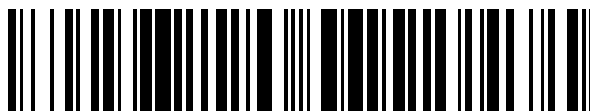


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 930**

51 Int. Cl.:

F17C 9/02 (2006.01)

F17C 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2016 PCT/FR2016/050807**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2016 WO16162643**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2016 E 16730444 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3280947**

54 Título: **Procedimiento de recuperación de energía a partir de anhídrido carbónico a presión infra atmosférica**

30 Prioridad:

08.04.2015 FR 1553020

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

26.05.2020

73 Titular/es:

**CRYO PUR (100.0%)
17 Rue Ampère
91300 Massy, FR**

72 Inventor/es:

**CLODIC, DENIS y
TOUBASSY, JOSEPH**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 762 930 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de recuperación de energía a partir de anhídrido carbónico a presión infra atmosférica

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo de recuperación del calor frío utilizando anhídrido carbónico a presión infra atmosférica. Un procedimiento de recuperación es conocido por el documento US2003/014879A1.

La expresión «infra atmosférica» designa aquí presiones inferiores a la presión atmosférica.

El dióxido de carbono (CO₂) se utiliza en numerosas aplicaciones variadas, que van desde el ámbito culinario hasta la industria pesada.

10 En la industria del gas, por ejemplo, el metano de origen fósil o de origen biológico contiene CO₂ que conviene extraer, particularmente antes del transporte del metano. En efecto, antes de su transporte, el gas metano se licua a temperaturas de licuefacción próximas a los -160°C a la presión atmosférica. Ahora bien, en las mismas condiciones de presión, el CO₂ se solidifica a temperaturas próximas a los -80°C. Por consiguiente, el metano licuado se satura con anhídrido carbónico, lo cual es problemático para las instalaciones industriales.

15 El CO₂ es por consiguiente lógicamente extraído por diferentes medios conocidos, particularmente utilizando técnicas de limpieza. El CO₂ extraído es entonces desechado a la atmósfera o reciclado para otras aplicaciones.

La presente invención se interesa muy particularmente por el reciclado del CO₂ en las instalaciones industriales.

20 La solicitud de patente francesa publicada bajo el número FR 2 820 052 (ARMINES), presenta un procedimiento y un sistema que permiten la extracción (la captura) del dióxido de carbono por anti-sublimación a presión atmosférica, igualmente conocida bajo la expresión condensación sólida. El CO₂ es capturado por anti-sublimación a una temperatura del orden de los -80°C a la presión de 0,89 bares absolutos en un evaporador de anti-sublimación. Un fluido caloportador pasa al evaporador de anti-sublimación que, una vez lleno de anhídrido carbónico, pasa a la fase de desescarcho. El CO₂ sólido se licua y el fluido caloportador recupera la energía de licuefacción. La variación de entalpia bruta es de 228 kJ/kg. La eficacia de transferencias de los intercambiadores es del 90%. La energía recuperada por el fluido caloportador es por consiguiente de 205 kJ/kg. Además, el CO₂ pasa de una presión inicial de 0,89 bares absolutos al estado sólido a una presión superior a 5,2 bares en el estado líquido.

25 Este procedimiento anterior presenta carencias importantes. Las propiedades termodinámicas del CO₂ no son explotadas de forma óptima. Una mayor cantidad de energía podría ser reciclada con la ayuda de un procedimiento diferente, y esto con el fin de recuperar un calor frío superior, a partir de anhídrido carbónico.

30 A este respecto, se propone, en primer lugar, un procedimiento de recuperación de energía procedente del cambio de estado del anhídrido carbónico. Este procedimiento es realizado por medio de un dispositivo que comprende:

- un recinto que contiene anhídrido carbónico a una presión infra-atmosférica;
- un circuito primario de recuperación de energía que pasa por el recinto y por el cual circula un fluido caloportador.

Este procedimiento comprende las etapas siguientes:

- 35
- paso del fluido caloportador por el circuito primario, provocando esta etapa el calentamiento del anhídrido carbónico y su cambio de estado en CO₂ y el enfriamiento del fluido caloportador;

comprendiendo el procedimiento una etapa de puesta en depresión sustancialmente continua del recinto (2) a una presión infra-atmosférica y una etapa de tránsito del CO₂ extraído del recinto (2) en un intercambiador (9) de calor en el cual es calentado por intercambio de calor con un fluido caloportador que circula por un circuito (14) secundario;

- 40
- extracción del CO₂ contenido en el recinto, siendo el CO₂ extraído del recinto gaseoso.

Este procedimiento comprende una etapa de puesta en depresión sustancialmente continua del recinto, a una presión infra-atmosférica.

Diversas características suplementarias pueden ser previstas, solas o en combinación:

- 45
- el procedimiento comprende una etapa de medición sustancialmente continua de la presión en una canalización de aspiración, por medio de un captador de presión;
 - el procedimiento comprende una etapa de transmisión de la presión medida por el captador de presión a una unidad central;

ES 2 762 930 T3

- el procedimiento comprende una etapa de regulación de la presión en el recinto y en la canalización de aspiración por medio de una bomba de vacío situada en un extremo de la canalización de aspiración;
- la presión en el recinto es de aproximadamente 0,00055 bares absolutos.

5 Se propone, en segundo lugar, un dispositivo de recuperación de energía configurado para poner en práctica un procedimiento de recuperación de energía tal como se ha descrito anteriormente, comprendiendo este dispositivo:

- un recinto apto para contener anhídrido carbónico a una presión infra-atmosférica y a una temperatura de solidificación correspondiente a la presión infra-atmosférica;
- un circuito primario de recuperación de energía que pasa por el recinto y por el cual circula un fluido caloportador;
- 10 - una canalización de aspiración que permite extraer CO₂ del recinto.

La canalización de aspiración está provista de medios aptos para extraer el CO₂ y para permitir una puesta en depresión continua del recinto a una presión infra-atmosférica.

Diversas características suplementarias pueden estar previstas, solas o en combinación:

- 15 - el dispositivo comprende un intercambiador de calor atravesado por la canalización de aspiración, siendo el intercambiador de calor igualmente atravesado por un circuito secundario, comprendiendo la canalización de aspiración además un captador de presión y los medios aptos para extraer el CO₂ son una bomba de vacío;
- el dispositivo comprende una unidad central apta para tratar las informaciones procedentes del captador de presión y para regular la potencia de extracción de la bomba de vacío.

20 Otros objetos y ventajas de la invención aparecerán a la luz de la descripción de un modo de realización, dado a continuación en referencia a la figura que representa una vista esquemática de un dispositivo de recuperación de energía, a partir de anhídrido carbónico.

En la figura se ha representado un dispositivo 1 que comprende un recinto 2 atravesado por un circuito 3 primario de recuperación de energía.

25 El circuito 3 primario comprende una bomba 4 primaria. La bomba 4 primaria está pilotada por un motor 5 primario de velocidad variable el cual es controlado a su vez por un variador 6 primario de potencia.

Un fluido caloportador circula por el circuito 3 primario. El fluido caloportador puede ser líquido o gaseoso. En el caso en que éste sea gaseoso, la bomba 4 primaria es un compresor.

El dispositivo 1 comprende una canalización 7 de aspiración provista de un captador 8 de presión de aspiración.

30 La canalización 7 de aspiración atraviesa un intercambiador 9 de calorantes de volver a salir por un extremo 10. El extremo 10 está provisto de una bomba 11 de vacío controlada por un variador 12 de frecuencia el cual es controlado por un órgano 13 de control.

35 El intercambiador 9 de calor es además atravesado por un circuito 14 secundario de recuperación de calor. Un fluido caloportador circula por el circuito 14 secundario. El circuito 14 secundario comprende una bomba 15 secundaria. La bomba 15 secundaria está controlada por un motor 16 secundario a velocidad variable el cual es controlado a su vez por un variador 17 secundario de potencia.

El procedimiento de recuperación de energía será, ahora, descrito con referencia a la tabla dada a continuación:

Tabla

Temperatura de saturación (°C)	Presión (bares absolutos)	Masa volúmica (kg/m ³)	Calor latente de sublimación (kJ/kg)
-140	0,00055	0,002	593,75
-135	0,00134	0,005	592,0
-130	0,00304	0,011	590,17
-125	0,00646	0,023	588,25
-120	0,01302	0,045	586,24
-115	0,02500	0,083	584,11
-110	0,04598	0,149	581,87
-105	0,08137	0,257	579,50
-100	0,13907	0,427	577,0
-95	0,23033	0,689	574,32
-90	0,37082	1,082	571,49

ES 2 762 930 T3

Temperatura de saturación (°C)	Presión (bares absolutos)	Masa volúmica (kg/m ³)	Calor latente de sublimación (kJ/kg)
-85	0,58193	1,660	568,49
-80	0,89239	2,493	565,31
-75	1,3402	3,678	561,92
-70	1,9753	5,341	558,31
-65	2,8626	7,655	554,44
-60	4,0861	10,86	550,25
-57	5,0258	13,35	547,54

Los datos proporcionados en la tabla se refieren al CO₂. Esta tabla proporciona, partiendo de la columna de la izquierda, la temperatura de sublimación, la presión absoluta de saturación, la masa volúmica y el calor latente de sublimación.

- 5 Estos datos son proporcionados por el logicial Refprop 9 con cálculos complementarios para el calor latente de sublimación, basados en las formulaciones de la obra titulada *Thermodynamic properties in SI* de W. C. Reynolds du department of Mechanical Engineering de la Universidad de Stanford.

10 Para esquematizar, la energía se descompone en dos partes. Una de las partes es transformable en energía mecánica, mientras que la otra no lo es. La parte transformable en energía mecánica se denomina exergía. La exergía permite por consiguiente medir la calidad de una energía.

En lo que respecta al CO₂, cuanto más baja es su temperatura, más elevado es el valor exergético del calor latente.

El CO₂ en el estado sólido se denomina anhídrido carbónico. En un instante inicial, el recinto 2 comprende una masa dada de anhídrido carbónico. La presión en el recinto 2 es infra atmosférica, es decir que es inferior a la presión atmosférica que es de aproximadamente 1 bar.

- 15 Esta presión infra atmosférica se mantiene constante gracias a la bomba 11 de vacío. En este modo de realización, la presión en el recinto es de 0,00055 bares absolutos o sea una temperatura de sublimación de -140°C. El recinto 2 está revestido con un aislante eficaz con el fin de reducir los intercambios de calor con el medio exterior.

El fluido caloportador que circula por el circuito 3 primario atraviesa el recinto 2 y es refrigerado por intercambio de calor con el anhídrido carbónico.

- 20 El anhídrido carbónico se calienta bajo la acción del fluido caloportador y se sublima instantáneamente cuando su temperatura sobrepasa los -140°C a la presión de 0,00055 bares absolutos.

25 La presión y la temperatura tienden entonces naturalmente a aumentar bajo el efecto de la sublimación del anhídrido carbónico. Para evitar esto, la bomba 11 de vacío extrae más CO₂ gaseoso, con el fin de que la presión de 0,00055 bares absolutos permanezca constante de forma que la temperatura de sublimación se mantenga en -140°C. En efecto, como se ha explicado anteriormente, el valor exergético del calor latente es tanto más elevado cuando la temperatura de sublimación es baja.

La recuperación de energía se realiza hasta la sublimación completa del anhídrido carbónico. Una vez que la nieve carbónica ha desaparecido totalmente, el recinto 2 se vuelve a cargar de anhídrido carbónico.

- 30 La regulación de la presión en el recinto 2 se realiza midiendo la presión en la canalización 7 de aspiración por medio del captador 8 de presión de aspiración.

El valor de la presión en la canalización 7 de aspiración es enviado en continuo a una unidad central, no representada en la figura.

- 35 Cuando la presión en la canalización 7 de aspiración sobrepasa la presión blanco, en este caso 0,00055 bares absolutos, entonces la unidad central controla la bomba 11 de vacío, por medio del órgano 13 de control y el variador 12 de frecuencia, para extraer más CO₂ gaseoso con el fin de que la presión blanco sea alcanzada y sea constante en la canalización 7 de aspiración. Las presiones en el recinto 2 y en la canalización 7 de aspiración son sustancialmente idénticas.

El CO₂ gaseoso que sale del recinto 2 atraviesa el intercambiador 9 de calor y cede una parte de su calor sensible al fluido caloportador que circula por el circuito 14 secundario.

ES 2 762 930 T3

Los caudales de los fluidos caloportadores en el circuito 3 primario y en el circuito 14 secundario pueden adaptarse, con el fin de que los intercambios de calor con el anhídrido carbónico para el circuito 3 primario y con el CO₂ gaseoso para el circuito 14 secundario, sean los más eficaz posible.

5 Así, una parte del calor sensible es recuperado por el circuito 14 secundario. El calor sensible por oposición al calor latente corresponde a la energía cedida sin que se produzca cambio de estado del CO₂.

Ventajosamente, el fluido caloportador en el circuito 14 secundario y el CO₂ en la canalización 7 de aspiración circulan a contra corriente.

El fluido caloportador debe poder no solidificarse a estas temperaturas criogénicas próximas a los -140°C. El propano puede ser ventajosamente utilizado como fluido caloportador por este motivo.

10 La transferencia de calor en el intercambiador 9 de calor tiene lugar a grandes variaciones de temperaturas. Típicamente, esta gama se extiende de los -140° a 20°C. El calor sensible es de aproximadamente 120 kJ/kg.

En el recinto 2, el calor latente de sublimación es de aproximadamente 594 kJ/kg en referencia a la tabla.

El calor total recuperable es por consiguiente de aproximadamente 714 kJ/kg. Con equipamientos que permiten un intercambio de calor eficaz al 90%, el calor total efectivamente recuperado es de aproximadamente 643 kJ/kg.

15 El procedimiento y el dispositivo, así descritos, permiten una recuperación de energía del anhídrido carbónico mucho más eficaz, explotando ventajosamente las propiedades termodinámicas del dióxido de carbono.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de recuperación de energía procedente del cambio de estado del anhídrido carbónico, siendo este procedimiento realizado por medio de un dispositivo (1) que comprende:

- 5
- un recinto (2) que contiene anhídrido carbónico a una presión infra-atmosférica;
 - un circuito (3) primario de recuperación de energía que pasa por el recinto (2) y por el cual circula un fluido caloportador.

comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

- 10
- paso del fluido caloportador por el circuito (3) primario, provocando esta etapa el calentamiento del anhídrido carbónico y su cambio de estado en CO₂ y el enfriamiento del fluido caloportador;
 - extracción del CO₂ contenido en el recinto (2);

siendo el CO₂ extraído del recinto (2) gaseoso;

comprendiendo el procedimiento una etapa de puesta en depresión sustancialmente continua del recinto (2) a una presión infra-atmosférica y una etapa de tránsito del CO₂ extraído del recinto (2) en un intercambiador (9) de calor en el cual es calentado por intercambio de calor con un fluido caloportador que circula por un circuito (14) secundario;

15

2. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el procedimiento comprende una etapa de medición sustancialmente continua de la presión en una canalización (7) de aspiración por medio de un captador (8) de presión.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que el procedimiento comprende una etapa de transmisión de la presión medida por el captador (8) de presión a una unidad central.

20

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que el procedimiento comprende una etapa de regulación de la presión en el recinto (2) y en la canalización (7) de aspiración, por medio de una bomba (11) de vacío situada en un extremo de la canalización (7) de aspiración.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la presión en el recinto (2) es de aproximadamente 0,00055 bares absolutos.

25

6. Dispositivo (1) de recuperación de energía configurado para poner en práctica un procedimiento de recuperación de energía según una de las reivindicaciones 1 o 2, comprendiendo este dispositivo (1):

- 30
- un recinto (2), apto para contener anhídrido carbónico a una presión infra-atmosférica y a una temperatura de solidificación correspondiente a la presión infra-atmosférica;
 - un circuito (3) primario de recuperación de energía, que atraviesa el recinto (2) y por el cual circula un fluido caloportador;
 - una canalización (7) de aspiración, que permite extraer CO₂ del recinto (2),

35

estando la canalización (7) de aspiración provista de medios aptos para extraer el CO₂ y para permitir una puesta en depresión continua del recinto (2) a una presión infra atmosférica, y por que el dispositivo (1) comprende además un circuito (14) secundario y un intercambiador (9) de calor atravesado por la canalización (7) de aspiración y por el circuito (14) secundario.

7. Dispositivo (1) según la reivindicación 6, para poner en práctica el procedimiento según una de las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado por que la canalización (7) de aspiración comprende además un captador (8) de presión y siendo los medios aptos para extraer el CO₂ una bomba (11) de vacío.

40

8. Dispositivo (1) según la reivindicación 7, para aponer en práctica el procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 6, caracterizado por que el dispositivo (1) comprende una unidad central, apta para tratar las informaciones procedentes del captador (8) de presión y para regular la potencia de extracción de la bomba (11) de vacío.

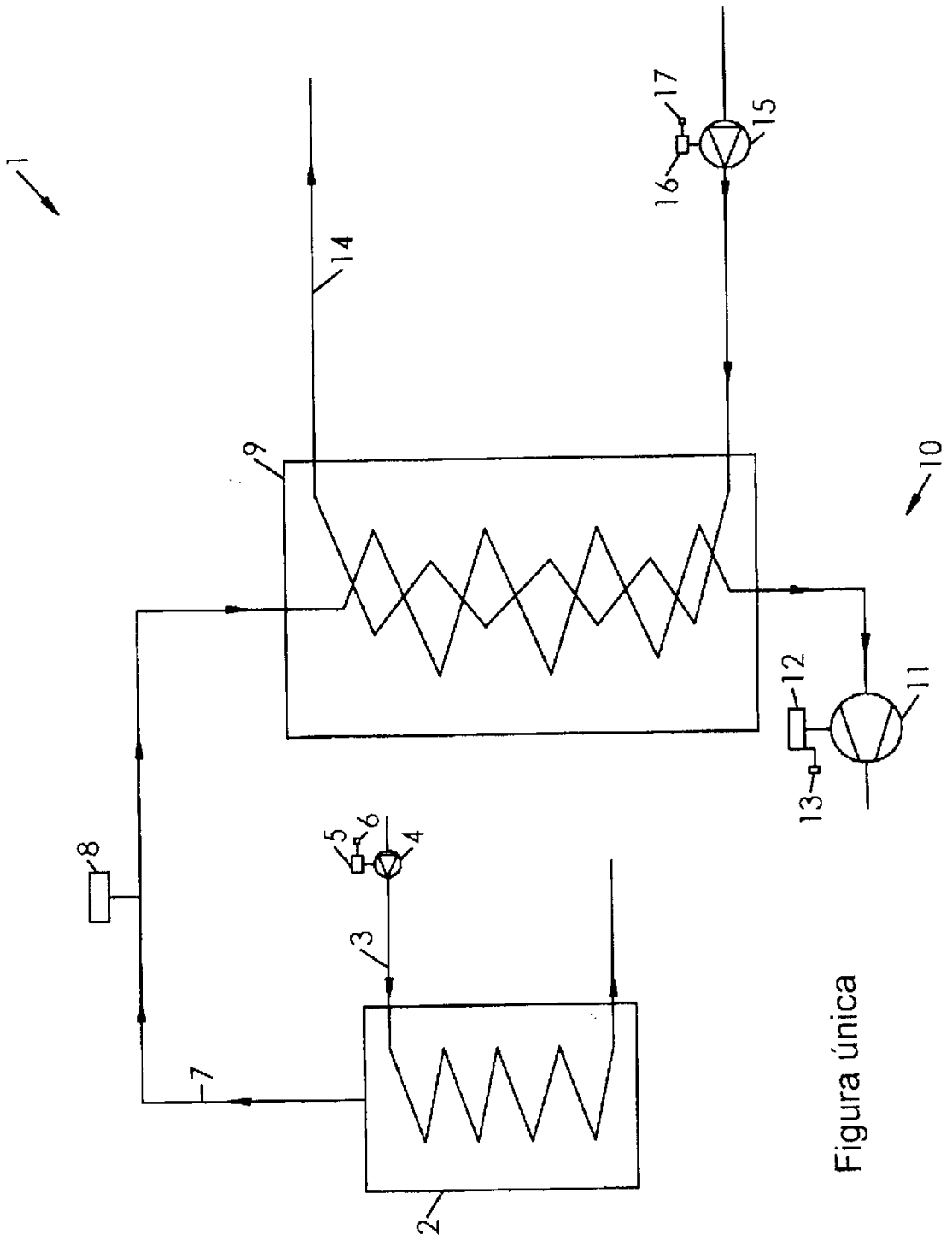


Figura única