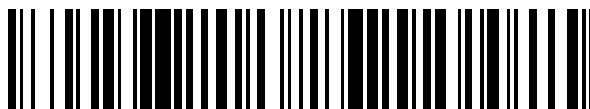


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 878 066**

51 Int. Cl.:

F25J 3/04 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

B01J 20/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2013** **E 13306555 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.04.2021** **EP 2873938**

54 Título: **Proceso y aparato para la separación de aire mediante destilación criogénica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

REGA, MARIANO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 878 066 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

Proceso y aparato para la separación de aire mediante destilación criogénica

5 La presente invención se refiere a un proceso y a un aparato para la separación de aire mediante destilación criogénica.

Antes de ser separado a temperaturas criogénicas, el aire comprimido se purifica para eliminar el agua y el dióxido de carbono mediante adsorción. Para ello, el aire se hace pasar a través de uno de los dos recipientes que contienen material adsorbente. Una vez adsorbidos el agua y el dióxido de carbono, el material adsorbente se regenera utilizando
10 nitrógeno procedente de la unidad de separación criogénica de aire. El nitrógeno se tiene que calentar para llegar a una temperatura adecuada para la regeneración.

Esto se puede hacer utilizando un calentador eléctrico. De otro modo, según se describe en los documentos US-A-5463870, EP-A-0456575, US-A-5846295, WO-A-2013079856, "Adsorption Purification for Air Separation Units" de Grenier et al, Cryogenic Processing and Equipment 1984, se puede utilizar el calor de compresión del aire comprimido
15 en la etapa final de un compresor para precalentar el nitrógeno.

El documento EP-A-2620732 describe un proceso similar al de la Reivindicación 1, sugiriendo que un gas de regeneración no identificado se podría calentar utilizando el calor de compresión. El documento EP-A-0232426 muestra un aparato de acuerdo con los preámbulos de las Reivindicaciones 1 y 7. Como en la presente invención, el documento EP-A-0232426 sugiere que se deberían utilizar dos fuentes de calor para llevar el nitrógeno a la temperatura de regeneración, sin embargo, la totalidad de la corriente calentada utilizando aire comprimido se calienta adicionalmente mediante un calentador eléctrico, de modo que la presión del nitrógeno se reduce, debido a la caída de presión en ambas fuentes de calor.
20

25 De acuerdo con un objetivo de la invención, se proporciona un proceso de acuerdo con la Reivindicación 1.

De acuerdo con otras características opcionales:

- el gas enriquecido en nitrógeno se calienta después de la etapa de calentamiento con aire comprimido por otros medios, por ejemplo, mediante calentamiento con un calentador eléctrico.
- el gas enriquecido en nitrógeno contiene al menos un 85 % moles de nitrógeno
- el aire se enfría adicionalmente después de haber sido enfriado mediante el nitrógeno y antes de entrar en la segunda etapa del compresor, preferiblemente utilizando un circuito de refrigeración que utilice agua como medio de refrigeración.
- el circuito de refrigeración que utiliza agua como medio de refrigeración se utiliza también para enfriar el aire aguas abajo de la segunda etapa.
- el agua se calienta mediante intercambio de calor indirecto con el aire comprimido en la primera etapa del compresor y para que se comprima en la segunda etapa del compresor para enfriar el aire y el agua se utiliza en un proceso distinto que el proceso para la separación del aire.
- el proceso distinto que el proceso para la separación del aire es un proceso de calentamiento en el que el agua calentada se utiliza para calentar otra entidad
- la otra entidad puede ser un edificio, un sistema de calefacción municipal, etc.
- el calor de la compresión de ninguna otra etapa del compresor no se utiliza para calentar el gas enriquecido en nitrógeno para enviar a la unidad de purificación.
- durante un primer período, correspondiente a un período de regeneración de uno de los recipientes de adsorción, el gas enriquecido en nitrógeno se calienta mediante intercambio de calor con el aire por medio del circuito cerrado y durante un segundo período en donde ninguno de los recipientes de adsorción está en proceso de regeneración, el gas enriquecido en nitrógeno no se calienta por medio del circuito cerrado, sino que el circuito cerrado sirve para calentar otra entidad.
40

50 De acuerdo con otro objetivo de la invención, se proporciona un aparato de acuerdo con la Reivindicación 7.

De acuerdo con otros aspectos opcionales:

- los medios de intercambio de calor comprenden un primer intercambiador de calor para la transferencia de calor del aire a un ciclo de agua y un segundo intercambiador de calor para la transferencia de calor del ciclo de agua al gas enriquecido en nitrógeno.
- la primera etapa del compresor es una etapa axial.
- los medios de intercambio de calor permiten que el gas enriquecido en nitrógeno se caliente aguas arriba del segundo recipiente de adsorción mediante un intercambio de calor indirecto con el aire comprimido en una primera etapa del compresor como la única fuente de calor para transferir por medio de un circuito cerrado.
- el aparato incluye otro refrigerador para refrigerar el aire entre las etapas primera y segunda del compresor.
60

65 El proceso se describirá con más detalle haciendo referencia a las figuras.

La Figura 1 muestra las características básicas de una planta estándar de separación de aire en la que se pretende integrar el sistema de la Figura 2. La Figura 2 muestra un proceso para el calentamiento de nitrógeno de regeneración.

En la Figura 1, el aire 1 se comprime en un compresor que tiene una primera etapa axial C1 y una segunda etapa radial C2. El aire comprimido 11 se purifica en una unidad de purificación E para formar aire purificado 13 y el aire purificado 13 se enfría en un intercambiador de calor HX contra corrientes de proceso de la destilación, de las cuales sólo se muestra una para mayor claridad. El aire frío 31 del intercambiador HX se envía al sistema de columna K, donde el aire se separa para formar un fluido rico en oxígeno O. Un gas enriquecido en nitrógeno 21 se extrae del sistema de columna K, se calienta en el intercambiador HX mediante un intercambio de calor indirecto con el aire y forma un gas enriquecido en nitrógeno 21 calentado. Este gas enriquecido con nitrógeno 21 se utiliza para regenerar la unidad de purificación E.

En la Figura 1 se muestra otra entidad B. Se puede tratar de un edificio que necesita ser calentado o de un sistema de calefacción municipal.

En la Figura 2 se muestra en detalle el sistema para el calentamiento del nitrógeno. El aire 1 se comprime en un compresor que tiene una primera etapa axial C1 y una segunda etapa radial C2. El aire 1 se comprime en la primera etapa C1 a una presión de 1,9 bares, con lo que el aire se calienta desde la temperatura ambiente hasta 145 °C. A continuación, el aire 3 se enfría primero en el refrigerador R1 mediante el intercambio de calor con un circuito cerrado de agua a presión sobrecalentada a 9 bares, enfriando el aire a 105 °C (corriente 5) y después en el refrigerador R2 contra una corriente de agua de refrigeración a temperatura ambiente, enfriando el aire a 24 °C (corriente 7). A continuación, la corriente de aire 7 se comprime adicionalmente en la etapa C2 a 4,7 bares elevando la temperatura del aire 9 a 105 °C. La corriente 9 se enfría en el refrigerador R3 mediante una corriente de agua hasta una temperatura de 26 °C y se envía como corriente 11 a la unidad de purificación E que reduce el contenido de agua y CO₂ del aire. El aire purificado 13 se envía a la destilación.

El circuito cerrado de agua 15, 17 que incluye una bomba P se utiliza para transferir el calor de la etapa axial C1 a una corriente de nitrógeno.

Son posibles dos modos para calentar el nitrógeno de regeneración.

De acuerdo con el primer modo, no de acuerdo con la invención, la válvula V2 está abierta y la válvula V3 está cerrada y el nitrógeno 21 de la separación del aire se calienta primero mediante el calor de compresión del aire de alimentación en el calentador H1 por medio del circuito cerrado de agua 15,17 y a continuación mediante un calentador eléctrico H2 para llevar el nitrógeno a la temperatura final de regeneración de 140 °C.

Por lo tanto, el nitrógeno 21 llega por medio del conducto 23 al intercambiador de calor H1 a una temperatura cercana al ambiente. El nitrógeno se calienta a una temperatura de 95 °C en el intercambiador H1 mediante el intercambio de calor con el agua caliente 17 a una presión de 9 bares. El agua caliente se enfría en el intercambiador H1 para formar la corriente 15 y se envía al intercambiador de calor R1.

El nitrógeno 39 calentado en el intercambiador H1 continúa entonces por medio de la válvula abierta V2 y el conducto 45 al calentador eléctrico H2 donde se calienta a 140 °C y la corriente fluye por medio del conducto 31 al recipiente de adsorción E02.

De acuerdo con un segundo modo, de acuerdo con la invención, el nitrógeno 21 se divide en dos, siendo calentada una parte únicamente en el intercambiador H1 y la segunda parte mediante el calentador eléctrico H2 únicamente, siendo mezcladas las partes primera y segunda para formar la corriente de regeneración. Esto tiene la ventaja de reducir la caída de presión total.

Si el sistema de regeneración no funciona o si el agua caliente es superior a la demanda, el agua caliente 19 del circuito cerrado 15, 17 se puede utilizar en la unidad B para calentar los edificios adyacentes o para calentar otra corriente de proceso.

Únicamente es necesario calentar el nitrógeno de regeneración durante las fases de regeneración de la depuración. Durante los periodos en los que no hay regeneración, el refrigerador R1 se utiliza para calentar el agua en el ciclo. No se transfiere agua al calentador H1 y, en su lugar, el agua se transfiere al calentador H3, que se puede utilizar para calentar un edificio adyacente B o para un sistema de calefacción municipal.

REIVINDICACIONES

1. Proceso de separación del aire mediante destilación criogénica en el que

i) el aire se comprime en un compresor que tiene al menos dos etapas (C1, C2) para formar aire comprimido, siendo comprimida la totalidad del aire comprimido en la primera de las dos etapas en la segunda de las dos etapas,

ii) el aire comprimido en la segunda etapa del compresor se purifica en un primer recipiente de adsorción (E01) de una unidad de purificación (E), que tiene al menos un primer y un segundo recipiente de adsorción conectados en paralelo, para formar aire purificado (13),

iii) el aire purificado procedente de la unidad de purificación se enfría desde una temperatura ambiente hasta una temperatura criogénica en un intercambiador de calor (HX) y se separa en un sistema de columna de destilación (K) para producir un fluido enriquecido en oxígeno (O) y/o un fluido enriquecido en nitrógeno (21)

iv) se retira un gas enriquecido en nitrógeno del sistema de columna de destilación,

v) el gas enriquecido en nitrógeno se calienta aguas arriba del segundo recipiente de adsorción mediante un intercambio de calor indirecto con el aire para enfriar el aire, ya que el aire se ha comprimido en la primera etapa del compresor y se va a comprimir en la segunda etapa del compresor,

vi) el gas calentado y enriquecido en nitrógeno se envía al segundo recipiente de adsorción (E02) como gas de regeneración, sin que se expanda en una turbina caracterizado por que el gas enriquecido en nitrógeno se calienta a una temperatura de al menos 90 °C aguas arriba del segundo recipiente de adsorción, siendo calentado el gas enriquecido en nitrógeno mediante intercambio de calor con el aire por medio de un circuito cerrado (17, P) en el que circula agua a una presión superior a 1,5 bares abs., preferiblemente a una presión superior a 5 bares abs, y una corriente adicional de gas enriquecido en nitrógeno extraído de la columna de destilación se calienta mediante otro medio, por ejemplo un calentador eléctrico (H2), para formar una corriente adicional calentada, estando la corriente adicional calentada más caliente que el gas enriquecido en nitrógeno calentado a una temperatura de al menos 90 °C y siendo enviada la corriente adicional calentada, después de mezclarse con el gas enriquecido en nitrógeno calentado a una temperatura de al menos 90°C, al segundo recipiente de adsorción (E02).

2. Proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde el gas enriquecido en nitrógeno se calienta después de la etapa de calentamiento con aire comprimido por otros medios, por ejemplo, calentando con un calentador eléctrico (H2).

3. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el aire (5) se enfría adicionalmente después de haber sido enfriado mediante el nitrógeno y antes de entrar en la segunda etapa del compresor (C2).

4. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde el agua se calienta mediante intercambio de calor indirecto con el aire comprimido en una primera etapa del compresor (C1) y para ser comprimida en una segunda etapa del compresor (C2) para enfriar el aire y el agua se utiliza en un proceso distinto al proceso para la separación del aire.

5. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde no se utiliza el calor de la compresión de ninguna otra etapa (C2) del compresor para calentar el gas enriquecido en nitrógeno para enviar a la unidad de purificación (E).

6. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde durante un primer período, correspondiente a un período de regeneración de uno de los recipientes de adsorción (E01, E02), el gas enriquecido en nitrógeno se calienta mediante intercambio de calor con el aire por medio del circuito cerrado (17, P) y durante un segundo período en donde ninguno de los recipientes de adsorción está en proceso de regeneración, el gas enriquecido en nitrógeno no se calienta por medio del circuito cerrado, sino que el circuito cerrado sirve para calentar otra entidad (B).

7. Aparato para la separación de aire mediante destilación criogénica que comprende un compresor que tiene al menos dos etapas (C1, C2), una unidad de purificación (E) que tiene al menos un primer y un segundo recipiente de adsorción (E01, E02) conectados en paralelo, un sistema de columna de destilación (K), un conducto para enviar el aire a comprimir al compresor que tiene al menos dos etapas para formar aire comprimido, de tal manera que la totalidad del aire comprimido en la primera de las dos etapas se comprime también en la segunda de las dos etapas, un conducto para enviar el aire comprimido (11) desde el compresor para ser purificado en el primer recipiente de adsorción de la unidad de purificación para formar aire purificado, un intercambiador de calor (HX) para enfriar el aire purificado procedente de la unidad de purificación hasta una temperatura criogénica, un conducto para enviar el aire desde el intercambiador de calor al sistema de columna de destilación para producir un fluido enriquecido en oxígeno (O) y/o un fluido enriquecido en nitrógeno, un conducto para extraer un gas enriquecido en nitrógeno (21) del sistema de columna de destilación, medios de intercambio de calor (H1, R1) que permiten que el gas enriquecido en nitrógeno se caliente aguas arriba del segundo recipiente de adsorción mediante un intercambio de calor indirecto con el aire (3) comprimido en la primera etapa del compresor (C1) y que se comprima en la segunda etapa del compresor (C2) y un conducto (31, 43, 45) para enviar el gas calentado enriquecido en nitrógeno desde los medios de intercambio de calor al segundo recipiente de adsorción (E02), no estando conectado dicho conducto a una turbina, caracterizado por que

comprende otros medios de calentamiento (H2) para calentar otra corriente de gas enriquecida en nitrógeno y un conducto (45) para enviar el otro gas para que se mezcle con el gas calentado enriquecido en nitrógeno aguas arriba del segundo recipiente de adsorción.

5 8. Aparato de acuerdo con la Reivindicación 7, en donde la primera etapa del compresor (C1) es una etapa axial.

10 9. Aparato de acuerdo con la Reivindicación 7 u 8, en donde los medios de intercambio de calor (H1, R1) permiten que el gas enriquecido en nitrógeno se caliente aguas arriba del segundo recipiente de adsorción mediante un intercambio de calor indirecto con el aire comprimido en una primera etapa del compresor como única fuente de calor para ser transferida por medio de un circuito cerrado (17, P).

10. Aparato de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 7 a 9 que incluye otro refrigerador (R2) para refrigerar el aire entre las etapas primera y segunda (C1, C2) del compresor.

15

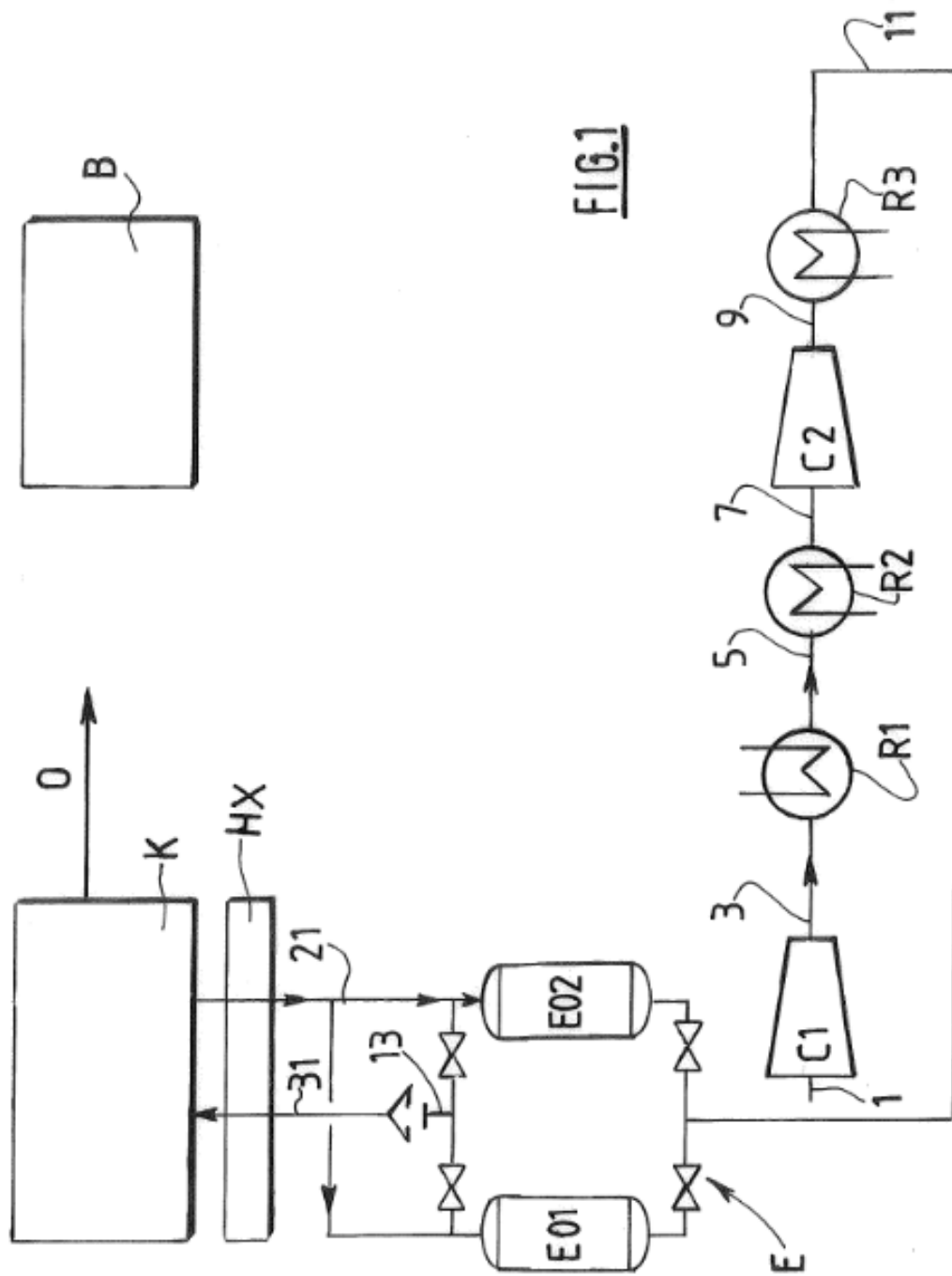


FIG. 1

