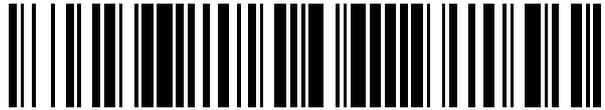


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 967**

21 Número de solicitud: 201630682

51 Int. Cl.:

**F25B 37/00** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**26.05.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**27.12.2017**

Fecha de concesión:

**06.06.2018**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**13.06.2018**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2017/070356**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)  
AV. GREGORIO PECES BARBA, 1  
28919 LEGANÉS (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**VENEGAS BERNAL, María Del Carmen;  
DE VEGA BLÁZQUEZ, Mercedes;  
GARCÍA HERNANDO, Néstor y  
RUIZ-RIVAS HERNANDO, Ulpiano**

54 Título: **ABSORBEDOR ADIABÁTICO PARA MÁQUINA DE ABSORCIÓN**

57 Resumen:

La invención describe un absorbedor (1) adiabático para una máquina de absorción, que comprende: un primer canal (2a) para un refrigerante en fase vapor; un segundo canal (2b) para un refrigerante en fase vapor; y una pluralidad de microcanales (3) para una disolución en fase líquida separados entre sí por paredes (4) delgadas y encerrados entre el primer canal (2a) y el segundo canal (2b) de tal modo que un par de membranas microporosas (5) se interponen entre la pluralidad de microcanales (3) y los respectivos primer canal (2a) y segundo canal (2b). Las membranas microporosas (5) están configuradas para dejar pasar el refrigerante en fase vapor pero para impedir el paso de la disolución en fase líquida.

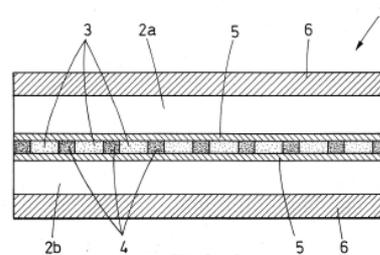


FIG.2

ES 2 647 967 B2

**DESCRIPCIÓN**

Absorbedor adiabático para máquina de absorción

**5 OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención pertenece en general al campo de la termodinámica, y más concretamente a los dispositivos empleados para la implementación de ciclos de absorción.

10 El objeto de la presente invención es un novedoso absorbedor para una máquina de absorción que tiene una mayor eficiencia y un menor tamaño en comparación con los absorbedores convencionalmente utilizados.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15

Las máquinas de absorción son máquinas térmicas cíclicas que bombean calor desde una fuente de calor hacia un sumidero de calor a mayor temperatura. Se trata de máquinas energéticamente muy útiles al poder valorizar calores residuales o emplear calor renovable, como el geotérmico, o bien calor obtenido de la radiación solar por medio de captadores  
20 solares térmicos. Las máquinas de absorción basan su funcionamiento en la afinidad de ciertas sustancias (disolventes) de elevada temperatura de evaporación por otras sustancias (refrigerantes) que cambian de fase a las temperaturas de interés. Se forma así una disolución del refrigerante en el disolvente en el interior de la máquina. Sin embargo, aunque existen desde hace más de un siglo, las máquinas de absorción carecen de la enorme  
25 difusión de las bombas de calor de compresión mecánica principalmente debido a su mayor peso y volumen.

En su diseño más simple, llamado de simple efecto, su funcionamiento básico se describe a continuación con referencia a la Fig. 1. En primer lugar, en un generador (G) se aplica un  
30 calor de activación ( $Q'_{in}$ ) a una disolución del refrigerante en el disolvente. Como consecuencia, el vapor del refrigerante, más volátil, se separa del resto de la disolución y sale del generador (G) hasta llegar al punto (P2) a la entrada de un condensador (C), mientras que el resto de disolución sale del generador (G) como disolución concentrada de refrigerante y disolvente. A continuación, el vapor de refrigerante condensa a alta presión  
35 por efecto de la evacuación de calor hacia un sumidero exterior de alta temperatura llevada a cabo en un condensador (C), llegándose al punto (P3). El calor evacuado ( $Q_{out}$ ) constituye parte o la totalidad del efecto útil cuando la máquina actúa exclusivamente como bomba de

calor de efecto calorífico. El refrigerante en estado líquido es entonces expandido en una válvula de expansión (EV) para llegar al punto (P4) a una presión menor, y seguidamente es evaporado a baja presión en un evaporador (E). En el evaporador (E) se produce una absorción de calor ( $Q_{in}$ ) de un foco exterior a baja temperatura, consiguiéndose el efecto frigorífico de la máquina de absorción cuando esté configurada como bomba de calor frigorífica. Cuando sale del evaporador (E), el refrigerante en fase vapor llega al punto (P1) previo a la entrada en un absorbedor (A). Por su parte, la disolución concentrada de refrigerante y disolvente que sale del generador (G) pasa por una válvula (V) para bajar su presión hasta la presión del absorbedor (A). Se produce entonces la absorción del refrigerante en fase vapor en el disolvente en fase líquida, evacuándose un calor ( $Q'_{out}$ ) que constituye parte o la totalidad del efecto útil cuando la máquina se configura como calorífica o bien se evacúa al ambiente, junto con el calor de condensación, si la máquina se configura como frigorífica. La salida del absorbedor (A) es una disolución diluida de refrigerante y disolvente que es bombeada mediante una bomba (B) para hacerla retornar al generador (G) y comenzar de nuevo el ciclo.

En definitiva, la función principal del absorbedor de una máquina de absorción es conseguir la absorción del refrigerante en el disolvente. En la actualidad, los absorbedores utilizados suelen estar basados en intercambiadores de calor del tipo carcasa y tubos con extracción simultánea del calor. Más concretamente, este tipo de absorbedores están basados en poner en contacto el refrigerante en fase vapor con la disolución en fase líquida en el interior de una carcasa. Para ello, la disolución se pulveriza desde la parte superior de la carcasa, mientras que el vapor se introduce por zonas diferentes dependiendo de la configuración. Para aumentar el rendimiento de la absorción, se disponen horizontalmente unos tubos a baja temperatura por el interior de la carcasa, de manera que la mayor parte de la absorción tiene lugar sobre dicha superficie de los tubos. Para mantener los tubos a baja temperatura, se usa un segundo fluido que absorbe el calor de este proceso ( $Q'_{out}$ ).

Un primer inconveniente que presentan los absorbedores de carcasa y tubos es que son muy voluminosos y pesados, lo que constituye un importante problema en muchas instalaciones.

Un segundo inconveniente de los absorbedores de carcasa y tubos consiste en la necesidad de realizar extracción de calor para conseguir que se produzca la absorción, ya que incrementa las necesidades de aporte de calor en el siguiente paso del ciclo que tiene lugar en el generador.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención resuelve los problemas anteriores gracias a una nueva configuración basada en el uso de membranas microporosas que permite aumentar la superficie de contacto entre el flujo de refrigerante en fase vapor y el flujo de disolución en fase líquida. Esta configuración permite obtener un absorbedor mucho más compacto, reduciendo enormemente el peso y el volumen en comparación con los absorbedores convencionales. Más concretamente, el volumen de un absorbedor según la presente invención puede ser alrededor de dos veces inferior al volumen de los absorbedores convencionales utilizados en máquinas de gran potencia, llegando a ser un orden de magnitud inferior en el caso de máquinas de potencias pequeñas (inferior a 15 kW).

Además, el absorbedor de la presente invención es adiabático en el sentido de que no requiere extracción de calor para su funcionamiento, lo que es ventajoso porque al no provocar un descenso de la temperatura de la disolución permite disminuir la cantidad de calor que se debe aportar en el siguiente paso del ciclo de absorción que tiene lugar en el generador. De ese modo, se consigue aumentar el rendimiento global de la máquina de absorción.

Por otra parte, como no se necesita transferencia de calor, se evita la necesidad de utilizar materiales conductores térmicos. Estos materiales son principalmente metales, lo que implica un peso elevado, potenciales problemas de corrosión, y unos procesos de fabricación que requieren de maquinaria relativamente compleja y especializada. El absorbedor de la invención, por el contrario, puede fabricarse casi íntegramente en materiales plásticos, lo que evita todos estos problemas. Además, puede incluso potencialmente fabricarse mediante una impresora 3D convencional.

De acuerdo con la invención, se describe un absorbedor adiabático para una máquina de absorción que fundamentalmente comprende:

30

a) Un primer canal y un segundo canal para un refrigerante en fase vapor.

35

b) Una pluralidad de microcanales para una disolución en fase líquida separados entre sí por paredes delgadas. La pluralidad de microcanales está encerrada entre el primer canal y el segundo canal, interponiéndose un par de membranas microporosas entre dicha pluralidad de microcanales y los respectivos primer canal y segundo canal. Además, las membranas microporosas están configuradas para

dejar pasar el refrigerante en fase vapor pero para impedir el paso de la disolución en fase líquida.

El funcionamiento de este nuevo absorbedor es fundamentalmente el siguiente. Se hace  
5 pasar el refrigerante en fase vapor por los dos canales exteriores y se hace pasar el  
disolvente en fase líquida por los microcanales. Puesto que únicamente la membrana  
microporosa separa los microcanales de los dos canales exteriores, el gradiente de  
presiones entre la presión del vapor de refrigerante y la presión parcial del refrigerante en la  
10 disolución provoca un intercambio de materia a través de dicha membrana porosa. Este  
intercambio se limita al paso del vapor de refrigerante desde los canales exteriores hacia los  
microcanales por los que circula la disolución, ya que las membranas microporosas  
utilizadas no permiten el paso de la disolución en fase líquida en sentido opuesto. El  
resultado es que la disolución concentrada que entra a los microcanales se diluye a medida  
15 que pasa por los mismos debido a la absorción de refrigerante y se convierte en una  
disolución diluida a su salida.

Los microcanales pueden implementarse mediante perforaciones realizadas en una placa  
plana de material plástico. Este proceso se puede llevar a cabo de diferentes maneras,  
aunque una posibilidad sencilla es el uso de una impresora 3D. En principio, los  
20 microcanales pueden estar dispuestos según diferentes configuraciones, aunque  
preferentemente están alineados según una línea recta. En cuanto a su forma, en una  
realización preferida de la invención los microcanales tienen una sección transversal  
rectangular con su lado largo adyacente a las membranas microporosas. Esto permite  
maximizar la superficie de contacto con dichas membranas microporosas y por tanto  
25 también la capacidad de transferencia de materia a través de las mismas. Por otra parte, las  
paredes de separación entre los microcanales son tan finas como lo permita el método de  
fabricación empleado, ya que cuanto más finas sean estas paredes de separación menos  
superficie de membrana quedará inutilizada.

De acuerdo con una realización especialmente preferida de la invención, la relación entre el  
30 lado largo y el lado corto de la sección transversal de los microcanales es igual o superior a  
10. A medida que se incrementa la relación entre ambos lados, teniendo en cuenta la  
analogía entre los procesos de transferencia de calor y masa, los coeficientes de  
transferencia de masa se incrementan. Los resultados disponibles en la literatura científica  
35 demuestran que en canales rectangulares la transferencia de calor se incrementa a medida  
que aumenta la relación entre ambos lados, debido a que la importancia relativa de las  
esquinas y los lados cortos disminuye. Tanto en las esquinas como en los lados cortos, la

velocidad del fluido y por tanto la convección empeora. Las correlaciones utilizadas para predecir el funcionamiento de la realización especialmente preferida de la invención han sido validadas experimentalmente hasta una relación igual a 10.

5 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, la longitud del lado corto de los microcanales es igual o inferior a 150  $\mu\text{m}$ . A medida que aumenta la longitud de este lado el espesor de la película de disolución se incrementa, contribuyendo a aumentar la resistencia a la transferencia de masa, por lo que es necesario que la longitud del lado corto de los microcanales sea pequeña.

10

Por otra parte, los canales primero y segundo para el refrigerante en fase vapor tienen preferentemente forma esencialmente rectangular. Además, en otra realización preferida están delimitados exteriormente por una pared exterior esencialmente adiabática, ya que el absorbedor de la invención no requiere que se produzca un intercambio de calor a través de  
15 dicha pared para su funcionamiento. En este contexto, el término "*pared exterior esencialmente adiabática*" hace referencia a una pared exterior que no está específicamente diseñada para facilitar la transferencia de calor. Ello implica que la pared exterior puede estar fabricada de materiales tales como plásticos o similares.

20 En cuanto a las membranas microporosas, pueden estar hechas también de cualquier material siempre que tengan las propiedades mencionadas anteriormente. Más específicamente, en una realización preferida de la presente invención la porosidad de las membranas microporosas es igual o superior al 80%. A medida que aumenta la porosidad el caudal de vapor transferido a través de la membrana se incrementa. Sin embargo, valores  
25 de porosidad excesivamente elevados pueden disminuir la resistencia mecánica de la membrana.

De acuerdo con otra realización preferida más, el absorbedor de la invención tiene una longitud máxima de 3 cm. El motivo es que, a pesar de que se podría pensar que cuanto  
30 mayor sea la longitud mayor será el rendimiento de este absorbedor, en realidad se produce el efecto contrario. La variación en la concentración de la disolución a medida que ésta va absorbiendo refrigerante hace que el gradiente de presiones entre la presión parcial del refrigerante en la disolución que pasa por los microcanales y la del refrigerante que pasa por los canales primero y segundo disminuya, y por tanto disminuye también la velocidad de  
35 absorción del refrigerante en el disolvente. Como consecuencia, a partir de una longitud determinada, el rendimiento del absorbedor comienza a decaer.

La presente invención también está dirigida a una máquina de absorción que comprende un absorbedor como el descrito en los párrafos anteriores.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

5

La Fig. 1 muestra un esquema de un ciclo de absorción de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 2 muestra una sección transversal de un absorbedor adiabático de acuerdo con la presente invención.

10

### **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

La Fig. 2 muestra una sección transversal de un absorbedor (1) de acuerdo con la presente invención donde se aprecian las diferentes partes que lo componen.

15

En la zona central del absorbedor (1) se encuentra una placa plana de material plástico dotada de una pluralidad de perforaciones que constituyen los microcanales (3). Entre cada par de microcanales (3) se mantiene una pared (4) delgada cuya única función es mantener separados los flujos de disolución de microcanales (3) contiguos. Cada uno de los microcanales (3) tiene una forma rectangular con una relación entre su lado largo (adyacente a la membrana) y su lado corto (adyacente a la pared (4) delgada) igual o superior a 10. Además, puesto que la placa plana puede ser de material plástico, puede fabricarse incluso mediante impresión 3D.

20

25

Dos membranas (5) microporosas están fijadas a ambos lados de la placa plana, de modo que cada microcanal (3) tiene los dos lados cortos delimitados por paredes (4) delgadas y los dos lados largos delimitados por membranas (5) microporosas. Las membranas microporosas (5) pueden estar hechas de PTFE o similares, y están fijadas a la placa base mediante cualquier elemento de sujeción que no afecte al paso del vapor a través de las mismas.

30

35

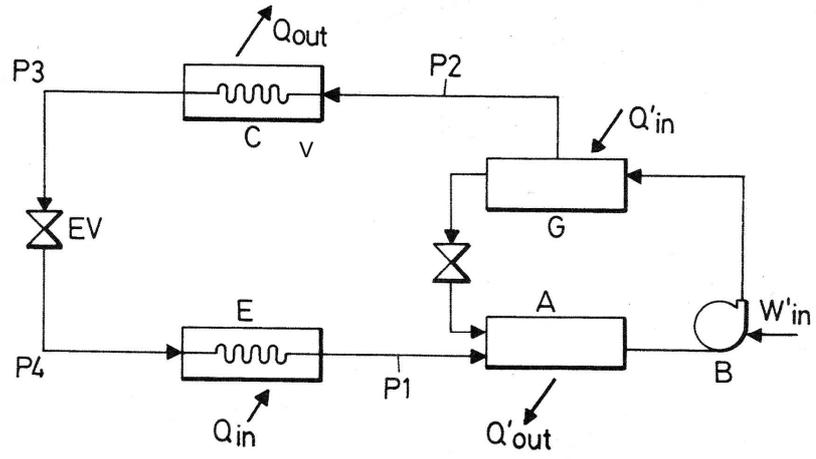
En cuanto a sus propiedades, como se ha comentado, las membranas (5) microporosas deberán ser permeables al vapor de refrigerante pero impermeables a la disolución. Por lo tanto, sus características dependerán del tipo de refrigerante y disolvente utilizados (agua-bromuro de litio, amoníaco-agua, amoníaco-nitrato de litio, agua-cloruro de litio, etc.), aunque en general tienen una porosidad igual o superior al 80%, un diámetro de poro de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ , y un espesor de aproximadamente 60  $\mu\text{m}$ .

En el lado opuesto de las membranas (5) microporosas se encuentra respectivamente el primer canal (2a) y el segundo canal (2b), que están delimitados exteriormente por las paredes (6) exteriores esencialmente adiabáticas. Los canales primero y segundo (2a, 2b) tienen en este ejemplo también forma esencialmente rectangular. Las paredes (6) exteriores pueden estar hechas de plástico o similar.

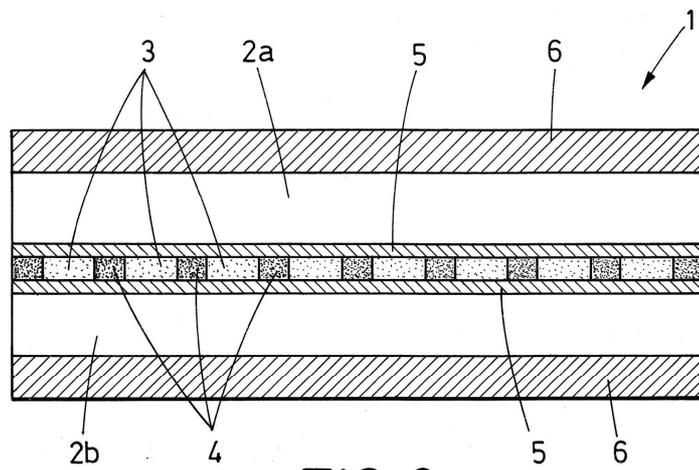
**REIVINDICACIONES**

1. Absorbedor (1) adiabático para una máquina de absorción, caracterizado por:
- 5           - un primer canal (2a) para un refrigerante en fase vapor;  
          - un segundo canal (2b) para un refrigerante en fase vapor;  
          - una pluralidad de microcanales (3) para una disolución en fase líquida separados entre sí por paredes (4) delgadas, estando dicha pluralidad de microcanales (3) encerrada entre el primer canal (2a) y el segundo canal (2b), y donde un par de membranas microporosas (5) se interponen entre la pluralidad de microcanales (3) y los respectivos
- 10           primer canal (2a) y segundo canal (2b), estando dichas membranas microporosas (5) configuradas para dejar pasar el refrigerante en fase vapor pero para impedir el paso de la disolución en fase líquida.
- 15           2. Absorbedor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde los microcanales (3) están alineados según una línea recta.
3. Absorbedor (1) de acuerdo con la reivindicación 2, donde los microcanales (3) tienen una sección transversal rectangular con su lado largo adyacente a las membranas microporosas
- 20           (5).
4. Absorbedor (1) de acuerdo con la reivindicación 3, donde la relación entre el lado largo y el lado corto de la sección transversal de los microcanales (3) es igual o superior a 10.
- 25           5. Absorbedor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-4, donde la longitud del lado corto de los microcanales (3) es igual o inferior a 150  $\mu\text{m}$ .
6. Absorbedor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la porosidad de las membranas (5) microporosas es igual o superior al 80%.
- 30           7. Absorbedor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los canales primero y segundo (2a, 2b) para refrigerante tienen forma esencialmente rectangular.
- 35           8. Absorbedor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los canales primero y segundo (2a, 2b) están delimitados exteriormente por una pared (6) exterior esencialmente adiabática.

9. Absorbedor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene una longitud máxima de 3 cm.
- 5 10. Máquina de absorción que comprende un absorbedor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.



**FIG.1**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG.2**