

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 943**

51 Int. Cl.:

**F25B 17/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2012 PCT/FR2012/052223**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013 WO13054020**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2012 E 12775805 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2769154**

54 Título: **Procedimiento térmico que implementa una pluralidad de reactores de sorción**

30 Prioridad:

**13.10.2011 FR 1159268**

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

**30.10.2018**

73 Titular/es:

**GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ (100.0%)  
1 Route de Versailles  
78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse, FR**

72 Inventor/es:

**LOMBARD, FABRICE y  
FOURCADE, HÉLÈNE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 687 943 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento térmico que implementa una pluralidad de reactores de sorción

5 La invención está relacionada con el campo de los procedimientos térmicos y de los sistemas térmicos de sorción, en particular, con los procedimientos y sistemas que implementan varios reactores de sorción según unos ciclos de funcionamiento desplazados en el tiempo.

10 Las aplicaciones de los ciclos de adsorción-desorción son múltiples, en particular, producción de frío frigorífico o criogénico, climatización doméstica, deshidratación de productos, tratamiento del aire o de gases industriales, realización de bombas de calor, compresores, bombas de vacío y otros.

15 Los procedimientos térmicos que utilizan unos ciclos de adsorción-desorción presentan, generalmente, la ventaja de que funcionan con energía proporcionada en forma de calor, sin necesitar ninguna forma de energía mecánica. Una propiedad de este tipo influye favorablemente en el coste energético de estos procedimientos. No obstante, debido a las pérdidas de calor inducidas por los ciclos térmicos del o de los adsorbedores, el rendimiento energético o coeficiente de prestación (COP) de un procedimiento de este tipo es, generalmente, mediocre.

20 Este hecho puede ilustrarse por un ejemplo en el caso de los procedimientos frigoríficos. Un procedimiento frigorífico tradicional de compresión del vapor que proporciona frío a 0 °C alcanza un COP del orden de 3 a 4. No obstante, la producción de energía mecánica o eléctrica presenta un rendimiento que hay que tener en cuenta, con el fin de hacer un balance global. Considerando un rendimiento de producción del orden de un 30 % a partir de una energía noble, como gas, fuel o nuclear, el COP final del procedimiento frigorífico tradicional puede estimarse entre aproximadamente 0,9 y 1,2.

25 Para el mismo objetivo de temperatura, un procedimiento frigorífico por adsorción de agua en zeolita, por ejemplo, presenta un COP típico del orden de 0,5 a 0,6. Estas prestaciones hacen estos dispositivos de adsorción poco competitivos a priori. En cambio, a pesar de las prestaciones más escasas, permiten librarse de un aporte de energía noble, ya que pueden explotar unos calores perdidos o disponibles a escaso coste. La competitividad de un procedimiento frigorífico por adsorción depende, por lo tanto, principalmente, del contexto de utilización.

30 Un medio para aumentar la prestación energética se presenta en el documento "Numerical study of a combined heat and mass recovery adsorption cooling cycle" de K. C. Leong e Y. Liu, International Journal of Heat and Mass transfer 47 (2004), 4761-4770. Este presenta un estudio numérico sobre un sistema térmico que utiliza simultáneamente el intercambio de vapor con el intercambio de calor entre dos reactores. La utilización del intercambio de vapor y del intercambio de calores entre reactores permite obtener un COP simulado de 0,65.

35 El documento europeo EP0702199 divulga un procedimiento y un sistema térmico de sorción según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 9. El sistema térmico incluye un evaporador, un condensador y una pluralidad de grupos de sorción. Los reactores de sorción de cada grupo están conectados térmicamente de manera escalonada. En otras palabras, el fluido de trabajo destinado a absorberse en un reactor n+1 recibe un flujo de calor del cuerpo sorbente de un reactor n durante la absorción de un fluido de trabajo en el reactor n. Asimismo, el fluido de trabajo que se desorbe en el reactor n+1 está destinado a transmitir un flujo de calor al cuerpo sorbente del reactor n durante la desorción del fluido de trabajo en el reactor n.

40 Según un modo de realización, la invención proporciona un procedimiento térmico de sorción que implementa un evaporador, un condensador y una pluralidad de grupos de sorción, comprendiendo un grupo de sorción cada vez al menos dos reactores de sorción adecuados para efectuar cada uno un ciclo de funcionamiento con el evaporador y el condensador asociado a este grupo de sorción, incluyendo un reactor un cuerpo sorbente adecuado para efectuar una sorción de un fluido de trabajo en fase vapor, en el cual el ciclo de funcionamiento efectuado por cada uno de los reactores de sorción incluye:

45 una etapa de despresurización y de sorción para incrementar una tasa de llenado del cuerpo sorbente por el fluido de trabajo, incluyendo la etapa de despresurización y de sorción una fase de despresurización y una fase de sorción y

50 una etapa de presurización y de desorción para reducir una tasa de llenado del cuerpo sorbente por el fluido de trabajo, incluyendo la etapa de presurización y de desorción una fase de presurización y una fase de desorción, efectuando varios de dichos reactores de sorción dentro de cada grupo de sorción el ciclo de funcionamiento de manera desplazada en el tiempo,

55 efectuando cada reactor de sorción dentro de cada grupo durante la etapa de presurización y de desorción un primer intercambio de calor con otro reactor de sorción de dicho grupo para recibir un flujo de calor desde dicho otro reactor de sorción de dicho grupo y durante la etapa de despresurización y de sorción un segundo intercambio de calor para transferir un flujo de calor hacia dicho otro reactor de sorción, efectuando un reactor de sorción del primer grupo en el transcurso del ciclo de funcionamiento un intercambio de vapor con un reactor de sorción del segundo grupo para recibir vapor de dicho reactor de sorción del segundo grupo durante una fase de presurización del primer reactor de

sorción del grupo y/o para ceder vapor a dicho reactor de sorción del segundo grupo durante una fase de despresurización del reactor de sorción del primer grupo, estando dicho reactor de sorción del primer grupo en la fase de presurización cuando el reactor de adsorción del segundo grupo está en la fase de despresurización y estando dicho reactor de sorción del segundo grupo en la fase de presurización cuando el reactor de sorción del primer grupo está en la fase de despresurización.

Según un modo de realización, el intercambio de vapor se efectúa al inicio de dichas fase de presurización y de despresurización del reactor de sorción del primer grupo de sorción y del reactor de sorción del segundo grupo de sorción. Según un modo de realización, el intercambio de calor efectuado por un reactor de sorción es subsecuente al intercambio de vapores efectuado por dicho reactor de sorción dentro de un ciclo de funcionamiento.

Según un modo de realización, el primer grupo de sorción incluye un número impar de reactores de sorción. Según un modo de realización, el primer grupo de sorción y el segundo grupo de sorción tienen un mismo número de reactores de sorción.

Según un modo de realización, los reactores de sorción de los grupos de sorción tienen unos ciclos de funcionamiento sustancialmente idénticos y cada reactor del primer grupo efectúa en el transcurso del ciclo de funcionamiento un intercambio de vapor con un reactor respectivo del segundo grupo, estando el reactor respectivo defasado en un semiciclo con respecto a dicho reactor del primer grupo.

Ventajosamente, el intercambio de vapor se efectúa de manera adiabática, de tal modo que ninguno de los reactores que intercambian vapor recibe o proporciona simultáneamente calor al exterior de los dos reactores.

Según un modo de realización, el primer grupo de sorción y el segundo grupo de sorción incluyen un número de reactores de sorción superior o igual a tres, efectuando uno primero de los reactores en cada grupo al menos cuatro intercambios de calor en el transcurso del ciclo de funcionamiento para recibir unos flujos de calor desde al menos otros dos de los reactores del mismo grupo durante la etapa de presurización y desorción del primer reactor y transferir unos flujos de calor hacia al menos otros dos de los reactores del mismo grupo durante la etapa de despresurización y de sorción del primer reactor,

estando un primer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase anterior de la etapa de despresurización y de sorción y uno segundo de los reactores en una fase posterior de la etapa de presurización y de desorción,

estando un segundo intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase posterior de la etapa de despresurización y de sorción y uno tercero de los reactores en una fase anterior de la etapa de presurización y de desorción,

estando un tercer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase anterior de la etapa de presurización y de desorción y el segundo reactor en una fase posterior de la etapa de despresurización y de sorción y

estando un cuarto intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase posterior de la etapa de presurización y de desorción y el tercer reactor en una fase anterior de la etapa de despresurización y de sorción.

Los términos anterior, posterior se utilizan en este documento en un sentido relativo unos con respecto a los otros.

Según un modo de realización, la invención proporciona, igualmente, un sistema térmico de sorción que incluye al menos dos grupos de sorción, incluyendo un grupo de sorción cada vez:

un primer reactor y un segundo reactor de sorción adecuados para funcionar dentro del grupo según un ciclo de funcionamiento y de manera mutuamente desplazada en el tiempo, incluyendo cada reactor:

un recinto que contiene un cuerpo sorbente adecuado para efectuar una sorción de un fluido de trabajo en fase vapor,

al menos una conducción de fluido en comunicación con el recinto para aportar el fluido de trabajo al reactor en una etapa de despresurización y de sorción del ciclo de funcionamiento y para evacuar el fluido de trabajo del reactor en una etapa de presurización y desorción del ciclo de funcionamiento y

un intercambiador de calor adecuado para poner un fluido caloportador en contacto térmico con el cuerpo sorbente en el recinto y

un dispositivo de circulación de fluido caloportador unido a los intercambiadores de calor de los reactores de adsorción del grupo y adecuado para producir selectivamente unas comunicaciones de fluido caloportador entre los intercambiadores de calor para transferir unos flujos de calor entre los reactores de sorción, de modo que el primer reactor de sorción dentro del grupo efectúa en el transcurso del ciclo de funcionamiento un intercambio de calor con el segundo reactor de sorción del grupo para recibir unos flujos de calor desde el segundo reactor de sorción del grupo durante la etapa de presurización y desorción y transferir unos flujos de calor hacia el segundo reactor de sorción durante la etapa de despresurización y de adsorción,

estando dicho primer reactor de sorción de un primer grupo en la fase de presurización cuando el primer reactor de sorción de un segundo grupo está en la fase de despresurización y estando dicho primer reactor de sorción del segundo grupo en la fase de presurización cuando el primer reactor de sorción del primer grupo está en la fase de despresurización y unos medios de unión obturables dispuestos entre el recinto del primer reactor de sorción del primer grupo de sorción y el recinto del primer reactor de sorción del segundo grupo de sorción y adecuados para realizar un intercambio de vapor entre el primer reactor de sorción del primer grupo y el primer reactor de sorción del segundo grupo en el transcurso del ciclo de funcionamiento, estando dichos medios de unión obturables abiertos durante la fase de presurización del primer reactor de sorción del primer grupo para recibir vapor del primer reactor de sorción de dicho segundo grupo y/o durante la fase de despresurización del primer reactor de sorción del primer grupo para ceder vapor a dicho primer reactor de sorción del segundo grupo.

Según un modo de realización, cada grupo de sorción incluye al menos tres reactores de sorción y el dispositivo de circulación de fluido caloportador es adecuado para producir selectivamente unas comunicaciones de fluido caloportador entre los intercambiadores de calor, de modo que el primero de los reactores de sorción del grupo efectúa al menos cuatro intercambios de calor en el transcurso del ciclo de funcionamiento para recibir unos flujos de calor desde al menos otros dos de los reactores del grupo durante la etapa de presurización y desorción y transferir unos flujos de calor hacia al menos otros dos de los reactores del grupo durante la etapa de despresurización y de adsorción,

estando un primer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase anterior de la etapa de despresurización y de adsorción y uno segundo de los reactores en una fase posterior de la etapa de presurización y desorción,

estando un segundo intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase posterior de la etapa de despresurización y de adsorción y uno tercero de los reactores en una fase anterior de la etapa de presurización y desorción,

estando un tercer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase anterior de la etapa de presurización y desorción y el segundo reactor en una fase posterior de la etapa de despresurización y de adsorción y

estando un cuarto intercambio de calor efectuado entre el primer reactor en una fase posterior de la etapa de presurización y desorción y el tercer reactor en una fase anterior de la etapa de despresurización y de adsorción.

Según un modo de realización, cada grupo de sorción incluye tres reactores de sorción y los medios de unión obturables unen cada reactor de sorción del primer grupo a un reactor respectivo del segundo grupo, de modo que cada reactor de sorción del primer grupo de sorción efectúa en el transcurso de su ciclo de funcionamiento un intercambio de vapor con dicho reactor respectivo del segundo grupo.

El cuerpo sorbente puede ser de diferentes naturalezas, sólido o líquido. Unos cuerpos sólidos adsorbentes son, en concreto, las zeolitas de tipo A, X e Y, los carbones activos, la alúmina activa, el gel de sílice y sus mezclas. Según un modo de realización preferente, el cuerpo adsorbente incluye zeolita.

En otros modos de realización, se explota el fenómeno de absorción de un fluido de trabajo por un líquido absorbente para realizar estos sistemas y procedimientos térmicos. Unos ejemplos de cuerpos líquidos absorbentes son el bromuro de litio, cloruro de litio y el agua. Unos fluidos de trabajo adaptados para estos cuerpos absorbentes pueden encontrarse, en concreto, el amoníaco  $\text{NH}_3$ .

El fluido de trabajo puede ser de diferentes naturalezas. Unos ejemplos de fluidos de trabajo que pueden utilizarse con los cuerpos adsorbentes anteriormente citados son, en concreto, el agua, el amoníaco, los alcanos, los alquenos, los alcoholes y sus mezclas. La elección de un fluido de trabajo puede efectuarse en función de la aplicación, en concreto, de las temperaturas que hay que alcanzar. La elección de un cuerpo adsorbente y de un fluido de trabajo. Según un modo de realización particular se efectúa en función de su afinidad fisicoquímica, el fluido de trabajo incluye agua.

Una idea en la base de la invención es disminuir la cantidad de energía que debe proporcionarse desde el exterior para hacer funcionar una máquina térmica de adsorción. Esta disminución de la cantidad de energía que debe proporcionarse desde el exterior se obtiene haciendo beneficiarse de las ganancias de prestaciones realizadas a la vez efectuando unos intercambios de calor y efectuando unos intercambios de vapor entre unos reactores de una máquina que incluye varios grupos de sorción.

Algunos aspectos de la invención parten de la idea de descomponer un ciclo de funcionamiento de un reactor de sorción en una pluralidad de fases sucesivas que corresponden a unas variaciones de temperatura y presión y de hacer funcionar varios reactores de manera desplazada en el tiempo, para que se encuentren simultáneamente en diferentes fases y, por lo tanto, a diferentes temperaturas y presiones.

Algunos aspectos de la invención parten de la constatación de que efectuar unos intercambios de calores entre los reactores de un mismo grupo y efectuar los intercambios de vapor entre reactores de varios grupos permite realizar estos dos tipos de intercambios con una implementación simplificada y poco costosa.

La invención se comprenderá mejor y otras finalidades, detalles, características y ventajas de esta se mostrarán más claramente en el transcurso de la siguiente descripción de varios modos de realización particulares de la invención, dados únicamente a título ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos.

5 En estos dibujos:

- La figura 1 es una representación esquemática de una máquina térmica que incluye un reactor de adsorción.
- La figura 2 es un diagrama de temperatura-presión que representa un ciclo de adsorción-desorción que puede implementarse con la máquina de la figura 1.
- 10 • La figura 3 es un diagrama de temperatura-calor que representa un intercambio de calor que puede implementarse por al menos dos reactores de adsorción que efectúan unos ciclos de adsorción-desorción de manera desplazada en el tiempo.
- La figura 4 es un diagrama de temperatura-calor que representa unos intercambios de calor que pueden implementarse por al menos cuatro reactores de adsorción que efectúan unos ciclos de adsorción-desorción de manera desplazada en el tiempo.
- 15 • La figura 5 es un diagrama de temperatura-presión que representa un ciclo de adsorción-desorción durante el cual se efectúa un intercambio de vapor.
- La figura 6 es una representación esquemática de una máquina térmica con dos grupos de adsorción que comprenden cada uno tres reactores de adsorción.
- 20 • Las figuras 7A a 7F son unos diagramas análogos a la figura 2 que representan unos ciclos de adsorción-desorción implementados por los tres reactores de adsorción de un grupo de la máquina de la figura 6 de manera desplazada en el tiempo.
- La figura 8 representa los ciclos de los reactores de la máquina térmica de la figura 6 y los intercambios de vapor implementados.

25 Con referencia a las figuras 1 y 2, se recuerdan algunos principios de funcionamiento de una máquina térmica de adsorción. Un reactor de adsorción 5 incluye un recinto estanco al fluido 1 que contiene un material adsorbente 2 y un intercambiador de calor 3 capaz de proporcionar o de retirar calor desde o hacia el exterior del recinto 1. El recinto 1 puede intercambiar un fluido de trabajo en fase vapor con el exterior por medio de al menos una canalización.

30 El intercambiador de calor 3 del reactor 5 permite calentar o enfriar el cuerpo adsorbente 2 de manera homogénea. Como es visible esto en la figura 1, el intercambiador 3 dispone para ello de dos conexiones hidráulicas para el fluido caloportador, esto es, una entrada 4 y una salida 13.

35 El reactor de adsorción 5 implementa un ciclo de adsorción-desorción que consiste en un ciclo de intercambio de calor y de materia, esto es, el fluido de trabajo. En una etapa de despresurización y de adsorción, en la cual el material adsorbente 2 se enfría, el reactor de adsorción 5 produce una baja presión capaz de bombear el fluido de trabajo en fase vapor desde el exterior, por ejemplo, desde un recinto de evaporación 7. En una etapa de presurización y desorción, en la cual el material adsorbente 2 se calienta, el reactor de adsorción 5 produce una presión más alta capaz de rechazar el fluido de trabajo en fase vapor hacia el exterior, por ejemplo, hacia un recinto de condensación 9. En el ejemplo representado en la figura 1, el reactor de adsorción 5 está unido al recinto de evaporación 7 por una canalización de aspiración 6 provista de una válvula de control 11 y a un recinto de condensación 9 por una canalización de expulsión 8 provista de una válvula de control 12. Para utilizar el fluido de trabajo en circuito cerrado, puede estar prevista una canalización de recirculación 10 entre el recinto de condensación 9 y el recinto de evaporación 7.

40 Un ejemplo de realización del ciclo de adsorción-desorción se representa en la figura 2. La etapa de despresurización y de adsorción 14 es una fase en la cual el material adsorbente 2 se enfría con la ayuda del intercambiador de calor 3, estando la válvula 11, llegado el caso, abierta y la válvula 12 cerrada. En esta etapa, el material adsorbente se carga con el fluido de trabajo. La temperatura del material adsorbente 2 disminuye de  $T_d$  a  $T_a$  y la presión parcial de fluido de trabajo disminuye de  $P_d$  a  $P_a$ . La etapa de despresurización y de adsorción 14 consiste en una fase de despresurización de C hacia D seguido de una fase de adsorción de D hacia A

55 La etapa de presurización y desorción 15 es una fase en la cual el material adsorbente 2 se calienta con la ayuda del intercambiador de calor 3, estando la válvula 12, llegado el caso, abierta y la válvula 11 cerrada. En esta etapa, el material adsorbente descarga el fluido de trabajo. La temperatura del material adsorbente 2 progresa de  $T_a$  a  $T_d > T_a$  y la presión parcial de fluido de trabajo progresa de  $P_a$  a  $P_d > P_a$ . Luego, el ciclo puede repetirse idénticamente. La etapa de presurización y de desorción 15 consiste en una fase de presurización de A hacia B seguido de una fase de desorción de B hacia C.

60 Uno de los principales y más importantes intereses que presentan los ciclos de adsorción es que funcionan utilizando calor para la etapa de presurización y desorción 15. En el caso de un procedimiento frigorífico, la desorción se efectúa a una presión  $P_d$  superior a la presión  $P_a$  presente durante la etapa de despresurización y de adsorción 14, con el fin de que el vapor se evacue hacia el condensador 9 cuya presión es superior a la del evaporador 7. Por consiguiente, una regeneración que evacua el vapor hacia el condensador 9 necesita una

elevación de temperatura hasta una temperatura  $T_d$ , que es generalmente de al menos un centenar de grados con respecto a la temperatura de adsorción  $T_a$ . La regeneración corresponde a la fase de compresión del vapor para enviarlo hacia el condensador 9, por lo tanto, es la fase que consume energía.

5 La temperatura de desorción  $T_d$  depende de la naturaleza del ciclo deseado. Está comprendida, por ejemplo, entre  $+100\text{ }^\circ\text{C}$  y  $+300\text{ }^\circ\text{C}$ . Este punto presenta un gran interés, ya que el calor a estas temperaturas puede proporcionarse fácilmente, ya sea por calentamiento eléctrico, solar o con combustibles diversos (gas, fuel, madera, etc....), ya sea por recuperación de calor perdido, por ejemplo, a la salida de un motor térmico, de una turbina de gas o de vapor, de una instalación nuclear.

10 Una máquina térmica de adsorción puede implementar varios reactores de adsorción dentro de un mismo grupo de sorción, preferentemente de características idénticas, asociados cada uno a un evaporador y un condensador preferentemente comunes para todo el grupo. La asociación de los reactores de adsorción dentro de un grupo de sorción permite realizar una máquina cuya función útil, es decir, producción de calor o producción de frío, es en mayor medida o totalmente continua, con respecto a una máquina de reactor único, en la cual las etapas de bombeo y de expulsión se alternan y, por lo tanto, están obligatoriamente interrumpidas. En una arquitectura con varios adsorbedores en un mismo grupo de sorción, estos deben realizar su ciclo de adsorción-desorción de manera desplazada en el tiempo.

15 Con referencia a la figura 3, se describe un principio de intercambio de calor entre dos reactores de adsorción de una máquina térmica, de los cuales uno debe recibir calor para su fase de presurización-desorción y de los cuales el otro debe evacuar calor para su fase de despresurización-adsorción. Este intercambio puede hacerse naturalmente con la condición de que el reactor de adsorción en fase de caldeo esté a una temperatura inferior al de en fase de enfriamiento y durante tanto tiempo como sus temperaturas no se igualen.

20 La figura 3 es un diagrama de temperatura-calor que representa el ciclo, que se supone idéntico para los dos reactores, que estos efectúan en oposición de fase uno con el otro. De este modo, habiendo uno de los dos reactores de adsorción terminado su fase de adsorción, representada por la curva 16, se encuentra a la temperatura baja  $T_a$ , por ejemplo,  $+40\text{ }^\circ\text{C}$  y debe regenerarse. En el mismo instante, habiendo el otro reactor de adsorción terminado la fase de desorción, representada por la curva 17, se encuentra a la temperatura alta  $T_d$ , por ejemplo,  $+200\text{ }^\circ\text{C}$  y debe enfriarse para comenzar una fase de adsorción.

25 Como se representa por la flecha 18, puede proporcionarse una cierta cantidad de calor  $q_{RCY}$  por el reactor de adsorción inicialmente a  $+200\text{ }^\circ\text{C}$  para simultáneamente enfriarse y calentar el reactor de adsorción inicialmente a  $+40\text{ }^\circ\text{C}$ . La transferencia de calor puede efectuarse naturalmente hasta una temperatura de equilibrio  $T_e$ , situada, por ejemplo, en un rango del orden de  $+100$  a  $+140\text{ }^\circ\text{C}$ .

30 La condición necesaria para realizar una etapa de reciclaje de calor de este tipo entre dos reactores de adsorción es que uno esté en la fase de presurización-desorción a una temperatura inferior al otro que está en la fase de despresurización-adsorción. La acción que consiste en intercambiar calor entre unos reactores de adsorción de la máquina térmica se llama más abajo reciclaje interno de calor.

35 El reciclaje interno de calor presenta dos intereses mayores. Por una parte, como es visible en la figura 3, el calor  $q_{RO}$  que hay que proporcionar para regenerar un reactor de adsorción se obtiene para una parte  $q_{RCY}$  desde el interior de la máquina térmica, de modo que queda solo una parte  $q_{RF}$  que hay que proporcionar desde el exterior, como se indica por la flecha 19. Por lo tanto, el consumo energético de la máquina se reduce. Por otra parte, la cantidad de calor rechazada por la máquina hacia el entorno exterior se reduce en las mismas proporciones.

40 Con referencia a la figura 4, se va a presentar el intercambio de calor en un grupo de más de dos reactores.

45 En una arquitectura de grupo que incluye cuatro reactores de adsorción o más, pueden realizarse varios intercambios de calor entre reactores al mismo tiempo para incrementar el COP. En el caso de una máquina frigorífica o de una bomba de calor, el rendimiento energético COP es la relación entre la cantidad frigorífica (o cantidad de calentamiento) desarrollada  $Q_{fr}$  y la cantidad de energía que hay que proporcionar para obtener esta cantidad frigorífica.

50 Una situación de este tipo se ilustra por la figura 4, que representa, en un diagrama similar a la figura 3, un ciclo de funcionamiento seguido por seis reactores. Entonces, son posibles tres reciclajes de calor simultáneos:

- 55 - Un intercambio de calor 20 tiene lugar entre un reactor en una fase anterior 21 de la etapa de despresurización y de adsorción y un reactor en una fase posterior 22 de la etapa de presurización y desorción, hasta una temperatura de equilibrio alta  $T_1$ .
- 60 - Un intercambio de calor 23 tiene lugar entre un reactor en una fase intermedia 24 de la etapa de despresurización y de adsorción y un reactor en una fase intermedia 25 de la etapa de presurización y desorción, hasta una temperatura de equilibrio intermedia  $T_2$ .

- Un intercambio de calor 26 tiene lugar entre un reactor en una fase posterior 27 de la etapa de despresurización y de adsorción y un reactor en una fase anterior 28 de la etapa de presurización y desorción, hasta una temperatura de equilibrio baja T3.

5 En presencia de cuatro reactores, solamente dos de entre los tres intercambios de calor 20, 23 y 26 pueden tener lugar simultáneamente.

10 En la etapa de presurización y desorción de un reactor, solo la fase final 29 necesita, por lo tanto, el aporte de una cantidad de calor externa 30, por ejemplo, desde una fuente caliente cualquiera a una temperatura superior o igual a  $T_d$ . Asimismo, en la etapa de despresurización y de adsorción de un reactor, la fase final 31 necesita el rechazo de una cantidad de calor hacia el exterior, por ejemplo, hacia una fuente fría cualquiera a una temperatura inferior o igual a  $T_a$ .

15 Resulta de la descomposición de las etapas de adsorción y de desorción en varias fases sucesivas y de la realización de los múltiples intercambios de calor correspondientes que el COP de la máquina constituida de este modo puede mejorarse claramente. Esta mejora es visible cualitativamente a partir de las cantidades de calor  $q_{RCY}$  y  $q_{RF}$  representadas en la figura 4.

20 El principio del intercambio de vapor se va a describir en este momento con referencia a la figura 5. Esta figura representa un diagrama de temperatura-presión de un ciclo de funcionamiento durante el cual se efectúa un intercambio de calor entre dos reactores cuyos ciclos de funcionamiento son sustancialmente idénticos. Los puntos A y C designan los puntos extremos del ciclo, respectivamente los de final de adsorción y de final de desorción de cada reactor tal como se definen con referencia a la figura 2.

25 Al igual que en la figura 2, la etapa de despresurización y de adsorción 14 es una etapa en la cual la temperatura del material adsorbente 2 disminuye de  $T_d$  a  $T_a$  y la presión parcial de fluido de trabajo disminuye de  $P_d$  a  $P_a$ . La etapa de despresurización y de adsorción consiste en una fase de despresurización de C hacia D seguido de una fase de adsorción de D hacia A. La etapa de presurización y desorción 15 es una etapa en la cual la temperatura del material adsorbente 2 progresa de  $T_a$  a  $T_d > T_a$  y la presión parcial de fluido de trabajo progresa de  $P_a$  a  $P_d > P_a$ . La etapa de presurización y de desorción consiste en una fase de presurización de A hacia B seguido de una fase de desorción de B hacia C.

35 El intercambio de vapor consiste en efectuar una transferencia de fluido 31 por liberación natural entre los dos reactores de los cuales uno está a baja presión, preferentemente al final de su fase de adsorción A y debe comenzar su fase de presurización y de los cuales el otro está a alta presión, preferentemente al final de su fase de desorción C y debe comenzar su fase de despresurización.

40 Esta transferencia de fluido 31 puede efectuarse hasta que las presiones de los dos reactores se igualan a una presión de equilibrio anotada como  $P_e$  en la figura 5. La cantidad de vapor cedida por el reactor a alta presión se transfiere íntegramente al reactor a baja presión.

45 El intercambio de vapor deforma el ciclo de adsorción-desorción tal como se presenta en la figura 2. En efecto, como la cantidad de vapor cedida por el reactor a alta presión se transmite íntegramente al reactor a baja presión, la tasa de adsorción máxima del reactor a baja presión se aumenta, por la llegada de vapor, de  $\tau_{máx0}$  (definida por  $T_a$  y  $P_a$ ) al valor  $\tau_{máx1}$ . La tasa de adsorción mínima del reactor a alta presión  $\tau_{mín0}$  (definida por  $T_d$  y  $P_d$ ) se disminuye hasta  $\tau_{mín1}$ . Si los reactores son idénticos, la tasa de adsorción máxima del reactor a baja presión se aumenta sobre todo porque la tasa del reactor a alta presión se disminuye.

50 El aumento de la tasa en la adsorción se traduce en un aumento de fluido adsorbido en el cuerpo adsorbente, lo que induce el aumento de la cantidad de frío producido en un sistema frigorífico que incluye este cuerpo adsorbente. Como contrapartida, la disminución de la tasa de desorción mínima se traduce en un aumento de la cantidad de calor necesario para efectuar la desorción.

55 Preferentemente, el intercambio de vapor se efectúa entre dos reactores, estando uno en fase de presurización y estando el otro en fase de despresurización.

60 En un modo de realización el intercambio de vapor es adiabático. De este modo, en el transcurso del intercambio de vapores, ninguno de los reactores que intercambian vapor recibe o proporciona simultáneamente calor al exterior de los dos reactores. Por consiguiente, el reactor que recibe vapor se caldea libremente, mientras que el que cede vapor se enfría libremente. El intercambio de vapor adiabático permite obtener un buen aumento de las prestaciones de un sistema térmico de sorción.

65 No obstante, en otro modo de realización, en el transcurso de los intercambios de vapores entre un par de reactores, los reactores pueden intercambiar calor con otro reactor o una fuente exterior. El reactor que recibe vapor y que despeja calor se enfría por el circuito caloportador. Esto permite mantenerlo a la temperatura baja de adsorción.

Paralelamente, el reactor que cede vapor y que absorbe calor se calienta por el circuito caloportador. Esto permite mantenerlo a la temperatura alta de desorción.

Un sistema térmico de sorción que implementa a la vez unos intercambios de vapor y unos intercambios de calor se esquematiza en la figura 6. Este sistema térmico comprende un primer grupo de sorción 37 y un segundo grupo de sorción 38 idénticos. Estos grupos de sorción incluyen cada uno tres reactores de sorción Ads1, Ads2, Ads3. Cada grupo incluye un evaporador 39 y un condensador 40 y cada reactor de sorción incluye un recinto 1. Esta descomposición en grupos de sorción permite una fabricación y un mantenimiento facilitado del sistema de sorción, pero también una buena modularidad y redundancia del sistema de sorción.

Cada reactor del primer grupo 37 está asociado a un reactor respectivo del segundo grupo 38 por unos medios de uniones y de obturación. En este documento, estos medios de unión y de obturación son unas conducciones 44 y unas válvulas de aislamiento 41 que unen los recintos de los dos reactores en cuestión. Estas permiten la puesta en comunicación o el aislamiento de los dos recintos de los dos reactores. Esta puesta en comunicación permite la liberación del fluido de trabajo entre los dos reactores. Las válvulas 41 pueden ser de diseño sencillo sin necesitar una regulación o un control de los caudales y presiones. No obstante, puede utilizarse también cualquier otro medio de unión y de obturación conocido por el experto en la materia.

Unas válvulas de adsorción 43 que unen los reactores al evaporador 39, se abren cuando la presión del reactor correspondiente es baja y permite bombear unos vapores y provocar la evaporación. Unas válvulas de desorción 42 que unen los reactores al condensador 40 se abren cuando la presión del reactor correspondiente es alta y permite expulsar unos vapores y provocar la condensación.

Unos intercambios de calor pueden efectuarse entre los reactores dentro de cada grupo por medio de varios bucles de circulación de fluido caloportador no representados que unen los intercambios de calor 36 de un mismo grupo.

En este momento, se va a describir el funcionamiento de la máquina de la figura 6 con referencia a las figuras 7 y 8.

Cada grupo sigue de manera desplazada en el tiempo una misma secuencia de etapas de reciclaje de calores. El reciclaje de calor permanece interno a un grupo. En cambio, los reactores de los dos grupos pueden intercambiar vapor entre sí. La secuencia de un grupo de tres reactores se representa en las Figuras 7A a 7F.

De este modo, Las figuras 7A a 7F representan, en una representación similar a la figura 2, seis fases sucesivas del ciclo de funcionamiento y los intercambios de calores efectuados en el transcurso de estas fases para cada uno de los reactores del grupo de sorción. Los tres reactores se representan respectivamente por las flechas Ads1, Ads2 y Ads3.

Unos circuitos de fluido caloportador permiten efectuar estos intercambios de calor uniendo, en concreto, los intercambiadores de calores 36 de cada reactor de adsorción. Estos circuitos caloportadores están entre otros unidos a un recalentador que permite proporcionar calor hasta la alta temperatura  $T_d$  para la desorción y un enfriador que permite enfriar hasta la baja temperatura  $T_a$  para la adsorción.

Estas secuencias corresponden al funcionamiento nominal en régimen establecido de los ciclos de intercambio de calor. Las flechas  $Q_e$  designan unos aportes de calor desde el exterior, por ejemplo, por el grupo de caldeo. Las flechas  $Q_i$  designan unos intercambios de calor entre reactores.

En este momento, se va a describir la secuencia seguida por los tres reactores Ads1, Ads2 y Ads3. En la figura 7A, cuando el primer adsorbedor Ads 1 está en una fase anterior de presurización y de desorción, recibe calor  $Q_i$  del adsorbedor Ads2. Esta fase corresponde a una parte de la fase de presurización y el inicio de la fase de adsorción. El adsorbedor Ads1 recibe, a continuación, en una fase posterior de presurización y de desorción, calor  $Q_i$  del tercer adsorbedor Ads3 (figura 7B). Esta fase es directamente subsecuente a la fase anterior de presurización y de desorción. En una fase final de presurización y de desorción, el adsorbedor 1 recibe calor  $Q_e$  desde el exterior (figura 7C).

A continuación, cuando el primer adsorbedor Ads 1 está en una fase anterior de despresurización y de adsorción, proporciona calor  $Q_i$  al segundo adsorbedor Ads2 (Figura 7D). En una fase posterior de despresurización y de adsorción, el primer adsorbedor Ads1 proporciona calor al tercer adsorbedor Ads3 (figura 7E).

El mismo ciclo se aplica para los otros adsorbedores Ads2 y Ads3 que reciben respectivamente calor desde el primer adsorbedor Ads1 (Figura 7D) y el tercer adsorbedor Ads3 (Figura 7C) y el primer adsorbedor Ads1 (Figura 7E) y el segundo adsorbedor Ads2 (Figura 7F).

Los intercambios de vapor que tienen lugar simultáneamente en el sistema térmico presentado en la figura 6 se presentan en la figura 8 a través de unos diagramas de ciclo de cada reactor. Las tres primeras columnas de diagramas corresponden respectivamente a los tres reactores Ads1, Ads2, Ads3 del primer grupo 37. Las tres columnas siguientes corresponden respectivamente a los tres reactores Ads1, Ads2, Ads3 del segundo grupo 38. La

columna 51 corresponde al primer reactor Ads1 del primer grupo 37. La columna 52 corresponde al primer reactor del segundo grupo 38 asociado al primer reactor del primer grupo. Cada línea corresponde respectivamente a una etapa sucesiva del ciclo de funcionamiento de reactores.

5 Los tres reactores de cada grupo están desfasados en un tercio de ciclo. Los reactores de los dos grupos que están unidos por una conducción 44 están desfasados mutuamente en un semiciclo. Las flechas en punteados 50 representan los intercambios de vapor.

10 Como es visible en las figuras, la primera línea de la figura 8 representa una fase de funcionamiento que corresponde a la figura 7A para el primer grupo 37 y a la figura 7D para el segundo grupo 38. La segunda línea de la figura 8 representa una fase de funcionamiento que corresponde a la figura 7B para el primer grupo 37 y a la figura 7E para el segundo grupo 38. La tercera línea de la figura 8 representa una fase de funcionamiento que corresponde a la figura 7C para el primer grupo 37 y a la figura 7F para el segundo grupo 38.

15 En un estado inicial en el ciclo en régimen establecido, el primer reactor Ads1 del primer grupo 37 está en el punto A. Ha terminado su fase de adsorción y está listo para comenzar la etapa de presurización-desorción. El primer reactor Ads1 del segundo grupo 38 está en el punto C. Ha terminado su fase de desorción y está listo para comenzar su la etapa de despresurización-adsorción. El segundo reactor Ads2 y el tercer reactor Ads3 del primer grupo 37 están situados respectivamente en la etapa de despresurización-adsorción en que cede calor y en la etapa de presurización-desorción en que recibe calor. Recíprocamente, el segundo reactor Ads2 y el tercer reactor Ads3 del segundo grupo 38 están respectivamente en la etapa de presurización-desorción y en la etapa de despresurización-adsorción.

25 En la primera línea de la figura 8, los primeros reactores Ads1 del primero y del segundo grupo 38, inicialmente en los puntos A y C, comienzan respectivamente la fase de presurización y la fase de despresurización. La válvula 41 que los une se abre y los dos reactores Ads1 realizan, por lo tanto, un intercambio de vapores. El primer reactor Ads1 del primer grupo 37 ve aumentar su tasa de adsorción y se caldea, mientras que el primer reactor Ads1 del segundo grupo 38 ve disminuir su tasa de adsorción y se enfría. El intercambio se continúa hasta que sus presiones se igualan como se representa por las flechas 53 y 57. Este intercambio de vapor es corto respecto a las duraciones de las fases de desorción y la fase de adsorción. Es inferior al minuto.

35 A partir de ahí, siempre en la primera línea de la figura 8, los primeros reactores Ads1 están aislados, por cierre de la válvula 41 y continúan su fase respectiva de presurización y despresurización. Los intercambios de calor  $Q_i$  representados en la figura 7A se efectúan, entonces, en el grupo 37 y los intercambios de calor  $Q_i$  de la figura 7D en el grupo 38. Paralelamente, los otros reactores continúan su evolución por su camino respectivo. Esta etapa se continúa hasta que los terceros reactores Ads3 de cada grupo terminan su fase respectiva de desorción (punto C) y de adsorción (puntos A).

40 Las otras dos líneas de la figura 8 representan unas fases similares a la primera, en la medida en que se permuta el estado de evolución de los reactores. De este modo, en la segunda línea, son los terceros reactores Ads3 de cada grupo los que intercambian vapor desde el grupo 37 hacia el grupo 38 antes de continuar su fase de presurización y despresurización. En la tercera línea de la figura 8, el intercambio de vapor 50 tiene lugar entre los segundos reactores Ads2 desde el grupo 38 hacia el grupo 37. Las etapas siguientes de funcionamiento de la máquina se deducen directamente de las etapas de más arriba permutando las funciones de los dos grupos 37 y 38. En efecto, al final de la etapa representada en la tercera línea de la figura 8, el primer grupo 37 está en el mismo estado que el segundo grupo 38 al inicio de la etapa representada en la primera línea de la figura 8. Las secuencias de cada grupo de reactores son, por lo tanto, idénticas y están juiciosamente desfasadas y sincronizadas, de modo que en cada inicio de etapa un par de reactores tomados en los dos grupos estén respectivamente en los puntos A y C.

50 En el modo de realización de la figura 6, los intercambios de vapores se refieren solo a los pares de primeros, segundos y terceros reactores entre sí. Por lo tanto, son necesarias solamente tres válvulas 41. No obstante, se podrían añadir otras uniones entre los dos grupos, con el fin de permitir efectuar unos intercambios de vapores con unas combinaciones de reactores diferentes, por ejemplo, con el fin de utilizar los intercambios de vapores 51 en un funcionamiento transitorio, degradado o de mantenimiento.

55 La utilización de al menos dos grupos de adsorción idénticos, pero desfasados permite realizar unos intercambios de vapores entre unos grupos con números impares de reactores. En efecto, la realización de un intercambio de vapor que presente una eficacia óptima supone la presencia de dos reactores desfasados en un semiciclo, lo que no es el caso en un grupo que incluya un número impar de reactores.

60 El modo de realización correspondiente a las figuras 6, 7 y 8 proporciona un sistema térmico de sorción que presenta una buena eficacia. De manera más precisa, la eficacia de un procedimiento frigorífico por adsorción de agua en zeolita 4A cuya evaporación tiene lugar a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la adsorción y condensación a  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  sin reciclaje de calor ni intercambio de vapor se traduce en un COP de aproximadamente 0,45. La utilización del método de reciclaje de calores para un grupo de 3 reactores permite obtener un COP máximo del orden de 0,78 sin intercambio de vapor. La máquina de la figura 6 permite obtener un COP máximo del orden de 0,86, esto es, una ganancia suplementaria de un 10 % sobre el método de reciclaje de los calores solo.

Este principio de implementar diferentes grupos idénticos de reactores que efectúan cada uno una secuencia de reciclaje de calores dentro de un grupo y una secuencia de intercambio de vapor entre los grupos puede extenderse a más de dos grupos. Esto permite aumentar el número de combinaciones posibles en los intercambios entre reactores.

5 Aunque se haya descrito la invención en relación con varios modos de realización particulares, es más que evidente que no está limitada de ninguna manera a ello y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como sus combinaciones si estas entran en el marco de la invención.

10 El uso del verbo "incluir", "comprender" o "constar de" y de sus formas conjugadas no excluye la presencia de otros elementos o de otras etapas diferentes de los enunciados en una reivindicación. El uso del artículo indefinido "un" o "una" para un elemento o una etapa no excluye, salvo mención contraria, la presencia de una pluralidad de unos elementos o etapas de este tipo. Varios medios o módulos pueden estar representados por un mismo elemento material.

15 En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia entre paréntesis no ha de interpretarse como una limitación de la reivindicación.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento térmico de sorción que implementa un evaporador (39), un condensador (40) y una pluralidad de grupos de sorción (37, 38),  
 5 comprendiendo un grupo de sorción cada vez al menos dos reactores de sorción (Ads1, Ads2) adecuados para efectuar cada uno un ciclo de funcionamiento con el evaporador y el condensador asociado a este grupo de sorción, incluyendo un reactor un cuerpo sorbente (45) adecuado para efectuar una sorción de un fluido de trabajo en fase vapor,  
 en el cual el ciclo de funcionamiento efectuado por cada uno de los reactores de sorción incluye:  
 10 una etapa de despresurización y de sorción para incrementar una tasa de llenado del cuerpo sorbente por el fluido de trabajo, incluyendo la etapa de despresurización y de sorción (14) una fase de despresurización y una fase de sorción y  
 una etapa de presurización y de desorción (15) para reducir una tasa de llenado del cuerpo sorbente (45) por el  
 15 fluido de trabajo, incluyendo la etapa de presurización y de desorción una fase de presurización y una fase de desorción, efectuando varios de dichos reactores de sorción dentro de cada grupo de sorción el ciclo de funcionamiento de manera desplazada en el tiempo, estando dicho procedimiento térmico de sorción caracterizado por que cada reactor de sorción dentro de cada grupo efectúa durante la etapa de presurización y de desorción (15) un primer intercambio de calor con otro reactor de sorción de dicho grupo para recibir un flujo de calor desde dicho otro reactor de sorción de dicho grupo y durante la etapa de despresurización y de sorción  
 20 (14) un segundo intercambio de calor para transferir un flujo de calor hacia dicho otro reactor de sorción,  
 y por qué un reactor de sorción (Ads1) del primer grupo (37) efectúa en el transcurso del ciclo de funcionamiento un intercambio de vapor (50) con un reactor de sorción (Ads1) del segundo grupo (38) para recibir vapor de dicho reactor de sorción del segundo grupo durante una fase de presurización del primer reactor de sorción del grupo y/o para ceder vapor a dicho reactor de sorción del segundo grupo durante una fase de despresurización del reactor de sorción del primer grupo,  
 25 estando dicho reactor de sorción (Ads1) del primer grupo (37) en la fase de presurización cuando el reactor de adsorción (Ads1) del segundo grupo (38) está en la fase de despresurización y estando dicho reactor de sorción del segundo grupo en la fase de presurización cuando el reactor de sorción del primer grupo está en la fase de despresurización.
2. Procedimiento térmico de sorción según la reivindicación 1, en el que el intercambio de vapor (50) se efectúa al inicio de dichas fase de presurización y de despresurización del reactor de sorción del primer grupo de sorción (37) y del reactor de sorción del segundo grupo de sorción (38).
3. Procedimiento térmico de sorción según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el intercambio de calor efectuado por un reactor de sorción es subsecuente al intercambio de vapores (50) efectuado por dicho reactor de sorción dentro de un ciclo de funcionamiento.
4. Procedimiento térmico de sorción según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el primer grupo (37) de sorción incluye un número impar de reactores de sorción.
5. Procedimiento térmico de sorción según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer grupo de sorción (37) y el segundo grupo de sorción (38) tienen un mismo número de reactores de sorción.
6. Procedimiento térmico de sorción según la reivindicación 5, en el que los reactores de sorción de los grupos de sorción (37, 38) tienen unos ciclos de funcionamiento sustancialmente idénticos y cada reactor (Ads1, Ads2, Ads3) del primer grupo (37) efectúa en el transcurso del ciclo de funcionamiento un intercambio de vapor con un reactor respectivo (Ads1, Ads2, Ads3) del segundo grupo (38), estando el reactor respectivo defasado en un semiciclo con respecto a dicho reactor del primer grupo.
7. Procedimiento térmico de sorción según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el intercambio de vapor (50) se efectúa de manera adiabática.
8. Procedimiento térmico de sorción según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el primer grupo de sorción (37) y el segundo grupo de sorción (38) incluyen un número de reactores de sorción superior o igual a tres, efectuando uno primero de los reactores (Ads1) en cada grupo al menos cuatro intercambios de calor en el transcurso del ciclo de funcionamiento para recibir unos flujos de calor desde al menos otros dos de los reactores (Ads2, Ads3) del mismo grupo durante la etapa de presurización y desorción del primer reactor y transferir unos flujos de calor hacia al menos otros dos de los reactores del mismo grupo durante la etapa de despresurización y de sorción del primer reactor, estando un primer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase anterior de la etapa de despresurización y de sorción y uno segundo de los reactores (Ads2) en una fase posterior de la etapa de presurización y de desorción,

estando un segundo intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase posterior de la etapa de despresurización y de sorción y uno tercero de los reactores (Ads3) en una fase anterior de la etapa de presurización y de desorción,

estando un tercer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase anterior de la etapa de presurización y de desorción y el segundo reactor (Ads2) en una fase posterior de la etapa de despresurización y de sorción y

estando un cuarto intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase posterior de la etapa de presurización y de desorción y el tercer reactor (Ads3) en una fase anterior de la etapa de despresurización y de sorción.

9. Sistema térmico de sorción que incluye al menos dos grupos de sorción, incluyendo un grupo de sorción cada vez:

un primer reactor (Ads1) y un segundo reactor de sorción (Ads2) adecuados para funcionar dentro del grupo según un ciclo de funcionamiento y de manera mutuamente desplazada en el tiempo, incluyendo cada reactor:

un recinto (1) que contiene un cuerpo sorbente (45) adecuado para efectuar una sorción de un fluido de trabajo en fase vapor,

al menos una conducción de fluido en comunicación con el recinto para aportar el fluido de trabajo al reactor en una etapa de despresurización y de sorción del ciclo de funcionamiento y para evacuar el fluido de trabajo del reactor en una etapa de presurización y desorción del ciclo de funcionamiento y

un intercambiador de calor (3) adecuado para poner un fluido caloportador en contacto térmico con el cuerpo sorbente en el recinto,

estando dicho primer reactor de sorción (Ads1) de un primer grupo (37) en la fase de presurización cuando el primer reactor de sorción de un segundo grupo está en la fase de despresurización y estando dicho primer reactor de sorción (Ads1) del segundo grupo (38) en la fase de presurización cuando el primer reactor de sorción del primer grupo está en la fase de despresurización,

estando dicho sistema térmico caracterizado por que cada reactor incluye un dispositivo de circulación de fluido caloportador unido a los intercambiadores de calor de los reactores de adsorción del grupo y adecuado para producir selectivamente unas comunicaciones de fluido caloportador entre los intercambiadores de calor (3) para transferir unos flujos de calor entre los reactores de sorción, de modo que el primer reactor de sorción (Ads1) dentro del grupo efectúa en el transcurso del ciclo de funcionamiento un intercambio de calor con el segundo reactor de sorción (Ads2) del grupo para recibir unos flujos de calor desde el segundo reactor de sorción del grupo durante la etapa de presurización y desorción y transferir unos flujos de calor hacia el segundo reactor de sorción (Ads2) durante la etapa de despresurización y de adsorción,

y por qué unos medios de unión obturables (44, 41) están dispuestos entre el recinto (1) del primer reactor de sorción (Ads1) del primer grupo de sorción (37) y el recinto del primer reactor de sorción del segundo grupo de sorción (38) y adecuados para realizar un intercambio de vapor (50) entre el primer reactor de sorción del primer grupo y el primer reactor de sorción del segundo grupo en el transcurso del ciclo de funcionamiento, estando dichos medios de unión obturables (44, 41) abiertos durante la fase de presurización del primer reactor de sorción del primer grupo para recibir vapor del primer reactor de sorción de dicho segundo grupo y/o durante la fase de despresurización del primer reactor de sorción del primer grupo para ceder vapor a dicho primer reactor de sorción del segundo grupo.

10. Sistema térmico de sorción según la reivindicación 9, en el que cada grupo de sorción incluye al menos tres reactores de sorción y en el que el dispositivo de circulación de fluido caloportador es adecuado para producir selectivamente unas comunicaciones de fluido caloportador entre los intercambiadores de calor, de modo que el primero de los reactores de sorción (Ads1) del grupo efectúa al menos cuatro intercambios de calor en el transcurso del ciclo de funcionamiento para recibir unos flujos de calor desde al menos otros dos de los reactores (Ads2, Ads3) del grupo durante la etapa de presurización y desorción y transferir unos flujos de calor hacia al menos otros dos de los reactores del grupo durante la etapa de despresurización y de adsorción,

estando un primer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase anterior de la etapa de despresurización y de adsorción y uno segundo de los reactores (Ads2) en una fase posterior de la etapa de presurización y desorción,

estando un segundo intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase posterior de la etapa de despresurización y de adsorción y uno tercero de los reactores (Ads3) en una fase anterior de la etapa de presurización y desorción,

estando un tercer intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase anterior de la etapa de presurización y desorción y el segundo reactor (Ads2) en una fase posterior de la etapa de despresurización y de adsorción y

estando un cuarto intercambio de calor efectuado entre el primer reactor (Ads1) en una fase posterior de la etapa de presurización y desorción y el tercer reactor (Ads3) en una fase anterior de la etapa de despresurización y de adsorción.

11. Sistema térmico de sorción según la reivindicación 10, en el que cada grupo de sorción (37, 38) incluye tres reactores de sorción (Ads1, Ads2, Ads3) y en el que los medios de unión obturables (44, 41) unen cada reactor de sorción del primer grupo a un reactor respectivo del segundo grupo, de modo que cada reactor de sorción del primer grupo (37) efectúa en el transcurso de su ciclo de funcionamiento un intercambio de vapor con dicho reactor respectivo del segundo grupo (38).
- 5

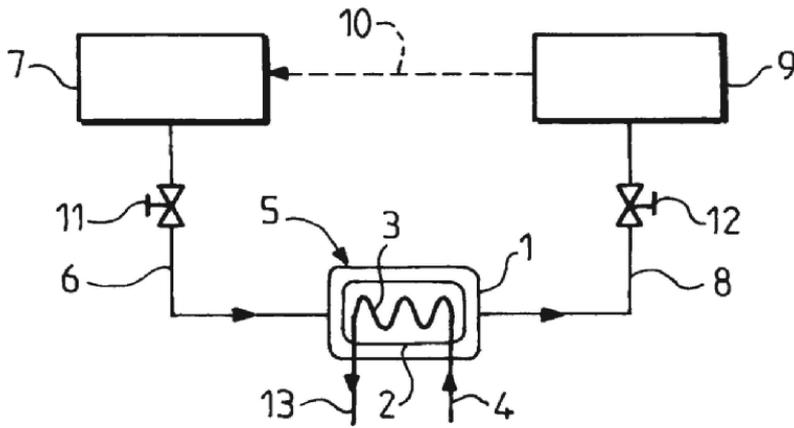


FIG. 1

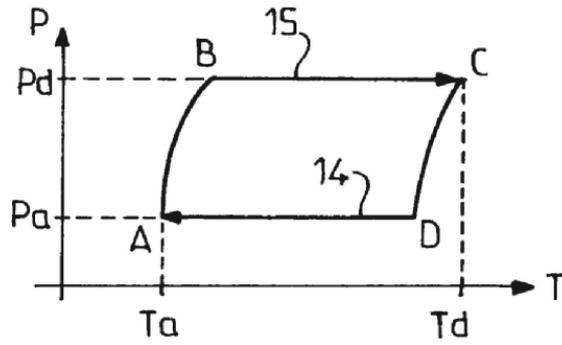


FIG. 2

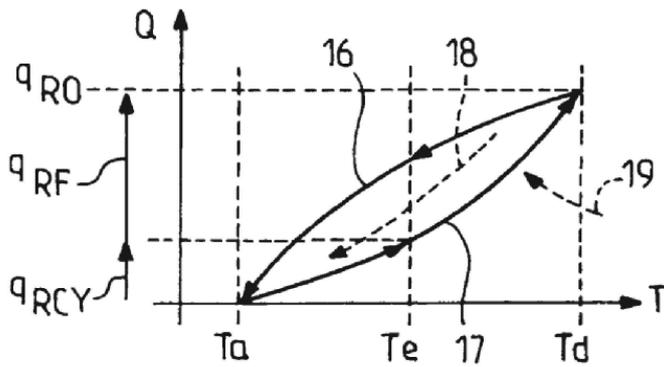


FIG. 3

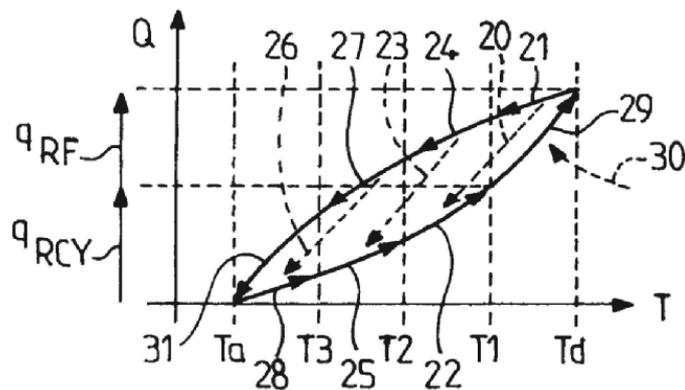


FIG. 4

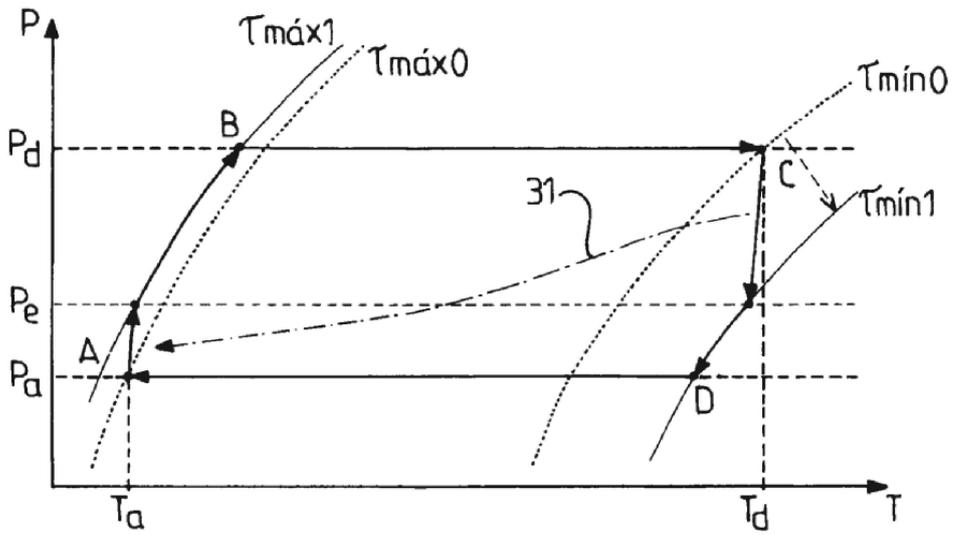


FIG.5

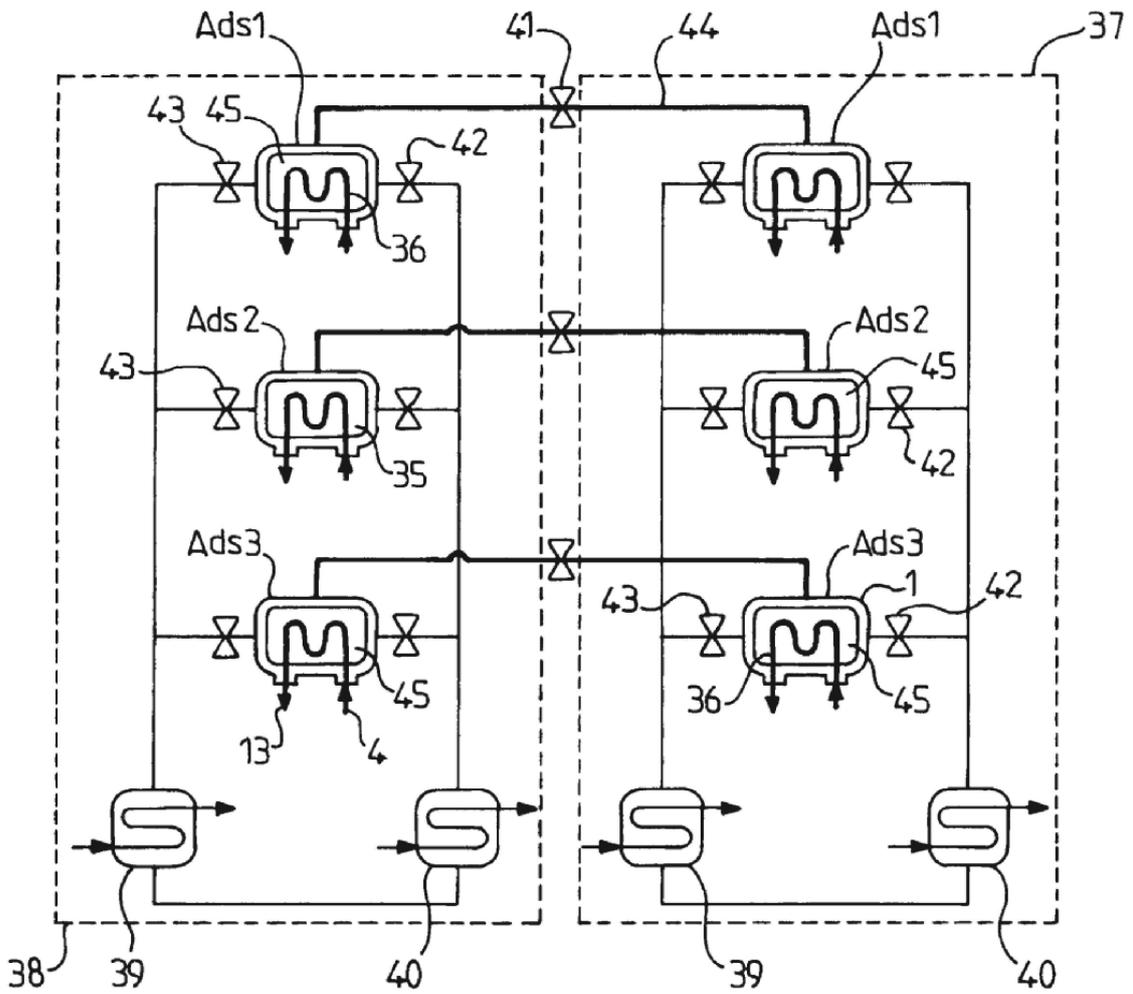


FIG.6

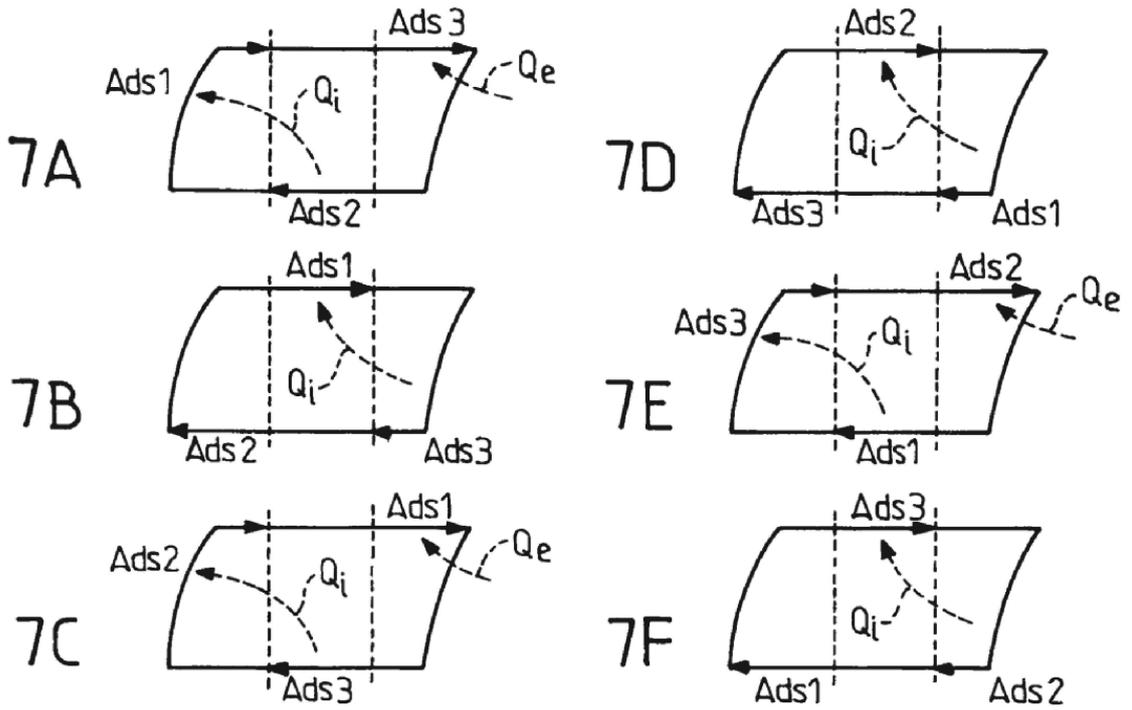


FIG.7

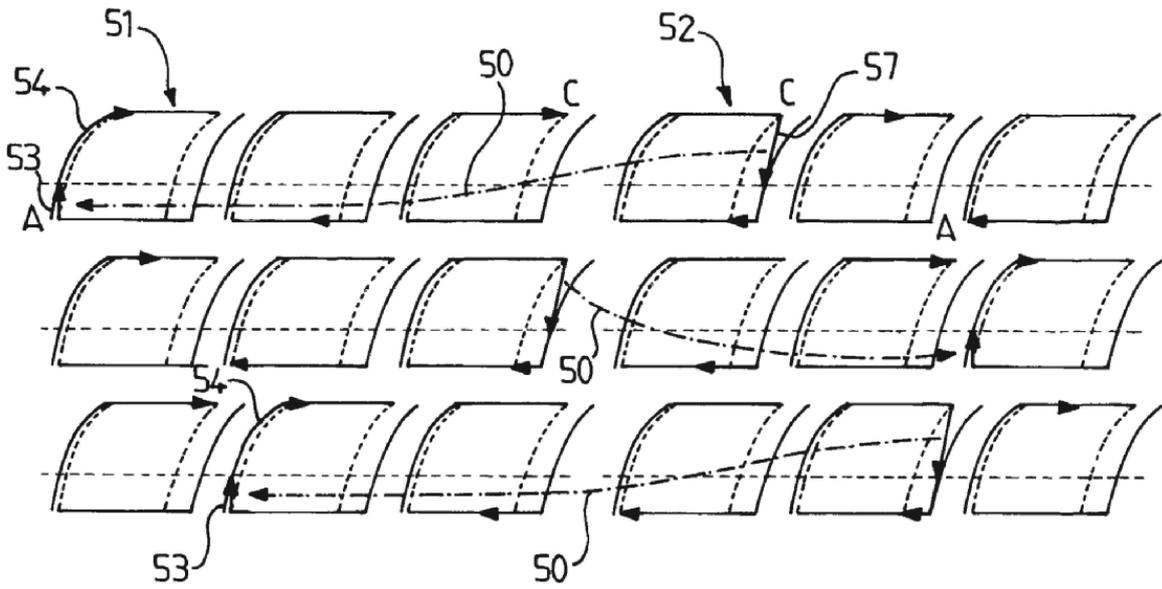


FIG.8