа из отделяющего кислород устройства, причем вторичная сторона отделяющего кислород устройства

дополнительно соединена с источником продувочного газа для направления продувочного газа через отделяющее кислород устройство, и при этом первичная сторона отделяющего кислород устройства соединена с отводным трубопроводом для направления отходящего газа из кислородного сепаратора, причем кислородный сепаратор дополнительно включает в себя регулирующее давление устройство (40) для создания перепада давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства, и при этом в отводном трубопроводе предусмотрен газовый датчик для определения концентрации по меньшей мере одного компонента отходящего газа. Изобретение обеспечивает улучшенную

управляемость. 2 н. и 7 з.п. ф-лы, 3 ил.

R U 2 6 3 1 3 4 8 C 2

R U 2 6 3 1 3 4 8 C 2

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2015139149, 15.02.2014

(24) Effective date for property rights:  
15.02.2014Registration date:  
21.09.2017

Priority:

(30) Convention priority:  
15.02.2013 US 61/765,217

(43) Application published: 21.03.2017 Bull. № 9

(45) Date of publication: 21.09.2017 Bull. № 27

(85) Commencement of national phase: 15.09.2015

(86) PCT application:  
IB 2014/059011 (15.02.2014)(87) PCT publication:  
WO 2014/125446 (21.08.2014)Mail address:  
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

KOERBER Akhim Gerkhard Rolf (NL),  
KHILBIG Rajner (NL),  
VAN DER SLEJS Paul (DE)

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)

R U  
2 6 3 1 3 4 8  
C 2  
C 8  
4 3 1 3 4 2  
R U

## (54) OXYGEN SEPARATOR AND METHOD OF OXYGEN PRODUCTION

(57) Abstract:

FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: oxygen separator includes at least one oxygen separating device comprising an oxygen separating sorbent for separating oxygen from the oxygen-containing gas, the oxygen separating device having a gas inlet on the input side connected to an inlet conduit to guide the oxygen-containing gas flowing to the oxygen separating device, and has a gas outlet on the output side connected to the discharge conduit to guide the oxygen-enriched gas flowing from the oxygen separating device. The oxygen separating unit output side is further connected to a purge gas supply unit to

guide the purge gas through the oxygen separating device. At the same time, the input side of the oxygen separating device is connected to a drain conduit to guide the exhaust gas from the oxygen separator. The oxygen separator further includes a pressure regulating device (40) to create a pressure difference between the input side and the output side of the oxygen separating device. At the same time, a gas sensor is provided in the drain conduit to determine the concentration of at least one component of the exhaust gas.

EFFECT: improved controllability.

9 cl, 3 dwg

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области отделения кислорода. Более конкретно, изобретение относится к отделению кислорода с использованием адсорбции при переменном давлении для терапевтического применения, в частности, в области оказания медицинской помощи на дому.

5 Предпосылки изобретения

Кислородная терапия представляет собой введение кислорода в качестве терапевтического средства. Она широко используется для разнообразных целей при уходе за пациентами в случае хронических и острых заболеваний, поскольку она важна 10 для клеточного метаболизма, а, в свою очередь, насыщение тканей кислородом важно для всех физиологических функций. Кислородная терапия должна применяться во благо пациенту посредством увеличения снабжения легких кислородом и тем самым повышения доступности кислорода для тканей организма, особенно в тех случаях, когда пациент страдает от гипоксии и/или гипоксемии. Кислородная терапия может 15 использоваться при оказании медицинской помощи в больницах или в домашних условиях. Основное применение кислородной терапии для ухода на дому предназначается для пациентов с тяжелым хроническим обструктивным заболеванием легких (ХОЗЛ).

Кислород можно вводить разнообразными способами. Предпочтительный способ

20 введения кислорода представляет собой использование так называемого производства кислорода по требованию. В данном отношении хорошо известны коммерческие решения, так называемые кислородные концентраторы или сепараторы соответственно. Эти кислородные концентраторы, главным образом, отделяют кислород от кислородсодержащего газа, так что кислород производится по требованию, т.е. 25 непосредственно перед использованием.

Из патента США № 7329304 B2 известен портативный кислородный концентратор и подробно портативная система адсорбции при переменном давлении для концентрирования кислорода, а также способ использования такого аппарата. Такой аппарат включает множество слоев сита или резервуаров, компрессор, нижний или 30 воздушный коллектор, в котором имеется множество каналов, емкость или резервуар для хранения, комплект воздушных регулировочных клапанов для создания одного или более проточных путей через каналы внутри воздушного коллектора, а также верхний или кислородоподающий коллектор. Кроме того, предусмотрен датчик кислорода ниже по потоку относительно резервуара. Датчик кислорода может быть 35 связан с контроллером и может генерировать пропорциональные чистоте электрические сигналы, которые могут обрабатываться контроллером и использоваться для регулирования или изменения работы аппарата.

Из патента США № 5490871 известен способ получения газообразного продукта из исходной газовой смеси, содержащей этот газообразный продукт, включающий 40 повторяющееся осуществление цикла операций, который включает следующие стадии: (а) приведение в контакт исходной газовой смеси со слоем адсорбирующего материала, который предпочтительно адсорбирует по меньшей мере один иной компонент исходной газовой смеси относительно газообразного продукта; (б) десорбирование слоя; (с) продувка слоя продувочным газом; (д) определение состояния, когда газ, покидающий 45 слой в течение стадии продувки, содержит заранее выбранный объем упомянутого продувочного газа; и (е) при достижении заранее выбранного объема остановка стадии продувки.

Однако все же существует возможность улучшения условий работы отделяющих

кислород устройств.

**Сущность изобретения**

Задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы предложить кислородный сепаратор и способ отделения кислорода от кислородсодержащего газа, который 5 является экономичным в построении, простым в осуществлении и/или который выгоден в отношении управления чистоты кислорода.

Данную задачу решает кислородный сепаратор по пункту 1 формулы изобретения. Кроме того, данную задачу решает способ отделения кислорода от 10 кислородсодержащего газа по пункту 7 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления определены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Кислородный сепаратор для производства потока обогащенного кислородом газа включает по меньшей мере одно отделяющее кислород устройство для отделения кислорода от кислородсодержащего газа, причем отделяющее кислород устройство присоединено к отводному трубопроводу для направления отходящего газа из 15 кислородного сепаратора, и при этом в отводном трубопроводе предусмотрен газовый датчик для определения концентрации по меньшей мере одного компонента отходящего газа, и устройство управления для управления кислородным сепаратором на основании данных, определенных газовым датчиком.

Термин «кислородный сепаратор», который используется в настоящем документе, 20 может означать, в частности, прибор, который способен отделять кислород от кислородсодержащего газа. Следовательно, посредством кислородного сепаратора, исходя из кислородсодержащего газа, можно производить чистый или практически чистый кислород или, по меньшей мере, обогащенный кислородом газ.

Термин «отделяющее кислород устройство» может означать, в частности, активную 25 часть кислородного сепаратора. В нем может присутствовать, например, кислородоотделяющий сорбент, который может взаимодействовать с кислородсодержащим газом или с определенными составляющими последнего и, таким образом, может отделять кислород от кислородсодержащего газа посредством взаимодействия с по меньшей мере одной составляющей кислородсодержащего газа 30 кроме кислорода. Следовательно, отделяющее кислород устройство само по себе или, соответственно, его кислородоотделяющий сорбент способны отделять кислород от кислородсодержащего газа, в частности, в процессах сорбции, таких как процессы адсорбции. Таким образом, его можно использовать в качестве адсорбирующего слоя.

Кроме того, термин «первичная сторона отделяющего кислород устройства», который 35 используется в настоящем документе, может означать ту сторону или часть отделяющего кислород устройства, которая ориентирована в направлении, в котором кислородсодержащий газ направляется в отделяющее кислород устройство, в то время как термин «вторичная сторона отделяющего кислород устройства», который используется в настоящем документе, может означать ту сторону или часть отделяющего 40 кислород устройства, которая ориентирована в противоположном направлении, т.е. в ту сторону, на которой присутствует произведенный чистый кислород или обогащенный кислородом газ и направляется для желательного применения.

Кроме того, термин «кислородсодержащий газ», который используется в настоящем 45 документе, может означать любой газ, который по меньшей мере частично содержит газообразный кислород или который состоит из кислорода. При этом термин «обогащенный кислородом газ» означает, в частности, газ который имеет повышенную концентрацию кислорода по сравнению с кислородсодержащим газом и который может в предельном случае представлять собой чистый кислород.

Термин «регулирующее давление устройство» может означать любое устройство, которое способно создавать перепад давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства. Оно может представлять собой, например, сжимающее газ устройство, присоединенное к первичной стороне отделяющего кислород устройства, или вакуумный насос, присоединенный к вторичной стороне отделяющего кислород устройства.

Кроме того, термин «кислородоотделяющий сорбент» можно понимать как материал, который сорбирует, то есть адсорбирует или абсорбирует по меньшей мере одно вещество из кислородсодержащего газа, за исключением кислорода, намного лучше, чем кислород, и, таким образом, позволяет кислороду проходить, по меньшей мере, в большом количестве.

Кроме того, термин «продувочный газ» согласно настоящему изобретению означает газ, который является пригодным для использования в целях продувки отделяющего кислород устройства или, соответственно, его кислородоотделяющего сорбента в целях десорбции адсорбированных веществ, а значит, в целях регенерации. Например, продувочный газ может представлять собой обогащенный кислородом газ, получаемый отделяющими кислород устройствами.

Кроме того, термин «отходящий газ» означает газ, вытекающий из отделяющего кислород устройства в том случае, если оно находится в состоянии продувки. Таким образом, отходящий газ может, в частности, представлять собой «использованный» продувочный газ.

В примерном варианте осуществления кислородный сепаратор может включать по меньшей мере одно отделяющее кислород устройство, включающее, например, кислородоотделяющий сорбент для отделения кислорода от кислородсодержащего газа. Отделяющее кислород устройство может быть оборудовано газовым впуском на первичной стороне, присоединенным к впускному трубопроводу для направления потока кислородсодержащего газа в отделяющее кислород устройство, и газовым выпускником на вторичной стороне, присоединенным к выпускному трубопроводу для направления потока обогащенного кислородом газа из отделяющего кислород устройства. Вторичная сторона отделяющего кислород устройства можно быть дополнительно присоединена к источнику продувочного газа для направления продувочного газа через отделяющее кислород устройство, а первичная сторона отделяющего кислород устройства может быть присоединена к отводному трубопроводу для направления отходящего газа из кислородного сепаратора. Помимо этого, кислородный сепаратор может дополнительно включать направляющее газ устройство для создания потока кислородсодержащего газа в отделяющее кислород устройство и для создания потока обогащенного кислородом газа из отделяющего кислород устройства. Например, направляющее газ устройство может в одном примере быть регулирующим давление устройством для создания перепада давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства.

Кислородный сепаратор, аналогичный описанному выше, обеспечивает повышенную чистоту отделяемого кислорода, а также более эффективное и более быстрое управление в отношении регулирования в соответствии с изменением условий эксплуатации.

Для достижения этих целей кислородный сепаратор, аналогичный охарактеризованному выше, включает по меньшей мере одно отделяющее кислород устройство. Таким образом, он может включать только одно отделяющее кислород устройство или множество из более чем одного отделяющих кислород устройств. Например, отделяющее кислород устройство может включать два отделяющих кислород

устройства и, таким образом, может образовывать систему адсорбции при переменном давлении (PSA). Однако кислородный сепаратор может также образовывать систему вакуумной короткоцикловой адсорбции (VSA) или систему вакуумной короткоцикловой адсорбции при переменном давлении (VPSA).

- 5 Для целей отделения и согласно примерному варианту осуществления, отделяющее кислород устройство содержит кислородоотделяющий сорбент или, соответственно, заполнено им для отделения кислорода от кислородсодержащего газа. Таким образом, отделяющее кислород устройство может образовывать слой сита. При этом кислородоотделяющий сорбент способен отделять кислород от кислородсодержащего
- 10 газа посредством сорбции по меньшей мере одного компонента кислородсодержащего газа кроме кислорода или, по меньшей мере, лучше, чем кислорода. Этот признак соответствует общей конструкции системы адсорбция при переменном давлении, согласно которой используемый для разделения сорбент взаимодействует с по меньшей мере одним компонентом кислородсодержащего газа за исключением кислорода, или
- 15 лучше, чем с кислородом, и, таким образом, дает кислороду проходить. Этот признак позволяет по меньшей мере временно иммобилизовать один или более компонентов кислородсодержащего газа и в результате этого обеспечивать отделение кислорода от других компонентов кислородсодержащего газа. Например, кислородоотделяющий сорбент может быть предназначен для адсорбции азота, но в меньшей степени
- 20 взаимодействует или не взаимодействует с кислородом, чтобы позволить кислороду проходить и производить поток чистого или практически чистого кислорода или, соответственно, обогащенного кислородом газа, когда через него направляется поток кислородсодержащего газа, в частности такого, как воздух.

Неограничительные примеры кислородоотделяющих сорбентов представляют собой

25 цеолиты, такие как натриевые или литиевые цеолиты, например, сорбирующий материал, продаваемый под наименованием SXSDM фирмой СЕСА.

Чтобы направлять кислородсодержащий газ в отделяющее кислород устройство, это отделяющее кислород устройство, в частности, каждое присутствующее отделяющее кислород устройство, имеет газовый впуск на первичной стороне, присоединенный к

30 впускному трубопроводу для направления потока кислородсодержащего газа в отделяющее кислород устройство, а также имеет газовый выпуск на вторичной стороне, присоединенный к выпускному трубопроводу для направления потока обогащенного кислородом газа из отделяющего кислород устройства.

Газовый поток, в частности, поток кислородсодержащего газа в отделяющее кислород

35 устройство и поток обогащенного кислородом газа из отделяющего кислород устройства, может при этом создаваться посредством установки направляющего газ устройства, такого как регулирующее давление устройство, которое создает перепад давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства. Регулирующее давление устройство может представлять собой, например,

40 компрессор, расположенный на первичной стороне отделяющего кислород устройства, и/или оно может быть образовано вакуумным насосом, расположенным на вторичной стороне отделяющего кислород устройства.

Помимо создания перепада давления между первичной и вторичной сторонами отделяющего кислород устройства регулирующее давление устройство может, таким

45 образом, использоваться для перемещения кислородсодержащего газа из источника кислородсодержащего газа к газовому впуску, через отделяющее кислород устройство, а произведенного кислорода – через выпускной трубопровод к пользователю. Эта стадия осуществляется, в частности, в том случае, когда отделяющее кислород

устройство производит кислород и, таким образом, работает в режиме отделения кислорода или в режиме подачи соответственно.

Однако для отделяющих кислород устройств и их кислородоотделяющий сорбентов соответственно известно, что после определенного периода эксплуатации требуется

5 регенерация сорбирующего материала в целях десорбции сорбированных веществ, таких как, в частности, азот. Таким образом, известна эксплуатация кислородного 10 сепаратора или, соответственно, отделяющего кислород устройства в режиме продувки, когда продувочный газ направляется через отделяющее кислород устройство. Таким образом, вторичная сторона отделяющего кислород устройства, например, газовый 15 выпуск отделяющего кислород устройства, предпочтительно присоединяется к источнику продувочного газа для направления продувочного газа через отделяющее кислород устройство, и первичная сторона отделяющего кислород устройства, например, газовый впуск отделяющего кислород устройства, предпочтительно присоединяется к отводному трубопроводу для направления отходящего газа из кислородного сепаратора.

15 Таким образом, кислородный сепаратор разделяет кислородсодержащий газ, такой как воздух, по существу на азот и кислород в циклическом режиме эксплуатации. В первой фазе цикла кислородсодержащий газ поступает как «входящий поток» в отделяющее кислород устройство при подаче с повышенным давлением, азот задерживается, например, адсорбируется внутри данного устройства, а чистый кислород 20 собирается как выходящий «продукт». Во второй фазе цикла это отделяющее устройство регенерируется, т.е. продувочный газ, такой как, например, часть произведенного обогащенного кислородом газа, подается обратно в устройство при продувке с меньшим давлением, и ранее адсорбированный азот высвобождается как «отходящий газ» в окружающую атмосферу. Например, используются по меньшей мере два отделяющих 25 устройства, заполненных подходящим сорбентом, селективно отделяющим кислород: в то время как одно устройство находится в фазе «подачи», производя обогащенный кислородом газ при более высоком давлении, второе устройство, которое находится в фазе «продувки» при менее высоком давлении, регенерируется частью кислородного потока, произведенного, например, первым устройством. Через некоторое время 30 соответственно расположенные клапаны переключаются соответствующим образом, и оба устройства меняют свой режим работы.

Хорошо известное требование при использовании кислородных сепараторов заключается в приспособлении процесса к изменяющимся технологическим условиям, таким как температура окружающей среды, фактическая потребность в кислородным 35 потоке и/или состояние отдельных отделяющих устройств. Таким образом, кислородные концентраторы могут управляться электронным блоком, предпочтительно включающим микроконтроллер.

Авторы изобретения неожиданно обнаружили, что посредством обеспечения наличия газового датчика в отводном трубопроводе для определения концентрации по меньшей 40 мере одного конкретного газообразного компонента отходящего газа можно в значительной степени улучшить управление кислородным сепаратором и, таким образом, повысить чистоту и качество производимого обогащенного кислородом газа.

В частности, кислородный сепаратор, аналогичный описанному выше, может быть способным оценивать расходы и концентрации кислорода – усредненные по строго 45 ограниченному числу фаз цикла – во всех потоках, т.е. «входящем потоке», «потоке продукта» и «отходящем потоке». Таким образом, становится возможным составление полного баланса кислорода. По такому балансу кислорода становится возможным простое вычисление скорости, с которой суммарное количество содержащееся в

отделяющем устройстве кислорода уменьшается или увеличивается с течением времени. Эта скорость изменения суммарного количества «накопленного» кислорода представляет собой важное диагностическое средство для управления процессом разделения, т.е. сокращать до минимума требуемый подвод энергии, предотвращать «прорыв» фронта азота в поток «продукта» и/или предотвращать флюктуации чистоты кислорода в продукте. Кроме того, данное диагностическое средство работает намного быстрее, требуя временного разрешения ограниченного числа циклов процесса, чем другие технологические диагностические средства, основанные, например, только на содержании кислорода в потоке продукта, поскольку эти способы диагностики обычно 5 имеют времена реакции, составляющие порядка нескольких или даже нескольких десятков циклов процесса. В результате этого становится возможной диагностика накопления кислорода в отделяющем кислород устройстве, поскольку, даже несмотря на то, что соответствующие кислородоотделяющие сорбенты предназначены для взаимодействия с азотом и обеспечивают пропускание кислорода, например, 10 определенное количество кислорода каким-то образом накапливается в отделяющем кислород устройстве, а значит, становится обнаруживаемым.

Таким образом, концентрация газа в отходящем потоке кислородного сепаратора представляет собой более чувствительный и быстрее измеряемый параметр для управления кислородным сепаратором, а значит, например, для достижения или 20 сохранения требуемой чистоты кислорода по сравнению с концентрацией газа или, соответственно, чистотой кислорода в потоке продукта. Управление может осуществляться, например, устройством управления, которое является подходящим для регулирования расходов соответствующих потоков газов, для регулирования временных периодов фазы подачи и фазы продувки, для регулирования перепада 25 давления между первичной стороной и вторичной стороной, а также для других мер.

Кроме того, вследствие улучшенного и более эффективного управления, кислородный сепаратор, такой как описанный выше, может обеспечивать значительное улучшение надежности. Это объясняется тем, что даже в случае возникновения условий, которые могут потенциально снижать качество обогащенного кислородом газа, или даже просто 30 изменять качество, в результате чего получается менее определенный поток продукта, это можно компенсировать быстрым и эффективным управлением. Таким образом, кислородный сепаратор гарантирует улучшенные характеристики разделения даже после продолжительных сроков эксплуатации.

Таким образом, описанное выше улучшенное управление может быть реализовано 35 без дополнительного расходования энергии, так что кислородный сепаратор, аналогичный описанному выше, является также весьма экономичным в отношении энергии.

Таким образом, кислородный сепаратор или, соответственно, кислородный концентрататор, аналогичный описанному выше, обеспечивает улучшенное регулирование 40 произведенного обогащенного кислородом газа и, следовательно, повышенную надежность. Такой кислородный сепаратор может оказаться особенно пригодным для медицинских применений, таких как оказание медицинской помощи на дому, в частности, вследствие того, что особенно при применениях по уходу на дому отсутствуют 45 специально обученные пользователи, а также потому, что при медицинских применениях высокая надежность и повышенная чистота кислорода представляют собой значительные преимущества.

Согласно варианту осуществления газовый датчик представляет собой датчик кислорода или датчик азота. Что касается наличия датчика кислорода, то может быть

обеспечен очень простой и непосредственной анализ результатов измерений. Кроме того, данный вариант осуществления позволяет непосредственно производить данные, соответствующие тому веществу, информация о котором желательна, т.е. кислороду.

Можно предотвратить неблагоприятные воздействия, потенциально влияющие на анализ результатов измерений и приводящие к снижению качества измерений. Что касается использования датчика азота, то это может быть преимущественным вследствие того, что концентрация азота является относительно высокой, например, в том случае, где воздух используется в качестве кислородсодержащего газа.

Согласно следующему варианту осуществления во впускном трубопроводе или в

выпускном трубопроводе предусмотрен по меньшей мере один дополнительный измеритель. Например, такой измеритель может представлять собой газовый датчик или расходомер, или т.п. Согласно данному варианту осуществления может проводиться еще более эффективное и точное управление кислородным сепаратором. В частности, посредством сочетания измерителя в отводном трубопроводе с газовым датчиком во

впускном трубопроводе и/или в выпускном трубопроводе можно не только обнаруживать тенденции или относительные изменения качества произведенного обогащенного кислородом газа, но и можно определять более точные и объективные значения. Кроме того, может быть обеспечена повышенная безопасность вследствие того, что даже в том случае, когда один газовый датчик выходит из строя или

предоставляет неправильные данные, общее управление может все же оставаться возможным посредством использования дополнительных измерителей, таких как газовые датчики.

Согласно следующему варианту осуществления кислородный сепаратор выполнен в виде портативного прибора. Это можно реализовать, например, поместив его в

портативный футляр или аналогичный корпус, оборудованный, например, источником энергии. По существу, согласно изобретению, «портативный» может означать полностью независимый и самостоятельный вариант осуществления. Такой вариант осуществления, в свою очередь, означает, что в процессе использования не требуются никакие соединения с другими компонентами рядом с самим кислородным сепаратором, в том

числе с источником питания или с источником кислородсодержащего газа. В частности, не требуются никакие соединения со стационарными элементами в процессе эксплуатации, а значит, и в процессе производства кислорода. Такой портативный прибор может иметь ручку для его переноски, или он может быть помещен в приспособлении для ношения, таком как футляр, мешок, сумка и т.п. Портативные

кислородные концентраторы являются особенно чувствительными в отношении воздействия условий эксплуатации вследствие своего ограниченного пространства отделяющего кислород устройства или ограниченного количества отделяющего кислород материала соответственно. Например, что касается портативных кислородных концентраторов, такие воздействия, как примеси в отделяющем кислород материале,

изменение рабочих температур и т.д., могут в определенных обстоятельствах быстро приводить, например, к снижению селективности по кислороду. Следовательно, кислородный сепаратор согласно изобретению особенно выгоден для портативных приборов или для приборов, включающих небольшое отделяющее кислород устройство и/или ограниченное количество отделяющего кислород материала.

Согласно следующему варианту осуществления газовый датчик представляет собой оптический датчик. Такой оптический датчик, например, оптический датчик кислорода, может быть пригодным для обнаружения газов, таких как кислород, с очень высокой точностью, таким образом обеспечивая очень гибкое и точное управление. Кроме того,

газовые датчики этих типов обеспечивают очень быстрое измерение, таким образом также обеспечивая очень динамичное управление. В связи с этим, качество, такое как концентрация кислорода в произведенном кислородсодержащем газе, может также улучшаться по сравнению с множеством других датчиков. В качестве дополнительного 5 преимущества, оптический датчик может быть приспособлен к желательному применению, поскольку он может предназначаться для желательного интервала концентраций, а значит, может обеспечивать особенно высокую точность результатов измерений. Помимо этого, оптические датчики могут, как правило, использоваться в жидкостях, а также в газах, проявляя очень устойчивое поведение в отношении 10 присутствующих загрязняющих веществ. В результате этого, в частности, оптический газовый датчик может обеспечивать такие преимущества, как высокая точность, высокая надежность, низкое энергопотребление, низкая перекрестная чувствительность и короткое время отклика. В качестве иллюстративного и неограничительного примера, оптический датчик может быть селективным по кислороду и может быть выполнен из 15 или включать такое устройство, как волоконно-оптический измеритель кислорода «FireSting O2», поставляемый на продажу компанией Pyro Science GmbH. Этот оптический датчик, например, работает на основе тушения люминесценции при взаимодействии с O<sub>2</sub>.

Согласно следующему варианту осуществления устройства управления включает в 20 себя блок ввода для ручного управления кислородным сепаратором. Согласно этому варианту осуществления данные, определяемые газовым датчиком и/или дополнительными измерителями и, например, представляемые для пользователя посредством дисплея, могут быть применены пользователем для управления кислородным сепаратором вручную. Поэтому пользователь может управлять через 25 устройство ввода, регулируя расходы соответствующих потоков газов, регулируя период времени фазы подачи и фазы продувки, регулируя перепад давления между первичной и вторичной сторонами и другие меры.

Согласно следующему варианту осуществления может быть предусмотрен блок 30 управления, который присоединен к по меньшей мере одному из упомянутого газового датчика и упомянутого по меньшей мере одного дополнительного измерителя и который может предназначаться для управления кислородным сепаратором на основании данных, обеспечиваемых упомянутым по меньшей мере одним газовым датчиком. Блок управления может представлять собой единственное устройство управления, или он может присутствовать в качестве дополнения к описанному выше блоку ввода. Согласно 35 этому варианту осуществления, блок управления может снабжаться данными от газового датчика и/или дополнительных измерителей, а значит, данными от газового датчика, предусмотренного в отводном трубопроводе, и, в случае, если они присутствуют, данными от дополнительных измерителей, таких как, например, газовый датчик, предусмотренный в продуктопроводе или, соответственно, выпускном трубопроводе, 40 и/или во впускном трубопроводе. Блок управления может затем автоматически управлять работой кислородного сепаратора, аналогичного описанному выше, например, на основании хранящихся в нем протоколов или инструкций по управлению соответственно. Это обеспечивает самостоятельное регулирование кислородного сепаратора, которое всегда гарантирует, помимо прочего, наилучшее возможное 45 качество обогащенного кислородом газа и наименьшее возможное энергопотребление.

Что касается дополнительных преимуществ и технических признаков кислородного сепаратора, то они представлены в описании способа производства кислорода, на чертежах и в описании данных чертежей.

Кроме того, настоящее изобретение предлагает способ отделения кислорода от кислородсодержащего газа, включающий следующие стадии: осуществление стадии отделения кислорода, причем стадия отделения кислорода включает направление кислородсодержащего газа к первичной стороне отделяющего кислород устройства и производство потока кислорода через отделяющее кислород устройство посредством создания перепада давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства; продувка отделяющего кислород устройства до или после стадии отделения кислорода посредством направления продувочного газа через отделяющее кислород устройство от его вторичной стороны до его первичной 10 стороны и посредством направления отходящего газа через отводной трубопровод; определение концентрации по меньшей мере одного компонента в отводном трубопроводе; и управление кислородным сепаратором на основании этой определенной концентрации по меньшей мере одного компонента в отводном трубопроводе.

Способ, аналогичный описанному выше, обеспечивает значительно улучшенное

15 управление кислородным сепаратором, а значит, и чистоту и качество произведенного обогащенного кислородом газа или энергопотребление, например. В результате такой способ обеспечивает более чувствительную и быструю меру по достижению или поддержанию требуемой чистоты кислорода по сравнению с определением концентрации газа или чистоты кислорода, соответственно, в потоке продукта.

20 В частности, посредством обеспечения меры, аналогичной описанной выше, можно составлять полный баланс кислорода. При таком балансе кислорода становится возможным простое вычисление скорости, с которой уменьшается или увеличивается с течением времени суммарное количество кислорода, содержащегося в отделяющем устройстве. Эта скорость изменения суммарного количества «накопленного» кислорода 25 представляет собой важное диагностическое средство управления процессом разделения, т.е. чтобы минимизировать требуемый подвод энергии, предотвратить «прорыв» фронта азота в поток «продукта» и/или избежать флюктуации чистоты кислорода в продукте.

Таким образом, в соответствии с первой стадией, осуществляют стадию отделения кислорода, причем эта стадия отделения кислорода включает направление 30 кислородсодержащего газа к первичной стороне отделяющего кислород устройства и производство потока кислорода через отделяющее кислород устройство посредством создания перепада давления, например, с помощью компрессора или вакуумного насоса. Таким образом, данная стадия соответствует общеизвестной стадии отделения кислорода с использованием кислородного сепаратора, на которой кислородсодержащий газ 35 направляется в отделяющее кислород устройство, в котором другие составляющие кроме кислорода сорбируются на кислородоотделяющем сорбенте, а кислород направляется из отделяющего кислород устройства далее к пользователю.

Чтобы десорбировать сорбированные вещества из отделяющего кислород устройства или, соответственно, его кислородоотделяющего сорбента, отделяющее кислород 40 устройство продувают до или после стадии отделения кислорода посредством направления продувочного газа через отделяющее кислород устройство и посредством направления отходящего газа через отводной трубопровод. Эта стадия регенерации может также осуществляться посредством направляющего газа устройства, такого как компрессор или вакуумный насос, и, таким образом, она представляет собой 45 традиционную стадию, известную, например, из систем адсорбции при переменном давлении.

Чтобы обеспечить заданное качество обогащенного кислородом газа, определяют концентрацию по меньшей мере одного компонента и, в частности, по меньшей мере

одного газа в отводном трубопроводе. Кроме того, управляют кислородным сепаратором на основании этой определенной концентрации, такой как концентрация газа. Следовательно, концентрацию соответствующего газа используют для определения баланса кислорода, например, в целях определения того, работает кислородный

5 сепаратор в заданном режиме или же процесс нарушен, в частности, такими воздействиями, как температура и т.п. В результате этого кислородным сепаратором управляют улучшенным образом, обеспечивая повышенное качество произведенного обогащенного кислородом газа, при этом для такого управления требуется значительно уменьшенное количество времени.

10 Согласно варианту осуществления в отводном трубопроводе определяют концентрацию кислорода или концентрацию азота. Что касается измерения концентрации кислорода, то может быть очень легко и непосредственно осуществлен анализ результатов измерения. Кроме того, данный вариант осуществления позволяет непосредственно получать данные, соответствующие тому веществу, о котором 15 требуется информация, т.е. кислороду. Могут быть предотвращены неблагоприятные воздействия, потенциально влияющие на анализ результатов измерения, приводя к ухудшению качества результатов.

Согласно следующему варианту осуществления концентрацию по меньшей мере одного компонента газа в отводном трубопроводе измеряют и усредняют по одной 20 фазе продувки. Это обеспечивает весьма динамичное управление кислородным сепаратором вследствие того факта, что управление основано на результатах измерения только одной фазы продувки. В результате этого могут быть непосредственно определены неблагоприятные воздействия, ухудшающие качество обогащенного кислородом газа, обеспечивая весьма эффективное управление, прежде чем может 25 происходить значительное снижение качества. Это дополнительно обеспечивает значительное преимущество в отношении безопасности, особенно в том случае, когда кислородный сепаратор используется для медицинских применений, например, в области ухода на дому. Таким образом, этот вариант осуществления становится возможным, в основном, вследствие определения концентрации газа в отходящем потоке.

30 Согласно следующему варианту осуществления определяют, находится ли отделяющее кислород устройство в циклическом устойчивом состоянии, для управления кислородным сепаратором. Это представляет собой весьма эффективную меру по управлению кислородным сепаратором, имеющим стандартные условия, и, таким образом, уже без возникновения ошибки. Циклическое устойчивое состояние можно 35 понимать как такую ситуацию, при которой изменение количества кислорода, накопленного в кислородоотделяющем сорбенте, является постоянным. Оно представляет собой желательный режим эксплуатации кислородного сепаратора и может быть описано уравнением  $dv_{O_2}/dt = 0$ . Фактически, отделяющее кислород устройство сначала может находиться в фазе, на которой количество накопленного в 40 отделяющих кислород устройствах кислорода увеличивается, после которой достигается циклическое устойчивое состояние. Кроме того, может последовать фаза, на которой количество накопленного кислорода падает. В зависимости от состояния отделяющего кислород устройства, может быть выгодным управление. Определение текущего состояния отделяющего кислород устройства тем самым обеспечивает широкое 45 разнообразие возможностей управления.

Что касается дополнительных преимуществ и технических признаков способа производства кислорода, то они представлены в описании кислородного сепаратора, на чертежах и в описании этих чертежей.

Краткое описание чертежей

Эти и другие аспекты изобретения станут очевидными и разъяснятся при ознакомлении с описанными далее вариантами осуществления.

На чертежах:

- 5 фиг. 1 представляет схематическое изображение одного варианта осуществления кислородного сепаратора согласно изобретению;
- фиг. 2 представляет упрощенное изображение части следующего варианта осуществления кислородного сепаратора согласно изобретению;
- фиг. 3 представляет схематическую диаграмму, иллюстрирующую влияние 10 изменяющейся фазы подачи на концентрацию кислорода в отводном трубопроводе и в выпускном трубопроводе.

Подробное описание вариантов осуществления

- На фиг. 1 схематически представлен примерный вариант осуществления кислородного сепаратора 10 для производства кислорода. Кислородный сепаратор 10 можно 15 использовать для производства кислорода в отношении терапевтических применений, например, в области лечения ХОЗЛ. Кислородный сепаратор 10 может быть выполнен в виде стационарной установки, например, для использования его в больнице, или он может представлять собой портативный прибор, например, для использования его в области домашнего ухода. Однако кислородный сепаратор 10 можно, кроме того, 20 использовать по любому назначению, при котором требуется наличие чистого или практически чистого кислорода, например, в воздушных судах или для целей сварки. Такой кислородный концентратор, или кислородный сепаратор 10, соответственно, может быть выполнен на основе кислородного концентратора, такого как концентратор под наименованием SimplyGo, который поставляется на продажу компанией Philips 25 Resironics.

Кислородный сепаратор 10 по фиг. 1 включает в себя по меньшей мере одно отделяющее кислород устройство 12, которое способно отделять кислород от кислородсодержащего газа. Однако предпочтительно, чтобы кислородный сепаратор 10 включал по меньшей мере два отделяющих кислород устройства 12, 14, установленные 30 параллельно. Далее изобретение будет описано в отношении двух отделяющих кислород устройств 12, 14. Однако для специалиста в данной области техники является очевидным, что каждый признак может быть обеспечен соответствующим образом посредством использования только одного отделяющего кислород устройства 12 или более чем двух отделяющих кислород устройств 12, 14. Каждое отделяющее кислород устройство 12, 35 14 может быть выполнено как слой сита и может быть снабжено кислородоотделяющим сорбентом 16, 18. Кислородоотделяющий сорбент 16, 18 выполнен, в частности, с возможностью позволять проходить кислороду без существенного воспрепятствования его потоку, но с возможностью взаимодействовать с или, соответственно, адсорбировать другие компоненты, присутствующие в кислородсодержащем газе. Таким образом, в 40 том случае, когда в качестве кислородсодержащего газа используется воздух, оказывается предпочтительным, чтобы кислородоотделяющий сорбент 16, 18 был выполнен с возможностью адсорбции азота. Подходящие кислородоотделяющие сорбенты 16, 18 могут содержать цеолитный материал, такой как литиевый цеолитный материал. Однако может оказаться возможным использование любого подходящего 45 кислородоотделяющего сорбента 16, 18, известного в данной области техники, например, для применения в процессах с перепадом, таких как процессы адсорбции при переменном давлении или адсорбции в условиях переменного вакуума.

Впускной трубопровод 20 предназначен для направления потока

кислородсодержащего газа к газовому впуску 24 отделяющего кислород устройства 12 на его первичной стороне. Соответственно, впускной трубопровод 26 предназначен для направления потока кислородсодержащего газа к газовому впуску 28 отделяющего кислород устройства 14 на его соответствующей первичной стороне. Кроме того,

5 выпускные трубопроводы 30, 32 для направления обогащенного кислородом газа или, соответственно, чистого кислорода из отделяющих кислород устройств 12, 14 присоединены к газовым выпускам 34, 36 соответствующих отделяющих кислород устройств 12, 14.

Впускные трубопроводы 24, 26 отделяющих кислород устройств 12, 14 соединены

10 со впуском 38 кислородного сепаратора 10. К впуску 38 присоединен источник кислородсодержащего газа, такой как устройство хранения газа или воздух, окружающий кислородный сепаратор 10. Дополнительно, может быть предусмотрено регулирующее давление устройство 40 для создания перепада давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства 12, 14. Согласно

15 фиг. 1, регулирующее давление устройство 40 выполнено в виде компрессора для сжатия кислородсодержащего газа и его нагнетания через выпускные трубопроводы 42, 44, которые могут составлять часть или быть присоединенными к выпускным трубопроводам 24, 26 в отделяющие кислород устройства 12, 14. Таким образом, согласно настоящему изобретению, выражение «впускной трубопровод» означает один, несколько или все

20 из этих выпускных трубопроводов 42, 44, 24, 26. Ниже по потоку или выше по потоку относительно регулирующего давление устройства 40 может быть предусмотрен выпускной фильтр 46, чтобы обеспечить первую стадию очистки кислородсодержащего газа. В частности, из кислородсодержащего газа можно отфильтровывать, например, твердые частицы.

25 Чтобы обеспечить возможность периодического направления кислородсодержащего газа через отделяющие кислород устройства 12, 14, во выпускных трубопроводах 42, 44 могут быть предусмотрены выпускные клапаны 48, 50. Согласно изобретению клапан может представлять собой любое устройство, которое может обеспечивать газовый поток, задерживать газовый поток и/или регулировать величину газового потока.

30 Следовательно, закрывая клапан 50 и открывая клапан 48, можно направлять кислородсодержащий газ через первое отделяющее кислород устройство 12, в то время как кислородсодержащий газ можно направлять через второе отделяющее кислород устройство 14, открывая клапан 50 и закрывая клапан 48. Соответственно, клапан 52, такой как обратный клапан, может быть предусмотрен в выпускном трубопроводе 30,

35 а в выпускном трубопроводе 32 может быть предусмотрен клапан 54, такой как обратный клапан. При направлении кислородсодержащего газа через первое отделяющее кислород устройство 12 клапан 52 может открываться, в то время как клапан 54 может закрываться. Соответственно, при направлении кислородсодержащего газа через второе отделяющее кислород устройство 14 клапан 54 может открываться,

40 в то время как клапан 52 может закрываться.

Ниже по потоку относительно клапанов 52, 54 выпускные трубопроводы 30, 32 присоединены к кислородному накопителю 56 или, соответственно, газовому резервуару, чтобы накапливать произведенный кислород. Кислородный накопитель 56 может быть присоединен к выпускному трубопроводу 58, в котором может быть предусмотрен

45 регулятор 60 потока, чтобы регулировать поток чистого кислорода. Таким образом, согласно настоящему изобретению, выражение «выпускной трубопровод» означает один, несколько или все из этих выпускных трубопроводов 58, 30, 32. Кроме того, в выпускном трубопроводе 58 перед тем, как произведенный кислород направляется к

выпуску 64, может быть предусмотрен дополнительный фильтр 62. Из выпуска 64 произведенный обогащенный кислородом газ может направляться на желательное применение, например, пациенту.

Выпускной трубопровод 30 первого отделяющего кислород устройства 12 и

- 5 выпускной трубопровод 32 второго отделяющего кислород устройства 14 могут быть соединены выше по потоку относительно клапанов 52, 54 перекрестным трубопроводом 66, в котором может быть предусмотрен регулятор 68 расхода, такой как дроссельный или поточный регулятор. Это обеспечивает направление определенной части произведенного кислорода, например, произведенного в отделяющем кислород устройстве 12, 14, обратно через дополнительное отделяющее кислород устройство 14, 12, или наоборот, для целей продувки и, таким образом, для регенерации отделяющих кислород устройств 12, 14. В качестве альтернативы, вторичная сторона отделяющих кислород устройств 12, 14 может быть присоединена к дополнительному источнику продувочного газа, такому как резервуар, содержащий кислород высокой чистоты,
- 10 15 например, для направления продувочного газа через отделяющие кислород устройства 12, 14 соответственно. Для этой цели на первичных сторонах отделяющих кислород устройств 12, 14 предусмотрены отводные трубопроводы 70, 72, каждый из которых включает клапан 74, 76. Если продувочный газ, такой как обогащенный кислородом газ, направляется через отделяющие кислород устройства 12, 14 от их вторичной
- 20 25 стороны к их первичной стороне для целей регенерации, выходящий поток можно затем направлять селективно через отводные трубопроводы 70, 72. Кроме того, каждый из отводных трубопроводов 70, 72 может направляться к выпуску, или же они могут объединяться в один общий отводной трубопровод 73 и могут, таким образом, направляться в один общий выпуск 78.

Кроме того, может быть предусмотрено нагревательное устройство 80 для нагрева отделяющего кислород устройства 12, 14. Нагревательное устройство 80 может действовать на все отделяющее кислород устройство 12, 14, или же оно может нагревать только определенные области для целей регенерации. Как правило, может быть использовано любое нагревательное устройство 80, известное в данной области техники.

- 30 Например, могут быть предусмотрены нагревательные спирали.

Кроме того, в отводном трубопроводе 73 предусмотрен газовый датчик 82, такой как датчик кислорода или датчик азота, например, оптический датчик, для определения концентрации по меньшей мере одного компонента отходящего газа. Может оказаться предпочтительным, чтобы газовый датчик 82 был расположен в общем отводном

- 35 трубопроводе 73, как представлено на фиг. 1, или соответствующий газовый датчик может, в качестве дополнения или в качестве альтернативы, быть расположен в отводном трубопроводе 70 первого отделяющего кислород устройства 12 и/или в отводном трубопроводе 72 второго отделяющего кислород устройства 14. Кроме того и помимо газового датчика 82, расположенного в одном или более отводных
- 40 трубопроводах 70, 72, 73, измеритель 84, такой как датчик кислорода или датчик азота, или расходомер, может быть расположен в одном или более впускных трубопроводах 42, 44, и измеритель 86, такой как датчик кислорода или датчик азота, или расходомер, может быть расположен в одном или более выпускных трубопроводах 30, 32, 58 или, соответственно, продуктопроводах. Для управления кислородным сепаратором 10 на
- 45 основании данных, обеспечиваемых упомянутым по меньшей мере одним из газового датчика 82 и/или дополнительных измерителей 84, 86, может быть предусмотрено устройство управления, такое как автоматически работающий блок управления и/или блок ввода для ручного управления кислородным сепаратором, соединенное с по

меньшей мере одним из газового датчика 82 и дополнительных измерителей 84, 86. Управление кислородным сепаратором описывается по отношению к следующим чертежам.

Фиг. 2 представляет упрощенное изображение части кислородного сепаратора 10 согласно изобретению. В частности, на фиг. 2 примерным и неограничительным образом представлено отделяющее кислород устройство 12 со своим кислородоотделяющим сорбентом 16. Отделяющее кислород устройство 12 опять же присоединено на своей первичной стороне к впускному трубопроводу 20 и отводному трубопроводу 70, имея согласно этому варианту осуществления различные точки соединения, и на своей вторичной стороне – к выпускному трубопроводу 30 и к дополнительной продувочной линии 31. Посредством обеспечения наличия газового датчика 82 в отводном трубопроводе 70 и, возможно, измерителя 84 во впускном трубопроводе 44 и измерителя 86 в выпускном трубопроводе 30 может быть вычислен полный баланс кислорода, обеспечивающий возможность точного управления кислородным сепаратором 10 и, таким образом, продолжительностью периодов подачи и периодов продувки, расходами соответствующих газовых потоков, чистотой кислородсодержащего газа и т.д.

Кислородный сепаратор 10, аналогичный описанному выше, может позволять оценивать или, соответственно, определять расходы и концентрации кислорода – усредненные по строго ограниченному числу фаз цикла, такому как один полуцикл, а значит, и одна фаза продувки, – во всех потоках, таких как «входящий поток», «поток продукта» и «отходящий поток». Таким образом может быть составлен полный баланс кислорода. При таком балансе кислорода становится возможным простое вычисление, например, общей тенденции, а также абсолютной скорости, с которой уменьшается или увеличивается с течением времени суммарное количество кислорода, содержащегося в отделяющем устройстве.

В том примере, где измерители 84 и 86 представляют собой газовые датчики, это может быть реализовано в предположении того, что сумма кислорода во входящем потоке, а значит, в потоке кислородсодержащего газа, направляемом в отделяющее кислород устройство 12 в течение фазы подачи и определяемом газовым датчиком 84, в потоке продукта, а значит, в потоке обогащенного кислородом газа, покидающем отделяющее кислород устройство 12 в течение фазы подачи и определяемом газовым датчиком 86, и в отходящем потоке, а значит, в потоке отходящего газа, выходящем из отделяющего кислород устройства 12 в течение фазы продувки и определяемом газовым датчиком 82, является постоянным, по меньшей мере, в устойчивом состоянии. Это можно измерять соответствующим газовым датчиком 82 и дополнительными измерителями 84, 86, причем, согласно изобретению, газовый датчик в общем можно понимать как устройство, осуществляющее качественное, а также, возможно, количественное измерение соответствующего газа или, соответственно, газовых потоков. Описанное выше можно пояснить следующим уравнением:

$$\Phi_{in} yO_{2in} = \Phi_{pro} yO_{2pro} + \Phi_{ex} yO_{2ex} + dv_{O2}/dt, \text{ где } \Phi_{in} \text{ соответствует расходу кислородсодержащего газа, } yO_{2in} \text{ соответствует концентрации кислорода в кислородсодержащем газе, } \Phi_{pro} \text{ соответствует расходу обогащенного кислородом газа (газообразного продукта), } yO_{2pro} \text{ соответствует концентрации кислорода в обогащенном кислородом газе (газообразном продукте), } \Phi_{ex} \text{ соответствует расходу отходящего газа, } yO_{2ex} \text{ соответствует концентрации кислорода в отходящем газе, и } dv_{O2}/dt \text{ соответствует изменению количества кислорода, накопленного в отделяющем кислород устройстве}$$

12 или, соответственно, его кислородоотделяющем сорбенте 16. Желательный режим работы кислородного сепаратора 10 может представлять собой ситуацию, при которой достигается циклическое устойчивое состояние, а значит, когда  $d\text{v}_{\text{O}_2}/dt = 0$ . В том случае, когда измеряют концентрацию кислорода в отходящем потоке таким образом, как, например, усреднением за полуцикл или, соответственно, фазу продувки, можно непосредственно определять, работает ли отделяющее кислород устройство в таком циклическом устойчивом состоянии, или, если это предпочтительное состояние потеряно, необходимо принимать соответствующие меры. Это может наглядно представить следующим уравнением, описывающим концентрацию кислорода в отходящем потоке в циклическом устойчивом состоянии (CSS):

$$y\text{O}_{2\text{exCSS}} = [\Phi_{\text{in}} y\text{O}_{2\text{in}} - \Phi_{\text{pro}} y\text{O}_{2\text{pro}}] / \Phi_{\text{in}} - \Phi_{\text{pro}}$$

В результате, определив концентрацию кислорода в отводном трубопроводе 70, например, с точностью 0,1% и используя уравнение  $\Delta y\text{O}_{2\text{ex}} = y\text{O}_{2\text{ex}} - y\text{O}_{2\text{exCSS}}$  в качестве индикатора состояния сита, можно непосредственно определять состояние отделяющего кислород устройства. Это можно осуществлять качественно, исключительно посредством измерения концентрации кислорода в отходящем газе, или количественно, посредством дополнительного исследования других газов, аналогично тому, как описано выше.

Таким образом, зная концентрацию кислорода в отходящем газе, можно косвенно вычислить оценку расхода и концентрации кислорода, поступающих к пользователю. Становится возможным составление полного баланса кислорода. Зная этот баланс кислорода, возможно осуществлять диагностику значительно быстрее. Это объясняется тем, что чистота потока продукта изменяется очень медленно вследствие «буферного» объема отделяющего кислород устройства 12.

Далее фиг. 3 представляет относительную оценку состояния отделяющего кислород устройства 14. В частности, на фиг. 3 показана концентрация кислорода в отходящем газе  $y\text{O}_{2\text{ex}}$ , представленная как кривая А, вместе с концентрацией кислорода в обогащенном кислородом газе (газообразном продукте)  $y\text{O}_{2\text{pro}}$ , представленной как кривая В, в зависимости от времени. Можно видеть, что при изменении отдельных параметров кислородного сепаратора 10 изменение состояния отделяющего кислород устройства 12 можно наблюдать посредством определения концентрации кислорода в отходящем газе  $y\text{O}_{2\text{ex}}$  намного быстрее, чем посредством определения концентрации кислорода в обогащенном кислородом газе (газообразном продукте)  $y\text{O}_{2\text{pro}}$ . В частности, диаграмма на фиг. 3 показывает воздействие на соответствующие концентрации кислорода в случае, когда фазу подачи изменили с 2,5 с на 3,5 с при 650 с (точка а)) и с 3,5 с на 4,0 с при 950 с (точка б)). Можно четко видеть, что концентрация кислорода в отходящем газе сразу указывает на такое изменение, в то время как концентрация кислорода в газообразном продукте или обогащенном кислородом газе, соответственно, изменяется намного медленнее и является значительно менее чувствительной при индикации такого изменения в условиях отделения кислорода. Таким образом, оказывается возможным очень быстрое определение, например, того, работает ли отделяющее кислород устройство 12 в циклическом устойчивом состоянии, или же оно имеет увеличивающееся или уменьшающееся количество накопленного кислорода, причем в этом случае может быть включено управление для улучшения результатов отделения кислорода. При этом данный пример особенно полезен для определения общих трендов или, соответственно, тенденций отделяющего кислород устройства 12,

а также четко демонстрирует возможность очень быстрого управления с использованием способа и кислородного сепаратора согласно изобретению.

Хотя изобретение было подробно описано и проиллюстрировано в приведенном выше описании и на чертежах, такие иллюстрацию и описание следует рассматривать

5 в качестве иллюстративных или примерных, но не ограничительных; изобретение не ограничивается раскрытыми вариантами осуществления. Другие видоизменения описанных вариантов осуществления могут понять и реализовать специалисты в данной области техники при практическом применении заявленного изобретения в результате ознакомления с чертежами, описанием и прилагаемой формулой изобретения. В формуле 10 изобретения слова «включающий» и «содержащий» не исключают других элементов или стадий, а формы единственного числа не исключают множественного числа. Тот лишь факт, что некоторые меры представлены во взаимно различающихся зависимых пунктах формулы изобретения, не указывает на то, что не может с выгодой 15 использоваться сочетание этих мер. Любые условные обозначения в формуле изобретения не следует истолковывать как ограничивающие объем изобретения.

### (57) Формула изобретения

1. Кислородный сепаратор для производства потока обогащенного кислородом газа, включающий в себя:

20 по меньшей мере одно отделяющее кислород устройство (12, 14) для отделения кислорода от кислородсодержащего газа, причем

отделяющее кислород устройство (12, 14) присоединено к отводному трубопроводу (70, 72, 73) для направления отходящего газа, содержащего использованный продувочный газ, из кислородного сепаратора (10) через первичную сторону

25 отделяющего кислород устройства (12, 14), являющуюся той стороной, на которой кислородсодержащий газ направляется в отделяющее кислород устройство (12, 14),

в отводном трубопроводе (70, 72, 73) предусмотрен газовый датчик (82), включающий датчик кислорода, для определения концентрации кислородного компонента отходящего газа,

30 дополнительный газовый датчик (86), включающий датчик кислорода, предусмотрен в выпускном трубопроводе (30) для направления потока обогащенного кислородом газа из вторичной стороны отделяющего кислород устройства (12, 14), причем дополнительный газовый датчик (86) предназначен для определения концентрации кислородного компонента обогащенного кислородом газа, и

35 предусмотрено устройство управления для управления кислородным сепаратором на основании данных, определенных газовым датчиком (82) и дополнительным газовым датчиком (86).

2. Кислородный сепаратор по п. 1, также включающий в себя второй дополнительный газовый датчик (84), включающий датчик кислорода, предусмотренный во впускном трубопроводе (20) для направления потока кислородсодержащего газа в отделяющее кислород устройство (12, 14), причем второй дополнительный газовый датчик (84) 40 предназначен для определения концентрации кислородного компонента кислородсодержащего газа.

3. Кислородный сепаратор по п. 1 или 2, причем кислородный сепаратор (10) 45 выполнен в виде портативного прибора.

4. Кислородный сепаратор по п. 1 или 2, причем газовый датчик (82) включает в себя оптический датчик.

5. Кислородный сепаратор по п. 1 или 2, причем устройство управления включает в

себя блок ввода для ручного управления кислородным сепаратором.

6. Способ отделения кислорода от кислородсодержащего газа для производства потока обогащенного кислородом газа, включающий следующие стадии:

осуществление стадии отделения кислорода, причем стадия отделения кислорода

5 включает направление кислородсодержащего газа к первичной стороне отделяющего кислород устройства (12, 14) и производство потока кислорода через отделяющее кислород устройство (12, 14) посредством создания перепада давления между первичной стороной и вторичной стороной отделяющего кислород устройства (12, 14), причем вторичная сторона представляет собой ту сторону, на которой произведенный

10 обогащенный кислородом газ направляют из отделяющего кислород устройства;

продувка отделяющего кислород устройства (12, 14) до или после стадии отделения кислорода посредством направления продувочного газа через отделяющее кислород устройство (12, 14) от вторичной стороны к первичной стороне и посредством направления отходящего газа, содержащего использованный продувочный газ, через

15 отводной трубопровод (70, 72, 73);

определение концентрации кислородного компонента отходящего газа в отводном трубопроводе (70, 72, 73);

определение концентрации кислородного компонента обогащенного кислородом газа в выпускном трубопроводе; и

20 управление кислородным сепаратором на основании этих определенных концентраций кислородного компонента отходящего газа в отводном трубопроводе (70, 72, 73) и кислородного компонента обогащенного кислородом газа в выпускном трубопроводе.

7. Способ по п. 6, также включающий:

определение концентрации кислородного компонента кислородсодержащего газа

25 во впускном трубопроводе,

причем управление кислородным сепаратором дополнительно основано на этой определенной концентрации кислородного компонента кислородсодержащего газа во впускном трубопроводе.

8. Способ по любому из пп. 6 или 7, причем концентрацию газа в отводном

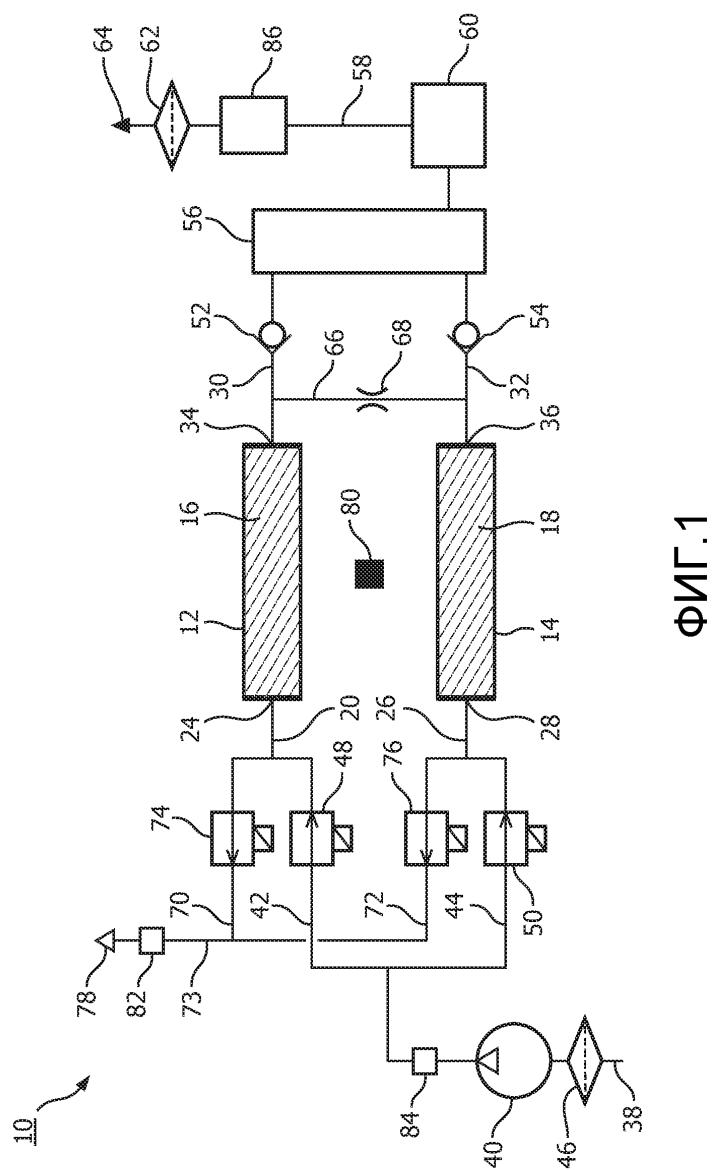
30 трубопроводе (70, 72, 73) измеряют и усредняют по одной фазе продувки.

9. Способ по п. 6 или 7, при этом определяют, находится ли отделяющее кислород устройство (12, 14) в циклическом устойчивом состоянии, для управления кислородным сепаратором (10), причем в циклическом устойчивом состоянии отделяющего кислород устройства изменение количества кислорода, накопленного в отделяющем кислород

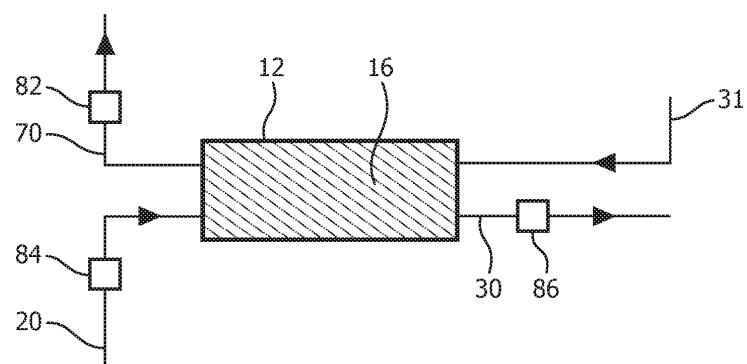
35 устройстве, является постоянным.

526773

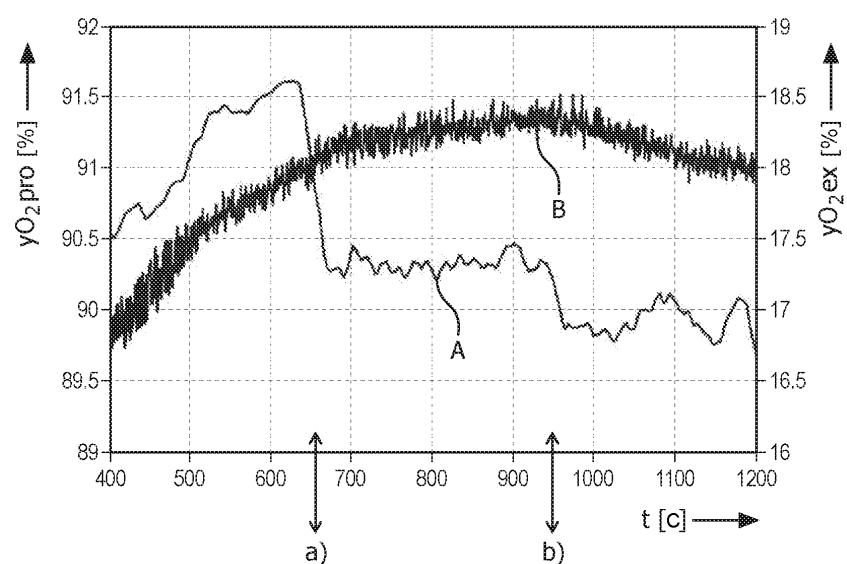
1/2



2/2



ФИГ.2



ФИГ.3