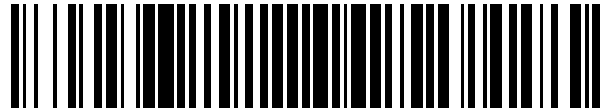


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 904**

51 Int. Cl.:

**F28D 15/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2003 E 03779362 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 1588113**

54 Título: **Sistema de transferencia de calor**

30 Prioridad:

**28.10.2002 US 421737 P**  
**24.06.2003 US 602022**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.04.2014**

73 Titular/es:

**ALLIANT TECHSYSTEMS INC. (100.0%)**  
**5050 Lincoln Drive**  
**Edina, MN 55436 , US**

72 Inventor/es:

**KROLICZEK, EDWARD, J.;**  
**NIKITKIN, MICHAEL y**  
**WOLF, DAVID, A., SR.**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 453 904 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**

Sistema de transferencia de calor

5 Esta descripción se refiere a sistemas termodinámicos que comprenden un sistema de transferencia de calor y un sistema cíclico de intercambio de calor.

10 Los sistemas de transferencia de calor son utilizados para transportar calor de un lugar (la fuente de calor) a otro lugar (el disipador de calor). Los sistemas de transferencia de calor pueden utilizarse en aplicaciones terrestres o extraterrestres. Por ejemplo, los sistemas de transferencia de calor pueden estar integrados por equipos de satélite que funcionan con entornos de gravedad cero o de gravedad reducida. Como otro ejemplo, los sistemas de transferencia de calor pueden utilizarse en equipos electrónicos, que a menudo requieren refrigeración durante el funcionamiento.

15 Las cañerías de calor en bucle (LHP, del inglés Loop Heat Pipes) y los bucles capilares con bomba (CPL, del inglés Capillary Pumped Loops) son sistemas de transferencia de calor bifásicos pasivos. Cada uno incluye un evaporador acoplado térmicamente a la fuente de calor, un condensador acoplado térmicamente al disipador de calor, fluido que fluye entre el evaporador y el condensador, y un depósito de fluido para la expansión del fluido. El fluido en el interior del sistema de transferencia de calor puede denominarse fluido de trabajo. El evaporador incluye una mecha principal y un núcleo que incluye un paso de flujo de fluido. El calor adquirido por el evaporador es transportado al condensador y descargado por el mismo. Estos sistemas utilizan presión capilar desarrollada en una mecha de poros finos dentro del evaporador, para fomentar la circulación del fluido de trabajo desde el evaporador al condensador y de nuevo al evaporador. La característica distintiva principal entre un LHP y un CPL es la posición del depósito del bucle, que se utiliza para almacenar el exceso de fluido desplazado desde el bucle durante el funcionamiento. En general, el depósito de un CPL está situado remotamente respecto del evaporador, mientras que el depósito de un LHP está situado conjuntamente con el evaporador.

30 El documento EP-A-0210337 da a conocer un evaporador asistido por capilaridad para la absorción de calor y para el transporte de un medio de transferencia de calor, desde una fuente de calor hasta un disipador de calor.

35 El documento WO 2004/031675, que se presentó antes pero se publicó después de la fecha de presentación de la presente solicitud y, por lo tanto, es técnica anterior según el artículo 54(3) EPC, se refiere a un evaporador para un sistema de transferencia de calor. El evaporador incluye una pared calentada, una pared de barrera contra el líquido que contiene fluido de trabajo, una mecha principal, un canal de evacuación de vapor situado en una interfaz entre la mecha principal y la pared calentada, y un canal de flujo de líquido situado entre la pared de barrera contra el líquido y la mecha principal.

40 La invención da a conocer un sistema termodinámico según la reivindicación 1. A continuación se exponen características preferidas de la invención.

45 Las implementaciones pueden incluir uno o varios de los siguientes aspectos. Por ejemplo, el condensador incluye una entrada de vapor y una salida de líquido, y el sistema de transferencia de calor incluye una tubería de vapor que proporciona comunicación de fluido entre la salida de vapor y la entrada de vapor, y una tubería de retorno de líquido que proporciona comunicación de fluido entre la salida de líquido y la entrada de líquido.

50 El evaporador incluye una pared de barrera contra el líquido que contiene fluido de trabajo en un lado interior de la pared de barrera contra el líquido, fluido de trabajo que fluye solamente a lo largo del lado interior de la pared de barrera contra el líquido, en el que la mecha principal está situada entre la pared calentada y el lado interior de la pared de barrera contra el líquido; un canal de evacuación de vapor que está situado en una interfaz entre la mecha principal y la pared calentada, extendiéndose el canal de evacuación de vapor hasta una salida de vapor; y un canal de flujo de líquido situado entre la pared de barrera contra el líquido y la mecha principal, el canal de flujo de líquido recibiendo líquido desde una entrada de líquido.

55 El fluido de trabajo es desplazado pasivamente a través del sistema de transferencia de calor.

El fluido de trabajo es desplazado a través del sistema de transferencia de calor sin la utilización de bombeo externo.

60 El fluido de trabajo en el interior del sistema de transferencia de calor cambia entre líquido y vapor cuando el fluido de trabajo atraviesa o se encuentra dentro de uno o varios del evaporador, el condensador, la tubería de vapor y la tubería de retorno de líquido.

El fluido de trabajo es desplazado a través del sistema de transferencia de calor con la utilización de la mecha.

65 El sistema de transferencia de calor incluye además aletas acopladas térmicamente con el condensador para descargar calor al entorno ambiental.

- 5 En otro aspecto general, el sistema termodinámico incluye el sistema cíclico de intercambio de calor y el sistema de transferencia de calor acoplado a sistema cíclico de intercambio de calor para refrigerar la parte del sistema cíclico de intercambio de calor. El sistema de transferencia de calor incluye un evaporador que incluye una pared configurada para estar acoplada a una parte del sistema cíclico de intercambio de calor, y una mecha principal acoplada a la pared y un condensador acoplado al evaporador para formar un bucle cerrado que aloja un fluido de trabajo.
- 10 Las implementaciones pueden incluir una o varias de las siguientes características. El evaporador está acoplado térmicamente a la parte del sistema cíclico de intercambio de calor. El sistema cíclico de intercambio de calor incluye un sistema de intercambio de calor de Stirling. El sistema cíclico de intercambio de calor incluye un sistema de refrigeración. El sistema de transferencia de calor está acoplado a un lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor. El sistema de transferencia de calor del sistema termodinámico está acoplado a un lado frío del sistema cíclico de intercambio de calor.
- 15 El evaporador puede utilizarse en cualquier sistema de transferencia de calor bifásico utilizado en aplicaciones terrestres o extraterrestres. Por ejemplo, el sistema de transferencia de calor puede utilizarse en equipamiento electrónico, que a menudo requiere refrigeración durante el funcionamiento, o en aplicaciones de diodos láser.
- 20 El evaporador anular puede utilizarse en cualquier sistema de transferencia de calor en el que la fuente de calor esté formada como una superficie cilíndrica.
- 25 El sistema de transferencia de calor puede aprovechar la gravedad cuando se utiliza en aplicaciones terrestres, constituyendo de ese modo un LHP adecuado para producción en masa. Las aplicaciones terrestres imponen a menudo la orientación de las superficies de adquisición de calor y el disipador de calor; el evaporador anular utiliza las ventajas del funcionamiento en gravedad.
- 30 El sistema de transferencia de calor proporciona un sistema eficiente térmica y espacialmente para refrigerar un sistema cíclico de intercambio de calor, debido a que el evaporador del sistema de transferencia de calor está acoplado térmica y espacialmente a una parte del sistema cíclico de intercambio de calor que está siendo refrigerada mediante el sistema de transferencia de calor. La utilización del sistema de transferencia de calor permite la explotación de sistemas cilíndricos de intercambio cíclico de calor, que pueden ser utilizados en una aplicación comercialmente práctica para la refrigeración de armarios.
- 35 La incorporación integral del evaporador que no está dentro del alcance de la presente invención o el condensador con la fuente de calor del sistema cíclico de intercambio de calor puede minimizar el tamaño de empaquetamiento. Por otra parte, si el evaporador o el condensador están montados mediante abrazadera en la fuente de calor, se facilita la instalación y la sustitución de piezas.
- 40 El sistema de transferencia de calor se utiliza para refrigerar un sistema cíclico de intercambio de calor que tiene una geometría cilíndrica, tal como, por ejemplo, un ciclo de Stirling de pistones libres. Un sistema de transferencia de calor proporciona una conexión eficiente de tuberías de fluido (una fase de vapor y un conector de tubería de retorno de líquido subenfriado) hacia y desde un conjunto de condensador anular empaquetado eficiente y homogéneamente.
- 45 El sistema de transferencia de calor incorpora un condensador que está empaquetado eficientemente como un condensador de placa plana que adopta la forma de secciones anulares, a las que están acoplados elementos superficiales extendidos de intercambio de calor por aire, tales como material de aletas onduladas.
- 50 El sistema de transferencia de calor combina mecanismos eficientes de transferencia de calor (evaporación y condensación) para acoplar el fluido del ciclo de Stirling (helio) al disipador final de calor (aire ambiental). Por consiguiente, se da a conocer una mejora significativa de la eficiencia del ciclo de Stirling (por ejemplo, de hasta el 50%).
- 55 El evaporador y el condensador del sistema de transferencia de calor pueden ser diseñados y optimizados independientemente. Esto permite multitud de opciones de acoplamiento al sistema cíclico de intercambio de calor. Además, el sistema de transferencia de calor es insensible a la orientación de la gravedad debido a que está incorporada una mecha en el evaporador.
- 60 El sistema de transferencia de calor proporciona refrigeración eficiente a un armario, tal como un refrigerador o una máquina expendedora, en un espacio reducido y a un coste aceptable comercialmente.
- 65 El evaporador anular está ajustado mediante interferencia en un sistema cíclico de intercambio de calor para proporcionar un montaje sencillo con eficiencia térmica mejorada.
- El sistema de transferencia de calor incluye un condensador que tiene partes anulares interiores y exteriores con aletas, para proporcionar una transferencia de calor eficiente al aire, ocupando un espacio reducido. El condensador

puede estar soldado por laminación o formado por exclusión.

5 Una cañería de calor en bucle puede proporcionar un empaquetamiento eficiente con un refrigerador cilíndrico mediante adaptar la geometría cilíndrica tradicional de un evaporador LHP en una geometría plana de "placa plana" que puede enrollarse en una forma anular.

10 El empaquetamiento del sistema de transferencia de calor se describe con respecto a unas pocas implementaciones a modo de ejemplo, pero no pretende limitarse a dichas implementaciones a modo de ejemplo. Aunque se describe con respecto a su utilización para refrigerar un armario, tal como un refrigerador doméstico, una máquina expendedora o una unidad de refrigeración de punto de venta, un experto en la materia reconocerá las muchas otras aplicaciones útiles de una unidad de refrigeración compacta, eficiente energéticamente y respetuosa con el medio ambiente, que utiliza el sistema de transferencia de calor que se describe en el presente documento.

15 Otras características y ventajas resultarán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

A continuación se describirán ciertas realizaciones preferidas, solamente a modo de ejemplo, y haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

20 La figura 1A es un diagrama de un evaporador principal de tres puertos.

La figura 1B es una vista en sección transversal del evaporador principal, tomada a lo largo de la línea 5B-5B de la figura 1A.

25 La figura 2 es una vista en sección transversal de un evaporador plano, que no forma parte de una realización de la invención reivindicada.

La figura 3 es una vista en sección transversal del evaporador anular.

30 La figura 4 es una vista en sección transversal radial del evaporador anular de la figura 3.

La figura 5 es una vista, a mayor escala, de una parte de la vista en sección transversal radial del evaporador anular de la figura 4.

35 La figura 6A es una vista en perspectiva del evaporador anular de la figura 3.

La figura 6B es una vista superior y parcialmente recortada, del evaporador anular de la figura 6A.

La figura 6C es una vista en sección transversal, a mayor escala, de una parte del evaporador anular de la figura 6B.

40 La figura 6D es una vista en sección transversal del evaporador anular de la figura 6B, tomada a lo largo de la línea 14D-14D.

Las figuras 6E y 6F son vistas, a mayor escala, de partes del evaporador anular de la figura 6D.

45 La figura 6G es una vista recortada, en perspectiva, del evaporador anular de la figura 6A.

La figura 6H es una vista recortada en perspectiva, detallada, del evaporador anular de la figura 6G.

50 La figura 7A es una vista plana, detallada, de la pared de barrera contra el líquido formada en un componente de anillo anular del evaporador anular a lo largo de la figura 6A.

La figura 7B es una vista en sección transversal de la pared de barrera contra el líquido de la figura 7A tomada a lo largo de la línea 15B-15B.

55 La figura 8A es una vista en perspectiva de una mecha principal del evaporador anular de la figura 8A.

La figura 8B es una vista superior de la mecha principal de la figura 8A.

60 La figura 8C es una vista en sección transversal de la mecha principal de la figura 8B, tomada a lo largo de la línea 16C-16C.

La figura 8D es una vista, a mayor escala, de una parte de la mecha principal de la figura 8C.

65 La figura 9A es una vista en perspectiva de una pared calentada formada en un anillo anular del evaporador anular de la figura 6A.

- La figura 9B es una vista superior de la pared calentada de la figura 9A.
- La figura 9C es una vista en sección transversal de la pared calentada de la figura 9B tomada a lo largo de la línea 17C-17C.
- 5 La figura 9D es una vista, a mayor escala, de una parte de la pared calentada de la figura 9C.
- La figura 10A es una vista en perspectiva de un anillo que separa la pared calentada de la figura 9A respecto de la pared de barrera contra el líquido de la figura 7A.
- 10 La figura 10B es una vista superior del anillo de la figura 10A.
- La figura 10C es una vista en sección transversal del anillo de la figura 10B, tomada a lo largo de la línea 18C-18C.
- 15 La figura 10D es una vista, a mayor escala, de una parte del anillo de la figura 10C.
- Figura 11A es una vista en perspectiva de un anillo del evaporador anular de la figura 6A.
- La figura 11B es una vista superior del anillo de la figura 11A.
- 20 La figura 11C es una vista en sección transversal del anillo de la figura 11B, tomada a lo largo de la línea 19C-19C.
- La figura 11D es una vista, a mayor escala, de una parte del anillo de la figura 11C.
- 25 La figura 12 es una vista en perspectiva de un sistema cíclico de intercambio de calor que puede refrigerarse utilizando un sistema de transferencia de calor.
- La figura 13 es una vista en sección transversal de un sistema cíclico de intercambio de calor, tal como el sistema cíclico de intercambio de calor de la figura 12.
- 30 La figura 14 es una vista lateral de un sistema cíclico de intercambio de calor, tal como el sistema cíclico de intercambio de calor de la figura 12.
- La figura 15 es un diagrama esquemático de una primera implementación de un sistema cíclico de intercambio de calor, que incluye un sistema cíclico de intercambio de calor y un sistema de transferencia de calor.
- 35 La figura 16 es un diagrama esquemático de una segunda implementación de un sistema cíclico de intercambio de calor, que incluye un sistema cíclico de intercambio de calor y un sistema de transferencia de calor.
- 40 La figura 17 es un diagrama esquemático de un sistema de transferencia de calor que utiliza un evaporador diseñado según los principios de las figuras 2 a 5.
- La figura 18 es una vista funcional, con las piezas desmontadas, del sistema de transferencia de calor de la figura 17.
- 45 La figura 19 es una vista detallada, en sección transversal parcial, de un evaporador utilizado en el sistema de transferencia de calor de la figura 17.
- La figura 20 es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor utilizado en el sistema de transferencia de calor de la figura 17.
- 50 La figura 21 es un gráfico de temperatura de una fuente de calor de un sistema cíclico de intercambio de calor frente al área superficial de una interfaz entre el sistema de transferencia de calor y la fuente de calor del sistema cíclico de intercambio de calor.
- 55 La figura 22 es una vista superior, en planta, de un sistema de transferencia de calor empaquetado alrededor de una parte de un sistema cíclico de intercambio de calor.
- La figura 23 es una vista en alzado, en sección transversal parcial (tomada a lo largo de la línea 31-31) del sistema de transferencia de calor empaquetado alrededor de la parte del sistema cíclico de intercambio de calor de la figura 22.
- 60 La figura 24 es una vista en alzado, en sección transversal parcial (tomada en el detalle 3200), de la interfaz entre el sistema de transferencia de calor y el sistema cíclico de intercambio de calor de la figura 22.
- 65 La figura 25 es una vista en perspectiva superior de un sistema de transferencia de calor montado en un sistema

cíclico de intercambio de calor.

La figura 26 es una vista en perspectiva inferior, del sistema de transferencia de calor montado en el sistema cíclico de intercambio de calor de la figura 25.

5 La figura 27 es una vista en sección transversal parcial de una interfaz entre un evaporador de un sistema de transferencia de calor y un sistema cíclico de intercambio de calor, en el que el evaporador está montado mediante abrazadera en el sistema cíclico de intercambio de calor.

10 La figura 28 es una vista lateral de una abrazadera utilizada para montar mediante abrazadera el evaporador en el sistema cíclico de intercambio de calor de la figura 27.

La figura 29 es una vista en sección transversal parcial de una interfaz entre un evaporador de un sistema de transferencia de calor y un sistema cíclico de intercambio de calor en el que la interfaz está formada mediante un ajuste mediante interferencia entre el evaporador y el sistema cíclico de intercambio de calor.

15 La figura 30 es una vista en sección transversal parcial de una interfaz entre un evaporador de un sistema de transferencia de calor y un sistema cíclico de intercambio de calor en el que la interfaz está formada fabricando el evaporador integralmente con el sistema cíclico de intercambio de calor.

20 La figura 31 es una vista superior, en planta, de un condensador de un sistema de transferencia de calor.

La figura 32 es una vista en sección transversal parcial tomada a lo largo de la línea 40-40 del condensador de la figura 31.

25 Las figuras 33-35 son vistas en sección transversal detallada de un condensador que tiene una construcción laminada.

La figura 36 es una vista en sección transversal detallada de un condensador que tiene una construcción extrudida.

30 La figura 37 es una vista detallada en perspectiva y en sección transversal, de un condensador que tiene una construcción extrudida.

La figura 38 es una vista en sección transversal de un lado de un sistema de transferencia de calor empaquetado alrededor de un sistema cíclico de intercambio de calor.

35 En los diversos dibujos, los símbolos de referencia similares indican elementos similares.

## 40 Descripción detallada

### Diseño del evaporador

Los evaporadores son componentes integrales en los sistemas de transferencia de calor bifásicos. Por ejemplo, tal como se muestra en las figuras 1A y 1B, el evaporador 500 incluye un cuerpo o recipiente del evaporador 515, que está en contacto con la mecha principal 540 que rodea el núcleo 510. El núcleo 510 define un paso de flujo para el fluido de trabajo. La mecha principal 540 está rodeada en su periferia por una serie de canales de flujo periféricos o ranuras de vapor 545. Los canales 546 recogen vapor en la interfaz entre la mecha 540 y el cuerpo del evaporador 515. Los canales 545 están en contacto con la salida de vapor 550 que alimenta la tubería de vapor que alimenta el condensador para permitir la evacuación del vapor formado dentro de evaporador 115.

50 El evaporador 500 y los otros evaporadores tienen a menudo una geometría cilíndrica, es decir, el núcleo del evaporador forma un paso cilíndrico a través del cual pasa el fluido de trabajo. La geometría cilíndrica del evaporador es útil para refrigerar aplicaciones en las que la superficie de adquisición de calor es hueca cilíndricamente. Muchas aplicaciones de refrigeración requieren que el calor sea transferido fuera de una fuente de calor que tiene una superficie plana. En esta clase de aplicaciones, el evaporador puede estar modificado para incluir un asiento conductor plano que se ajuste a la planta de la fuente de calor que tiene la superficie plana. Se muestra dicho diseño, por ejemplo, en la patente de EE.UU. número 6.382.309.

60 La geometría cilíndrica del evaporador facilita la compatibilidad con limitaciones termodinámicas de funcionamiento LHP (es decir, la minimización de fugas de calor hacia el depósito). Las limitaciones de funcionamiento LHP se derivan de la cantidad de subenfriamiento que requiere un LHP para producir un funcionamiento equilibrado normal. Adicionalmente, la geometría cilíndrica del evaporador es relativamente sencilla de fabricar, manejar, mecanizar y procesar.

65 Sin embargo, tal como se describirá más adelante, un evaporador puede diseñarse de una forma plana para acoplarse de manera más natural a una fuente de calor plana. Una exposición de este tipo no queda dentro del

alcance de las reivindicaciones.

Diseño plano (no comprendido dentro del alcance de las reivindicaciones, pero proporciona información explicativa de antecedentes)

5 Haciendo referencia a la figura 2, un evaporador 1000 para un sistema de transferencia de calor incluye una pared calentada 1005, una pared de barrera contra el líquido 1010, una mecha principal 1015 entre la pared calentada y el lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1010, los canales de evacuación de vapor 1020 y los canales de flujo de líquido 1025.

10 La pared calentada 1005 está en estrecho contacto con la mecha principal 1015. La pared de barrera contra el líquido 1010 contiene fluido de trabajo en un lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1010, de tal modo que el fluido de trabajo fluye solamente a lo largo del lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1010. La pared de barrera contra el líquido 1010 cierra la envoltura del evaporador y ayuda a organizar y distribuir el fluido de trabajo a través de los canales de flujo de líquido 1025. Los canales de evacuación de vapor 1020 están situados en una interfaz entre una superficie de vaporización 1017 de la mecha principal 1015 y la pared calentada 1005. Los canales de flujo de líquido 1025 están situados entre la pared de barrera contra el líquido 1010 y la mecha principal 1015.

20 La pared calentada 1005 actúa como una superficie de adquisición de calor para una fuente de calor. La pared calentada 1005 se compone de un material conductor del calor, tal como, por ejemplo, chapa metálica. Habitualmente, el material elegido para la pared calentada 1005 puede resistir la presión interna del fluido de trabajo.

25 Los canales de evacuación de vapor 1020 están diseñados para compensar la resistencia hidráulica de los canales 1020, con la conducción térmica a través de la pared calentada 1005 en la mecha principal 1015. Los canales 1020 pueden estar electro-grabados, mecanizados o formados en una superficie con cualquier otro método adecuado.

30 Los canales de evacuación de vapor 1020 se muestran como ranuras en el lado interior de la pared calentada 1005. Sin embargo, los canales de evacuación de vapor pueden estar diseñados y situados de diversas maneras, dependiendo del enfoque de diseño elegido. Por ejemplo, según otras implementaciones, los canales de evacuación de vapor 1020 están ranurados hacia la superficie exterior de la mecha principal 1015 o incorporados en la mecha principal 1015, de manera que se encuentran bajo la superficie de la mecha principal. El diseño de los canales de evacuación de vapor 1020 se selecciona para aumentar la sencillez y comodidad de fabricación, y para aproximarse mucho a una o varias de las siguientes directrices.

35 En primer lugar, el diámetro hidráulico de los canales de evacuación de vapor 1020 debería ser suficiente para manejar un flujo de vapor generado en la superficie de vaporización 1017 de la mecha principal 1015 sin una caída significativa de la presión. En segundo lugar, la superficie de contacto entre la pared calentada 1005 y la mecha principal 1015 debería maximizarse para proporcionar una transferencia de calor eficiente desde la fuente de calor hasta la superficie de vaporización de la mecha principal 1015. En tercer lugar, debería minimizarse el grosor 1030 de la pared calentada 1005, que está en contacto con la mecha principal 1015. A medida que aumenta el grosor 1030, se reduce la vaporización en la superficie de la mecha principal 1015 y se reduce el transporte de vapor a través de los canales de evacuación de vapor 1020.

45 El evaporador 1000 puede montarse a partir de piezas independientes. Alternativamente, el evaporador 1000 puede fabricarse como una única pieza mediante sinterización in situ de la mecha principal 1015 entre dos paredes que tienen mandriles especiales para formar canales en ambos lados de la mecha.

50 La mecha principal 1015 proporciona la superficie de vaporización 1017 y bombea o alimenta el fluido de trabajo desde los canales de flujo de líquido 1025 hasta la superficie de vaporización de la mecha principal 1015.

55 El tamaño y el diseño de la mecha principal 1015 implican varias consideraciones. La conductividad térmica de la mecha principal 1015 debería ser lo suficientemente baja como para reducir la fuga de calor desde la superficie de vaporización 1017, a través de la mecha principal 1015 y hasta los canales de flujo de líquido 1025. La fuga de calor puede estar afectada asimismo por las dimensiones lineales de la mecha principal 1015. Por esta razón, las dimensiones lineales de la mecha principal 1015 deberían utilizarse adecuadamente para reducir la fuga de calor. Por ejemplo, un aumento en el grosor 1019 de la mecha principal 1015 puede reducir la fuga de calor. Sin embargo, un grosor aumentado 1019 puede aumentar la resistencia hidráulica de la mecha principal 1015 al flujo del fluido de trabajo. En diseños de LHP de trabajo, la resistencia hidráulica del fluido de trabajo debida a la mecha principal 1015 puede ser significativa, y es importante un equilibrio adecuado de estos factores.

60 La fuerza que acciona o bombea el fluido de trabajo de un sistema de transferencia de calor es una diferencia de temperatura o de presión entre los lados de vapor y de líquido de la mecha principal. La diferencia de presión es soportada por la mecha principal y mantenida mediante una gestión adecuada del equilibrio térmico del fluido de trabajo entrante.

65

5 El líquido que vuelve al evaporador desde el condensador pasa a través de una tubería de retorno del líquido y es subenfriado ligeramente. El grado de subenfriamiento compensa la fuga de calor a través de la mecha principal y la fuga de calor desde el entorno al depósito en el interior de la tubería de retorno del líquido. El subenfriamiento del líquido mantiene el equilibrio térmico del depósito. Sin embargo, existen otros métodos útiles para mantener el equilibrio térmico del depósito.

10 Un método es un intercambio de calor organizado, entre el depósito y el entorno. Para evaporadores con un diseño plano, tales como los utilizados frecuentemente para aplicaciones terrestres, el sistema de transferencia de calor incluye aletas de intercambio de calor en el depósito y/o en la pared de barrera contra el líquido 1010 del evaporador 1000. Las fuerzas de convección natural de estas aletas proporcionan subenfriamiento y reducen el esfuerzo en el condensador y el depósito del sistema de transferencia de calor.

15 La temperatura del depósito o la diferencia de temperaturas entre el depósito y la superficie de vaporización 1017 de la mecha principal 1015, soporta la circulación del fluido de trabajo a través del sistema de transferencia de calor. Algunos sistemas de transferencia de calor pueden requerir una cantidad adicional de subenfriamiento. La cantidad requerida puede ser mayor que la que puede producir el condensador, incluso si el condensador está completamente bloqueado.

20 En el diseño del evaporador 1000, es necesario controlar tres variables. En primer lugar, es necesario determinar la organización y el diseño de los canales de flujo de líquido 1025. En segundo lugar, es necesario tener en cuenta la ventilación del vapor desde los canales de flujo de líquido 1025. En tercer lugar, el evaporador 1000 debería diseñarse para asegurar que el líquido llena los canales de flujo de líquido 1025. Estas tres variables están interrelacionadas y, por lo tanto, deberían considerarse y optimizarse conjuntamente para formar un sistema de transferencia de calor eficaz.

25 Tal como se ha mencionado, es importante obtener un equilibrio adecuado entre la fuga de calor hacia el lado del líquido de evaporador y las capacidades de bombeo de la mecha principal. Este proceso de equilibrio no puede realizarse independientemente de la optimización del condensador, que proporciona subenfriamiento, debido a que cuanto mayor es la fuga de calor permitida en el diseño del evaporador, mayores son las necesidades de subenfriamiento producidas en el condensador. Cuanto mayor es el condensador, mayores son las pérdidas hidráulicas en las tuberías de fluido, lo que puede requerir un material de mecha diferente con mejores capacidades de bombeo.

30 En funcionamiento, cuando se aplica al evaporador 1000 la energía procedente una fuente de calor, el líquido procedente de los canales de flujo de líquido 1025 entra en la mecha principal 1015 y se evapora, formando vapor que es libre para fluir a lo largo de los canales de evacuación de vapor 1020. El flujo de líquido hacia el interior del evaporador 1000 se proporciona mediante los canales de flujo de líquido 1025. Los canales de flujo de líquido 1025 suministran a la mecha principal 1015 el líquido suficiente para sustituir el líquido que se vaporiza en el lado de vapor de la mecha principal 1015 y para sustituir el líquido que se vaporiza en el lado del líquido de la mecha principal 1015.

35 El evaporador 1000 puede incluir una mecha secundaria 1040, que proporciona gestión de fases en un lado del líquido del evaporador 1000 y soporta la alimentación de la mecha principal 1015 en modos críticos de funcionamiento (tal como se ha descrito anteriormente). La mecha secundaria 1040 está formada entre los canales de flujo de líquido 1025 y la mecha principal 1015. La mecha secundaria puede ser una malla (tal como se muestra en la figura 2), o una arteria avanzada y complicada, o una estructura de mecha en placa. Adicionalmente, el evaporador 1000 puede incluir un canal de ventilación de vapor 1045 en una interfaz entre la mecha principal 1015 y la mecha secundaria 1040.

40 La producción de calor a través de la mecha principal 1015 puede iniciar la vaporización del fluido de trabajo en una posición errónea -en un lado del líquido del evaporador 1000 cerca el interior de los canales de flujo de líquido 1025. El canal de ventilación de vapor 1045 entrega el vapor no deseado lejos de la mecha, en el depósito bifásico.

45 La estructura fina de poros de la mecha principal 1015 puede crear una significativa resistencia al flujo del líquido. Por lo tanto, es importante optimizar el número, la geometría y el diseño de los canales de flujo de líquido 1025. El objetivo de esta optimización es soportar un flujo de alimentación uniforme, o casi uniforme, a la superficie de vaporización 1017. Además, cuando el grosor 1019 de la mecha principal 1015 es reducido, los canales de flujo de líquido 1025 pueden estar separados.

50 El evaporador 1000 puede requerir una presión de vapor significativa para funcionar con un fluido de trabajo específico en el interior del evaporador 1000. La utilización de un fluido de trabajo con una presión de vapor elevada puede causar diversos problemas con la contención de presión de la envoltura del evaporador. Las soluciones tradicionales al problema de la contención de la presión, tal como engrosar las paredes del evaporador, no siempre son eficaces. Por ejemplo, en evaporadores planos que tienen un área plana significativa, las paredes pasan ser tan gruesas que se aumenta la diferencia de temperatura y se degrada la conductancia térmica del evaporador. Además, incluso una desviación microscópica de las paredes debida a la contención de la presión, tiene como



resultado una pérdida del contacto entre las paredes y la mecha principal. Dicha pérdida de contacto incide sobre la transferencia de calor a través del evaporador. Y la desviación microscópica de las paredes crea dificultades con las interfaces entre el evaporador y la fuente de calor, y cualquier equipo de refrigeración externo.

5 Diseño anular

10 Haciendo referencia a las figuras 2 a 5, se forma un evaporador anular 1100 enrollando eficazmente el evaporador plano 1000, de tal modo que la mecha principal 1015 hace un bucle volviendo sobre sí misma y forma una configuración anular. El evaporador 1100 puede utilizarse en aplicaciones en que las fuentes de calor tienen un perfil exterior cilíndrico, o en aplicaciones en las que la fuente de calor puede conformarse como un cilindro. La forma anular combina la resistencia de un cilindro para la contención de presión, y la superficie de interfaz curvada, para el mejor contacto posible con las fuentes de calor de configuración cilíndrica.

15 El evaporador 1100 incluye una pared calentada 1105, una pared de barrera contra el líquido 1110, una mecha principal 1115 situada entre la pared calentada 1105 y el lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1110, canales de evacuación de vapor 1120 y canales de flujo de líquido 1125. La pared de barrera contra el líquido 1110 es coaxial con la mecha principal 1115 y la pared calentada 1105.

20 La pared calentada 1105 contacta estrechamente con la mecha principal 1115. La pared de barrera contra el líquido 1110 contiene fluido de trabajo en un lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1110, de tal modo que el fluido de trabajo fluye solamente a lo largo del lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1110. La pared de barrera contra el líquido 1110 cierra la envoltura del evaporador y ayuda a organizar y distribuir el fluido de trabajo a través de los canales de flujo de líquido 1125.

25 Los canales de evacuación de vapor 1120 están situados en una interfaz entre una superficie de vaporización 1117 de la mecha principal 1115 y la pared calentada 1105. Los canales de flujo de líquido 1125 están situados entre la pared de barrera contra el líquido 1110 y la mecha principal 1115. La pared calentada 1105 actúa como una superficie de adquisición de calor, y el vapor generado en esta superficie es eliminado mediante los canales de evacuación de vapor 1120.

30 La mecha principal 1115 llena el volumen comprendido entre la pared calentada 1105 y la pared de barrera contra el líquido 1110 del evaporador 1100 para proporcionar vaporización fiable de meniscos inversos.

35 El evaporador 1100 puede estar equipado asimismo con aletas de intercambio de calor 1150 que contactan con la pared de barrera contra el líquido 1110 para enfriar la pared de barrera contra el líquido 1110. Los canales de flujo de líquido 1125 reciben líquido desde una entrada de líquido 1155, y los canales de evacuación de vapor 1120 se extienden hasta una salida de vapor 1160 y proporcionan vapor a la misma.

40 El evaporador 1100 puede utilizarse en un sistema de transferencia de calor que incluye un depósito anular 1165 adyacente a la mecha principal 1115. El depósito 1165 puede ser enfriado con las aletas de intercambio de calor 1150, que se extienden a través del depósito 1165. El enfriamiento del depósito 1165 permite la utilización de toda el área del condensador sin la necesidad de generar subenfriamiento en el condensador. La refrigeración excesiva provocada por el enfriamiento del depósito 1165 y el evaporador 1100 compensan las fugas de calor parásitas a través de la mecha principal 1115 hacia el lado del líquido del evaporador 1100.

45 En otra implementación, el diseño del evaporador puede invertirse y las características de vaporización pueden estar situadas en un perímetro exterior, y las características de retorno del líquido pueden estar situadas en el perímetro interior.

50 La configuración anular del evaporador 1100 puede proporcionar una o varias de las ventajas siguientes o adicionales. En primer lugar, pueden reducirse o eliminarse los problemas con la contención de presión en el evaporador anular 1100. En segundo lugar, puede no ser necesario sinterizar en el interior la mecha principal 1115, proporcionando por lo tanto más espacio para un diseño más sofisticado de los lados del vapor y del líquido de la mecha principal 1115.

55 Haciendo referencia asimismo a las figuras 6A-H, se muestra un evaporador anular 1400 que tiene una entrada de líquido 1455 y una salida de vapor 1460. El evaporador anular 1400 incluye una pared calentada 1700 (figuras 6G, 6H y 9A-D), una pared de barrera contra el líquido 1500 (figuras 6G, 6H, 7A y 7B), una mecha principal 1600 (figuras 6G, 6H y 8A-D) situada entre la pared calentada 1700 y el lado interior de la pared de barrera contra el líquido 1500, canales de evacuación de vapor 1465 (figura 6H) y canales de flujo de líquido 1505 (figuras 6H y 7B). El evaporador anular 1400 incluye asimismo un anillo 1800 (figuras 6G y 10A-D) que asegura la separación entre la pared calentada 1700 y la pared de barrera contra el líquido 1500 y un anillo 1900 (figuras 6G, 6H y 11A-D) en la base del evaporador 1400, que proporciona soporte para la pared de barrera contra el líquido 1500 y la mecha principal 1600. La pared calentada 1700, la pared de barrera contra el líquido 1500, el anillo 1800, el anillo 1900 y la mecha 1600 están formados preferentemente de acero inoxidable.

La parte superior del evaporador 1400 (es decir, por encima de la mecha 1600) incluye un volumen de expansión 1470 (figura 6H). Los canales de flujo de líquido 1505, que están formados en la pared de barrera contra el líquido 1500, son alimentados mediante la entrada de líquido 1455. La mecha 1600 separa los canales de flujo de líquido 1505 respecto de los canales de evacuación de vapor 1465 que conducen a la salida de vapor 1460 a través de una corona de vapor 1475 (figura 6H) formada en el anillo 1900. Los canales de vapor 1465 pueden estar foto-grabados en la superficie de la pared calentada 1700.

Los evaporadores dados a conocer en el presente documento pueden funcionar en cualquier combinación de materiales, dimensiones y disposiciones, siempre que realicen las características que se han descrito anteriormente. No existen otras restricciones diferentes a los criterios mencionados aquí; el evaporador puede fabricarse de cualquier forma, tamaño y material. Las únicas limitaciones de diseño son que los materiales aplicables sean compatibles entre sí y que el fluido de trabajo se seleccione teniendo en cuenta aspectos de limitaciones estructurales, corrosión, generación de gases no condensables y vida útil.

Muchas aplicaciones terrestres pueden incorporar un LHP con un evaporador anular 1100. La orientación del evaporador anular en un campo gravitatorio está predeterminada por la naturaleza de la aplicación y la forma de la superficie caliente.

#### Sistema cíclico de intercambio de calor

Los sistemas cíclicos de intercambio de calor pueden estar configurados con uno o varios sistemas de transferencia de calor para controlar la temperatura en una zona de sistema de intercambio de calor. El sistema cíclico de intercambio de calor puede ser cualquier sistema que funcione utilizando un ciclo termodinámico, tal como, por ejemplo, un sistema cíclico de intercambio de calor, un sistema de intercambio de calor de Stirling (conocido asimismo como motor de Stirling), o un sistema de acondicionamiento de aire.

Haciendo referencia a la figura 12, un sistema de intercambio de calor de Stirling 2000 utiliza un tipo conocido de ciclo de refrigeración respetuoso con el medio ambiente y eficiente. El sistema de Stirling 2000 funciona dirigiendo un fluido de trabajo (por ejemplo, helio) a través de cuatro operaciones repetitivas; es decir, una operación de adición de calor a temperatura constante, una operación de descarga de calor a volumen constante, una operación de descarga de calor a temperatura constante y una operación de adición de calor a volumen constante.

El sistema de Stirling 2000 está diseñado como un refrigerador de Stirling de pistones libres (FPSC, Free Piston Stirling Cooler), tal como el modelo de refrigeración global M100B (disponible en Global Cooling Manufacturing, 94 N. Columbus Rd., Athens, Ohio).

El FPSC 2000 incluye una parte de motor lineal 2005 que contiene un motor lineal (no mostrado) que recibe una entrada de alimentación AC 2010. El FPSC 2000 incluye un elemento de aceptación de calor 2015, un regenerador 2020 y un elemento de descarga de calor 2025. El FPSC 2000 incluye una masa equilibradora 2030 acoplada al cuerpo del motor lineal en el interior de la parte de motor lineal 2005 para absorber vibraciones durante funcionamiento del FPSC. El FPSC 2000 incluye asimismo un puerto de carga 2035. El FPSC 2000 incluye componentes internos, tales como los mostrados en el FPSC 2100 de la figura 13.

El FPSC 2100 incluye un motor lineal 2105 alojado en el interior de la parte del motor lineal 2110. La parte del motor lineal 2110 aloja un pistón 2115 que está acoplado con resortes planos 2120 en un extremo, y con un desplazador 2125 en otro extremo. El desplazador 2125 está acoplado con un espacio de expansión 2130 y un espacio de compresión 2135 que forman, respectivamente, lados frío y caliente. El elemento de aceptación de calor 2015 está montado en el lado frío 2130 y el elemento de descarga de calor está montado en el lado caliente 2135. El FPSC 2100 incluye asimismo una masa equilibradora 2140 acoplada a la parte del motor lineal 2110 para absorber vibraciones durante el funcionamiento del FPSC 2100.

Haciendo referencia asimismo a la figura 14, en una implementación, un FPSC 2200 incluye un elemento de descarga de calor 2205 fabricado de un manguito de cobre y un elemento de aceptación de calor 2210 fabricado de un manguito de cobre. El elemento de descarga de calor 2205 tiene un diámetro exterior (OD, outer diameter) de aproximadamente 100 mm y una anchura de aproximadamente 53 mm para proporcionar una superficie de descarga de calor de 166 cm<sup>2</sup> capaz de proporcionar un flujo de 6 W/cm<sup>2</sup> cuando funciona en un intervalo de temperaturas de 20 a 70 °C. El elemento de aceptación de calor 2210 tiene un OD de aproximadamente 100 mm y una anchura de aproximadamente 37 mm para proporcionar una superficie de aceptación de calor de 115 cm<sup>2</sup>, capaz de proporcionar un flujo de 5,2 W/cm<sup>2</sup> en un intervalo de temperaturas de -30 a 5 °C.

En resumen, en funcionamiento un FPSC está lleno de un refrigerante (tal como, por ejemplo, helio gaseoso) que se hace fluir hacia atrás y hacia delante mediante movimientos combinados del pistón y el desplazador. En un sistema ideal, se descarga energía térmica hacia el entorno mediante el elemento de descarga de calor mientras el refrigerante es comprimido por medio del pistón, y se extrae energía térmica del entorno mediante el elemento de aceptación de calor mientras el refrigerante se expande.

Haciendo referencia a la figura 15, un sistema termodinámico 2300 incluye un sistema cíclico de intercambio de calor, tal como un sistema cíclico de intercambio de calor 2305 (por ejemplo, los sistemas 2000, 2100, 2200) y un sistema de transferencia de calor 2310 acoplado térmicamente a una parte 2315 del sistema cíclico de intercambio de calor 2305. El sistema cíclico de intercambio de calor 2305 es cilíndrico, y el sistema de transferencia de calor 2310 está configurado para rodear la parte 2315 del sistema cíclico de intercambio de calor 2305 a efectos de descargar calor procedente de la parte 2315. En esta implementación, la parte 2315 es el lado caliente (es decir, el elemento de descarga de calor) del sistema cíclico de intercambio de calor 2305. El sistema termodinámico 2300 incluye asimismo un ventilador 2320 situado en el lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor 2305 para forzar el paso de aire sobre un condensador del sistema de transferencia de calor 2310 y proporcionar, de ese modo, refrigeración adicional por convección.

El lado frío 2335 (es decir, el elemento de aceptación de calor) del sistema cíclico de intercambio de calor 2305 está acoplado térmicamente a un reactivador de flujo 2340 de un termosifón 2345. El termosifón 2345 incluye un intercambiador de calor del lado frío 2350 que está configurado para refrigerar aire en el interior del sistema termodinámico 2300, que es forzado a través del intercambiador de calor 2350 mediante un ventilador 2355.

Haciendo referencia a la figura 16, en otra implementación, un sistema termodinámico 2400 incluye un sistema cíclico de intercambio de calor, tal como un sistema cíclico de intercambio de calor 2405 (por ejemplo, los sistemas 2000, 2100, 2200) y un sistema de transferencia de calor 2410 acoplado térmicamente a un lado caliente 2415 del sistema cíclico de intercambio de calor 2405. El sistema termodinámico 2400 incluye un sistema de transferencia de calor 2420 acoplado térmicamente a un lado frío 2425 del sistema cíclico de intercambio de calor 2405. El sistema termodinámico 2400 incluye asimismo ventiladores 2430, 2435. El ventilador 2430 está situado en el lado caliente 2415 para forzar el paso de aire a través de un condensador del sistema de transferencia de calor 2410. El ventilador 2435 está situado en el lado frío 2425 para forzar el paso de aire a través de un condensador del sistema de transferencia de calor 2420.

Haciendo referencia a la figura 17, en una implementación, un sistema termodinámico 2500 incluye un sistema de transferencia de calor 2505 acoplado a un sistema cíclico de intercambio de calor, tal como un sistema cíclico de intercambio de calor 2510. El sistema de transferencia de calor 2505 se utiliza para refrigerar un lado caliente 2515 del sistema cíclico de intercambio de calor 2510. El sistema de transferencia de calor 2505 incluye un evaporador anular 2520 que incluye un volumen de expansión (o depósito) 2525, una tubería de retorno de líquido 2530 que proporciona comunicación de fluido entre salidas de líquido 2535 de un condensador 2540 y la entrada de líquido del evaporador 2520. El sistema de transferencia de calor 2505 incluye asimismo una tubería de vapor 2545 que proporciona comunicación de fluido entre la salida del vapor del evaporador 2520, y entradas de vapor 2550 del condensador 2540.

El condensador 2540 está fabricado de tubos de pared lisos y está equipado con aletas de intercambio de calor 2555 o con material de aletas para intensificar el intercambio de calor en el exterior de los tubos.

El evaporador 2520 incluye una mecha principal 2560 emparedada entre una pared calentada 2565 y una pared de barrera contra el líquido 2570 y que separa el líquido y el vapor. La pared de barrera contra el líquido 2570 es enfriada mediante aletas de intercambio de calor 2575 formadas lo largo de la superficie exterior de la pared 2565. Las aletas de intercambio de calor 2575 proporcionan subenfriamiento para el depósito 2525 y todo el lado del líquido del evaporador 2520. Las aletas de intercambio de calor 2575 del evaporador 2520 pueden estar diseñadas independientemente respecto de las aletas de intercambio de calor 2555 del condensador 2540.

La tubería de retorno de líquido 2530 se extiende al interior del depósito 2525 situado sobre la mecha principal 2560, y las burbujas de vapor, si hay alguna, procedentes de la tubería de retorno de líquido 2530 y de los canales de evacuación de vapor en la interfaz de la mecha principal 2560 y la pared calentada 2565, son ventiladas hacia el depósito 2525. Los fluidos de trabajo habituales para el sistema de transferencia de calor 2505 incluyen (de forma no limitativa) metanol, butano, CO<sub>2</sub>, propileno y amoníaco.

El evaporador 2520 está acoplado al lado caliente 2515 del sistema cíclico de intercambio de calor 2510. En una implementación, este acoplamiento es integral porque el evaporador 2520 es una parte integral del sistema cíclico de intercambio de calor 2510. En otra implementación, el acoplamiento puede ser no integral, porque el evaporador 2520 puede estar montado mediante abrazadera a una superficie exterior del lado caliente 2510. El sistema de transferencia de calor 2505 es refrigerado mediante un disipador de convección forzada, que puede proporcionarse mediante un simple ventilador 2580. Alternativamente, el sistema de transferencia de calor 2505 es refrigerado mediante una convección natural o de corriente.

Inicialmente, la fase líquida del fluido de trabajo se recoge en una parte inferior del evaporador 2520, de la tubería de retorno de líquido 2530 y del condensador 2540. La mecha principal 2560 está húmeda debido a las fuerzas capilares. En cuanto se aplica calor (por ejemplo, se conecta el sistema cíclico de intercambio de calor 2510), la mecha principal 2560 comienza a generar vapor, que es desplazado a través de los canales de evacuación de vapor (similares a los canales de evacuación de vapor 1120 del evaporador 1100) del evaporador 2520, a través de la salida de vapor del evaporador 2520 y hacia la tubería de vapor 2545.

A continuación, el vapor entra al condensador 2540 en una parte superior del condensador 2540. El condensador 2540 condensa el vapor en líquido, y el líquido se recoge en una parte inferior del condensador 2540. El líquido es impulsado hacia el depósito 2525 debido a la diferencia de presión entre el depósito 2525 y la parte inferior del condensador 2540. El líquido procedente del depósito 2525 entra en los canales de flujo de líquido del evaporador 2520. Los canales de flujo de líquido del evaporador 2520 están configurados como los canales 1125 del evaporador 1100 y están dimensionados y situados adecuadamente para proporcionar una sustitución adecuada de líquido, para el líquido que se ha evaporado. La presión capilar creada por la mecha principal 2560 es suficiente para resistir la caída de presión LHP global y para impedir que las burbujas de vapor se desplacen a través de la mecha principal 2560 hacia los canales de flujo de líquido.

Los canales de flujo de líquido del evaporador 2520 pueden ser sustituidos por una simple corona, si el enfriamiento descrito anteriormente es suficiente para compensar la mayor fuga de calor a través de la mecha principal 2560, que está provocada por el aumento en el área superficial de la superficie de intercambio de calor de la corona, frente al área superficial de los canales de flujo de líquido.

Haciendo referencia a las figuras 18 a 20, el sistema de transferencia de calor 2600 incluye un evaporador 2605 acoplado a un sistema cíclico de intercambio de calor 2610 y un volumen de expansión 2615 acoplado al evaporador 2605. Los canales de vapor del evaporador 2605 son alimentados a una tubería de vapor 2620 que alimenta una serie de canales 2625 de un condensador 2630. El líquido condensado desde el condensador 2630 es recogido en un canal de retorno de líquido 2635. El sistema de transferencia de calor 2600 incluye asimismo material de aletas 2640 acoplado térmicamente al condensador 2630.

El evaporador 2605 incluye una pared calentada 2700, una pared de barrera contra el líquido 2705, una mecha principal 2710 situada entre la pared calentada 2700 y el lado interior de la pared de barrera contra el líquido 2705, canales de evacuación de vapor 2715 y canales de flujo de líquido 2720. La pared de barrera contra el líquido 2705 es coaxial con la mecha principal 2710 y la pared calentada 2700. Los canales de flujo de líquido 2720 son alimentados mediante un canal de retorno líquido 2725 y los canales de evacuación de vapor 2715 alimentados hacia una salida de vapor 2730.

La pared calentada 2700 contacta estrechamente con la mecha principal 2710. La pared de barrera contra el líquido 2705 contiene fluido de trabajo en un lado interior de la pared de barrera contra el líquido 2705, de tal modo que el fluido de trabajo fluye solamente a lo largo del lado interior de la pared de barrera contra el líquido 2705. La pared de barrera contra el líquido 2705 cierra la envoltura del evaporador y ayuda a organizar y distribuir el fluido de trabajo a través de los canales de flujo de líquido 2720.

En una implementación, el evaporador 2605 tiene aproximadamente 5 cm de altura y el volumen de expansión 2615 tiene aproximadamente 2,5 cm de altura. El evaporador 2605 y el volumen de expansión 2615 están envueltos alrededor de una parte del sistema cíclico de intercambio de calor 2610 que tiene un diámetro exterior de 10 cm. La tubería de vapor 2620 tiene un radio de 0,3 cm. El sistema cíclico de intercambio de calor 2610 incluye aproximadamente 58 canales condensadores 2625, teniendo cada canal condensador 2625 una longitud de 5 cm y un radio de 0,3 mm, estando los canales 2625 desplegados de tal modo que la anchura del condensador 2630 es de aproximadamente 1 m. El canal de retorno de líquido 2725 tiene un radio de 1,6 mm. El intercambiador de calor 2800 (que incluye el condensador 2630 y el material de aletas 2640) tiene aproximadamente 1 m de longitud y está envuelto en un bucle interior y exterior (véanse las figuras 22, 25 y 26) para proporcionar un intercambiador de calor cilíndrico que tiene un diámetro exterior de aproximadamente 20 cm. El evaporador 2605 tiene una anchura en sección transversal 2750 de aproximadamente 0,3 cm, definida mediante la pared calentada 2700 y la pared de barrera contra el líquido 2705. Los canales de evacuación de vapor 2715 tiene anchuras de aproximadamente 0,5 mm y profundidades de aproximadamente 0,5 mm, y están separados entre sí mediante aproximadamente 0,5 mm para producir 25 canales por cada 25,4 mm (una pulgada).

Tal como se ha mencionado anteriormente, el sistema de transferencia de calor (tal como el sistema 2310) está acoplado térmicamente con la parte (tal como la parte 2315) del sistema cíclico de intercambio de calor. El acoplamiento térmico entre el sistema de transferencia de calor y dicha parte puede ser mediante cualquier método adecuado. En una implementación, si el evaporador del sistema de transferencia de calor está acoplado térmicamente al lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor, el evaporador puede rodear y contactar con el lado caliente, y el acoplamiento térmico puede estar habilitado mediante un componente de grasa térmica aplicado entre el lado caliente y el evaporador. En otra implementación, no según la invención, si el evaporador del sistema de transferencia de calor está acoplado térmicamente con el lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor, el evaporador puede fabricarse integral con el lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor mediante la formación de canales de vapor directamente hacia el lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor.

Haciendo referencia a las figuras 22 a 24, el sistema de transferencia de calor 3000 está empaquetado alrededor de un sistema cíclico de intercambio de calor 3005. El sistema de transferencia de calor 3000 incluye un condensador 3010 que rodea un evaporador 3015. El fluido de trabajo que se ha evaporado sale del evaporador 3015 a través de

## ES 2 453 904 T3

una salida de vapor 3020 conectada al condensador 3010. El condensador 3010 hace un bucle alrededor y se duplica volviendo sobre sí mismo en la unión 3025.

5 El sistema cíclico de intercambio de calor 3005 está rodeado, sobre su superficie de descarga de calor 3100, por el evaporador 3015. El evaporador 3015 está en estrecho contacto con la superficie de descarga de calor 3100. El conjunto de refrigeración (que es la combinación del sistema cíclico de intercambio de calor 3005 y el sistema de transferencia de calor 3000) está montado en un tubo 3205, con un ventilador 3210 montado en el extremo del tubo 3205 para forzar el paso de aire a través de aletas 3030 del condensador 3010 para a los canales de salida 3035.

10 El evaporador 3015 tiene una mecha 3215 en la que el fluido de trabajo absorbe calor desde la superficie de descarga de calor 3100 y cambia de fase de líquido a vapor. El sistema de transferencia de calor 3000 incluye un depósito 3220 en la parte superior del evaporador 3015, que proporciona un volumen de expansión. Para simplificar la ilustración, el evaporador 3015 se ha mostrado en esta vista como un simple bloque sombreado que no presenta ningún detalle interno. Dichos detalles internos se describen en otra parte de esta descripción.

15 El fluido de trabajo evaporado sale del evaporador 3015 a través de la salida de vapor 3020 y entra en una tubería de vapor 3040 del condensador 3010. El fluido de trabajo fluye descendiendo desde la tubería de vapor 3040, a través de canales 3045 del condensador 3010, a la tubería de retorno de líquido 3050. Cuando el fluido de trabajo fluye a través de los canales 3045 el condensador 3010 pierde calor, a través de las aletas 3030 hacia el aire que pasa entre las aletas, para cambiar de fase de vapor a líquido. El aire que ha pasado a través de las aletas 3030 del condensador 3010 fluye alejándose a través del canal de salida 3035. El fluido de trabajo licuado (y posiblemente algo de vapor no condensado) fluye desde la tubería de retorno de líquido 3050 de vuelta al evaporador 3015 a través del puerto de retorno de líquido 3055.

25 Volviendo a las figuras 25 y 26, un sistema de transporte de calor 3300 rodea una parte de un sistema cíclico de intercambio de calor 3302, que está rodeado, a su vez, por canales de salida de 3305. El sistema de transporte de calor 3300 incluye un evaporador 3310 que tiene una parte superior que rodea el sistema cíclico de intercambio de calor 3302. Un puerto de vapor 3315 conecta el evaporador 3310 a una tubería de vapor 3312 de un condensador 3320. La tubería de vapor 3312 incluye una zona superior que rodea el evaporador 3310 y a continuación vuelve sobre sí misma en la unión 3325, para formar una zona interior que vuelve hacia atrás alrededor del evaporador 3310, en sentido opuesto. El sistema de transporte de calor 3300 incluye asimismo aletas de refrigeración 3330 en el condensador 3320.

30 El sistema de transporte de calor 3300 incluye asimismo un puerto de retorno de líquido 3400 que proporciona un trayecto para que el fluido de trabajo condensado procedente de la tubería de líquido 3405 del condensador 3320 vuelva al evaporador 3310.

35 Haciendo referencia a la figura 27, un evaporador 3500 se desliza por encima de una superficie de descarga de calor de 3502 de un sistema cíclico de intercambio de calor 3505. El evaporador 3500 incluye una pared calentada 3510, una pared de barrera contra el líquido 3515 y una mecha 3520 emparedada entre las paredes 3510 y 3515. La mecha 3520 está dotada de canales de vapor 3525, y están formados canales de flujo de líquido 3530 en la pared de barrera contra el líquido 3515 de manera simplificada para mayor claridad.

40 El evaporador 3500 es deslizado sobre el sistema cíclico de intercambio de calor 3050 y puede mantenerse en su posición con la utilización de una abrazadera 3600 (mostrada en la figura 28), que no está dentro del alcance de la presente invención. Para contribuir a la transferencia de calor, se dispone grasa térmicamente conductora 3535 entre el sistema cíclico de intercambio de calor 3050 y la pared calentada 3510 del evaporador 3500. En una implementación alternativa que no forma parte del alcance de la presente invención, los canales de vapor 3525 están formados en la pared calentada 3510, en lugar de en la mecha 3520.

45 Haciendo referencia a la figura 29, en otra implementación, un evaporador 3700 está ajustado sobre una superficie de descarga de calor 3702 de un sistema cíclico de intercambio de calor 3705 con un ajuste mediante interferencia. El evaporador 3700 incluye una pared calentada 3710, una pared de barrera contra el líquido 3715 y una mecha 3720 emparedada entre las paredes 3710 y 3715. El evaporador 3700 está dimensionado para tener un ajuste mediante interferencia con la superficie de descarga de calor 3702 en el sistema cíclico de intercambio de calor 3705.

50 El evaporador 3700 es calentado de manera que su diámetro interior se expande para permitirle deslizarse sobre la superficie de descarga de calor no calentada 3702. Cuando el evaporador 3700 se enfría, se contrae para fijarse sobre el sistema cíclico de intercambio de calor 3705 en una relación de ajuste mediante interferencia. Debido a la estanqueidad del ajuste, no se requiere grasa conductora térmicamente para mejorar la transferencia de calor. La mecha 3720 está equipada con canales de vapor 3725. En una implementación alternativa que no forma parte del alcance de la presente invención, los canales de vapor están formados en la pared calentada 3710, en lugar de en la mecha 3720. Los canales de flujo de líquido 3730 están formados en la pared de barrera contra el líquido 3715 de forma simplificada, para mayor claridad.

60

65

Haciendo referencia a la figura 30, en otra implementación que no forma parte del alcance de la presente invención, un evaporador 3800 está montado sobre una superficie de descarga de calor 3802 de un sistema cíclico de intercambio de calor 3805, y las características diseñadas previamente en el interior del evaporador 3800 están, en este caso, formadas integralmente en el interior de la superficie de descarga de calor 3802. En particular, el evaporador 3800 y la superficie de descarga de calor 3802 están fabricados conjuntamente como un conjunto integrado. La superficie de descarga de calor 3802 está modificada para tener canales de vapor 3825; de este modo, la superficie de descarga de calor 3802 actúa como una pared calentada para el evaporador 3800.

El evaporador 3800 incluye una mecha 3820 y una pared de barrera contra el líquido 3815 formada alrededor de la superficie de descarga de calor modificada 3802, estando la mecha 3820 y la pared de barrera contra el líquido 3815 ligadas integralmente a la superficie de descarga de calor 3802 para formar un evaporador cerrado 3800. Los canales de flujo de líquido 3830 están representados de manera simplificada, para mayor claridad. De este modo, está formado un sistema cíclico de intercambio de calor híbrido con un evaporador integrado. Esta construcción integral proporciona un comportamiento térmico mejorado en comparación con la construcción de montaje mediante abrazadera y la construcción de ajuste mediante interferencia, debido a que se reduce la resistencia térmica entre el sistema cíclico de intercambio de calor y la mecha del evaporador.

Haciendo referencia a la figura 21, los gráficos 2900 y 2905 muestran la relación entre la temperatura máxima de la superficie de la parte del sistema cíclico de intercambio de calor que es refrigerada por el sistema de transferencia de calor, y el área superficial de la interfaz entre el sistema de transferencia de calor y la parte del sistema cíclico de intercambio de calor a refrigerar. La temperatura máxima indica la cantidad máxima de descarga de calor. En el gráfico 2900, la interfaz entre dicha parte y el sistema de transferencia de calor se consigue con un compuesto de grasa térmica. En el gráfico 2905, el sistema de transferencia de calor está fabricado integral con dicha parte.

Tal como se muestra, en un flujo de aire de 8493 l/min, si la interfaz es la interfaz de grasa térmica, entonces la cantidad máxima de descarga de calor caería dentro de una temperatura máxima de la superficie de descarga de calor 2907 (por ejemplo, 70 °C) con un área superficial de intercambio de calor 2910 (por ejemplo, 9,29 m<sup>2</sup>). Cuando el evaporador está fabricado integralmente con dicha parte mediante la formación de canales de vapor directamente en la superficie de descarga de calor, la superficie de descarga de calor funcionaría por debajo de la temperatura máxima de la superficie de descarga de calor de la interfaz de grasa térmica, con áreas superficiales de intercambio de calor significativamente menores.

Haciendo referencia a la figura 31, un condensador 3900 está formado con aletas 3905, que proporcionan comunicación térmica entre el aire o el entorno, y una tubería de vapor 3910 del condensador 3900. La tubería de vapor 3910 se acopla a la salida de vapor 3915 que se conecta con un evaporador 3920 situado en el interior del condensador 3900.

Haciendo referencia a las figuras 32 a 35, en una implementación, el condensador 3900 está laminado y está formado con canales de flujo que se extienden a través de una placa plana 4000 del condensador 3900, entre un extremo de vapor 3925 y un extremo de líquido 3930. El cobre es un material adecuado para utilizar en la fabricación de un condensador laminado. El condensador de estructura laminada 3900 incluye una base 4200 que tiene canales de flujo de fluido 4205 (mostrados en línea de trazos) formados en el mismo, y una capa superior 4210 está unida a la base de 4200 para cubrir y cerrar los canales del flujo de fluido 4205. Los canales de flujo de fluido 4205 están diseñados como surcos formados en la base 4200 y sellados por debajo de la capa superior 4210. Los surcos para los canales de flujo de fluido 4205 pueden formarse mediante procesos de fresado químico, fresado electromecánico, mecanizado mecánico o mecanizado por descarga eléctrica.

Haciendo referencia a las figuras 36 y 37, en otra implementación, el condensador 3900 está extrudido y se extienden pequeños canales del reflujo 4400 a través de una placa plana 4405 del condensador 3900. El aluminio es un material adecuado para utilizar en dicho condensador extrudido. La placa plana del microcristales extrudidos 4405 se extiende entre un colector de vapor 4410 y un colector de líquido 4415. Además, el material de aletas onduladas 4420 está unido (por ejemplo, con epoxi o soldado) a ambos lados de la placa plana 4405.

Haciendo referencia a la figura 38, se muestra una vista en sección transversal de un lado de un sistema de transferencia de calor 4600 que está acoplado a un sistema cíclico de intercambio de calor 4605. Esta vista muestra las dimensiones relativas que proporcionan un empaquetamiento particularmente compacto del sistema de transferencia de calor. En esta vista, las aletas 4610 se presentan estando desfasadas en 90 grados para facilitar la ilustración. Para refrigerar la superficie de descarga de calor 4615 del sistema cíclico de intercambio de calor 4605 que tiene un diámetro de 10,16 cm, el evaporador 4620 tiene un grosor de 0,635 cm, y el grosor radial del condensador es de 4,445 cm. Esto proporciona una dimensión global para el empaquetamiento (la combinación del sistema de transferencia de calor 4600 y el sistema cíclico de intercambio de calor 4605) de 20,32 cm.

Tal como se ha descrito, el evaporador utilizado en el sistema de transferencia de calor está equipado con una mecha. Debido a que la mecha se utiliza en el interior del evaporador del sistema de transferencia de calor, el condensador puede estar situado en cualquier posición con respecto al evaporador y con respecto a la gravedad. Por ejemplo, el condensador puede estar situado encima del evaporador (con respecto a la atracción gravitatoria),

debajo del evaporador (con respecto a la atracción gravitatoria), o junto al evaporador, experimentando de ese modo la misma atracción gravitatoria que el evaporador.

- 5 Otras implementaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Notablemente, en varias implementaciones anteriores se ha hecho referencia a los términos motor de Stirling, sistema de intercambio de calor de Stirling y refrigerador de Stirling de pistones libres. Sin embargo, las características y los principios descritos con respecto a dichas implementaciones pueden aplicarse asimismo a otros motores aptos para conversiones entre energía mecánica y energía térmica.
- 10 Además, las características y los principios descritos anteriormente pueden ser aplicados a cualquier motor térmico, que es un sistema termodinámico que puede experimentar un ciclo, es decir, una secuencia de transformaciones que finalmente lo vuelven a su estado original. Si toda transformación del ciclo es reversible, el ciclo es reversible y las transferencias de calor se producen en sentido opuesto y el total del trabajo realizado cambia de signo. El ciclo reversible más simple es un ciclo de Carnot, que intercambia calor con dos depósitos de calor.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema termodinámico (2500), que comprende:
- 5 - un sistema cíclico de intercambio de calor (2510; 2610), y
- un sistema de transferencia de calor (2505; 2600) que comprende:
- 10 un evaporador anular (2520; 2605) que incluye una pared (2565; 2700) configurada para estar acoplada a una parte del sistema cíclico de intercambio de calor y una mecha principal acoplada a la pared, y
- un condensador (2540; 2630) acoplado al evaporador para formar un bucle cerrado que aloja un fluido de trabajo;
- 15 en el que el evaporador anular está ajustado mediante interferencia en el sistema cíclico de intercambio de calor.
2. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el condensador (2540; 2630) incluye una entrada de vapor y una salida de líquido;
- comprendiendo además:
- 20 una tubería de vapor (2545; 2620) que proporciona comunicación de fluido entre una salida de vapor y la entrada de vapor (2550); y
- una tubería de retorno de líquido (2530; 2635) que proporciona comunicación de fluido entre la salida de líquido (2535) y una entrada de líquido.
- 25 3. El sistema termodinámico según la reivindicación 2, en el que el evaporador incluye:
- 30 una pared de barrera contra el líquido (2570; 2705) que contiene el fluido de trabajo en un lado interior de la pared de barrera contra el líquido, de tal modo que el fluido de trabajo fluye solamente a lo largo del lado interior de la pared de barrera contra el líquido, en el que la mecha principal está situada entre la pared calentada y el lado interior de la pared de barrera contra el líquido;
- un canal de evacuación de vapor (2715) que está situado en una interfaz entre la mecha principal y la pared calentada, extendiéndose canal de evacuación de vapor hasta la salida de vapor; y
- 35 un canal de flujo de líquido (2720) situado entre la pared de barrera contra el líquido y la mecha principal, el canal de flujo de líquido recibiendo líquido procedente de una entrada de líquido (2520).
- 40 4. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo es desplazado pasivamente a través del sistema de transferencia de calor (2505; 2600).
5. El sistema termodinámico según la reivindicación 4, en el que el fluido de trabajo es desplazado a través del sistema de transferencia de calor (2505; 2600) sin el uso de bombeo externo.
- 45 6. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo en el interior del sistema de transferencia de calor (2505; 2600) cambia entre líquido y vapor cuando el fluido de trabajo pasa a través de, o está dentro de uno o varios del evaporador (2520; 2605), el condensador (2540; 2630), la tubería de vapor (2545; 2620) y la tubería de retorno de líquido (2530; 2635).
- 50 7. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo es desplazado a través del sistema de transferencia de calor (2505; 2600) con el uso de la mecha (2560; 2710).
8. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, que comprende además aletas acopladas térmicamente al condensador para descargar calor a un entorno ambiental.
- 55 9. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el evaporador (2520; 2605) está acoplado térmicamente a la parte del sistema cíclico de intercambio de calor (2510; 2610).
- 60 10. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el sistema cíclico de intercambio de calor (2510; 2610) incluye un sistema de intercambio de calor de Stirling.
11. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el sistema cíclico de intercambio de calor (2510; 2610) incluye un sistema de refrigeración.
- 65 12. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el sistema de transferencia de calor (2505; 2600)



está acoplado a un lado caliente del sistema cíclico de intercambio de calor (2510; 2610).

13. El sistema termodinámico según la reivindicación 1, en el que el sistema de transferencia de calor (2505; 2600) está acoplado a un lado frío del sistema cíclico de intercambio de calor (2510; 2610).

5 14. Uso del sistema termodinámico (2500) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, para refrigerar la parte del intercambiador de calor cíclico (2510; 2610).

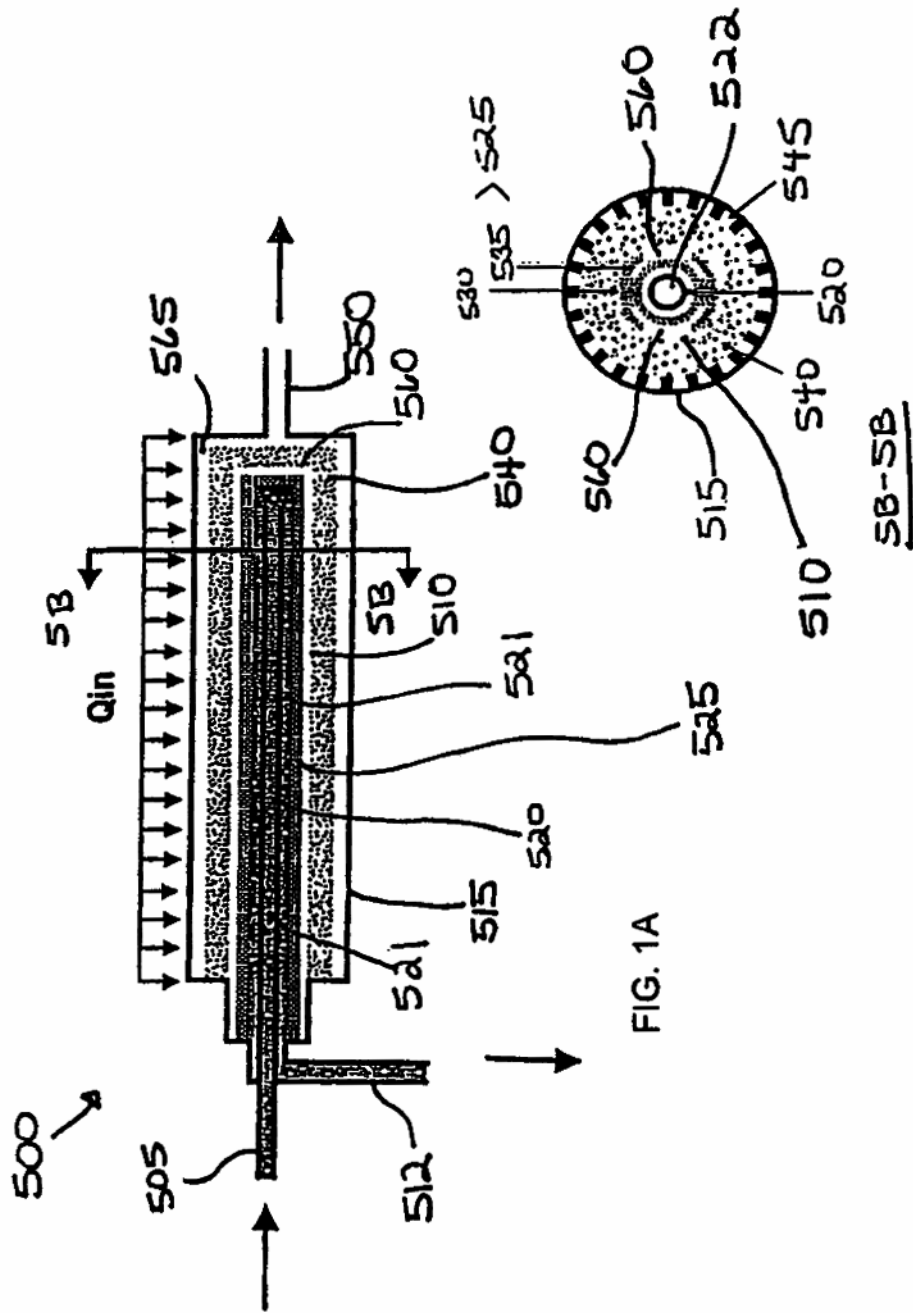


FIG. 1B

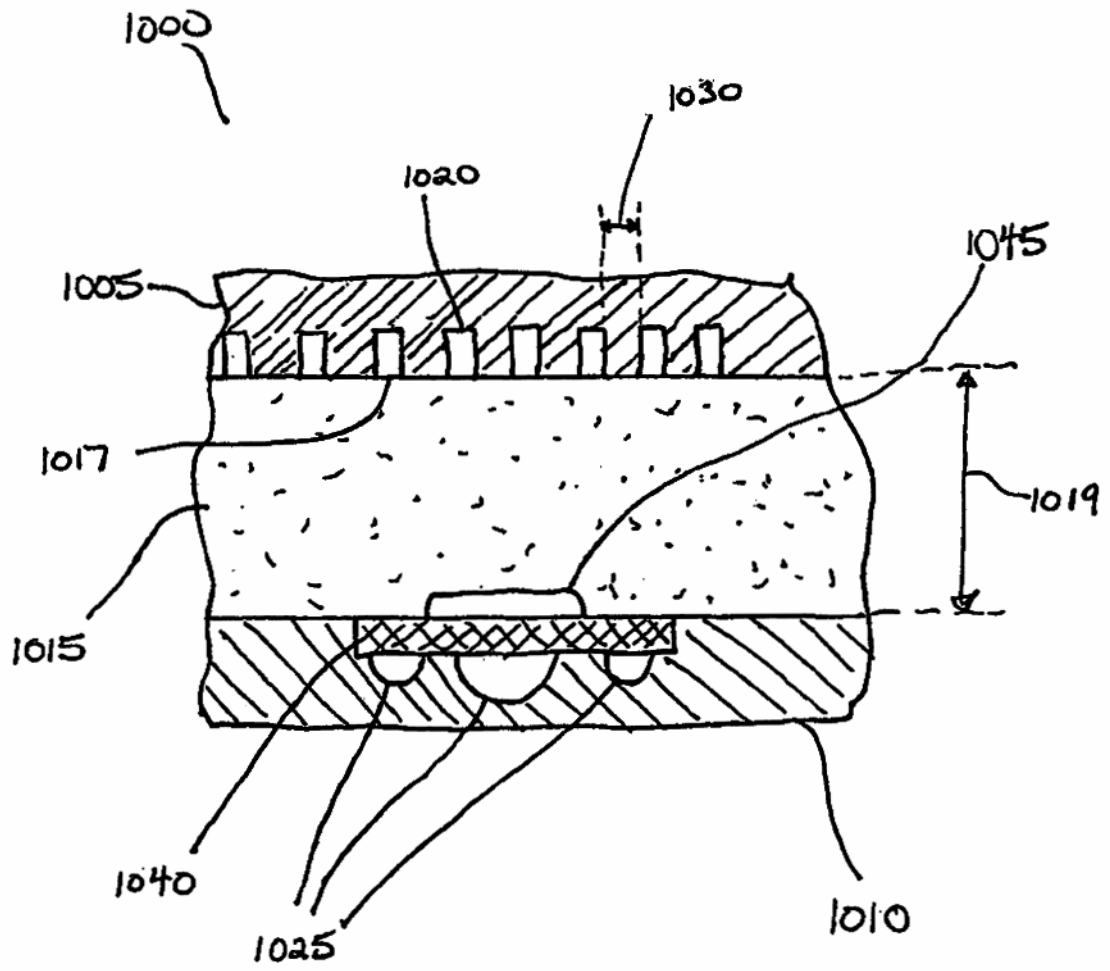


FIG. 2

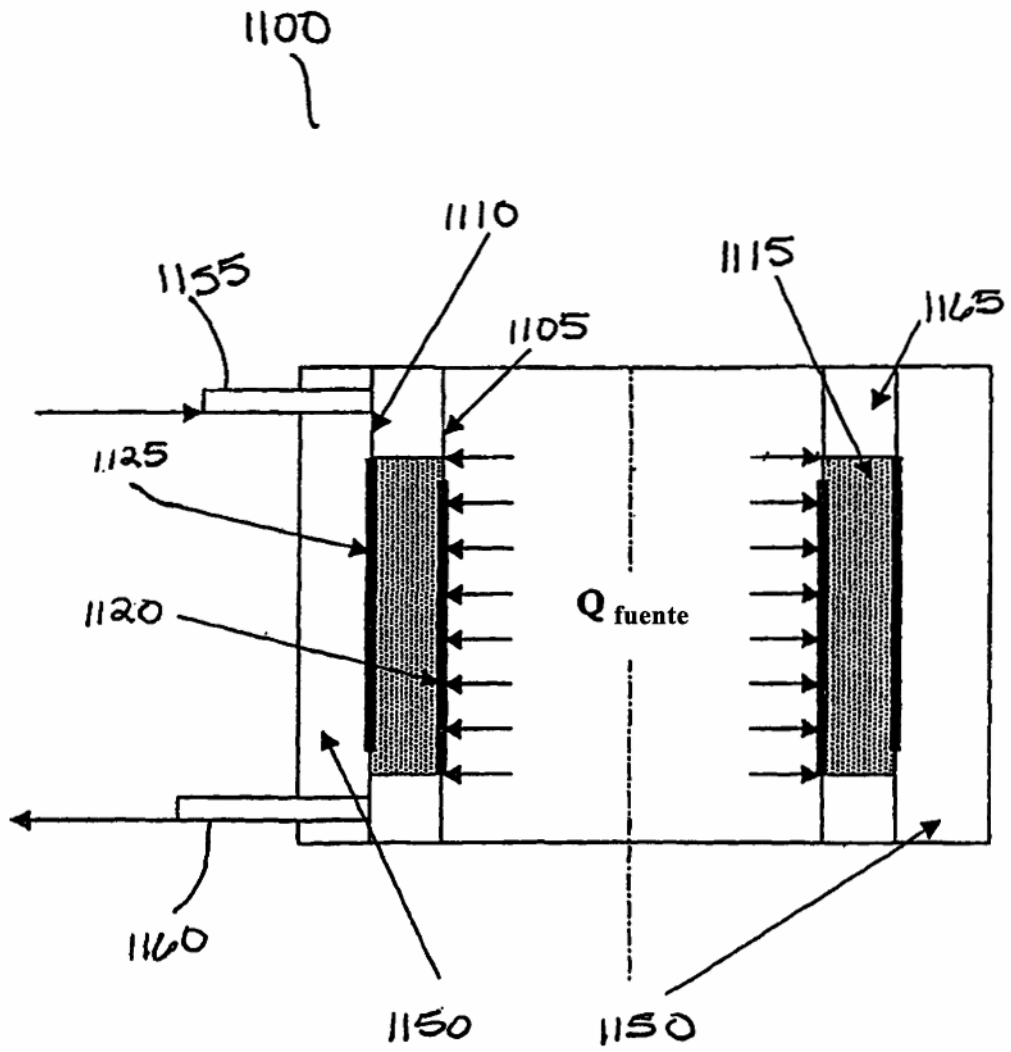


FIG. 3

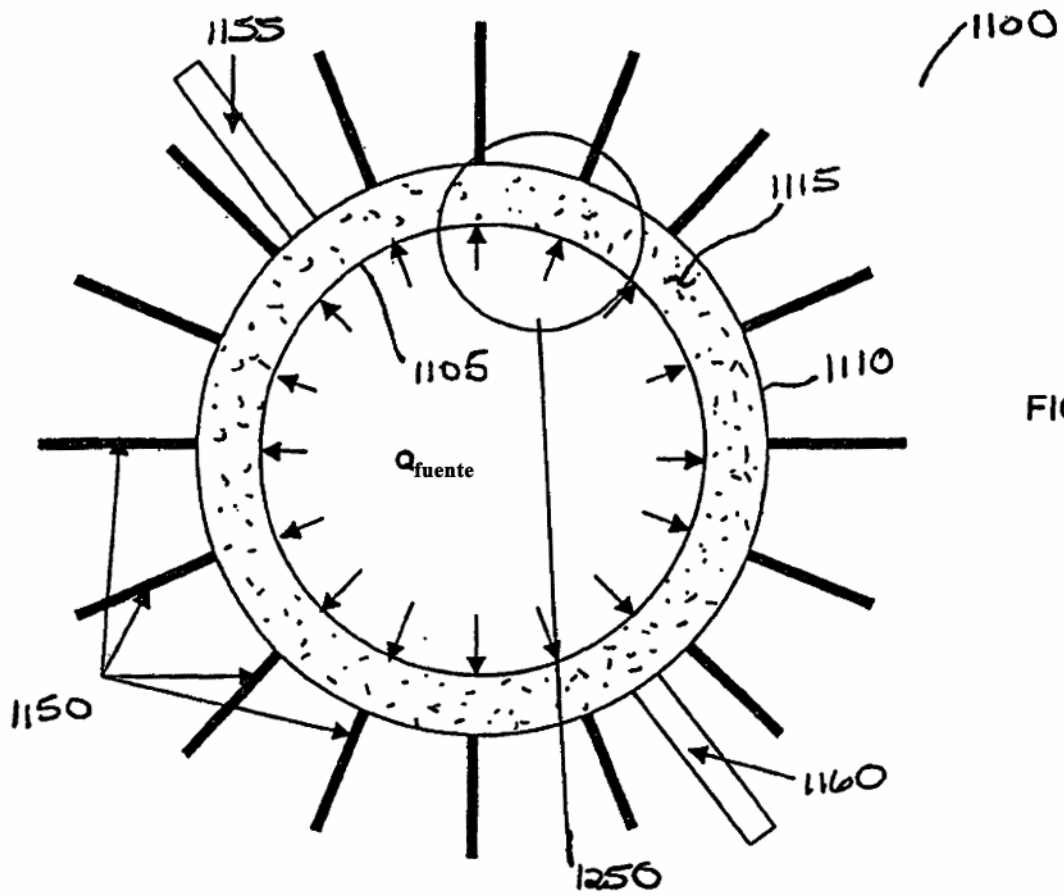


FIG. 4

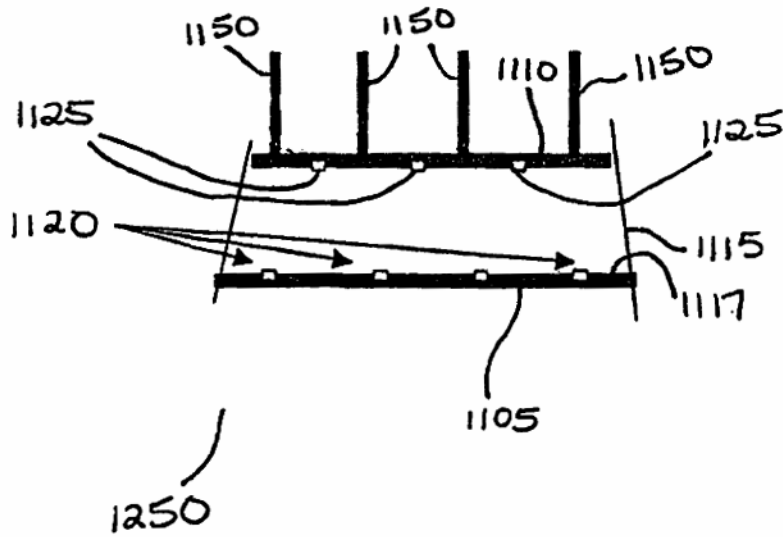
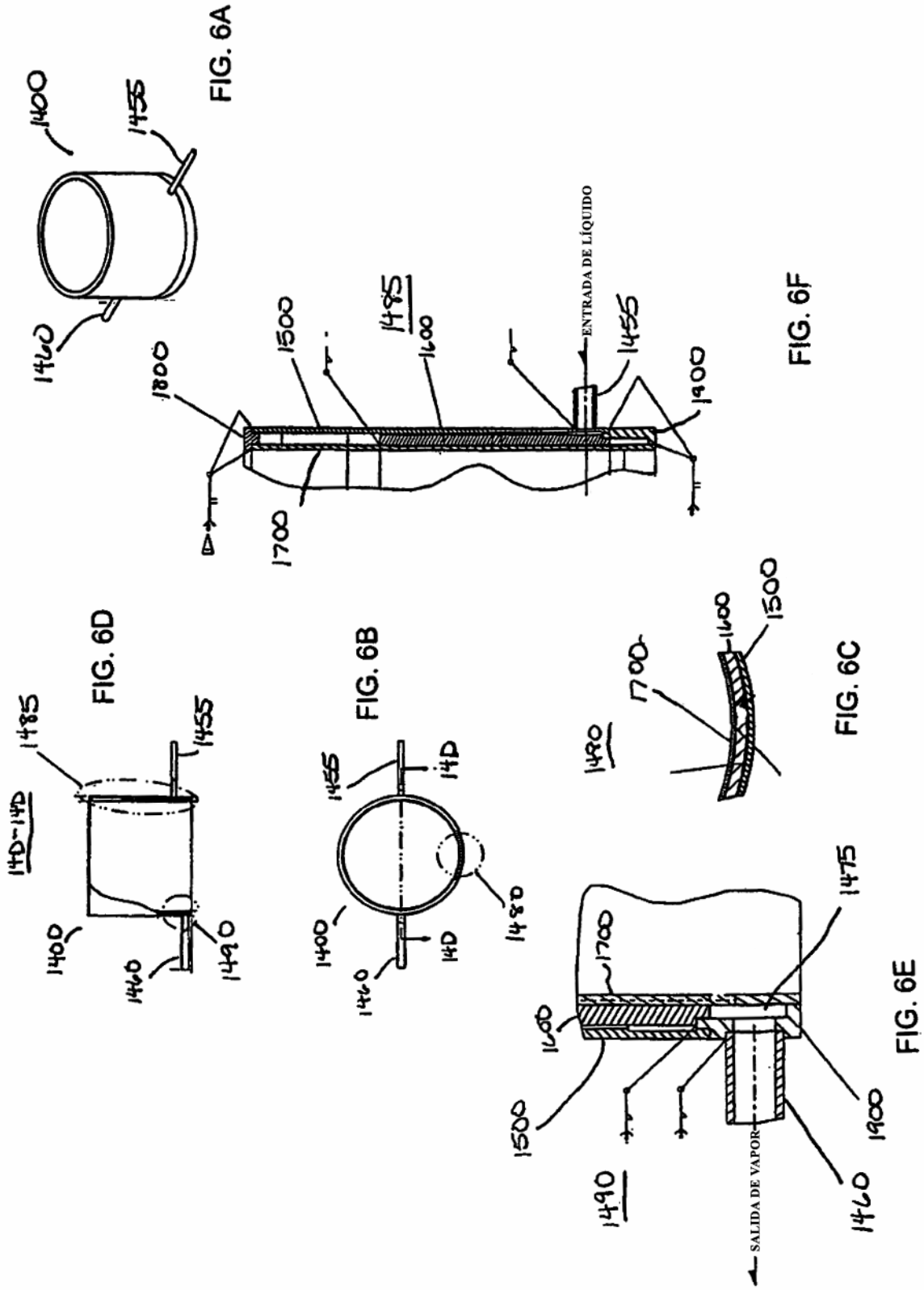


FIG. 5



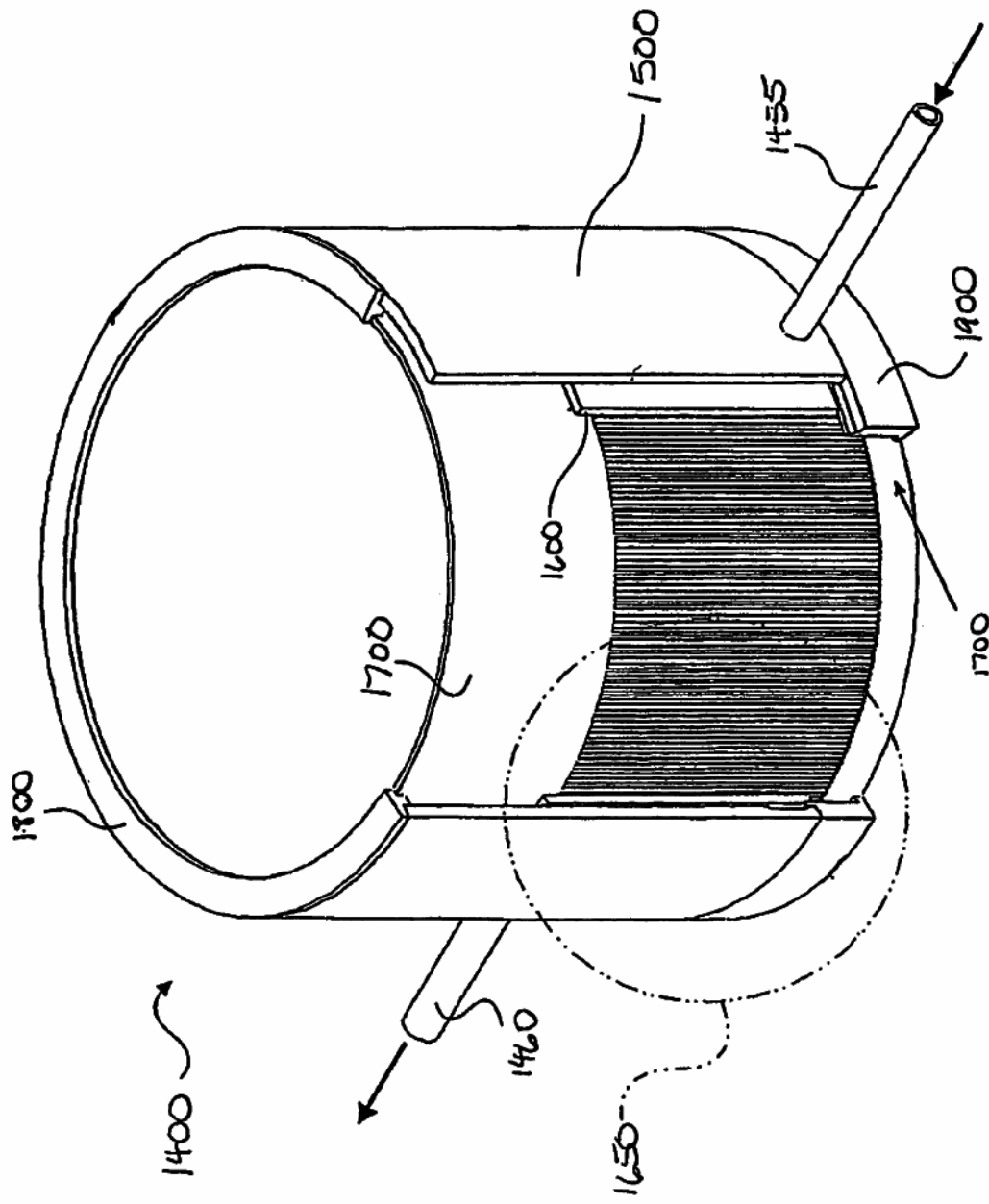


FIG. 6G

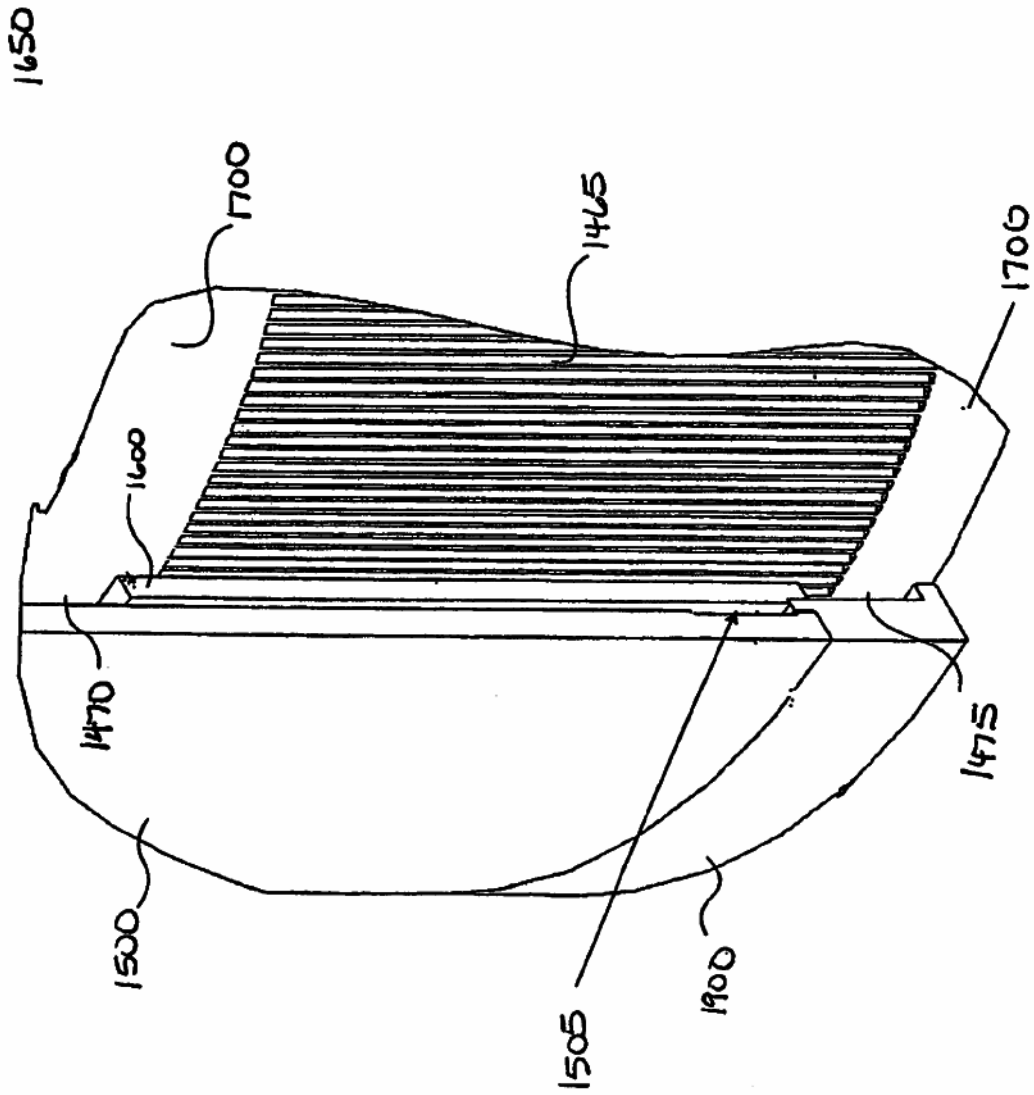


FIG. 6H





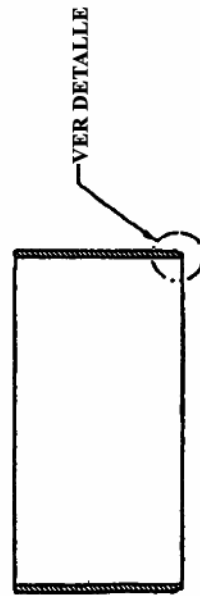
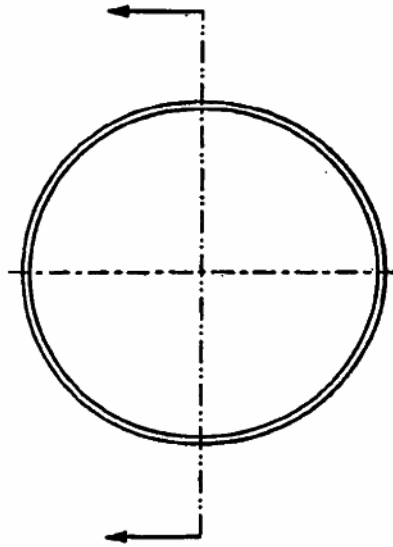
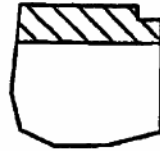




FIG. 9A

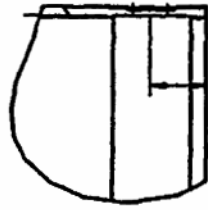


FIG. 9D

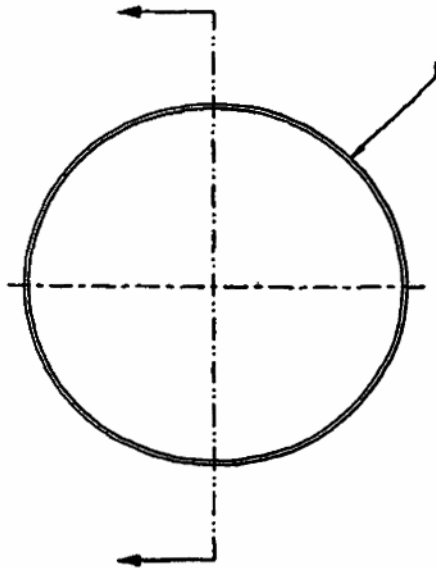


FIG. 9B

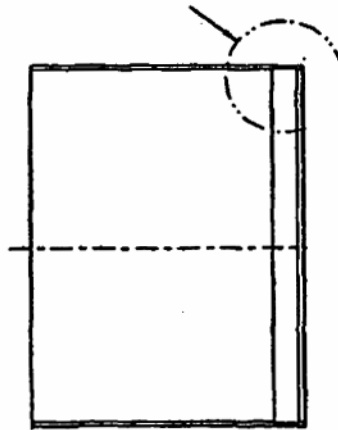


FIG. 9C

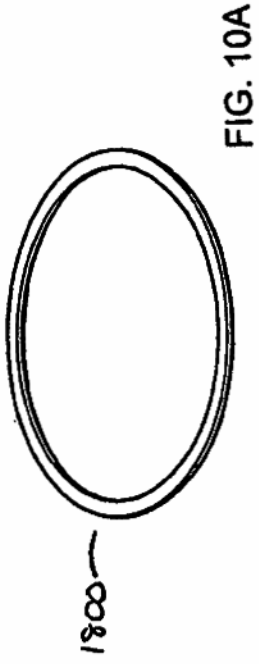


FIG. 10A

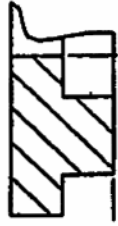


FIG. 10D

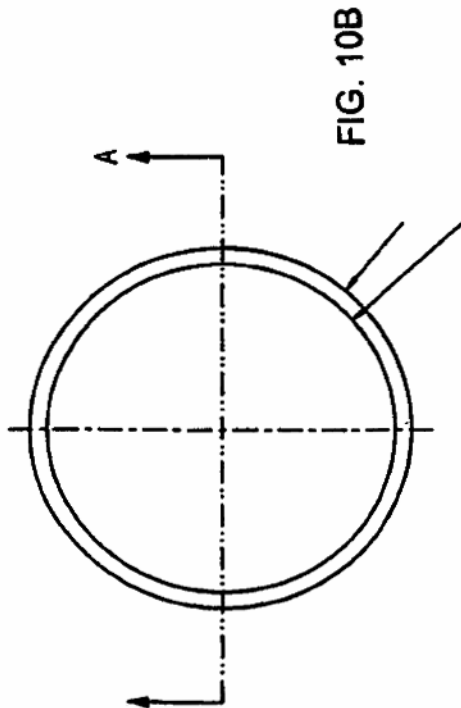


FIG. 10B



FIG. 10C



FIG. 11A

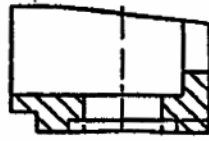


FIG. 11D

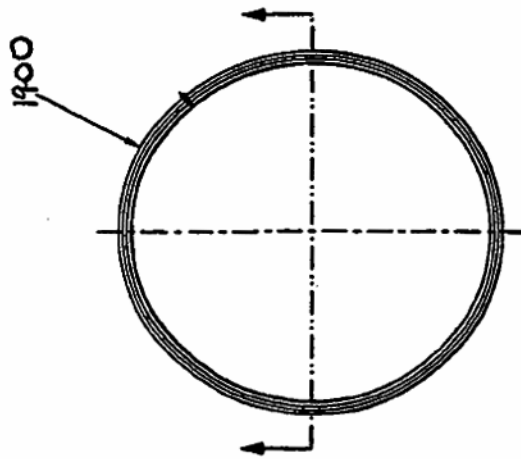


FIG. 11B

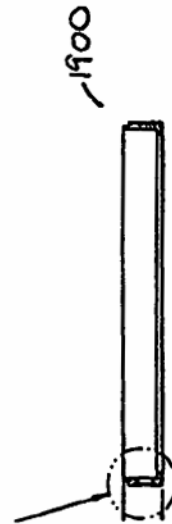


FIG. 11C

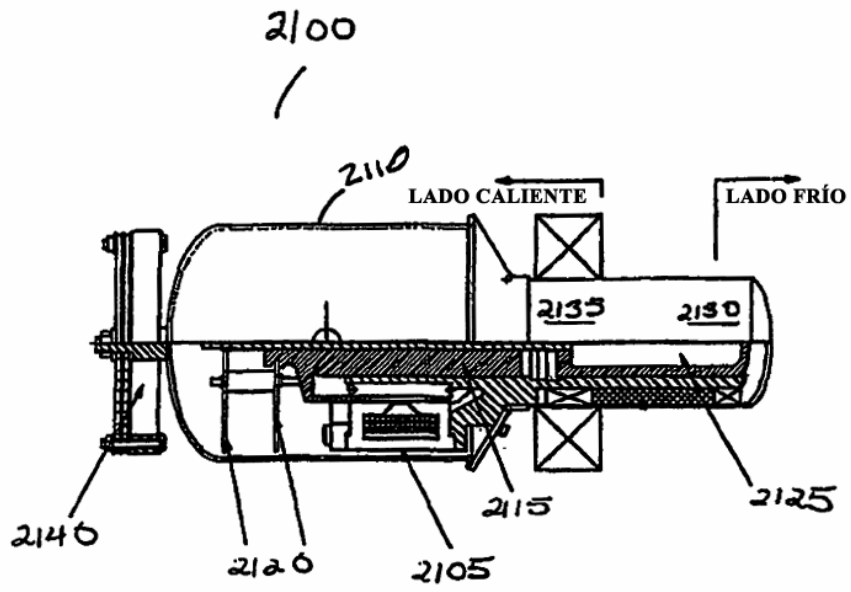


FIG. 13

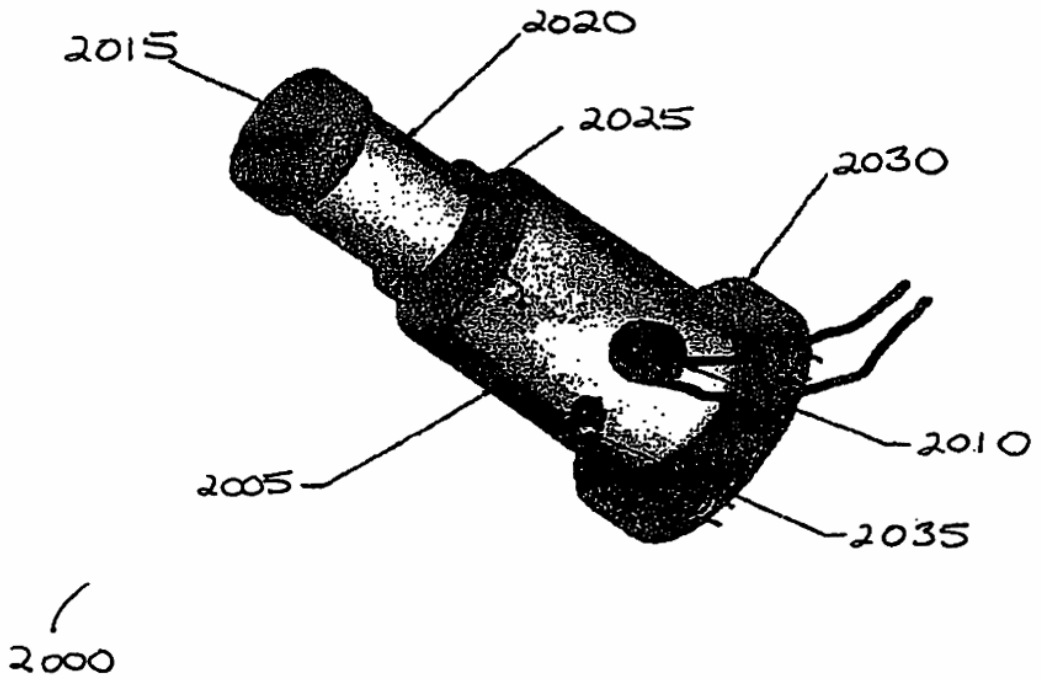


FIG. 12

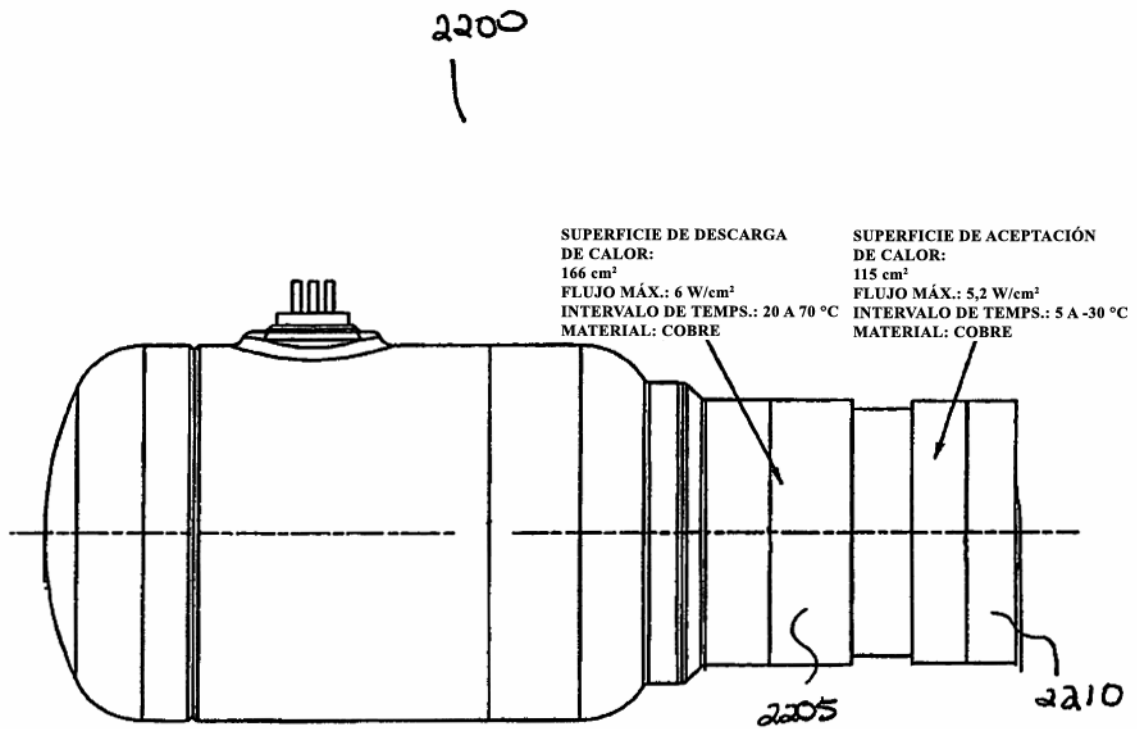


FIG. 14

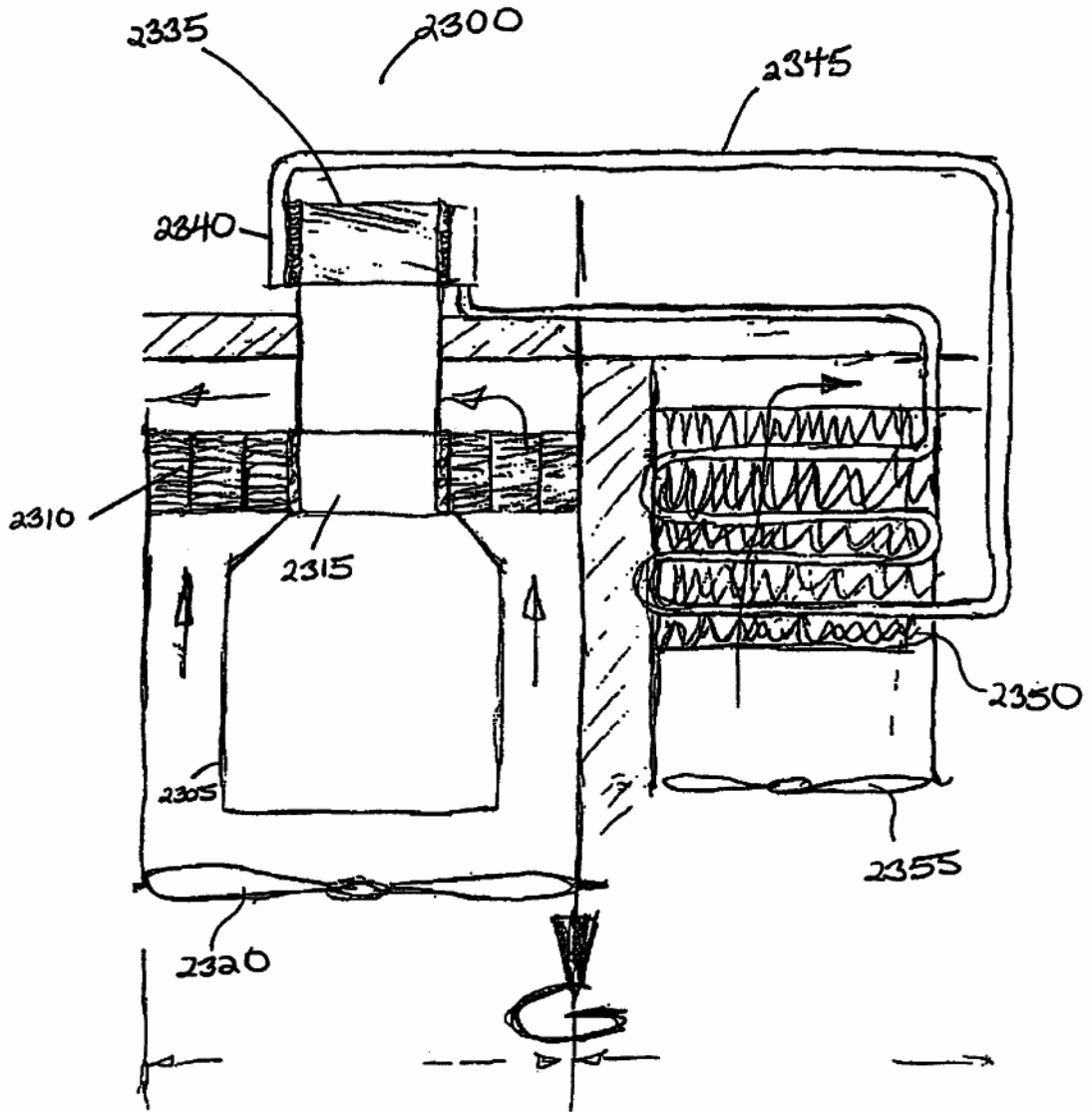


FIG. 15



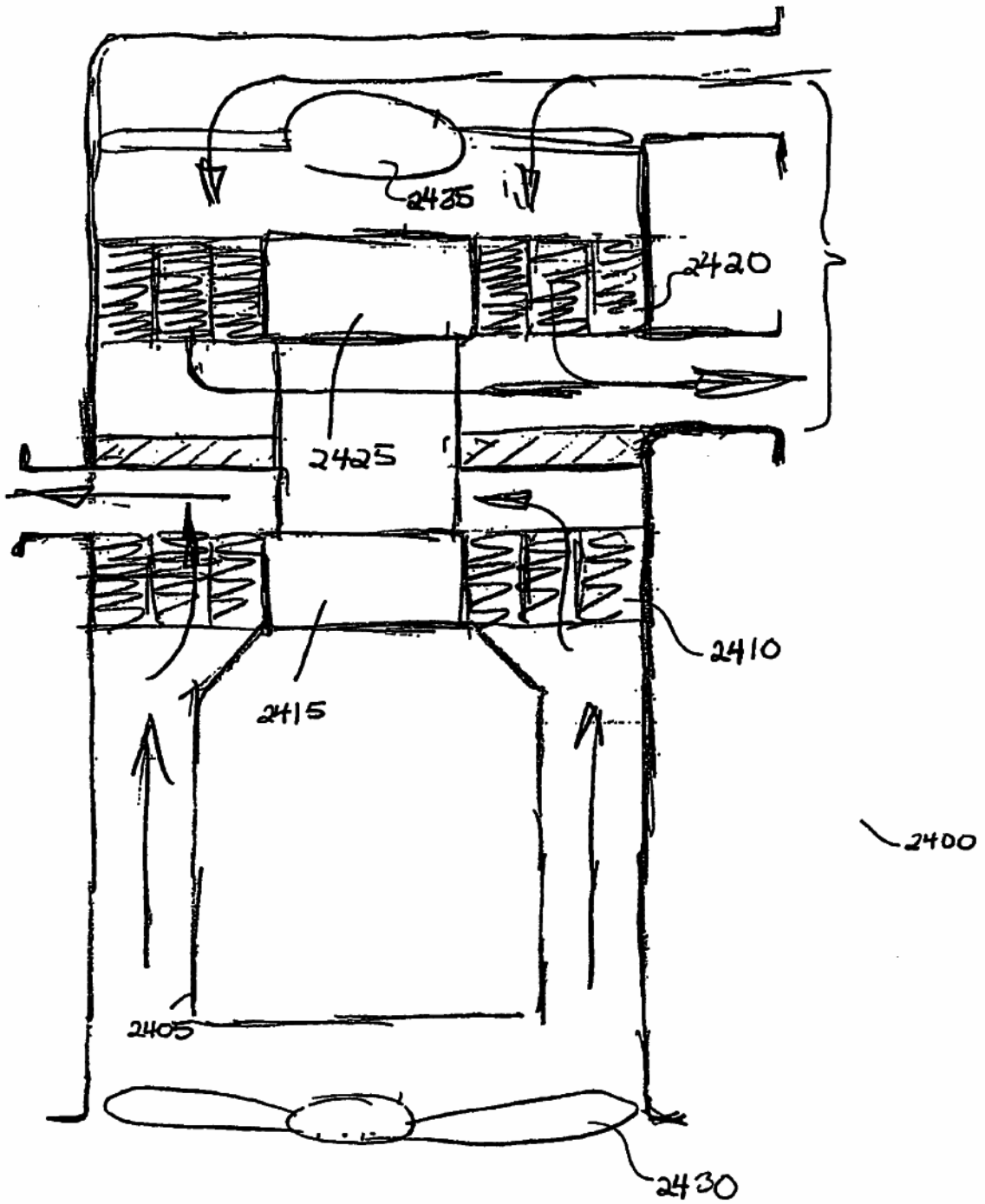


FIG. 16

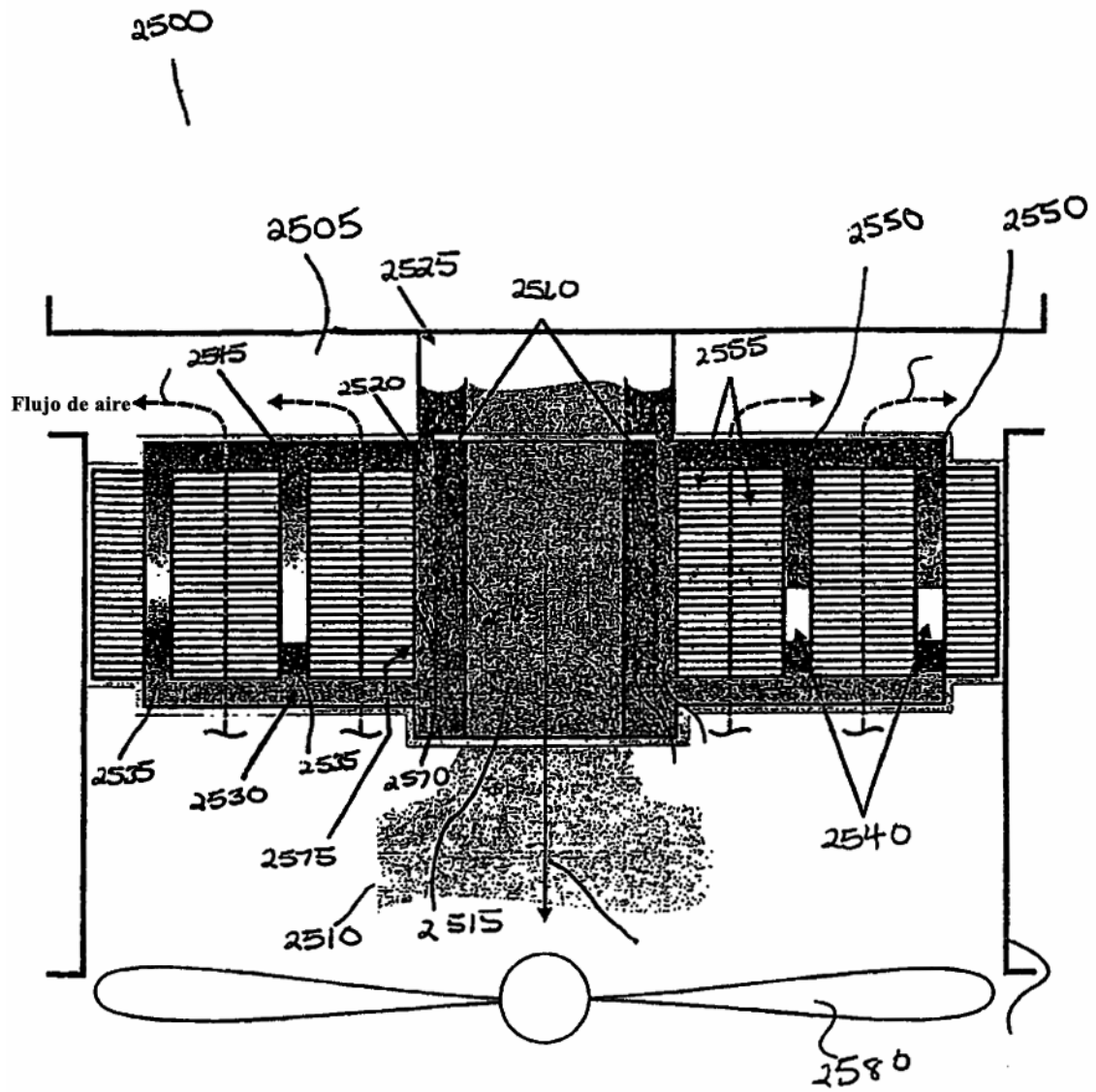
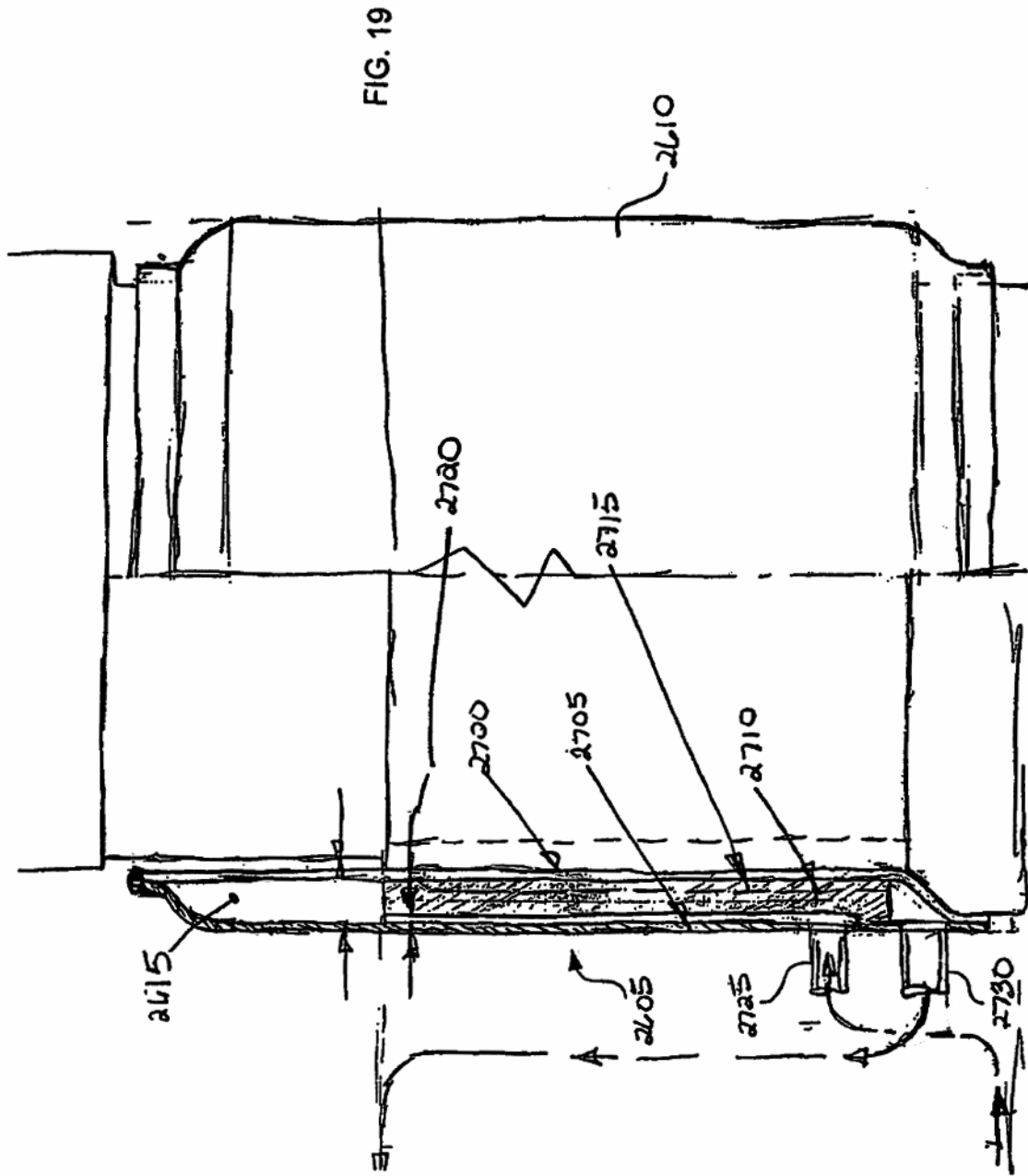


FIG. 17





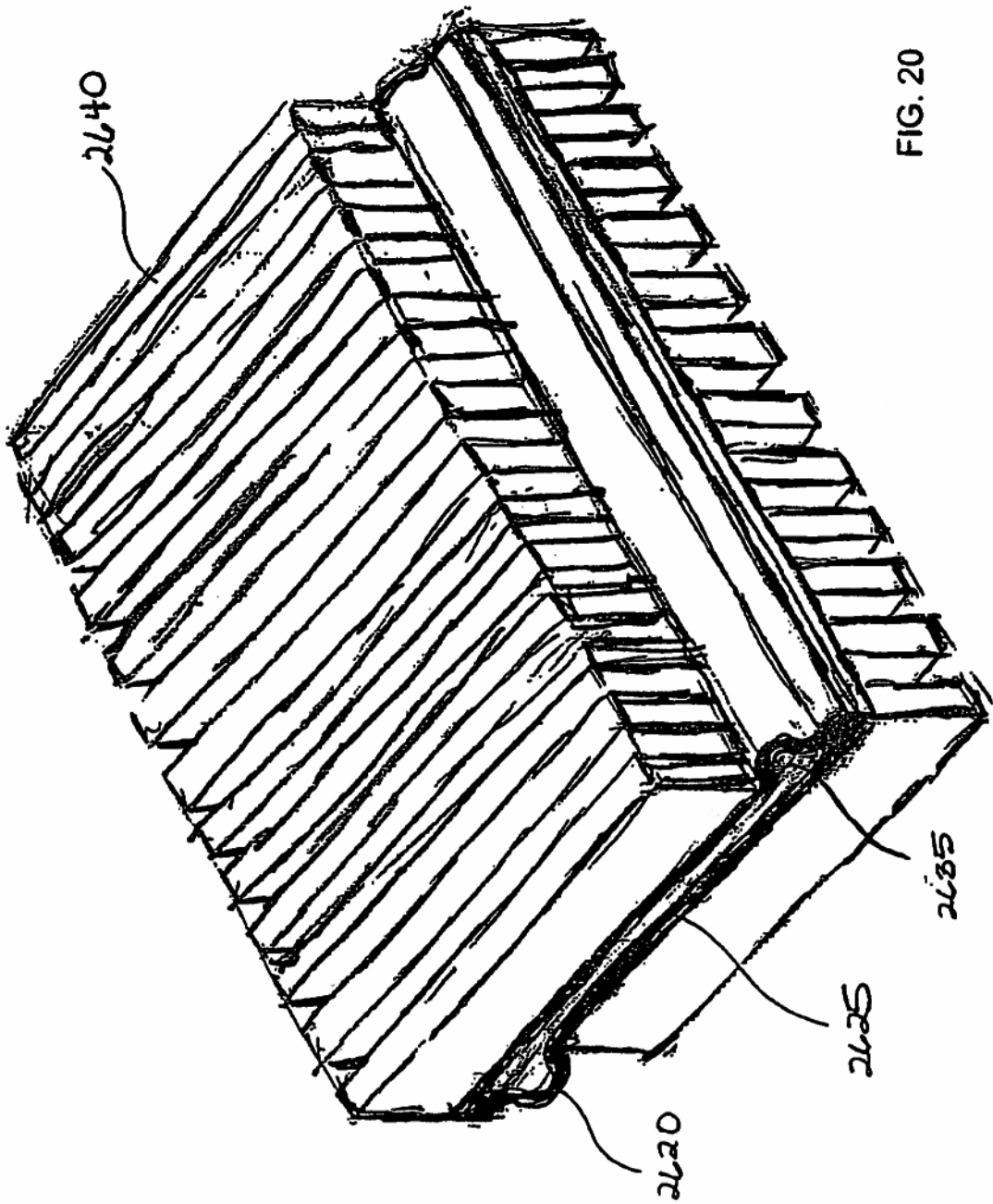


FIG. 20

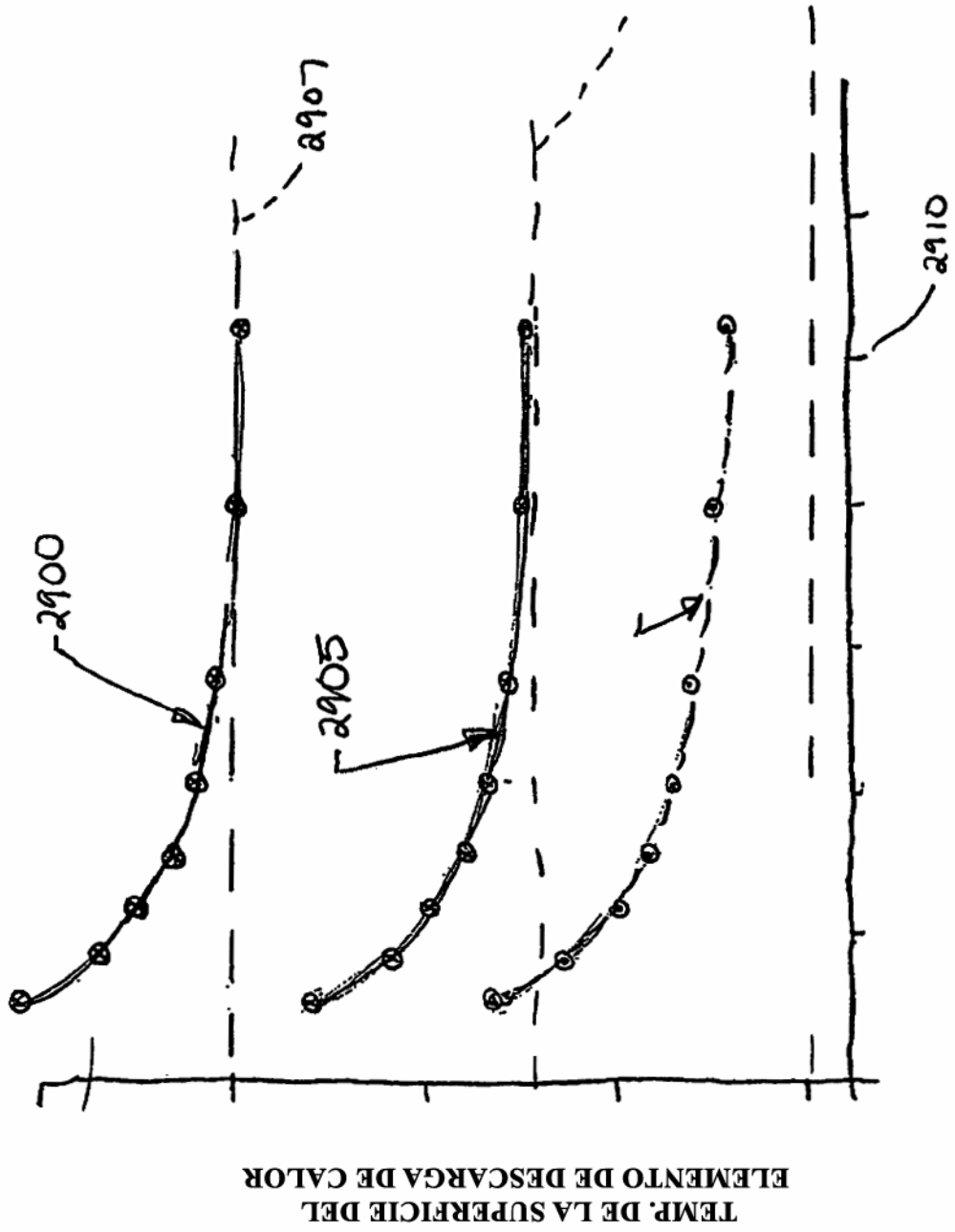


FIG. 21

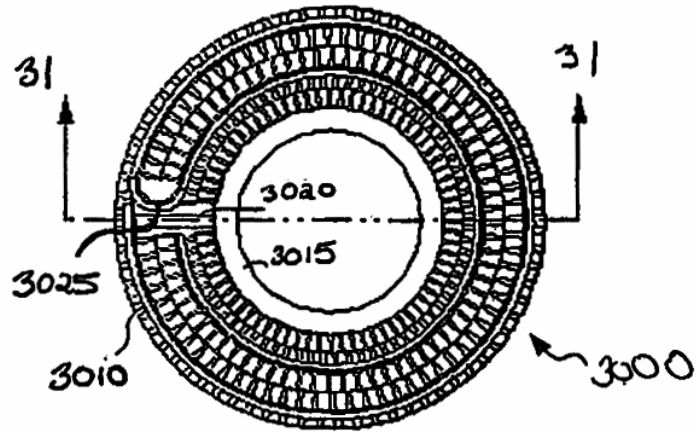


FIG. 22

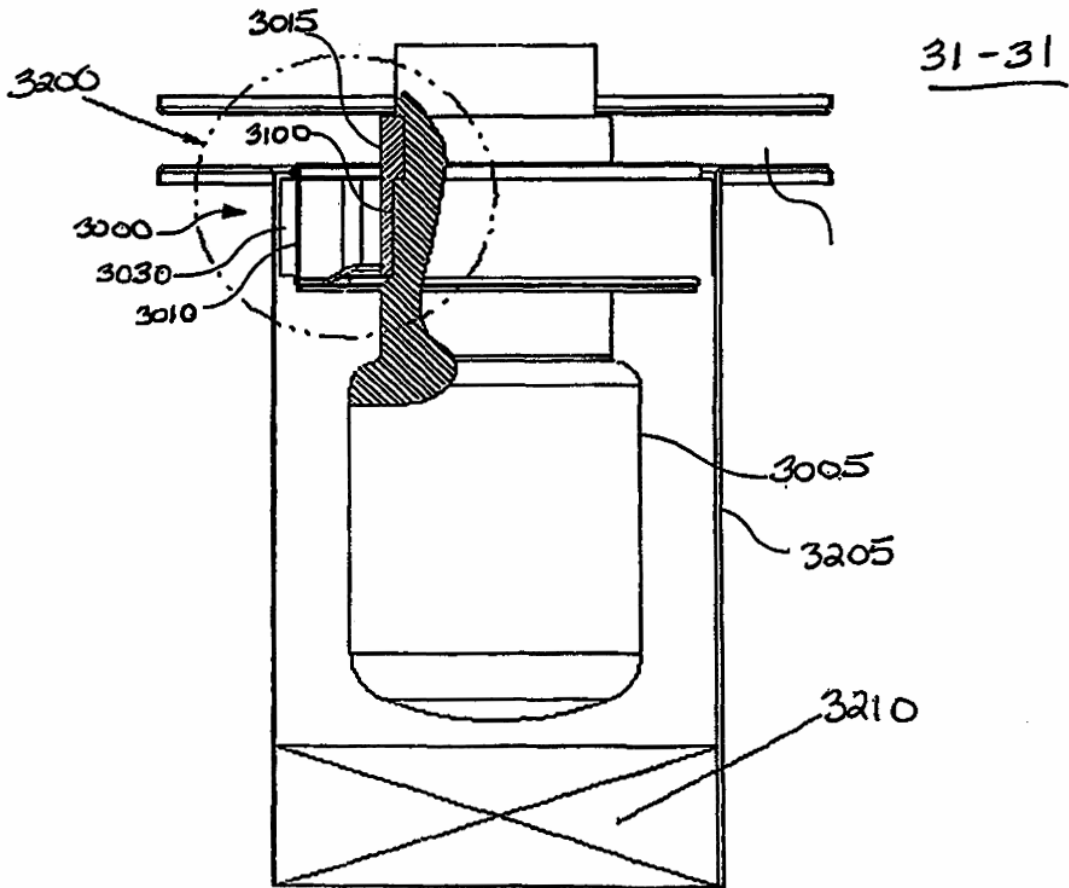


FIG. 23

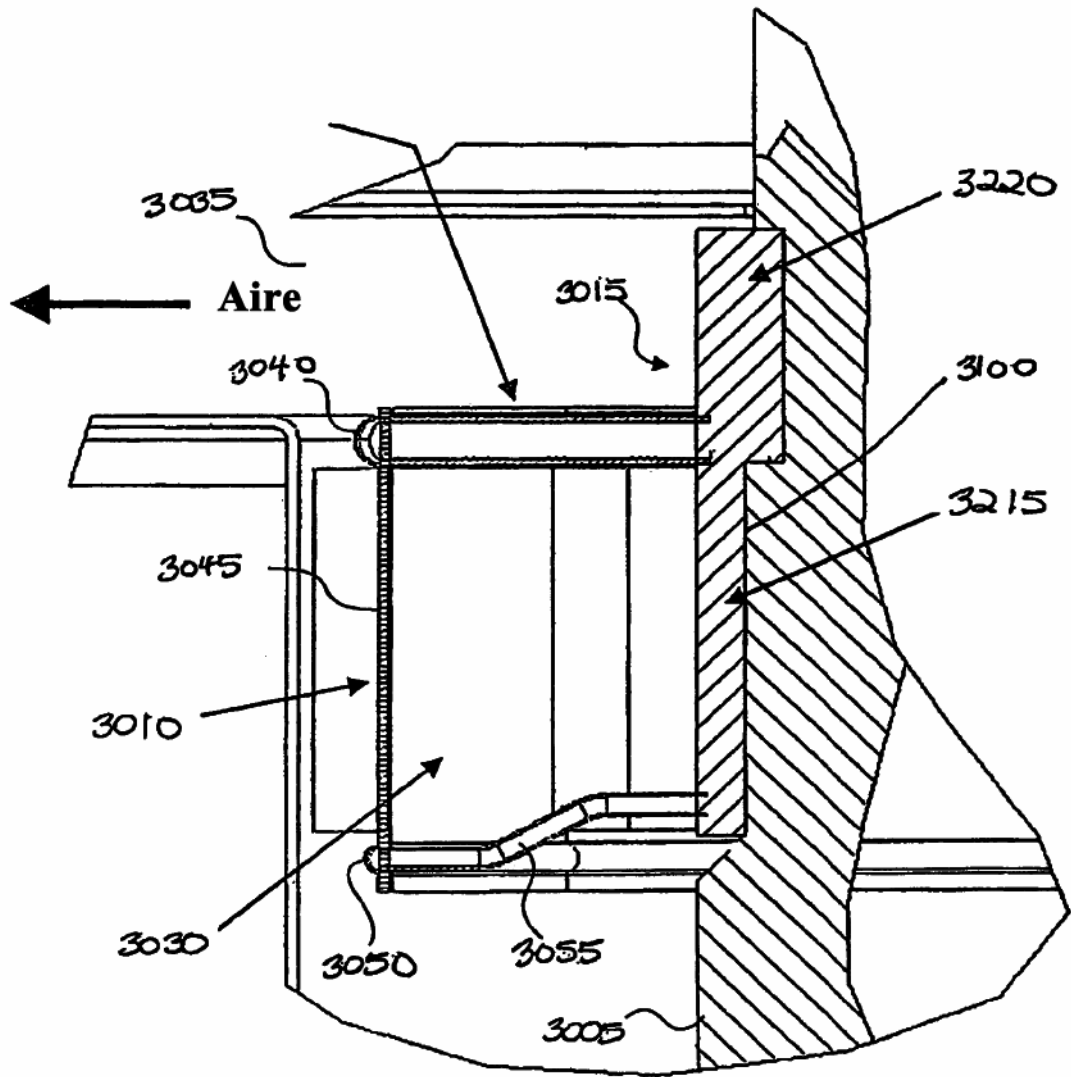
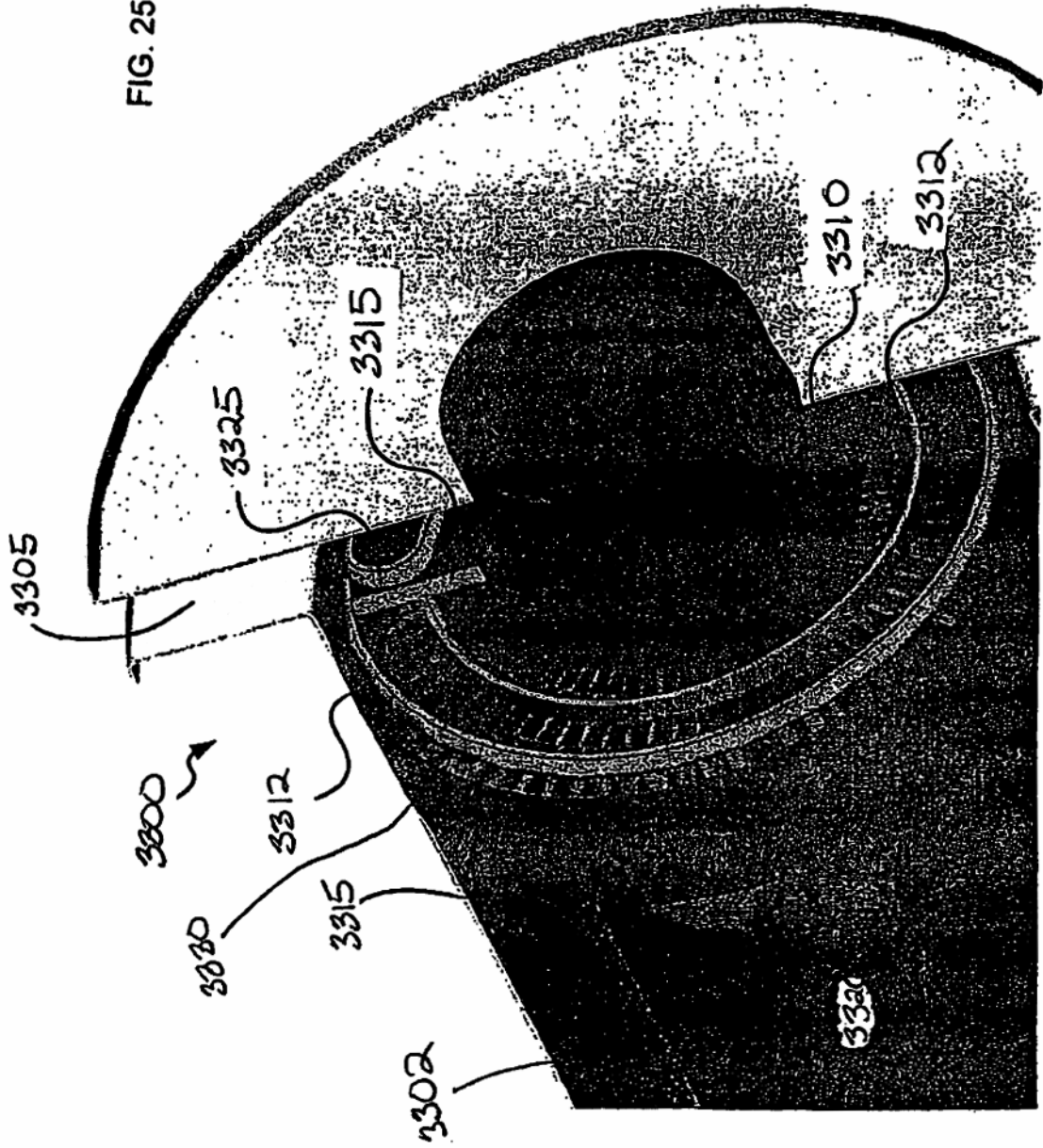


FIG. 24

3260



FIG. 25



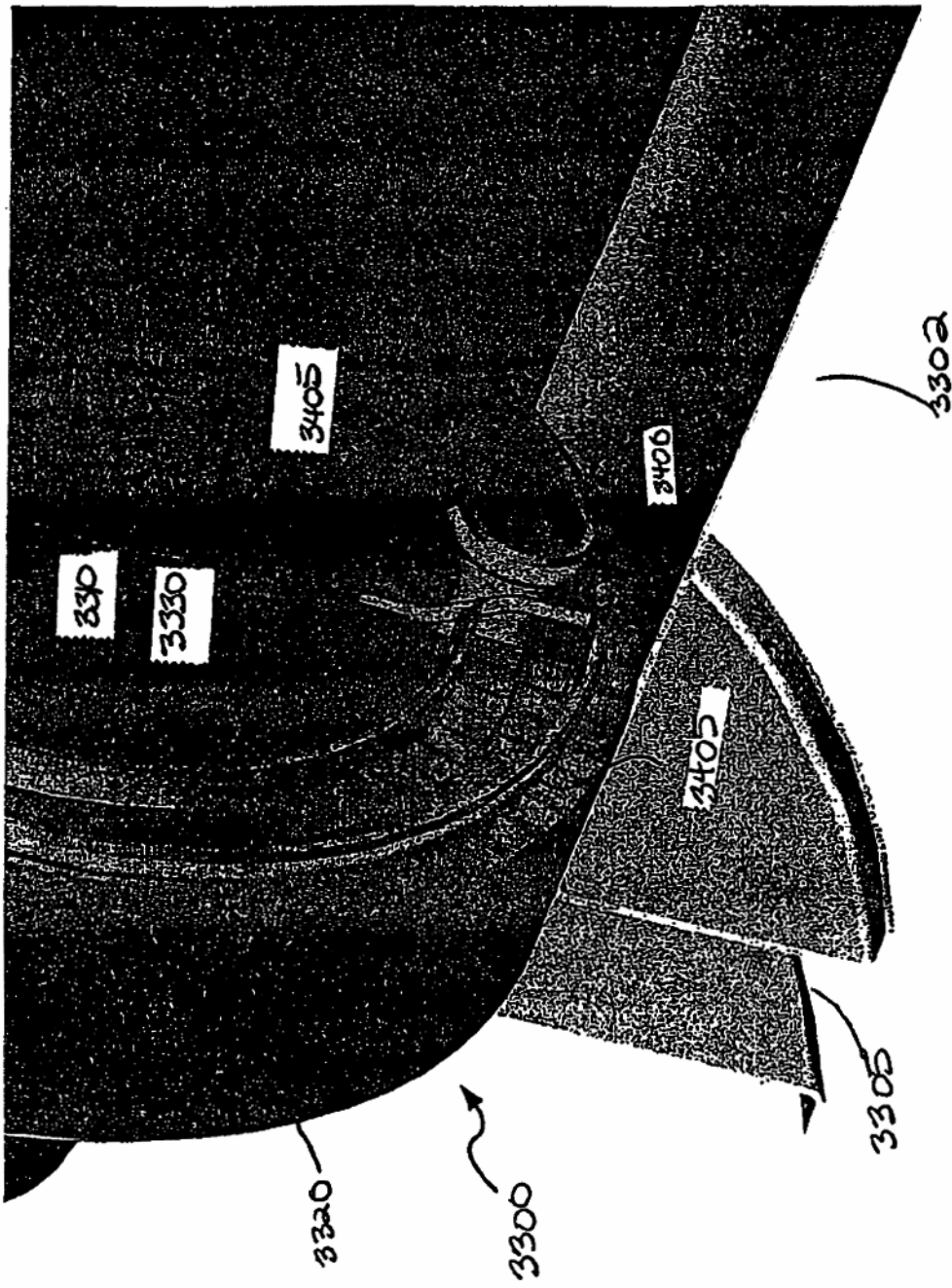


FIG. 26

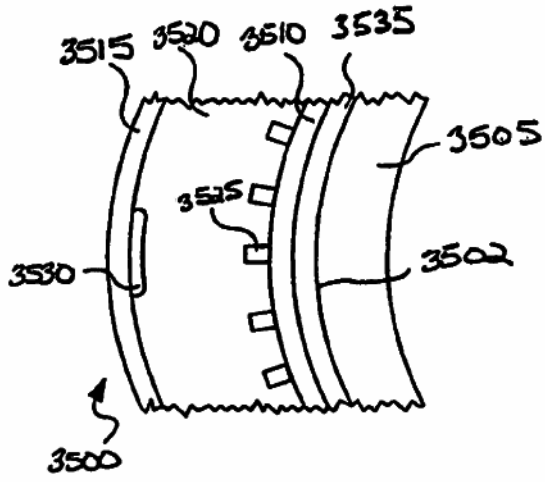


FIG. 27

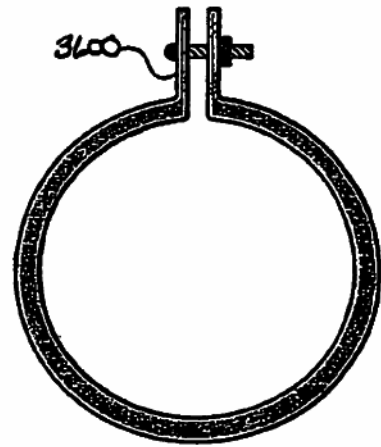


FIG. 28

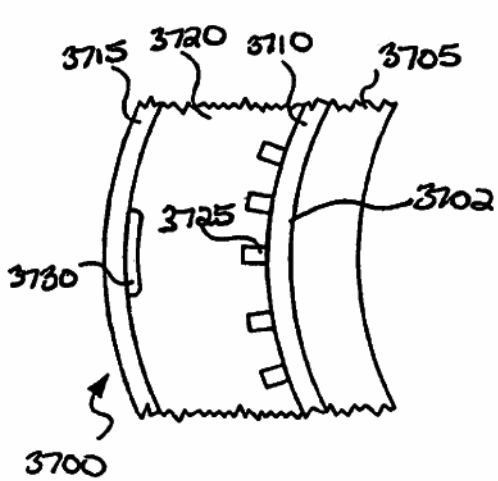


FIG. 29

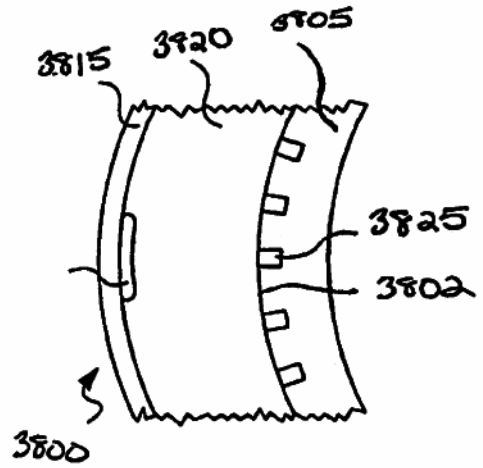
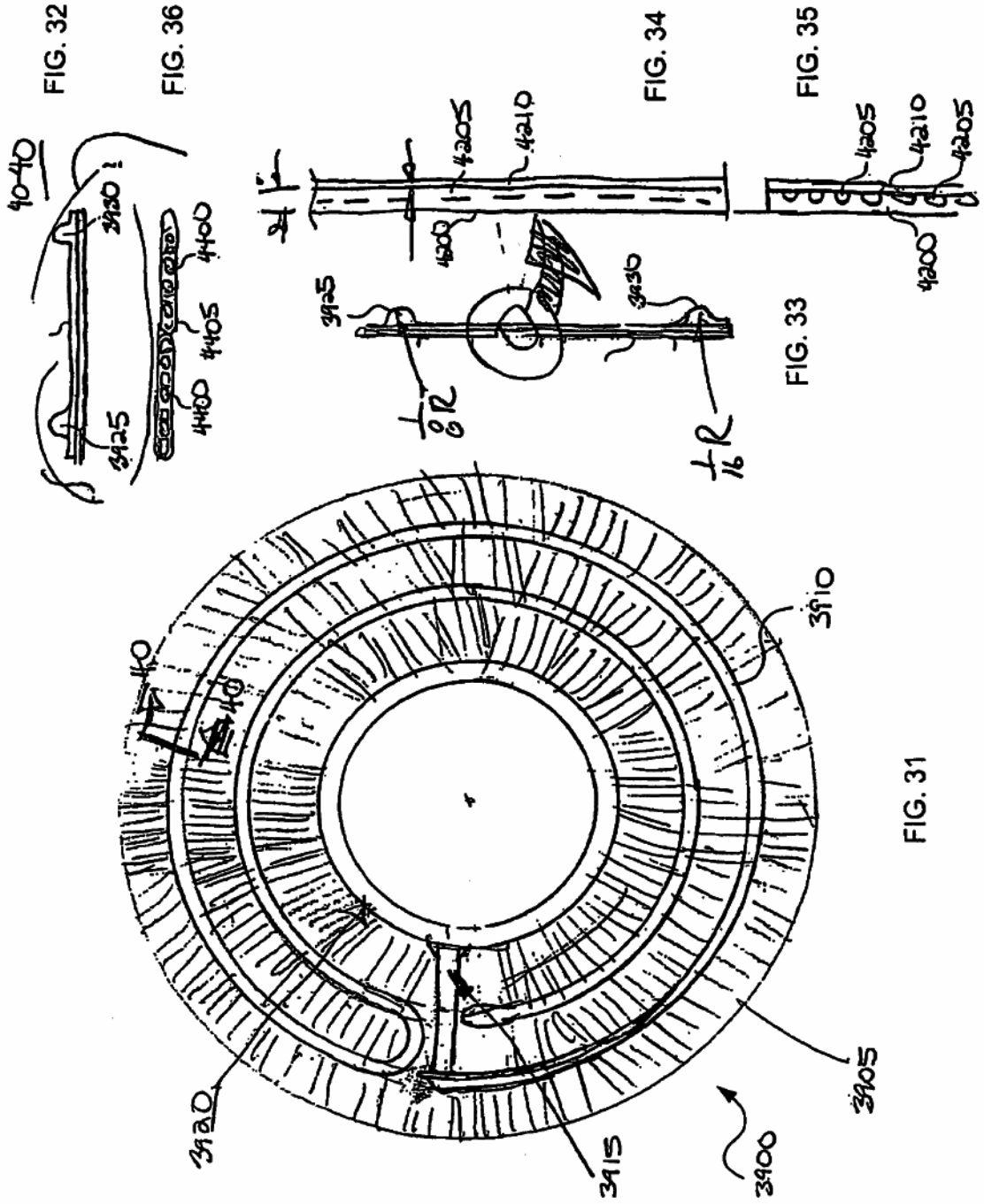


FIG. 30



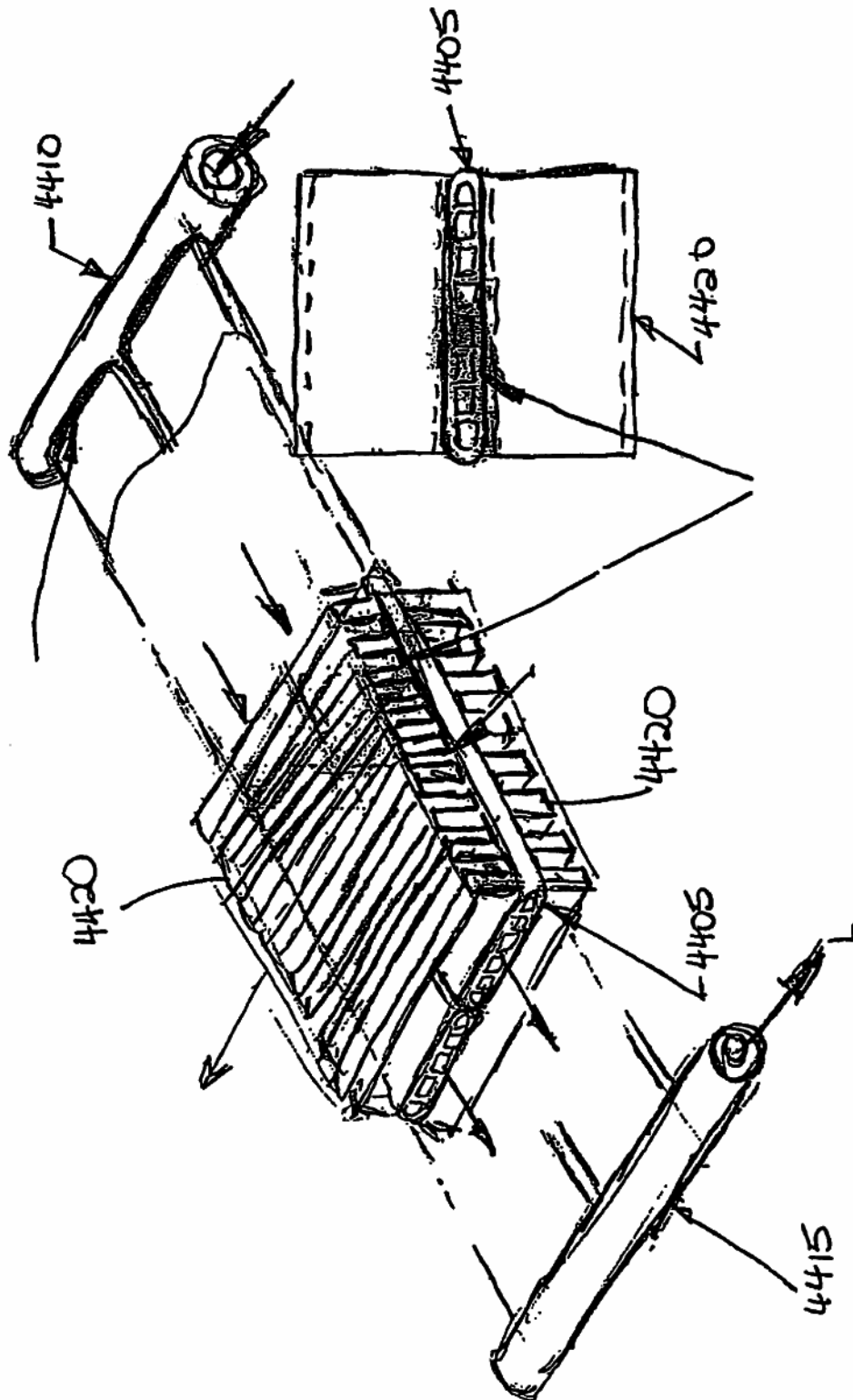


FIG. 37

