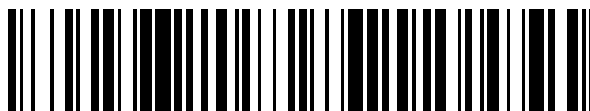


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 396**

51 Int. Cl.:

F01K 13/00 (2006.01)

F25J 3/04 (2006.01)

F28C 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2011** **E 11799752 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015** **EP 2652291**

54 Título: **Procedimiento y aparato integrado de compresión de aire y de producción de un fluido rico en dióxido de carbono**

30 Prioridad:

15.12.2010 FR 1060574

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

11.05.2015

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris , FR**

72 Inventor/es:

**DAVIDIAN, BENOIT y
TRANIER, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 535 396 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 y aparato integrado de compresión de aire y de producción de un fluido rico en dióxido de carbono

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un aparato integrado de compresión, incluso separación, de aire y de producción de un fluido rico en dióxido de carbono. Tal procedimiento y aparato se conoce a partir del documento DE 10330859.

Un fluido rico en dióxido de carbono contiene al menos 30% en mol de dióxido de carbono o al menos 60% en mol de dióxido de carbono, incluso al menos 80% en mol de dióxido de carbono o también al menos 95% en mol de dióxido de carbono.

Con el fin de reducir las emisiones de CO₂ de origen humano a la atmósfera, se han desarrollado procedimientos de captura del CO₂ generado en un procedimiento dado. Se trata de extraer el CO₂ de un gas generado por el procedimiento, eventualmente purificarlo y, por último, en general, comprimirlo con el fin de transportarlo a una canalización.

Advertimos inmediatamente que otra vía para transportar el CO₂ es el de licuarlo y cargarlo en barcos concebidos para esta utilización. Ciertos ciclos de licuefacción del CO₂ pasan por la compresión del CO₂ a una presión tal que pueda ser condensado a una temperatura próxima a la del ambiente. El líquido se descomprime a continuación a la presión de transporte (normalmente entre 6 y 10 bar a). La invención será aplicable entonces a este tipo de proceso.

Advertimos, además, que a pesar de las importantes diferencias entre los procedimientos de captura del CO₂ (en combustión posterior, se puede citar el lavado con aminas o con amoníaco; están también la gasificación del combustible, los procedimientos en ciclos químicos, los procedimientos siderúrgicos, cementeros o cualquier proceso industrial que utiliza aire), casi todos comprenden una compresión del CO₂ relativamente puro y, por lo tanto, son susceptibles de valorar la invención que se describe a continuación.

Las presiones de suministro del CO₂ en las canalizaciones son en general superiores a 150 bar abs. En el estado de la técnica, el CO₂ se comprime hasta la presión final en un compresor centrífugo (dados los caudales considerados en las aplicaciones de captura del CO₂).

Un aspecto de la invención se basa en el hecho de que a aproximadamente 60 bar, el CO₂ se puede condensar a una temperatura próxima a la del ambiente. Una vez en forma condensada (la densidad se multiplica por un factor 3 a 500), el bombeo del CO₂ consume mucho menos energía que el comprimir la misma cantidad en forma gaseosa.

Por consiguiente, se denominará "compresión" el medio de elevar la presión de un gas, y "bombeo" el medio de elevar la presión de un fluido que posee una densidad superior a 500 kg/m³, que es el límite inferior de densidad aceptable para las bombas.

Se comparan también los términos de "flujo rico en CO₂" y de "CO₂".

Advertimos que, a una composición dada, la presión a la cual hay que comprimir un gas para condensarlo a una temperatura dada aumenta con la temperatura. Igualmente, a una temperatura dada, la presión de condensación aumenta con el contenido de sustancias incondensables (elementos más volátiles que el CO₂, por ejemplo CO, H₂, O₂, N₂, Ar, NO).

Un aspecto de la invención consiste en refrigerar el fluido rico en CO₂ que sale de un proceso industrial, por ejemplo de manera a condensar una parte del agua que contiene con el fin de disminuir la energía de compresión del CO₂. Un aspecto facultativo de la invención consiste, por lo tanto, en reducir los costes operativos completando la compresión con una bomba después de haber condensado el flujo rico en CO₂.

El reciclado del agua fría utilizada para refrigerar el fluido rico en CO₂ permite que el procedimiento opere de forma autónoma y no consuma agua.

Según un objeto de la invención, se ha previsto un procedimiento integrado de compresión de aire y de producción de un fluido rico en dióxido de carbono, que comprende las etapas de:

i) poner en contacto el aire destinado a un compresor de aire, con el agua, para producir aire humidificado, incluso saturado en agua, y agua refrigerada,

ii) comprimir el aire humidificado en el compresor para producir aire comprimido,

iii) utilizar al menos una parte del aire comprimido o un fluido producido al separar el aire comprimido en una instalación, produciendo un gas rico en dióxido de carbono,

iv) comprimir el gas rico en dióxido de carbono en un compresor de dióxido de carbono, y

v) refrigerar el gas rico en dióxido de carbono aguas arriba y/o aguas abajo del compresor de dióxido de carbono con las frigorías del agua refrigerada de la etapa i).

Las etapas ii) a iv) se conocen del documento DE 10330859.

La invención se caracteriza por la integración de las etapa i) y v).

5 Según otros aspectos facultativos:

- el aire procedente del compresor de aire se refrigera para condensar el agua contenida en el aire, y el agua contenida en el aire se utiliza para humidificar el aire destinado al compresor de aire,
- un gas residual que contiene dióxido de carbono procedente de la instalación se refrigera para condensar el agua que contiene, el agua se utiliza para refrigerar el aire destinado al compresor de aire, y el gas residual se trata para producir el gas rico en dióxido de carbono,
- el gas rico en dióxido de carbono se refrigera aguas abajo del compresor de dióxido de carbono con el fin de condensarlo, y el líquido rico en dióxido de carbono producido se presuriza en una bomba,
- un caudal enriquecido en oxígeno o un caudal enriquecido en nitrógeno o un caudal enriquecido en argón es el fluido producido al separar el aire.

- 10
- 15
- la instalación es una instalación de oxidación o una instalación de producción de metales siderúrgicos o un gasificador,
 - el aire comprimido se utiliza en la instalación,
 - la instalación es una cementera, una instalación para la producción de metales, por ejemplo una instalación siderúrgica o una turbina de gas.

- 20
- 25
- Según otro aspecto de la invención, se ha previsto un aparato integrado de compresión de aire y de producción de un fluido rico en dióxido de carbono, el cual comprende un compresor de aire, un elemento de puesta en contacto del aire destinado al compresor de aire con el agua para producir aire humidificado, incluso saturado de agua, y el agua refrigerada, una conducción para enviar el aire humidificado comprimido del compresor de aire a una instalación que produce un gas rico en dióxido de carbono, o una conducción para enviar a la instalación un fluido producido al separar el aire comprimido, un compresor de gas rico en dióxido de carbono para comprimir el gas rico en dióxido de carbono, al menos un intercambiador de calor aguas arriba y/o aguas abajo del compresor de gas rico en dióxido de carbono y conducciones para enviar al intercambiador de calor el agua refrigerada en el elemento de puesta en contacto y el gas rico en dióxido de carbono.

El elemento de puesta en contacto puede estar integrado con un elemento de filtración de aire en una misma caja.

- 30
- El aparato puede comprender un refrigerador para refrigerar el aire procedente del compresor de aire para condensar el agua contenida en el aire, y una conducción para llevar el agua contenida en el aire para humidificar el aire destinado al compresor de aire.

- 35
- El aparato puede comprender igualmente un refrigerador para refrigerar un gas residual que contiene dióxido de carbono procedente de la instalación para condensar el agua que contiene, y una conducción para enviar el agua condensada para refrigerar el aire destinado al compresor de aire. El aparato puede comprender medios para el tratamiento del gas residual desprovisto de agua para producir el gas rico en dióxido de carbono.

Aguas abajo del compresor de dióxido de carbono puede estar el intercambiador para refrigerar el gas rico en dióxido de carbono con el fin de condensarlo y una bomba para presurizar el líquido producido rico en dióxido de carbono.

- 40
- El aparato puede comprender un aparato de separación de aire para producir un caudal enriquecido en oxígeno o un caudal enriquecido en nitrógeno o un caudal enriquecido en argón al separar el aire del compresor, después del secado.

La instalación puede ser una instalación de oxidación o una instalación siderúrgica para la producción de metales o un gasificador.

- 45
- La instalación puede comprender una conducción para enviar aire comprimido a la instalación.

La instalación puede ser una cementera, una instalación para la producción de metales, por ejemplo una instalación siderúrgica o una turbina de gas.

La invención se describirá con más detalle en referencia a las figuras, las Figuras 1 y 2 ilustran un procedimiento integrado según la invención, y la Figura 3 ilustra los elementos 3 y 7 de las Figuras precedentes.

La figura 1 muestra un procedimiento integrado que comprende un aparato para la compresión de aire y un aparato para la producción de un gas rico en dióxido de carbono.

Un caudal de aire se depura en un filtro 3 y el aire filtrado 5 se envía a un elemento 7 que permite un intercambio de calor y de material entre el aire filtrado 5 y el agua 9, estando el agua 9 a una temperatura menos elevada que el aire 5. Después del intercambio de calor y de material, el aire filtrado 5 se enriquece en agua, eventualmente hasta saturación y eventualmente se recalienta para constituir el caudal 13. El agua refrigerada en el elemento 7 constituye el caudal de agua 11. El caudal de agua 13 se comprime en el compresor 15 a una presión entre 3 y 15 bar abs. A continuación, se refrigera en un refrigerador 17, lo que tiene por efecto condensar al menos una parte del agua contenida en el aire 13. El agua se separa del aire en un separador de fases 19 para formar el caudal 21 que se recicla, al menos en parte, hacia el caudal 9. Así, el agua añadida al aire 5 para formar el caudal húmedo 13 se puede reciclar sustancialmente por completo al elemento 7, de manera que el procedimiento puede funcionar sin o casi sin complemento de agua. El aire secado 23 procedente del separador de fases 19 se puede enviar directamente a una unidad 27 como caudal 25 para alimentar un procedimiento operado por la unidad o para servir a la refrigeración de una parte de la unidad. En este caso, la unidad 27 puede ser una cementera, una turbina de gas o una instalación para la producción de metales, por ejemplo de acero y hierro. De otro modo, el aire secado 23 se puede enviar a un aparato de separación de aire 24 que funciona, por ejemplo, por destilación criogénica, para producir un caudal 25 enriquecido en oxígeno o en nitrógeno o en argón. Este caudal 25 alimenta la unidad 27 que puede ser una unidad de gasificación, una unidad de combustión, una unidad de producción de electricidad por combustión si el caudal está enriquecido en oxígeno, una unidad de producción de metales, para las tres posibilidades de enriquecimiento.

En todos los casos, la unidad 27 produce un caudal 29 que contiene al menos 30% de dióxido de carbono, incluso al menos 70% de dióxido de carbono. Al menos una parte de lo que queda del caudal 29 puede ser hidrógeno, nitrógeno o monóxido de carbono, por ejemplo. El caudal 29 contiene igualmente al menos 10% de agua. Este agua se elimina refrigerando el caudal 29 con el refrigerador 31 y dejando que el agua se condense en el separador de fases 33. El agua condensada 35 se recicla eventualmente al caudal 9.

El caudal 37 que contiene al menos 30% de dióxido de carbono se refrigera en un intercambiador de calor indirecto 39 frente al menos el agua 11 procedente del elemento 7, el cual no se ha refrigerado fuera del elemento 7.

El caudal 37 refrigerado se envía al compresor 41 y se comprime hasta una presión de preferentemente 55 a 65 bar abs.

El caudal comprimido se puede depurar a continuación en una unidad de destilación a baja temperatura o se puede tratar de otro modo.

La figura 2 difiere de la figura 1 en que la compresión del caudal en el compresor 41 tiene lugar aguas arriba del intercambiador 39. El caudal refrigerado 37 se licúa en el intercambiador 39 o se refrigera si se encuentra ya a una presión supercrítica, y se presuriza a continuación por la bomba 43 a una presión más elevada para formar el líquido a presión 45. Este caudal líquido 45 se puede enviar a una canalización 47, se puede solidificar o tratar de otro modo. En el caso del envío a una canalización, la presión de salida de la bomba 43 podrá estar por encima de 150 bar abs, y el gas 37 se comprime aguas arriba por el compresor hasta una presión intermedia. Es igualmente posible purificar el caudal 37, por ejemplo en una unidad de destilación a baja temperatura, para enriquecerlo en CO₂ entre el separador de fases 33 y el compresor 41.

La figura 3 muestra con más detalle los elementos 3 y 7 de las figuras precedentes.

Una caja común contiene un elemento de filtración 3 y un elemento de puesta en contacto 7. El aire 1 se filtra en el elemento de filtración 3 y a continuación se humidifica por contacto con el agua 11. El agua 11 que sale del elemento 7 se encuentra refrigerada y el aire humidificado 13 es tratado en el resto del procedimiento. El elemento de puesta en contacto 7 puede estar constituido por un cuerpo de relleno que permite el intercambio de material y calor entre el agua y el aire.

El caudal 11 se recicla al caudal 9 si el procedimiento no consume agua. Se puede enviar, por ejemplo, a un sistema de refrigeración, por ejemplo de tipo refrigerador aéreo, antes de ser enviado al elemento 7. Además, los fluidos 21 y/o 35 se pueden mezclar con el caudal 11 antes de esta refrigeración previa.

En cualquier caso, es posible que el aire comprimido en el compresor 15 y un fluido producido al separar el resto del aire comprimido en el compresor sean enviados los dos a la vez a la misma instalación 27.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento integrado de compresión de aire y de producción de un fluido rico en dióxido de carbono, que comprende las etapas de:
 - i) poner en contacto el aire destinado a un compresor de aire (15) con el agua para producir aire humidificado, incluso saturado en agua (13) y agua refrigerada (11),
 - ii) comprimir el aire humidificado en el compresor para producir aire comprimido,
 - iii) utilizar al menos una parte del aire comprimido o un fluido producido al separar el aire comprimido en una instalación (27) produciendo un gas rico en dióxido de carbono (29, 37),
 - iv) comprimir el gas rico en dióxido de carbono en un compresor de dióxido de carbono (41), y
 - v) refrigerar el gas rico en dióxido de carbono aguas arriba y/o aguas abajo del compresor de dióxido de carbono con las frigorías del agua refrigerada de la etapa i).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual el aire procedente del compresor de aire (15) se refrigera para condensar el agua contenida en el aire, y el agua contenida en el aire se utiliza para humidificar el aire destinado al compresor de aire.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el cual un gas residual que contiene dióxido de carbono (29) procedente de la instalación (27) se refrigera para condensar el agua que contiene, el agua (35) se utiliza para refrigerar el aire destinado al compresor de aire y el gas residual se trata para producir el gas rico en dióxido de carbono (37).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el gas rico en dióxido de carbono se refrigera aguas abajo del compresor de dióxido de carbono (37) con el fin de condensarlo, y el líquido producido rico en dióxido de carbono se presuriza en una bomba (43).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual un caudal enriquecido en dióxido de carbono o un caudal enriquecido en nitrógeno o un caudal enriquecido en argón es el fluido producido al separar el aire en un aparato de separación de aire (24).
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el cual la instalación (27) es una instalación de oxidación o una instalación de producción de metales siderúrgicos o un gasificador.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual el aire comprimido se utiliza en la instalación (27).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el cual la instalación (27) es una cementera, una instalación de producción de metales, por ejemplo una instalación siderúrgica o una turbina de gas.
9. Aparato para la compresión de aire y la producción de un fluido rico en dióxido de carbono, que comprende un compresor de aire (15), un elemento (7) de puesta en contacto del aire destinado al compresor de aire con el agua para producir aire humidificado (13), incluso saturado de agua, y agua refrigerada (11), una conducción para enviar el aire humidificado comprimido del compresor de aire a una instalación (27) que produce un gas rico en dióxido de carbono (29, 37) o una conducción para enviar a la instalación un fluido producido al separar el aire comprimido, un compresor (41) de gas rico en dióxido de carbono para comprimir el gas rico en dióxido de carbono, al menos un intercambiador de calor (39) aguas arriba y/o aguas abajo del compresor del gas rico en dióxido de carbono, y conducciones para enviar al intercambiador de calor el agua refrigerada en el elemento de puesta en contacto y el gas rico en dióxido de carbono.
10. Aparato según la reivindicación 9, en el cual el elemento de puesta en contacto (7) está integrado con un elemento de filtración de aire (3) en una misma caja.
11. Aparato según la reivindicación 9 o 10, que comprende un refrigerador (17) para refrigerar el aire procedente del compresor de aire para condensar el agua contenida en el aire, y una conducción (21) para llevar el agua contenida en el aire para humidificar el aire destinado al compresor de aire.
12. Aparato según una de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende un refrigerador (31) para refrigerar un gas residual que contiene dióxido de carbono procedente de la instalación para condensar el agua que contiene, y una conducción (35) para enviar el agua condensada para refrigerar el aire destinado al compresor de aire.
13. Aparato según una de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende medios de tratamiento del gas residual desprovisto de agua, para producir el gas rico en dióxido de carbono.

14. Aparato según una de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende un aparato de separación de aire para producir un caudal enriquecido en oxígeno o un caudal enriquecido en nitrógeno o un caudal enriquecido en argón al separar el aire del compresor, después del secado.
 15. Aparato según una de las reivindicaciones 9 a 14, en el cual la instalación (27) es una instalación de oxidación o una instalación siderúrgica para la producción de metales o un gasificador.
- 5

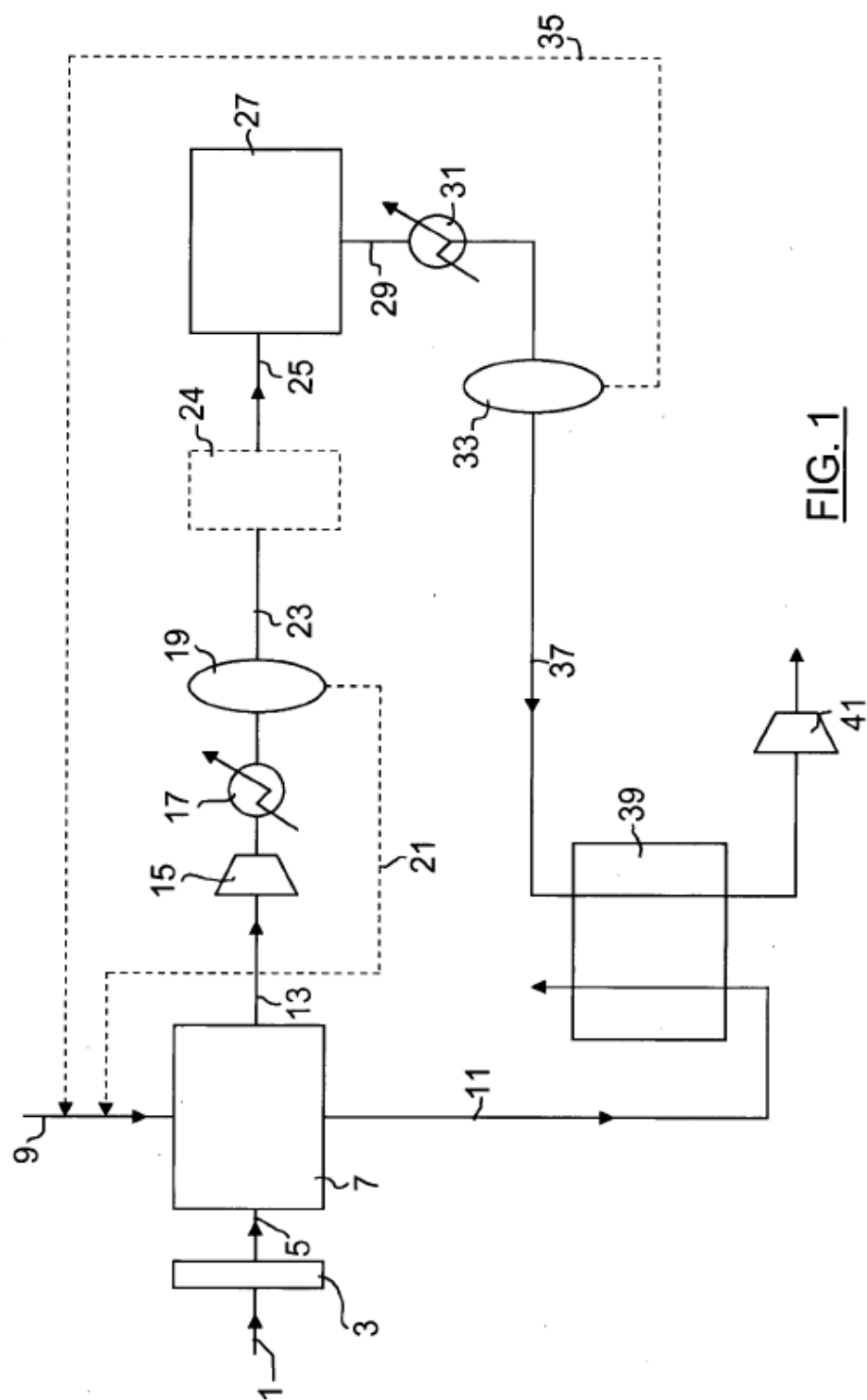


FIG. 1

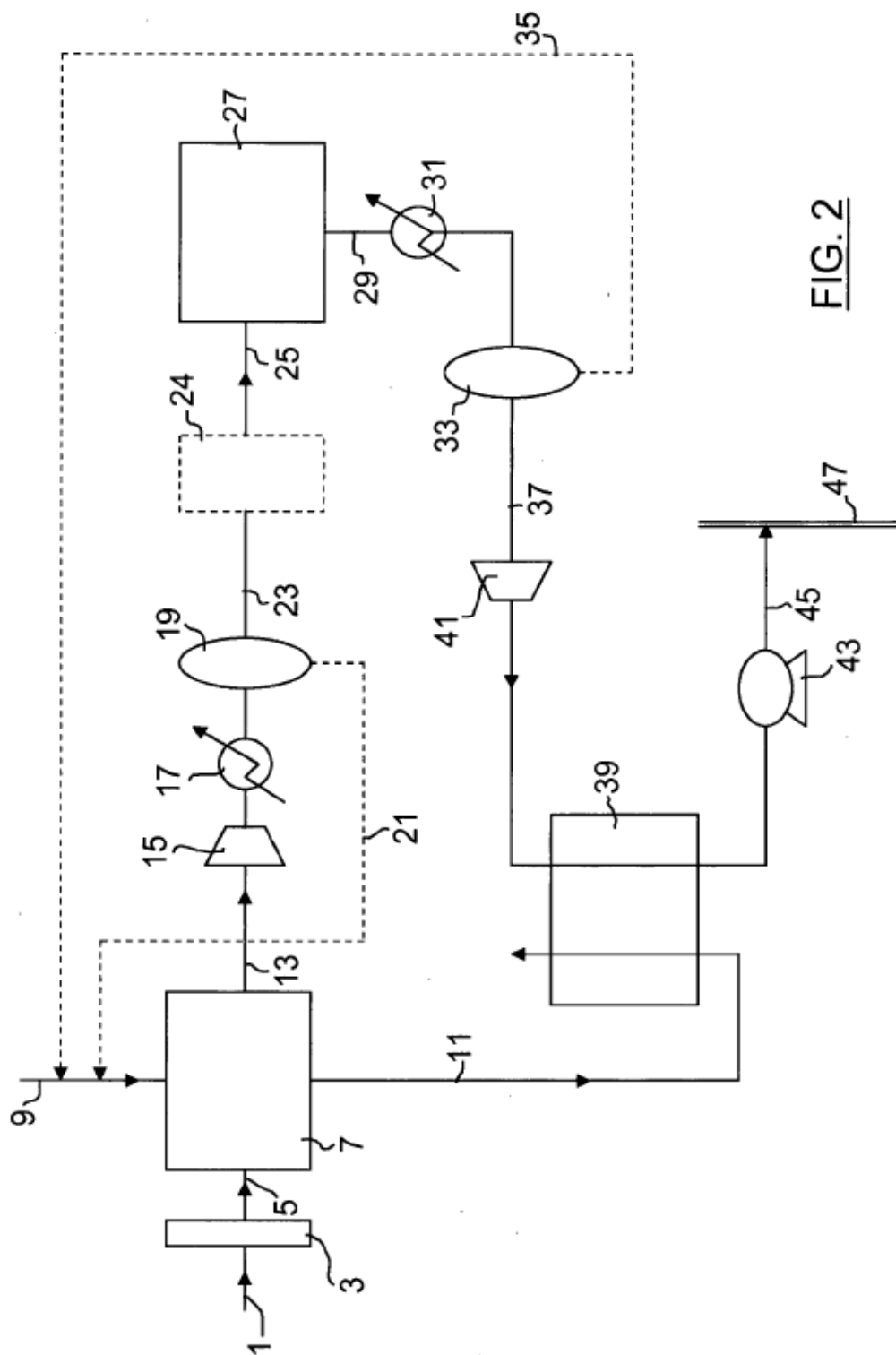


FIG. 2

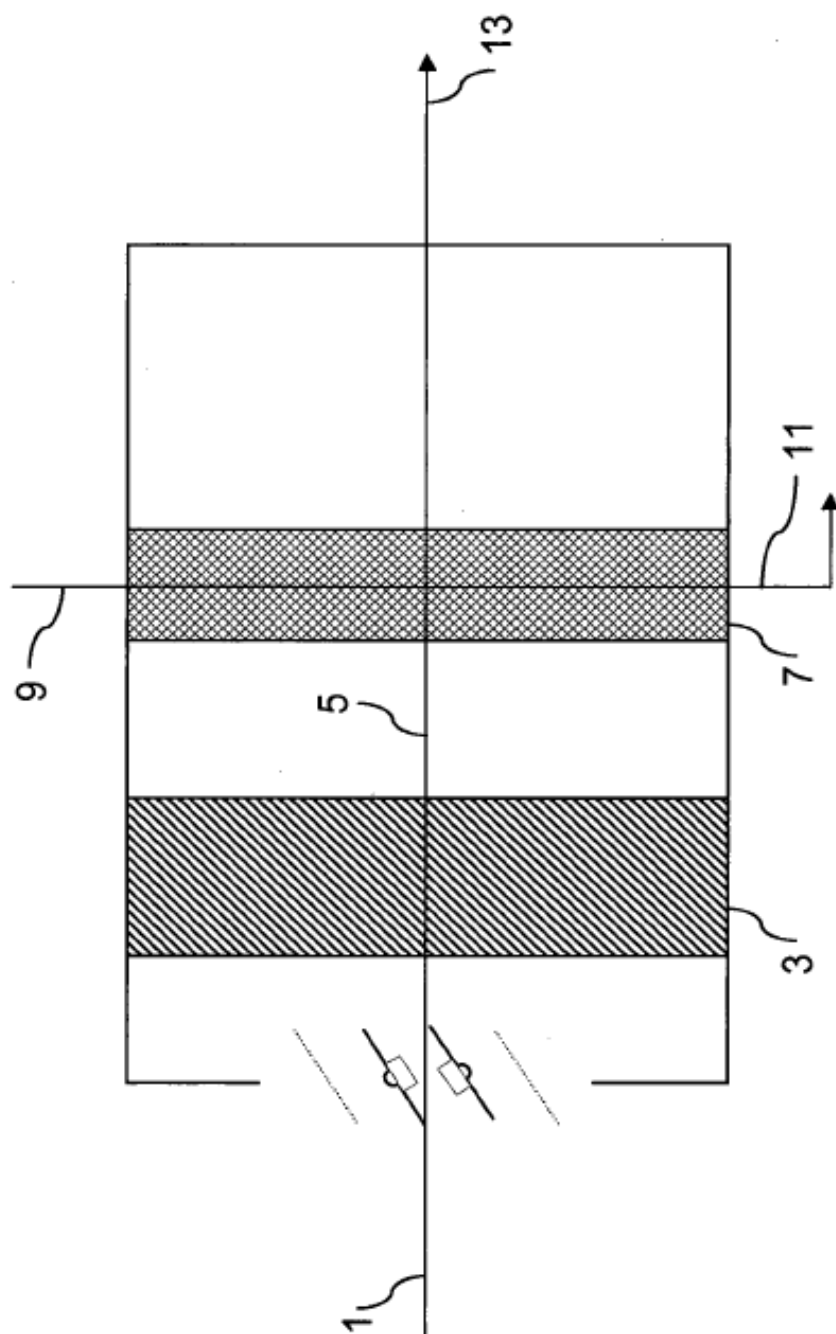


FIG. 3