



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 292 845**

51 Int. Cl.:
F25B 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02795829 .7**

86 Fecha de presentación : **11.12.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1454098**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **08.09.2004**

54 Título: **Refrigerador magnético de imanes rotativos.**

30 Prioridad: **12.12.2001 US 340765 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2008

73 Titular/es:
ASTRONAUTICS CORPORATION OF AMERICA
4115 North Teutonia Avenue, P.O. Box 523
Milwaukee, Wisconsin 53201-0523, US

72 Inventor/es: **Zimm, Carl, B.;**
Sternberg, Alexander;
Jastrab, Alexander, G.;
Lawton, Lewis, M., Jr. y
Boeder, Andre, M.

74 Agente: **Pons Ariño, Ángel**

ES 2 292 845 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

Refrigerador magnético de imanes rotativos.

5 Esta invención se refiere en general al campo de la refrigeración magnética y a aparatos de refrigeración regenerativa magnética activa.

10 La refrigeración magnética, que usa materiales magnetocalóricos como elemento de trabajo, promete tratar las importantes limitaciones asociadas con las tecnologías de refrigeración convencionales que usan compresión y expansión de gas. Los materiales magnetocalóricos tienen la propiedad de que su temperatura cambia cuando se aplica un campo magnético. En el caso de un material cerca de una transición de un estado ferromagnético a un estado paramagnético, el material se calentará cuando se magnetice y se enfriará cuando se desmagnetice. La refrigeración magnética puede evitar el uso de fluidos volátiles, como los clorofluorocarbonos (CFCs), que pueden perjudicar al medioambiente. La refrigeración magnética puede ser más eficiente energéticamente que las tecnologías de refrigeración convencional. La refrigeración magnética también puede producir temperaturas muy bajas, que pueden posibilitar, por ejemplo, la producción económica de hidrógeno líquido para uso como combustible alternativo para transporte y otras aplicaciones. Por lo tanto, hace tiempo que ha habido motivación para encontrar un aparato efectivo para refrigeración magnética.

20 Muchos refrigeradores magnéticos usan regeneración magnética activa como principio de funcionamiento. El término activa significa que se aplica un campo magnético a un material magnetocalórico y luego se suprime. Un regenerador es un dispositivo térmico que transfiere calor dentro de un medio de transferencia de calor durante una etapa de un ciclo regenerativo, y luego transfiere calor de ese medio de transferencia de calor durante una fase opuesta del ciclo regenerativo. Regeneración magnética activa se refiere a un regenerador que aplica un campo magnético variable en el tiempo y flujo alternativo de un medio de transferencia de calor a un contenedor alargado de materiales magnetocalóricos, para producir un gradiente de temperatura a lo largo del contenedor de materiales magnetocalóricos y para posibilitar la transferencia de calor hacia el interior y el exterior del medio de transferencia de calor. La regeneración magnética activa puede usarse en un refrigerador magnético, para proporcionar enfriamiento, o en una bomba de calor, para proporcionar calentamiento.

30 En un dispositivo regenerador magnético activo típico, un lecho de material magnetocalórico que es poroso a un fluido de transferencia de calor está conectado a dos intercambiadores de calor, con mecanismos provistos para magnetizar y desmagnetizar el lecho, y para efectuar el flujo alternativo de fluido a través del lecho de material magnetocalórico desde un intercambiador de calor hasta el otro. Un dispositivo regenerador magnético activo típico normalmente realiza cuatro operaciones básicas: (1) magnetización del lecho, que incrementa la temperatura del material magnetocalórico en el lecho por el efecto magnetocalórico; (2) transferencia de fluido en el lado frío hacia la dirección del lado caliente, con fluido calentado fluyendo del lecho a un intercambiador de calor del lado caliente, donde puede liberarse el calor; (3) desmagnetización del lecho, que reduce la temperatura del material magnetocalórico en el lecho por el efecto magnetocalórico; y (4) transferencia de fluido en el lado caliente hacia la dirección de lado frío, con fluido enfriado fluyendo del lecho a un intercambiador de calor del lado frío, donde puede absorberse calor.

40 El documento US-A-5091361 desvela un aparato de transferencia de calor que usa refrigeración magnética.

La invención está definida en las reivindicaciones.

45 De acuerdo con la presente invención, un aparato de refrigeración magnética tiene un lecho regenerador magnético que contiene material magnetocalórico, un imán, y un medio para mover el imán en un recorrido adyacente al lecho regenerador magnético, por medio del cual el movimiento del imán produce una variación de intensidad de campo magnético en el lecho regenerador magnético, que a su vez conduce a una variación de temperatura del material magnetocalórico.

50 En un aspecto de la invención, el lecho regenerador magnético está compuesto de una pluralidad de compartimentos dispuestos en un anillo, y un imán está conectado a un montaje rotativo que mueve el imán en un recorrido alrededor del anillo.

55 En una realización de la invención, un aparato de transferencia de calor comprende un contenedor anular que incluye una pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos, un imán montado para rotación alrededor del eje central del contenedor anular, un intercambiador de calor, y una válvula. Cada compartimento regenerador magnético tiene un lado caliente y un lado frío, y cada compartimento regenerador magnético contiene material magnetocalórico que permite el flujo de fluido de transferencia de calor a través de tal material magnetocalórico. La válvula tiene una abertura axial y una pluralidad de aberturas radiales. La abertura axial de la válvula está conectada por una tubería al intercambiador de calor caliente, y cada abertura radial de la válvula está conectada por una tubería al lado caliente de un compartimento regenerador magnético. La rotación del imán produce una variación cíclica de intensidad de campo magnético en los compartimentos regeneradores magnéticos. La variación de intensidad de campo magnético causa una variación cíclica de temperatura del material magnetocalórico en los compartimentos regeneradores magnéticos. La válvula se usa para hacer que el fluido de transferencia de calor fluya desde los compartimentos regeneradores magnéticos hacia y desde el intercambiador de calor en el momento apropiado para explotar la variación cíclica de temperatura de un material magnetocalórico para transferencia de calor.

ES 2 292 845 T3

En otra realización de la invención, un aparato de transferencia de calor incluye una disposición anular de una pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos que contienen material magnetocalórico, un imán montado para rotación alrededor del eje central de la disposición anular de compartimentos regeneradores magnéticos, y una válvula que tiene una abertura axial, un montaje interior rotativo, y una pluralidad de aberturas radiales, en el que el montaje interior rotativo rota sincrónicamente con la rotación del imán para conectar el flujo de fluido de transferencia de calor entre la abertura axial y una o más de las aberturas radiales.

Un refrigerador magnético de imán rotativo según tal realización preferida de la invención tiene varias características deseables. La entrada de trabajo al dispositivo es por medio de movimiento circular que puede ser a velocidad constante. Las fuerzas están bien equilibradas, de manera que la fuerza de accionamiento neta es principalmente la necesaria para accionar el procedimiento de refrigeración, y esta fuerza es casi constante. Se produce flujo alternativo en el material magnetocalórico, permitiendo que se lleven a cabo ciclos regenerativos, y aún se minimizan los efectos de volumen muerto en los intercambiadores de calor o entre el material magnetocalórico y los intercambiadores de calor. Por último, las obturaciones usadas en la válvula pueden ser de diseño sencillo, están expuestas a desgaste mínimo, y generan fricción mínima.

Nuevos objetos, características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se tome conjuntamente con los dibujos acompañantes, en los que:

La Fig. 1 es una vista en planta de un refrigerador magnético de imanes rotativos de acuerdo con la invención.

La Fig. 2 es una vista en planta de un compartimento ejemplar que contiene material magnetocalórico.

La Fig. 3 es una vista en planta del refrigerador magnético de imanes rotativos de la Fig. 1, con los componentes de fluido de transferencia de calor eliminados.

La Fig. 4 es una vista en planta de los componentes de fluido de transferencia de calor en el refrigerador magnético de imanes rotativos de la Fig. 1.

La Fig. 5 es una vista de la sección transversal del refrigerador magnético tomada en general a lo largo de las líneas 5-5 de la Fig. 1.

La Fig. 6 es una vista de la sección transversal de un imán ejemplar para uso en el refrigerador magnético de la Fig. 1.

La Fig. 7 es una vista de la sección transversal de una válvula ejemplar para uso en el refrigerador magnético de la Fig. 1.

Una realización preferida de un refrigerador de imanes rotativos según la invención, indicado en general por 10, usa un contenedor estacionario anular (en forma de anillo) 11 de material magnetocalórico 12 separado en varios compartimentos 13 (en la Fig. 1 se muestran 12 compartimentos) por límites radiales 14, según se ilustra en las Figs. 1-3. Estos límites radiales 14 impiden el flujo de fluido y calor. Cada compartimento 13 tiene un lado frío 15 y un lado caliente 16, y el material magnetocalórico 12 que hay en el mismo es poroso al flujo de fluido, permitiendo que se haga fluir fluido de transferencia de calor 17 alternativamente del lado frío 15 al lado caliente 16, o del lado caliente 16 al lado frío 15.

Tal como se muestra mejor en las Figs. 2 y 4, cada compartimento 13 tiene un par de aberturas para acceso de fluido y tuberías asociadas en su lado frío 15 que incluyen una tubería de entrada del lado frío 21 conectada a una abertura de entrada del lado frío 22 y una abertura de salida del lado frío 24 conectada a una tubería de salida del lado frío 23, y un par de aberturas para acceso de fluido y tuberías asociadas en su lado caliente 16, compuestas de una tubería de entrada del lado caliente 31 y una abertura de entrada del lado caliente 32 y una abertura de salida del lado caliente 34 y una tubería de salida del lado caliente 33.

Uno o más imanes 40 están montados para movimiento circular para permitir que sean accionados circularmente alrededor del contenedor anular estacionario 1 de material magnetocalórico 12. Tal como se muestra mejor en la Fig. 5, cada imán 40 puede estar montado en una montura magnética rotativa 43, que puede ser accionada por un motor 44. Tal como se aprecia mejor en la Fig. 6, cada imán 40 puede tener caras opuestas 53 que concentran el flujo magnético a través de un compartimento 13 que contiene material magnetocalórico 12. Tal como se muestra mejor en las Figs. 5 y 6, el imán 40 es un imán permanente que puede estar compuesto de una o más secciones magnetizadas permanentemente 41 y una o más secciones de hierro 42.

Tal como se muestra mejor en la Fig. 3, el diseño del imán es de manera que el flujo que sale de los imanes 40 a través de las caras 53 se concentra en uno o más compartimentos 13 que están en zonas 50 que son las más cercanas a los imanes 40, mientras que casi no entra flujo en aquellos compartimentos 13 que están en zonas 51 que están lejos de los imanes 40. Un nivel intermedio de flujo puede entrar en compartimentos 13 que están en zonas 52 que están a una distancia intermedia de los imanes 40. El movimiento de los imanes 40 produce así una variación cíclica de intensidad de campo magnético en cada compartimento 13, lo que a su vez conduce a variación cíclica de temperatura del material magnetocalórico 12 por medio del efecto magnetocalórico. En un momento dado, aquellos

ES 2 292 845 T3

compartimentos 13 que están en zonas 51 estarán en un campo relativamente bajo, y aquellos compartimentos 13 que están en zonas 52 estarán en un campo de intensidad intermedia.

Tal como se muestra mejor en la Fig. 4, una bomba de fluido de transferencia de calor 60, que puede hacerse funcionar a velocidad constante, está conectada a un circuito de flujo de fluido compuesto de un fluido de transferencia de calor 17 que llena el circuito, un intercambiador de calor caliente 62, un intercambiador de calor frío 63, varias válvulas 71-74, los compartimentos 13, y tuberías y aberturas de conexión. En las Figs. 1 y 4 sólo se muestra un sexto de las tuberías asociadas con los lechos.

Tal como se muestra mejor en la Fig. 5, el motor 44 puede incluir un árbol motor 45. Una polea de accionamiento de la bomba 46 puede estar conectada al árbol motor 45, y puede usarse una correa de transmisión de la bomba 61 para accionar la bomba de fluido de transferencia de calor 60. Un reductor de velocidad 47 que incluye un árbol reductor de velocidad 48 también puede estar conectado al árbol motor 45. Tal como se muestra mejor en las Figs. 1 y 5, una polea de accionamiento de válvula 49 puede estar conectada al árbol reductor de velocidad 48, y puede usarse una correa de transmisión de válvulas 75 para accionar las válvulas 71-74.

Tal como se muestra mejor en las Figs. 1 y 4, en el momento en que los imanes 40 están colocados sobre los compartimentos 13 que están situados en las zonas 50, las válvulas 71-74 están puestas en posiciones de manera que el fluido de transferencia de calor 17 que entra en la válvula 73 a través de la abertura axial 76 desde la tubería 83 es dirigido por la válvula 73 a través de una abertura radial 77 a tuberías de entrada del lado frío 21 y aberturas de entrada del lado frío 22 a los compartimentos 13 que están en zonas 50 con campo magnético alto, donde el fluido de transferencia de calor 17 es calentado por el material magnetocalórico 12, después a través de aberturas de salida del lado caliente 34 y tuberías de salida del lado caliente 33 a una abertura radial 77 en la válvula 71, desde allí a través de la abertura axial 76 a la tubería 81 a la bomba de fluido 60, después a través de la tubería 85 al intercambiador de calor caliente 62, donde el calor se emite al medio ambiente.

Tal como se muestra mejor en las Figs. 1 y 6, el fluido de transferencia de calor sale del intercambiador de calor caliente 62 y después pasa a través de la tubería 82 a la abertura axial 76 en la válvula 72, donde el fluido de transferencia de calor 17 es dirigido a través de una abertura radial 77 a tuberías de entrada del lado caliente 31 y aberturas de entrada del lado caliente 32 a los compartimentos 13 que están en zonas 51 con campo magnético bajo, donde es enfriado el fluido de transferencia de calor 17, y después a través de aberturas de salida del lado frío 24 y tuberías de salida del lado frío 23 a una abertura radial 77 en la válvula 74, desde allí a través de la abertura axial 76 y a través de la tubería 84 al intercambiador de calor frío 63, donde es enfriada la carga térmica.

A medida que el imán o imanes 40 se mueven alrededor del contenedor anular estacionario 11, diferentes compartimentos 13 son expuestos a campo magnético alto y bajo, y el ajuste de las válvulas 71-74 y por lo tanto el flujo en las tuberías y en los compartimentos 13, son cambiados en consecuencia. Las válvulas 71-74 se ajustan de manera que el flujo de fluido de transferencia de calor 17 en los intercambiadores de calor caliente y frío 62-63, y en cada tubería 81-85 entre la bomba de fluido 60, las válvulas 71-74 y los intercambiadores de calor 62-63 es en una sola dirección. Por otra parte, el flujo de fluido de transferencia de calor 17 en las tuberías entre los compartimentos 13 y los intercambiadores de calor 62-63 se ajusta de manera que el flujo en cada tubería es en una dirección única, o es cero.

Mediante ajuste correcto de las válvulas 71-74 es posible así evitar los efectos de volumen muerto en los intercambiadores de calor 62-63 o las tuberías que van a los intercambiadores de calor 62-63 asegurando el flujo unidireccional en todas partes excepto dentro de los compartimentos 13, donde se produce flujo inverso sincronizado correctamente. Las únicas obturaciones 78 que están expuestas a superficies móviles, y que por lo tanto generan posiblemente calentamiento por fricción, están en las válvulas 71-74 y quizá la bomba 60. Estas obturaciones son compactas y están expuestas a velocidades superficiales relativamente bajas.

Existen diversas posibilidades en relación con realizaciones alternativas de un aparato de refrigeración magnética según la invención.

En la realización descrita anteriormente, se usan dos imanes 40, y el flujo procedente del intercambiador de calor frío 63 es dirigido a un solo par de compartimentos 13 en las zonas 50 con campo magnético alto a través de una sola abertura de la válvula 73, pero esto no es necesario. Los imanes 40 pueden proyectar un campo magnético alto sobre más de un par de compartimentos 13 en un momento dado, en cuyo caso es ventajoso para el flujo procedente del intercambiador de calor frío 63 que sea dirigido simultáneamente a más de un par de compartimentos 13. Esto puede hacerse con el mismo sistema de tuberías que el descrito anteriormente cambiando las válvulas 71-74 de manera que se produzca flujo simultáneamente a través de múltiples aberturas radiales 77. Las válvulas 71-74 pueden también pueden estar construidas de manera que el flujo hacia una abertura radial dada 77 se abre gradualmente, lo cual puede hacerse que se produzca en sincronía con un aumento o disminución gradual del campo magnético en el compartimento 13 correspondiente. Un sistema de flujo similar al descrito anteriormente tiene capacidad para un número diferente de imanes 40 o un número diferente de compartimentos 13, pero con una disposición diferente de válvulas y tuberías. Las válvulas 71-74 pueden ser válvulas de múltiples posiciones, válvulas de dos posiciones, o una combinación de válvulas de múltiples posiciones y válvulas de retención.

Aunque en una realización preferida puede usarse un aparato según la invención como refrigerador magnético, son posibles otras aplicaciones del aparato. Por ejemplo, el aparato puede funcionar como bomba de calor para proporcionar calentamiento conectando el intercambiador de calor caliente 62 al cuerpo que ha de ser calentado, y conectando el intercambiador de calor frío 63 al medio ambiente. Igualmente, el aparato puede usarse en un acondicionador de aire para proporcionar enfriamiento residencial, o en cualquier aplicación que utilice transferencia de calor para proporcionar un resultado útil. También pueden usarse aberturas de flujo, intercambiadores de calor o bombas adicionales.

Aunque en una realización preferida los compartimentos 13 con aberturas como los analizados anteriormente proporcionan flujo de fluido en una dirección circunferencial, tal como se muestra mejor en las Figs. 1, 2 y 4, esto no es necesario. Alternativamente, el contenedor anular estacionario 11 puede tener compartimentos 13 que estén contruidos para flujo radial o axial. El material magnetocalórico 12 debe ser poroso para fluir, pero puede ser en forma de partículas, u hojas delgadas, u otras geometrías de gran área superficial, que puedan ser empaquetadas en contacto físico simple, o aglomeradas entre sí. Si se usan partículas sueltas, puede impedirse que escapen del compartimento mediante el uso de tamices u hojas finamente perforadas que cubran las aberturas de entrada y salida.

Aunque en una realización preferida se usa un líquido como fluido de transferencia de calor, pueden usarse otros medios para transferencia de calor. Por ejemplo, podría usarse un gas como medio de transferencia de calor, solo o en combinación con un líquido.

Aunque en una realización preferida se usa un contenedor estacionario anular (en forma de anillo) 11 de material magnetocalórico 12 separado en varios compartimentos 13, podrían usarse otras disposiciones de material magnetocalórico 12. Por ejemplo, el contenedor 11 de material magnetocalórico 12 puede estar formado como un disco que no tiene orificio central. Podría haber un mayor o menor número de compartimentos, puede haber separaciones en el contenedor 11 entre los compartimentos 13 que contienen material magnetocalórico 12, o puede haber partes del contenedor 11 que no contengan material magnetocalórico 12. El contenedor 11 puede estar compuesto de una pluralidad de segmentos, o formar un polígono que se aproxime a una forma anular.

Aunque en una realización preferida se usan dos imanes compuestos de múltiples secciones de imán y múltiples secciones de hierro, podrían usarse otras disposiciones de imanes. Por ejemplo, podría haber un mayor o menor número de secciones de imán, o un mayor o menor número de secciones de hierro, o un mayor o menor número de imanes.

Aunque en una realización preferida el material magnetocalórico está cerca de una transición ferromagnética a paramagnética, en cuyo caso el material se calienta cuando se magnetiza y se enfría cuando se desmagnetiza, pueden usarse otros tipos de materiales magnetocalóricos que se enfrían cuando se magnetizan y se calientan cuando se desmagnetizan. En el segundo caso, las direcciones de flujo de fluido en los compartimentos magnetizados y desmagnetizados serían en el sentido inverso al descrito anteriormente.

Se comprende que la invención no está limitada a las realizaciones particulares expuestas como ilustrativas en este documento, sino que abarca todas las formas de la misma tales que entran dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

Antecedentes citados en la descripción

La lista de la antecedentes citados por el solicitante es sólo por conveniencia del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. Aun cuando se ha tenido mucho cuidado al recopilar los antecedentes, no pueden excluirse errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes renuncia a toda responsabilidad en este aspecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 5091361 A [0005]

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de transferencia de calor (10) que comprende:

- 5 (a) un contenedor anular (11) que tiene un eje central, y que incluye una pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos (13), conteniendo cada compartimento regenerador magnético material magnetocalórico (12) que permite el flujo de fluido de transferencia de calor (17) a través de tal material magnetocalórico, y teniendo cada compartimento regenerador magnético (13) un lado caliente (16) y un lado frío (15);
- 10 (b) un imán (40) montado para rotación alrededor del eje central del contenedor anular (11), proporcionando el imán (40) un campo magnético que en una primera posición rotacional pasa una intensidad de campo magnético relativamente alta a través de un primer compartimento regenerador magnético en la pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos y pasa una intensidad de campo magnético relativamente
- 15 baja a través de un segundo compartimento regenerador magnético en la pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos, en el que en una segunda posición rotacional el imán pasa una intensidad de campo magnético relativamente baja a través del primer compartimento regenerador magnético y pasa una intensidad de campo magnético relativamente alta a través del segundo compartimento regenerador magnético;
- 20 (c) un intercambiador de calor caliente (62) para extraer calor de dicho fluido de transferencia de calor (17); y
- 25 (d) una válvula (71) para dirigir el flujo de fluido de transferencia de calor (17), teniendo dicha válvula (71) una primera abertura (77), una segunda abertura (77) y una tercera abertura (76), la tercera abertura (76) de la válvula (71) conectada por una primera tubería (81, 85) al intercambiador de calor caliente (62), la primera abertura (77) de la válvula (71) conectada por una segunda tubería (33) al lado caliente (16) del primer compartimento regenerador magnético (13), la segunda abertura de la válvula (77) conectada por una
- 30 tercera tubería (33) al lado caliente (16) del segundo compartimento regenerador magnético (13); estando dispuesta dicha válvula (71) para ser ajustada para asegurar el flujo unidireccional en dicho intercambiador de calor caliente (62).

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el fluido de transferencia de calor (17) fluye circunferencialmente a través del segundo compartimento regenerador magnético (13).

3. Un aparato de transferencia de calor (10) que comprende:

- 35 (a) un contenedor anular (11) que tiene un eje central, y que incluye una pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos (13), conteniendo cada compartimento regenerador magnético material magnetocalórico (12) que permite el flujo de fluido de transferencia de calor (17) a través de tal material magnetocalórico, y teniendo cada compartimento regenerador magnético (13) un lado caliente (16) y un lado frío (15);
- 40 (b) un imán (40) montado para rotación alrededor del eje central del contenedor anular (11), proporcionando el imán (40) un campo magnético que en una primera posición rotacional pasa una intensidad de campo magnético relativamente alta a través de un primer compartimento regenerador magnético en la pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos y pasa una intensidad de campo magnético relativamente
- 45 baja a través de un segundo compartimento regenerador magnético en la pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos, en el que en una segunda posición rotacional el imán pasa una intensidad de campo magnético relativamente baja a través del primer compartimento regenerador magnético y pasa una intensidad de campo magnético relativamente alta a través del segundo compartimento regenerador magnético;
- 50 (c) un intercambiador de calor frío (63) para suministrar calor a dicho fluido de transferencia de calor (17); y
- 55 (d) una válvula (73) para dirigir el flujo de fluido de transferencia de calor (17), teniendo dicha válvula (71) una primera abertura (77), una segunda abertura (77) y una tercera abertura (76), la tercera abertura (76) de la válvula (73) conectada por una primera tubería (83) al intercambiador de calor frío (63), la primera abertura (77) de la válvula (73) conectada por una segunda tubería (21) al lado frío del primer compartimento regenerador magnético (13), la segunda abertura (77) de la válvula (33) conectada por una tercera tubería (21) al lado frío del segundo compartimento regenerador magnético (13); estando dispuesta dicha válvula (71) para ser ajustada para asegurar el flujo unidireccional en dicho intercambiador de calor frío (63).
- 60

4. El aparato de la reivindicación 3, en el que el fluido de transferencia de calor (17) fluye circunferencialmente a través del primer compartimento regenerador magnético.

5. El aparato de la reivindicación 1 ó 3, en el que hay un número par de compartimentos regeneradores magnéticos en la pluralidad de compartimentos regeneradores magnéticos (13).

ES 2 292 845 T3

6. El aparato de la reivindicación 1, 3 ó 5, en el que el lado frío (15) de cada compartimento regenerador magnético es adyacente al lado frío (15) de un compartimento regenerador magnético adyacente, y el lado caliente (16) de cada compartimento regenerador magnético es adyacente al lado caliente (16) de un compartimento regenerador magnético adyacente.

5

7. El aparato de la reivindicación 6, en el que cada compartimento regenerador magnético (13) comprende además una abertura de entrada del lado frío (22), y en el que la abertura de entrada del lado frío (22) de cada compartimento regenerador magnético (13) es adyacente a la abertura de entrada del lado frío (22) de un compartimento regenerador magnético adyacente (13), y la abertura de entrada del lado frío (22) de cada compartimento regenerador magnético (13) está abierta a la abertura de entrada del lado frío adyacente (22) de un compartimento regenerador magnético adyacente (13) para flujo de fluido.

10

8. El aparato de la reivindicación 6, en el que cada compartimento regenerador magnético (13) comprende además una abertura de salida del lado frío (24), y en el que la abertura de salida del lado frío (24) de cada compartimento regenerador magnético es adyacente a la abertura de salida del lado frío (24) de un compartimento regenerador magnético adyacente, y la abertura de salida del lado frío (24) de cada compartimento regenerador magnético está abierta a la abertura de salida del lado frío adyacente (24) de un compartimento regenerador magnético adyacente para flujo de fluido.

15

9. El aparato de la reivindicación 6, en el que cada compartimento regenerador magnético comprende además una abertura de entrada del lado caliente (32), y en el que la abertura de entrada del lado caliente (32) de cada compartimento regenerador magnético es adyacente a la abertura de entrada del lado caliente (32) de un compartimento regenerador magnético adyacente, y la abertura de entrada del lado caliente (32) de cada compartimento regenerador magnético está abierta a la abertura de entrada del lado caliente (32) de un compartimento regenerador magnético adyacente para flujo de fluido.

20

25

10. El aparato de la reivindicación 6, en el que cada compartimento regenerador magnético comprende además una abertura de salida del lado caliente (34), y en el que la abertura de salida del lado caliente (34) de cada compartimento regenerador magnético es adyacente a la abertura de salida del lado caliente (34) de un compartimento regenerador magnético adyacente, y la abertura de salida del lado caliente (34) de cada compartimento regenerador magnético está abierta a la abertura de salida del lado caliente (34) de un compartimento regenerador magnético adyacente para flujo de fluido.

30

11. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha abertura común (76) es una abertura axial.

35

12. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichas primera y segunda aberturas (77) son aberturas radiales.

40

45

50

55

60

65

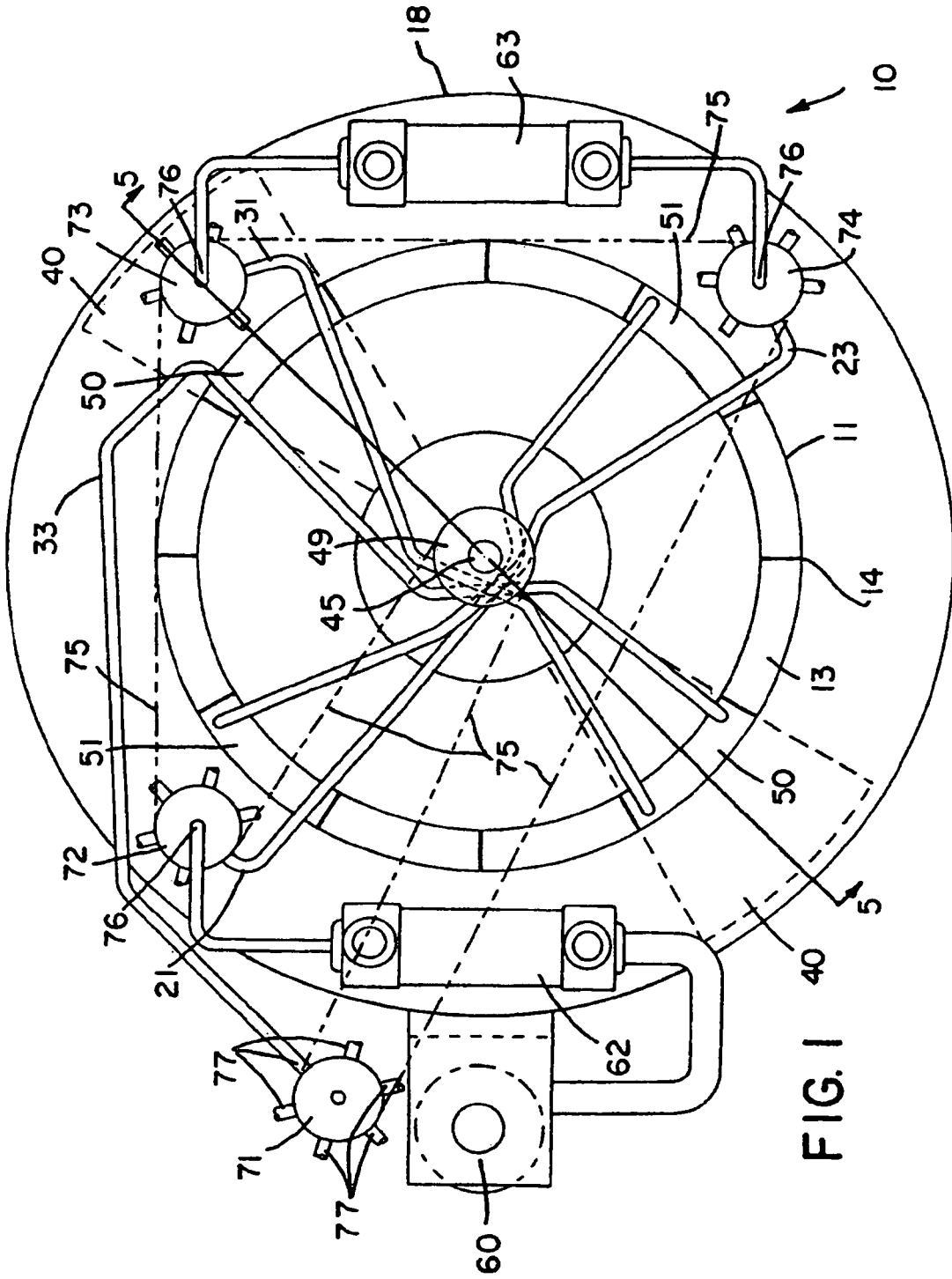


FIG. 1

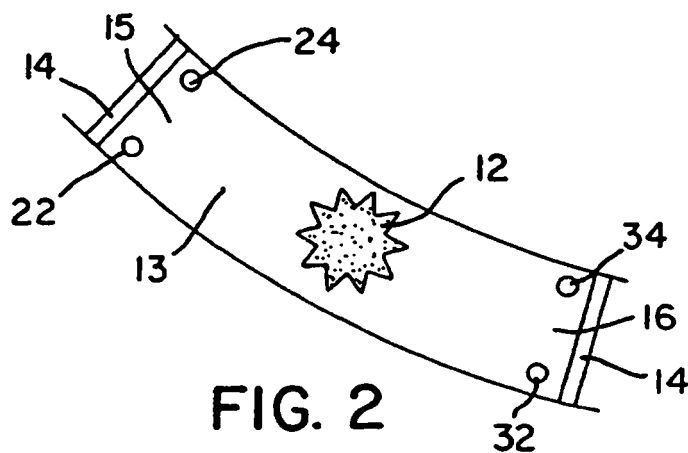


FIG. 2

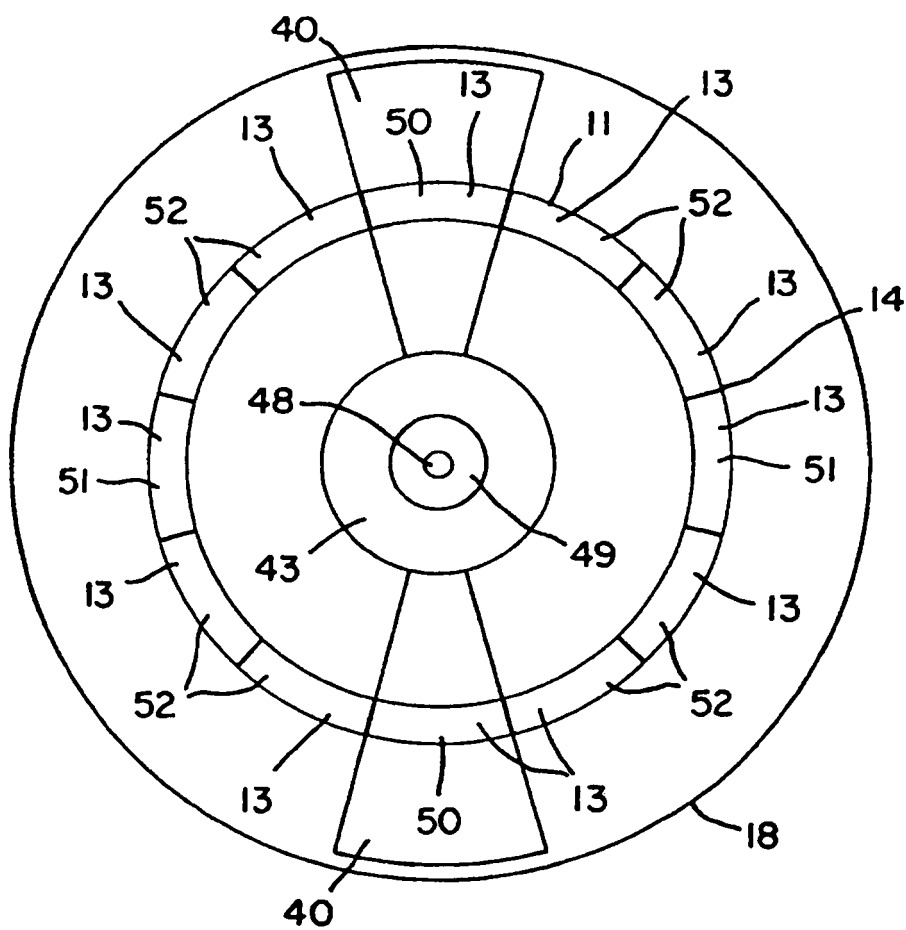


FIG. 3

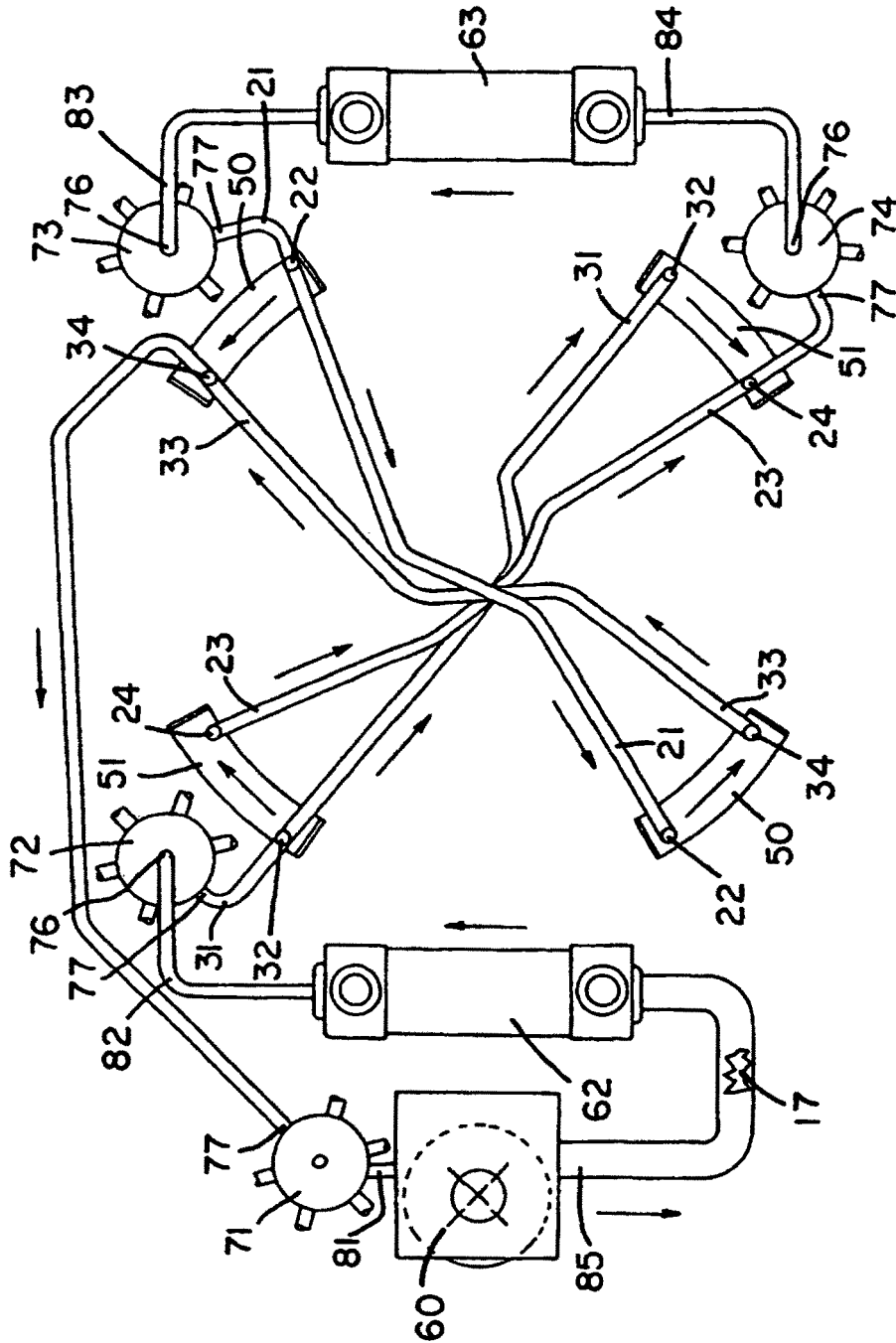


FIG. 4

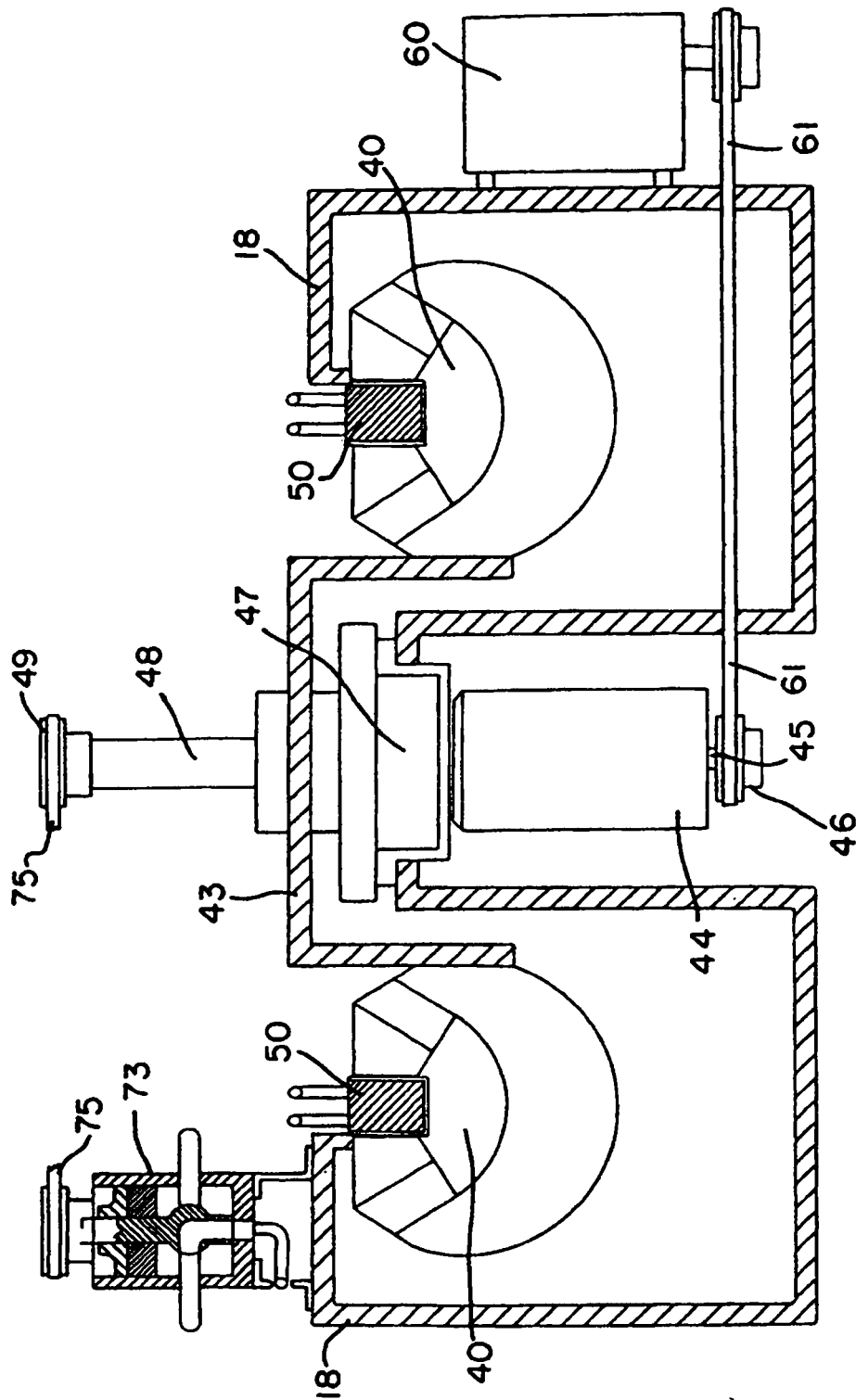


FIG. 5

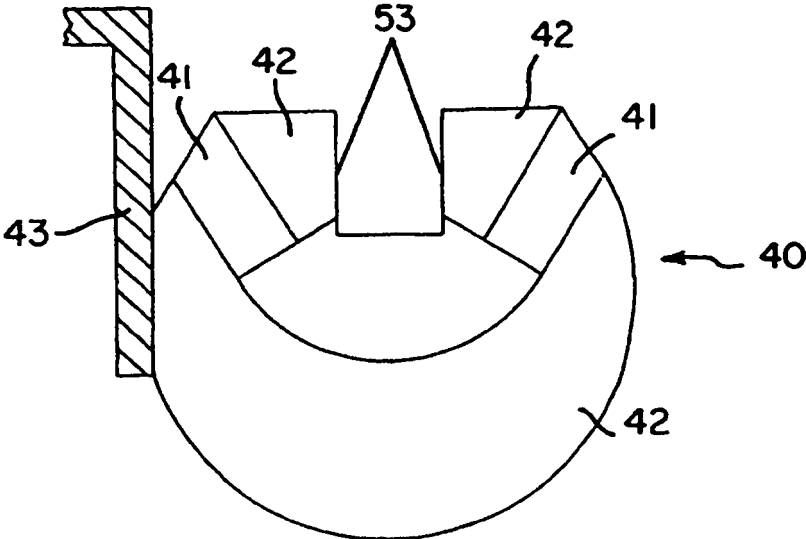


FIG. 6

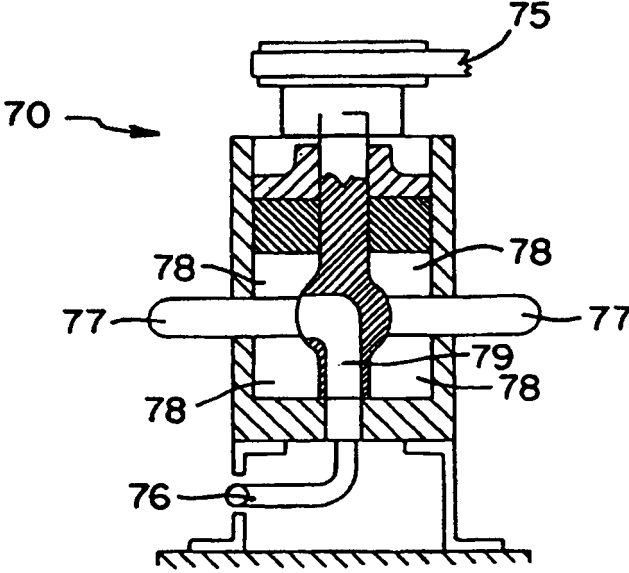


FIG. 7