

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 901**

51 Int. Cl.:

B01D 53/053 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.12.2013 PCT/NL2013/050958**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2014 WO14104891**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2013 E 13818524 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017 EP 2938423**

54 Título: **Método y dispositivo para separar una mezcla de gases por medio de adsorción con oscilación de presión**

30 Prioridad:

28.12.2012 NL 2010072

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

07.07.2017

73 Titular/es:

**GREEN VISION HOLDING B.V. (100.0%)
Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem, NL**

72 Inventor/es:

**SCHOLTEN, ANTON y
WESTENDORP, GERARD**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 622 901 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

Método y dispositivo para separar una mezcla de gases por medio de adsorción con oscilación de presión

5 La invención se refiere a un método para separar una mezcla de gases de acuerdo con un proceso de adsorción con oscilación de presión de presión (proceso PSA), que incluye la etapa de separar la mezcla de gases por adsorción de al menos un componente de gas en una masa adsorbente proporcionada en cada recipiente de una pluralidad de recipientes, teniendo cada recipiente al menos una entrada y una salida.

10 El documento US 2009/0020014 A1 divulga un sistema PSA que tiene cuatro recipientes adsorbentes. Estos recipientes adsorbentes están conectados a cuatro colectores de flujo paralelos, a saber, un colector de alimentación, un colector de producto, un colector de gas de escape y un colector de equalización y de purga. Estos recipientes están provistos de correspondientes válvulas de alimentación de gas en bruto y válvulas de equalización y de purga. La disposición mecánica divulgada de este modo posee cuatro recipientes con cuatro válvulas cada uno.

15 Un sistema PSA se utiliza, por ejemplo, para purificar gas de hidrógeno en la producción de hidrógeno puro (el gas de producto) de gas de síntesis o reformado (el gas de alimentación). El proceso de adsorción con oscilación de presión se basa en la diferencia de adsorción a alta presión y a baja presión para los diferentes componentes en el adsorbente específico. Una alta cantidad de compuestos como metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono y nitrógeno, mientras que se adsorbe solamente una cantidad relativamente pequeña de hidrógeno.

20 En un sistema de la técnica PSA de la técnica anterior, en cada uno de los recipientes se distinguen siete etapas, aunque desfasadas:

25 (i) producción, (ii) igualación (reducción de la presión), (iii) adición de gas de purga, (iv) extracción, (v) recepción de gas de purga, (vi) igualación (aumento de presión), (vii) represurización final.

30 En la purificación de gas hidrógeno en un sistema PSA de la técnica anterior de cuatro recipientes, cuando el primer recipiente (recipiente 1) está en la etapa de producción, la mezcla de gas fluye a través de un lecho adsorbente limpio a alta presión. Los compuestos distintos del hidrógeno se adsorben en el lecho adsorbente. Parte del hidrógeno puro producido se utiliza para la represurización final del siguiente recipiente en producción (recipiente 2). Cuando el lecho adsorbente está parcialmente saturado, el lecho adsorbente se desconecta de la corriente de alimentación, y el recipiente 2 se hace cargo de la producción. El lado de producto del recipiente 1 contiene todavía hidrógeno puro, el lado de alimentación contiene el hidrógeno contaminado.

35 El recipiente 1 se conmuta entonces a la fase de igualación. En esta fase, los lados limpios del recipiente 1 y el tercer recipiente (recipiente 3) están conectados. El recipiente 3 es el recipiente que se hará cargo de la producción de hidrógeno desde el recipiente 2. El recipiente 3 se ha limpiado, pero todavía está a baja presión. El hidrógeno limpio fluirá desde el recipiente de alta presión 1 al recipiente de baja presión 3 hasta que ambos recipientes tengan (casi) la misma presión. Como resultado, el hidrógeno liberado durante la despresurización del recipiente 1 no se pierde, sino que se utiliza para la presurización del recipiente 3.

40 A continuación, el recipiente 1 proporciona gas para purgar el cuarto recipiente (recipiente 4). El recipiente 4 está a baja presión y, por lo tanto, los gases adsorbidos se desorben en un esfuerzo para restaurar la presión de equilibrio correspondiente a la cantidad de gas adsorbido al adsorbente. El recipiente 4 lavado con hidrógeno puro a partir desde el lado del producto del recipiente 1 reducirá aún más la presión parcial de los contaminantes adsorbidos. El recipiente 4 estará más limpio cuando se procede a una presión inferior.

45 A continuación, el recipiente 1 pasa por la fase de extracción. En esta fase, se reduce la presión mediante la eliminación de gas del lado de alimentación. Ya en esta fase, los contaminantes se eliminan del recipiente 1. Los gases adsorbidos en el adsorbente están en equilibrio a la presión de adsorción. La reducción de la presión dará como resultado la desorción de los contaminantes en un intento de mantener constante la presión parcial absoluta de los contaminantes.

50 Después de la fase de extracción, el recipiente 1 se purga con hidrógeno puro desde el recipiente 2. Normalmente esto se hace mediante la apertura de las válvulas, y debido a la presión mucho más alta del recipiente 2, el recipiente 1 experimentará un aumento de presión con una presión máxima en función de los tamaños de los tamaños de las válvulas y del empaquetado del lecho adsorbente y del tamaño en algún lugar entre la presión del recipiente 2 y el recipiente 1 al inicio de esta fase. La presión parcial de los contaminantes en el recipiente 1 ahora se reduce a un nivel muy bajo debido a la baja presión y a la baja concentración en el gas de purga. Al final de la purga se termina la limpieza del recipiente 1.

55 Ahora, la presión en el recipiente 1 tiene que aumentarse a la presión de producción. La primera etapa del aumento de la presión es la igualación. En esta etapa, el recipiente 1 recibe hidrógeno puro desde el lado de producto del recipiente 3. Aproximadamente el 50 % del aumento de presión necesario se efectúa en esta etapa.

La etapa final en el ciclo es la represurización final. En esta fase, una parte del hidrógeno que se purifica mediante el recipiente 4 se alimenta al lado del producto del recipiente 1, hasta que se alcanza la presión de producción. El recipiente 1 está listo ahora para iniciar la producción de nuevo.

5 Se percibe que es un inconveniente de la purificación de gas hidrógeno en un sistema PSA de la técnica anterior, que los gases producidos en la extracción y la fase de purga todavía contienen una cantidad significativa de hidrógeno y, posiblemente, metano y monóxido de carbono, dependiendo del método de producción de hidrógeno.

10 Usualmente, estos gases se utilizan en un quemador. A menudo, un quemador suministra el calor para la reacción de reformado de vapor o para la generación de vapor o una combinación de los mismos. Estos quemadores, sin embargo, necesitan un flujo continuo de combustible, donde la disponibilidad de estos flujos es muy discontinua. Este suele ser gestionado por un gran recipiente de amortiguación de gas de escape. Todo el gas rechazado a partir de la extracción y la purga se recoge en este recipiente de gas de escape. El quemador consume estos gases desde el recipiente de gas de escape que, sin embargo, hace que la presión en el recipiente de gas de escape fluctúe. Esto
15 significa que la presión más baja para el final de la extracción y para la purga completa es la presión del recipiente de gas de escape en ese punto en el ciclo. Para limitar este efecto, el recipiente de gas de escape puede diseñarse muy grande, pero eso es caro.

20 El documento DE 699 35 838 T2 divulga un proceso de separación de gas de adsorción por oscilación de presión (PSA) que comprende la entrega de gas residual adsorbente a diferentes tubos de distribución de presión durante diferentes etapas de presión de descompresión/regeneración del adsorbente. El proceso de separación de la mezcla de gas PSA comprende la entrega de gas residual desde un adsorbente a: (a) un primer tubo de distribución de gas residual bajo una primera presión de distribución durante una primera etapa de descompresión/regeneración, en el que la presión del adsorbente está dentro de un primer intervalo de presión intermedia entre la alta presión y la baja
25 presión del ciclo; y (b) a un segundo tubo de distribución de gas residual bajo una segunda presión de distribución inferior durante una segunda etapa de descompresión/regeneración, en el que la presión del adsorbente está dentro de un segundo intervalo de presión entre la baja presión del primer intervalo de presión y la baja presión del ciclo.

30 De acuerdo con este proceso de la técnica anterior, el gas residual se almacena ya sea en un recipiente de amortiguación a la primera presión de distribución, o en un recipiente de amortiguación a la segunda presión de distribución, y la presión del adsorbente tiene un límite inferior que viene dado por la presión en el recipiente de amortiguación real.

35 Para una eficiencia adecuada del proceso, se requiere que en la etapa (v) descrita anteriormente, durante la cual el gas de purga se recibe en el adsorbente, la presión del adsorbente es muy baja. Por lo tanto, la presión en el recipiente de amortiguación real constituye un serio obstáculo para la liberación de gas residual del adsorbente.

40 El documento JP 2005 289730 A divulga un método y un aparato para la producción de hidrógeno para producir un producto de alta pureza de un gas enriquecido con hidrógeno mediante la repetición de una etapa de salida de hidrógeno para retirar el producto de hidrógeno de alta pureza mediante la adsorción de impurezas en el gas enriquecido en hidrógeno en el agente adsorbente mientras se mantiene el interior de la unidad de purificación de hidrógeno en un estado presurizado. El proceso comprende una etapa de salida de gas de escape para retirar gas de escape por desorción de las impurezas del agente adsorbente mientras se mantiene el interior de la unidad de purificación de hidrógeno en un estado de presión reducida, y una etapa de limpieza para la limpieza del agente
45 adsorbente mediante hidrógeno de limpieza de alta pureza mientras se mantiene el interior de la unidad de purificación de hidrógeno en un estado de presión reducida, después de la finalización de la etapa de retirada de hidrógeno. Una etapa de recuperación de hidrógeno para la recuperación del hidrógeno de alta pureza que queda en la unidad de purificación de hidrógeno, tal como el hidrógeno de limpieza, se realiza por la reducción de la presión en la unidad de purificación de hidrógeno, y después de la finalización de la etapa de recuperación de hidrógeno, se realiza la etapa de retirada del gas de escape.
50

En este proceso de la técnica anterior, el gas residual se almacena en un recipiente de amortiguación, y la presión del adsorbente tiene un límite inferior que viene dado por la presión en este recipiente de amortiguación.

55 Como se explicó anteriormente, dicha presión en el recipiente de amortiguación constituye un serio obstáculo para la liberación de gas residual del adsorbente.

60 Es un objetivo de la invención proporcionar un método de adsorción por oscilación de presión, según el cual un quemador puede ser alimentado con gas de escape procedente de dicho proceso, sin fluctuaciones de presión causadas en un recipiente de gas de escape.

Por otra parte, se ha de lograr que en la etapa (v) descrita anteriormente, durante la cual el gas de purga se recibe en el adsorbente, la presión del adsorbente es muy baja.

65 Este objetivo se consigue con un proceso del tipo indicado en el preámbulo, que comprende además la etapa de almacenar gas de escape de dicho proceso en un recipiente de gas de escape, en el que en cada uno de dichos

recipientes se distinguen las siguientes etapas: (i) admitir la mezcla de gas durante un período determinado en un primer recipiente a través de una entrada de dicho recipiente, y liberar un gas de producto separado a través de una salida de dicho recipiente, seguido de la admisión de la mezcla de gas en un segundo recipiente mientras se continúa la liberación de gas de producto desde el primer recipiente, seguido de (ii) liberación de gas de purga del primer recipiente a través de su salida, (iii) liberación de gas de escape desde el primer recipiente a través de su entrada y la admisión de al menos parte del gas de escape en el recipiente de gas de escape, (iv) admisión de gas de purga en el primer recipiente a través de su salida, y liberación de gas de escape de dicho recipiente a través de su entrada, (v) admisión de un gas de producto separado en el primer recipiente hasta que la presión en el primer recipiente ha alcanzado un valor predeterminado, después de lo cual la admisión de la mezcla de gas en el primer recipiente comienza, y las etapas se repiten a partir de la etapa (i), en el que el proceso durante al menos una de las etapas (iii) y (iv) al menos parte del gas de escape del primer recipiente se libera directamente al dispositivo de consumo de gas de escape, cuyo proceso, según la invención, se caracteriza por

- (a) conectar, en un primer estado en el que $p_i > p_o + \Delta$ y $p_i > p_b$, cada uno de los recipientes directamente al dispositivo de consumo de gas de escape y el recipiente de almacenamiento de gas de escape,
- (b) conectar, en un segundo estado en el que $p_b < p_i \leq p_o + \Delta$, cada uno de los recipientes directamente a solamente el dispositivo de consumo de gas de escape, y
- (c) conectar, en un tercer estado en el que $p_i < p_b$ y $p_o > p_b$, el recipiente de almacenamiento de gas de escape al dispositivo de consumo de gas de escape,

en el que, p_i representa el valor de la presión en la entrada, p_o representa el valor de la presión en el recipiente de almacenamiento de gas de escape, p_b representa una presión que tiene un valor predeterminado, y Δ representa una diferencia de presión predeterminada.

El gas de producto separado en la etapa (i) se almacena usualmente en un recipiente de almacenamiento de gas de producto, mientras que una parte menor del mismo puede utilizarse para purgar los recipientes. Del mismo modo, el gas de purga liberado en la etapa (ii) puede almacenarse en un recipiente de gas de purga, o se puede llevar a otros recipientes a través de un conducto de salida común, para purgar los otros recipientes.

En un proceso de acuerdo con la invención, el recipiente de gas de escape se llena primero en una primera parte de la extracción (que implica una especie de igualación de la presión entre el recipiente de adsorción y el recipiente de gas de escape) con lo cual se deriva el recipiente de gas de escape. El dispositivo de consumo de gas, por ejemplo, un quemador, entonces consume el gas de escape directamente desde el recipiente de adsorción en la extracción, hasta que la presión llega a ser demasiado baja para los requisitos del quemador.

En realidad, en contraste con los métodos de la técnica anterior descritos anteriormente, en el proceso según la invención, hay una fase durante la cual se detiene la liberación de gas de escape desde el recipiente de almacenamiento de gas de escape cuando se libera el recipiente adsorbedor.

Como consecuencia de ello, la presión en el recipiente adsorbedor se reduce más rápido (o el recipiente de gas de escape puede ser más pequeño) porque todo el gas de escape para el quemador se consume directamente desde el recipiente de adsorción, y no en paralelo desde el recipiente de gas de escape. Una ventaja importante es que la presión dentro del recipiente de adsorción en su etapa de extracción se puede reducir a una presión inferior.

Durante la purga de un recipiente también se reduce la presión, debido a la reducción de la presión más rápida cuando el quemador está consumiendo solo desde el recipiente de recepción de purga. Si se controla el suministro de la purga, toda la purga puede proceder a una presión próxima a la presión mínima de entrada de los controles del quemador.

Por ejemplo, la mezcla de gas comprende gas hidrógeno y el gas de producto es hidrógeno.

El dispositivo de consumo de gas es, por ejemplo, un quemador.

La invención se refiere además a un aparato de separación, de acuerdo con el método divulgado anteriormente, de una mezcla de gas de acuerdo con un proceso de adsorción por oscilación de presión (proceso PSA), que comprende una pluralidad de recipientes, teniendo cada recipiente al menos una entrada y una salida, proporcionándose en cada uno de dichos recipientes una masa adsorbente para adsorber al menos un componente de gas, y conectándose la entrada de cada uno de dichos recipientes a un recipiente de almacenamiento para un gas de escape, en el que, según la invención, la entrada de cada uno de dichos recipientes y el recipiente de almacenamiento están conectados además a un dispositivo de consumo de gas de escape.

En una realización de un aparato según la invención, se proporcionan medios de control y de conexión para

- (a) en un primer estado en el que $p_i > p_o + \Delta$ y $p_i > p_b$, conectar directamente cada uno de los recipientes al dispositivo de consumo de gas de escape y el recipiente de almacenamiento de gas de escape,
- (b) en un segundo estado en el que $p_b < p_i \leq p_o + \Delta$, conectar directamente cada uno de los recipientes a

solamente el dispositivo de consumo de gas de escape, y

(c) en un tercer estado en el que $p_i < p_b$ y $p_o > p_b$, conectar el recipiente de almacenamiento de gas de escape al dispositivo de consumo de gas de escape,

5 en el que, p_i representa el valor de la presión en la entrada, p_o representa el valor de la presión en el recipiente de almacenamiento de gas de escape, p_b representa una presión que tiene un valor predeterminado, y Δ representa una diferencia de presión predeterminada.

10 En una realización de este último aparato, cada entrada está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape mediante un conducto común que tiene un primer dispositivo de control, que está provisto de un conducto de derivación que tiene una válvula de retención, un conducto de derivación conectado al recipiente de almacenamiento de gas de escape y un segundo dispositivo de control.

15 El primer y el segundo dispositivo de control son, por ejemplo, una válvula reductora de presión, o son, por ejemplo, una válvula de control.

20 En otra realización del aparato, cada entrada está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape mediante un conducto común, que está provisto de un primer dispositivo de control y de un conducto de derivación que se extiende entre las entradas y dicho primer dispositivo de control y que tiene una válvula de retención, una rama conectada al recipiente de almacenamiento de gas de escape y un segundo dispositivo de control.

25 En aún otra realización del aparato, cada entrada está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape mediante un conducto común, estando conectado el conducto común al recipiente de almacenamiento de gas de escape a través de un conducto de derivación en el que se proporcionan un primer sensor de presión, una válvula y un segundo sensor de presión.

30 En aún otra realización del aparato, cada entrada está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape mediante un conducto común que está provisto de un primer dispositivo de control, que está provisto de un conducto de derivación que conduce a través del recipiente de gas de escape y tiene un segundo dispositivo de control.

La invención se aclarará a continuación sobre la base de realizaciones, con referencia a los dibujos.

En los dibujos:

35 la figura 1 muestra una representación esquemática de una primera realización de un aparato según la invención, y
la figura 2 muestra una representación esquemática de una segunda realización de un aparato según la invención.

40 Componentes correspondientes se designan en las figuras con los mismos números de referencia.

45 La figura 1 muestra un aparato PSA 10, que comprende cuatro recipientes 1, 2, 3, 4, conteniendo cada uno una masa adsorbente 5, y cada uno tiene una entrada 6 y una salida 7. Los recipientes 1, 2, 3, 4 están conectados a cuatro colectores paralelos, a saber, un colector de alimentación 8 para la mezcla de gas, un colector de producto 9, un colector de gas de escape 11 y un colector de igualación y purga 12, en cuyos colectores para cada uno de los recipientes 1, 2, 3, 4, se proporciona una válvula de alimentación 13, una válvula de producto 14, una válvula de gas de escape 15 y una válvula de igualación y purga 16, respectivamente. Además, se muestra un recipiente de producto 17 con una válvula 18. El gas de escape desde los recipientes 1, 2, 3, 4 puede alimentarse directamente a través del colector 11 y un primer reductor de presión 21 a un quemador 28, o se puede almacenar a través de una válvula de retención 22 en un recipiente de gas de escape 23, desde el que se puede alimentar a través de un segundo reductor de presión 24 al quemador 28. En una situación operativa, el segundo reductor de presión 24 se ajusta a una presión ligeramente inferior, por ejemplo, 100 mbarg, mientras que el primer reductor de presión 21 se ajusta a una presión ligeramente superior, por ejemplo, 110 mbarg.

55 Cuando la presión en el colector de gas de escape 11 es mayor que la presión dentro del recipiente de gas de escape 23, se abrirá la válvula de retención 22 y el recipiente de gas de escape 23 se llenará hasta que los respectivos recipientes 23, 1, 2, 3, 4 tengan presiones iguales. Mientras tanto, el quemador 28 consumirá el combustible directamente a partir de los respectivos recipientes 1, 2, 3, 4 hasta que la presión en la entrada del primer reductor de presión 21 no es suficiente para mantener la ligeramente más alta presión del quemador. En este punto, la presión después del primer reductor de presión 21 se reduce hasta que se alcanza el valor del segundo reductor de presión 24, y el segundo reductor de presión 24 controla la presión mediante la adición de combustible desde el recipiente de gas de escape 23.

65 La figura 2 muestra un aparato PSA 20, que es diferente del aparato 10 en la figura 1, en que el colector el gas de escape 11 está conectado al recipiente de almacenamiento de gas de escape 23 a través de un conducto de derivación en el que se proporcionan un primer sensor de presión 25, una válvula 26 y un segundo sensor de

presión 27.

5 Cuando la presión en el recipiente de gas de escape 23, medida por el segundo sensor de presión 27 es mayor que la presión en el colector de gas de escape 11, medida por el primer sensor de presión 25, la válvula del recipiente de gas de escape 23 se abre y el recipiente de gas de escape 23 se llena. Cuando la presión en el colector de gas de escape 11 se reduce por debajo de un cierto valor, la válvula se abre y se cierran las válvulas de gas de escape 15 de los respectivos recipientes PSA 1, 2, 3, 4.

10 En ambos aparatos 10, 20 durante la purga de un recipiente 1, 2, 3, 4 también se reduce la presión, debido a la reducción de la presión más rápida cuando el quemador 28 está consumiendo solo desde el respectivo recipiente de recepción de purga. Si se controla el suministro de la purga, toda la purga puede proceder a una presión próxima a la presión mínima de entrada de los controles del quemador.

REIVINDICACIONES

1. Método para separar una mezcla de gases de acuerdo con un proceso de adsorción por oscilación de presión (proceso PSA), que comprende la etapa de separar la mezcla de gases por adsorción de al menos un componente de gas en una masa adsorbente (5) proporcionada en cada recipiente de una pluralidad de recipientes (1, 2, 3, 4), en donde cada recipiente (1, 2, 3, 4) tiene al menos una entrada (6) y una salida (7), comprendiendo además el método la etapa de almacenar gas de escape de dicho proceso en un recipiente de gas de escape (23), en donde en cada uno de dichos recipientes (1, 2, 3, 4) se han de distinguir las siguientes etapas:

(i) admitir la mezcla de gases durante un periodo determinado en un primer recipiente (1) a través de una entrada (6) de dicho recipiente (1) y liberar un gas de producto separado a través de una salida (7) de dicho recipiente (1), para ser seguido de la admisión de la mezcla de gases en un segundo recipiente (2) mientras continúa la liberación de gas de producto desde el primer recipiente (1), para ser seguido de
 (ii) liberar gas de purga desde el primer recipiente (1) a través de su salida (7),
 (iii) liberar gas de escape desde el primer recipiente (1) a través de su entrada (6) y admitir al menos parte del gas de escape en el recipiente de gas de escape (23),
 (iv) admitir gas de purga en el primer recipiente (1) a través de su salida (7) y liberar gas de escape de dicho recipiente (1) a través de su entrada (6),
 (v) admitir un gas de producto separado en el primer recipiente (1) hasta que la presión en el primer recipiente (1) ha alcanzado un valor predeterminado, después de lo cual se inicia la admisión de la mezcla de gases en el primer recipiente (1), y las etapas se repiten comenzando con la etapa (i), en donde durante al menos una de las etapas (iii) y (iv) al menos parte del gas de escape desde el primer recipiente (1) se libera directamente al dispositivo de consumo de gas de escape (28), caracterizado por

(a) conectar,
 en un primer estado, en el que $p_i > p_b$ y $p_i > p_o + \Delta$,
 cada uno de los recipientes (1, 2, 3, 4) directamente al dispositivo de consumo de gas de escape (28) y al recipiente de almacenamiento de gas de escape (23),

(b) conectar,
 en un segundo estado en el que $p_i > p_b$ y $p_i \leq p_o + \Delta$,
 cada uno de los recipientes (1, 2, 3, 4) directamente solo al dispositivo de consumo de gas de escape (28), y

(c) conectar,
 en un tercer estado en el que $p_i < p_b$ y $p_o > p_b$,
 el recipiente de almacenamiento de gas de escape (23) al dispositivo de consumo de gas de escape (28), en donde

- p_i representa el valor de la presión en la entrada (6),
- p_o representa el valor de la presión en el recipiente de almacenamiento (23),
- p_b representa una presión que tiene un valor predeterminado, y
- Δ representa una diferencia de presión predeterminada.

2. Método según la reivindicación 1, en el que la mezcla de gas comprende gas hidrógeno y el gas de producto es hidrógeno.

3. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que el dispositivo de consumo de gas de escape comprende un quemador (28).

4. Aparato (10, 20) para separar una mezcla de gases de acuerdo con un proceso de adsorción por oscilación de presión (proceso PSA), que comprende una pluralidad de recipientes (1, 2, 3, 4), en donde cada recipiente (1, 2, 3, 4) tiene al menos una entrada (6) y una salida (7), proporcionándose una masa adsorbente en cada uno de dichos recipientes (1, 2, 3, 4) para adsorber al menos un componente de gas, y la entrada (6) de cada uno de dichos recipientes (1, 2, 3, 4) está conectada a un recipiente de almacenamiento (23) para un gas de escape, en donde la entrada (6) de cada uno de dichos recipientes (1, 2, 3, 4) y el recipiente de almacenamiento (23) están conectados además a un dispositivo de consumo de gas de escape (28), y en donde se proporcionan unos medios de control y conexión (21, 22, 24; 21, 25, 26, 27) para

(a) en un primer estado en el que $p_i > p_b$ y $p_i > p_o + \Delta$, conectar directamente cada uno de los recipientes (1, 2, 3, 4) al dispositivo de consumo de gas de escape (28) y al recipiente de almacenamiento de gas de escape (23),

(b) en un segundo estado en el que $p_i > p_b$ y $p_i \leq p_o + \Delta$, conectar directamente cada uno de los recipientes (1, 2, 3, 4) solo al dispositivo de consumo de gas de escape (28), y

(c) en un tercer estado en el que $p_i < p_b$ y $p_o > p_b$, conectar el recipiente de almacenamiento de gas de escape (23) al dispositivo de consumo de gas de escape (28), en donde

- p_i representa el valor de la presión en la entrada (6),
- p_o representa el valor de la presión en el recipiente de almacenamiento (23),
- p_b representa una presión que tiene un valor predeterminado, y

- Δ representa una diferencia de presión predeterminada.

5. Aparato (10) según la reivindicación 4, **caracterizado por que** cada entrada (6) está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape (28) mediante un conducto común (11) que tiene un primer dispositivo de control (21), que está provisto de un conducto de derivación que tiene una válvula de retención (22), un conducto de derivación conectado al recipiente de almacenamiento de gas de escape (23) y un segundo dispositivo de control (24).
6. Aparato (10) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el primer dispositivo de control es un dispositivo reductor de presión (21) y el segundo dispositivo de control es un dispositivo reductor de presión (24).
7. Aparato (10) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el primer dispositivo de control es una válvula de control y el segundo dispositivo de control es una válvula de control.
8. Aparato (10) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el primer dispositivo de control es una válvula de control y el segundo dispositivo de control es un regulador de presión.
9. Aparato (10) según la reivindicación 8, **caracterizado por que** el regulador de presión comprende una válvula reductora de presión y una válvula de control.
10. Aparato según la reivindicación 4, **caracterizado por que** cada entrada (6) está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape (28) mediante un conducto común (11) que está provisto de un primer dispositivo de control y de un conducto de derivación que se extiende entre las entradas (6) y dicho primer dispositivo de control y que tiene una válvula de retención, una rama conectada al recipiente de almacenamiento de gas de escape y un segundo dispositivo de control.
11. Aparato según la reivindicación 4, **caracterizado por que** cada entrada (6) está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape (28) mediante un conducto común (11), estando conectado el conducto común (11) al recipiente de almacenamiento de gas de escape (23) a través de un conducto de ramificación en el que se proporcionan un primer sensor de presión (25), una válvula (26) y un segundo sensor de presión (27).
12. Aparato según la reivindicación 4, **caracterizado por que** cada entrada (6) está conectada al dispositivo de consumo de gas de escape (28) mediante un conducto común (11) que tiene un primer dispositivo de control (21), que está provisto de un conducto de derivación que conduce a través del recipiente de gas de escape y tiene una válvula de retención (22) y un segundo dispositivo de control (24).
13. Aparato (10, 20) según cualquiera de las reivindicaciones 4-12, **caracterizado por que** la pluralidad de recipientes comprende al menos dos recipientes (1, 2, 3).
14. Aparato (10, 20) según cualquiera de las reivindicaciones 4-13, **caracterizado por que** la pluralidad de recipientes comprende cuatro recipientes (1, 2, 3, 4).
15. Aparato (10, 20) según cualquiera de las reivindicaciones 4-14, **caracterizado por que** el dispositivo de consumo de gas de escape comprende un quemador (28).

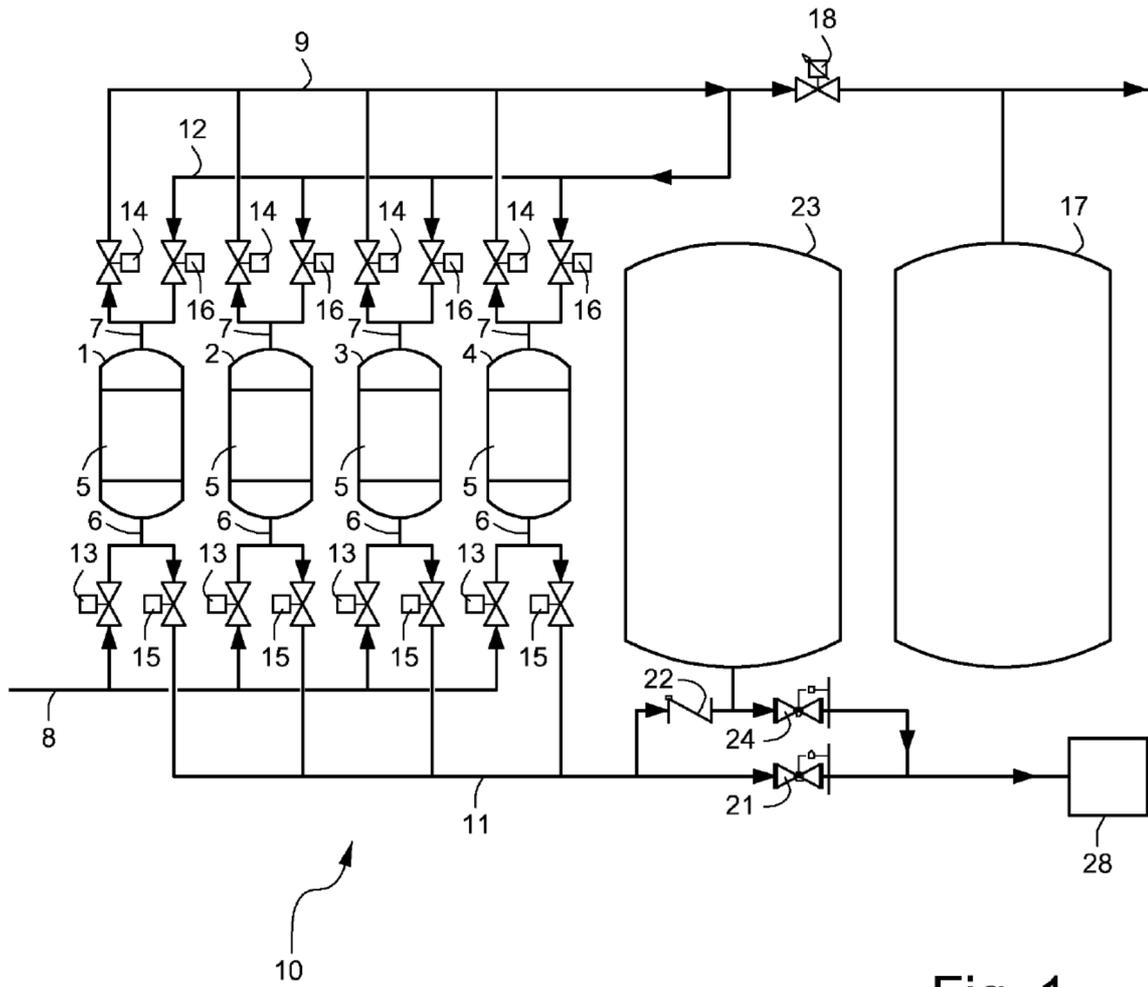


Fig. 1

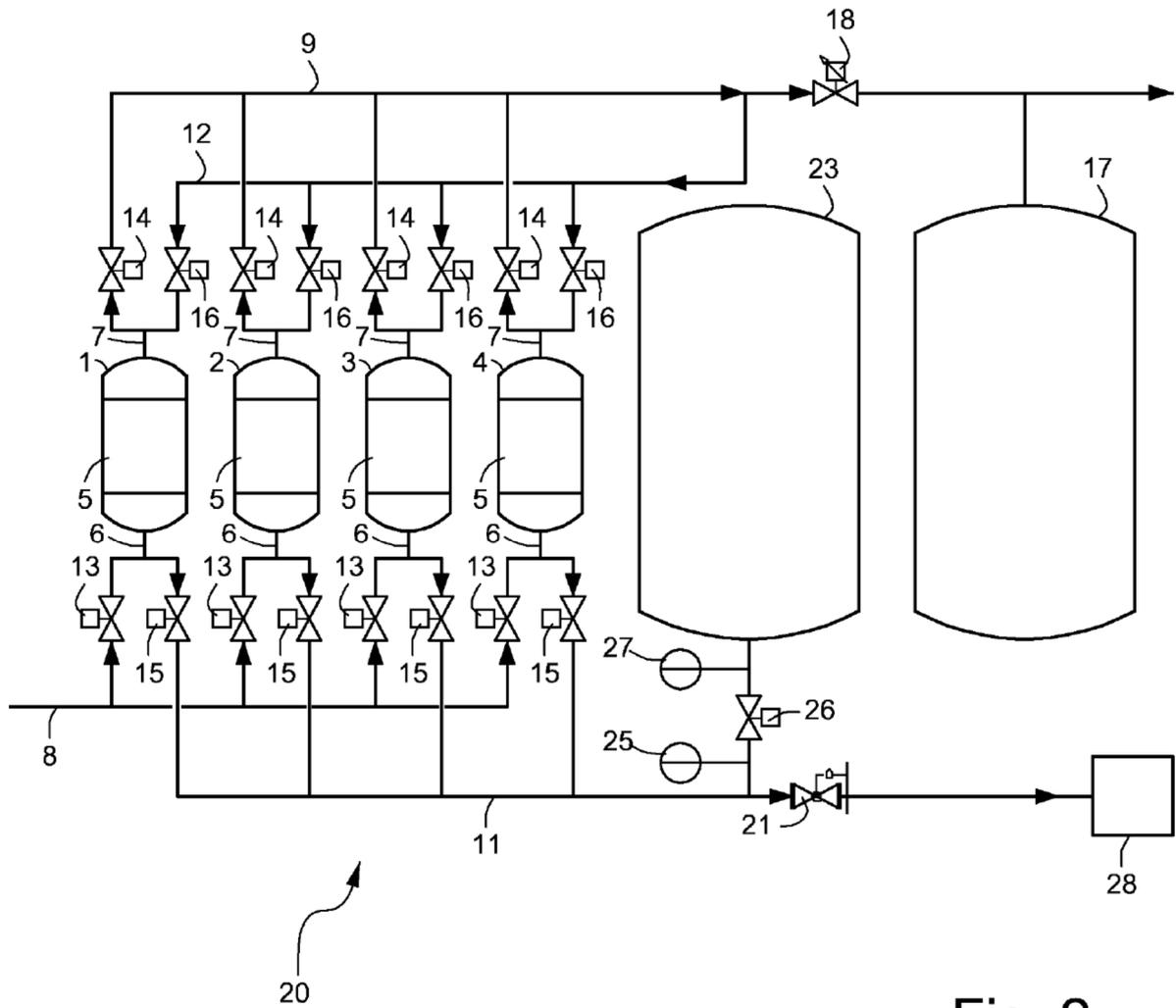


Fig. 2