

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 973**

51 Int. Cl.:

B01D 53/047 (2006.01)

B01D 53/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2015** **E 15173873 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2022** **EP 3108953**

54 Título: **Método para comprimir y secar un gas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2022

73 Titular/es:

ATELIERS FRANÇOIS (100.0%)
Rue Côte d'Or 274
4000 Liège, BE

72 Inventor/es:

KITCHENER, ANTHONY JOHN

74 Agente/Representante:

BALLESTER INTELLECTUAL PROPERTY S.L.P.U

ES 2 926 973 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 para comprimir y secar un gas

5 **Campo de la invención**

[0001] La invención se refiere a un método para comprimir y secar un gas. La invención se refiere más particularmente a un método para entregar a un usuario un gas secado a una alta presión y a un alto caudal como, por ejemplo, una presión superior a 10 bares y un caudal superior a 1 m³/min y de hasta 100 m³/min.

10

Descripción de la técnica anterior

[0002] En la técnica, se conocen compresores de gas de muchos tipos. También se sabe que el gas comprimido, en particular el aire comprimido, presenta un contenido de humedad relativamente alto cuando sale del compresor y que dicho contenido de humedad debe eliminarse o al menos reducirse antes de la entrega del gas comprimido a un usuario. Se han propuesto varios métodos para secar un gas comprimido.

15

[0003] Un método conocido consiste en enfriar el gas comprimido para que su contenido de vapor de agua se condense, tras lo cual se purga el agua líquida. Generalmente, el gas secado debe entonces calentarse de nuevo para alcanzar una temperatura necesaria para su uso futuro. Aunque estos secadores funcionan bien, consumen bastante energía y, por tanto, reducen la eficiencia total del aparato. No es infrecuente que un secador frigorífico de este tipo consuma entre el 3 % y el 5 % del consumo total de energía del aparato, especialmente en el caso de un compresor de alta presión y alto caudal, como un compresor multietapa, por ejemplo. Estos secadores frigoríficos presentan además muchos otros inconvenientes: son muy delicados de transportar, requieren un suministro de energía eléctrica específico y conductos de refrigeración por agua específicos, deben ser controlados y rellenados con refrigerante que debe cumplir requisitos normativos estrictos y variables en diversos países, etc.

20

25

[0004] Otro método conocido consiste en adsorber el vapor de agua del gas comprimido en un desecante. Sin embargo, en este tipo de secadores desecantes, el desecante debe ser regenerado o sustituido cuando se satura de humedad. Dos métodos convencionales para regenerar un desecante saturado son el método de adsorción por oscilación térmica (TSA, por sus siglas en inglés) y el método de adsorción por oscilación de presión (PSA, por sus siglas en inglés).

30

[0005] Con el método TSA, el desecante se regenera calentándolo a altas temperaturas, normalmente más de 120 °C, lo que provoca la desorción de la humedad previamente adsorbida. Después de este paso, el desecante debe enfriarse, preferiblemente con aire de refrigeración seco, para poder volver a adsorber eficientemente el vapor de agua del gas comprimido húmedo.

35

[0006] Un método de este tipo se conoce, por ejemplo, por la patente estadounidense US6221130. Aquí, el desecante que se ha de regenerar se coloca en el flujo de gas de una etapa intermedia de un compresor multietapa y el calor de este gas interetapa se utiliza para desorber la humedad previamente adsorbida de la salida del compresor.

40

[0007] Este método presenta el inconveniente de que utiliza aire relativamente húmedo para el proceso de regeneración, lo que perjudica la eficiencia de este proceso.

45

[0008] La eficiencia de este proceso depende, además, de la temperatura del gas comprimido interetapa, parámetro que generalmente no puede elegirse libremente porque depende del proceso de compresión. En comparación con el método PSA, que se detallará más adelante, el método TSA es también mucho más lento debido al tiempo necesario para calentar y enfriar el desecante en cada ciclo de regeneración. Otra consecuencia negativa es que los recipientes de TSA que contienen el desecante deben ser de gran tamaño y, cuando se trata de recipientes grandes que deben soportar una presión elevada, necesitan paredes gruesas y son muy caros de fabricar.

50

[0009] Un compresor que utiliza un secador TSA también es conocido por la publicación de patente europea EP799635. Aquí, el gas relativamente seco de la salida del compresor se utiliza para la regeneración del desecante saturado después de que este gas se haya calentado primero utilizando el calor de compresión generado por el compresor. Aparte de la ventaja de utilizar gas relativamente seco para la regeneración, este método presenta los mismos inconvenientes que el anterior.

55

[0010] Un compresor que utiliza un secador TSA también es conocido por la publicación de patente estadounidense US2014/0190349. Aquí, el gas procedente de una etapa intermedia del compresor es secado por un secador TSA antes de que una parte de él se alimente a una siguiente etapa del compresor. Otra parte del gas intermedio secado se utiliza para la regeneración del desecante saturado del secador TSA después de que este gas haya sido calentado primero por un calentador de gas regenerativo. Por lo tanto, este dispositivo presenta los mismos inconvenientes que el anterior. Además, cabe tener en cuenta que no hay secado de la salida de gas por la etapa final del compresor, lo que puede dar lugar a un gas de salida que presenta demasiado contenido de humedad.

60

5 [0011] El método PSA no utiliza cambios de temperatura, sino cambios de presión para liberar la humedad adsorbida. Normalmente, un desecante adsorbe la humedad a una presión elevada. A continuación, el proceso cambia a una presión más baja -normalmente la presión atmosférica- para desorber la humedad adsorbida del desecante. La adsorción y la desorción pueden funcionar a una temperatura cercana a la del ambiente y no necesitan ni calefacción ni refrigeración externas, lo que supone una ventaja frente al proceso TSA. Sin embargo, el método PSA presenta el inconveniente de que una parte del gas comprimido se pierde en el curso del ciclo de regeneración. Además, en la técnica, se sabe que el PSA no es adecuado para el secado de gases a altas presiones y/o altos caudales.

10 Sumario de la invención

15 [0012] Es un objeto de la presente invención proporcionar un método para comprimir y secar un gas que aborde los problemas de los métodos y aparatos del estado de la técnica. Es más particularmente un objeto de la presente invención proporcionar un método y un aparato para entregar un gas secado a una alta presión y a un alto caudal como, por ejemplo, una presión superior a 10 bares y un caudal superior a 1 m³/min y de hasta 100 m³/min.

[0013] La invención es definida por las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones ventajosas.

20 [0014] De acuerdo con la invención, se proporciona un método para comprimir y secar un gas, comprendiendo dicho método los pasos de:

- comprimir el gas en un compresor multietapa que tiene al menos tres etapas sucesivas de compresión, una entrada de gas de primera etapa, una salida de gas de etapa final que entrega un gas comprimido de etapa final, una primera porción interetapa que funciona a una primera presión intermedia y una segunda porción interetapa que funciona a una segunda presión intermedia que es mayor que la primera presión intermedia,
- secar el gas comprimido de etapa final mediante un método de adsorción por oscilación de presión (PSA), comprendiendo dicho método PSA la alimentación del gas comprimido de etapa final en una primera cámara que comprende un primer adsorbente regenerable, entregando dicha primera cámara un gas seco en una salida de gas seco para un usuario y regenerando un segundo adsorbente regenerable contenido en una segunda cámara alimentando dicha segunda cámara con una parte del gas seco de la salida de gas seco y ventilando la segunda cámara en dos subpasos secuenciales: un primer subpaso donde la segunda cámara se ventila en una segunda entrada de gas interetapa de la segunda porción interetapa, y un segundo subpaso donde la segunda cámara se ventila en una primera entrada de gas interetapa de la primera porción interetapa.

35 [0015] Este método es diferente del método de refrigeración y del método TSA y, por lo tanto, no presenta los inconvenientes mencionados de estos métodos. El método de acuerdo con la invención utiliza el método PSA de una manera nueva y específica, a saber, ventilando la regeneración secuencialmente en diferentes etapas intermedias del compresor multietapa (inicialmente a una segunda presión intermedia y luego a una primera presión intermedia que es más baja que la primera presión intermedia), de modo que se evitan diferencias de presión demasiado altas y/o negativas durante la ventilación y de modo que el gas comprimido utilizado para este fin no se desperdicia a la atmósfera sino que se reintroduce en el compresor, lo que da lugar a una mejor eficiencia total del aparato en comparación con los métodos existentes.

45 [0016] En un método preferido de acuerdo con la invención, la primera y segunda cámara se intercambian mutuamente de forma periódica, de modo que el paso de secado del gas comprimido de etapa final se produce durante un primer periodo de tiempo en la primera cámara, mientras que el paso de regeneración del segundo adsorbente regenerable se produce en la segunda cámara, y viceversa durante un segundo periodo de tiempo.

50 [0017] Aparte del tiempo necesario para intercambiar la primera y segunda cámara, esto permite entregar casi continuamente gas comprimido y seco a un usuario.

[0018] Más preferiblemente, el paso de compresión del gas es un paso de compresión del gas hasta una presión de salida de etapa final que es superior a 10 bares, preferiblemente superior a 20 bares, más preferiblemente superior a 30 bares.

55 [0019] En todos y cada uno de estos casos, dicho gas es preferiblemente aire.

[0020] La invención también se refiere a un aparato para poner en práctica estos métodos.

60 Breve descripción de los dibujos

[0021] Estos y otros aspectos de la invención se explicarán con más detalle mediante ejemplos y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de ejemplo;

La figura 2 muestra esquemáticamente otro aparato de ejemplo;

5 La figura 3 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 2 cuando se encuentra en una primera fase de funcionamiento;

La figura 4 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 2 cuando se encuentra en una segunda fase de funcionamiento;

10 La figura 5 muestra esquemáticamente un aparato de ejemplo de acuerdo con la invención;

La figura 6 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una primera fase de funcionamiento;

15 La figura 7 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una segunda fase de funcionamiento;

20 La figura 8 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una tercera fase de funcionamiento;

La figura 9 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una cuarta fase de funcionamiento.

25 La figura 10 muestra esquemáticamente otro aparato de ejemplo;

La figura 11 muestra esquemáticamente otro aparato de ejemplo;

30 La figura 12 muestra esquemáticamente una pieza de un aparato de ejemplo de acuerdo con una realización preferida de la invención.

[0022] Los dibujos de las figuras no están dibujados a escala ni proporcionados. Por lo general, los componentes parecidos o idénticos son indicados por los mismos números de referencia en las figuras.

35 **Descripción detallada de realizaciones de la invención**

[0023] La figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de ejemplo que comprende un compresor de gas multietapa (1) seguido de un secador de gas o deshumidificador (50).

40 **[0024]** El compresor multietapa puede ser cualquier tipo de compresor de gas. Como es bien sabido, un compresor multietapa comprende porciones interetapa entre cualquiera de dos etapas de compresión adyacentes, funcionando estas porciones interetapa respectivamente a presiones intermedias crecientes.

45 **[0025]** En el ejemplo ilustrado en la figura 1, el compresor multietapa es un compresor de tres etapas que comprende, sucesivamente, una primera etapa (1a) que tiene una entrada de gas de primera etapa (4) a la que se introduce el gas que se ha de comprimir, seguida de una segunda etapa (1b), seguida de una tercera etapa (1c) de la que sale el gas comprimido a una salida de etapa final (6). El compresor de la figura 1 presenta una primera porción interetapa (1ab) situada entre la primera y la segunda etapa y que funciona a una primera presión intermedia, y una segunda porción interetapa (1bc) situada entre la segunda y la tercera etapa y que funciona a una segunda presión intermedia que es mayor que la primera presión intermedia. En este ejemplo, la segunda porción interetapa (1bc) comprende una entrada de gas interetapa (5) a la que se puede suministrar gas además del flujo de gas procedente de una etapa anterior, como se explicará más adelante.

50 **[0026]** El aparato comprende además un secador (50) que comprende una primera cámara (10) que incluye un primer adsorbente regenerable (13) y una segunda cámara (20) que incluye un segundo adsorbente regenerable (23). Los adsorbentes regenerables (13, 23) son aquellos que son capaces de adsorber la humedad de un gas, como las zeolitas o la alúmina activada o los geles de sílice, por ejemplo.

55 **[0027]** Como se muestra en la figura 1, el aparato también comprende una primera válvula (34) y una segunda válvula (35), los correspondientes controles de válvula (no ilustrados), y conductos de gas, todos ellos configurados para, en el curso de un primer periodo de tiempo:

- conectar la primera cámara (10) en serie entre la salida de gas de etapa final (6) y una salida de gas seco (40) para un usuario, y para

65

- conectar la segunda cámara (20) en serie entre dicha salida de gas seco (40) y al menos una de la al menos una entrada de gas interetapa del compresor multietapa.

5 **[0028]** En este ejemplo, la segunda cámara (20) está conectada en serie entre dicha salida de gas seco (40) y una entrada de gas interetapa (5) en la segunda porción interetapa (1bc) del compresor multietapa, pero también puede estar conectada en serie entre dicha salida de gas seco (40) y una entrada de gas interetapa en la primera porción interetapa (1ab) del compresor multietapa.

10 **[0029]** Con una configuración de este tipo, el gas húmedo que es entregado por la etapa final (1c) del compresor puede ser secado por el primer adsorbente regenerable de la primera cámara (10) para entregar un gas seco a un usuario, mientras que una parte de dicho gas seco puede ser retroalimentado a la segunda cámara (20) para regenerar el segundo adsorbente regenerable. En este ejemplo, un caudal hacia la salida de gas seco puede ser controlado por la primera válvula (34), mientras que un caudal de gas seco que es retroalimentado a la segunda cámara (20) puede ser controlado por la segunda válvula (35). Normalmente, entre el 10 % y el 20 % del gas seco que sale de la primera cámara (10) es alimentado a la segunda cámara (20) para regenerar el segundo adsorbente regenerable. El gas que sale de la segunda cámara no se descarga o no se descarga completamente en la atmósfera, sino que es retroalimentado, al menos parcialmente, a una porción interetapa del compresor.

20 **[0030]** En un método correspondiente, se llevan a cabo los siguientes pasos a), b) y c) para comprimir y secar un gas:

- a) Comprimir el gas en un compresor multietapa que presenta al menos una entrada de gas interetapa (5) y que presenta una salida de gas de etapa final (6) que entrega un gas comprimido de etapa final.
- b) Secar el gas comprimido de etapa final alimentándolo a una primera cámara (10) que comprende un primer adsorbente regenerable (13), entregando dicha primera cámara un gas seco en una salida de gas seco (40) a un usuario.
- c) Regenerar un segundo adsorbente regenerable (23) contenido en una segunda cámara (20) alimentando dicha segunda cámara con una parte del gas seco de la salida de gas seco (40) y ventilando la segunda cámara en al menos una de la al menos una entrada de gas interetapa (5).

30 **[0031]** Quedará claro que un método de este tipo puede, por ejemplo, ponerse en práctica con un aparato como se ha descrito anteriormente.

[0032] La figura 2 muestra esquemáticamente otro aparato de ejemplo.

35 **[0033]** Este aparato es idéntico al aparato de la figura 1, con la excepción de que su secador (50) comprende cuatro válvulas adicionales (30, 31, 32, 33), los controles de válvula adicionales correspondientes (no ilustrados) y conductos de gas adicionales, como se ilustra. La primera y segunda válvula (34, 35), las cuatro válvulas adicionales (30, 31, 32, 33), los controles de válvula correspondientes y los conductos de gas están, además, todos ellos configurados para, en el curso de un segundo periodo de tiempo:

- conectar la segunda cámara (20) en serie entre la salida de gas de etapa final (6) y una salida de gas seco (40) para un usuario, y para
- conectar la primera cámara (10) en serie entre dicha salida de gas seco (40) y al menos una de la al menos una entrada de gas interetapa (5) del compresor multietapa.

45 **[0034]** A dicho secador (50) se lo conoce en ocasiones como secador de adsorción por oscilación de presión (PSA) y es conocido en la técnica, por ejemplo, por la publicación de patente número US2944627 a Skarstrom, que se incorpora en la presente memoria por referencia.

50 **[0035]** Como se muestra en la figura 2 y en las figuras posteriores, el secador (50) presenta una entrada de gas húmedo (50a), una salida de gas seco (50b) y una salida de purga (50c). El secador (50) se controla para funcionar como se muestra con más detalle en la figura 3 y la figura 4.

55 **[0036]** La figura 3 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 2 cuando se encuentra en una primera fase de funcionamiento durante el primer periodo de tiempo. En esta primera fase de funcionamiento, los controles de válvula abren al menos parcialmente las válvulas 30, 33, 34 y 35 y cierran las válvulas 31 y 32. En consecuencia, el gas húmedo que es entregado por la etapa final (1c) del compresor puede ser secado por el primer adsorbente regenerable (13) de la primera cámara (10) para entregar un gas seco (40) a un usuario, mientras que una parte de dicho gas seco puede ser retroalimentado a la segunda cámara (20) para regenerar el segundo adsorbente regenerable (23). El gas que sale de la segunda cámara (20) durante dicha primera fase de funcionamiento no se descarga o no se descarga completamente en la atmósfera, sino que es retroalimentado, al menos parcialmente, a una porción interetapa (5) del compresor.

[0037] La figura 4 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 2 cuando se encuentra en una segunda fase de funcionamiento durante el segundo periodo de tiempo. En esta segunda fase de funcionamiento, los controles de válvula

abren al menos parcialmente las válvulas 31, 32, 34 y 35 y cierran las válvulas 30 y 33. En consecuencia, el gas húmedo que es entregado por la etapa final (1c) del compresor puede ser secado por el segundo adsorbente regenerable (23) de la segunda cámara (20) para entregar un gas seco (40) a un usuario, mientras que una parte de dicho gas seco puede ser retroalimentado a la primera cámara (10) para regenerar el primer adsorbente regenerable (13). El gas que sale de la primera cámara durante la segunda fase de funcionamiento no se descarga o no se descarga completamente en la atmósfera, sino que es retroalimentado, al menos parcialmente, a una porción interetapa (5) del compresor.

[0038] Los controles de válvula pueden estar configurados para cambiar periódicamente el aparato entre la primera y la segunda fase de funcionamiento, lo que permite una entrega casi continua de gas comprimido seco al usuario en la salida de gas seco (40).

[0039] En un método preferido, la primera cámara (10) y la segunda cámara (20) se intercambian mutuamente de forma periódica, de modo que el paso de secado del gas comprimido de etapa final se produce durante un primer periodo de tiempo en la primera cámara, mientras que el paso de regeneración del segundo adsorbente regenerable se produce en la segunda cámara, y viceversa durante un segundo periodo de tiempo.

[0040] La figura 5 muestra esquemáticamente un aparato de ejemplo de acuerdo con la invención. Este aparato es idéntico al aparato de la figura 2, salvo que comprende además dos válvulas de ventilación (36, 37), los correspondientes controles de válvula de ventilación (no ilustrados) y los conductos de gas de ventilación, como se ilustra, que están todos configurados para, en el curso del primer periodo de tiempo:

- conectar la segunda cámara (20) en serie entre dicha salida de gas seco (40) y una segunda entrada de gas interetapa (5b) de la segunda porción interetapa (1bc) durante un tercer periodo de tiempo, y para conectar la segunda cámara (20) en serie entre dicha salida de gas seco (40) y una primera entrada de gas interetapa (5a) de la primera porción interetapa (1ab) durante un cuarto periodo de tiempo posterior al tercer periodo de tiempo.

[0041] La ventilación, en primer lugar, de la segunda cámara en la segunda porción interetapa (1bc) en lugar de en la primera porción interetapa (1ab) del compresor multietapa presenta de hecho la ventaja de reducir el caudal de gas a través de la segunda cámara durante esta fase de funcionamiento, lo que reduce el riesgo de arrastrar polvo adsorbente y/o de dañar el adsorbente y lo que también reduce el ruido. Asimismo, facilita la recompresión del gas ventilado por el compresor, lo que reduce las pérdidas de energía y, por tanto, mejora la eficiencia global.

[0042] La figura 6 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una primera fase de funcionamiento durante el primer periodo de tiempo.

[0043] En esta primera fase de funcionamiento, los controles de válvula abren al menos parcialmente las válvulas 30, 33, 34, 35 y 37 y cierran las válvulas 31, 32 y 36 durante el tercer periodo de tiempo. Por lo tanto, el gas que sale de la segunda cámara (20) en el curso de dicha primera fase de funcionamiento se retroalimenta, al menos parcialmente, a la segunda porción interetapa (1bc) del compresor a través de la segunda entrada de gas interetapa (5b). En consecuencia, el gas húmedo que es entregado por la etapa final (1c) del compresor puede ser secado por el primer adsorbente regenerable (13) de la primera cámara (10) para entregar un gas seco a un usuario, mientras que una parte de dicho gas seco puede ser retroalimentado a la segunda cámara (20) para regenerar el segundo adsorbente regenerable (23). Por lo tanto, el gas que sale de la segunda cámara en el curso de dicha primera fase de funcionamiento se retroalimenta, al menos parcialmente, a la segunda porción interetapa (1bc) del compresor a través de la segunda entrada de gas interetapa (5b).

[0044] La figura 7 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una segunda fase de funcionamiento durante el primer periodo de tiempo.

[0045] En esta segunda fase de funcionamiento, los controles de válvula abren (o permiten abrir), al menos parcialmente, las válvulas 30, 33, 34, 35 y 36, y cierran (o permiten cerrar) las válvulas 31, 32 y 37 durante el cuarto periodo de tiempo. Por lo tanto, el gas que sale de la segunda cámara en el curso de dicha segunda fase de funcionamiento se retroalimenta, al menos parcialmente, a la primera porción interetapa (1ab) del compresor a través de la primera entrada de gas interetapa (5a).

[0046] La figura 8 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una tercera fase de funcionamiento durante el segundo periodo de tiempo.

[0047] En esta tercera fase de funcionamiento, los controles de válvula abren, al menos parcialmente, las válvulas 31, 32, 34, 35 y 37 y cierran las válvulas 30, 33 y 36 durante un quinto periodo de tiempo. Por lo tanto, el gas que sale de la primera cámara (10) en el curso de dicha tercera fase de funcionamiento se retroalimenta, al menos parcialmente, a la segunda porción interetapa (1bc) del compresor a través de la segunda entrada de gas interetapa (5b).

[0048] La figura 9 muestra esquemáticamente el aparato de la figura 5 cuando se encuentra en una cuarta fase de funcionamiento durante el segundo periodo de tiempo.

5 [0049] En esta cuarta fase de funcionamiento, los controles de válvula abren (o permiten abrir), al menos parcialmente, las válvulas 31, 32, 34, 35 y 36, y cierran (o permiten cerrar) las válvulas 30, 33 y 37 durante un sexto periodo de tiempo después del quinto periodo de tiempo. Por lo tanto, el gas que sale de la primera cámara (10) en el curso de dicha cuarta fase de funcionamiento se retroalimenta, al menos parcialmente, a la primera porción interetapa (1ab) del compresor a través de la primera entrada de gas interetapa (5a).

10 [0050] En un método preferido de acuerdo con la invención, el paso de ventilar la segunda cámara (20) comprende dos subpasos secuenciales: un primer subpaso donde la segunda cámara (20) se ventila en una de entre una primera entrada de gas interetapa (5a) de la primera porción interetapa (1ab) o en una segunda entrada de gas interetapa (5b) de la segunda porción interetapa (1bc), y un segundo subpaso donde la segunda cámara (20) se ventila respectivamente en una de entre la segunda entrada de gas interetapa (5b) de la segunda porción interetapa (1bc) o en la primera entrada de gas interetapa (5a) de la primera porción interetapa (1ab).

15 [0051] Más preferentemente, la segunda cámara (20) se ventila en la segunda entrada de gas interetapa (5b) de la segunda porción interetapa (1bc) durante el primer subpaso, y la segunda cámara (20) se ventila en la primera entrada de gas interetapa (5a) de la primera porción interetapa (1ab) durante el segundo subpaso, produciéndose dicho segundo subpaso después del primer subpaso.

20 [0052] Preferiblemente, el paso de ventilar la primera cámara (10) durante el segundo periodo de tiempo comprende también dos subpasos secuenciales, un tercer subpaso donde la primera cámara (10) se ventila en la segunda entrada de gas interetapa (5b) de la segunda porción interetapa (1bc), y un cuarto subpaso donde la primera cámara (10) se ventila en la primera entrada de gas interetapa (5a) de la primera porción interetapa (1ab), produciéndose dicho cuarto subpaso después del tercer subpaso.

25 [0053] Como se ha comentado más arriba, normalmente entre el 10 % y el 20 % del gas seco que sale de la primera cámara (10) es alimentado a la segunda cámara (20) para regenerar el segundo adsorbente regenerable durante el primer periodo de tiempo (ilustrado en las figuras 6 y 7) y, de forma recíproca, normalmente entre el 10 % y el 20 % del gas seco que sale de la segunda cámara (20) es alimentado a la primera cámara (10) para regenerar el primer adsorbente regenerable durante el segundo periodo de tiempo (ilustrado en las figuras 8 y 9). Por lo tanto, la primera y segunda válvula (34, 35) están configuradas y opcionalmente controladas para alcanzar estos caudales.

30 [0054] No obstante, el aparato comprende, además, preferiblemente, una primera válvula de derivación (34b) que está conectada de forma fluida en paralelo con la primera válvula (34) y una segunda válvula de derivación (35b) que está conectada de forma fluida en paralelo con la segunda válvula (35), como se muestra en la figura 10. La primera válvula de derivación (34b) está configurada y, opcionalmente, controlada para desviar la primera válvula (34) durante el primer periodo de tiempo, y la segunda válvula de derivación (35b) está configurada y, opcionalmente, controlada para desviar la segunda válvula (35) durante el segundo periodo de tiempo, de modo que pueda entregarse suficiente gas seco a la salida de gas seco (40) para el usuario durante cada uno de entre el primer y el segundo periodo de tiempo.

35 [0055] En caso de que la primera y segunda válvula de derivación (34b, 35b) sean válvulas de control, un regulador abre la primera válvula de derivación (34b) y cierra la segunda válvula de derivación (35b) durante el primer periodo de tiempo, y el regulador cierra la primera válvula de derivación (34b) y abre la segunda válvula de derivación (35b) durante el segundo periodo de tiempo.

40 [0056] Alternativamente, la primera y segunda válvula de derivación (34b, 35b) pueden ser válvulas unidireccionales (también conocidas como válvulas de retención), estando cada una de ellas orientada de manera que el gas pueda fluir a través de estas válvulas de derivación desde, respectivamente, la primera y la segunda cámara (10, 20) hacia la salida de gas seco (40) y no en la dirección opuesta. Una realización de ejemplo se muestra esquemáticamente en la figura 11, donde las direcciones unidireccionales de flujo de gas a través de las válvulas unidireccionales se indican mediante flechas.

45 [0057] Preferiblemente, la primera y segunda válvula de derivación son válvulas unidireccionales accionadas por resorte.

50 [0058] Preferiblemente, el paso de compresión del gas es un paso de compresión del gas hasta una presión de salida de etapa final (6) que es superior a 10 bares, preferiblemente superior a 20 bares, más preferiblemente superior a 30 bares.

55 [0059] En consecuencia, el compresor multietapa de un aparato de acuerdo con la invención está adaptado preferiblemente para comprimir gas a una presión de salida de etapa final que es superior a 10 bares, preferiblemente superior a 20 bares, más preferiblemente superior a 30 bares.

60 [0060] Preferiblemente, dicho gas es aire, más preferiblemente aire ambiente.

- 5 **[0061]** Preferiblemente, el primer adsorbente regenerable (13) está fijado sobre una superficie de una primera estructura rígida (15a), estando dicha primera estructura rígida unida en el interior y a la primera cámara (10), y el segundo adsorbente regenerable (23) está fijado sobre una superficie de una segunda estructura rígida (15b), estando dicha segunda estructura rígida unida en el interior y a la segunda cámara (20). A diferencia del uso conocido de granulados o granos recubiertos de adsorbente en las cámaras de los secadores PSA, el inventor ha descubierto que dicha estructura rígida (15) es más apropiada para tratar gases comprimidos a alta presión (como presiones superiores a 10 bares) y/o caudales de gas elevados (como caudales superiores a 1 m³/min y de hasta 100 m³/min, por ejemplo) en un secador PSA.
- 10 **[0062]** Más preferiblemente, cada una de entre la primera (15a) y la segunda (15b) estructura rígida es una estructura de panal canalizada. La figura 12 muestra esquemáticamente una cámara de ejemplo -que puede ser cualquiera de entre la primera cámara (10) y/o la segunda cámara (20)- que incluye una estructura de panal canalizada (15a, 15b) que se dispone axialmente hacia la cámara y está unida de forma rígida a la cámara. La cámara también presenta puertos de entrada y salida de gas, como indican las flechas de la figura 10. Preferiblemente, los puertos de entrada y salida se disponen axialmente.
- 15 **[0063]** La propia estructura rígida puede ser, por ejemplo, de cartón reforzado con fibra de vidrio o de cualquier otro material rígido apropiado.
- 20 **[0064]** Cada canal de la estructura de panal está, por ejemplo, recubierto o impregnado en su interior y a lo largo de su longitud con un adsorbente regenerable (13, 23), como gel de sílice o zeolitas o alúmina activada.
- 25 **[0065]** Con dichas estructuras rígidas, los inventores han descubierto que pueden utilizarse velocidades de gas en las cámaras (10, 20) de hasta 3/10 m/s e incluso de hasta 5 m/s sin inconvenientes significativos. Esto es de 5 a 10 veces más que cuando se utilizan cámaras llenas de granulados recubiertos de adsorbente, pero permitiendo eliminar más del 90 % de la humedad contenida en el gas entrante.
- 30 **[0066]** En una realización más preferida del aparato, la primera y segunda cámara (10, 20) son cámaras alargadas, estando ambas dispuestas horizontalmente. Preferiblemente, el flujo de gas hacia la primera y segunda cámara es un flujo de gas sustancialmente horizontal.
- 35 **[0067]** La presente invención se ha descrito en términos de realizaciones específicas, que son ilustrativas de la invención y no deben interpretarse como limitativas. De manera más general, los expertos en la materia observarán que la presente invención no está limitada por lo que se ha mostrado y/o descrito particularmente en el presente documento.
- [0068]** Los números de referencia en las reivindicaciones no limitan su alcance de protección.
- 40 **[0069]** El uso de los verbos "comprender", "incluir", "estar compuesto de", o cualquier otra variante, así como sus respectivas conjugaciones, no excluye la presencia de elementos distintos de los indicados.
- 45 **[0070]** El uso del artículo «un/una» o «el/la» que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de dichos elementos.
- 50 **[0071]** Un método de acuerdo con la invención también puede describirse de la manera siguiente: un método por el que un gas es comprimido primero por un compresor multietapa (1) y luego secado por un adsorbedor de oscilación de presión (50). El adsorbedor de oscilación de presión comprende una primera cámara (10) que incluye un primer adsorbente (13). Esta primera cámara se alimenta con gas húmedo procedente de una salida de la última etapa (1c) del compresor y entrega gas seco a un usuario. El adsorbedor de oscilación de presión comprende además una segunda cámara (20) que incluye un segundo adsorbente (23) que puede haber adsorbido humedad previamente. Para regenerar el segundo adsorbente y desorber la humedad, una parte de dicho gas seco se alimenta en la segunda cámara y la segunda cámara se ventila secuencialmente en al menos dos entradas de gas interetapa diferentes (5b, 5a) del compresor en lugar de en la atmósfera, con lo que se evitan diferencias de presión demasiado elevadas y se mejora la eficiencia total del método.

REIVINDICACIONES

1. Método para comprimir y secar un gas, que comprende los pasos de:

- 5 - comprimir el gas en un compresor multietapa (1) que tiene al menos tres etapas sucesivas de compresión (1a, 1b, 1c), una entrada de gas de primera etapa (4), una salida de gas de etapa final (6) que entrega un gas comprimido de etapa final, una primera porción interetapa (1ab) que funciona a una primera presión intermedia y una segunda porción interetapa que funciona a una segunda presión intermedia que es mayor que la primera presión intermedia,
- 10 - secar el gas comprimido de etapa final mediante un método de adsorción, comprendiendo dicho método de adsorción la alimentación del gas comprimido de etapa final en una primera cámara (10) que comprende un primer adsorbente regenerable (13), entregando dicha primera cámara un gas seco en una salida de gas seco (40) para un usuario y regenerando un segundo adsorbente regenerable contenido en una segunda cámara (20) alimentando dicha segunda cámara con una parte del gas seco de la salida de gas seco (40) y ventilando la segunda cámara en al menos una de la al menos una entrada de gas interetapa del compresor multietapa,

20 **caracterizado por que** dicho método de adsorción es un método de adsorción por oscilación de presión (PSA) y **por que** el paso de ventilar la segunda cámara (20) comprende dos subpasos secuenciales: un primer subpaso donde la segunda cámara (20) se ventila en una segunda entrada de gas interetapa (5b) de la segunda porción interetapa (1bc) y un segundo subpaso donde la segunda cámara (20) se ventila en una primera entrada de gas interetapa (5a) de la primera porción interetapa (1ab).

25 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la primera y segunda cámara (10, 20) se intercambian mutuamente de forma periódica, de modo que el paso de secado del gas comprimido de etapa final se produce durante un primer periodo de tiempo en la primera cámara (10), mientras que el paso de regeneración del segundo adsorbente regenerable (23) se produce en la segunda cámara (20), y viceversa durante un segundo periodo de tiempo.

30 3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el paso de compresión del gas es un paso de compresión del gas hasta una presión de salida de etapa final que es superior a 10 bares, preferiblemente superior a 20 bares, más preferiblemente superior a 30 bares.

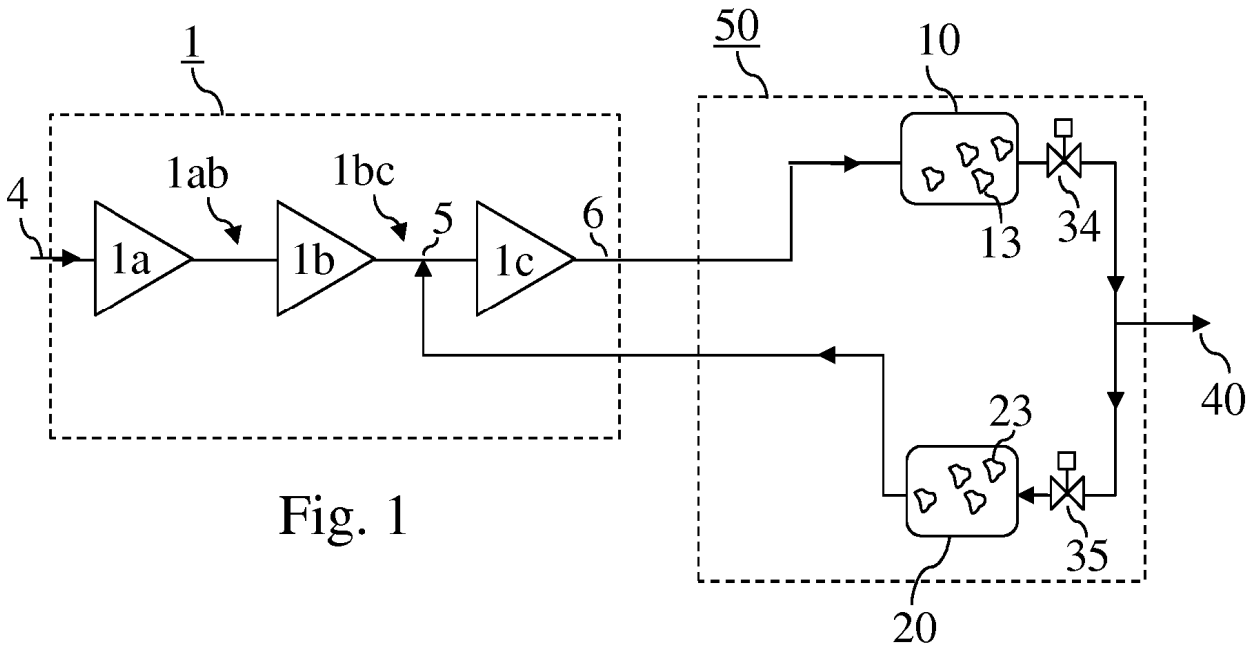


Fig. 1

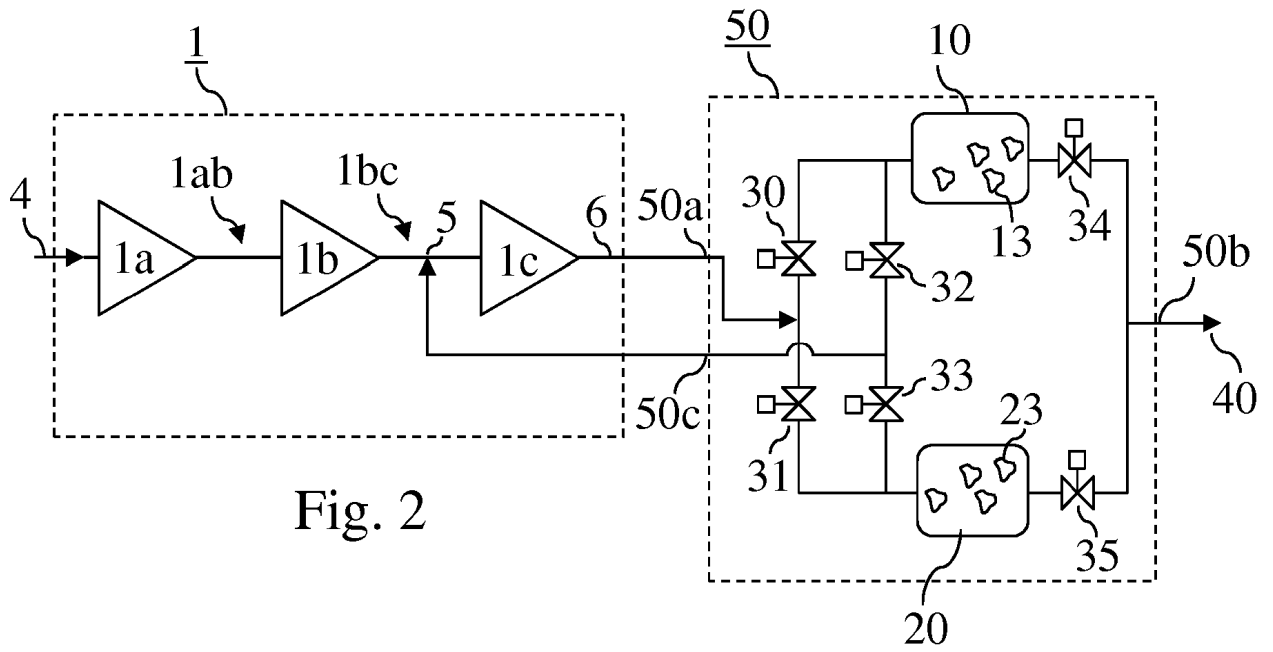


Fig. 2

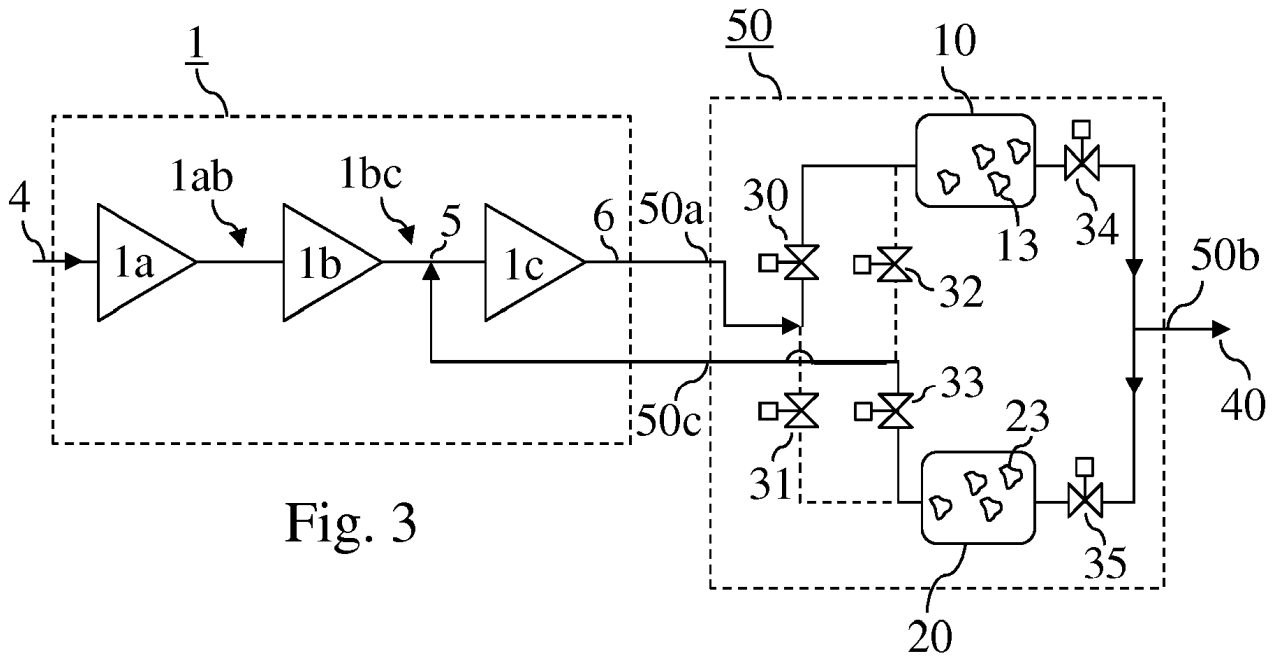


Fig. 3

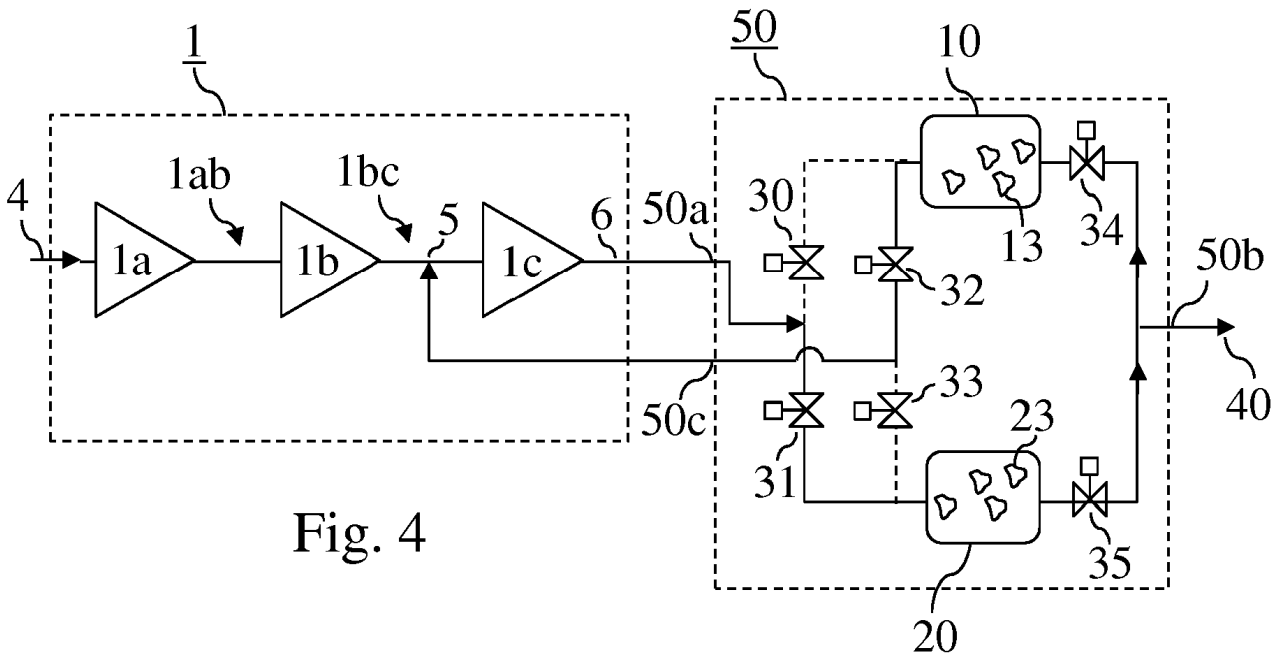


Fig. 4

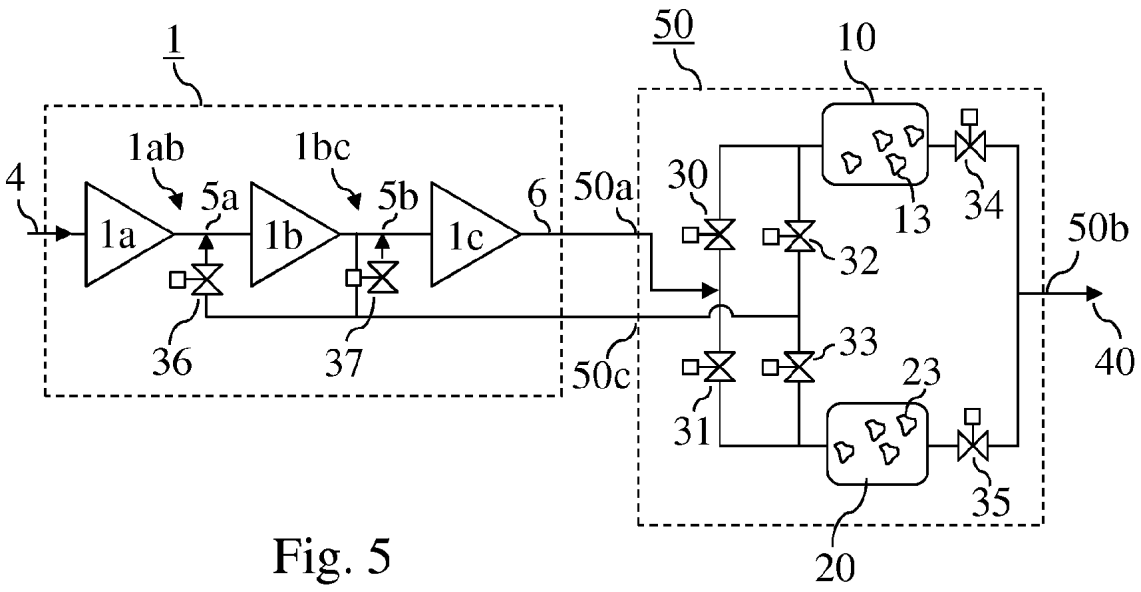


Fig. 5

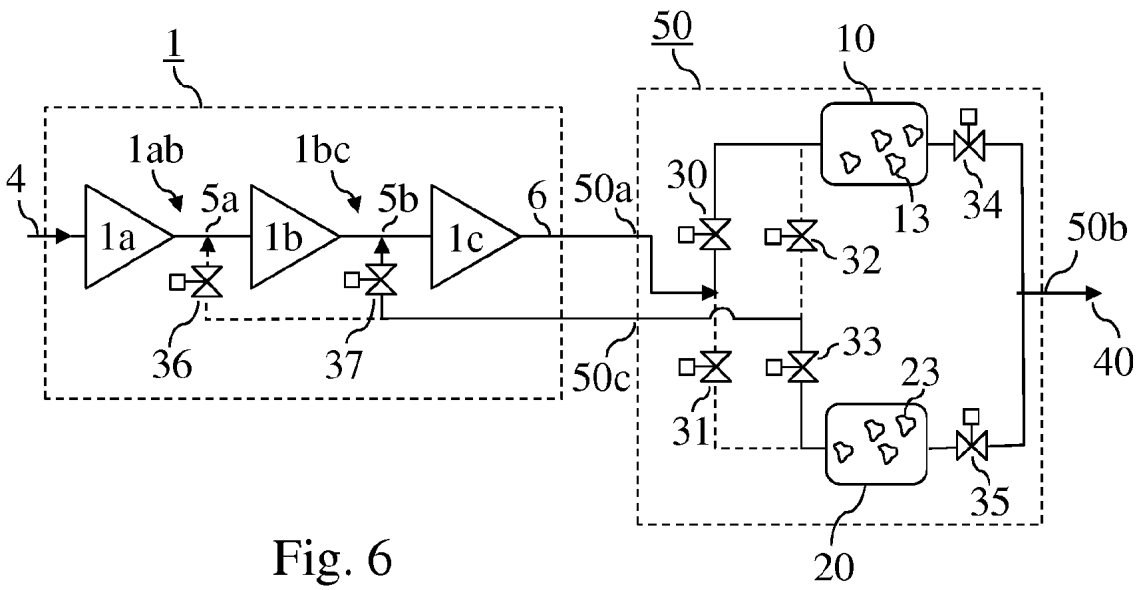


Fig. 6

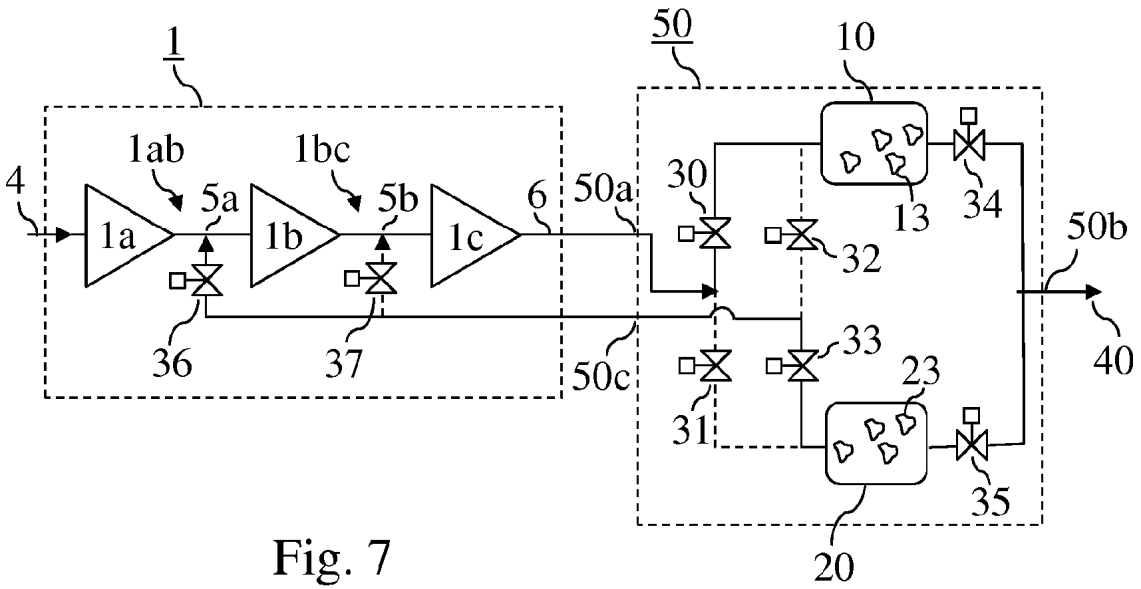


Fig. 7

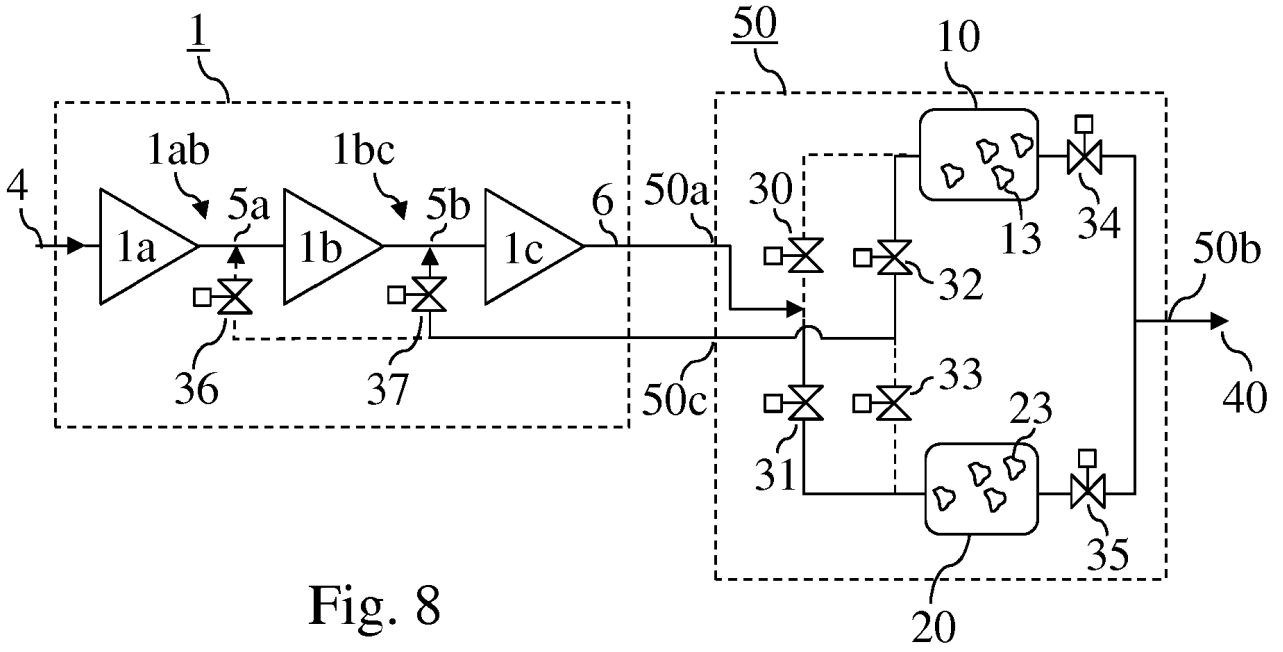


Fig. 8

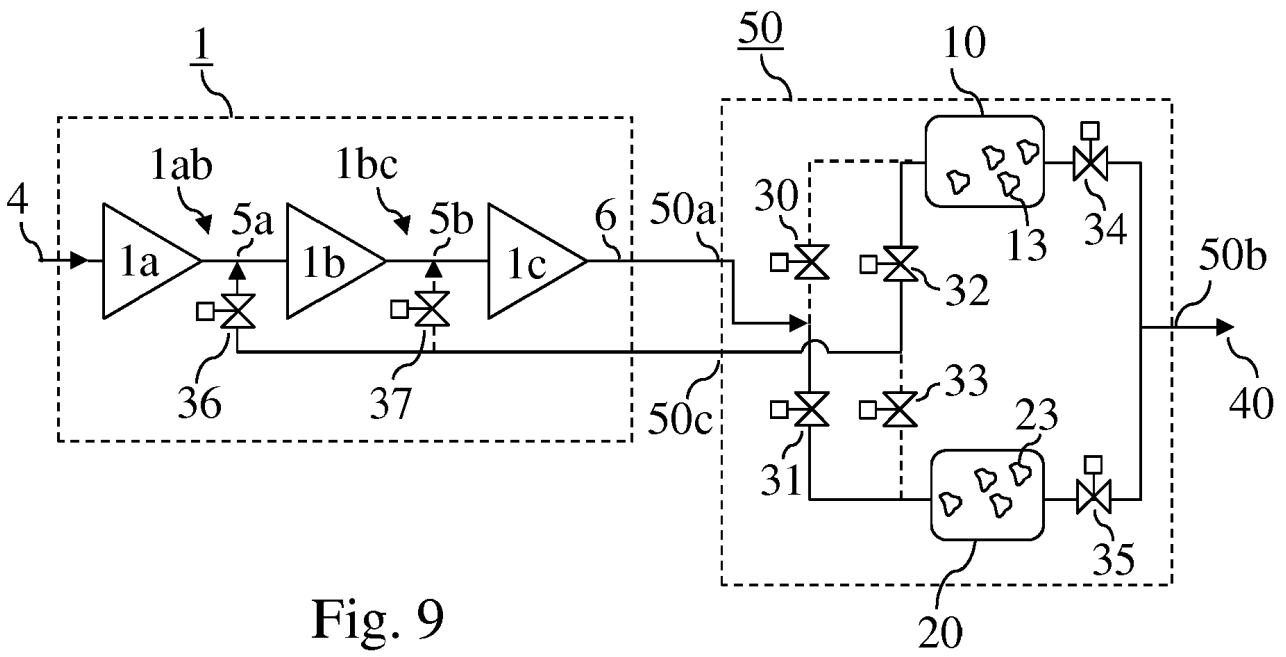


Fig. 9

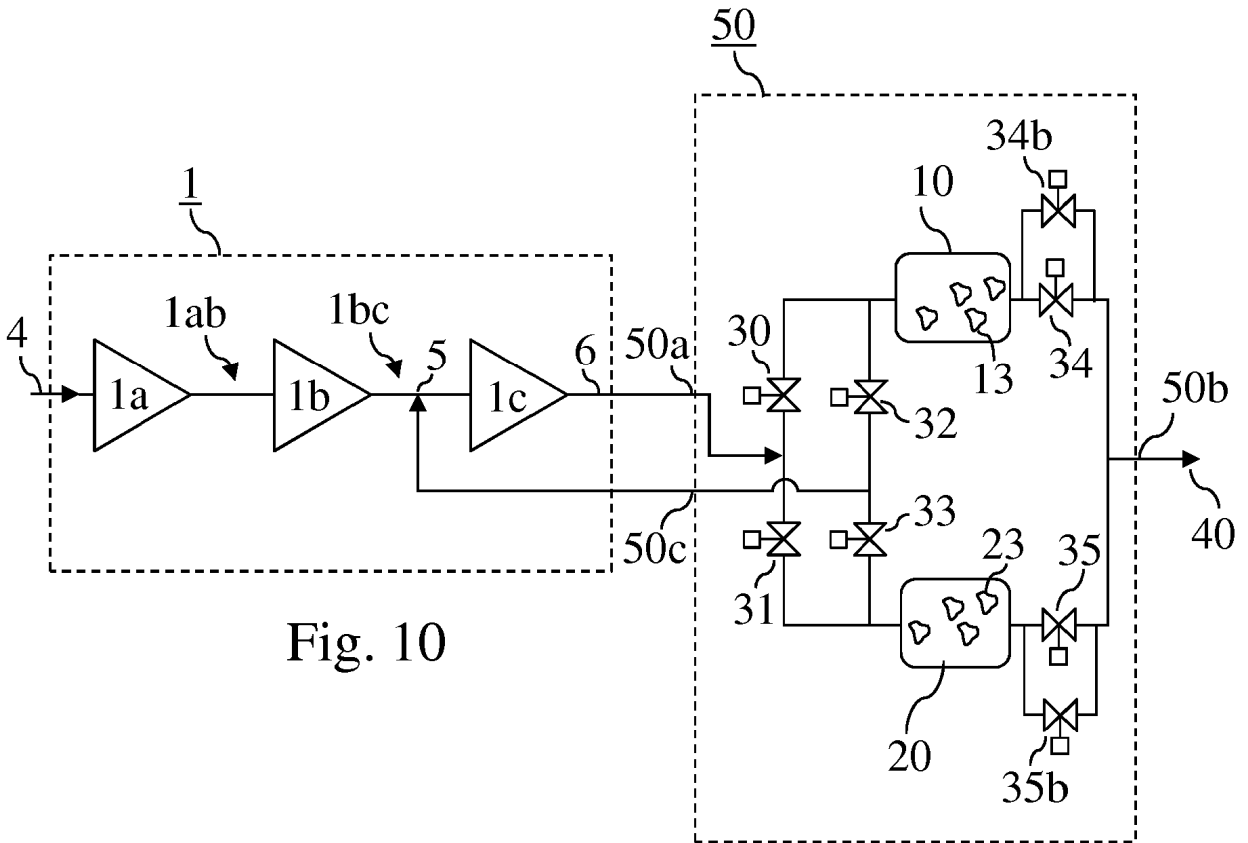


Fig. 10

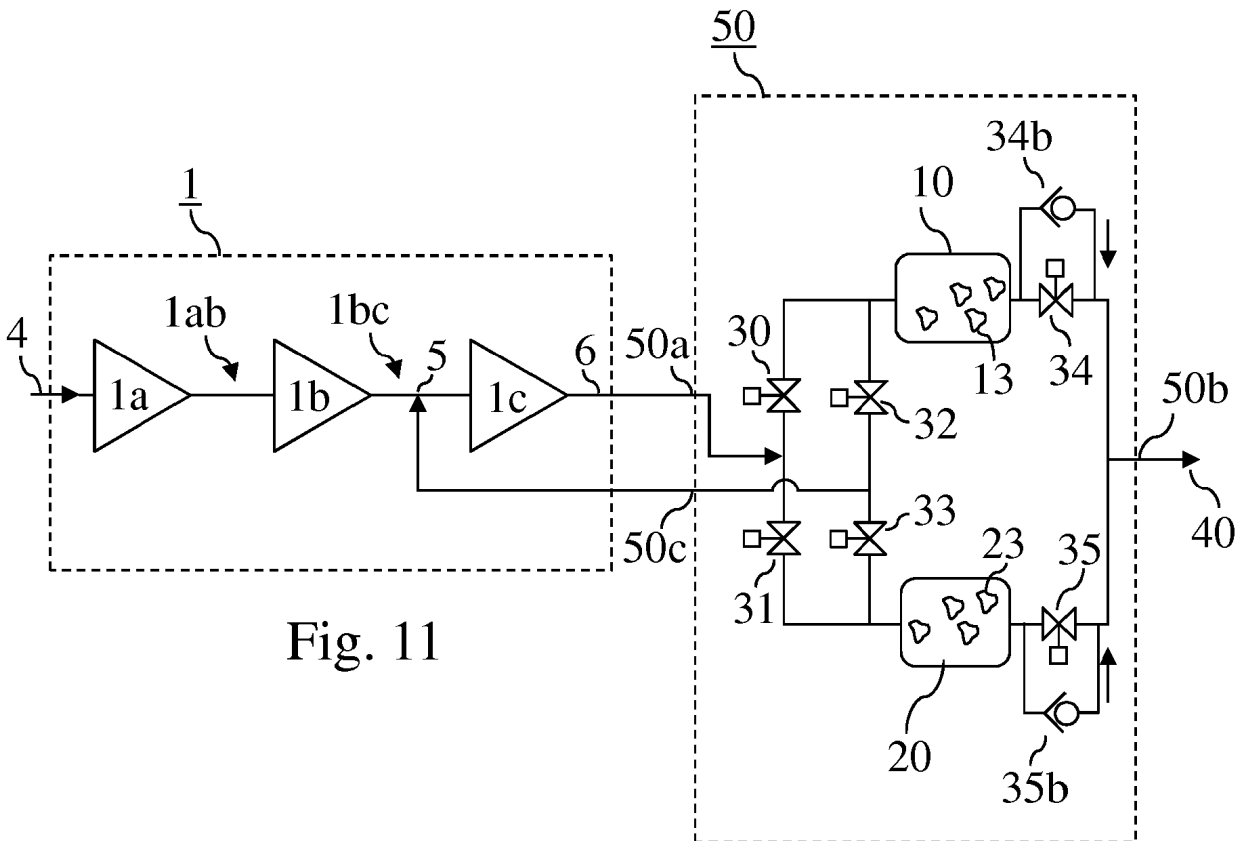


Fig. 11

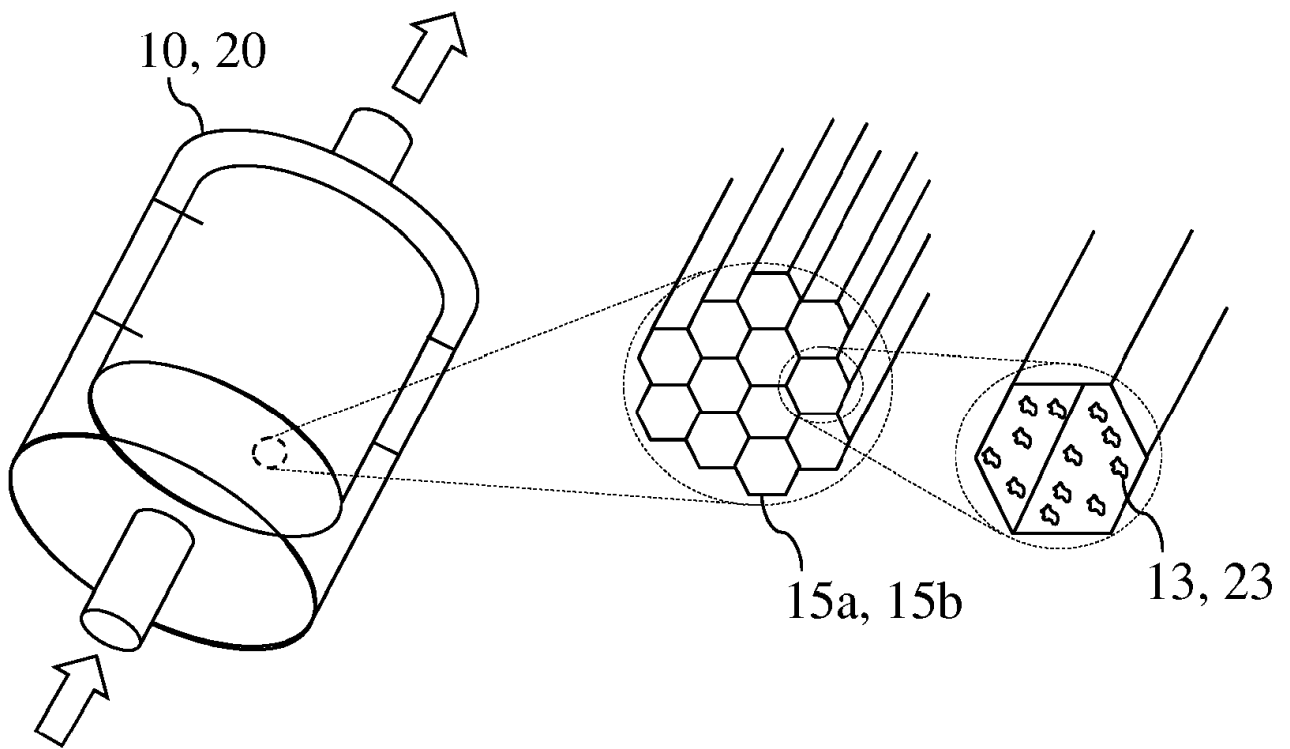


Fig. 12