

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 875**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/04** (2006.01)

**A62B 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2014** E 14178611 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021** EP 2977093

54 Título: **Procedimiento de separación de dióxido de carbono del aire de respiración de un submarino**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.11.2021**

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)**  
**Willy-Messerschmitt-Straße 1**  
**82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**MATTHIAS, CARSTEN;**  
**JEHLE, WALTER y**  
**KERN, PETER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 877 875 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de separación de dióxido de carbono del aire de respiración de un submarino

Estado del arte

5 Por el documento EP 2 397 212 A1 ya se conoce un procedimiento para una separación de dióxido de carbono de una mezcla de gases. En este procedimiento se genera energía térmica, utilizada para la regeneración de un adsorbedor o absorbedor, mediante la combustión de un portador de energía que contiene hidrocarburos con oxígeno.

10 Por el documento US 3469934 A ya se conoce un procedimiento para la separación del dióxido de carbono del aire de respiración con un dispositivo de soporte vital en el que, en un primer paso del procedimiento, la mezcla de gases se aporta a una unidad de absorción a al menos una primera presión y en el que, en un segundo paso del procedimiento, una mezcla de gases se evacúa de la unidad de absorción a una segunda presión que es más alta en comparación con la primera.

El documento US 2010/0263534 A1 también revela un procedimiento para la separación del dióxido de carbono del aire.

15 El objetivo de la invención consiste especialmente en proporcionar un procedimiento para la separación de dióxido de carbono de una mezcla de gases formada por aire de respiración, con un dispositivo de soporte vital en un submarino a una presión elevada durante una regeneración de un adsorbedor o absorbedor con una alta eficiencia y una mejora de las características de ruido del submarino. La tarea se resuelve según la invención mediante las características de la reivindicación 1, mientras que otras configuraciones ventajosas y formas de realización perfeccionadas se describen en las reivindicaciones dependientes.

Ventajas de la invención

25 Se propone un procedimiento para la separación de dióxido de carbono de una mezcla de gases formada por aire de respiración con un dispositivo de soporte vital en un submarino, en el que, en un primer paso del procedimiento, la mezcla de gases se aporta a al menos una primera presión a una unidad de adsorción y/o absorción y, en un segundo paso del procedimiento, se evacúa una mezcla de gases de la unidad de adsorción y/o absorción a al menos una segunda presión, que es más alta que la primera. Los términos "primer paso de procedimiento" y "segundo paso de procedimiento" no excluyen en absoluto la posibilidad de realizar otros pasos de procedimiento adicionales entre el llamado primer paso de procedimiento y el llamado segundo paso de procedimiento. Por un "hábitat cerrado" debe entenderse un espacio vital al que, al menos en determinados estados de funcionamiento, no se puede suministrar aire desde su entorno, como suele ocurrir especialmente en los hábitats de los submarinos o también de las naves espaciales.

35 Mediante el cambio de presión propuesto, que también se puede definir como procedimiento de cambio de presión, se puede conseguir un rendimiento especialmente elevado o un procedimiento especialmente eficaz, sobre todo si la mezcla de gases se aporta a la unidad de adsorción y/o absorción en el primer paso del procedimiento al menos fundamentalmente a una presión inferior a la del ambiente, que a su vez corresponda con preferencia, al menos fundamentalmente, a una presión de cabina del hábitat y, por lo tanto, del submarino o de una cabina espacial (no abarcada por la invención). En este contexto, se entenderá por presión de cabina la presión en una cabina en la que, en principio, las personas pueden permanecer en el submarino o en la cabina espacial sin apoyo respiratorio ni trajes de presión. La presión ambiental de la unidad de adsorción y/o absorción corresponde con preferencia, al menos fundamentalmente, a una presión absoluta de 101,325 kPa<sub>abs.</sub> Por "al menos fundamentalmente" se entiende una desviación inferior al 30%, ventajosamente inferior al 20% y más con especial preferencia inferior al 10%. La segunda presión es preferiblemente al menos dos veces mayor, especialmente al menos cuatro veces mayor que la primera presión. Según la invención, la segunda presión es mayor que 5 bar<sub>abs.</sub> y con especial preferencia mayor que 10 bar<sub>abs.</sub>

45 Mediante la forma de realización según la invención, se puede lograr un procedimiento particularmente favorable desde el punto de vista energético, ya que el aumento de presión se puede producir al menos parcialmente, preferiblemente en su mayor parte o especialmente incluso por completo, en una fase líquida (las altas presiones se realizan por medio de agua y el uso de una bomba de alta presión). Se puede conseguir un control sencillo de los procesos, en particular mediante sensores de presión absoluta y con bajas pérdidas de aire. Una baja recirculación de dióxido de carbono durante una recirculación de aire se puede lograr por medio de una ventajosa separación de gases. Se pueden utilizar unidades de adsorción y/o absorción de bajo coste con geometrías sencillas y pocos componentes. De este modo se consigue que el dióxido de carbono húmedo separado presente una presión elevada y a bajas temperaturas, con lo que el dióxido de carbono puede ser secado de forma muy eficaz antes de ser aportado, por ejemplo, a un compresor para su compresión posterior. Además, se pueden ahorrar etapas del compresor y, por lo tanto, costes de construcción, espacio de instalación y peso, puesto que se puede obtener un dióxido de carbono ya comprimido previamente. Durante una misión submarina a poca profundidad de inmersión, se pueden mejorar las características de ruido del submarino al evitar el uso de un compresor para la compresión del dióxido de carbono.

55 Según la invención, se utiliza al menos un depósito a presión como unidad de adsorción y/o absorción, es decir, la unidad de adsorción y/o absorción utilizada comprende al menos un depósito a presión, por lo que se puede generar

ventajosamente una sobrepresión dentro del mismo. Por "depósito a presión" debe entenderse un recipiente previsto para este fin y diseñado específicamente de modo que, dentro del depósito a presión, se pueda generar una sobrepresión, de acuerdo con la invención, una presión superior a 5 bar<sub>abs.</sub> y, con especial preferencia, superior a 10 bar<sub>abs.</sub> y que el recipiente pueda soportar esta presión interna.

5 De acuerdo con la invención, se propone que, para aumentar la presión dentro de la unidad de adsorción y/o absorción, la unidad de adsorción y/o absorción se caliente. Mediante el calentamiento se puede lograr un aumento efectivo de la presión y, en particular, se puede favorecer la desorción del dióxido de carbono. Según la invención se propone que al menos una unidad de adsorción y/o absorción se caliente con vapor sobrecalentado. Para ello se puede utilizar preferiblemente una fuente de vapor sobrecalentado de un submarino y/o una bomba y un evaporador para la  
10 generación de vapor sobrecalentado.

Se propone además que al menos una unidad de adsorción y/o absorción se caliente eléctricamente, con lo que se pueden ajustar fácilmente temperaturas específicamente deseadas. De forma especialmente ventajosa, el calentamiento eléctrico también se puede combinar con otro tipo de calentamiento, por ejemplo, con el calentamiento por medio de vapor sobrecalentado y/o el calentamiento por medio de un fluido portador de calor que calienta el  
15 recipiente de adsorción y/o absorción, para lo que el fluido se conduce por las paredes del recipiente de adsorción y/o absorción conforme al principio de un intercambiador de calor.

Según la invención se propone que, para aumentar la presión dentro de la unidad de adsorción y/o absorción, se introduzca un fluido en la unidad de adsorción y/o absorción, preferiblemente en un espacio interior del depósito a presión de la unidad de adsorción y/o absorción, en el que también se dispone el material de adsorción y/o absorción.  
20 De esta forma se pueden alcanzar especialmente de manera ventajosa altas presiones dentro de la unidad de adsorción y/o absorción. Se pueden emplear diferentes fluidos que el experto en la materia considere convenientes. Sin embargo, el suministro de vapor sobrecalentado, agua caliente y/o dióxido de carbono a la unidad de adsorción y/o absorción resulta especialmente ventajoso.

Según la invención, en el primer paso de procedimiento, la mezcla de gases se aporta a la unidad de adsorción y/o absorción a al menos una primera temperatura y en el segundo paso de procedimiento, la mezcla de gases que se va a descargar se evacúa de la unidad de adsorción y/o absorción a al menos una segunda temperatura superior a la primera. La primera temperatura varía preferiblemente entre los 5°C y 50°C, más especialmente entre los 10°C y 40°C y sobre todo entre los 15°C y 30°C. Con preferencia, la segunda temperatura es superior a 70°C, preferiblemente superior a 80°C y con especial preferencia superior a 90°C.  
25

Si un gas, en particular el dióxido de carbono se reconduce a la unidad de adsorción y/o absorción para su concentración en la unidad de adsorción y/o absorción, en particular del material de adsorción y/o absorción, se pueden alcanzar ventajosamente altas presiones y el dióxido de carbono se puede extraer especialmente de la unidad de adsorción y/o absorción a altas presiones. En este contexto, se entiende por "gas" una mezcla de gases o también un gas puro. De forma especialmente ventajosa, también se puede llevar a cabo una concentración en varias fases, en  
35 la que la presión se puede aumentar todavía más. En este caso, el dióxido de carbono se reconduce en al menos dos etapas, es decir, en una primera etapa desde una primera unidad de adsorción y/o absorción a una segunda unidad de adsorción y/o absorción y en al menos una segunda etapa desde la segunda unidad de adsorción y/o absorción a una tercera unidad de adsorción y/o absorción.

De acuerdo con la invención, el dióxido de carbono se descarga directamente desde al menos una unidad de adsorción y/o absorción sin compresión posterior ni uso de un compresor, es decir, directamente desde un submarino, con lo que la eficiencia puede aumentar aún más. Esto se puede llevar a cabo especialmente a poca profundidad de inmersión del submarino.  
40

Por otra parte, se propone que en al menos una unidad de adsorción y/o absorción se instale al menos un compensador de volumen previsto para garantizar una compactación de un material de adsorción y/o absorción de la unidad de adsorción y/o absorción. Se puede facilitar un hinchamiento del material de adsorción y/o absorción y, garantizar, no obstante, una compactación, así como la estabilidad dimensional del material de adsorción y/o absorción, en particular de una resina adsorbente y/o una resina adsorbente, en concreto especialmente en una atmósfera de vapor de agua. El compensador de volumen puede comprender diversos elementos que el experto considere convenientes, por ejemplo, un volumen de gas comprimible, elementos elásticos deformables, elementos de retención, etc. De manera especialmente ventajosa el compensador de volumen comprende al menos un elemento elástico mecánico. Por "elemento elástico mecánico" ha de entenderse especialmente un resorte que comprende un material elástico no gaseoso. En principio, se pueden concebir diversos resortes que el experto considere convenientes, como resortes de tracción, etc., pero se emplea especialmente un resorte de compresión, y en particular un resorte de compresión helicoidal, preferiblemente un resorte de compresión helicoidal metálico. Con preferencia,  
45 el compensador de volumen puede comprender al menos un fuelle para proporcionar una pared de limitación apoyada ventajosamente de forma móvil para el material adsorbente y/o absorbente. Además, el compensador de volumen comprende al menos una placa perforada, en particular una chapa perforada, y/o una malla metálica, que sirve preferiblemente de pared de limitación para el material de adsorción y/o absorción. Por "previsto" se entiende, en particular, especialmente diseñado y/o equipado. Por el hecho de que un objeto esté destinado a realizar una función específica, se entiende en particular que el objeto realiza y/o ejecuta esta función específica en al menos un estado  
50 de aplicación y/o de funcionamiento.  
55  
60

En otra forma de realización de la invención se propone que la mezcla de gases se introduzca en la unidad de adsorción y/o absorción en una primera dirección de flujo principal y se guíe a través de un material de adsorción y/o absorción, que se encuentra en la unidad de adsorción y/o absorción en una segunda dirección de flujo principal que difiere fundamentalmente de la primera dirección de flujo principal, con lo que se pueden garantizar ventajosamente pérdidas de presión reducidas. Para este fin la unidad de adsorción y/o absorción presenta preferiblemente un elemento de desviación de flujo previsto para desviar la mezcla de gases introducida en la primera dirección hacia una segunda dirección de flujo principal que es fundamentalmente diferente a la primera dirección de flujo principal a través del material de adsorción y/o absorción, que se encuentra en la unidad de adsorción y/o absorción. Por una segunda dirección de flujo principal, que difiere fundamentalmente de la primera dirección de flujo principal, debe entenderse en particular que las direcciones de flujo principales forman un ángulo mayor de 30° y preferiblemente mayor de 45°, en especial, al menos fundamentalmente un ángulo de 90°. En este contexto, una "dirección de flujo principal" debe entenderse especialmente como una dirección de un flujo neto, sobre todo como una dirección de un transporte de masa medio en un flujo.

Además, se puede ahorrar energía y, por lo tanto, aumentar la eficiencia mediante la transferencia de energía térmica desde una unidad de adsorción y/o absorción a al menos otra unidad de adsorción y/o absorción y/o mediante la transferencia de energía de presión desde una unidad de adsorción y/o absorción a al menos otra unidad de adsorción y/o absorción. En este caso, varias unidades de adsorción y/o absorción, en particular tubos de adsorción y/o tubos de absorción se conectan preferiblemente entre sí para formar una instalación. Algunas de las unidades de adsorción y/o absorción pasan con un segundo desplazamiento, preferiblemente en alternancia constante, primero por una fase de adsorción y/o absorción y posteriormente por una fase de regeneración, posibilitando así la integración del cambio de presión y al menos una integración de calor parcial en la instalación.

En principio, se puede pensar en diversos materiales adsorbentes y/o absorbentes que el experto considere apropiados, en particular, materiales adsorbentes y/o absorbentes líquidos o gaseosos. Sin embargo, de forma especialmente ventajosa, se utiliza al menos un adsorbente de cuerpos sólidos y/o un absorbente de cuerpos sólidos, sobre todo un adsorbente y/o adsorbente de resina. Se prefiere especialmente una amina, y con preferencia una amina sólida. El material adsorbente y/o adsorbente presenta preferiblemente una selectividad en condiciones estándar, es decir, a una temperatura de 25°C y una presión de 1 bar<sub>abs.</sub>, superior a 100, especialmente superior a 150 y preferiblemente superior a 200. Por "selectividad" debe entenderse una relación de carga, en particular una relación de carga entre CO<sub>2</sub> y aire. El material de adsorción y/o absorción se utiliza preferiblemente en forma de material a granel. Por "material a granel" ha de entenderse en este contexto especialmente una mezcla de material granulado y/o en trozos que se pueda verter. Con una amina sólida se pueden conseguir ventajosamente bajas temperaturas de regeneración. Además, se puede conseguir una larga vida útil. Sin embargo, como alternativa a una amina, en principio también son concebibles tamices moleculares, por ejemplo, de carbón activado, etc.

Adicionalmente se propone que se bombee un fluido portador de calor para el calentamiento de al menos una unidad de adsorción y/o absorción en un circuito de calor. El fluido portador de calor se conduce ventajosamente por la parte exterior alrededor de los elementos de adsorción y/o absorción, preferiblemente por la parte exterior de los tubos de adsorción y/o absorción, y se bombea en el circuito de calor. Varios tubos de adsorción y/o absorción se pueden integrar ventajosamente en un intercambiador de calor de haz de tubos, en el que el fluido portador de calor fluye a través de un espacio de camisa de los tubos de adsorción y/o absorción o fluye alrededor de las camisas de los tubos de adsorción y/o absorción. Mediante una configuración correspondiente, el grado de eficiencia se puede optimizar aún más.

También se propone que la recuperación de aire de al menos una unidad de adsorción y/o absorción se realice mediante al menos una bomba de vacío, y preferiblemente al principio de una fase de regeneración, con lo que se pueden conseguir una recuperación de aire muy sencilla y pérdidas de aire reducidas. Por otra parte, la correspondiente recuperación de aire mediante una bomba de vacío se puede ajustar fácilmente empleando técnicas de medición y regulación.

En otra variante de realización, que no corresponde a la invención, se propone que el dióxido de carbono previamente comprimido se seque después de su descarga de al menos una unidad de adsorción y/o absorción y que posteriormente se vuelva a comprimir. Se utiliza preferiblemente un intercambiador de calor de condensación, es decir, un intercambiador de calor en el que el calor se disipa al entorno especialmente por condensación. Al secar el gas en el intercambiador de calor a una presión elevada, se puede conseguir ventajosamente una pequeña cantidad de agua residual en el gas antes de la posterior compresión en un compresor. De este modo, se pueden utilizar compresores más económicos y con una vida útil más larga. El secado se produce preferiblemente a una presión elevada, especialmente a una presión superior a 4 bar<sub>abs.</sub>

Se propone igualmente que el dióxido de carbono se disuelva con ayuda de un depurador de agua a presión en un líquido, especialmente agua, con lo que se evita el uso de un compresor y se ahorra energía.

También se puede ahorrar energía si una presión de gas residual, en particular al final de una regeneración, en al menos una unidad de adsorción y/o absorción se descarga, en al menos un paso de procedimiento, en un depósito de líquido, especialmente en un depósito de agua. El líquido en el depósito de líquido se puede precalentar ventajosamente, lo que permite conseguir una integración de calor ventajosa. El dióxido de carbono se puede disolver así ventajosamente en el líquido, en particular en el agua. En este caso, el líquido se puede utilizar ventajosamente como agua de alimentación para un evaporador en regeneraciones posteriores. En una evaporación del líquido, el

dióxido de carbono disuelto en el líquido se libera de nuevo, por lo que se introduce una mezcla de dióxido de carbono/vapor en la unidad de adsorción y/o absorción, con lo que se consigue una presión ventajosamente alta en la unidad de adsorción y/o absorción.

5 Se propone también un dispositivo para la puesta en práctica de un procedimiento según la invención con al menos una primera unidad de adsorción y/o absorción.

La unidad de adsorción y/o absorción comprende al menos un depósito a presión, en el que se dispone el material de adsorción y/o absorción de la unidad de adsorción y/o absorción, por lo que se puede crear una sobrepresión ventajosa en la unidad de adsorción y/o absorción. El coste de energía para una compresión tras la unidad de adsorción y/o absorción se puede al menos reducir o incluso evitarse completamente. El depósito a presión puede estar formado por diversos componentes que el experto considere convenientes, por ejemplo, depósitos a presión angulares, depósitos a presión redondos, etc.. Sin embargo, de manera especialmente ventajosa el depósito a presión está formado, al menos parcialmente, por un tubo, y preferiblemente, al menos parcialmente, por un tubo de presión cilíndrico.

Dibujos

15 Otras ventajas se desprenden de la siguiente descripción de los dibujos. En los dibujos se ilustran formas de realización de la invención. Los dibujos, la descripción y las reivindicaciones contienen numerosas características combinadas. El experto en la materia también contemplará las características convenientemente por sí solas y las combinará para formar otras combinaciones adecuadas.

Se muestra en la:

20 Figura 1 una sección de un dispositivo según la invención con un tubo de absorción representado esquemáticamente;

Figura 2 una representación esquemática del dispositivo según la invención con un compresor de dióxido de carbono;

Figura 3 una representación esquemática de un dispositivo alternativo según la invención con un lavador de agua a presión;

25 Figura 4 una representación esquemática de un dispositivo alternativo según la invención con una fuente de vapor sobrecalentado;

Figura 5 una representación esquemática de un dispositivo alternativo según la invención sin fuente de vapor;

Figura 6 una secuencia de procedimiento representada de forma esquemática con los distintos pasos de procedimiento durante un ciclo de funcionamiento y

30 Figura 7 una sección de un dispositivo según la invención con un tubo de absorción alternativo representado esquemáticamente.

Descripción de las formas de realización

La figura 1 muestra una sección de un dispositivo de soporte vital para la realización de un procedimiento según la invención. Para una separación del dióxido de carbono de una mezcla de gases 10a, concretamente del aire de respiración en un hábitat cerrado 108a de un submarino 102a, cuya pared exterior 104a se insinúa, el dispositivo comprende varias unidades de absorción 14a conectadas entre sí (figuras 1, 2 y 6). Las unidades de absorción individuales 14a se someten a una primera etapa de procedimiento 12a, a saber, una fase de absorción (AP), y posteriormente a una segunda etapa de procedimiento 16a, a saber, una fase de regeneración (RP), de manera diferida en el tiempo en alternancia continua (figura 6). Para simplificar la ilustración, sólo se muestra una de las unidades de absorción 14a, siendo las otras unidades de absorción, que no se muestran en detalle, de construcción idéntica a la unidad de absorción 14a representada. La unidad de absorción 14a comprende un depósito a presión 44a, a saber, un tubo de absorción cilíndrico, en el que se dispone el material absorbente de la unidad de absorción 14a. Como unidad de absorción 14a se utiliza el depósito a presión 44a. En el depósito a presión 44a se utiliza un absorbente sólido 28a, es decir, el material absorbente está formado por un material sólido, a saber, una resina a granel. En el caso de la resina se trata de una resina de amina sólida.

45 La unidad absorbente 14a comprende un compensador de volumen 34a, que se prevé y se utiliza para asegurar la compactación del material absorbente de la unidad absorbente 14a. El compensador de volumen 34a presenta un fuelle 46a dispuesto en el tubo de absorción. El fuelle 46a se conecta con su primer extremo 48a de forma fija al tubo de absorción, y se une con su segundo extremo 50a a una placa perforada 52a dispuesta de forma móvil dentro del tubo de absorción del compensador de volumen 34a. El fuelle 46a está hecho de politetrafluoroetileno. No obstante, en principio también son concebibles otros materiales que al experto considere apropiados. El compensador de volumen 34a comprende además elementos elásticos mecánicos 42a que cargan la placa perforada 52a en dirección del material absorbente. Los elementos elásticos 42a se apoyan con sus primeros extremos 58a en una tapa 60a de la unidad de absorción 14a, mediante la cual el tubo de absorción se cierra por su primer extremo. Entre la tapa 60a y el tubo de absorción se dispone una junta, no mostrada en detalle, concretamente una junta doble. Por su segundo extremo, el tubo de absorción está cerrado por medio de un fondo 62a. La tapa 60a y el fondo 62a se atornillan respectivamente con una brida exterior 64a, 66a fijada al tubo de absorción. Los elementos elásticos 42a están formados por resortes de compresión helicoidales metálicos. En una dirección opuesta a la placa perforada 52a

dispuesta de forma móvil, el material absorbente se apoya en una segunda placa perforada 56a fijada en el tubo de absorción. Las placas perforadas 52a, 56a se refuerzan respectivamente con una malla metálica integrada. Mediante el compensador de volumen 34a se puede garantizar un cambio de volumen 54a o un hinchamiento del material absorbente en el tubo de absorción, pudiéndose garantizar, no obstante, una compacidad ventajosa del material absorbente o de la masa. Con ayuda del fuelle 46a se puede evitar ventajosamente la fricción entre la placa perforada 52a y un lado interior del tubo de absorción.

En el primer paso de procedimiento 12a, es decir, en la fase de absorción, la mezcla de gases 10a, es decir, el aire de respiración se aporta por medio de un soplador 68a a una primera presión y a una primera temperatura a la unidad de absorción 14a y pasa a través del tubo de absorción y a través del material de absorción, es decir, el material a granel (figuras 1 y 2). La primera presión corresponde a una presión ambiente de la unidad de absorción 14a. Además, la primera temperatura corresponde a una temperatura ambiente de la unidad de absorción 14a.

Para el control del dispositivo, éste presenta varias válvulas V1 - V9, estando las válvulas V1 y V2 abiertas para la aportación del aire de respiración por medio del soplador 68a. Las demás válvulas V3 - V9 están cerradas. En la fase de absorción, el CO<sub>2</sub> se une al material absorbente y el material absorbente húmedo se seca y se enfría tras una fase de regeneración (RP) realizada previamente. El dispositivo presenta un intercambiador de calor de condensación 70a conectado delante de la unidad de absorción 14a. Al final de la fase de absorción (AP), el aire frío, proporcionado por el intercambiador de calor de condensación 70a, puede pasar a través del material de absorción o del lecho para lograr la mayor carga posible de CO<sub>2</sub> del material de absorción al final de la absorción a una temperatura baja. La temperatura durante la fase de absorción (AP) se controla y vigila mediante un sensor de temperatura T1. El aire a la salida de la unidad de absorción 14a se enfría y seca mediante otro intercambiador de calor de condensación 72a conectado detrás de la unidad de absorción 14a. El dispositivo comprende además otro intercambiador de calor de condensación 84a, cuya función se describirá más adelante. Los intercambiadores de calor de condensación 70a, 72a, 84a del dispositivo están conectados a los circuitos de refrigeración del submarino 102a y son alimentados con agua de refrigeración 32a, 90a, 98a. El agua condensada 74a, 76a, 100a se descarga desde los intercambiadores de calor de condensación 70a, 72a, 84a. Con preferencia, todos los intercambiadores de calor de condensación 70a, 72a, 84a del dispositivo se conectan a los circuitos de refrigeración del submarino 102a. El circuito de refrigeración asignado al intercambiador de calor 70a también puede funcionar en modo bypass.

La fase de regeneración (RP) del material de absorción que sigue a la fase de absorción (AP) comprende los siguientes pasos de procedimiento (figura 6):

I. Cierre de las válvulas V1 y V2 y apertura de la válvula V3:

En primer lugar, se aspira, mediante una bomba de vacío 36a, el aire que se encuentra en un volumen de cavidad del material, reconduciéndolo al hábitat 108a del submarino 102a. Una recuperación de aire realizada de este modo se cronometra midiendo una presión absoluta en el tubo de absorción por medio de un sensor de presión absoluta P1.

II. Aportación de vapor y aportación de CO<sub>2</sub>:

A continuación, se introduce una mezcla 78a de vapor y CO<sub>2</sub> en la unidad de absorción evacuada y fría 14a a temperaturas no superiores a 110°C. La mezcla 78a se aporta desde una segunda unidad de absorción no mostrada en detalle a la unidad de absorción 14a. Para ello, se cierra en primer lugar la válvula V3 y se abre después la válvula V8, a través de la cual se aporta la mezcla 78a a la unidad de absorción 14a. En este proceso, la segunda unidad de absorción, no mostrada con detalle, ha completado previamente una fase de regeneración, de modo que en esta unidad de absorción, no mostrada en detalle, se registran una presión alta, preferiblemente superior a 5 bar<sub>abs.</sub>, y una temperatura elevada, preferiblemente superior a 90°C, con lo que se consiguen la integración del cambio de presión y la integración parcial del calor, de modo que la energía térmica 20a y la energía de presión 24a se transfieran desde la unidad de adsorción, no representada detalladamente, a la unidad de absorción 14a (figuras 2 y 6). El CO<sub>2</sub> es reconducido por la unidad de absorción no mostrada en detalle especificada a la unidad de absorción 14a para su concentración. Una temperatura de entrada del vapor se controla mediante un sensor de temperatura T2. Como consecuencia de la absorción de CO<sub>2</sub> en el material de absorción frío en la unidad de absorción 14a se libera calor de absorción adicional, que se aprovecha para el calentamiento adicional de la unidad de absorción 14a.

III. Aportación de vapor caliente:

A continuación, se inyecta vapor caliente 30a, es decir, vapor sobrecalentado, en la unidad de absorción 14a, concretamente en un espacio interior del depósito a presión 44a en el que también se encuentra el material de absorción, mediante una bomba de alta presión 80a que recibe agua de un depósito de líquido 40a y la aporta a un evaporador de alta presión 82a, con lo que se calienta aún más la unidad de absorción 14a y el material de absorción situado en ella y se aumenta todavía más la presión. La válvula V4 está abierta y las demás válvulas V1 - V3 y V5 - V9 están cerradas. La temperatura de entrada de vapor se regula a través de un sensor de temperatura T2 en combinación con un sensor de presión P2, con la bomba de alta presión 80a y el evaporador de alta presión 82a. Por medio de un frente de vapor introducido y un calentamiento adicional del material de absorción, el CO<sub>2</sub> se desorbe y se establece inicialmente una presión de gas de vapor de agua/CO<sub>2</sub> en la unidad de absorción 14a, concretamente en el tubo de absorción, de aproximadamente 1,5 bar<sub>abs.</sub>

A una temperatura de entrada de vapor de 110°C, como máximo, a partir de una presión superior a 1,5 bar<sub>abs.</sub>, ya no se introduce vapor sino sólo agua caliente en el tubo de absorción. Sin embargo, el agua caliente introducida sigue calentando el tubo de absorción, el volumen de gas libre en el tubo de absorción se reduce y el CO<sub>2</sub> es expulsado/desplazado del material de absorción. El CO<sub>2</sub> no puede disolverse de forma apreciable en el agua a las altas temperaturas que se alcanzan, especialmente a más de 90°C. A causa del agua el material de absorción, en concreto la resina, se hincha más, lo que provoca una expansión del volumen del material de absorción o del material a granel, por lo que el volumen de gas libre se reduce adicionalmente y la presión en el tubo de absorción aumenta aún más. Además, a medida que la absorción de agua de la resina aumenta, la capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> de la resina disminuye. Se puede influir en el aumento de presión durante esta fase regulando el caudal másico de agua caliente.

A partir de una determinada presión en la unidad de absorción 14a, en función de una profundidad de inmersión del submarino 102a, el CO<sub>2</sub> húmedo se presiona directamente por la borda, es decir, a través de la pared exterior 104a del submarino 102a, sin compresor y, por lo tanto, sin compresión posterior (la válvula V5 está abierta), o bien el CO<sub>2</sub> húmedo y ya parcialmente comprimido (la válvula 6 está abierta, la válvula 5 está cerrada) se seca primero con un intercambiador de calor de condensación 84a a baja temperatura, en particular a menos de 20°C, y a alta presión, en particular a más de 5 bar<sub>abs.</sub> para ser comprimido posteriormente de nuevo por un compresor compacto 38a y descargado a través de las válvulas abiertas V6 y V7 (válvula V5 cerrada). El flujo de gas de CO<sub>2</sub> se regula mediante los sensores de presión P3 así como P4 y a través de la posición de las válvulas V5 - V7. En el segundo paso de procedimiento 16a, es decir, al final de la fase de regeneración (RP), se descarga una mezcla de gases 18a desde la unidad de absorción 14a a una segunda presión que es mayor que la primera presión a la que se aportó mezcla de gases 10a en el primer paso de procedimiento 12a, es decir, en la fase de absorción (AP). Además, en el segundo paso de procedimiento 16a, la mezcla de gases 18a se descarga a una segunda temperatura que es más alta que la primera temperatura a la que la mezcla de gases 10a se aportó a la unidad de absorción 14a en el primer paso de procedimiento 12a. En principio, también es concebible que se pueda prescindir completamente del compresor 38a.

#### IV. Integración de cambios de presión e integración parcial de calor:

Al final de la fase de regeneración (RP), una fase gaseosa caliente y presurizada que aún se encuentra en el tubo de absorción se descarga, en la medida de lo posible, a otra unidad de absorción, no mostrada en detalle, a través de la válvula V8 (integración de cambio de presión e integración parcial de calor), encontrándose la unidad de absorción no mostrada en detalle justo al comienzo de una fase de regeneración correspondiente y estando la misma fría y evacuada. La energía térmica 22a y la energía de presión 26a se transfieren desde la unidad de absorción 14a a la otra unidad de absorción no mostrada en detalle (figuras 2 y 6).

La fase gaseosa de presión residual en el tubo de absorción se puede sacar después del depósito de líquido 40a o conducir a través del tanque de líquido 40a (válvula V9 abierta y válvula V8 cerrada), con lo que el agua se calienta y el CO<sub>2</sub> se disuelve en el agua. A continuación, el gas CO<sub>2</sub> residual se introduce a través de un conducto 88a en una entrada de aire aguas arriba del soplador 68a. El agua precalentada y saturada de CO<sub>2</sub> del depósito de líquido 40a se utiliza después como agua de alimentación para otras regeneraciones.

También es posible que, durante una fase de puesta en marcha del dispositivo, el CO<sub>2</sub> no se descargue inmediatamente de la unidad de absorción 14a a través de las válvulas V5 y V6 durante la fase de regeneración, sino que se introduzca todo el gas desorbido en otra unidad de absorción no mostrada en detalle. Mediante la correspondiente recirculación de CO<sub>2</sub> a través de la válvula V8 se puede generar después una mayor presión durante la regeneración en la unidad de absorción no representada en detalle, especialmente a causa del hecho de que durante la fase de regeneración se puede desorber una mayor cantidad de CO<sub>2</sub>. Esta recirculación de CO<sub>2</sub> puede repetirse varias veces en el dispositivo, especialmente durante la fase de puesta en marcha, con lo que se consigue una concentración gradual de CO<sub>2</sub> en las unidades de absorción o en sus tubos de absorción. Al final de la fase de puesta en marcha, se descarga un flujo parcial de gas del CO<sub>2</sub> presente en el dispositivo a la máxima presión alcanzable, pero se mantiene una alta presión durante las regeneraciones en el funcionamiento estacionario del dispositivo. También hay que tener en cuenta un límite superior de presión por encima del cual el CO<sub>2</sub> se licúa.

En las figuras 3 a 5 y 7 se muestran otras cuatro formas de realización de la invención. Las siguientes descripciones se limitan esencialmente a las diferencias entre los ejemplos de realización, por lo que en relación con los componentes, las características y las funciones que no varían, se puede hacer referencia a la descripción de los otros ejemplos de realización, en particular de las figuras 1, 2 y 6. Para distinguir las formas de realización, la letra a de las referencias del ejemplo de realización de las figuras 1, 2 y 6 se sustituye por las letras b - e en las figuras 3 a 5 y 7. En cuanto a los componentes designados de forma idéntica, en particular con respecto a los componentes que presentan las mismas referencias, se pueden señalar también los dibujos y/o la descripción de los otros ejemplos de realización, especialmente de las figuras 1, 2 y 6.

En el ejemplo de realización de la figura 3 se prevé que un CO<sub>2</sub> húmedo y ya parcialmente comprimido se enfríe en primer lugar mediante un intercambiador de calor de condensación 84b y se disuelva mediante un depurador de agua a presión 86b en un proceso de depuración de agua a presión posterior en agua a baja temperatura, preferiblemente inferior a 20°C, y alta presión, preferiblemente superior a 8 bar<sub>abs.</sub> y que el agua de CO<sub>2</sub> se evacúe del submarino 102a

mediante una bomba de alta presión 92b. De este modo, se suministra agua a alta presión al depurador de agua a presión 86b desde un entorno submarino 106a a través de un regulador de presión PR1. Una presión de entrada de agua del depurador de agua a presión 86b se regula así por medio del regulador de presión PR1 en combinación con los sensores de presión P3 y P4. El flujo de gas de CO<sub>2</sub> también se regula mediante los sensores de presión P3 y P4, así como por medio de la conmutación de las válvulas V5 - V7. El depurador de agua a presión 86b se puede utilizar ventajosamente cuando en las unidades de absorción 14b utilizadas ya se puede conseguir una alta presión de entrada de gas de CO<sub>2</sub>, en particular superior a 10 bar<sub>abs.</sub> y configurar una columna de lavado que sea correspondientemente compacta mediante un depurador de agua a presión 86b.

El ejemplo de realización de la figura 4 prevé el uso de una fuente de vapor sobrecalentado 94c de un submarino 102c, en el que una temperatura de entrada de vapor y un flujo de vapor hacia una unidad de absorción 14c se controlan con ayuda de un regulador de presión PR2 y de sensores P2 y T2.

En el ejemplo de realización mostrado en la figura 5, una unidad de absorción 14d se calienta eléctricamente mediante una unidad de calentamiento 96d. Alternativamente, la unidad de absorción 14d podría ser calentada por medio de un fluido portador de calor externo durante una fase de regeneración. La unidad de absorción 14d se calienta hasta tal punto que se establezca una mayor presión de gas CO<sub>2</sub> en un tubo de absorción de la unidad de absorción 14d. Un material absorbente dispuesto en la unidad de absorción 14d permanece así sustancialmente seco en el tubo de absorción de la unidad de absorción 14d. No obstante, se prevé un intercambiador de calor de condensación 84d para poder separar por condensación un vapor de agua ligado durante una fase de absorción y desorbido en la fase de regeneración antes de llegar a un compresor 38d. Con el uso de un portador de calor, se puede lograr una mejor integración del calor utilizando un ciclo de calor cuando se interconectan varios tubos de absorción. Se pueden integrar varios tubos de absorción en un intercambiador de calor de haz de tubos, por lo que el fluido portador de calor se conduce alrededor de los tubos de absorción por el lado de la carcasa.

La figura 7 muestra una variante de realización en la que una mezcla de gases 10e se introduce en una unidad de absorción 14e en una primera dirección de flujo principal 110e y pasa a través de un material de absorción dispuesto en la unidad de absorción 14e en una segunda dirección de flujo principal 112e, que difiere fundamentalmente de la primera dirección de flujo principal 110e. Las direcciones de flujo principales 110e, 112e son perpendiculares entre sí. Para ello, la unidad de absorción 14e presenta un elemento de desviación de flujo 114e previsto para desviar la mezcla de gases 10e introducida en la primera dirección 110e hacia la segunda dirección 112e, que difiere fundamental de la primera dirección 110e, a través del material de absorción dispuesto en la unidad de absorción 14e. La unidad de absorción 14e presenta una cesta anular 116e con un canal axial 118e. La cesta anular 116e está dispuesta dentro de un depósito a presión cilíndrico 44e de la unidad de absorción 14e. La cesta anular 116e, en la que se dispone el material de absorción, está formada parcialmente, en una zona orientada hacia la primera dirección de flujo principal 110e, por un fuelle 46e que forma parte de un compensador de volumen 34e de la unidad de absorción 14e. La cesta anular 116e se conecta por el extremo libre 50e del fuelle 46e firmemente al depósito a presión 44e a través de una placa anular 124e, y se somete, por su extremo opuesto al extremo libre del fuelle 46e a presión por medio de los elementos elásticos 42e del compensador de volumen 34e, de modo que el material de absorción esté siempre comprimido, pero pueda expandirse en caso de hinchazón. La cesta anular 116e y también su canal axial 118e se cierran por el extremo que apunta a la dirección de flujo principal 110e, en el que la mezcla de gas 10e se introduce en la unidad de absorción 14e, con una placa que forma el elemento de desviación de flujo 114e.

La mezcla de gas 10e se introduce a través del canal axial 118e de la cesta anular 116e, en dirección axial, en la unidad de absorción 14e, y se desvía después, debido al elemento de desviación de flujo 114e, para pasar en dirección de la unidad de absorción 14e por el material de absorción. Radialmente fuera de la cesta anular 116e, se encuentra, entre la cesta anular 116e y el depósito a presión 44e, una hendidura anular 120e a través de la cual se conduce una mezcla de gas resultante después de un procedimiento de absorción axialmente a una cámara 122e en el extremo de la unidad de absorción 14e y, a continuación, fuera de la unidad de absorción 14e. Para ello, la cesta anular 116e presenta una pared interior 126e que delimita el canal axial 118e y una pared exterior 128e que delimita la cesta anular 116e frente al exterior, que son permeables a la mezcla de gases 10e. La pared exterior 128e está parcialmente formada por el fuelle 46e, que también es permeable a la mezcla de gases 10e. Mediante la conducción del flujo de gas elegida en el ejemplo de realización de la figura 7, se pueden minimizar las pérdidas de presión en la unidad de absorción 14e durante la fase de absorción (AP).

Lista de referencias

10	Mezcla de gases	68	Soplador
12	Paso de procedimiento	70	Intercambiador de calor
55	14	72	Intercambiador de calor
	16	74	Agua condensada
	18	76	Agua condensada
	20	78	Mezcla

## ES 2 877 875 T3

	22	Energía térmica	80	Bomba de alta presión
	24	Energía de presión	82	Evaporador de alta presión
	26	Energía de presión	84	Intercambiador de calor
	28	Adsorbedor y/o absorbedor de sólidos	86	Lavador de agua a presión
5	30	Vapor sobrecalentado	88	Conducto
	32	Agua de refrigeración	90	Agua de refrigeración
	34	Compensador de volumen	92	Bomba de alta presión
	36	Bomba de vacío	94	Fuente de vapor sobrecalentado
	38	Compresores	96	Unidad de calentamiento
10	40	Depósito de líquido	98	Agua de refrigeración
	42	Elemento elástico	100	Agua condensada
	44	Depósito a presión	102	Submarino
	46	Fuelle	104	Pared exterior
	48	Extremo	106	Entorno del submarino
15	50	Extremo	108	Hábitat
	52	Chapa perforada	110	Dirección de flujo principal
	54	Cambio de volumen	112	Dirección del flujo principal
	56	Chapa perforada	114	Elemento de desviación de flujo
	58	Extremo	116	Cesta anular
20	60	Tapa	118	Canal axial
	62	Fondo	120	Hendidura anular
	64	Brida exterior	122	Cámara
	66	Brida exterior	124	Placa anular
	126	Pared interior	128	Pared exterior
25				

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la separación de dióxido de carbono de una mezcla de gases (10a - 10e) que consiste en aire de respiración, con un dispositivo de soporte vital en un submarino, en el que en un primer paso de procedimiento (12a) la mezcla de gases (10a - 10e) se aporta a al menos una primera presión a una unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e), empleándose como unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) al menos un depósito a presión (44a, 44e), y en el que en un segundo paso de procedimiento (16a) se descarga una mezcla de gases (18a - 18e) desde la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) al menos a una segunda presión que es superior a la primera, siendo la segunda presión superior a 5 bar<sub>abs.</sub> y evacuándose el dióxido de carbono directamente desde el submarino sin compresión posterior ni utilización de un compresor (38a, 38c, 38d, 38e), y en el que, para aumentar la presión dentro de la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e), la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) se calienta para fomentar una desorción del dióxido de carbono, calentándose la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) con vapor sobrecalentado (30a - 30c, 30e), y en el que, para aumentar la presión dentro de la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e), se introduce un fluido en la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e), en la que la mezcla de gases (10a - 10e) se introduce en el primer paso de procedimiento (12a) en la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) al menos a una primera temperatura y la mezcla de gases (18a - 18e) a descargar se extrae en el segundo paso de procedimiento (16a) de la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) a al menos una segunda temperatura que es superior a la primera.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la mezcla de gases (10a - 10e) se aporta a la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) en el primer paso de procedimiento (12a) al menos fundamentalmente a una presión ambiente.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una unidad de adsorción y/o absorción (14d) se calienta eléctricamente.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para aumentar la presión dentro de la unidad de adsorción y/o absorción (14a, 14b, 14c, 14e) se introduce vapor sobrecalentado (30a - 30c, 30e).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para su concentración en la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) se reconduce un gas a la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en al menos una unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) se utiliza al menos un compensador de volumen (34a, 34e), que se prevé para garantizar una compactación de un material de adsorción y/o absorción de la unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la mezcla de gases (10e) se introduce en una primera dirección (110e) en la unidad de adsorción y/o absorción (14e) y pasa en una segunda dirección (112e), que difiere fundamentalmente de la primera dirección (110e), a través de un material de adsorción y/o absorción dispuesto en la unidad de adsorción y/o absorción (14e).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la energía térmica (20a, 22a) se transfiere desde una unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) a al menos otra unidad de adsorción y/o absorción.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la energía de presión (24a, 26a) se transfiere desde una unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) a al menos otra unidad de adsorción y/o absorción.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza al menos un adsorbedor de cuerpos sólidos y/o un absorbedor de cuerpos sólidos (28a, 28e).
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza al menos una amina.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la recuperación del aire de al menos una unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) se realiza mediante al menos una bomba de vacío (36a - 36d).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dióxido de carbono comprimido previamente se seca después de ser descargado de al menos una unidad de adsorción y/o absorción (14a - 14e) y posteriormente se vuelve a comprimir.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dióxido de carbono se disuelve en un líquido mediante al menos un depurador de agua a presión (86b).
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una presión de gas residual en al menos una unidad de adsorción y/o absorción (14a, 14b, 14e) se descarga en al menos un paso de procedimiento (16a) en un depósito de líquido (40a, 40b).

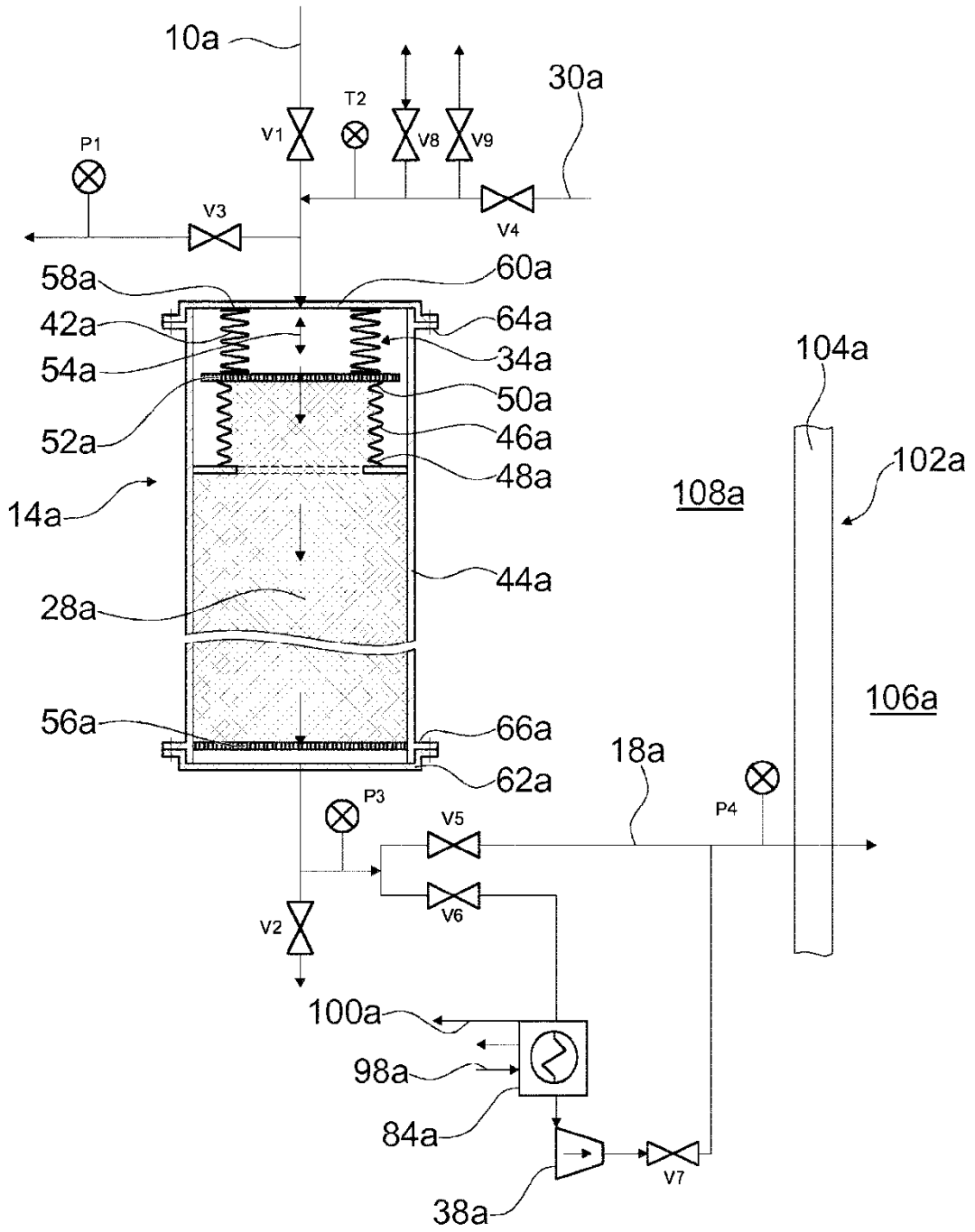


Fig. 1

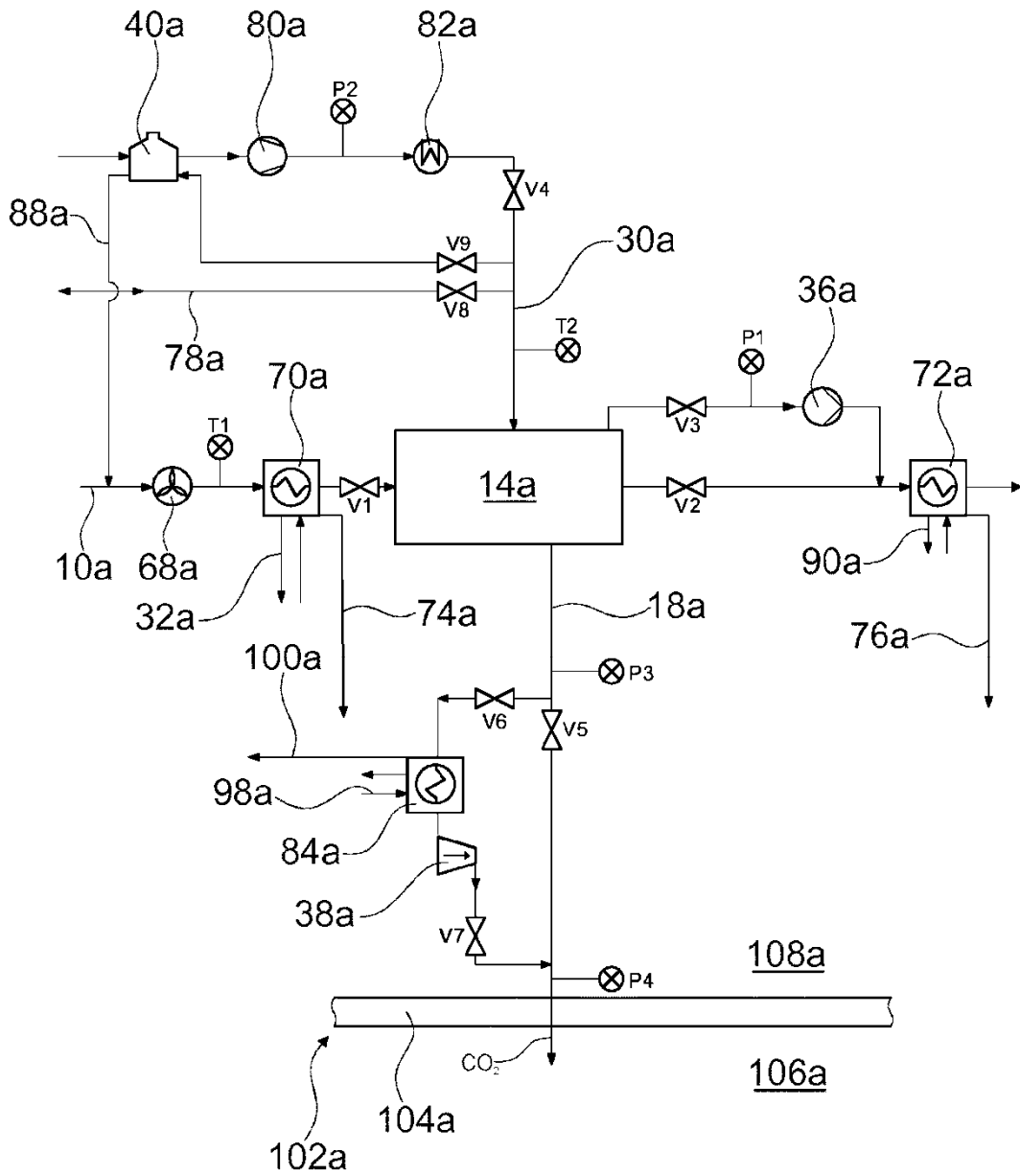


Fig. 2

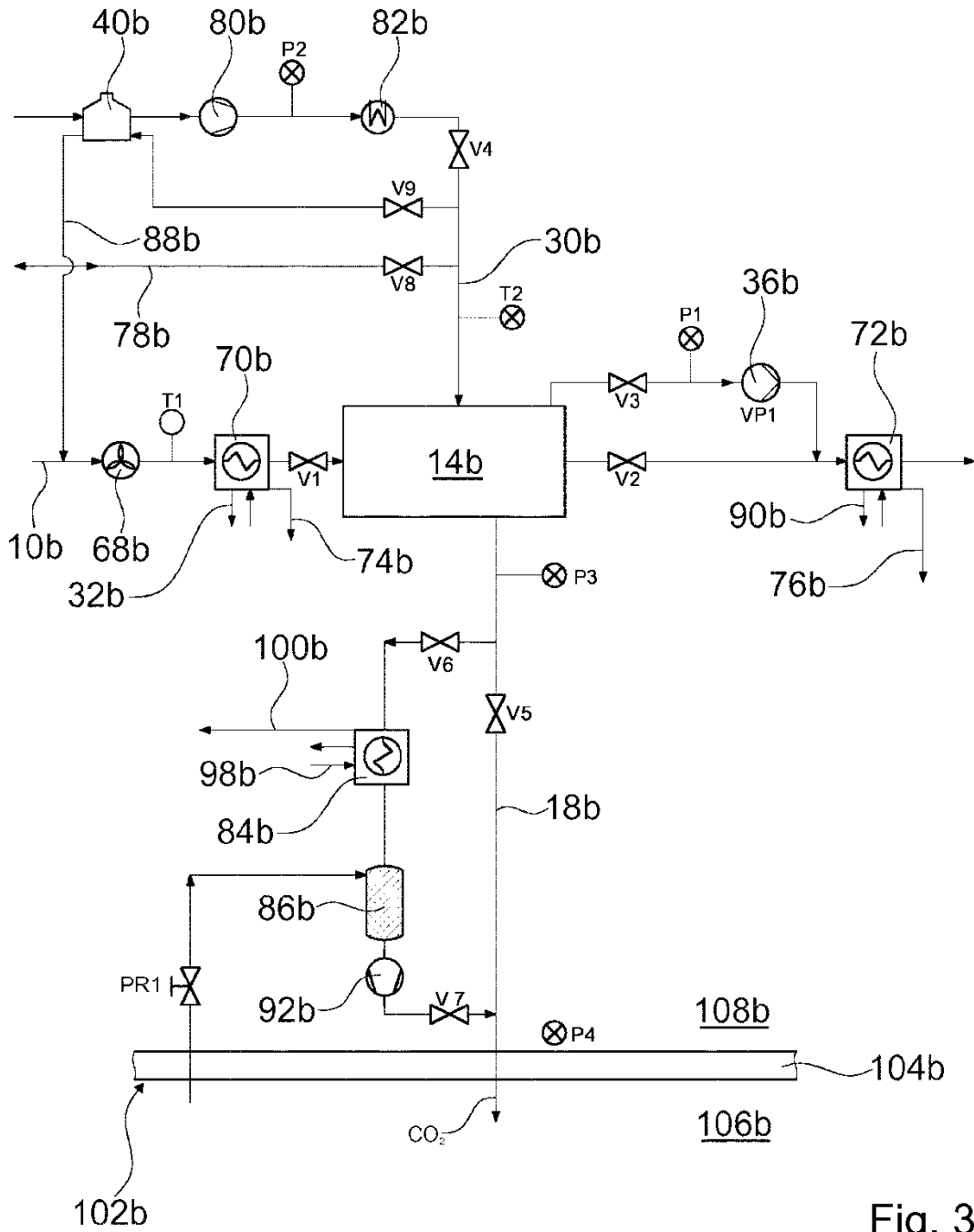


Fig. 3

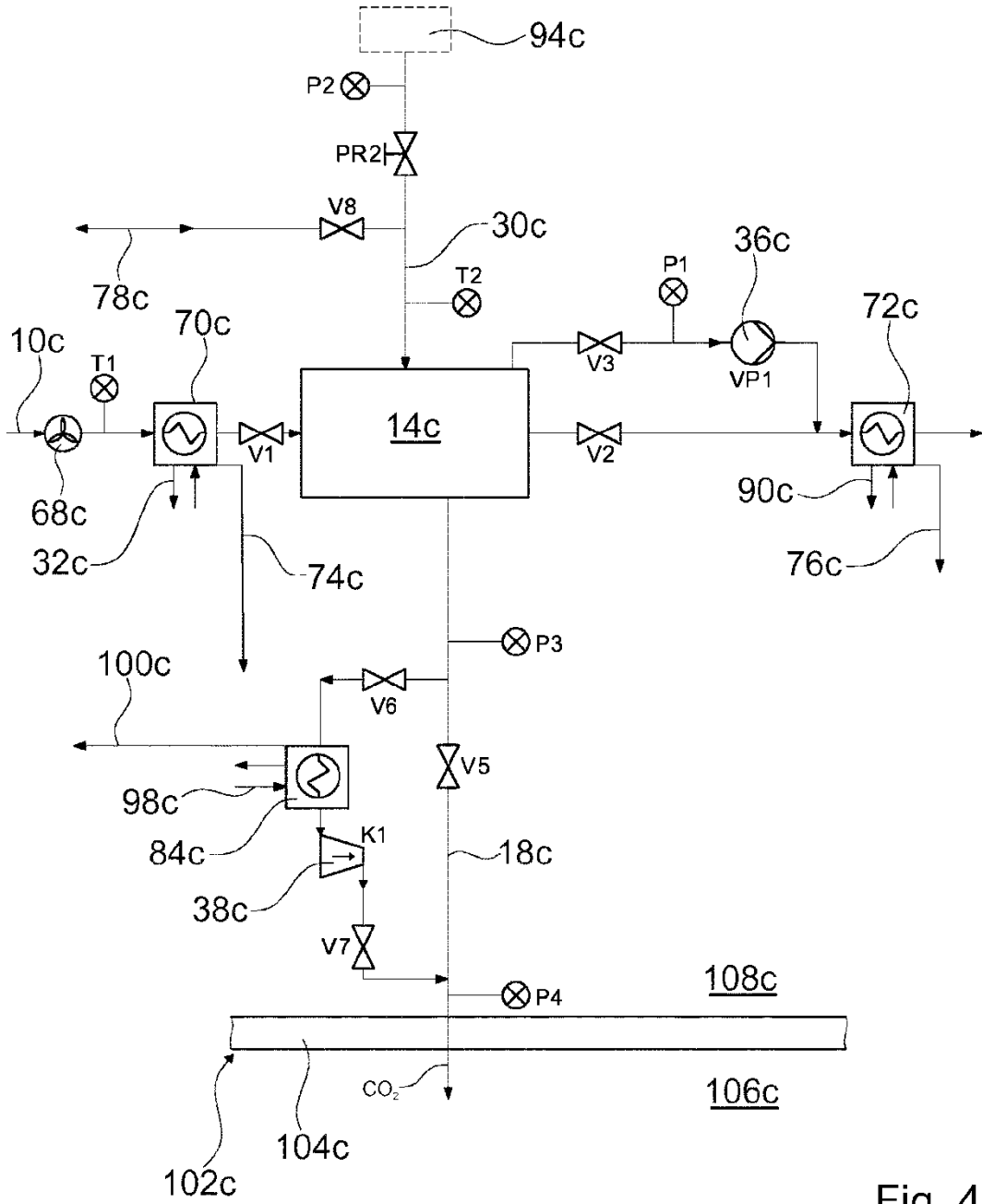


Fig. 4

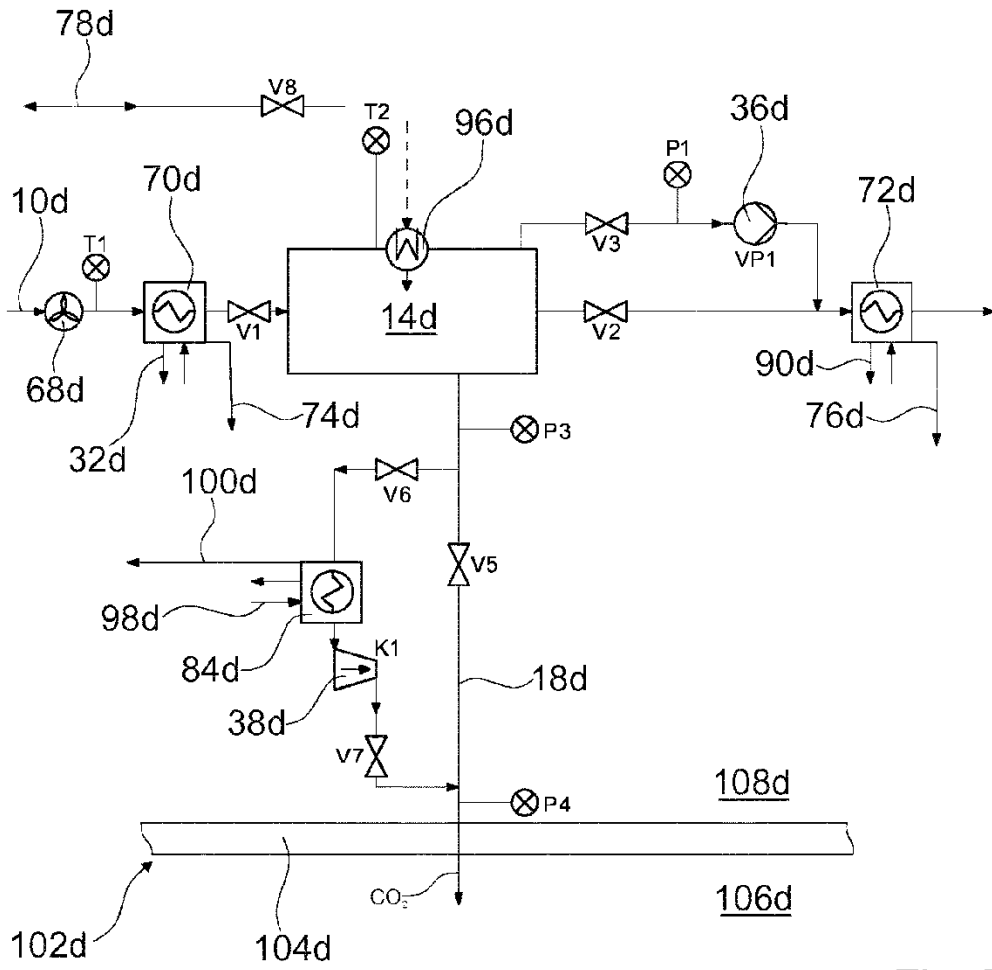


Fig. 5

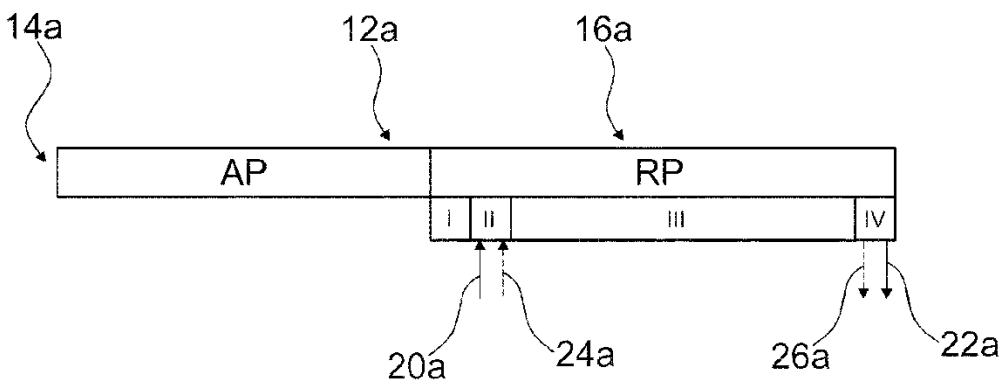


Fig. 6

