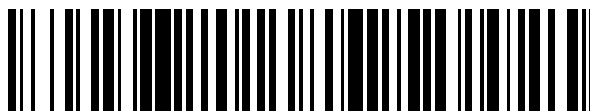


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 044**

51 Int. Cl.:

F25D 3/10 (2006.01)

F25B 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2011** **E 11705937 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014** **EP 2539650**

54 Título: **Proceso de enfriamiento criogénico utilizando un flujo de CO₂ difásico sólido-gas**

30 Prioridad:

25.02.2010 FR 1051344

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2015

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:

**YOUBI-IDRISSI, MOHAMMED y
DUBREUIL, THIERRY**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 531 044 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 de enfriamiento criogénico utilizando un flujo de CO₂ difásico sólido-gas

La presente invención se refiere al campo de los procesos que utilizan CO₂ como fluido criogénico, en procesos de enfriamiento, de congelación y de conservación de productos, en particular productos alimentarios, pero también como fuente de frío en los camiones frigoríficos que transportan productos frescos y/o congelados (y por tanto termosensibles).

En tales procesos y aplicaciones, la mayoría de las veces, el CO₂ está destinado a ser utilizado en inyección directa, variando las temperaturas de regulación de los productos que se va a enfriar típicamente entre 0 y -20°C en el caso del transporte refrigerado, y entre -40°C y -70°C en las células y otros túneles de enfriamiento.

Aunque la utilización de CO₂ en inyección directa presenta ventajas incontestables, especialmente la ausencia de barrera térmica y, en consecuencia, la garantía de una eficacia térmica máxima, presenta en contraste algunos inconvenientes, entre los cuales pueden citarse:

- la cuestión de la seguridad: requiere la introducción de dispositivos que permitan evitar el riesgo de asfixia (sistemas de alarma, sistemas de extracción, sensores de CO₂), con los costes y las restricciones que esto implica;

- desde el punto de vista termodinámico: las calorías de los gases de extracción, especialmente aquellos a -40°C/-70°C, son difícilmente recuperables porque después de su contacto directo con los productos que se van a enfriar, quedan contaminados por la presencia de trazas de humedad, de partículas de productos, etc...

Pero también existen numerosas aplicaciones en las que el CO₂ se utiliza en inyección indirecta en un bucle abierto, especialmente en aplicaciones para el transporte refrigerado pero también en los túneles de congelación; donde un intercambiador de calor se alimenta con CO₂ líquido que se evapora en este intercambiador, extrae el calor del medio que se va a enfriar y produce así el frío deseado (produciéndose la transferencia del frío a los productos por un intercambio con el aire interno del túnel o del camión mediante medios de ventilación asociados a cada intercambiador). Por tanto, se utiliza aquí un cambio de fase Líquido/Vapor que, con respecto a las propiedades termodinámicas del CO₂, está "restringido" a una presión teórica de 5,18 bar correspondiente a la presión del punto triple de este fluido. En otras palabras, la temperatura a la que se produce el cambio de fase queda limitada y, en todos los casos, es estrictamente superior a -56,6°C. Por tanto, esto demuestra que la utilización del CO₂ en inyección indirecta no permite alcanzar niveles de temperaturas muy bajos, al contrario que lo que permite el nitrógeno líquido, por ejemplo.

El documento WO 2006/129034 describe un proceso y una instalación de transferencia de frigorías a productos utilizando CO₂ líquido según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 5, respectivamente.

La presente invención desea proponer nuevas condiciones de utilización del CO₂ como fuente de frío en aplicaciones de inyección indirecta.

Como se verá con más detalle posteriormente, la invención propone desarrollar un flujo difásico gas-sólido.

La invención se refiere un proceso que utiliza el CO₂ líquido como fluido criogénico, que permite transferir frigorías a los productos, proceso del tipo mencionado de inyección indirecta donde el CO₂ líquido se envía a un sistema de intercambiador térmico donde se evapora, produciéndose la transferencia de frío a los productos por un intercambio entre el aire que rodea los productos y las paredes frías del intercambiador térmico, favorecido por medios de ventilación asociados al sistema de intercambiador térmico, el proceso se caracteriza por que antes de alcanzar el sistema de intercambiador, el CO₂ líquido ha experimentado una operación de expansión, a una presión elegida para obtener una mezcla sólido/gas a la salida de la operación de expansión.

Según un modo preferido de realización de la invención, antes de alcanzar la operación de expansión, el CO₂ líquido se ha llevado a una situación de intercambio térmico con los gases fríos obtenidos a la salida del sistema de intercambiador térmico (resultantes de la fusión realizada en el sistema de intercambiador térmico).

Este intercambio térmico entre el CO₂ líquido y los gases fríos obtenidos a la salida del sistema de intercambiador térmico se realiza, por ejemplo, en un intercambiador de placas.

Por lo tanto, se entenderá tras leer lo anterior que:

- no se envía CO₂ líquido al intercambiador de este proceso de inyección indirecta, como en la técnica anterior, sino un fluido resultante de una expansión, en el que hay una parte de sólido (es un fluido difásico gas/sólido);

- y el modo ventajoso de realización de la invención explicado anteriormente, donde antes de ser enviado al expansor, el líquido se intercambia con la fase gas extraída del sistema de intercambiador térmico (que es una manera de sub-enfriar este líquido), ofrece un rendimiento térmico más elevado puesto que la fracción sólida en el líquido sub-enfriado después de expandido es entonces más elevada.

Otras características y ventajas de la presente invención serán más evidentes en la siguiente descripción, dada a título ilustrativo, aunque no limitativo, junto con los dibujos adjuntos para los cuales:

- la figura 1 es una representación esquemática parcial de un modo de realización de la invención;
- la figura 2 presenta las curvas de diferencia de entalpía, que permiten visualizar la diferencia de entalpía entre los puntos 2 y 3 de la figura 1, incluyendo los calores latente y sensible, para dos niveles de presión, 5,18 bar (presión del punto triple) y 1 bar.
- la figura 3 es una representación esquemática parcial de un modo ventajoso de realización de la invención que utiliza un sub-enfriamiento del CO₂ líquido antes de que llegue al expansor.

La figura 1 permite visualizar de forma simple y clara la trayectoria del CO₂ líquido en un proceso conforme a la invención. Se puede hacer referencia, si fuera necesario, para un mejor seguimiento, pero sin que de ninguna manera suponga una obligación, a un diagrama de Mollier, diagrama bien conocido por el experto en la materia, pero el solicitante ha elegido no incluirlo aquí por razones de inteligibilidad.

Como puede verse en la figura 1, el CO₂ líquido (punto 1) se extrae del almacenamiento, por ejemplo en las condiciones normales de tipo 20 bar / -20°C (o incluso 45°C / 8 bar dependiendo del país), se expande a una presión inferior a la del punto triple, por ejemplo a 5,18 bar (punto 2), antes de alcanzar el sistema de intercambiador.

El sistema de intercambiador se utiliza en un proceso de inyección indirecta: por ejemplo en una operación de enfriamiento, de congelación o de conservación de productos, en particular de productos alimentarios (el sistema de intercambiador está entonces presente, por ejemplo, en el interior de una célula o de un túnel criogénico), o en un camión frigorífico que transporta productos perecederos termosensibles.

Se obtiene así en el punto 2, una mezcla difásica gas/sólido en la que la fracción de sólido varía en función de la presión en el punto 2. A título ilustrativo, típicamente es de 52% a 5,18 bar / -56,6°C y de 47% a 1 bar / -80°C.

Esta mezcla difásica se hace circular entonces en el interior del sistema de intercambiador, donde le mezcla transfiere su calor latente de fusión además de una parte de su calor sensible. El diseño del intercambiador y especialmente su superficie de intercambio, así como el flujo de CO₂, definen la capacidad frigorífica suministrada así como la temperatura de salida del gas en el punto 3.

La figura 2 presenta las curvas de diferencia de entalpía, que permiten visualizar la diferencia de entalpía entre los puntos 2 y 3 de la figura 1, incluyendo los calores latente y sensible, para dos niveles de presión después de la expansión del CO₂ líquido, a 5,18 bar (es decir, la presión del punto triple) y a 1 bar.

Esta figura 2 muestra bien la energía disponible (expresada en la variación de entalpía) contenida en un kilogramo de CO₂ cuando este último se expande de 20 bar a 5,18 bar, que representa el límite del cambio de fase líquido/vapor (curva inferior en la figura), o bien de 20 bar a 1 bar (curva superior en la figura), que permite obtener de acuerdo con la invención una mezcla difásica sólido/gas. Cabe destacar que, en ambos casos, la variación de entalpía es especialmente elevada cuando la temperatura de salida del gas también lo es, y el hecho de que esta variación de entalpía es especialmente elevada cuando la presión después de la expansión es baja. De aquí el interés energético incuestionable de lo que propone la presente invención para la utilización de un fluido sólido/gas en lugar de un fluido líquido/gas como proponía la técnica anterior.

No obstante, debe mencionarse que para ciertas aplicaciones de criogenia de alimentos, por ejemplo para ciertos productos en aplicaciones de congelación en túneles, el efecto de la temperatura criogénica es muy requerido. Así que en tales aplicaciones sería difícil obtener gases a la salida de intercambiador de calor a una temperatura demasiado alta puesto que la temperatura del aire que rodea los productos, requerida en tales procesos, debe alcanzar típicamente -60°C a -80°C.

Para tales especificaciones, así como para otras aplicaciones, será especialmente interesante utilizar el modo de realización ventajoso de la invención que se ilustra en la figura 3 a continuación.

Este modo ventajoso tiene como objetivo valorizar al máximo las calorías aún presentes en los gases extraídos a la salida del sistema de intercambiador.

Examinemos el modo de realización de la figura 3.

Se observa en esta figura la presencia de un medio adicional, se trata de un medio que permite realizar un intercambio térmico, en este caso un sub-enfriador, por ejemplo constituido como es el caso aquí por un intercambiador de placas, medio cuya intervención se procede a explicar:

- el CO₂ líquido (punto 1) se extrae del almacenamiento, por ejemplo en las condiciones convencionales ya mencionadas anteriormente respecto a la figura 1, pasa, antes de alcanzar el expansor, a un intercambiador de placas donde se intercambia térmicamente con los gases resultantes del sistema de intercambiador (punto 4), sistema de intercambiador que está presente en el túnel, o en el camión, etc...;

- por tanto, se observa que al circular en contra-corriente en el intercambiador de placas, el CO₂ líquido procedente del almacenamiento (punto 1), y los gases extraídos del sistema de intercambiador térmico (punto 4), permite el sub-enfriamiento de la corriente de CO₂ líquido antes de que llegue a la posición de expansión (punto 2);

5 - entre los puntos 1 y 2, el líquido se mantiene por tanto a una presión sensiblemente constante pero experimenta un enfriamiento;

- en la salida de la posición de expansión (punto 3) la mezcla sólido/gas obtenida se dirige hacia el sistema de intercambiador térmico;

- los gases extraídos del sistema de intercambiador térmico (punto 4), una vez que han pasado por el sub-enfriador, se evacúan (punto 5);

10 - la producción de frío alcanza por tanto el nivel del sistema de intercambiador entre los puntos 3 (después de la expansión) y 4 (salida del intercambiador de calor).

Como se ha mencionado anteriormente, la temperatura en este punto 4 estará dictada por las restricciones técnicas de la aplicación usuaria del frío, que permite alcanzar un nivel más o menos elevado.

15 A continuación se detallan dos ejemplos de condiciones y constituciones de fases en los diferentes puntos 1, 2, 3, 4 y 5 de la figura 3.

Primer ejemplo:

Punto	T (°C)	P (bar)	h (kJ/kg)	Estado termodinámico
1	-20	20	40,8	Equilibrio líquido-vapor
2	-34	20	13,1	Líquido sub-enfriado
3	-80	1	13,1	Mezcla gas-sólido
4	-60	1	323,5	Gas sobrecalentado
5	-25	1	351,2	Gas sobrecalentado

Segundo ejemplo:

Punto	T (°C)	P (bar)	h (kJ/kg)	Estado termodinámico
1	-20	20	40,8	Equilibrio líquido-vapor
2	-52	20	-22,4	Líquido sub-enfriado
3	-80	1	-22,4	Mezcla gas-sólido
4	-80	1	288,0	Mezcla gas-sólido
5	-25	1	351,2	Gas sobrecalentado

20 Este segundo ejemplo ilustra un caso donde si la aplicación usuaria del frío exige una temperatura del medio que se va a enfriar lo más fría posible, puede considerarse un aprovechamiento parcial del calor de fusión en el sistema de intercambiador (entre los puntos 3 y 4), teniendo lugar entonces la fusión total de la mezcla y su sobrecalentamiento en el sub-enfriador con una recuperación de las calorías.

25 En otras palabras, actuando sobre la superficie de intercambio del intercambiador, se puede realizar una fusión parcial en el intercambiador, que da como resultado una mezcla sólido/gas en el punto 4, desarrollándose entonces en el intercambiador un cambio en el estado de fusión, que opera a temperatura constante para un fluido puro como el CO₂ (en el modo aquí ilustrado no es la temperatura la que cambia sino la fracción másica del sólido, que disminuye a medida que se transforma en vapor).

30 Se entenderá, tras la lectura de todas las explicaciones dadas anteriormente, que el proceso según la invención en su modo de la figura 3, permite:

- aumentar la capacidad frigorífica del intercambiador del sistema de inyección indirecta, puesto que el sub-enfriamiento del CO₂ líquido permite ahorrar hasta un 12% de la energía disponible;

- mejorar el intercambio térmico en un fluido sub-enfriado, que una vez expandido da como resultado una fracción sólida más elevada, que es beneficiosa para el coeficiente de transferencia.

- si la aplicación exige una temperatura del medio lo más fría posible, puede considerarse un aprovechamiento parcial del calor de fusión en el proceso (entre los puntos 3 y 4), teniendo lugar entonces la fusión total de la mezcla y su sobrecalentamiento en el sub-enfriador con una recuperación de las calorías.

5

REIVINDICACIONES

1. Proceso que utiliza CO₂ líquido como fluido criogénico para transferir frigorías a productos, proceso del tipo mencionado de inyección indirecta donde el CO₂ líquido se envía a un sistema de intercambiador térmico donde se evapora, produciéndose la transferencia de frío a los productos por un intercambio entre el aire que rodea los productos y las paredes frías del intercambiador térmico, favorecido mediante medios de ventilación asociados al sistema de intercambiador térmico, caracterizándose el proceso por que, antes de alcanzar el sistema de intercambiador, el CO₂ líquido ha experimentado una operación de expansión, a una presión elegida para obtener una mezcla sólido/gas a la salida de la operación de expansión.
2. Proceso según la reivindicación 1, caracterizado por que antes de alcanzar la operación de expansión, el CO₂ líquido se intercambia térmicamente con los gases fríos obtenidos a la salida del sistema de intercambiador térmico, en un medio que permite tal intercambio térmico.
3. Proceso según la reivindicación 2, caracterizado por que se ha dimensionado la superficie de intercambio del sistema de intercambiador de forma que solo se realice en el intercambiador una fusión parcial de la mezcla gas/sólido que entra, teniendo lugar entonces la fusión total de la mezcla en dicho medio que permite un intercambio térmico.
4. Proceso según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que dicho medio que permite un intercambio térmico es un intercambiador de placas.
5. Instalación de transferencia de frigorías a productos que utiliza CO₂ líquido, usando la instalación un proceso del tipo mencionado de inyección indirecta y que comprende:
 - un sistema de intercambiador térmico adecuado para hacer circular allí el CO₂ líquido; y
 - medios de ventilación asociados al sistema de intercambiador térmico, adecuados para poner en contacto el aire que rodea los productos con las paredes frías del sistema de intercambiador térmico, caracterizándose la instalación por que comprende un sistema expensor, situado aguas arriba del sistema de intercambiador, adecuado también para expandir el CO₂ líquido antes de su llegada al sistema de intercambiador, a una presión elegida para obtener una mezcla sólido/gas a la salida de la operación de expansión.
6. Instalación según la reivindicación 5, caracterizada por que comprende además un sistema sub-enfriador, por ejemplo un intercambiador de placas, situado en la instalación según la siguiente disposición:
 - el sistema sub-enfriador está situado entre la fuente de CO₂ líquido y el sistema expensor, con el fin de permitir que el CO₂ líquido pueda transitar por una primera vía de este sistema sub-enfriador antes de alcanzar el sistema expensor;
 - por otro lado, dicha disposición es tal que permite transitar por una segunda vía del sistema sub-enfriador a los gases fríos extraídos del sistema de intercambiador térmico.

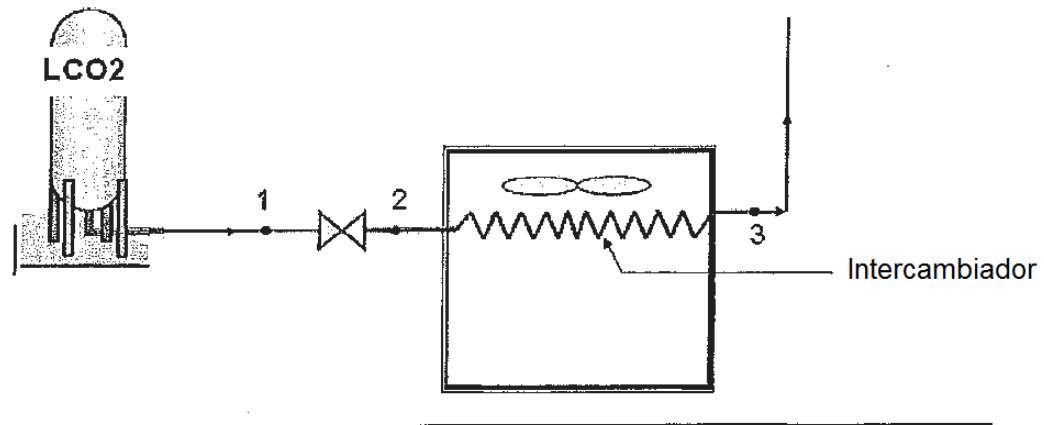


Figura 1

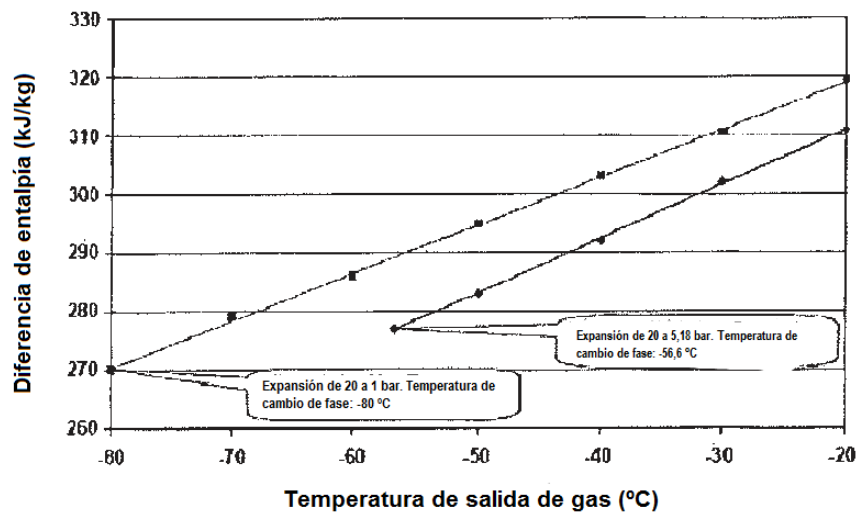


Figura 2

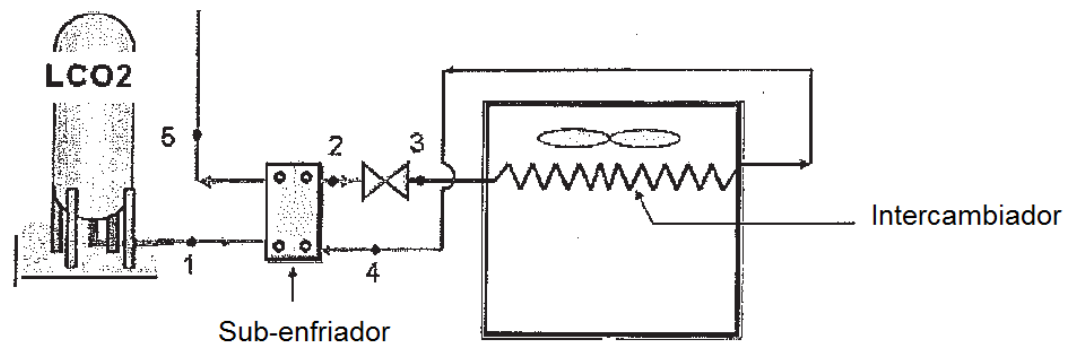


Figura 3