



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 280 811**

51 Int. Cl.:
F25B 17/00 (2006.01)
F25B 39/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03771134 .8**
86 Fecha de presentación : **11.07.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1529185**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2005**

54 Título: **Instalación y método para la producción de frío mediante un sistema de absorción reversible.**

30 Prioridad: **24.07.2002 FR 02 09390**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2007

73 Titular/es:
Centre National de la Recherche Scientifique
3, rue Michel Ange
75016 Paris, FR

72 Inventor/es: **Stitou, Driss;**
Spinner, Bernard y
Bertrand, Olivier

74 Agente: **Morgades Manonelles, Juan Antonio**

ES 2 280 811 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).

ES 2 280 811 T3

DESCRIPCIÓN

Instalación y método para la producción de frío mediante un sistema de absorción reversible.

5 La presente invención hace referencia a una instalación y a un procedimiento para la producción de frío mediante un sistema de sorción reversible, especialmente para la congelación de diferentes productos y para la producción de agua fresca o de cubitos de hielo.

10 Son ya conocidas unas instalaciones de producción de calor o de frío basadas en cambios de fase líquido/gas o en sorciones reversibles entre un gas, denominado gas de trabajo, y un sorbente líquido o sólido. Una sorción reversible puede consistir en absorción de un gas sobre un sólido, o en una reacción entre un gas y un sólido. Una sorción reversible entre un sorbente S y un gas G es exotérmica en el sentido de la síntesis $S + G \rightarrow SG$, y endotérmica en el sentido de la descomposición $SG \rightarrow S + G$. En un cambio de fase líquido/gas de G, la condensación es exotérmica y la evaporación es endotérmica.

15 Estos fenómenos reversibles pueden ser representados sobre el diagrama de Clausius-Clapeyron por la correspondiente recta de equilibrio

$$20 \ln P = f(-1/T), \text{ más exactamente } \ln P = \frac{\Delta H}{RT} + \frac{\Delta S}{R}$$

25 siendo P y T, respectivamente, la presión y la temperatura, siendo ΔH y ΔS , respectivamente, la entalpía y la entropía del fenómeno (descomposición, síntesis, evaporación, condensación) que se haya utilizado y siendo R la constante de los gases perfectos.

La etapa endotérmica puede aprovecharse en una instalación de este tipo para congelar diferentes productos (especialmente agua en vistas a la obtención de cubitos de hielo) o para la producción de agua fría.

30 Así, en el documento EP 0 810 410 se describe un dispositivo que comprende un reactor y un evaporador/condensador conexiónados por medio de un conducto provisto de una válvula. En el reactor queda localizada una reacción termoquímica o una adsorción sólido-gas. El dispositivo comprende medios para calentar el sólido que contiene y medios para eliminar el calor de la reacción de síntesis exotérmica, estando constituidos estos medios ya sea por un intercambiador de calor, ya sea por el aumento de la masa térmica del reactor. El reactor se halla calculado de manera que junto con su contenido constituya una masa térmica suficiente para absorber el calor producido cuando tiene lugar la reacción exotérmica. El procedimiento de gestión de este dispositivo consiste en poner en comunicación el evaporador/condensador con el reactor cuando el evaporador/condensador se halla lleno con el gas de trabajo bajo forma líquida, lo que desarrolla el efecto de enfriar el evaporador/condensador por evaporación, y después en poner en marcha los medios destinados a calentar el sólido con objeto de impulsar y condensar el gas hacia el evaporador/condensador. La puesta en marcha de los medios destinados a calentar el sólido en el reactor se inicia antes de que finalice la etapa precedente. El frío producido en el evaporador/condensador puede ser utilizado para producir agua fría o cubitos de hielo. Sin embargo, en este dispositivo, los tiempos de desarrollo de los ciclos son relativamente largos como consecuencia de que la regeneración del dispositivo se realiza a alta temperatura T_h y de que el enfriamiento del reactor se lleva a cabo a temperatura ambiente T_o . Consecuentemente, el reactor recorre una amplitud térmica entre la temperatura de regeneración y la temperatura ambiente que es relativamente importante, lo que origina un reducido coeficiente de rendimiento.

50 El objetivo de la presente invención estriba en proporcionar un dispositivo que permita alcanzar una producción frigorífica de un volumen muy elevado, por ejemplo, del orden de 200 kW/m^3 , a una temperatura útil T_u relativamente baja y con una duración de los ciclos notablemente reducida y unos rendimientos más interesantes. Por temperatura útil, debe entenderse la temperatura de congelación de los productos (congelación del agua para la producción de hielo o congelación de otros productos) o la temperatura a la que se desea hacer bajar y mantener unos productos sin llegar a congelarlos (por ejemplo, en vistas a la obtención de agua fresca).

55 Una instalación de acuerdo con la presente invención para la producción de frío a la temperatura T_u comprende un reactor (1) que constituye el lugar en el que se produce una sorción reversible P_{HT} utilizando un gas G y un sorbente S, un dispositivo (2) en el que tiene efecto un fenómeno reversible P_{BT} que utiliza el gas G, unos medios para establecer la comunicación entre el reactor (1) con el dispositivo (2) y unos medios para aislar el reactor (1) del dispositivo (2), estando situada la curva de equilibrio del fenómeno reversible en (2) en un ámbito de temperatura más reducido que el de la curva de equilibrio de la sorción reversible en (1) en el diagrama de Clapeyron.

60 La instalación se caracteriza porque el dispositivo (2) contiene, aparte del gas G, un material de cambio de fase líquido/sólido M dotado de una temperatura de solidificación T_s inferior a la temperatura útil de producción de frío T_u . Resulta suficiente que la diferencia de temperatura entre T_s y T_u sea del orden de algunos grados, tal como, por ejemplo, del orden de entre 1°C y 10°C .

El material de cambio de fase puede elegirse, por ejemplo, entre las parafinas tales como las n-alcalinas que presenten entre 10 y 20 átomos de carbono, las mezclas eutécticas y las soluciones eutécticas.

ES 2 280 811 T3

La sorción reversible en el reactor (1) puede elegirse entre las reacciones químicas reversibles entre el gas G y un sólido, las adsorciones del gas G sobre un sólido, y las absorciones del gas G por un líquido.

5 El fenómeno reversible en el dispositivo (2) puede elegirse entre las reacciones químicas reversibles entre el gas G y un sólido, las adsorciones del gas G sobre un sólido, las absorciones del gas G por un líquido, los cambios de fase líquido/gas del gas G. Resultan preferentes los cambios de fase líquido/gas, dado que permiten producir frío con una mayor velocidad que con las sorciones, como consecuencia de la inferior inercia térmica del sistema.

10 Como ejemplo de gas G es posible citar el amoníaco (NH_3) y sus derivados, el hidrógeno (H_2), el dióxido de carbono (CO_2), el agua (H_2O), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el metano y otros gases naturales. Como reacción de sorción, es posible citar las reacciones que utilizan amoniacatos (por ejemplo, cloruros, bromuros, ioduros o sulfatos), los hidratos, los carbonatos y los hidruros.

15 La etapa de síntesis exotérmica en el reactor (1) que es concomitante con la etapa de disociación que genera frío en el dispositivo (2), resulta favorecida si el contenido del reactor (1) es mantenido a una temperatura inferior a su temperatura de equilibrio a la presión que reina en el reactor (1). Resulta, pues, preferible neutralizar la acción del calor producido a medida que se desarrolla la síntesis en el reactor (1) con objeto de mantener una separación tan importante como resulte posible entre la temperatura real del reactor (1) y su temperatura de equilibrio. Este calor es absorbido en un primer tiempo por el reactor y su contenido. Cuando la masa térmica del reactor y de su contenido no resultan suficientes para poder absorber la totalidad del calor desprendido, resulta preferible proveer al reactor (1) de medios que permitan llevar a cabo la evacuación del calor hacia el exterior.

20 En una instalación realizada de acuerdo con la invención, la producción de frío tiene lugar a nivel del dispositivo (2). Si el frío producido se destina a la obtención de cubitos de hielo o de agua fría, el dispositivo (2) se halla en contacto térmico directo con un depósito (3) que contiene agua. Si se trata de producir cubitos de hielo, se utiliza preferentemente un depósito (3) compartimentado de acuerdo con el tamaño de los cubitos que se desea obtener. Cuando la instalación se utiliza para la obtención de agua fría, el depósito (3) puede estar constituido por un serpentín a lo largo del que circula el agua, integrado en la pared del dispositivo (2). Si la instalación se destina a congelar diferentes productos, el depósito (3) presenta la forma apropiada para poder contener y congelar los expresados productos.

30 El material que debe cambiar de fase líquida/sólida debe elegirse de tal manera que presente una temperatura de solidificación T_s que sea inferior en algunos grados a la temperatura útil T_u , es decir a la temperatura del producto que se trate de congelar o de enfriar, por ejemplo, por debajo de 0°C cuando el objetivo que se persigue es la fabricación de cubitos de hielo, o inferior a la temperatura del agua fría que se desea obtener.

35 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento para la producción de frío a través de un sistema termoquímico que comprende al menos dos fenómenos reversibles utilizando un gas G, en el que el frío se produce durante la etapa de disociación del fenómeno reversible P_{BT} en el que la curva de equilibrio en el diagrama de Clapeyron se sitúa en el ámbito de las bajas temperaturas, y el sistema se regenera en la etapa de disociación del fenómeno reversible P_{HT} cuya curva de equilibrio en el diagrama de Clapeyron se sitúa en el ámbito de las temperaturas elevadas. El procedimiento en cuestión se caracteriza porque se prolonga la etapa de producción de frío más allá de la etapa de disociación del fenómeno P_{BT} por la fusión de un material con cambio de fase sólido/líquido en contacto térmico con el gas G en el reactor que constituye la sede del fenómeno P_{BT} .

45 La presencia de este material con cambio de fase desarrolla un doble efecto. Por una parte, esta presencia disminuye la temperatura de regeneración disminuyendo la presión del sistema (lo que determina que la regeneración resulte menos costosa), y por otra parte, dicha presencia disminuye la duración de un ciclo dado que el sistema continúa produciendo frío merced a la fusión del material con cambio de fase después de que se haya iniciado la fase de regeneración del sistema.

50 De acuerdo con una forma particular de realización, el procedimiento que constituye objeto de la invención para la producción de frío se lleva a la práctica por medio de una instalación tal como la que ha que dado descrita. Este procedimiento comprende las siguientes etapas:

- 55 a) situar la instalación en un estado inicial en el que el reactor (1) y el dispositivo (2) se hallan aislados uno de otro, (2) contiene el gas G en estado líquido y el material M asimismo en estado líquido, (1) contiene el sorbente S en un estado pobre en gas, el contenido (1) y el contenido (2) se hallan a la temperatura ambiente T_0 , el depósito (3) contiene los productos que en cada caso se trate de congelar o de enfriar.
- 60 b) poner en comunicación el reactor (1) y el dispositivo (2) para la liberación endotérmica del gas G en (2) y la sorción exotérmica del gas G sobre el sorbente S en (1), con producción de frío en el dispositivo (2) y en el depósito (3), solidificación del material con cambio de fase M con acumulación de calor latente, absorción de calor por el reactor (1) y su contenido, y eventualmente extracción del calor producido en (1);
- 65 c) al final de la etapa b), aislar el reactor (1) del dispositivo (2) para prolongar la producción de frío en (2) por fusión del material M que libera el frío acumulado bajo forma de calor latente, y aportar energía calorífica al reactor (1) para realizar la disociación endotérmica del sorbente rico en gas en (1);

ES 2 280 811 T3

- d) poner en comunicación el reactor (1) y el dispositivo (2) y mantener el calentamiento de (1) hasta la disociación total del sorbente en (1) para provocar la condensación exotérmica brutal del gas en (2) y la detención de la producción de agua fría o el desprendimiento de los cubitos de hielo y después la eventual prosecución de la fusión del material M;
- e) aislar el reactor (1) del dispositivo (2) y dejar que la instalación recupere la temperatura ambiente, es decir, su estado inicial.

5

De todo ello se deduce que, a partir de un determinado estado inicial, las únicas acciones que deben llevarse a cabo para hacer funcionar la instalación se reducen a poner en comunicación (1) y (2), a la extracción del calor producido por la síntesis exotérmica en (1) cuando la masa térmica de (1) no resulta suficiente para absorberlo íntegramente, y al aporte de energía calorífica a (1) para la regeneración. La presencia del material con cambio de fase M en el dispositivo (2) prolonga la fase de producción de frío y disminuye la presión en el sistema durante la fase de regeneración, y como consecuencia de ello disminuye la temperatura de regeneración en el reactor (1). La cantidad de calor que debe aportarse para regenerar el sistema resulta consecuentemente más reducida a causa de esta débil amplitud térmica.

15

Las diferentes fases que integran el procedimiento pueden ser puestas en funcionamiento a través de unos medios que se hallan al alcance de los técnicos en la materia, tales como temporizaciones, por ejemplo, por medio de un reloj o de un minutero. La duración de las diferentes fases depende del objetivo que en cada caso se trate de alcanzar (cantidad de cubitos de hielo que se trate de obtener por unidad de tiempo, caudal de agua fría que interese obtener, geometría de la instalación, naturaleza de los diferentes componentes -gas y sorbente- que se utilicen en el reactor (1) y en el dispositivo (2)).

20

La puesta en práctica del procedimiento que constituye objeto de la invención mediante una instalación de acuerdo con la invención se describirá de manera más de tallada a continuación haciendo referencia a las figuras 1 a 8. Las curvas en los diagramas corresponden a fenómenos monovariantes, De todas formas, el funcionamiento de la instalación sería idéntico si se utilizara en el reactor (1) un fenómeno divariante, correspondiente, por ejemplo, a la absorción del gas G por una solución absorben te (por ejemplo, agua/NH₃, agua/LiBr) o a la adsorción del gas G sobre la superficie de un sólido activo (por ejemplo, carbón activo o zeolito).

30

En la figura 1 se ha representado un esquema de una instalación realizada de acuerdo con la invención.

En esta figura, la instalación comprende un reactor (1) en el que tiene lugar la sorción reversible entre un sorbente S y un gas G, un dispositivo (2) en el que tiene lugar un fenómeno reversible que utiliza el gas G y en el que la recta de equilibrio en el diagrama de Clapeyron queda situada a la izquierda de la recta de equilibrio de la sorción reversible en (1) y un conducto que conecta (1) y (2) y que se halla provisto de una válvula (4). El dispositivo (2) se halla ventajosamente constituido por un evaporador/condensador (designado en lo sucesivo por evaporador). El evaporador (2) se halla en contacto térmico directo con un depósito (3) integrado en la pared del evaporador, que contiene el producto que en cada caso se trate de congelar o de refrigerar, por ejemplo, agua en vistas a la producción de cubitos de hielo. El reactor (1) se halla provisto de medios de calefacción (5) así como de medios para la extracción del calor (6).

35

40

En las figuras 2 a 8 se ha representado la posición de la instalación en el diagrama de Clapeyron, en las diferentes etapas del ciclo de producción de frío. En todas estas figuras, Ln(p) en las ordenadas designa el logaritmo de la presión P, y T sobre el eje de las abscisas designa la temperatura. P_{EV} designa la presión en el evaporador, P_{RE} designa la presión en el reactor, T_{AM} designa la temperatura ambiente, T_{EV} y T_{RE} designan la temperatura en un determinado instante respectivamente en el evaporador y en el reactor, T_{EQ} designa la temperatura de equilibrio en el reactor para una determinada presión, T_{REG} designa la temperatura de regeneración en el reactor (1), V0 significa que la válvula se halla abierta y VF significa que la válvula (4) se halla cerrada.

50

Un ciclo completo de producción de frío y de regeneración de la instalación se describe a continuación en relación con una instalación en la que el reactor (1) es la sede de una sorción reversible entre un sólido S y un gas G. En el dispositivo (2) el gas G es alternativamente evaporado o condensado.

En el curso de una fase inicial, se sitúa la instalación en un estado inicial: el evaporador y el reactor se hallan a la temperatura ambiente T_{AM} y en su respectiva presión de equilibrio a esta temperatura P_{EV} y P_{RE}. El evaporador (2) contiene el gas G en estado líquido. El reactor (1) contiene el sorbente S en un estado pobre en gas. La válvula (4) se halla en posición de cierre. El depósito (3) contiene agua en estado líquido. El diagrama de Clapeyron correspondiente a este estado ha sido representado en la figura 2.

60

En el inicio de la fase 2, se establece la comunicación entre el reactor (1) y el evaporador (2) mediante la apertura de la válvula (4). La evaporación del gas G en (2) provoca un descenso brutal de la temperatura T_{EV} en (2) con enfriamiento del agua para formar cubitos de hielo en el depósito (3), provocando después la solidificación del material M cuya temperatura de solidificación es inferior a la temperatura de formación de los cubitos de hielo. El gas G liberado por la evaporación en (2) es absorbido por el sorbente contenido en (1) cuando se produce la síntesis exotérmica, lo que provoca un aumento de temperatura hasta T_{RE} del reactor como consecuencia del carácter exotérmico de esta absorción. La energía producida es absorbida en un primer tiempo por la masa térmica del reactor, lo que desarrolla el efecto de hacer aumentar la temperatura del medio reactivo que, consecuentemente, se acerca a su equilibrio termodinámico T_{EQ}.

65

ES 2 280 811 T3

induciendo un descenso de la producción frigorífica. De esta manera, la distancia que separa las temperaturas ($T_{EQ} - T_{AM}$) observada inicialmente por el reactor permite la producción de una potencia frigorífica instantánea importante. El diagrama de Clapeyron correspondiente a esta fase ha sido representado en la figura 3.

5 En el inicio de la fase 3, la válvula (4) permanece abierta y se activan los medios (6) para evacuar el calor producido en el reactor (1) que no puede ser absorbido por la masa térmica de dicho reactor, son objeto de mantener el sorbente S en las condiciones de síntesis ($T_{RE} < T_{EQ}$) cuando la masa térmica del reactor resulta insuficiente para absorber la totalidad del calor de reacción. Esta fase resulta inútil si la masa térmica del reactor es suficiente para absorber la totalidad del calor de la reacción de absorción. De esta manera, la fase en cuestión constituye una fase intermedia de la producción frigorífica. El diagrama de Clapeyron correspondiente a esta fase ha sido representado en la figura 4.

15 Al iniciarse la fase 4, se cierra la válvula (4) para aislar el reactor (1) del evaporador (2). Una vez aislado de esta manera el reactor (1) se le calienta a través de los medios de calefacción (5), situándolo sobre su equilibrio termodinámico. Este calentamiento permite que el reactor se desplace a lo largo de su equilibrio termodinámico, provocando simultáneamente un aumento de temperatura y de presión en dicho reactor. En el evaporador, se detiene la evaporación del gas G como consecuencia del cierre de la válvula. Sin embargo, la producción de frío queda asegurada por el material con cambio de fase que absorbe, a su vez, el calor. La fusión de este material con cambio de fase permite de esta manera proseguir la producción de los cubitos de hielo y mantener el evaporador a una baja temperatura, permitiendo, simultáneamente, situar al reactor en las condiciones de regeneración. El resultado de estos fenómenos simultáneos se traduce en un ahorro de tiempos. De esta manera, la fase 4 constituye una fase transitoria de calentamiento del reactor y de prosecución de la producción de frío por fusión del material con cambio de fase. El diagrama de Clapeyron correspondiente a esta fase ha sido representado en la figura 5.

25 En el inicio de la fase 5, se pone en comunicación el reactor (1) con el evaporador (2) mediante la apertura de la válvula (4) y se mantiene el calentamiento del reactor (1) a través de los medios de calefacción (5). El establecimiento de la comunicación entre el reactor situado en las condiciones de regeneración a alta presión con el evaporador mantenido a baja presión por el material con cambio de fase, permite la desorción rápida del gas del reactor. El evaporador, recibiendo los gases calientes que provienen del reactor, desarrolla entonces las funciones de un condensador. Al estar en este caso destinada la instalación a la producción de cubitos de hielo, resulta aconsejable adaptar la posición de llegada de los indicados gases calientes, por ejemplo, por medio de un tubo abierto por su generatriz superior (que no ha sido representado), para que dichos gases choquen en primer lugar con la pared interna del depósito de cubitos de hielo íntimamente conexionado con el evaporador, de manera que aumente la temperatura de esta pared del depósito, lo que desarrolla el efecto de provocar el desprendimiento de los expresados cubitos. Estos cubitos pueden entonces ser evacuados a través de un sistema mecánico que no ha sido representado. La diferencia de temperaturas ($T_{REG} - T_{EQ}$) inicialmente observada en el reactor como consecuencia de la diferencia de presión permite una desorción rápida del gas reactivo acelerando de esta manera la fase de regeneración. El condensador permanece a una baja temperatura, inferior a la temperatura ambiente, mientras no queda totalmente fundido el material con cambio de fase. Esta fase constituye una fase de regeneración rápida del reactor y de desprendimiento de los cubitos de hielo. El diagrama de Clapeyron correspondiente a esta fase ha sido representado en la figura 6.

40 La fase 6 se inicia cuando queda totalmente fundido el material con cambio de fase. La presión en (2) aumenta, lo que desarrolla el efecto de reducir la diferencia de temperatura del reactor con respecto al equilibrio termodinámico de la reacción, reduciendo consecuentemente la cantidad de gas resorbido. El calentamiento del reactor (1) a través de los medios (5) permite entonces que prosiga la reacción de disociación. El diagrama de Clapeyron correspondiente a esta fase ha sido representado en la figura 7.

50 La fase 7 se inicia desde el momento en el que termina la regeneración. Se cierra la válvula (4). Se enfría el reactor (1) aislado si se desea iniciar inmediatamente un nuevo ciclo de producción, o bien se deja que el reactor (1) se enfríe por sí sólo si carece de importancia la duración del ciclo, lo que provoca un descenso de la temperatura y la presión. De esta manera se sitúa al dispositivo en las condiciones iniciales de la fase de almacenamiento de la producción de frío del inicio del ciclo de funcionamiento. El diagrama de Clapeyron correspondiente a esta etapa ha sido representado en la figura 8.

55 La instalación y el procedimiento que constituyen objeto de la invención resultan particularmente interesantes cuando el dispositivo (2) es un evaporador/condensador (designado a continuación por evaporador). En esta forma particular de realización, el evaporador presenta una estructura tal como la que se ha representado en las figuras 9 y 10. La figura 9 constituye una vista en sección transversal, mientras que la figura 10 constituye una vista en sección longitudinal.

60 Tal como se ha representado en las figuras 9 y 10, el evaporador se halla constituido por un cilindro (8) que está cerrado por sus dos extremidades y que presenta en su parte superior una ranura, longitudinal cuya sección adopta la forma de -un arco de círculo cóncavo. Esta ranura constituye el depósito (7) de los cubitos de hielo y se halla en disposición de contener un buen número de estos cubitos. En el interior del evaporador y en sentido longitudinal, se hallan dispuestas unas aletas huecas (9). Un tubo (10) conexionado al conducto que permite la transferencia del gas G entre el evaporador y el reactor (2) penetra en el recinto cilíndrico del evaporador a través de una abertura prevista en una de las extremidades del cilindro, quedando directamente situado bajo la pared del depósito de cubitos de hielo (7). El gas de trabajo G bajo la forma de un líquido en ebullición se halla situado en el fondo del evaporador. El espacio entre las paredes de las aletas se halla ocupado por el material con cambio de fase M.

ES 2 280 811 T3

Las paredes exteriores del evaporador (8) se constituyen a base de un material que presente una difusividad térmica elevada, es decir que presente una reducida capacidad térmica para permitir un descenso rápido de la temperatura de las paredes y un elevado grado de conductividad térmica para permitir una formación rápida de los cubitos de hielo. Resulta particularmente apropiado, por ejemplo, un material a base de aluminio que presente una reducida capacidad térmica y un elevado grado de conductividad, a causa de su compatibilidad con el amoníaco, que es un gas frecuentemente utilizado en las instalaciones para la producción de frío a temperaturas negativas. Para acrecentar la difusión del calor del líquido 2 en ebullición hacia el depósito de cubitos de hielo así como la resistencia mecánica del evaporador, se hallan dispuestas en el interior del mismo unas aletas (5). El recipiente de los cubitos de hielo (7) se halla provisto de múltiples tabiques transversales de separación, situados en vistas a conferir a los cubitos la forma que en cada caso se desee. La forma global adoptada por este recipiente de cubitos de hielo presenta una geometría en semiluna tórica que permite un fácil desmoldeo de los cubitos de hielo constituidos.

El material con cambio de fase M situado entre las paredes de las aletas huecas mantiene la temperatura del evaporador en un valor que permite prolongar la fase de producción de los cubitos de hielo durante la fase transitoria de calefacción para la regeneración del reactor aislado del evaporador.

La especial configuración adoptada por el tubo (10) y su posicionamiento en el recinto del evaporador se calculan de manera que el gas caliente, que proviene del reactor durante la fase 5 de establecimiento de la comunicación entre el reactor a alta presión y el evaporador mantenido a baja presión por el material con cambio de fase, chocan en primer lugar contra la pared del recipiente de los cubitos de hielo, lo que facilita el desprendimiento de los mismos.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Instalación para la producción de frío a la temperatura útil (T_u), comprendiendo un reactor (1) que constituye la sede de una sorción reversible P_{HT} que utiliza un gas G y un sorbente S, un dispositivo (2) que constituye la sede de un fenómeno reversible P_{BT} que utiliza el gas G, medios para establecer la comunicación entre el dispositivo (2) y el reactor (1) y medios para aislar el reactor (1) del dispositivo (2), estando situada la curva de equilibrio del fenómeno reversible en (2) en un régimen de temperatura más débil que el correspondiente a la curva de equilibrio de la sorción reversible (1) en el diagrama de Clapeyron, **caracterizada** porque el dispositivo (2), además del gas G, contiene un material con cambio de fase líquido/sólido (M) que presenta una temperatura de solidificación (T_s) inferior a la temperatura útil de producción de frío (T_u).

2. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque la sorción reversible en el reactor (1) se elige entre las reacciones químicas reversibles entre el gas G y un sólido, las adsorciones del gas G sobre un sólido, y las absorciones del gas G por un líquido.

3. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el fenómeno reversible en el dispositivo (2) se elige entre las reacciones químicas reversibles entre el gas G y un sólido, las adsorciones del gas G sobre un sólido, las absorciones del gas G por un líquido, los cambios de fase líquido/gas del gas G.

4. Instalación según la reivindicación 3, **caracterizada** porque el fenómeno reversible es un cambio de fase líquido/gas.

5. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el reactor (1) se halla configurado de manera que su masa térmica sea suficiente para absorber el calor producido durante la fase exotérmica de la sorción en relación con la cual constituye la sede.

6. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el reactor (1) se halla provisto de medios para evacuar el calor hacia el exterior.

7. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el dispositivo (2) se halla en contacto térmico directo con un depósito (3) que contiene agua.

8. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el material con cambio de fase es elegido entre las parafinas tales como los n-alcanos que comportan entre 10 y 20 átomos de carbono, las mezclas eutécticas y las soluciones eutécticas.

9. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque la diferencia de temperatura entre T_s y T_u es de entre 1°C y 10°C .

10. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque se destina a la producción de cubitos de hielo y porque el material con cambio de fase líquido/sólido es elegido de tal manera que presente una temperatura de solidificación T_s inferior a 0°C .

11. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el dispositivo (2) es un evaporador/condensador constituido por un cilindro (8) que se halla cerrado por sus dos extremidades:

- dicho cilindro (8) presenta en su parte superior una ranura longitudinal dotada de una sección en forma de arco de círculo cóncavo, correspondiendo esta ranura al depósito de los cubitos de hielo (7);
- en el interior del evaporador se hallan situadas, en sentido longitudinal, unas aletas huecas (9);
- un tubo (10) conexionado al conducto que permite la transferencia del gas G entre el evaporador y el reactor (2) penetra en el recinto cilíndrico del evaporador a través de una abertura prevista en una de las extremidades del cilindro, y queda situado directamente debajo de la pared del recipiente que contiene los cubitos de hielo (7);
- el gas de trabajo G bajo la forma de un líquido en ebullición se halla situado en el fondo del evaporador;
- el espacio definido entre las paredes de las aletas está ocupado por el material con cambio de fase M.

12. Procedimiento para la producción de frío a una temperatura útil T_u por un sistema termoquímico que comprende al menos dos fenómenos reversibles utilizando un gas G, en el que el frío es producido durante la etapa de disociación del fenómeno reversible P_{BT} cuya curva de equilibrio en el diagrama de Clapeyron se sitúa en el ámbito de las bajas temperaturas, y el sistema es regenerado durante la etapa de disociación del fenómeno reversible P_{HT} cuya curva de equilibrio en el diagrama de Clapeyron se sitúa en el ámbito de las temperaturas elevadas, **caracterizado** porque se prolonga la etapa de producción de frío más allá del final de la etapa de disociación del fenómeno P_{BT} por la fusión de un material con cambio de fase M sólido/líquido en contacto térmico con el gas G en el reactor que

ES 2 280 811 T3

constituye la sede del fenómeno P_{BT} , siendo elegido dicho material con cambio de fase de manera que su temperatura de cambio de fase sea inferior a la temperatura útil T_u .

5 13. Procedimiento para la producción de cubitos de hielo o de agua fría, según la reivindicación 12, llevado a la práctica en una instalación que comprende un reactor (1) que constituye la sede de una sorción reversible P_{HT} en la que interviene un gas G y un sorbente S, un dispositivo (2) que es la sede de un fenómeno reversible P_{BT} que utiliza el gas G, unos medios para establecer la comunicación entre el dispositivo (2) y el reactor (1) y unos medios para aislar el reactor (1) del dispositivo (2), estando situada la curva de equilibrio del fenómeno reversible P_{BT} en (2) en un ámbito de temperatura más reducido que el correspondiente a la curva de equilibrio de la sorción reversible P_{HT} en (1) en el diagrama de Clapeyron, conteniendo además el referido dispositivo (2) un material con cambio de fase líquido/sólido M que presenta una temperatura de solidificación T_s inferior a la temperatura útil T_u , **caracterizado** porque comprende las siguientes etapas:

- 15 a) situar la instalación en un estado inicial en el que el reactor (1) y el dispositivo (2) se hallan aislados uno de otro, (2) contiene el gas G en estado líquido y el material M en estado líquido, (1) contiene el sorbente S en un estado pobre en gas, el contenido de (1) y el contenido de (2) se hallan a la temperatura ambiente T_o , el depósito (3) contiene los productos que en cada caso se trate de congelar o de enfriar;
- 20 b) establecer la comunicación entre el reactor (1) y el dispositivo (2) para la liberación endotérmica del gas G en (2) y la sorción exotérmica del gas G sobre el sorbente S en (1), con producción de frío en el dispositivo (2) y en el depósito (3), solidificación del material con cambio de fase M con acumulación del calor latente, absorción de calor por el reactor (1) y su contenido, y, eventual mente, extracción del calor por el reactor producido en el mismo;
- 25 c) al final de la etapa b), aislar el reactor (1) del dispositivo (2) para prolongar la producción de frío en (2) por fusión del material M que libera el frío acumulado bajo la forma de calor latente, y aportar energía calorífica al reactor (1) para realizar la disociación endotérmica del sorbente rico en gas en (1);
- 30 d) poner en comunicación el reactor (1) con el dispositivo (2) y mantener la calefacción de (1) hasta la disociación total o parcial del sorbente en (1) para provocar la disociación exotérmica brutal del gas en (2) y la detención de la producción de agua fría o el desprendimiento de los cubitos de hielo, y después la eventual prosecución de la fusión del material M;
- 35 e) aislar el reactor (1) del dispositivo (2) y permitir que la instalación recupere la temperatura ambiente, es decir, recupere su estado inicial.

14. Procedimiento según la reivindicación 12 para la producción de cubitos de hielo, **caracterizado** porque la temperatura de cambio de fase del material M es inferior a 0°C .

40

45

50

55

60

65

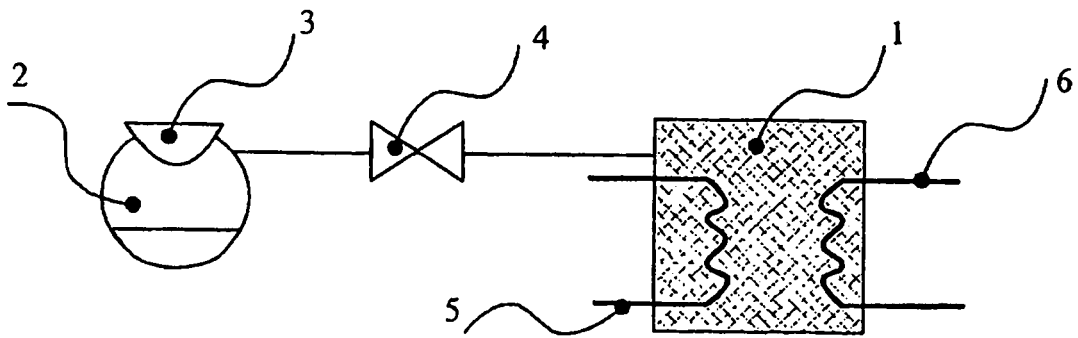


Fig. 1

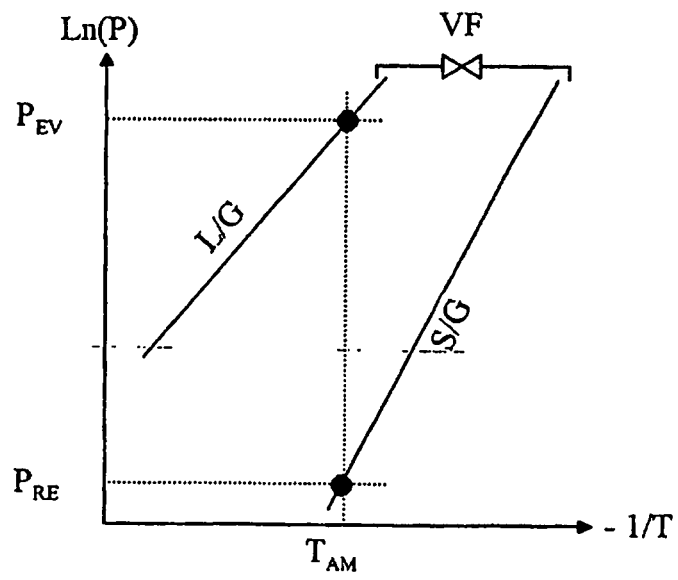


Fig. 2

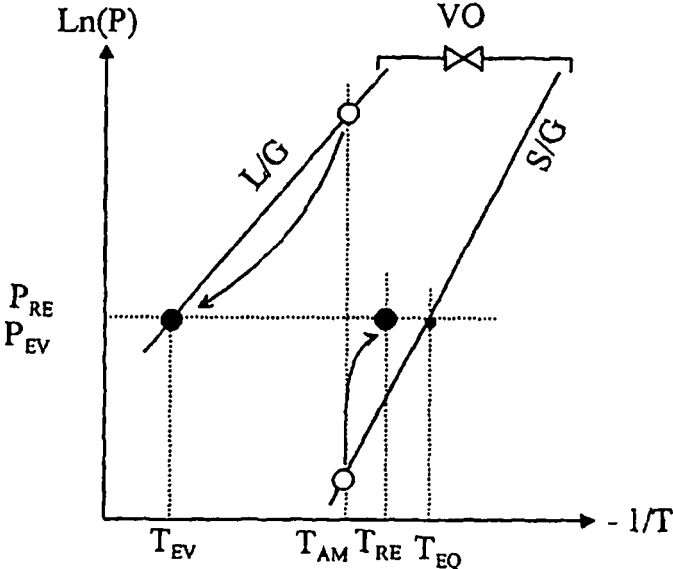


Fig. 3

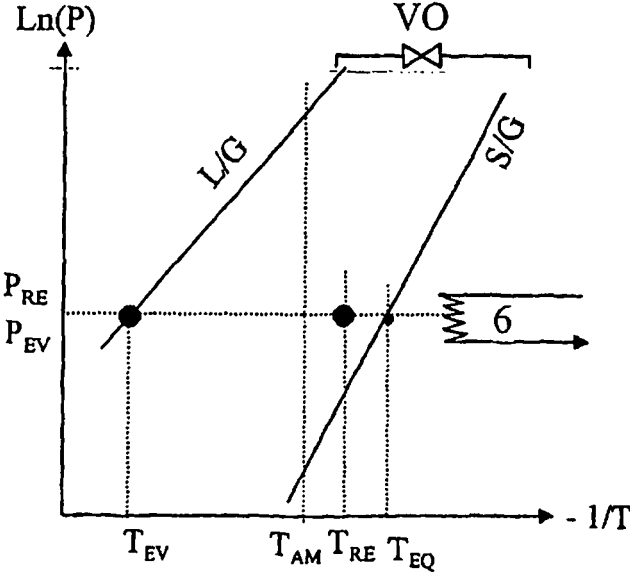


Fig. 4

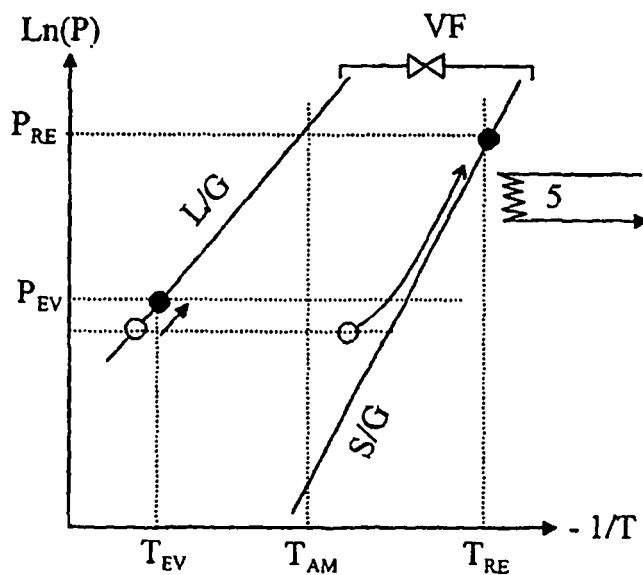


Fig. 5

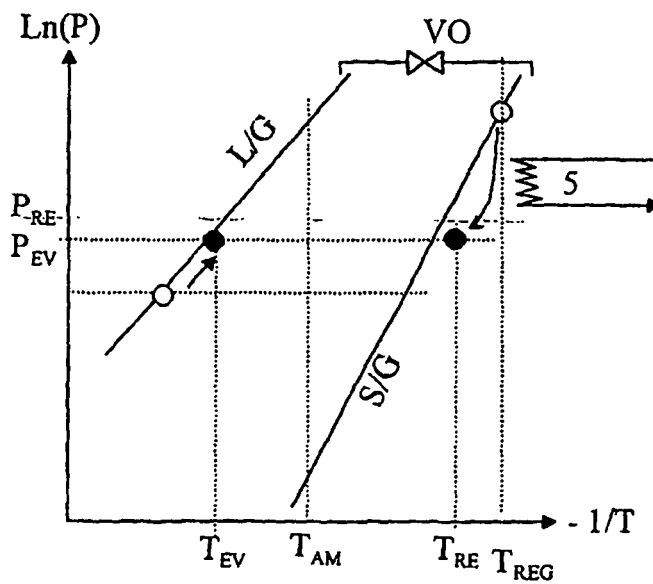


Fig. 6

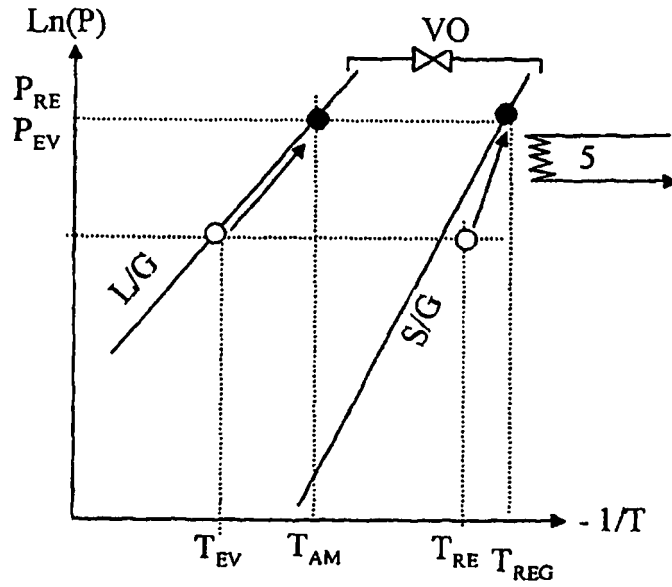


Fig. 7

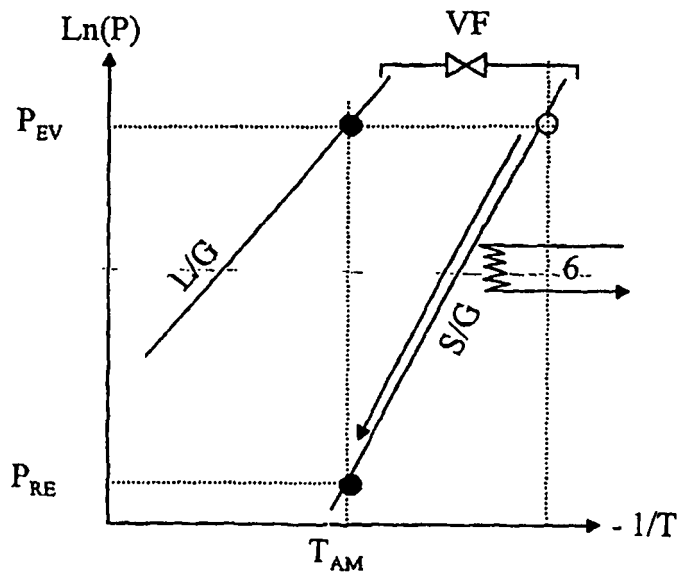


Fig. 8

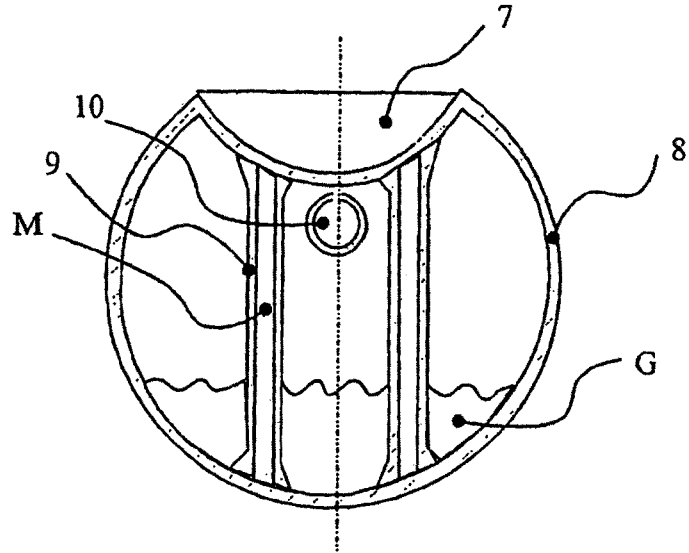


Fig. 9

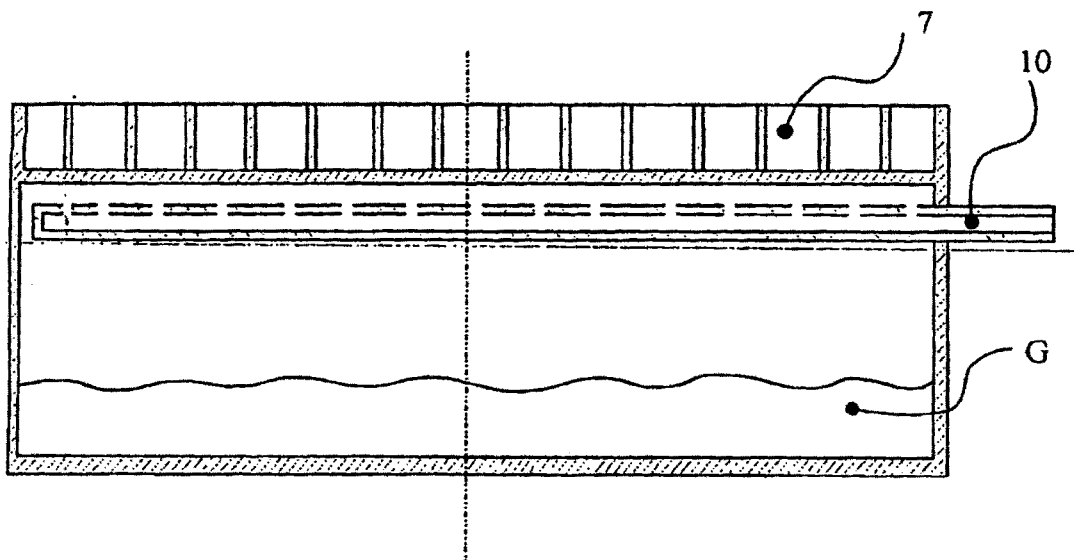


Fig. 10