

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 706**

51 Int. Cl.:

F25B 17/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2005 PCT/FR2005/002731**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2006 WO06048552**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2005 E 05815190 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 1809956**

54 Título: **Producción de frío a muy baja temperatura en un dispositivo termoquímico**

30 Prioridad:

04.11.2004 FR 0411767

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.02.2017

73 Titular/es:

**TECHN'ICE (50.0%)
Moulin des Baronnie, Sarlabous
65130 Capvern les Bains, FR y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**STITOU, DRISS;
MAZET, NATHALIE y
LE PIERRES, NOLWENN ROZENN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 602 706 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).

DESCRIPCION

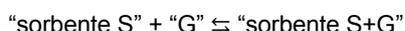
Producción de frío a muy baja temperatura en un dispositivo termoquímico

La presente invención se refiere a un dispositivo termoquímico para la producción de frío a muy baja temperatura.

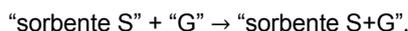
5 Un sistema constituido por un dipolo termoquímico que utiliza dos fenómenos termoquímicos reversibles es un medio conocido para producir frío. El dipolo termoquímico comprende un reactor BT, un reactor HT y medios para intercambiar un gas entre BT y HT. Los dos reactores son el lugar donde se producen fenómenos termoquímicos reversibles seleccionados tales como, a una presión dada en el dipolo, la temperatura de equilibrio en BT es inferior a la temperatura de equilibrio en HT.

El fenómeno reversible en el reactor HT utiliza un sorbente S y un gas G y puede ser:

- 10
- una adsorción reversible de G por un sólido microporoso S;
 - una reacción química reversible entre un sólido reactivo S y G;
 - una absorción de G mediante una solución salina o binaria S según el esquema



15 El fenómeno reversible en el reactor BT utiliza el mismo gas G. Puede tratarse de un cambio de fase líquida/gas del gas G o una adsorción reversible de G mediante un sólido microporoso S¹, o una reacción química reversible entre un sólido reactivo S¹ y de G, o una absorción de G mediante una solución S1, siendo el sorbente S1 diferente de S. La etapa de producción de frío del dispositivo corresponde a la etapa de síntesis en HT



La etapa de regeneración corresponde a la etapa de descomposición en HT

20
$$\text{"sorbente S+G"} \rightarrow \text{"sorbente S"} + \text{"G"}$$

La producción de frío a una temperatura T_F en un dipolo (BT, HT) a partir de una fuente de calor a la temperatura T_c y de un sumidero calorífico a la temperatura T_o, implica que el fenómeno termoquímico en BT y el fenómeno termoquímico en HT son tales que:

- 25
- en el transcurso de la etapa de producción de frío por el dipolo, el consumo exotérmico de gas en HT tiene lugar a una temperatura próxima y superior a T_o, que crea en el dipolo una presión tal que la temperatura de equilibrio en el reactor BT es próxima e inferior a T_F.
 - en el transcurso de la etapa de regeneración del dipolo, la liberación endotérmica de gas en HT se realiza a la temperatura T_c que crea en el dipolo una presión tal que la temperatura a la cual se realiza el consumo exotérmico de gas en BT es próxima y superior a T_o.

30 Los fenómenos termoquímicos actualmente utilizados permiten producir frío a una temperatura negativa en BT, pero no responden a los criterios indicados más arriba en el objetivo de producir frío a muy baja temperatura (T_F típicamente de -20°C a -40°C) para aplicaciones de congelación y de conservación de géneros a partir de una fuente de calor cuyo potencial térmico es del orden de los 60 a 80°C, estando el sumidero calorífico constituido generalmente por el medio ambiente a una temperatura T_o del orden de los 10°C a los 25°C. Bien estos fenómenos necesitan en la regeneración una temperatura T_c claramente superior a los 70°C para funcionar con un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_o, o necesitan un sumidero calorífico a una temperatura inferior a T_o si se utiliza una fuente de calor en T_c = 60-80°C.

35

40 Por ejemplo, para producir frío a -30°C utilizando una fuente caliente a 70°C, si BT es el lugar donde se produce un cambio de fase L/G de amoníaco NH₃, HT es el lugar donde se produce una sorción química de NH₃ por un sólido reactivo S: si S es BaCl₂, sería preciso un sumidero calorífico a 0°C para el reactor BT en la etapa de producción de frío, mientras que si S es CaCl₂, sería preciso un sumidero calorífico a -5°C, es decir a una temperatura muy inferior a T_o, en la etapa de regeneración.

45 La energía solar o la energía geotérmica son fuentes de calor interesantes, pero proporcionan calor a bajo nivel de temperatura que no es en general superior a los 60-70°C si se utiliza una tecnología de captación poco costosa, como por ejemplo captadores planos clásicamente utilizados para la producción de agua caliente sanitaria. La utilización de estos tipos de energía no permite por consiguiente alcanzar el fin considerado.

Los inventores han encontrado ahora que era posible producir frío a una temperatura T_f inferior a -20°C a partir de una fuente de calor disponible a una temperatura T_h entre 60 y 80°C y un sumidero calorífico a la temperatura

ambiente T_0 que varía de 10°C a 25°C , asociando dos dipolos D_a y D_b : el dipolo D_b que es regenerable con una fuente de calor disponible a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_0 , pero necesitando un sumidero calorífico a una temperatura inferior a T_0 para producir frío a la temperatura deseada T_f ; siendo el dipolo D_a regenerable con una fuente de calor disponible a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_0 .

El fin de la presente invención es por consiguiente proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la producción de frío a una temperatura T_f inferior a -20°C , a partir de una fuente de calor disponible a una temperatura T_h del orden de los $60-80^\circ\text{C}$ y un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_0 del orden de los 10°C a los 25°C .

El dispositivo para la producción de frío según la presente invención comprende un dipolo D_b productor de frío y un dipolo auxiliar D_a , y se caracteriza por que:

- D_a comprende un evaporador/condensador E_{Ca} y un reactor R_a conectados por un conducto que permite el paso de gas, y D_b comprende un evaporador/condensador E_{Cb} y un reactor R_b conectado por un conducto que permite el paso de gas

- E_{Ca} contiene un gas G_a y R_a contiene un sorbente S_a capaz de formar un fenómeno reversible con G_a , y E_{Cb} contiene un gas G_b y R_b contiene un sorbente S_b capaz de formar un fenómeno reversible con G_b ; siendo los gases y los sólidos seleccionados de forma que, a una presión dada, las temperaturas de equilibrio de los fenómenos termoquímicos en los reactores y los evaporadores/condensadores son tales como $T(E_{Cb}) \leq T(E_{Ca}) < T(R_b) < T(R_a)$ en la etapa de producción de frío;

- los procesos termoquímicos utilizados en el dipolo D_b son tales que este dipolo puede ser regenerado a partir de una fuente de calor a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a T_0 , y producir frío a la temperatura T_f con un sumidero calorífico a una temperatura inferior a la temperatura ambiente T_0 ;

- los fenómenos termoquímicos en el dipolo D_a son tales que este dipolo puede ser regenerado a partir de una fuente de calor a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a la temperatura T_0 ;

- los dipolos están provistos de medios que permiten acoplar por vía térmica E_{Ca} y R_b en la etapa de producción de frío.

En lo que sigue del texto, la expresión "los elementos" de un dipolo se utilizará para designar simultáneamente el reactor y el evaporador/condensador del dipolo.

Como ejemplo de fenómenos termoquímicos útiles en la presente invención, se puede citar el cambio de fase L/G del amoníaco (NH_3), de la metilamina (NH_2CH_3) o de H_2O en los evaporadores/condensadores. Para los reactores, se puede citar:

- una sorción química reversible de NH_3 por CaCl_2 , por BaCl_2 , por PbBr_2 o por NH_4Br o de NH_2CH_3 por CaCl_2 ;
- una adsorción de agua por la zeolita o un gel de sílice;
- la adsorción de metanol (MeOH) o de amoníaco en carbón activo;
- la absorción de NH_3 en una solución líquida de amoníaco (NH_3 , H_2O).

La conexión térmica entre E_{Ca} y R_b puede ser realizada por ejemplo por un bucle de fluido caloportador, por un caloducto o por un contacto directo entre los reactores E_{Ca} y R_b .

En una forma preferida del dispositivo de la invención, cada uno de los elementos EC está constituido por un conjunto que comprende un evaporador E y un condensador C conectados entre sí y con el reactor del mismo dipolo por conductos provistos de válvulas que permiten el paso de gas o de líquido.

El procedimiento de producción de frío a la temperatura T_f a partir de una fuente de calor a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_0 consiste en hacer funcionar el dispositivo según la invención a partir de un estado inicial en el cual los dipolos D_a y D_b son a regenerar (es decir que los sorbentes se encuentran en los reactores R_a y R_b respectivamente en forma de " S_a+G_a " y " S_b+G_b "), estando los dos elementos de un dipolo aislados uno del otro, comprendiendo el indicado procedimiento una serie de ciclos sucesivos constituidos por una etapa de regeneración y una etapa de producción de frío:

- al inicio de la primera etapa, que es la etapa de regeneración del dispositivo, se ponen los dos elementos de cada uno de los dipolos en comunicación y se aporta calor a la temperatura T_h a cada uno de los reactores R_a y R_b para las reacciones de descomposición en R_a y R_b , siendo el gas G_a y el gas G_b liberados transferidos respectivamente hacia los evaporadores/condensadores E_{Ca} y E_{Cb} en los cuales se condensan, siendo el calor de condensación evacuado al sumidero calorífico a T_0 ;
- en el transcurso de la 2ª etapa, que es la etapa de producción de frío, se pone en comunicación R_b y E_{Cb} ,

lo cual provoca la fase de evaporación endotérmica espontánea en E_{Cb} (productora de frío) que libera G_b en forma de gas, pasando el indicado gas por el reactor R_b en el cual se produce la absorción exotérmica de G_b por el sorbente S_b; el calor liberado en R_b es transferido hacia E_{Ca} para provocar la liberación del gas G_a que pasa a R_a para ser absorbido por el sorbente S_a de forma exotérmica, siendo el calor liberado en R_a evacuado al medio ambiente a T_o.

5

En este procedimiento, los dipolos D_a y D_b funcionan en fase.

Las diferentes etapas pueden ser realizadas en continuo o a petición. Al final de la etapa de regeneración, basta con aislar los elementos de un mismo dipolo uno del otro, para mantener el dispositivo en estado regenerado. Para producir frío, bastará con poner los elementos de cada dipolo en comunicación. La regeneración del dispositivo se realiza bien sea inmediatamente al final de una etapa de producción, o ulteriormente.

10

El procedimiento puede ser realizado de forma permanente si el calor del calor está disponible a la temperatura T_h de forma permanente, por ejemplo si se trata de energía geotérmica. El funcionamiento será discontinuo si la fuente de calor no es permanente, por ejemplo si se trata de energía sola cuya disponibilidad varía en el transcurso del día.

15

En un primer modo de realización, los fenómenos termoquímicos son elegidos tales como $T(E_{Cb}) < T(E_{Ca}) < T(R_b) < T(R_a)$ en la fase de producción de frío. En este caso, G_a y G_b son diferentes.

20

El procedimiento de producción de frío según el primer modo de realización se ilustra en las figuras 1 y 2, que representan, en el diagrama de Clapeyron, las posiciones termodinámicas de los dos dipolos, respectivamente para la etapa de regeneración (Fig. 1), y para la etapa de producción de frío (fig. 2). Las rectas 0, 1, 2 y 3 representan las curvas de equilibrio respectivamente para el cambio de fase L/G del gas G_b, el cambio de fase L/G del gas G_a, el fenómeno reversible $G_b + S_bB \rightleftharpoons (G_b, S_b)$ y el fenómeno reversible $G_a + S_a \rightleftharpoons (G_a, S_a)$. En la parte derecha de la figura 1 y la parte inferior de la figura 2, los flujos de gas se materializan mediante flechas simples, y los flujos de calor mediante flechas anchas.

25

En el transcurso de la etapa de regeneración, el calor a la temperatura T_h es aportado a R_b (punto D_b de la recta 2) lo cual libera G_b gaseoso que se condensará en E_{Cb} (punto C_b de la recta 0) liberando calor a T_o. Al mismo tiempo, calor a la temperatura T_h es aportado a R_a (punto D_a de la recta 3) lo cual libera G_a gaseoso que se condensará en E_{Ca} (punto C_a de la recta 1) liberando calor a T_o.

30

En el transcurso de la etapa de producción de frío, la evaporación de G_b en E_{Cb} (punto E_b de la recta 0) extrae el calor a T_f en el medio a refrigerar y produce por consiguiente frío a esta temperatura. El G_b gaseoso así liberado se transfiere por afinidad química a R_b para ser absorbido por S_b liberando calor a una temperatura inferior a T_o (punto S_b de la recta 2). El calor liberado por la etapa de sorción en R_b es transferido a E_{Ca} para producir por evaporación la liberación de G_a gaseoso (punto E_a de la curva 1), siendo G_a transferido a R_a para la sorción exotérmica en R_a (punto S_a de la curva 3), liberando el calor al entorno a T_o.

35

En un segundo modo de realización, los dipolos D_a y D_b del dispositivo según la invención utilizan el mismo gas de trabajo G, de forma que, para una misma presión de trabajo, $T(E_{Cb}) = T(E_{Ca}) < T(R_b) \leq T(R_a)$. En este caso, los dos dipolos contienen el mismo gas G.

40

Según una primera variante de este segundo modo de realización, los reactores R_a y R_b contienen sorbentes cuyas curvas de equilibrio termodinámico son parecidas una a la otra, es decir que la diferencia observada entre las temperaturas de equilibrio para una misma presión no exceda de los 10°C. Según una segunda variante particularmente interesante del segundo modo de realización, los reactores R_a y R_b contienen el mismo sorbente S, lo cual corresponde a $T(E_{Cb}) = T(E_{Ca}) < T(R_b) = T(R_a)$.

45

El procedimiento de este segundo modo de realización se caracteriza por que la segunda etapa comprende dos fases: en el transcurso de la primera fase, los elementos del dipolo D_a están aislados uno del otro, y se pone en comunicación E_{Cb} y R_b, que provoca la liberación de G_b en E_{Cb} y la síntesis exotérmica en R_b, siendo el calor liberado en R_b transferido al reactor E_{Ca}. Cuando la presión en E_{Ca} es tal que la misma permite un funcionamiento del dipolo D_a con el sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_o, la segunda fase comienza por la puesta en comunicación de los elementos del dipolo D_a, lo cual provoca una evaporación endo-térmica en E_{Ca} y una sorción exotérmica concomitante de G_a en R_a. Así R_b se refrigera más, lo cual permite una producción de frío en T_f.

50

Los diagramas de Clapeyron están representados en las figuras 3 para la primera etapa, y en las figuras 4 para la segunda etapa. Las figuras 3a y 4a corresponden a la primera variante, las figuras 3b y 4b corresponden a la segunda variante del segundo modo de realización. Las figuras 3c y 4c representan los flujos de gas (flechas simples), y los flujos térmicos (flechas anchas).

En la segunda variante del segundo modo de realización, en la fase de regeneración, los puntos E_{Ca} y E_{Cb} del diagrama de Clapeyron se confunden, al igual que los puntos R_a y R_b. En la fase de producción de frío, los puntos E_{Ca} y E_{Cb} se encuentran en la misma curva de equilibrio, al igual que los puntos R_a y R_b.

- La figura 5 es una representación esquemática de un dispositivo según la presente invención. Conforme, a la figura 5, el dipolo Da comprende un reactor Ra, un condensador Ca y un evaporador Ea. Ra y Ca están conectados por un conducto provisto de una válvula 1a, Ca y Ea están conectados por un conducto sencillo. Ra y Ea están conectados por un conducto provisto de una válvula 7a. Ra está provisto de medios de calentamiento 2a y de medios 3a para eliminar el calor. Ca está provisto de medios 4a para eliminar el calor. El dipolo Db comprende un reactor Rb, un condensador Cb y un evaporador Eb. Rb y Cb están unidos por un conducto provisto de una válvula 1b, Cb y Eb están conectados por un conducto sencillo. Rb y Eb están conectados por un conducto provisto de una válvula 7b. Rb está provisto de medios de calentamiento 2b. Eb está provisto de medios 5b para extraer el calor del entorno. Ea y Rb están provistos de medios 6 que permiten el intercambio de calor entre sí.
- Las válvulas 1a, 1b, 7a y 7b pueden ser en otro modo de realización simples chapaletas cuyo accionamiento (apertura y cierre) sea únicamente realizado por el juego de pequeñas diferencias de presión resultantes de los procesos fisicoquímicos empleados en los dipolos. La utilización de chapaletas permite al dispositivo auto-adaptar su funcionamiento a las condiciones de temperatura impuestas por la fuente de calor y el sumidero calorífico sin intervención exterior. El sentido pasante de cada chapaleta está representado en las figuras 5, 6, 7, 8 y 9.
- Ra es el lugar donde se produce una sorción química reversible del gas Ga sobre el sólido Sa, siendo Ca y Ea el lugar donde se produce un fenómeno de condensación/evaporación del gas Ga. Rb es el lugar donde se produce una sorción química reversible del gas Gb sobre el sólido Sb, siendo Cb y Eb el lugar donde produce un fenómeno de condensación/evaporación del gas Gb.
- Las partes del dispositivo que son activas en la etapa de regeneración están representadas en la figura 6. Se abren las válvulas 1a y 1b, se cierran las válvulas 7a y 7b y se inactivan los medios de transferencia de calor 6. Se aporta calor a la temperatura Th a Ra y a Rb respectivamente por los medios 2a y 2b, lo cual desencadena la liberación de gas Ga y de gas Gb que pasan por los condensadores respectivos Ca y Cb en los cuales se condensan. El valor liberado por las condensaciones es eliminado por los medios 4a y 4b, luego las formas líquidas de Ga y de Gb pasan respectivamente por Ea y Eb.
- Las partes del dispositivo que son activas en la etapa de regeneración del dispositivo están representadas en la figura 7. Las válvulas 1a y 1b están cerradas, las válvulas 7a y 7b están abiertas. La puesta en comunicación de Eb con Rb provoca una evaporación de Gb (produciendo frío en Tf) que es transferido a Rb donde es absorbido de forma exotérmica por Sb, siendo el calor liberado transferido por vía 6 a Ea para desencadenar la evaporación de Ga y la síntesis en Ra. Al final de esta etapa de producción de frío, el dispositivo debe ser regenerado. La regeneración puede ser inmediata o diferida en el tiempo.
- Las figuras 8 y 9 representan el estado de otro modo de realización de un dispositivo según la invención, en la etapa de regeneración (fig. 8) y en la etapa de producción de frío (fig. 9). En este modo de realización igualmente, los evaporadores/condensadores EC se desdoblan cada uno en un evaporador E y un condensador C. Aquí, la conexión térmica entre Rb y ECa se realiza mediante un contacto directo entre Rb y el evaporador Ea del elemento ECa, de forma que, en la etapa de producción de frío en el dipolo Db en Tf, el calor liberado en Rb es transferido directamente a Ea. Los medios 6 visibles en el dispositivo de la figura 5 han sido así sustituidos por el contacto directo entre Rb y Ea. En este modo de realización, el dispositivo contiene además un depósito 8 entre Ca y Ea, estando el indicado depósito conectado a Ea por una parte mediante una válvula 9, y por otra parte por un conducto de purga 10. Así, durante la etapa de producción de frío, el evaporador Ea puede ser alimentado con Ga líquido por la válvula 9. Durante la etapa de regeneración, el evaporador Ea puede ser purgado del exceso de Ga líquido por el conducto de purga 10.

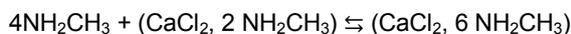
Ejemplos

- La realización del procedimiento de la invención para la producción de frío en Tf según el primer modo de realización, en el cual los fenómenos termodinámicos son seleccionados tales como para una misma presión de trabajo

$$T(ECb) < T(ECa) < T(Rb) < T(Ra),$$

puede ilustrarse por los fenómenos termoquímicos siguientes:

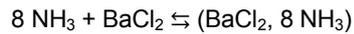
dipolo Da reactor Ra



50 ECa

Cambio de estado líquido/gas de NH_2CH_3)

Dipolo Db reactor Rb



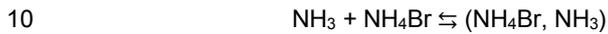
ECb

Cambio de estado líquido/gas de NH₃.

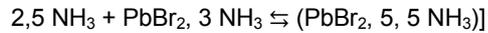
La figura 10 representa los diagramas de Clapeyron de este modo de realización.

- 5 La realización del procedimiento de la invención para la producción de frío en Tf según la 1ª variante del segundo modo de realización, en el cual los fenómenos termoquímicos son seleccionados tales como $T(\text{ECb}) = T(\text{ECa}) < T(\text{Rb}) < T(\text{Ra})$, puede ilustrarse por un dispositivo en el cual los dos dipolos son el lugar donde se producen los fenómenos termoquímicos siguientes:

dipolo Da reactor Ra



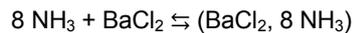
[este proceso podría ser sustituido por



ECa

cambio de estado líquido/gas de NH₃

15 dipolo Db reactor Rb

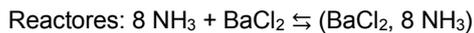


ECb

cambio de estado líquido/gas de NH₃.

La figura 11 representa los diagramas de Clapeyron de este modo de realización.

- 20 La realización del procedimiento de la invención para la producción de frío en Tf según la 2ª variante del segundo modo de realización, en el cual los fenómenos termoquímicos son seleccionados tales como $T(\text{ECb}) = T(\text{ECa}) < T(\text{Rb}) = T(\text{Ra})$, puede ilustrarse mediante un dispositivo en el cual los dos dipolos son el lugar donde se produce el mismo fenómeno termoquímico siguiente:



- 25 EC: cambio de estado líquido/gas de NH₃.

La figura 12 representa los diagramas de Clapeyron de este modo de realización.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la producción de frío a una temperatura T_f inferior a -20°C , a partir de una fuente de calor disponible a una temperatura T_h entre los $60\text{-}80^\circ\text{C}$ y un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_o entre los 10°C y los 25°C , que comprende un dipolo Db productor de frío y un dipolo auxiliar Da , **caracterizado por que:**
- 5 • Da comprende un evaporador/condensador E_{Ca} y un reactor Ra conectados por un conducto que permite el paso de gas, y Db comprende un evaporador/condensador E_{Cb} y un reactor Rb conectado por un conducto que permite el paso de gas;
- 10 • E_{Ca} contiene un gas Ga y Ra contiene un sorbente Sa capaz de formar un fenómeno reversible con Ga , y E_{Cb} contiene un gas Gb y Rb contiene un sorbente Sb capaz de formar un fenómeno reversible con Gb ; siendo los gases y los sólidos seleccionados de forma que, a una presión dada, las temperaturas de equilibrio de los fenómenos termoquímicos en los reactores y los evaporadores/condensadores son tales que $T(E_{Cb}) \leq T(E_{Ca}) < T(Rb) < T(Ra)$ en la etapa de producción de frío;
- 15 • los procesos termoquímicos que se producen en el dipolo Db son tales que este dipolo puede ser regenerado a partir de una fuente de calor a la temperatura T_h y un sumidero calorífico en T_o , y producir frío a la temperatura T_f con un sumidero calorífico a una temperatura inferior a la temperatura ambiente T_o ;
- 15 • los fenómenos termoquímicos en el dipolo Da son tales que este dipolo puede ser regenerado a partir de una fuente de calor a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a la temperatura T_o ;
- 15 • los dipolos están provistos de medios que permiten acoplar por vía térmica E_{Ca} y Rb en la etapa de producción de frío.
- 20 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los fenómenos termoquímicos en los reactores/condensadores son seleccionados entre el cambio de fase L/G del amoníaco (NH_3), el cambio de fase L/G de la metilamina (NH_2CH_3) y el cambio de fase L/G de H_2O .
- 25 3. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los fenómenos termoquímicos en los reactores son seleccionados entre las sorciones químicas reversibles de NH_3 por CaCl_2 , por BaCl_2 , por PbBr_2 o por NH_4Br ; la sorción química de NH_2CH_3 por CaCl_2 ; la adsorción de agua por la zeolita o un gel de sílice; la adsorción de metanol (MeOH) o de amoníaco en carbón activo; la absorción de NH_3 en una solución líquida de amoníaco (NH_3 , H_2O).
- 30 4. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada uno de los elementos EC está constituido por un conjunto que comprende un evaporador E y un condensador C conectados entre sí y con el reactor del mismo dipolo por conductos provistos de válvulas que permiten el paso de gas o de líquido.
- 30 5. Procedimiento de producción de frío a la temperatura T_f a partir de una fuente de calor a la temperatura T_h y un sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_o , consistente en hacer funcionar el dispositivo según la reivindicación 1 a partir de un estado inicial en el cual los dipolos Da y Db son a regenerar, es decir que los sorbentes se encuentran en los reactores Ra y Rb respectivamente en forma de " $Sa+Ga$ " y " $Sb+Gb$ ", estando los dos elementos de un dipolo aislados uno del otro, **caracterizándose el indicado procedimiento por que**
- 35 comprende una serie de ciclos sucesivos constituidos por una etapa de regeneración y una etapa de producción de frío:
- 40 - al comienzo de la primera etapa, que es la etapa de regeneración del dispositivo, se ponen los dos elementos de cada uno de los dipolos en comunicación y se aporta calor a la temperatura T_h a cada uno de los reactores Ra y Rb para las reacciones de descomposición en Ra y Rb , siendo el gas Ga y el gas Gb liberados transferidos respectivamente hacia los evaporadores/condensadores E_{Ca} y E_{Cb} en los cuales se condensan, siendo el calor de condensación evacuado en el sumidero calorífico a T_o ;
- 45 - en el transcurso de la 2ª etapa, que es la etapa de producción de frío, se pone en comunicación Rb y E_{Cb} , lo cual provoca la fase de evaporación endotérmica espontánea en E_{Cb} , productora de frío, que libera Gb en forma de gas, pasando el indicado gas por el reactor Rb en el cual se produce la absorción exotérmica de Gb por el sorbente Sb ; el calor liberado en Rb es transferido hacia E_{Ca} para provocar la liberación del gas Ga que pasa a Ra para ser absorbido por el sorbente Sa de forma exotérmica, siendo el calor liberado en Ra evacuado al entorno a T_o .
- 50 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** los fenómenos termodinámicos son seleccionados de tal forma que Ga y Gb sean diferentes.
- 50 7. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** los dipolos Da y Db del dispositivo utilizan el mismo gas de trabajo G .
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la segunda etapa comprende dos fases: en el

- 5 transcurso de la primera fase, los elementos del dipolo Da son aislados uno del otro, y se ponen en comunicación ECb y Rb, lo cual provoca la liberación de Gb en ECb y la síntesis exotérmica en Rb, siendo el calor liberado en Rb transferido hacia el reactor ECa; cuando la presión en ECa es tal que la misma permite un funcionamiento del dipolo Da con el sumidero calorífico a la temperatura ambiente T_0 , la segunda fase comienza por la puesta en comunicación de los elementos del dipolo Da, lo cual provoca una evaporación endotérmica en ECa y una sorción exotérmica concomitante de Ga en Ra.
9. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** los reactores Ra y Rb contienen sorbentes cuyas curvas de equilibrio termodinámico están próximas una de la otra, es decir que la diferencia observada entre las temperaturas de equilibrio para una misma presión no excede de 10°C .
- 10 **10.** Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** los reactores Ra y Rb contienen el mismo sorbente S.

Fig. 1

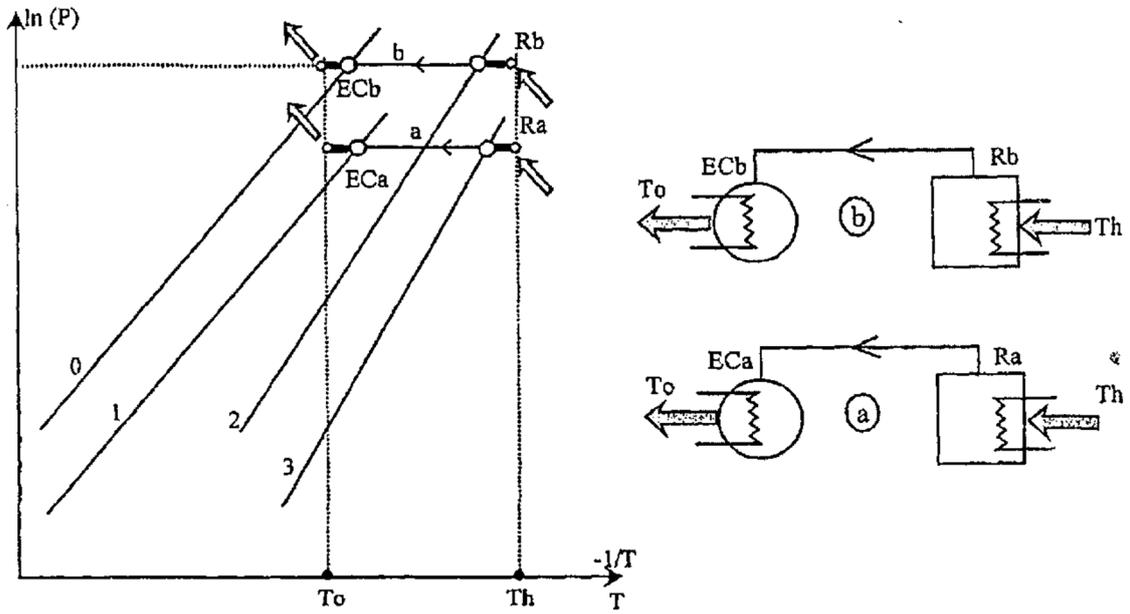


Fig. 2

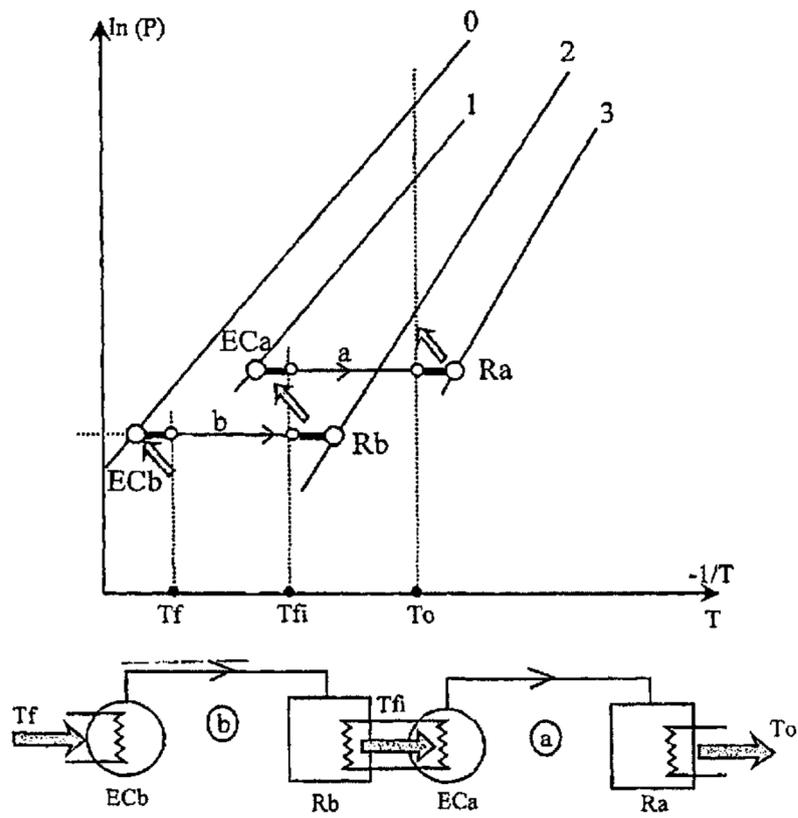


Fig. 3a

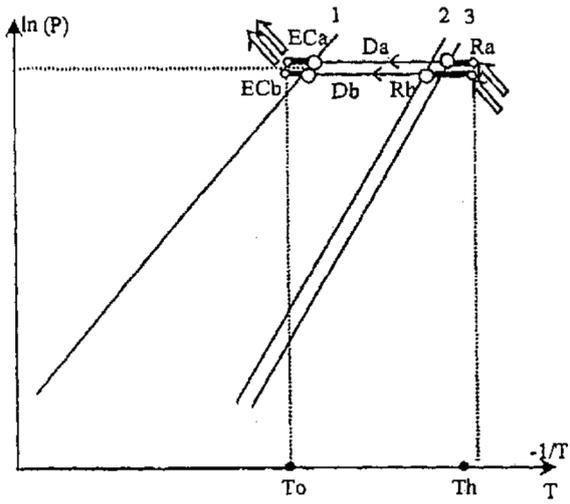


Fig. 3b

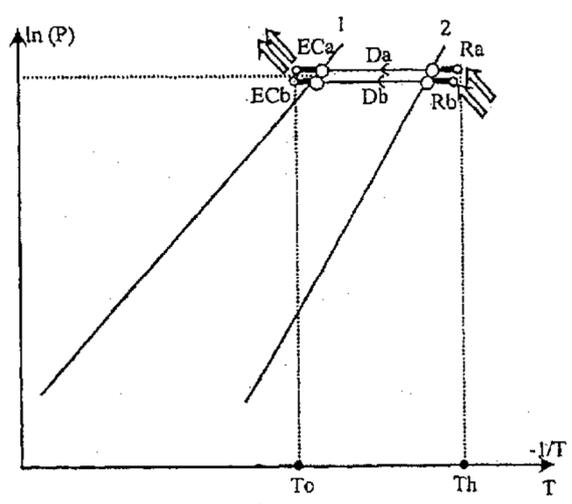


Fig. 3c

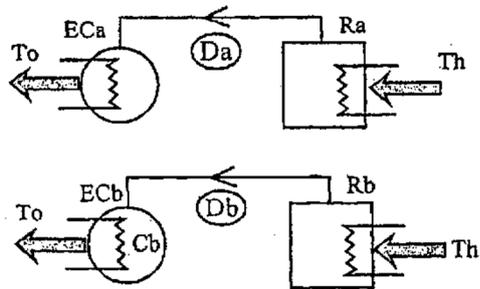


Fig. 4a

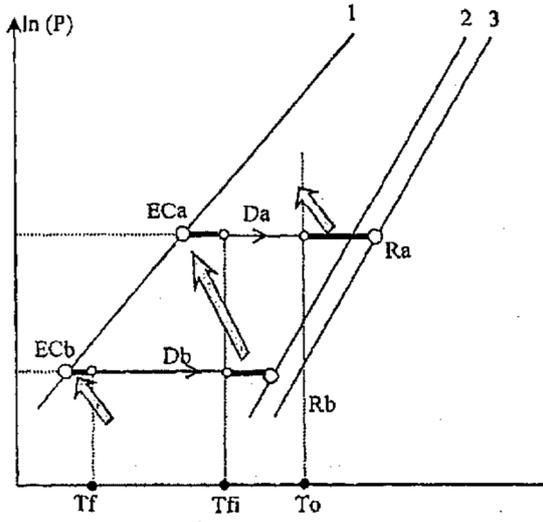


Fig. 4b

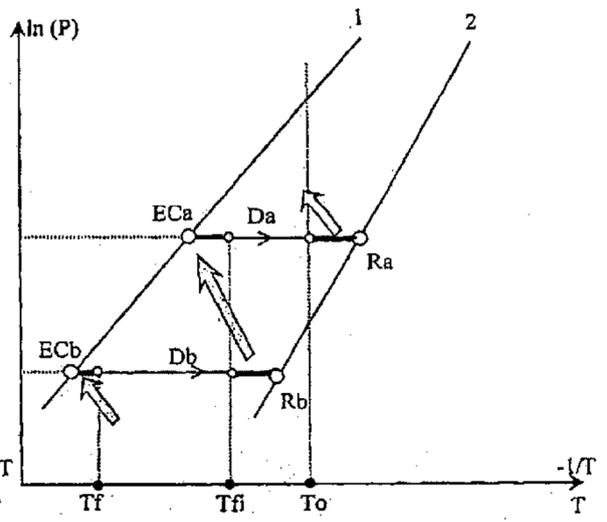


Fig. 4c

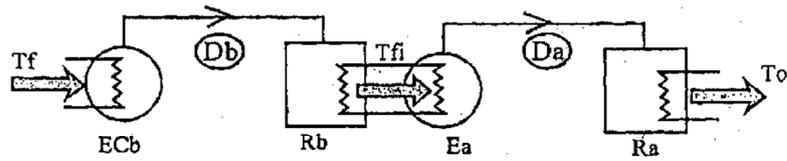


Fig. 5

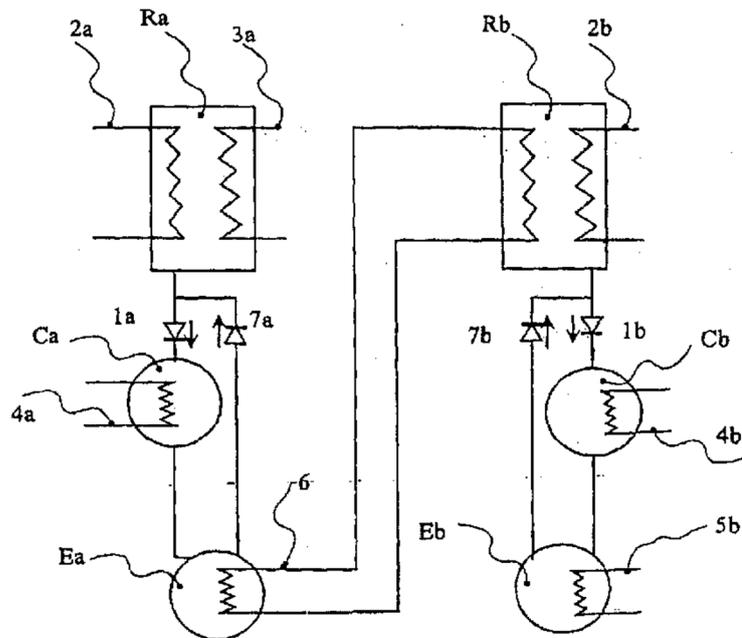


Fig. 6

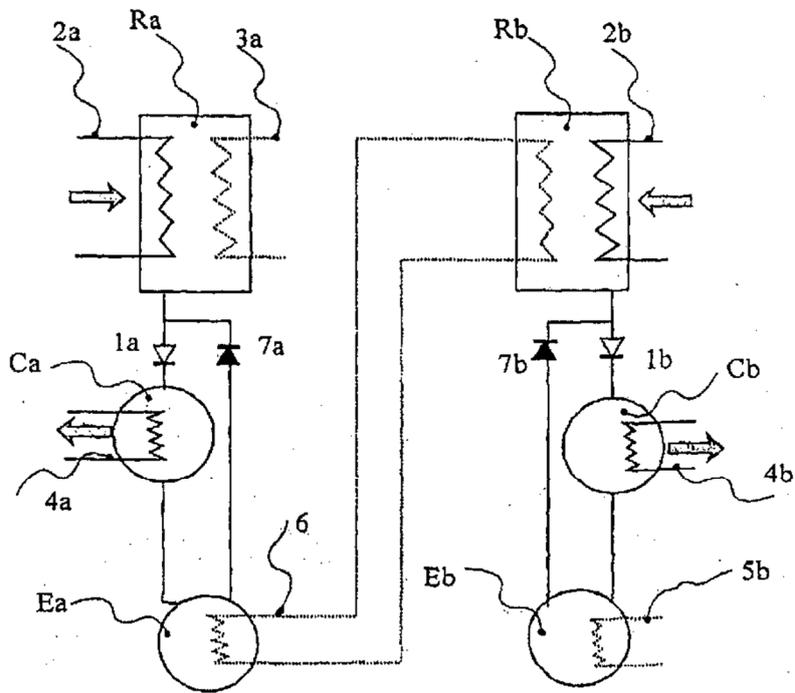


Fig. 7

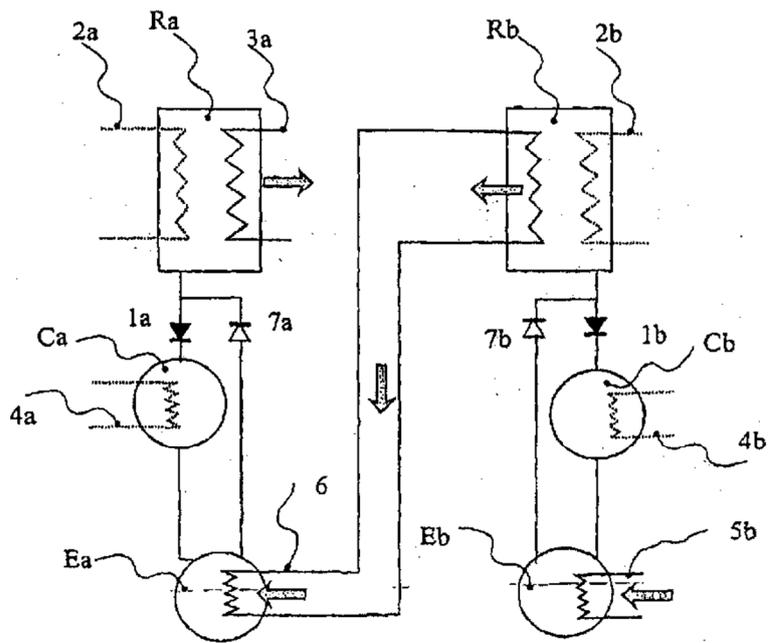


Fig. 8

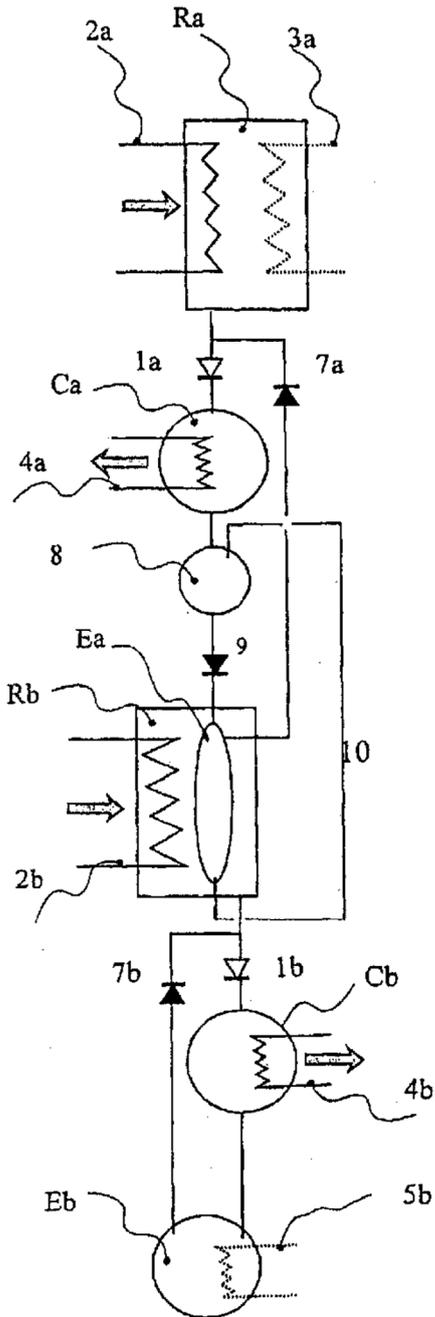


Fig. 9

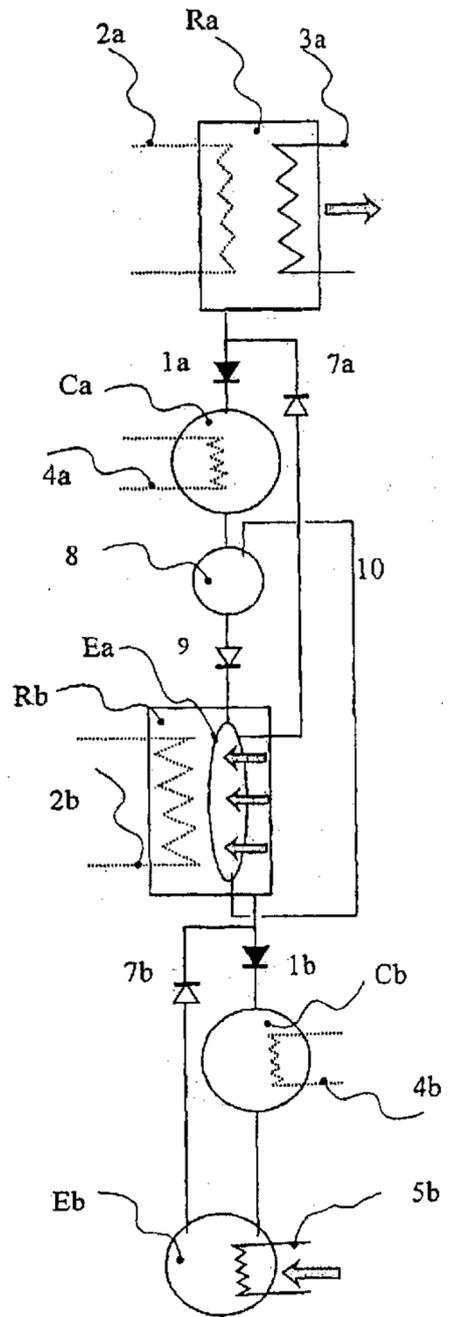


Fig. 10

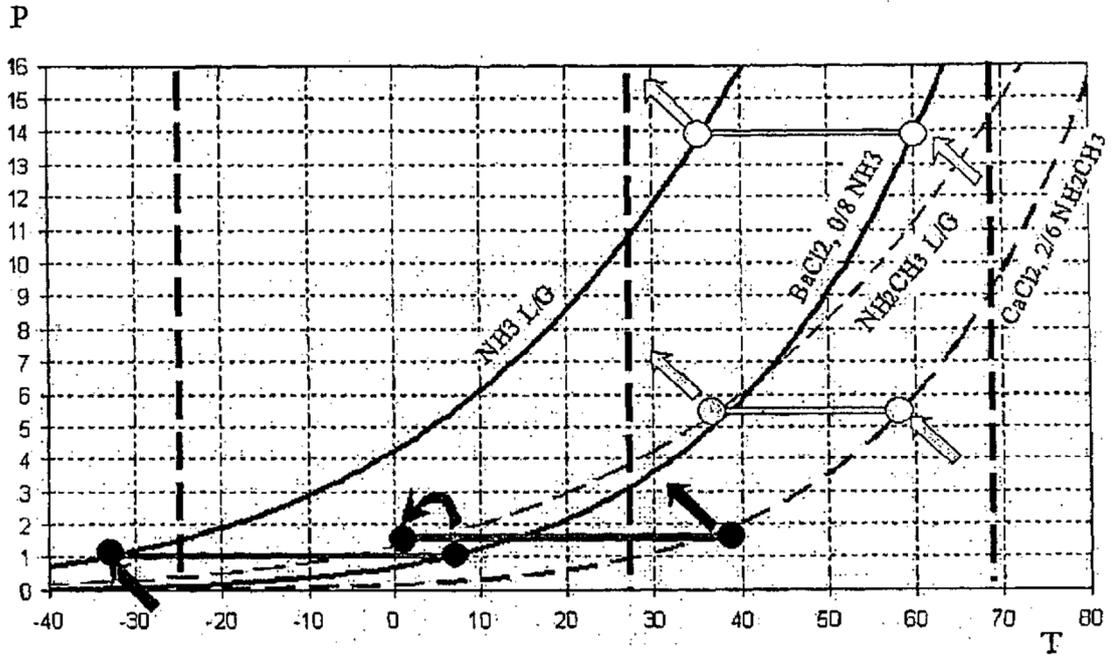


Fig. 11

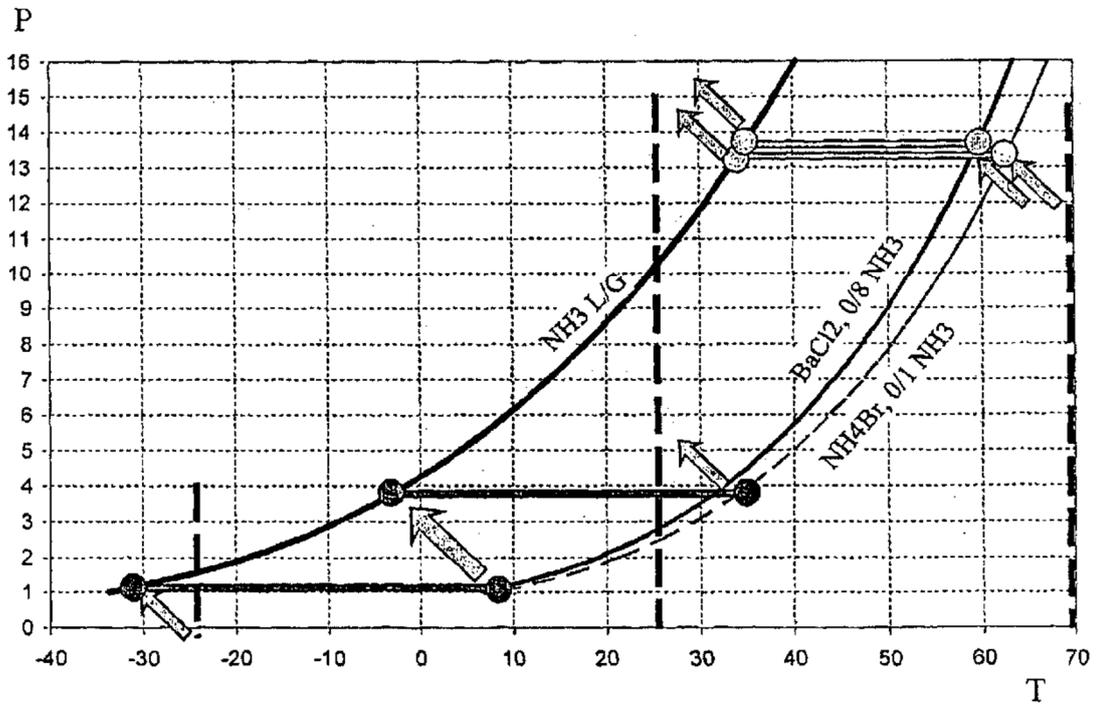


Fig. 12

